

제 출 문

본 보고서를 「비교숙련도 시험시료 개발연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2013. 11.

연구책임자 : 김태용 (구미대학교)

연 구 원 : 배장근 (구미대학교)

박태식 (구미대학교)

안주영 ((주)이엠씨컴플라이언스)

연구보조원 정재훈 (구미대학교)

김형섭 (구미대학교)

요 약 문

1. 과제명: 비교숙련도 시험시료 개발연구
2. 연구 기간 : 2013. 02. 27. ~ 2013. 11. 22.
3. 연구책임자 : 구미대학교 김태용
4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

세부내용	연구자	월별 추진계획										비 고
		3	4	5	6	7	8	9	10	11		
가. 비교숙련도 시험관련 국제동향 조사	김태용 배장근 박태식	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■										
나. 무선 및 SAR 분야 표준시험시료 개발	김태용 배장근 박태식		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■									
다. 시험시료의 안정성시험 및 Raw data 제시	김태용	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■										
	배장근											
	박태식											
	정재훈			■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■								
라. 분야별 비교숙련도 수행지침서 마련	김태용											
	박태식											
	정재훈											
	김형섭											
마. 국제적 통계처리 방법에 의한 시험결과 통계처리	김태용											
	박태식											
	정재훈											
	김형섭											
바. ISO 13528 적용한 통계처리 및 기준방법과 비교·분석	김태용			■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■								
	배장근											
사. 보고서 작성	김태용										■ ■	
	배장근										■ ■	
분기별 수행진도(%)		10	30		40		20					

나. 세부 과제별 추진사항

1) 시험기관간 숙련도시험 국제동향 조사

국제인정기구 협력체인 ILAC와 아태지역 인정협력체 APLAC의 숙련도시험에 대한 정책을 조사하고 유럽 인정기구협력체 EA와 미주인정기구협력체 IAAC에 대해 분석을 수행하였다. 또한 미국, 일본, 호주, 유럽, 캐나다, 싱가포르 등의 국가를 대상으로 숙련도시험에 대한 시험항목, 시험시료, 통계방법 및 수행도 평가에 대해 분석을 수행하였다.

2) 무선분야 및 SAR분야 표준시험시료 개발

무선분야와 SAR분야 지정시험기관의 실무책임자와 국립전파연구원 담당자로 구성된 비교숙련도운영위원회를 통해 무선분야 시험시료로서 bluetooth 리모컨을 선정하여 2대의 시료에 대해 구미대학교와 타 시험기관에서 각각 안정도시험을 수행하였고, SAR분야 시험시료로서는 body SAR 시험을 위한 (주)LG전자 WCDMA 방식의 휴대폰을 선정하여 안정도평가를 수행하였다.

3) 시험시료의 안정성시험 및 raw data 제시

불확도를 고려한 시료의 안정성기법을 이용하여 무선분야의 경우 공급전압 변화에 대한 안정성시험을 수행하였으며 raw data의 제시와 이에 대한 안정성평가를 완료하였다. 또한, SAR분야에 대해서도 안정도시험을 실행하고 안정성평가를 수행하였다.

4) 분야별 비교숙련도 수행지침서 개발

무선 및 SAR 분야에 대해 국제기준에 적합한 수행지침서를

개발하였다. 또한, 시험지침서에서의 수행도 측정항목은 시험기관의 시험능력을 판정하는데 요구되는 기본항목만을 선정하였고, 측정 시 시험소간 측정편차를 최소화할 수 있도록 시험절차를 단순화하였다.

5) 국제적 통계처리 방법에 의한 시험결과 통계처리

국제적 통계기법인 ISO17043과 ISO13528에 대한 통계기준에 대해 숙련도시험의 평가에 필수적인 요소인 설정값의 결정, 수행도 통계계산, 수행도 평가에 대해 분석하였으며, 2011년 KOLAS 승인을 받아 한국산업기술시험원에서 실시한 EMC분야 비교숙련도시험 사례와 미국 A2LA 숙련도시험기관인 ACIL에서 실시하고 있는 통계기법을 분석하였다.

6) ISO 13528을 적용한 통계처리 및 기존방법과 비교·분석

EXCEL을 이용하여 ISO13528 통계처리 프로그램을 개발하고 2012년 및 2011년 자료에 대해 기존의 수행도 평가방법에 의한 *z-score*와 ISO13528에 의한 평가방법을 상호 비교하였다.

7) 2013년에 실시된 유선 및 EMC 분야에 대해 시험결과를 분석

국립전파연구원 지정시험기관 10개가 참가한 유선분야에 대해 위해전압, 직류저항, 호출신호 수신 시 직류전류 및 교류 임피던스 시험항목에 대해 예비 수행도 평가를 실시하였다. 또한, 40개의 지정시험기관이 참가한 EMC분야에 대해 복사성 방출 10개 항목 및 전도성 방출 12개에 대해 예비평가를 수행하였다.

5. 연구결과

1) 시험기관간 숙련도시험 국제동향 조사

국제인정기구 협력체인 ILAC와 아태지역 인정협력체인 APLAC의 숙련도시험에 대한 기구의 구성, 숙련도시험 운영인정기구의 업무절차, 통계기법, 수행도 평가와 참여인정기구의 역할과 시정조치에 관한 문서를 분석하였다. 유럽인정기구협력체인 EA와 미주인정기구협력체인 IAAC의 숙련도시험 정책과 기본 절차에 관한 문서와 루마니아에서 열린 숙련도시험회의의 내용을 조사·분석하였다. 또한, 숙련도시험과 관련한 주요국가인 미국, 일본, 호주, 유럽, 캐나다, 싱가포르 등의 국가를 대상으로 숙련도시험에 대한 시험항목, 시험시료, 통계방법 및 수행도 평가에 대해 분석을 수행하였다.

2) 무선분야 및 SAR분야 표준시험시료 개발

비교숙련도시험 운영위원회를 통해 무선분야 평가시료는 시험기관들이 RF 시험을 위한 Call 장비의 보유 여부와 시험프로그램과 시험절차를 지원받을 수 있는 제조사 제품으로서 Bluetooth 제품인 무선리모컨을 선정하였다. 또한, SAR분야 평가시료는 Body SAR가 시행 초기이므로 접근하기 쉬운 WCDMA 휴대폰을 선정하였으며, 두 개 분야에 대한 두 대의 시험시료에 대해 안정도시험을 수행한 결과 안정성이 확보된 표준시료를 개발하였다.

3) 시험시료의 안정성시험

두 대의 무선시료에 대해 공급전압 변화에 따른 안정성 시험을 위해 구미대학교를 포함한 두 개의 지정시험기관에서 공급전압변동에 따른 안정성시험을 수행하였으며, 불확도를 고려한 균일성 평가기법을 이용하여 공중선전력, 점유주파수 대역폭, 주파수 허용편차 및 불요발사에 대한 안정성 분석결과 모든 전압에서 안정성을 보였다. 또한, 두 대의 SAR분야 시료의 경우 안정

성시험을 수행하고 평가를 수행한 결과 시료 A는 시험주파수인 1922.8 MHz, 1950 MHz, 1977.2 MHz에서 안정성을 보였다. 시료 B는 1950 MHz 대역에서만 측정하였으며 안정성 평가결과 안정함을 보였다. 또한, 시료 A와 시료 B에 대해 1950 MHz 대역의 측정값을 비교한 결과 안정함을 보였다.

4) 분야별 비교숙련도 수행지침서 개발

무선 및 SAR 분야에 대해 국제기준에 적합한 수행지침서를 개발하였다. 기본적인 시험수행능력을 평가하고 향상시키기 위해 시료의 특성 분석능력 및 숙련도시험의 기본사항을 평가할 수 있는 항목을 중심으로 개발되었다.

5) 국제적 통계처리 방법에 의한 시험결과 통계처리

국제표준인 ISO/IEC 17043 부속서에 기술된 숙련도시험의 평가에 필수적인 요소인 설정값의 결정, 수행도 통계계산, 수행도 평가에 대해 분석하였으며, 현재 국제적 통계기준으로 많이 사용되고 있는 ISO 13528에 대해서도 설정값의 결정, 수행도 평가에 필요한 통계 및 수행도 평가기법 위주로 분석하였다. 또한, 2011년 KOLAS에서 실시한 EMC분야 비교숙련도시험 사례를 분석하였다. 또한, 미국의 A2LA 숙련도시험기관인 ACIL에서 시행하고 있는 수행도 평가에 사용된 설정 값의 결정기법, 편이 추정기법과 숙련도시험 참가기관들이 시험한 결과 값이 CISPR 측정불확도 내에 포함될 경우에 대한 수행도 판정기법에 대해 분석하였다.

6) ISO 13528을 적용한 통계처리 및 기존방법과 비교·분석

EXCEL을 이용하여 ISO13528 통계처리 프로그램을 개발하고 2011년 및 2012년 자료인 유선, EMC 및 무선분야에 대해 기존의 수행도 평가방법인 ISO43-1(NIQR)에 의한 *z-score*와

ISO13528에 의한 평가방법을 상호 비교한 결과 수행도 평가 결과가 만족, 의심 및 불만족 경계에 있는 판정결과가 달라지는 사례는 전체 시험평가 수 대비 약 6.9 %로 나타났다.

7) 2013년에 실시된 유선 및 EMC 분야에 대해 시험결과를 분석

국립전파연구원 지정시험기관 10개가 참가한 유선분야에 대해 4 가지 시험항목에 대해 예비 수행도 평가를 실시하였다. 또한, 40 개의 지정시험기관이 참가한 EMC분야에 대해 복사성 방출 10개 항목 및 전도성 방출 12개에 대해 예비평가를 수행한 결과 유선 분야의 경우 이상값 산출기관이 두 군데, EMC분야의 경우는 ISO13528를 바탕으로 CISPR16-4-2의 측정불확도와 시험시료의 설정값 불확도를 고려한 수행도 평가기준을 사용하여 수행도를 예비 평가한 결과 이상값 1개 기관 및 의심값 2개 기관이 도출되었다.

6. 기대효과

- 1) 국립전파연구원 지정시험기관을 대상으로 개발된 비교숙련도시험 프로그램을 활용하여 수행도를 평가하고 교정조치를 실행함으로써 지정시험기관 자체 시험능력의 상향평준화와 이를 통한 국가 간 상호인증(MRA)의 원활한 추진
- 2) 안정성이 확보된 시료를 사용함으로써 수행도 평가의 정확성 확보 및 객관화
- 3) 지정시험기관들이 국제기준에 적합한 국립전파연구원 비교숙련도시험프로그램에 참가한 경험을 바탕으로 국제기구에서 주관하는 숙련도시험 참여를 통한 국제적 위상 고양과 경쟁력 확보
- 4) 향후 유선 및 EMC 분야의 비교숙련도 시험시료 개발 시 안정성 시험 및 수행지침서 개발에 활용

7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보 방안	비 고
차폐실	7×4×3.5m,	1기	무선시험	구미대학교	확보	
주파수카운터	12.5 GHz	1기	주파수 특성분석	구미대학교	확보	
스펙트럼분석기	30 GHz	1기	주파수 특성분석	구미대학교	확보	
파워센서	18 GHz	1기	무선기기 전력시험	구미대학교	확보	
전원공급기	DC 60 V	1기	무선기기 전원공급	구미대학교	확보	
항온,항습 챔버	-40℃ ~ 100 ℃	1기	환경시험(온도, 습도)	구미대학교	확보	
차폐실	3.5×5.5×3.5m	2	SAR 시험장	이엠씨컴플 라이언스	확보	
무선통신 시험장치	WCDMA	2기	휴대폰 Call	이엠씨컴플 라이언스	확보	
SAR 시험설비	DASY 4	1기	SAR 시험	이엠씨컴플 라이언스	확보	
SAR 시험설비	DASY 5	1기	SAR 시험	이엠씨컴플 라이언스	확보	

8. 기타사항

최종보고서 초록

국문 초록		
<p>ISO 13528 기준에 적합한 무선분야 및 SAR 분야에 대한 비교숙련도시험을 위해 Bluetooth 제품인 무선리모컨과 WCDMA 휴대폰을 시험시료로 선정하고 이들에 대해 안정성시험을 수행하고 참가시험기관이 사용하게 될 수행지침서 및 수행도 평가기법을 개발하였다. 또한, 기존 통계기법인 ISO 43-1과 ISO13528에 대해 설정값 결정, 표준편차 계산 및 성능평가 기법을 예전 시험자료에 적용하여 상호 분석하였다. 본 연구 결과를 지정시험기관 비교숙련도시험에 적용하여 참가시험기관의 수행도를 평가함으로써 시험수행능력 향상과 시험결과에 대한 객관성 확보 및 신뢰성 향상을 기대할 수 있다.</p>		
영문초록		
<p>We have developed two test artifacts for proficiency testing by interlaboratory comparison based on ISO13528 in the area of RF equipments and SAR emitting from electronic devices which include stability tests, detailed test procedures and formats of test reports. Also, the performance statistics and criteria of ISO13528 were analyzed by comparing with the conventional ISO 43-1 techniques using real data.</p> <p>By the application of these proficiency testing program to the Designated Test Laboratories of RRA of Korea, it can be expected to improve the performance of individual laboratory for tests, assess the adequacy of laboratory and identify problems in laboratories, and initiate remedial actions.</p>		
색인어	한글	비교숙련도시험, ISO13528
	영문	Proficiency testing, ISO13528

SUMMARY

In this study, we have developed two test artifacts for proficiency testing by interlaboratory comparison based on ISO 13528 in order to apply and assess the Designated Test Laboratories of RRA(National Radio Research Agency) of Korea in the area of RF and SAR proficiency testing schemes. Proficiency testing is used to determine the performance of individual laboratories for specific tests and to monitor the continuing performance of laboratories.

At first to develop test artifacts we have analyzed the international interlaboratory proficiency programs such as USA, Australia, Japan and Europe and guidelines and policies of ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) and APLAC (Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation). From these results we suggested a criteria of RRA as a provider of RF and SAR proficiency testing schemes which meets the international criteria in order to be accredited as competent.

As the test artifacts a remote controller of bluetooth product ranging from 2400 MHz to 2483.5 MHz for RF proficiency testing scheme and a WCDMA wireless telephone set for SAR proficiency testing were adopted to evaluate the proficiency testing for the laboratories. It is important that test artifacts

for proficiency testing by interlaboratory comparison should have uniformity for the purpose of the consistency of measurement results, and the uniformity characteristics of the test artifacts also should be guaranteed. By the analysis of measurement uncertainty based on the variance and means of outputs of the test artifact, we analyzed the stability characteristics for the variations of supply voltage for a remote controller of bluetooth as test specimen for the RF proficiency testing. Also, the stability characteristics of the WCDMA wireless telephone set for the SAR proficiency testing were analyzed and the testing results of stability tests of these test artifacts showed good stability characteristics.

Also, we analyzed ISO 13528 which includes statistical guidelines for the design and interpretation of proficiency testing, determination of the assigned value and its standard uncertainty and calculation of performance statistics. And we developed the EXCEL program validated by using the proficiency testing data set of ISO13528 table 2 to calculate ISO 13528 algorithm A which includes the determination of process of assigned value and standard deviation. From this program we calculated the performance evaluation score using the test results of 2011 and 2012 EMI, RF and telecommunication proficiency testing programs. The test results differing pass and fail between the ISO guide 43-1(NIQR) and ISO 13528 showed 6.9% difference for the all three test evaluations.

The ISO 13528 international standard describes that even in a well-run laboratory anomalous results may sometimes be obtained. Also, it is possible that a standardized measurement method may contain faults that become apparent only after several rounds of a proficiency testing scheme. So the proficiency testing scheme may contain faults and the criteria given by ISO13528 shall not be used to condemn laboratories. From the prescribed comments we analyzed the statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison such as KOLAS and ACIL of A2LA proficiency testing provider. These two proficiency schemes were applied to the calculation of the performance criteria reflecting on the measurements uncertainty of CISPR 16-4-2 measurement uncertainty.

From these points we suggested an appropriate performance criteria by examining distribution of test results. The suggested statistical method uses the assigned value as ISO13528 clause 5.6 of consensus value from participants and standard deviation as CISPR 16-4-2 standard measurement uncertainty. By this criteria we analyzed test results of the proficiency testing schemes of 2013 EMI and telecommunication. The participant's results of telecommunication proficiency testing scheme showed that two laboratories were evaluated by warning signal(outlier) and other two laboratories had actional signals. And the test performance results of EMI proficiency scheme were evaluated by one laboratory as warning signal and two laboratories showing action signal.

From the results of stability test and opinion of committee of proficiency testing working group, we have developed the two proficiency testing programs of RF and SAR proficiency testing schemes which includes test artifacts, general instructions for proficiency testing, test methods in relation to test artifacts, detailed test procedures and formats of test reports.

By the application of these proficiency testing programs to the Designated Test Laboratories, it can be expected to improve the performance of individual laboratory for tests, assess the adequacy of laboratory and identify problems in laboratories, and initiate remedial actions.

목 차

표 목 차	17
그 립 목 차	22
제 I 장 서 론	23
제 II 장 시험기관간 숙련도시험에 대한 국제동향분석	25
제 1절 국제 시험기관 인정기구 협력체의 숙련도 시험	25
제 2절 주요국가의 숙련도시험 현황	49
제 III 장 무선 및 SAR 분야에 대한 시료의 안정성 시험 및 분석	60
제 1절 평가시료의 선정 및 안정성분석 기법	60
제 2절 무선분야의 안정성 평가분석	64
제 3절 SAR분야의 안정성평가분석	94
제 IV 장 국제적 통계처리 방법에 의한 시험결과 통계처리 및 수행지침서 개발	100
제 1절 국내·외 통계처리 기법분석	100
제 2절 ISO 13528 통계처리 기법을 과년도 자료에 적용한 결과와 기존방법과의 비교·분석 ...	124

제 3절	2013년 시행 비교속련도 시험결과 분석	133
제 4절	수행지침서 개발	147
제 V 장 결론		151
참 고 문 헌		155
부 록		157
부록 1.	무선분야 안정성 분석결과	158
부록 2.	SAR분야 측정불확도 산출 기준	182
부록 3.	SAR분야 안정성 분석결과	199
부록 4.	ISO 13528과 ISO 43-1에 의한 과년도 수행도 평가의 통계결과 비교	202
부록 5.	무선분야 수행지침서	230
부록 6.	SAR분야 수행지침서	252
부록 7.	2013년 유선분야 수행도 예비평가	270
부록 8.	2013년 EMC 분야 수행도 예비평가	275

표 목 차

표 2-1. 35개 정회원 국가 및 각국의 인정기구 현황	45
표 2-2. 22개 정회원의 국가 및 인정기구 현황	48
표 2-3. VLAC의 비교속련도시험 현황	52
표 2-4. VLAC의 시료특성	52
표 2-5. 주요 국가의 비교속련도 시험 주요사항 비교	59
표 3-1. 무선리모컨의 제원	64
표 3-2. 무선분야 시험시료 측정 구성	65
표 3-3. 네트워크분석기 측정 구성 요소의 반사계수값	70
표 3-4. 네트워크분석기 측정 구성 요소 사이의 감쇠계수값	70
표 3-5. 네트워크분석기 측정 구성 요소 사이의 부정합 불확도	71
표 3-6. 측정 구성 요소 사이의 부정합 불확도	71
표 3-7. 공중선전력 측정 A형 불확도	72
표 3-8. 파워센서 측정 구성 요소의 반사 계수값	73
표 3-9. 파워센서 측정 구성 요소의 감쇠계수 값	73
표 3-10. 파워센서 측정 구성 요소 사이의 부정합불확도	73
표 3-11. 공중선전력 측정불확도 총괄표	74
표 3-12. 스펙트럼분석기 주파수 갱년변화 불확도	76
표 3-13. 스펙트럼분석기 온도의 주파수 영향 불확도	77
표 3-14. 스펙트럼분석기 readout교정 데이터	77
표 3-15. 스펙트럼분석기 digit	78

표 3-16. 점유주파수대역폭 불확도 총괄표	79
표 3-17. 주파수카운터 갱년변화 불확도종합	81
표 3-18. 주파수카운터 온도영향 불확도	81
표 3-19. 주파수카운터 교정성적서 불확도	82
표 3-20. 주파수허용편차 불확도 총괄표	83
표 3-21. 측정 구성 요소의 반사계수값	86
표 3-22. 측정 구성 요소 사이의 감쇠계수값	86
표 3-23. 측정 구성 요소 사이의 부정합 불확도	87
표 3-24. 주파수응답 교정성적서 데이터	88
표 3-25. 주파수 응답 불확도	88
표 3-26. 입력 감쇠 교정성적서 데이터	89
표 3-27. 입력감쇠 불확도	89
표 3-28. 스펙트럼분석기 측정 구성 요소의 반사 계수값	90
표 3-29. 스펙트럼분석기 측정 구성 요소의 감쇠계수값	91
표 3-30. 스펙트럼분석기 측정 구성 요소 사이의 부정합불확도	91
표 3-31. 스푸리어스 불요발사강도 측정 불확도 총괄표	92
표 3-32. 무선분야 시료 A와 B의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석	93
표 3-33. SAR분야 시료의 특성	94
표 3-34. SAR분야 불확도 총괄표	97
표 3-35. SAR분야 시료 A와 B의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석결과	99

표 4-1. 복사성방출(수평편파)에 대한 참가시험기관들의 통계값	114
표 4-2. 전도성 방출(Line 1, Quasi-peak)에 대한 통계값 ·	115
표 4-3. 복사성 방출(수평편파)에 숙련도시험 표준편차의 계산	116
표 4-4. 전도성 방출(Line 1, Quasi-peak)에 대한 안정성 불확도	116
표 4-5. 복사성방출(수평편파)에 대한 통계값	117
표 4-6. 전도성 방출(Line 1, Quasi-peak)에 대한 통계값 ·	118
표 4-7. 복사성방출(수평편파)에 대한 안정성 불확도	118
표 4-8. 전도성 방출(Line 1, Quasi-peak)에 대한 안정성 불확도	119
표 4-9. ISO 13528 5.6절의 표 6의 항체 d1의 로버스트 평균과 표준	126
표 4-10. 판정결과가 차이나는 결과의 종합	128
표 4-11. 전체 시험평가 수 대비 판정결과가 차이나는 결과의 비율	128
표 4-12. 유선분야 수행도 분석(10 개 기관 참가)	129
표 4-13. 전도성장해 Line1 Average(dBuV) 수행도 분석(37개 기관)	129
표 4-14. 전도성장해 Line1 QP(dBuV) 수행도 분석(37개 기관)	130
표 4-15. 전도성장해 Line2 Average(dBuV) 수행도 분석(37개 기관)	130

표 4-16. 전도성장해 Line2 QP(dBuV) 수행도 분석(37개 기관)	131
표 4-17. 방사성장해 수평편파(dBuV/m) 수행도 분석(43개 기관)	131
표 4-18. 방사성장해 수평편파(dBuV/m) 수행도 분석(43개 기관)	132
표 4-19. 무선분야 수행도 분석(32개 기관)	132
표 4-20. 유선분야 이상값 산출기관(ISO43-(NIQR))	134
표 4-21. 유선분야 의심값 산출기관(ISO43-(NIQR))	134
표 4-22. 유선분야 이상값 산출기관(ISO13528)	135
표 4-23. 유선분야 의심값 산출기관(ISO13528)	135
표 4-24. 시험시료 제원	136
표 4-25. Group 1과 2의 평균값 및 표준편차 비교	138
표 4-26. Group 1과 2의 동질성 비교	141
표 4-27. Group 1(총 12개 기관)에 대한 이상값 및 의심값 산출결과	142
표 4-28. Group 2(총 28개 기관)에 대한 이상값 및 의심값 산출결과	142
표 4-29. 복사성 방출에 대한 z-score	143
표 4-30. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 차이	144
표 4-31. KOLAS의 수행도 평가 통계기법	145
표 4-32. ACIL(A2LA 숙련도시험운영기관)의 수행도 평가 통계기법	145
표 4-33. ISO13528과 CISPR 불확도를 고려한 수행도 평가 통계기법	146

표 4-34. Group 2 이상값 산출 결과	146
표 4-35. Group 2 의심값 산출 결과	147

그 립 목 차

그림 2-1. 시험소 인정기구 협력체와 인정기구	25
그림 2-2. 숙련도시험 운영인정기구 수행 흐름도	35
그림 2-3. 숙련도시험 참여인정기구 수행 흐름도	41
그림 2-4. 시정조치 수행 흐름도	42
그림 3-1. 불확도를 고려한 안정도 평가기법	63
그림 3-2. 무선시료 외관	65
그림 3-3. 입력전압 변화에 대한 무선시료의 안정성시험 구성도	66
그림 3-4. 공중선 전력 측정구성도	67
그림 3-5. 공중선 전력 측정구성도Cal kit를 사용한	69
그림 3-6. 점유주파수대역폭 측정구성도	75
그림 3-7. 주파수 허용편차 측정구성도	79
그림 3-8. 스퓨리어스 불요발사강도 측정 구성도	83
그림 3-9. Cal kit를 사용한 불확도 그래프	85
그림 3-10. Body SAR 측정절차	95
그림 4-1. ISO 13528에 의한 숙련도시험 통계 및 평가절차	104
그림 4-2. RE 50 MHz(QP) 수평편파 그룹별 시험값 분포	139
그림 4-3. CE Line1 3 MHz(QP) 그룹별 시험값 분포	139

제 I 장 서 론

글로벌 경제체제로 인하여 방송통신기자재를 포함한 전기·전자·통신 제품에 대한 적합성평가가 국제적으로 중요한 이슈가 되고 있다. 주요국가에서는 자유무역협정이나 상호인정협정 등을 통해 상품 및 서비스의 국제적 교환을 촉진하고, 지적, 과학적, 기술적, 경제적 활동 분야에서의 협력 증진을 위하여 노력하고 있으며, 방송통신기자재를 포함한 전기·전자·통신기기에 대해 세계 표준화 기구들과 상호 연계하여 표준화 및 관리 제도를 제정하여 시행하고 있다.

한편으로는 제품의 다양화, 국제화로 인해 제품 및 부분품을 이용하는 제조자, 소비자들은 제품이 국제 규정 및 요구된 글로벌 기준과 일치하는 지에 대한 보증을 요구하고 있다. 특히, 방송통신기자재의 개발 제품과 수입제품이 급격하게 증가되고 있는 상황에서 입증되지 않은 불법제품과 부적합제품의 유통으로 인한 방송통신기기의 이용자 및 공공 안전에 대한 인식이 크게 증대되고 있다.

국립전파연구원에서는 지정시험기관 제도를 통해 방송통신기자재를 비롯한 전기, 전자 및 통신제품에 대해 적합성인증과 신고 제도를 시행하고 있다. 또한, 2008년부터 지정시험기관을 대상으로 시험방법의 정확성과 효율성을 확립하고 개별 시험소의 품질체제 및 시험기관 구성원들의 시험능력을 객관적으로 평가하기 위해 비교숙련도시험 제도를 시행하고 있으며, 유선, 무선, 전자파적합성(EMC) 및 SAR분야에 대해 2년 주기로 지정시험기관을 평가하고 있다. 비교숙련도시험은 공인시험기관이 지정받은 시험분야에 대해 적합하게 해당시험을 수행할 수 있는지를 종합적으로 평가함으로써 시험기관의 기술과 품질수준을 파악할 수 있는 강력한 평가방법으로서 시험소 인정기관에서는 인정 절차의 한 부분으로 사용하고 있다.

지정분야별 숙련도시험의 원활한 운영을 위해서는 객관성과 안정성이 확보된 표준시험시료 개발과 국제기구에서 인정하는 시험결과에 대한 통계처리방법 및 수행도 평가 기준이 필요하다.

본 연구에서는 무선 및 SAR분야 지정시험기관을 대상으로 2014년에 실시될 비교숙련도시험을 위해 안정성이 보증된 표준시료를 개발하고 참가 시험기관에 대한 숙련도시험 수행도 평가를 위한 국제적 통계처리기법을 개발하고자 한다. 이를 위해 먼저 숙련도시험에 대한 국제동향을 조사·분석하여 국립전파연구원에서 수행하는 비교숙련도 시험절차와 방법이 국제적으로도 인정될 수 있도록 함으로써 MRA에 대비한다.

두 번째는 비교숙련도시험 운영위원회를 통한 무선 및 SAR분야에 대해 시료를 결정하고 안정성시험과 분석을 수행하고 이를 바탕으로 수행지침서를 포함하는 무선분야 및 SAR분야 표준시료를 개발하고자 한다. 또한, 국제적으로 사용되고 있는 숙련도시험에 대한 통계처리 기법인 ISO13528을 분석하고 현재 사용되고 있는 ISO43-1에 기반한 통계기법으로 평가된 과거의 수행도 결과를 ISO13528 통계기법을 적용하여 상호 비교함으로써 ISO13528 통계기법의 적용성 여부를 분석하고 검토하고자 한다.

본 연구를 통해 개발된 표준시료를 통해 국제 또는 국내 시험기관간 비교숙련도시험 등 정기적인 숙련도시험을 수행함으로써 기대되는 효과를 살펴보면, 국립전파연구원 지정시험기관들의 시험결과에 대한 국제적 공신력 확보와 시험능력의 상향평준화를 모색할 수 있다. 또한, 국가 간 지역 간 상호인정협정을 통한 네트워크를 구축함으로써 국가 간 중복시험을 배제하고, 신속하고 원활한 규격인증획득을 통한 인증비용의 절감과 수출비용을 감소시킴으로써 기업의 국제경쟁력 확보를 이룰 수 있다.

제 II 장 시험기관간 숙련도시험에 대한 국제동향 분석

제 1절 국제 시험기관 인정기구 협력체의 숙련도 시험

공인된 시험성적서의 상호 인정을 장려함으로써 국가 간 무역을 용이하게 하기 위한 목적으로 만들어진 국제시험기관 인정기구협력체와 지역별 인정기구협력체 및 경제단위별 인정기구 현황은 아래와 같다.



지역별 인정기구협력체

- ILAC (국제시험기관인정기구협력체): International Laboratory Accreditation Cooperation
- APLAC (아태지역 시험기관 인정기구협력체): Asia-Pacific Laboratory Accreditation Cooperation
- EA (유럽 인정기구협력체): European Cooperation for Accreditation
- ISSA(미주 인정기구협력체): Inter-American Accreditation Cooperation
- SADAC (남아프리카개발협력체): Southern Africa Development Community in Accreditation

대표적인 APLAC MRA 인정기구

- KOLAS (한국): Korea Laboratory Accreditation Scheme
- NVLAB (미국): National Voluntary Laboratory Accreditation Program
- CNAS (중국): China National Accreditation Service for Conformity Assessment
- VLAC(일본): Voluntary EMC Laboratory Accreditation Center

그림 2-1. 시험소 인정기구 협력체와 인정기구

본 절에서는 국제인정기구 협력체인 ILAC와 아태지역 인정협력체 APLAC의 숙련도시험에 대한 정책을 조사하고 유럽 인정기구협력체 EA와 미주인정기구협력체 IAAC의 개요를 살펴보기로 한다.

1. ILAC

ILAC은 세계 무역에 대한 장벽제거 즉, “한 번 시험 받으면 어디에서든지 수용가능” 이라는 슬로건으로 1977년 공인시험 및 교정성적서의 상호인정을 장려하여 무역 용이성을 추구한다는 목적으로 출범하게 되었으며 1996년부터 이러한 목적을 위한 MRA 네트워크를 구축함으로써 공식적인 협력체로 발돋움하게 되었다.

현재 지역별 인정기구협력체인 APLAC, EA, IAAC와 MRA가 체결되었으며 SADAC와는 체결 검토 단계에 있다. 이러한 지역 협력체들은 4년 주기로 MRA 유지를 위한 평가를 하고 있다.

2013년 4월 17일 현재 ISO/IEC 17011에 의거 한국의 KOLAS를 포함한 67개국 81개의 인정기구가 ILAC과 MRA가 체결되어 있으며 ISO/IEC 17025 또는 ISO 15189(의료기기 시험기관)로 적합성을 평가받은 35,000개의 공인시험기관과 6000개의 검사기관이 네트워크를 형성하고 있다.

ILAC은 시험기관들의 숙련도프로그램 참여가 단지 인정기관을 만족시키기 위한 필요수단으로서 참여하고 있는 것처럼 보일수도 있지만 아래의 여러 가지 근본적인 혜택을 제시하면서 참여를 독려하고 있다.

- 시험, 측정, 교정을 수행하는 시험소의 역량을 확인
- 오류 또는 불만족한 수행능력의 잠재요소를 파악하고 개선
- 시험 혹은 측정의 방법 및 절차를 비교

- 교육, 내부 품질관리 강화, 장비보완, 교정 등을 통한 수행능력 개선
- 전문가에 의해 제공되는 정보, 데이터 해석, 불확도 산출 등의 교육
- 직원, 경영, 시험기관 서비스에 대해 사용자들에게 신뢰를 고취
- 시험기관 운영자들의 불확도산출 등 수행능력의 비교
- 내부품질관리 모니터링에 사용되는 표준물질의 산출
- 숙련도시험 설계에 따라 방법정밀도 및 정확도 결정
- 규제기관과 인정기관을 만족

ILAC에서 발행되는 문서 중에 본 과제의 숙련도시험(Proficiency Testing)에 관련한 공식 문서는 아래와 같으며 숙련도시험의 정책을 파악하기 위하여 아래 문서의 분석과 검토가 필요하다.

- ILAC P9: ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities
- ILAC P13: Application of IEC/ISO 17011 for the accreditation of Proficiency Testing Provider

ILAC P13은 숙련도운영기관의 적합성 평가를 위하여 인정기구들이 이러한 사항을 ISO/IEC 17011에 포함하여 신청하여야 하는 정책에 대한 기술이며 이를 통하여 인정기구 및 인정기구 협력체 간의 숙련도운영기관들의 평가가 MRA를 유효화 할 수 있다는 취지의 설명이다.

가. ILAC P9

ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities

(1) 목 적

이 문서의 목적은 인정기구들이 시험기관과 검사기관들의 인정 평가단계에서의 숙련도시험에 활용하는 것이며 일관된 개념을 가지고 숙련도시험 정책을 적용함으로써 인정기구들 사이에 다변 또는 쌍방 협약

을 지원하기 위함이며 지역 인정기구협력체에게는 숙련도시험 관련 문서발간에 도움을 줄 수 있을 것이다.

ISO/IEC 17025에 의하면 시험기관은 수행되는 시험 및 교정업무의 유효화를 감시하는 품질절차를 가져야 하며 이러한 절차에는 시험기관 간 비교(Interlaboratory comparison) 또는 숙련도 시험(Proficiency Testing)이 포함되며 이 외에 표준물질을 사용하는 방법, 동일하거나 다른 방법을 통한 반복시험 및 교정 등으로 모니터링을 할 수 있다. 이러한 메커니즘은 시험기관이 자신들의 시험능력을 고객이나 유관 단체 및 시험기관 인정기구에 제공할 수 있을 것이다.

* 용어설명

1) 숙련도 시험(PT, Proficiency Testing)

시험기관 간 비교를 통하여 미리 확립된 기준에 대해 참가하는 시험 기관들의 수행능력을 평가하는 것.

2) 시험기관간 비교(ILC, Interlaboratory comparison)

둘 또는 그 이상의 시험기관이 미리 설정된 조건에 따라 동일하거나 유사한 시험아이템에 대하여 시험을 구성, 수행 및 평가하는 것.

(2) ILAC 정책

(가) ILAC과 MRA 체결을 희망하거나 유지하고자하는 인정기구들은 소속된 공인 시험 및 교정기관들의 기술적인 능력을 증명하여야 한다.

기술적인 능력을 증명하는 하나의 요소는 시험기관들이 유효하고 적합한 숙련도 시험에 참여하고 만족한 결과를 얻는 것이다.

기술적인 능력은 숙련도시험(PT) 뿐만 아니라 엄격한 분별력을 가

진 시험기관간 비교(ILC)의 성공적인 참여를 통하여 증명될 수 있다.

(나) 시험, 검사기관들의 인정분야에 대한 최소 숙련도시험 참여는,

- 인정을 득하기 전 유효하고 적합한 숙련도 시험에 성공적인 참여를 증명하여야 하며,
- 공인된 시험기관들이 인정분야에 적합한 숙련도 시험 참여 계획을 수립하고 시험능력을 입증하기 위해 지속적인 참여 활동을 하여야 한다.

(다) 인정기구들은 인정평가 단계에서의 숙련도시험 활동에 대한 정책을 가져야 하며 그 정책에는 다음사항이 포함된다.

- 시험 및 검사기관 능력을 입증하고 이 기관들의 품질유지를 지원하는 도구로서 숙련도시험의 중요성에 대한 지침
- 인정기구들에 의해 공식화된 숙련도시험 참여에 대한 요구 및 공인 기관들의 인원, 시험방법, 계측기들의 변경에 따른 정례의 평가를 포함 한 최소 레벨 및 참여 횟수에 대한 요구사항
- 시험기관 평가와 인정결정 단계에서 숙련도 시험의 참여결과와 시험 수행능력결과(특히, 지속적인 부적합 시험능력)가 어떻게 검토되고 활용되는지에 대한 내용이 포함되며 지속적으로 시험 수행능력이 적합한 결과가 나올 경우 평가 주기의 조정이 가능하다는 내용이 포함될 수 있음

이 정책에는 아래사항에 대하여 고려하여 기준을 만들어야 한다.

- 시험 및 검사기관들이 숙련도시험에 부적합 시험결과에 대응하여 예상되는 시정조치 사항들과 인정기구에 이러한 부적합 결과에 대해 고지해야하는 요구사항들에 대한 내용
- 숙련도 시험 관련 요구사항들은 평가 실무자, 산업계와 전문가 섹터,

지역인증기구협력체와 관련 이해 조직들에 의해 제정됨

(라) 인정기구는 시험기관 인정에 있어서 숙련도시험의 활용에 대한 모든 정책과 절차에 대하여 문서화 되어야 한다.

특히, 인정기구는 시험기관 인정단계에서 시험기관이 참여한 유효한 숙련도시험의 시험능력 결과와 부적합 발생 시 조치된 시정사항들에 대하여 검토할 수 있어야 한다.

인정기구는 시험 및 검사기관이 인정분야에 적절한 숙련도시험 참여 계획을 가지고 있는지 검토하여야 한다.

만약 이러한 계획들이 적절하지 않다고 판단되는 경우 인정기구는 요구되는 숙련도시험 참여지침에 대한 가이드를 제공하여야 한다.

(마) 인정기구는 숙련도시험 참가에 대한 수요와 계획에 대해 정보를 제공하여 시험기관이 이를 인지하고 계획을 수립할 수 있도록 지원하여야 한다. 지원 사항은 다음과 같다.

- 적합한 숙련도시험 프로그램을 선택할 수 있도록 숙련도 시험 목록과 설명
- 시험, 검사 기관들의 숙련도시험의 요구에 대해 어떻게 해석하고 공식화 하는가의 안내로서 제공되는 안내에는 다음사항이 포함된다.

- 숙련도 시험의 시료와 수행지침서의 적합성에 대한 고려의 필요성이 포함되어야 한다. 시료는 시험소에서 근래 가장 보편적으로 취급되는 품목이어야 함

- 숙련도시험이 시험기관들의 교육과 위험관리 수단으로 사용될 수 있다는 점을 강조

- 평가 실무자, 산업계와 전문가 섹터, 지역인증기구협력체 등으로부터 인정을 받기 위해 시험기관은 강제화 된 해당분야 숙련도시험에 참여하
여한다는 충고

- 표준물질의 특성화 작업, 검증 활동들의 방법으로 얻는 정보 등의 숙
련도시험 이외의 다른 활동으로부터도 시험기관의 능력에 유용한 정보
를 제공받는다는 충고

(사) 지역의 시험, 교정기관이 참여해야 할 해당 분야의 적합한 숙련도
시험이 존재하지 않거나 수행되고 있지 않을 경우, 인정기구와 시험기
관은 시험기관의 능력을 평가하고 감독할 수 있는 적합한 대체 방법에
대하여 의논하고 합의하여야 한다. 이러한 상황에 대하여 시험 및 교정
기관은 숙련도시험 및 관련 활동들의 계획 수립에 포함되고 고려되어야
한다.

2. APLAC

APLAC은 1992년 Asia-Pacific 지역의 인정기구들의 MRA를 추진
하고 발전시키고 확장한다는 최초 목적을 가지고 하나의 포럼으로 출범
하게 되었다.

APLAC은 1995년 Asia-Pacific 지역의 16개 경제기구들
(Economies)의 MOU를 통해서 공식적인 협의체로 발전하게 되었으며
이후 10개의 경제기구가 APLAC에 합류하게 되었다. 또한, APLAC은
APEC(Asia Pacific Economy Cooperation)으로부터 5개의
SRBs(Specialist Regional Bodies) 중 하나로 인가를 받게 되었다.

APLAC은 최초로 1997년 11월 19일에 7개의 인정기구가 시험 및 교정 분야에 대하여 MRA를 체결하였으며 2003년 11월에는 인정분야도 추가하게 되었고 2007년 4월에는 ISO 15189 (Medical laboratory)분야도 포함 되었다. 2007년 12월에는 표준물질의 생산자(RPMs, Reference Producers Materials) 인정분야도 추가되었으며 현재는 38개의 APLAC Member들 중에 35개의 아태지역 인정기구들과 MRA가 체결되어 있다.

- NATA (Australia) - testing, calibration, inspection, RMP
- SCC (Canada) - testing, calibration, ISO 15189
- CALA (Canada) - testing (previously known as CAEAL)
- QMP-LS (Canada) - ISO 15189
- CNAS (People's Republic of China) - testing, calibration, inspection, ISO 15189, RMP
- HKAS (Hong Kong China) - testing, calibration, ISO 15189, inspection, RMP
- NABL (India) - testing, calibration, ISO 15189
- KAN (Indonesia) - testing, calibration, inspection; ISO 15189
- JAB (Japan) - testing, calibration, ISO 15189, inspection
- IAJapan (Japan) - testing, calibration, RMP
- VLAC (Japan) - testing
- KOLAS (Republic of Korea) - testing, calibration
- Standards Malaysia (Malaysia) - testing, calibration, ISO 15189
- ema (Mexico) - testing, calibration, ISO 15189, inspection
- MNAS (Mongolia) - testing, calibration
- IANZ (New Zealand) - testing, calibration, ISO 15189, inspection
- PNAC (Pakistan) - testing, calibration
- PNGLAS (Papua New Guinea) - testing
- PAO (Philippines) - testing, calibration
- AAC Analitica (Russian Federation) - testing; RMP

- SAC (Singapore) – testing, calibration, ISO 15189, inspection
- SLAB (Sri Lanka) – testing, ISO 15189, calibration
- TAF (Chinese Taipei) – testing, calibration, ISO 15189, inspection
- DMSc (Thailand) – testing, ISO 15189
- DSS (Thailand) – testing
- NSC-ONAC (Thailand) – testing, calibration, inspection
(previously known as TLAS)
- A2LA (USA) – testing, calibration, inspection, RMP, ISO 15189
- ANSI-ASQ National Accreditation Board doing business as
ACCLASS & FQS (USA) – testing, calibration, RMP, Inspection
- IAS (USA) – testing, calibration, inspection
- A-S-B doing business as L-A-B (USA) – testing, calibration
- NVLAP (USA) – testing, calibration
- PJLA Inc. (USA) – testing, calibration
- AIHA-LAP, LLC(USA) – testing
- BOA (Vietnam) – testing, calibration, inspection, ISO 15189
- JAS-ANZ (Australasia) – inspection

APLAC에서 발행된 문서 중에 본과제의 숙련도 시험과 관련되는 문서는 PT Series 문서가 있다.

- APLAC PT 001: Calibration Interlaboratory Comparisons
- APLAC PT 002: Testing Interlaboratory Comparisons
- APLAC PT 003: Proficiency Testing Directory
- APLAC PT 005: Artifacts for Measurement Audits
- APLAC PT 006: Proficiency Testing Frequency Benchmarks

상기 문서 중에 APLAC PT 002와 해석은 APLAC의 숙련도시험의 절차와 정책을 파악하는데 도움이 되리라 사료된다.

가. APLAC PT 002

이 문서는 APLAC의 시험소간 비교시험의 정책과 절차를 수립하고 인정기구가 시험소간 비교시험의 구성(構成, Organization)에 있어서의 책임사항을 설명하고 그들의 계획수립, 준비사항, 실행, 성적서 준비 등을 안내하기 위해 숙련도시험 위원회(PTC, Proficiency Testing Committee)에서 제정하였다.

(1) 숙련도시험 운영인정기구(Organizing Accreditation Body) 업무절차

(가) APLAC 숙련도 시험위원회(PTC)의 역할

- APLAC 멤버들과의 협의 후 숙련도 시험의 일정의 선택 및 승인
- 인정기구에 의해 제출되는 모든 숙련도 시험의 계획과 시행에 대한 승인
- 모든 숙련도 시험 프로그램의 상황별(종료, 진행, 계획) 목록을 관리
- 숙련도시험을 구성하는 인정기구의 승인
- 발행하기 전 숙련도 결과 초안의 검토
- 숙련도 시험 중에 야기된 문제점들의 검토
- 기술발전 동향, 훈련 요구, 사후 활동에 대한 확인
- 발행된 최종보고서를 간사로 하여금 Website에 올리게 하여 APLAC 멤버들에게 알림.

위원회는 APLAC 멤버들이 숙련도 시험에 대해 발의 제안을 권장하고 있으며 그 제안에는 최소한 아래의 내용이 포함되어야 한다.

- 숙련도 시험품명
- 수행되는 숙련도 시험
- 참여하는 시험기관수 와 종류
- 시험방법
- 성적서 정밀도와 단위

위원회는 구성되는 숙련도 시험의 시행이 APLAC 모든 멤버들의

이익에 부합되는지에 대한 결정의 최종 책임이 있다. 위원회는 숙련도 시험 관련 재정상의 책임은 없다.

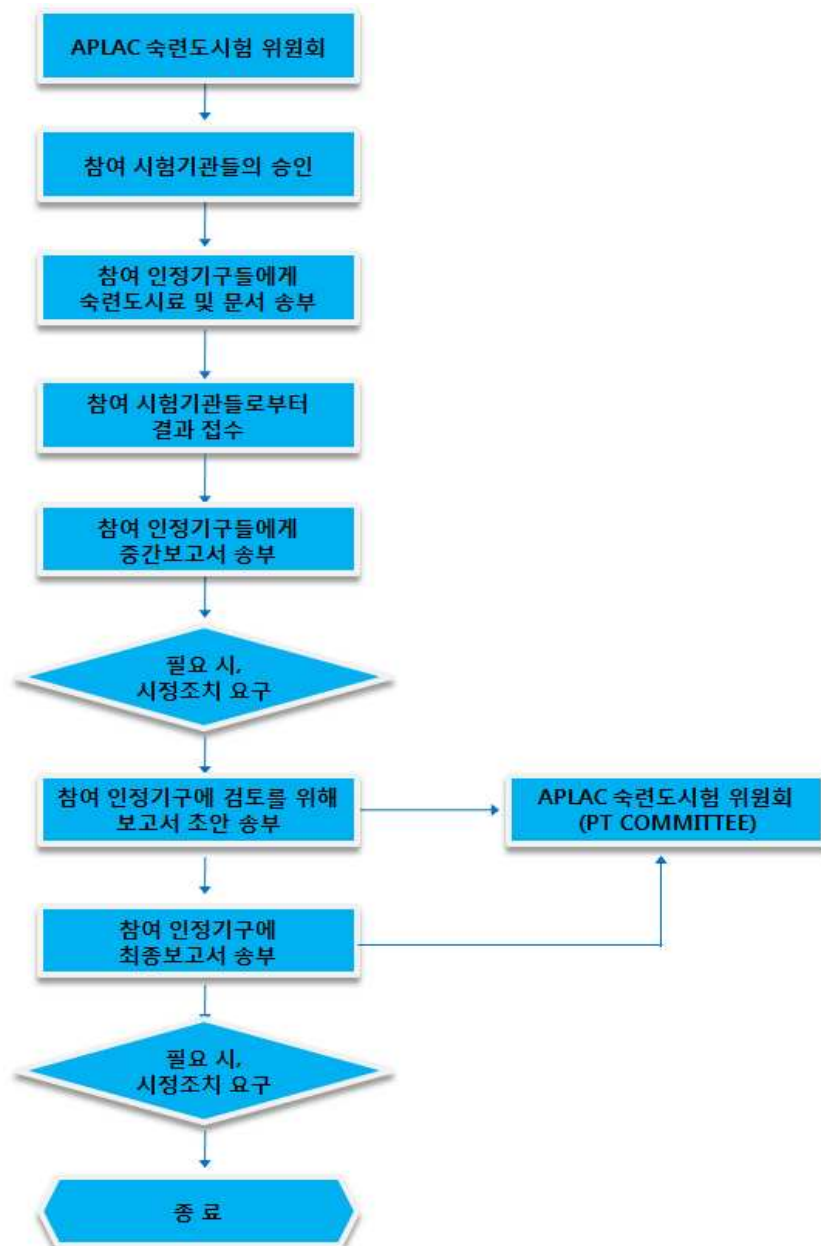


그림 2-2. 숙련도시험 운영인정기구 수행 흐름도

(나) 숙련도시험 운영인정기구 (Organizing Accreditation Body)의 역할

- 적합 시료들과 포장의 제공
- 모든 연락을 조정하는 하는 조정자 지정
- 기술 고문의 지정
- 공동작업자와 위탁 계약자들의 역할과 책임의 확인
- 참가자들의 지침서 초안 작성
- APLAC 회원들의 참가 초청
- EA등의 타 인정기구협력체 회원과 필요에 따라 비회원의 참가 요청
- 참가 시험기관들의 비밀번호 부여
- 시료이동 문제의 최소화 (예, 세관 신고서 제공)
- 시료균질성 시험, 안정성 시험, 시험결과의 통계적 해석 운영
- 참가자들의 결과 수집 및 결과 성적서 작성

1) 숙련도 프로그램 설계

이러한 프로그램들은 통상 참가 시험기관들의 숙련도 시험을 위하여 대량의 시료가 동시에 전달되기도 하고, 하나 또는 두 개의 일반적인 시료가 순환하면서 시험이 시행되는 경우도 있다.

하나 또는 여러 개의 시료가 각 참가 시험기관들에 전달되는 프로그램도 포함되며 각 시료들은 정해진 적합한 절차에 의거 한번 또는 여러 번 시험될 수 있다.

시료들은 일반적으로 동일한 특성(Blind duplicates)을 갖거나 약간 다른 레벨(Split level design)의 특성을 가질 수 있다. 숙련도시험에 사용되는 시료는 참가기관들이 일반적으로 시험하는 통상적인 시료이어야 한다. 시료는 제공하는 숙련도 시행지침서와 결과서에 표기되어 있는 정보(형식명, 모델명)와 동일하게 라벨을 부착되어야 한다. 참가자가 적

절하게 시험을 수행할 수 있도록 충분한 양의 시료를 제공하여야 한다.

2) 동질성 시험

숙련도 시험의 동질성 시험의 목적은 시료의 변이가 적고 충분히 동일하다는 것을 확인하는 데 있다.

최초시험은 시료준비 단계에서 행해질 수 있는데 동질성 시험을 위해 시료들은 한 번에 무작위로 적어도 10개는 선택되어져 준비되고 포장되어야 한다. 시료의 선택은 시료들에서 어떠한 중대한 차이를 가장 잘 나타내는지 고려되어야 한다. 모든 시험은 반복 재현성이 있는 조건(동일 시험기관, 동일 운영자, 동일 시험방법, 동일 사용 장비)하에서 가능한 짧은 시간안에 적어도 두 번은 수행되어야 한다.

3) 참가자의 초청

프로그램의 상세한 설명과 함께 참가자 초청문서는 모든 참여 인정기구들에게 발송되어야 한다. 상세한 프로그램의 설명은 인정기구들이 그들의 시험기관의 참여 여부를 결정하는데 도움을 줄 것이다.

최신의 APLAC 숙련도시험 담당자의 정보는 APLAC 숙련도 위원회의 의장으로부터 받을 수 있다.

4) 시료의 배송

- 시료는 이동 중에 충격을 받지 않도록 잘 포장되어야 한다.
- 시료의 발송과 시험기관들의 시료 접수까지의 시간이 1달 이내에 이루어져야 한다.
- 운영인정기구는 참가하는 인정기구가 지정한 시험기관으로 배송하여야 한다.

- 운영인정기구는 발송되는 시료의 세관통관 문서를 동봉하여야 한다.

5) 지침서와 숙련도 시험 성적서

운영인정기구의 운영담당자(Coordinator, 또는 공동작업자, 위탁계약자)와 기술조원자들은 영어로 지침서 초안을 작성하여야 한다.

이 지침서에는 최소한 아래의 내용이 포함된다.

- 인정기구의 운영담당자의 이름, 주소, 이메일 어드레스
- 시료의 형명과 모델명
- 숙련도 시험 항목
- 숙련도 시험 방법
- 시험결과의 정밀도와 단위
- 제공되는 숙련도 시험성적서의 작성 안내
- 측정불확도 지침
- 결과 작성 가이드

숙련도 시험 숙련도시험 성적서에는 아래의 내용이 포함되어야 한다.

- 지정된 시험기관명
- 모든 숙련도들의 시험결과
- 모든 시험결과의 측정불확도
- 시험 방법
- 참가자 서명
- 참가자 서명 날짜

6) 시험 결과 수령

운영인정기구의 운영담당자(Coordinator, 또는 공동작업자, 위탁계약자)는 참가 시험기관들의 시험결과를 정해진 기한까지 수령한다.

만약 시험기관들로부터 기한 내 수령을 못했을 경우 해당 인정기구에 통보한다. 모든 결과를 받았다면 인정기구는 데이터의 기록과 확인 및 중간보고서와 최종보고서 작성 준비의 책임이 있다.

7) 중간보고서

중간보고서는 선택사항이다. 만약 중간보고서가 작성되었다면 참가하는 인정기구와 APLAC PT 위원회의 의장에게 송부한다.

8) Z-Scores

시험결과를 분석하는데 사용되는 통계적 기법은 편리하고 국제적으로나 지역적으로 인정된 Z-score를 사용한다. Z-score 기법은 결과 집합의 평균값과 표준편차에 근거한다. 평균값과 표준편차에 견실한 대책을 위해 중위수와 사분위값(IQR)을 사용하는 것이다.

9) 비밀유지

운영인정기구는 참가하는 시험기관들의 이름을 항상 비밀로 취급하여야 한다. 코드는 무작위로 부여하여야 한다.

10) 보고서 초안

모든 참가들로부터 결과를 받고 중간보고서가 발행되고 나면 운영인정기구는 최종보고서를 위한 초안을 참가자들의 무작위 코드로 작성하며 다음 사항이 포함 된다.

- 보고서 Cover에 APLAC Logo
- 지정된 값들 (합의된 평균값과 중위수)
- 참가하는 경제기구와 시험기관 수
- 코드로 부여된 참여 시험기관들의 시험결과
- 부적합결과(outlier result)의 확인
- Test Data의 그래픽화 (히스토그램, Youden 도표, Z-score 차트)
- 지침서와 시험 성적서 사본
- 기술적 견해 (에러의 근원, 수행방법의 영향 과 모든 수행능력)

보고서 초안은 참가하는 인정기구들에게는 정보 활용의 목적으로, APLAC 숙련도 위원회의 멤버들에게는 검토를 위하여 보내져야 한다.

11) 최종보고서

운영인정기구는 APLAC 숙련도 위원회로부터의 견해를 받고 승인

을 득한 후 숙련도 시험에 참여한 인정기구와 APLAC 숙련도 위원회의장에게 최종보고서를 발송한다.

(2) 숙련도시험 참여인정기구(Participating Accreditation Body) 업무절차

(가) 숙련도시험 참여 인정기구의 역할

- 숙련도 시험에 참여 할 소속된 시험기관의 지정
- 필요할 경우, 숙련도수행 지침서의 번역작업
- 참여하는 소속 시험기관들에게 시료 발송의 조정 (이송에 대한 비용 처리 책임)
- 소속 참여기관들에게 시험결과를 기한 내에 발송할 수 있도록 독려
- 각 참여 기관들로부터 결과 Copy본 입수
- 인정기구의 정책의 근거하여 참여기관들의 시정조치 시행

(나) 숙련도 시험 참여 시험기관의 역할

숙련도시험에 참가하는 시험기관들은 통상 참여 인정기구의 공인 시험소이거나 공인 인정을 받고자하는 시험기관으로서 그들이 수행하고자 하는 시험에 해당하는 숙련도 시험에 참가한다.

시험기관들의 대표적인 시료를 시험하기 위하여 인정기구들은 가능하면 동일 시료로 시행되었던 APLAC 비교숙련도 시험에 참여했던 시험소들을 배제한다.

APLAC 숙련도 위원회는 유용하고 실행 가능하다면 APLAC 회원 이외의 시험소 즉, EA, IAAC 와 ILAC 비회원 인정기구의 시험기관의 참여를 고려할 수 있다. 하지만, 우선권은 APLAC 회원에 있다. 참가하는 시험기관들은 그들의 인정기구로부터 시료, 지침서, 결과기록지를 받게 된다.

참가하는 시험기관들은 시험이 완료되면 결과기록지를 그들의 인정기구와 숙련도시험 운영 인정구에 기한까지 송부하여야 한다.

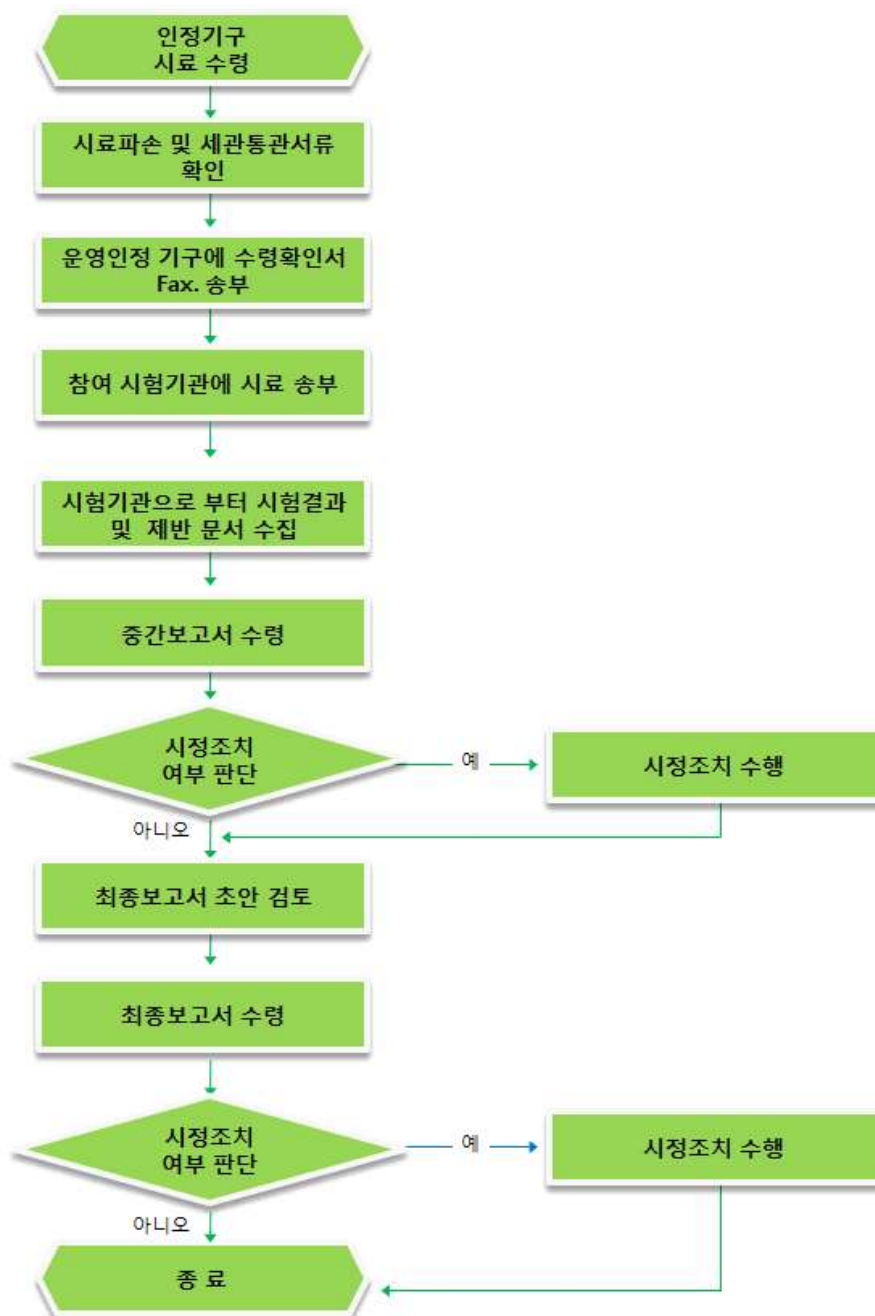


그림 2-3. 숙련도시험 참여인정기구 수행 흐름도

(3) 시정조치 업무절차

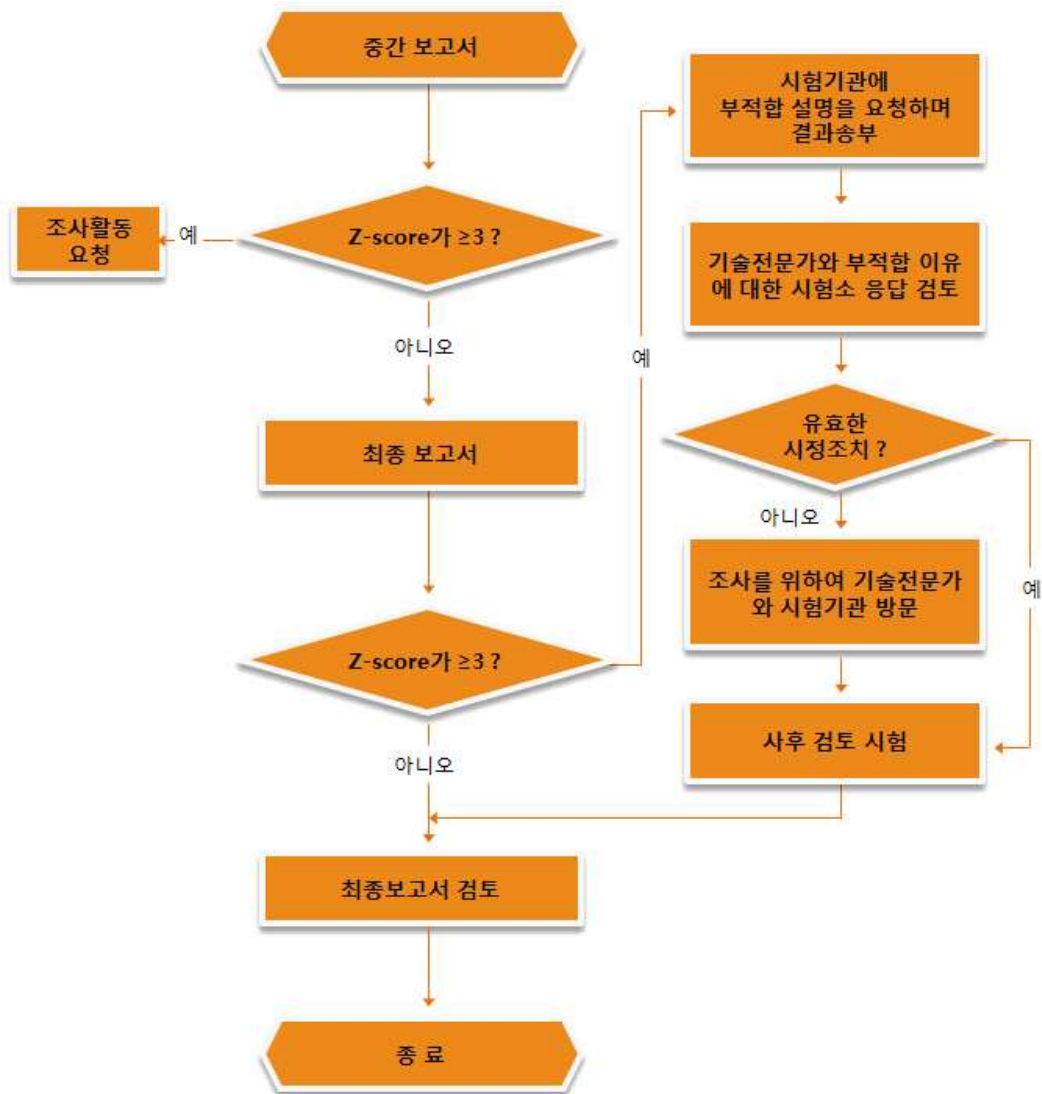


그림 2-4. 시정조치 수행 흐름도

시정조치가 필요할 경우, 참여한 시험기관과 그들의 인정기구는 가능한 빠른 시간 내에 조치하여야 한다.

시정조치가 부적절할 경우 수행된 시험항목에 대하여 인정취소가 될 수 있다. 시정조치는 아래의 단계에서 시행될 수 있다.

- 중가보고서를 수령한 후
- 최종결과 보고서를 수령한 후

통상적인으로 시험소의 숙련도 결과의 Z-score가 ≥ 3 인 경우 시정 조치를 요구받게 된다.

나. APLAC PT 006

이 문서는 시험, 교정 공인기관의 인정분야의 대분류별(Major sub-discipline)로서 숙련도 참가 횟수(Frequency)의 지표로 삼기 위함이다.

APLAC의 숙련도 참가 빈도는 ILAC-P9:2005에 근거를 두고 있으며 ILAC-P9의 최소 참가 횟수는 아래와 같다.

- 인정을 받기 전 1회 참가
- 인정분야별 대분류별 4년 내 1회

APLAC은 회원기구들의 정책에 따라 숙련도 참여 빈도의 기준이 달라질 수 있다는 것을 인식하고 있으며 이 문서는 시험기관들의 인정분야의 대분류별 일반적인 지침으로 활용하고 APLAC MRA 활동에 있어 인정기구와 평가사들에게 가이드를 주기 위함이다.

3. EA

가. 개요

EA(유럽인정기구협력체)는 1997년 11월에 비영리협회로 만들어졌으며 2000년 6월에 네덜란드에서 등록 되었다. EA의 임무는 유럽국가 중 한 국가 시험기관에서 적합성 평가가 완료되었다면 다른 유럽국가에서 추가 시험 없이 유통될 수 있도록 유럽인증 통합체계를 이끌어 내는데 협력하는 것이며 이를 통하여 EU 국가들과 세계경제에 이익을 제공하는 것이다.

EA 회원국은 EU/EFTA의 회원국가 정회원과 그 외 준회원으로 구분되는데 35개 정회원과 13개 준회원이 가입되어 있다. 35개 정회원 국가 및 각국의 인정기구는 다음과 같다.

EA에서 발행된 문서 중에 본과제의 숙련도 시험과 관련되는 문서는 아래와 같으며 숙련도 정책과 기본절차는 앞서 분석한 ILAC, APLAC과 동일하다.

- EA-2/09 : EA Policy on the Accreditation of Providers of Proficiency Testing Schemes
- EA-3/04 : Use of Proficiency Testing as a Tool for Accreditation in Testing
- EA-4/18 : Guidance on the level and frequency of proficiency testing participation

표 2-1. 35개 정회원 국가 및 각국의 인정기구 현황

Country	Accreditation Body
Austria	AKKREDITIERUNG AUSTRIA
Belgium	BELAC
Bulgaria	BAS
Croatia	HAA
Cyprus	CYS-CYSAB
Czech Republic	CAI
Denmark	DANAK
Estonia	EAK
Finland	FINAS
France	COFARAC
Germany	DAkkS
Greece	ESYD
Hungary	NAT
Iceland	ISAC
Ireland	INAB
Italy	ACCREDIA
Latvia	LATAK
Lithuania	LA
Luxembourg	OLAS
Malta	NAB-Malta
Macedonia	IARM
Montenegro	ATCG
Netherlands	RVA
Norway	NA
Poland	PCA
Portugal	IPAC
Romania	RENAR
Serbia	ATS
Slovakia	SNAS
Slovenia	SA
Spain	ENAC
Sweden	SWEDAC
Switzerland	SAS
Turkey	TURKAK
United Kingdom	UKAS

나. 4회 국제 숙련도시험 회의

(4th International Proficiency Testing Conference in Romania)

(1) 개 요

(가) 2013년 9월 18일부터 20일 까지 루마니아 브라쇼브(Brasov, 카르파티아산맥의 북쪽 기슭에 위치한 관광지)에서 개최되는 국제 숙련도시험 회의이다.

(나) 이 회의의 주관은 루마니아의 수도인 부쿠레슈티에 본사를 두고 있는 “CEPROCIM S.A.”라는 회사와 이 회사와 파트너쉽을 가지고 만들어진 비영리 단체인 AFSIC(Association of Proficiency Testing Providers)이며 루마니아에 있는 TRANSILVANIA 대학과 LUCIAN BLAGA 대학이 후원 하고 있으며 주관사인 CEPROCIM S.A.는 1949년 건축자재 연구개발 전문 회사로 태동하여 현재는 건축 접합재료 (시멘트, 석회, 분말석고 등.) 분야의 연구, 자문, 생산절차 개발을 주업으로 하며 이 분야 유럽(EU)의 규격(Standard)제정에 참여하고 있다.

(다) 2년 주기로 개최되는 이 회의는 루마니아에서만 개최되고 있는데 첫 번째 회의는 2007년 10월에 루마니아 Sinania에서 두 번째는 2009년 9월에 Sibiu, 세 번째는 2011년 11월에 Iasi에서 개최되었으며 주관은 마찬가지로 CEPROCIM S.A. 이다.

(2) 회의 안건

- PTS (Proficiency Testing Schemes; 숙련도시험 계획)
- RM (Reference Material of PT; 숙련도시험 표준물질)
- VTM (Validation of Testing Methods and Proficiency Testing; 숙련도시험 방법 및 절차에 대한 검토)
- UM (Uncertainty of Measurement and Proficiency Testing; 숙련도시험의 불확도 산정)

- IQC (Internal Quality Control of Analyses and Proficiency Testing; 숙련도시험의 내부 품질관리 및 해석)
- MT (Metrology, Traceability and Proficiency Testing; 숙련도시험 계측 및 추적성(통일성))
- AQM (Accreditation of Quality Management and Participation at Proficiency Testing; 품질관리의 인증 및 숙련도시험의 참여)
- DAM (Development of the Analyses Methods in the Testing Laboratories; 시험기관들의 해석방법 개발)

4. IAAC

가. 개요

IAAC(미주 인정기구협력체)는 1996년에 우루과이의 몬테비디오에서 창립되었고 2001년 멕시코 법에 따라 협회로서 법인화 되었으며 2012년 10월에 ILAC(국제인정기구협력체)과 지역인정기구 협력체로 MRA 체결이 되었다.

IAAC의 임무는 미주지역의 인정기구들과 관련 단체들과의 협력을 증진시키고 제품, 과정, 서비스의 개선을 달성하기 위한 적합성 평가 구조를 발전시키는 것이다.

IAAC 회원은 정회원과 준회원 그리고 이해당사자 그룹으로 구분되는데 22개 인정기구가 정회원으로 가입되어 있다. 22개 정회원의 국가 및 인정기구는 다음과 같다.

IAAC의 숙련도 관련 문서 중에 정책에 관련되는 사항에 대해서는 ILAC에서 발행되는 문서를 그대로 인용하고 있으며 숙련도시험 운용에 따른 세부사항에 대하여 아래와 같이 별도의 절차서 문서를 보유하고 있다.

- IAAC PR 012/11 IAAC Interlaboratory Comparisons
- IAAC PR 018/11 Finacing of IAAC Proficiency Testing Programs

표 2-2. 22개 정회원의 국가 및 인정기구 현황

Country	Accreditation Body
Argentina	OAA
Brazil	Cgcre
Canada	SCC
Chile	INN
Colombia	ONAC
Costa Rica	ECA
Cuba	ONARC
Ecuador	OAE
Guatemala	OGA
Jamaica	JANAAC
Mexico	ema
Nicaragua	ONA
Panama	CNA
Paraguay	ONA
Peru	INDECOPI_SNA
EL Salvador	OSA
Trinidad and Tabago	TTLABS
USA	A2LA
USA	AIHA-LAP
USA	ANSI-ASQ National Accreditation Board, LLC.
USA	ASCLD/LAB
USA	NVLAP
Uruguay	OUA

제 2절 주요국가의 숙련도시험 현황

1. 미국

세계적으로 유일하게 전자파분야에 대한 숙련도시험은 미국의 ACIL((American Council of Independent Laboratories))에서만 시행되는 것으로 파악되고 있다. ACIL은 시험, 인증, 기술자문, 연구개발 등 독립적인 상용과학, 기술을 표방하는 기업들의 교류 협의체로서 1937년 ACCL(American Council of Commercial Laboratories)로 출범하여 현재 뉴욕에 사무실을 두고 ACIL로 법인화하였다.

ACIL은 EMC분야 숙련도시험을 위하여 ACE-PT INC.(ACIL CORPORATION FOR EMC PROFICIENCY TESTING INC.)라는 독립적인 법인을 설립하고 ILAC, APLAC에 MRA체결되어 있는 미국 인정 기구인 A2LA(The American Association for Laboratory Accreditation)로부터 “ISO/IEC 17043: 2010” 을 근거하여 숙련도시험운영기관으로 인정받았다.

가. ACE-PT 숙련도 프로그램

ACE-PT INC.에서 제공하는 숙련도프로그램은 IEC/ISO 17025와 ILAC-P9:11/2010의 요구사항을 만족하고 최신의 산업규격에 따라 시험이 실시되는 현재 세계 유일의 EMC분야 ISO/IEC 17043 인정 숙련도 프로그램을 운영하고 있다. 2012년 7월 2일 현재 ACE-PT INC.에서는 6가지의 EMC 관련 숙련도 시험 프로그램을 운영하고 있으며 조만간 군용규격인 MIL-STD-461F의 CE102, RE102 숙련도 프로그램과 ANSI C63.10-2009의 Pulse Duty Cycle Correction Factor에 대한 숙련도 프로그램을 운영할 계획을 가지고 있다.

ACE-PT INC가 미국 내 시험기관들의 ISO 17025 인정을 위하여 현재 운영하고 있는 프로그램은 아래와 같다.

- ANSI C63.4-2003 (150 kHz ~ 1 GHz) Scheme

- ANSI C63.4-2003 (1 GHz ~ 18 GHz) Scheme
- ANSI C63.4-2009 (150 kHz ~ 1 GHz) Scheme
- ANSI C63.4-2009 (1 GHz ~ 18 GHz) Scheme
- CISPR 22:2008 / EN 55022: 2010 (150 kHz ~ 1 GHz) Scheme
- CISPR 22:2008 / EN 55022: 2010 (1 GHz ~ 6 GHz) Scheme

(1) CISPR 22:2008 / EN 55022: 2010 (150 kHz~1 GHz) Scheme

- 시험항목
 - 주단자 전도방해(on the AC Neutral lead only) Quasi-peak 모드, 주파수 범위: 150 kHz to 30 MHz
 - 3m 거리에서의 방사방해 Quasi-peak 모드, 주파수 범위: 30 MHz에서 1000MHz. 수직, 수평방향 측정
 - 10m 거리에서의 방사방해 Quasi-peak 모드, 주파수 범위: 30 MHz에서 1000MHz, 수직, 수평방향 측정
- 측정 장비와 설비에 대한 요구사항
 - 주요 요구사항
 - 시험장(OATS 또는 SAC)은 CISPR 22: 2008 / EN 55022: 2010의 10.4.2 절과 CISPR 16-1-4: 2007를 만족하는 NSA Data.
 - EPS Table 사용
 - Standard (Non-Boresight Mast)사용
 - ANSI C63.5: 2006으로 교정된 Antenna 사용
- 숙련도시험 시료
 - YORK사의 광대역 노이즈 발생기 CNE III

(2) CISPR 22:2008 / EN 55022: 2010 (1 - 6 GHz) Scheme

- 시험항목
 - 3m 거리에서의 방사방해, Peak모드, 수직, 수평방향
 - 3m 거리에서의 방사방해, 평균치모드, 수직, 수평방향

- 측정 장비와 설비에 대한 요구사항
 - 주요 요구사항
 - 시험장(OATS 또는 SAC)은 CISPR 22: 2008 / EN 55022: 2010의 10.4.2 절과 CISPR 16-1-4: 2007를 만족하는 SVSWR Data
 - EPS Table 사용
 - Standard(Non-Boresight) 마스터 사용
 - ANSI C63.5: 2006으로 교정된 Antenna 사용
- 숙련도시험 시료 (artefact)
 - 광대역 comb 발생기 (WD Test Solutions Model EM-18)

2. 일본

가. 개요

시험기준은 ISO/IEC 17043(적합성 평가를 위한 숙련도시험에 대한 일반적인 요구사항)를 따르며 최근 6년간(2005. 7. ~ 2010. 3.) EMI 방사시험 및 전도시험에 총 165 개의 시험소가 참가하였다.

방사시험 측정에는 VHF-LISN을 통해 교류전압으로 동작하는 Comb Generator로부터 출력되는 전계강도를 3m, 10m에서 측정하였다. 또한, 시료의 안정성 검증을 위해 시료가 순환되기 전 후에 매월 출력 레벨을 확인하고 순환 종료 시점에도 안정성 시험을 수행하였다. 전도시험 측정에는 의사전원네트워크를 통해 교류전압으로 동작하는 SMPS에서의 교란전압을 측정하였다.

나. 시험결과 평가 및 고려사항

특정한 10개의 주파수에 대해 수평 및 수직편파에 대한 방사시험 결과를 수합하여 평가기준인 ISO/IEC 17043와 APLAC PT-002에 의거한 Robust z-score를 산출하였다. 30 MHz ~ 300 MHz 주파수 범위에서 편차가 심한 6개의 주파수에 대한 표준 불확도와 확장 불확도를 추정하여

평가의 정확성을 기하였다.

표 2-3. VLAC의 비교숙련도시험 현황

PT	기간	참가 시험소 수		방사시험 조건
		전도시험	방사시험	
1	2005. 7. ~ 2005. 12.	22	26	10 m
2	2006. 7. ~ 2006. 12.	31	31	3 m
3	2007. 7. ~ 2007. 12.	22	26	10 m
4	2007. 8. ~ 2008. 1.	15	16	10 m
5	2008. 7. ~ 2009. 3.	38	34	3 m
6	2009. 8. ~ 2010. 3.	38	32	10 m
합계		166	165	

표 2-4. VLAC의 시료특성

모델 번호	A	B
기본주파수	10 MHz	15.1 MHz
주파수 스텝	10 MHz	15.1 MHz
주파수 범위	10 MHz ~ 1 GHz	15 MHz ~ 1 GHz
동작전압	AC100 V ~ 240 V	AC100 V ~ 240 V

3. 호주

가. 개요

NATA가 인정한 시험소 및 지원신청 시험소를 대상으로 숙련도 프로그램을 수행한다. NATA가 인정한 시험소의 적합성 평가 방법은 NATA 시험원과 ISO/IEC 17025의 조건을 만족하는 기술지원 평가사에 의한 현장평가와 시험소간 비교를 통한 비교 숙련도시험에 의한 평가로 이루어진다. 숙련도시험은 명예기술자문단에 의해 제공된 기술적인 사

항을 바탕으로 NATA의 숙련도 시험그룹(Proficiency Testing Group: PTG)에 의해 행해지며, 숙련도 시험 자문위원회(Proficiency Testing Advisory Committee: PTAC)는 숙련도시험과 관련하여 경험 있는 통계 학자와 과학자로 구성되는 외부 그룹이다.

나. 참가

NATA가 인정한 시험소 및 지원신청 시험소는 인증분야와 관련된 NATA 숙련도 프로그램에 참가해야 한다. NATA가 인증한 시험소 및 인증을 원하는 시험소는 NATA가 아닌 외부 숙련도 프로그램에 참여할 것을 권장한다. 또한, 외부 숙련도 프로그램이 ILAC-G13:2000 ("Guidelines for the requirements for the competence of proficiency testing schemes)의 요구조건을 만족하는 프로그램이고 참가하여 만족한 결과를 얻었으면 NATA 프로그램에 참가한 것으로 간주한다.

또한, 숙련도 프로그램 수행과 관련된 제 비용은 각 참가자들로부터 징수하며, 참가비용은 프로그램에 따라 다르며, 프로그램 시작 전에 통 지한다.

다. 시료

시료 준비 과정은 사용된 시료가 가능한 한 동질(homogeneous)이 고 안정되며 시험소에서 일상적으로 시험되는 것과 유사한 시료로서 설계되어야 한다. 각 형태의 다수의 시료를 무작위로 선택하여 시험해 서 숙련도시험에 사용될 수 있을 만큼 시료가 충분히 동질임을 확인해 야 한다.

이러한 절차는 참가시험소에 시료가 배포되기 전에 수행되어 져야 한 다. 이들 동질성 시험에 대한 결과는 통계적으로 분석되어 최종보고서 에 포함되어야 한다.

라. 결과 평가

NATA의 숙련도시험 프로그램에 대한 참가시험소의 결과는 시드니

에 있는 NATA 본부에 보내진다. 결과 회신에 대한 만기일은 프로그램 별로 정해지며, 보통 시험소가 2~3 주에 걸쳐 시료를 시험하도록 허용된다.

(1) 통계기법

결과는 전체 그룹에 대해 합의값을 도출하기 위해 함께 분석된다. 참가시험소로부터 수신된 결과는 입력되고 분석되어, 결과 제출기일의 2~4주 내에 “사전정보 서한(early information letter)”이 참가시험소에 발행된다. 이 사전정보 서한은 각 시험/샘플에 대한 합의값과 프로그램 설계의 특징들을 포함하는 예비 회신을 포함한다. 합의값과는 현저하게 차이나는 한 개 이상의 결과를 보고하는 참가시험소에게는 최종보고서를 내기 전에 조사/교정활동을 수행하도록 권장한다. 결과의 평가는 robust z-score의 계산에 의하며, 이는 어떤 이상값(outlier)을 확인하는데 사용된다. 결과의 해석을 돕기 위해 데이터의 요약 통계 및 차트도 발행한다.

(2) 성능평가

참가시험소에게 성능과 관계되는 신속한 회답을 제공하며, 시험소 성능이 NATA 숙련도 프로그램의 성능에 못 미치는 경우 성능 개선을 위한 요청과 취해진 행위에 대한 의견을 제시한다. NATA는 아래와 같이 각 시험소로부터 회신을 받아 문제가 해결된 것으로 판단하여 더 이상의 조치가 필요 없는 것으로 간주하거나 다른 조치가 요구되는 것으로 판단하는 것에 대한 검토를 수행한다.

- 추가적인 별도의 숙련도 시험 제공
- 시험소의 부분적 혹은 전체적인 재평가 수행
- 시험소 인증분야의 부분적 혹은 전체적인 보류
- 시험소 인증분야의 부분적 혹은 전체적인 취소

마. 기타

숙련도시험 프로그램과 관련하여 시험소에서 제공된 모든 정보는 비밀이 보장된다. 필요한 경우 이 정보는 시험소의 평가자거나 외부 인증기관으로부터의 기술자문가나 인증 자문위원회 및 국제 평가자에게 이용할 수 있게 될 수 있다.

4. 유럽

유럽의 극저주파 및 고주파 측정에 대한 시험소간 비교숙련도 시험이 실시된다. 시험기준은 ILAC G13:2000 기준(숙련도시험기구의 제공자의 적합성 요구조건에 대한 지침)을 사용하였고 성능통계는 ISO 13528의 robust algorithm을 적용하였다. 시험기관의 결과값에 대한 설정값(robust mean, \hat{m})과 표준편차(robust standard deviation $\hat{\sigma}$)를 계산하

여 $z = \frac{x - \hat{m}}{\hat{\sigma}}$ 로 수행도 평가를 실시하였다. 여기서 x 는 시험기관의

측정값, \hat{m} 은 robust mean, $\hat{\sigma}$ 는 robust standard deviation를 나타내며 $|z| \leq 2$: 만족, $2 < |z| < 3$; 경고, $|z| \geq 3$ 인 경우는 오류에 대한 시정조치를 취하도록 하였다.

가. 극저주파에 대한 비교숙련도시험

(1) 개요

ICNIRP, 유럽연합 및 그리스 법령에 의하면 일반 거주지에서 동작주파수 50 Hz에 의해 발생된 전기 및 자계의 노출 기준 크기는 각각 5 kV/m 및 100 μ T이다. 이러한 기준을 만족하는 지를 확인하기 위해 전력계통의 여러 부분에서 ELF 측정이 요구, 관련 인증시험기관은 최소 4년마다 숙련도시험에 참가해야 하지만 ELF EMF 측정과 관련한 숙련도시험이 전무한 상태여서 ELF 비교숙련도 시험을 시도하였다.

(2) 측정절차

4개 참가기관(5개의 시험그룹)이 참여한 가운데 국립 아테네 기술대학교 고전압시험실에서 두 단계로 시행하였다. 첫 번째 단계에서는 적정규모의 전력선(scale transmission line)에 5, 10, 15, 20 kV를 인가하여 각 전압레벨에 의해 발생한 전계를 높이 $1.80 \text{ m} \pm 0.01$ 에서 broadband와 bandpass(50 Hz 주변) 대역에서 측정하였다. 두 번째 단계에서는 250, 500, 750, 1000 A가 흐르는 케이블에 의해 발생된 자계를 높이 $1.70 \pm 0.01 \text{ m}$ 에서 broadband와 bandpass(50 Hz 부근) 대역에서 측정하였다.

(3) 평가

평가 결과 모두 $|z| > 2$ 로 만족한 결과를 도출하였고 자계 측정의 경우 z-score의 부호가 변화되지 않는 일치성을 보였다. 전계의 경우 2개의 측정팀이 z-score의 부호가 변화하여 일치성에 차이를 보였으며 양호한 시험소는 z-score가 0 주변에서 약간 변화를 보였다. 반복적으로 동일한 부호의 z-score를 가지는 시험기관은 주파수 응답과 같은 측정장비의 기술적인 특성이나 교정 등 측정기법의 시스템적인 요소에 기인에 기인하는 것으로 분석되었다.

나. 고주파(High Frequency)에 대한 비교속련도시험

(1) 개요

그리스 정부는 큰 복사전력으로 인해 발생할 수 있는 전자파 위해에 대해 일반 국민의 보호를 위한 이동전화 기지국과 방송용 안테나 시설지구 인근의 전자계 측정을 실시하였다. 관련 표준에서 정의되는 척도는 인체 노출 비율이며, 전자파에 대한 인체노출이 기준 레벨을 초과하는 지를 평가하기 위해서는 전체 노출비(total exposure ratio)를 사용

하였다. 노출비(ER, exposure ratio) $ER = \frac{E^2}{L_E^2} = \frac{H^2}{L_H^2}$ 로 주어지며 여기

서 $E(H)$ 는 주어진 주파수와 주어진 측정지점에서의 측정 전계(자계)의 평균값, $L_E(L_H)$ 는 해당 주파수에서의 전계(자계)에 대한 해당되는 기준레벨을 의미한다.

비교속련도시험은 그리스 원자에너지위원회가 주관하였으며 두 개의 지역에서 실시하였는데 인증 및 비인증 기관을 포함하여 전체 31개 기관이 참가하였다.

(2) 측정절차

첫 번째는 국가 과학기술센터단지 내에서 밴 차량에 설비된 이동통신기지국 주변 3곳의 전자계측정과 노출비의 계산(측정 시나리오1: GSM 주파수대역에서 송출되는 안테나, 측정 시나리오2: DCS 및 UMIT 주파수대역에서 송출되는 안테나) 하였다. 두 번째는 Ymittos산 안테나파크 지역에서 다수의 강력한 라디오 및 TV 안테나 부근 2곳의 전자계 측정과 노출비의 계산(측정 시나리오3)하였다. EN50492 등 표준에 따라 인체의 측정위치는 1.1 m, 1.5 m 및 1.7 m 높이에서 서있는 사람의 몸에 노출된 전자계를 측정하였다.

이러한 특별 프로그램의 실시 목적은 실제 상황을 고려하고 참가기관의 일상적 업무의 일환으로 사용한 장비 세팅과 조합 등 시험기관 전체 성능을 평가하기 위함이다.

(3) 평가

전체 측정 파라미터에 대해 $|z| > 2$ 로 평가된 측정 파라미터 수의 백분율에 의한 집합 점수(agggregated score)로 평가하였다. 정규분포 $N(\mu, \sigma^2)$ 에 의한 변수는 $\mu \pm 2\sigma$ 구간에서 95%의 확률로 존재하고, $N(0, 1)$ 분포를 따르는 양호한 시험기관은 z-score가 ± 2 바깥에 놓일 확률이 5%이므로 백분율이 5%이하인 경우 만족한 것으로 평가되었다. 31

개 참가시험기관 중에서 21개가 만족한 결과를 보였다.

5. 캐나다

캐나다 표준협회(SCC)는 ISO/IEC 17025에 근거하여 교정 및 시험소를 인정한다. 많은 인정 시험소들은 다양한 ‘프로그램 전문 분야(Program Specialty Area: PSA)’를 지원하기 위해 개발된 숙련도 시험기구에 참가하여야 한다. PSA-PT 프로그램은 숙련도 시험기구(요강)를 제공하는 자의 자격요건을 ISO/IEC Guide43과 ILAC의 전체 요구조건에 근거하고 있다.

SCC와 같은 인정기구는 시험소의 시험능력의 전체적인 평가의 한 부분으로서 숙련도시험을 사용한다. 인정프로그램의 한 부분으로 요구되는 곳에서는, 숙련도시험은 기술전문가에 의한 시험소 현장평가를 보충하며 인정 결정과정을 지원하는 정보를 제공한다.

기구의 참가, 결과평가 등에 관한 자세한 앞 절에서 언급한 ISO/IEC Guide 43-1과 ISO/IEC Guide 43-2를 참조하기 바란다.

6. 싱가포르

숙련도시험 참가는 인정(creditation)의 한 부분으로 의무적인 사항이며, 인정받은 모든 시험소는 인증유효기간 내에 분야별로 한 번 이상 참가해야 한다. 참가시험 프로그램이 없거나 이미 인정된 숙련도 시험기구에 참가사실이 있는 시험소는 숙련도시험 참가가 면제된다. 이유 없이 숙련도시험에 참가하지 않을 경우 시험소의 인정 상태가 위협에 처하게 되며, 시험소인정이 일시중지 될 수 있다. APLAC이나 EA(European Cooperation for Accreditation)가 주관하는 시험기구에도 참가할 수 있다.

숙련도시험 프로그램이나 절차(schemes)의 설계는 ISO/IEC 지침 43의 요구조건에 근거한다. 시험소는 숙련도 시험기구에 참가한 결과를 보유하여, SAC-SINGLAS의 연례적인 현장평가 방문 시 평가의 일부분으로 사용된다. 성능기준은 z-score가 3이하인 경우이다. 만족하지 못한

결과를 낸 시험소는 원인 분석과 시정조치를 해서 1개월 내에 결과보고를 해야 한다. 이 결과로부터 인정의 계속유지 등을 판정한다. 시험소 인정의 일시 혹은 전체 중지 명령은 시험소의 원인분석을 한 경우 중요한 문제가 들어 날 경우에만 취해진다. 각 이상값을 도출한 항목에 대해 교정조치를 취하고 다음 비교속련도 시험기구에 참가하여 교정 조치가 올바른 지를 검정 받는다.

7. 주요 국가의 비교속련도 시험 주요사항 비교

표 2-5. 주요 국가의 비교속련도 시험 주요사항 비교

국 가 (시행기관)	시험항목	시험시료	평가방법
미국 (ACIL - ACE-PT)	CISPR 22:2008 (150KHz - 1GHz)	YORK CNE III	Robust z-score (ISO 13528)
	CISPR 22:2008 (1GHz - 6GHz))	Comb Generator	
일본 (VLAC)	RE	Comb Generator	Robust z-score
	CE	SMPS	
호주 (NATA)	EMC	시험소의 일상 시험시료로서 동질성을 보장하는 다수 시료 무작위선정	Robust z-score
유럽(그리스)	ELF	전계 및 자계의 기준레벨에 대한 노출비율	Robust z-score (ISO 13528)
	HF		

제 III장 무선 및 SAR 분야에 대한 시료의 안정성 시험 및 분석

제 1절 평가시료의 선정 및 안정성 분석기법

1. 평가시료의 선정

비교속련도시험에 사용될 시료의 선정기준은 ISO17043 기준에 언급된 바와 같이 “참가시험소에 의해 일상적으로 시험되는 품목과 유사한 것이어야 한다”는 사항을 참조하고, 시험절차 및 시스템 이해 등 접근이 용이한 품목을 선택함으로써 비교속련도 시험성능의 향상을 꾀할 수 있다. 또한, 비교속련도 시험을 수행하는 전 과정에 대해 성능저하나 변화가 적은 시료를 선택함으로써 안정화를 기해야 한다. 그 외에 고려할 사항은 시험의 횟수 및 운송 중에 일어날 손상과 주변조건의 영향 등의 조건을 고려하여야 한다.

비교속련도시험 운영위원회 회의에서 상기조건을 고려한 평가시료 선정을 위한 의견 수렴결과 일반유통 제품들 중에서 시료의 안정성이 확보되는 제품으로서 무선분야 평가시료는 시험기관들이 RF 시험을 위한 Call 장비를 보유하고 있는지에 대한 여부 등을 고려하여 시험프로그램과 시험절차를 지원받을 수 있는 제조자 제품으로서 Bluetooth 제품인 무선리모컨을 선정하였다. 또한, 시험항목으로는 공중선전력, 점유주파수대폭, 주파수 허용편차 및 불요발사로 결정되었다. SAR분야 평가시료는 Body SAR가 시행 초기이므로 접근하기 쉬운 WCDMA 휴

대폰을 선정하였으며 시험주파수는 상, 중 및 하 주파수대역에서 안정성시험 후 결정하기로 하였다.

2. 불확도를 고려한 시료의 안정성 평가기법

가. 개요

평가시료의 안정성 분석은 비교속련도시험 전에 시료의 전기적인 특성과 시험 후의 전기적특성이 동일한 지를 검증하는 것으로서 시험 전후에 시료의 모집단으로부터 구해진 각각의 분산과 평균값이 정해진 유의수준 내에 포함되는 지를 판단함으로써 이루어진다. 먼저 두 모집단의 분산이 동일한 지를 판단하기 위해서는 모집단의 분산비율에 해당하는 값을 사용하여 평가하는 F test가 사용되며 평균값이 동일한 지를 판단하기 위해서는 t test를 사용하여 평가한다.

이러한 기법은 측정값 모집단의 동일성 판정에 사용되는 분석기법으로서 사용되지만, 보다 정확한 안정도판정을 위해서는 계측시스템의 안정성과 측정자의 계측오차를 고려한 안정도평가기법의 도입이 필요하다. 이를 위해서는 전체적으로 측정불확도 기법을 도입하여 기준시료에 대한 불확도, 수신기 불확도, 측정시스템의 부정합에 의한 불확도 등을 포함하는 B형 불확도와 반복측정에 의한 A형 불확도 등을 고려하여 시료의 안정성을 평가하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

나. 평가기법

측정불확도를 고려한 시료의 안정성(균일성) 판정절차는 다음과 같다.

(1) 두 모집단에 대해 각각 11개 이상의 표본값을 사용하여 귀무가설 (null hypothesis) $H_0: \mu_1 = \mu_2$ 를 설정한다. 여기서 μ_1 와 μ_2 는 시간 1(T_0)과 시간 2(T_x)에서의 표본 평균값이다. 대립가설(alternative hypothesis)은 $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$ 이다. 귀무가설의 two-sample t test는 보통 유의수준 $\alpha = 0.05$ 로 실행된다.

(2) 독립적으로 두 표본의 측정을 수행한다.

(3) 두 측정표본의 평균값 및 표준편차를 계산한다.

(4) 두 표본의 측정불확도(U_C)를 산출한다.

(5) t 시험값을 계산한다.

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{U_{C1}^2 + U_{C2}^2}}$$

(3-1)

여기서 \overline{X}_1 , \overline{X}_2 는 각 표본의 평균값을 의미하며, U_{C1} 은 첫 번째 표본의 합성불확도이고, U_{C2} 는 두 번째 표본의 합성불확도이다.

(6) 측정불확도를 적용함에 따라 합성표준불확도 U_c 는 자유도가 ∞ 인 정규화된 정규분포 $N(0, 1)$ 로 가정한다.

(7) 95%의 신뢰구간에서 정규분포인 경우 1.96이므로 (3-1)에서 계산한 t 값이 $t \leq 1.96$ 인 경우 균일하다고 판정한다.

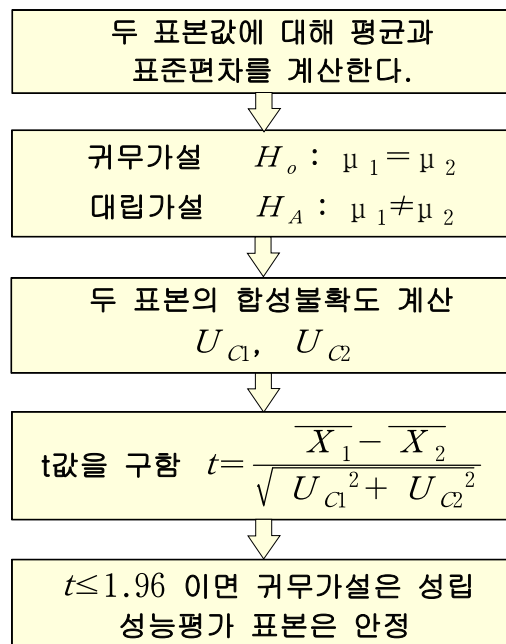


그림 3-1. 불확도를 고려한 안정도 평가기법

제 2절 무선분야의 안정성 평가분석

무선분야의 안정성평가는 비교속련도 시험용 기준시료로 사용할 Bluetooth 제품인 무선리모컨의 공중선전력, 점유주파수대폭, 주파수 허용편차 및 불요발사 값이 공급전압 변화에 따라 안정한 지를 평가함으로써 시료의 안정성을 판단하고자 한다.

안정성 분석은 기준시료를 항온조를 이용하여 25 ℃, 50 %로 유지한 상태에서 공급되는 입력전압을 DC 2.7 V ~ 3.3 V로 가변시켜 2442 MHz의 입력전압 변동에 따른 출력레벨의 변화량을 측정분석하고 측정 불확도를 계산하여 안정도를 판정한다.

1. 시료의 제원

기준시료에 대한 제원을 표 3-1에 명시하였다. 제조사로부터 시험모드 진입을 위한 JIG 보드 지원을 받아 그림 3-2와 같이 제작하였으며 입력단자, 출력단자 및 PC 통신을 위한 USB 단자로 구성되어 있다.

표 3-1. 무선리모컨의 제원

구분	내용	비고
모델명	B303-TBROAD	245mm x 140 mm x 75 mm
제조사	(주)오성전자	
주파수범위	2400 ~ 2483.5 MHz, 79 CH	USB 인터페이스
출력	10 dBm	
사용전압	DC 3.0 V	
동작온도	0 ℃ ~ 40 ℃	



그림 3-2. 무선시료 외관

2. 입력전압 변화에 따른 안정성시험

두 대의 무선리모컨 A 시료와 B 시료에 대한 안정성 평가를 위해 시험항목인 공중선전력, 점유주파수대폭, 주파수 허용편차 및 불요발사에 대해 시험기관간 비교를 위해 시료 A의 경우는 시험기관 1에서 11회씩 2회 측정하고, 시료 B에 대해서는 시험기관 1과 시험기관 2에서 11회씩 1회 측정하여 결과를 상호 비교하였다. 시험시료 측정을 위한 시험기관에 대한 구성을 표 3-2에 나타내었다.

표 3-2. 무선분야 시험시료 측정 구성

구분	시료 A	시료 B	시험항목
시험기관 1	11회 씩 2회 측정	11회 씩 1회 측정	공중선전력, 점유주파수대폭, 주파수 허용편차 불요발사
시험기관 2	-	11회 씩 1회 측정	

가. 입력전압 변화에 대한 안정성 시험수행절차

공급전압에 따른 출력레벨의 안정성을 평가하기 위하여 공급전압을 2.7 V, 3.0 V 및 3.3 V로 변화시키면서 공중선전력, 점유주파수대폭, 주파수 허용편차 및 불요발사에 대한 출력레벨을 측정하여 안정성 평가를 실시하였다. 세 가지 공급전압에 따른 상호 측정값이 동일한 특성을 보이는 지를 평가하기 위해 2.7 V와 3.0 V, 2.7 V와 3.3 V 및 3.0 V와 3.3 V간에 출력레벨의 안정성을 평가하였다.

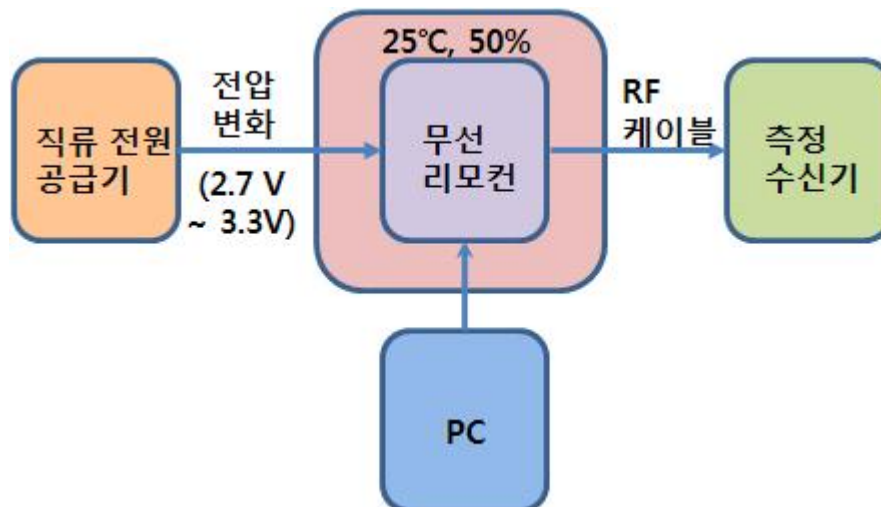


그림 3-3. 입력전압 변화에 대한 무선시료의 안정성시험 구성도

- (1) 그림 3-3과 같이 직류전원공급기를 무선리모컨의 전원단자에 연결한다.
- (2) 1m 동축케이블을 무선리모컨의 RF출력단과 측정수신기의 입력단에 연결한다.
- (3) IC 제조사에서 제공된 프로그램으로 해당 무선리모컨의 RF가 출력

되도록 (주파수: 2442 MHz, 출력값 (index level): 0) 세팅한다.

- (4) 과전압 입력으로 인한 무선리모컨의 정전압회로 손상 방지를 위하여 무선리모컨에 전원선을 연결하지 않은 상태에서 직류전원공급기를 측정하고자 하는 전압(2.7 V, 3.0 V, 3.3 V)에 세팅한다.
- (5) 직류전원공급기의 측정전압이 세팅되면 무선리모컨에 전원선을 연결하고 무선리모컨의 전원을 ON한다.
- (6) 각 입력전압에 대한 측정 항목별로 무선리모컨의 출력레벨을 11회 이상 측정하여 기록한다.

3. 측정불확도 산출

기준시료와 입력전압에 따른 출력레벨의 안정성 테스트 전 과정에 대한 수학적 모델을 선정하고, A type 및 B type의 측정불확도를 산정하여 각 시험별 측정불확도를 산출한다.

가. 공중선전력

(1) 측정구성도

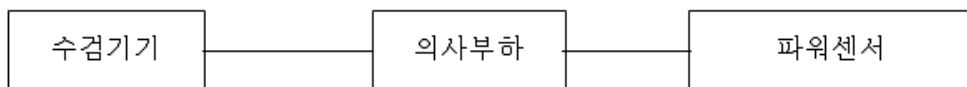


그림 3-4. 공중선 전력 측정구성도

(2) 측정불확도 수학적 모델

$$P(pow) = P(P) + \Delta P(Att) + \Delta P(mis)\Gamma \quad (3-1)$$

여기서 $P(pow)$ 는 공중선전력(dBm), $P(P)$ 는 power meter 측정, $\Delta P(Att)$ 는 감쇠기 및 케이블 감쇠보정값(dB), $\Delta P(mis)\Gamma$ 는 부정합 오차 보정값(dB)을 의미한다.

(3) 공중선전력 측정불확도 산출내역

(가) 사용장비

파워센서 및 네트워크분석기

(나) 감쇠량 측정

1) 감쇠량 측정: 11회, 평균 -12.80, 표준편차 0.01

2) A형 불확도(dB)=0.004

(다) 네트워크분석기

1) 네트워크분석기 calibration 오차

○ 네트워크분석기 calibration 오차 모델

$$\Delta S_{21} = \sqrt{(\text{systematic} + \text{stability})^2 + \text{Noise}^2} \quad (3-2)$$

$$\Delta S_{21}(dB) = 20 \times \log(1 \pm \Delta S_{21}(\text{linear})/S_{21}) \quad (3-3)$$

○ 네트워크분석기 Calibration S21 불확도

Calibration kit3D를 이용하여 total cal.을 수행하였을 때 주파수 범위가 300 kHz ~ 1.3 GHz에서 전송계수가 -37 dB 일때 불확도는 약 0.07 dB이다. 이를 확률분포 k=1로 추정하여 네트워크분석기 calibration 표준불확도는 0.07 dB이다.

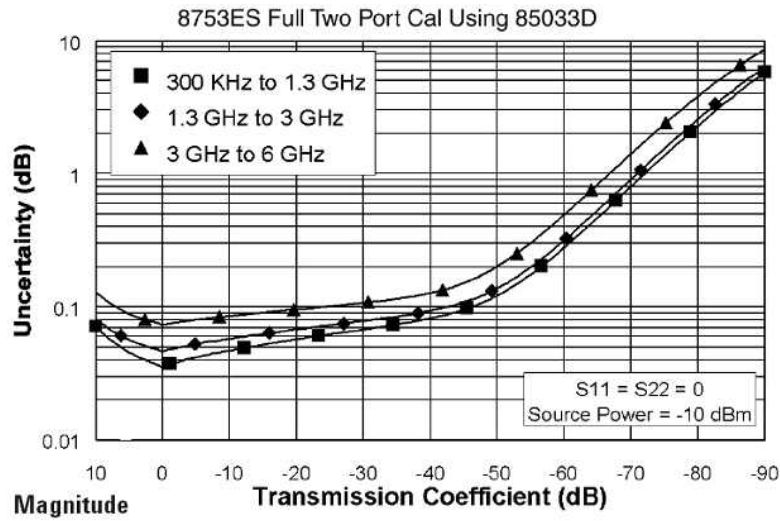


그림 3-5. 공중선 전력 측정구성도Cal kit를 사용한
네트워크분석기 불확도 그래프

2) 네트워크분석기 digit

네트워크분석기 digit는 0.01 dB이고 digit 에러 $0.01/2 \text{ dB} = 0.005 \text{ dB}$ 를 직각분포로 추정하여 계산한 표준불확도는 0.00289 dB이다.

(라) 부정합 불확도

1) 부정합에러 산출 식

$$u_{mis;error}(i,j) = \frac{| \Gamma_i | \times | \Gamma_j | \times | S_{12}(i,j) |^2 \times 100(\%)}{23} (dB;power) \quad (3-4)$$

여기서

$u_{mis,error}(i,j)$: 측정시스템에서 I 장비와 j 장비 사이의 부정합 에러

$|Γ_i|$: 선형값으로 주어지는 i 장비의 반사계수

$|Γ_j|$: 선형값으로 주어지는 j 장비의 반사계수

$S_{12}(i,j)$: 선형값으로 주어지는 I 장비와 j 장비 사이의 감쇠계수

2) 반사계수

표 3-3. 네트워크분석기 측정 구성 요소의 반사계수값

계측기성분	반사계수	
	dB	linear
케이블1	-23.490	0.004
케이블2	-19.170	0.012
감쇠기	-20.110	0.010
네트워크포트1	-22.140	0.006
네트워크포트2	-22.490	0.006

표 3-4. 네트워크분석기 측정 구성 요소 사이의 감쇠계수값

감쇠계수		
네트워크포트1-케이블1	0.000	1.000
네트워크포트1-감쇠기	-1.660	0.682
네트워크포트1-케이블2	-11.980	0.063
네트워크포트1-네트워크포트2	-12.810	0.052
케이블1-감쇠기	0.000	1.000
케이블1-케이블2	-10.300	0.093
케이블1-네트워크포트2	-11.160	0.077
감쇠기-케이블2	0.000	1.000
감쇠기-네트워크포트2	-0.910	0.811
케이블2-네트워크포트2	0.000	1.000

3) 성분별 부정합 불확도

표 3-5. 네트워크분석기 측정 구성 요소 사이의 부정합 불확도

부정합불확도	부정합에러 (dB)	부정합 표준불확도(dB)	확률분포
네트워크포트1-케이블1	1.18925E-04	8.40925E-05	U형
네트워크포트1-감쇠기	1.20579E-04	8.52623E-05	U형
네트워크포트1-케이블2	1.29203E-06	9.13602E-07	U형
네트워크포트1-네트워크포트2	4.10461E-07	2.90240E-07	U형
케이블1-감쇠기	1.89789E-04	1.34201E-04	U형
케이블1-케이블2	2.05245E-06	1.45130E-06	U형
케이블1-네트워크포트2	6.43091E-07	4.54734E-07	U형
감쇠기-케이블2	5.13183E-04	3.62875E-04	U형
감쇠기-네트워크포트2	1.57135E-04	1.11111E-04	U형
케이블2-네트워크포트2	2.96669E-04	2.09777E-04	U형

(마) 공중선전력 측정

1) 공중선전력 측정값 (duty 보상): 평균 7.88 mW, 표준편차 0.02

2) A형 불확도

공중선 전력은 W 단위로 측정한다. 그러나 측정기 등의 제조사 데이터 및 교정성적서 등은 대부분 dB로 표시되기 때문에 편의상 모든 단위를 dB로 바꾸어 합성 및 확장불확도를 계산한 후 최종적으로 선형값으로 환산하여 계산한다. 환산인자는 다음과 같다.

표 3-6. 측정 구성 요소 사이의 부정합 불확도

dB → power(%)	23을 곱한다.
power(%) → dB	23으로 나눈다.

이에 따라 계산한 A형 불확도는 표 3-5와 같다.

표 3-7. 공중선전력 측정 A형 불확도

A형 불확도(dBc)	
linear(W)	0.00009
%	0.090
dB	0.004

$$\% = (\text{linear(mW)}/\text{평균}) \times 100 \%$$

(바) 파워센서

1) Calibration 불확도

파워센서의 Calibration 불확도는 제조사로부터 0.07 dB로 주어졌다. 이를 각각 확률분포로 추정하면 표준불확도는 0.040 dB 이다.

2) 파워센서 digit 에러

측정값에서 읽은 마지막 digit 0.01dB의 1/2를 반폭으로 하는 직각분포로 추정하여 표준불확도는 0.003 dB 이다.

(사) 부정합 불확도

1) 부정합 에러 산출식

$$u_{mis;error}(i,j) = \frac{| \Gamma_i | \times | \Gamma_j | \times | S_{12}(i,j) |^2 \times 100(\%)}{23} (dB;power)$$

(3-5)

여기서 $u_{mis;error}(i,j)$ 는 측정시스템에서 I 장비와 j 장비 사이의 부정합 에러, $|\Gamma_i|$ 는 선형값으로 주어지는 i 장비의 반사계수, $|\Gamma_j|$ 는 선형값으로 주어지는 j 장비의 반사계수, $S_{12}(i,j)$ 는 선형값으로 주어지는 I

장비와 j 장비 사이의 감쇠계수이다.

2) 부정합 불확도 계산을 위한 기본 데이터(반사계수, 감쇠계수, 부정합불확도)

표 3-8. 파워센서 측정 구성 요소의 반사 계수값

감쇠측정에 사용되는 장비의 반사계수		
계측기성분	반사계수	
	dB	linear
케이블1	-23.490	0.004
케이블2	-19.170	0.012
감쇠기	-20.110	0.010
DUT	-9.280	0.118
파워센서	-34.310	0.000

표 3-9. 파워센서 측정 구성 요소의 감쇠계수 $S_{12}(i,j)$ 값

감쇠계수		
DUT-케이블1	0.000	1.000
DUT-감쇠기	-1.660	0.682
DUT-케이블2	-11.980	0.063
DUT-파워센서	-12.810	0.052
케이블1-감쇠기	0.000	1.000
케이블1-케이블2	-10.300	0.093
케이블1-파워센서	-11.160	0.077
감쇠기-케이블2	0.000	1.000
감쇠기-파워센서	-0.910	0.811
케이블2-파워센서	0.000	1.000

표 3-10. 파워센서 측정 구성 요소 사이의 부정합불확도

부정합성분	부정합에러(dB)	부정합표준불확도(dB)	확률분포
DUT-케이블1	2.29759E-03	1.62464E-03	U형
DUT-감쇠기	2.32955E-03	1.64724E-03	U형
DUT-케이블2	2.49616E-05	1.76505E-05	U형
DUT-파워 센서	5.21521E-07	3.68771E-07	U형
케이블1-감쇠기	1.89789E-04	1.34201E-04	U형
케이블1-케이블2	2.05245E-06	1.45130E-06	U형
케이블1-파워 센서	4.22934E-08	2.99059E-08	U형
감쇠기-케이블2	5.13183E-04	3.62875E-04	U형
감쇠기-파워 센서	1.03341E-05	7.30730E-06	U형
케이블2-파워 센서	1.95107E-05	1.37961E-05	U형

(아) 측정불확도 총괄표

표 3-11. 공중선전력 측정불확도 총괄표

감쇠량 측정을 네트워크분석기로 하여 파워측정 시 측정불확도						
	불확도 요인		불확도값(dB)	확률분포	표준불확도(dB)	
감쇠 량 측정	A형 불확도		0.004	k=1	0.004	
	네트워 크분석 기	Calibration error	0.060	k=1	0.060	
		digit	0.005	직각	0.002886751	
	부정합	네트워크포트1-케이블1		1.18925E-04	U형	8.40925E-05
		네트워크포트1-감쇠기		1.20579E-04	U형	8.52623E-05
		네트워크포트1-케이블2		1.29203E-06	U형	9.13602E-07
		네트워크포트1-네트워크포트2		4.10461E-07	U형	2.9024E-07
		케이블1-감쇠기		1.89789E-04	U형	0.000134201
		케이블1-케이블2		2.05245E-06	U형	1.4513E-06
		케이블1-네트워크포트2		6.43091E-07	U형	4.54734E-07
		감쇠기-케이블2		5.13183E-04	U형	0.000362875
		감쇠기-네트워크포트2		1.57135E-04	U형	0.000111111
	케이블2-네트워크포트2		2.96669E-04	U형	0.000209777	
파워 측정	A형 불확도		0.004	k=1	0.004	
	파워센 서	Calibration 불확도	0.070	직각	0.040	
		파워센서digit 에러	0.005	직각	0.003	
	부정합	DUT-케이블1		2.29759E-03	U형	0.00162464
		DUT-감쇠기		2.32955E-03	U형	0.001647241
		DUT-케이블2		2.49616E-05	U형	1.76505E-05
		DUT-파워센서		5.21521E-07	U형	3.68771E-07
		케이블1-감쇠기		1.89789E-04	U형	0.000134201
		케이블1-케이블2		2.05245E-06	U형	1.4513E-06
		케이블1-파워센서		4.22934E-08	U형	2.99059E-08
		감쇠기-케이블2		5.13183E-04	U형	0.000362875
		감쇠기-파워센서		1.03341E-05	U형	7.3073E-06
		케이블2-파워센서		1.95107E-05	U형	1.37961E-05
합성표준불확도(dB)			0.0728			
합성표준불확도(mW)			0.1318			
확장불확도(dB); (k=2)			0.1456			
확장불확도(mW); (k=2)			0.26			

(자) 합성 및 확장 불확도

1) 합성표준불확도

각 불확도 성분을 RSS에 의하여 구하면 0.1318 mW이다.

2) 확장불확도

확장불확도는 확률분포 k=2 로서 추정하여 0.26 mW이다.

나. 점유주파수대역폭 측정불확도

(1) 측정구성도

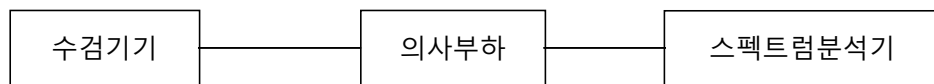


그림 3-6. 점유주파수대역폭 측정구성도

(2) 측정의 수학적 모델

$$\Delta f = f_{+5\%T} - f_{-5\%} \quad (3-6)$$

여기서

Δf : 점유주파수 대역폭

$f_{+5\%}$:상한 전력의 0.5% 상한주파수

$f_{-5\%}$:하한 전력의 0.5% 하한 주파수

(3) 점유 주파수 대역폭 측정불확도 산출내역

(가) 사용장비

스펙트럼 분석기 및 변조분석계

(나) 측정값 및 A형불확도

- 1) 측정값: : 평균 0.99 MHz, 표준편차 0
- 2) A형 불확도 : 0 Hz

(다) 스펙트럼분석기 주파수 측정 불확도

- 1) 기준주파수의 갱년 노화(year aging)

Spectrum Analyzer E4440A의 데이터 쉬트에는 갱년노화가 1×10^{-7} 으로 주어지고 제조된 지 7년이 되었기 때문에 갱년노화는 $7 \times 1 \times 10^{-7} = 0.7 \times 10^{-6}$ 이다. 주파수 2442 MHz에 대한 주파수 편차는 $0.7 \times 10^{-6} \times 2442 \times 10^6 \text{ Hz} = 1709.40 \text{ Hz}$ 이며 직각분포로 추정하여 표준불확도는 $1709.40 \text{ Hz} / \sqrt{3} = 986.92 \text{ Hz}$ 된다.

표 3-12. 스펙트럼분석기 주파수 갱년변화 불확도

aging per year					
데이터 출처	주어진값(ratio)	편차	주파수편차 (Hz)	분포	표준불확도 (Hz)
제조사 데이터	1.00E-07	7	1709.40	직각	986.92

- 2) 기준주파수의 온도유동(drift of temperature)

Spectrum Analyzer E4440A의 데이터 규격에는 온도유동이 1℃당 5×10^{-8} 으로 주어지고 측정온도의 변화가 $\pm 3^\circ\text{C}$ 의 조건으로 온도유동은 1.5×10^{-7} 이다. 주파수 2442 MHz에 대한 주파수 편차는 $(1.5 \times 10^{-7} \times 2442 \times 10^6 \text{ Hz} = 366.30 \text{ Hz})$ 이고 직각분포로 추정하여 표준불확도는 $366.30 \text{ Hz} / \sqrt{3} = 211.48 \text{ Hz}$ 된다.

표 3-13. 스펙트럼분석기 온도의 주파수 영향 불확도

Temperature drift					
데이터 출처	drift(ratio/℃)	편차	주파수편차(Hz)	분포	표준불확도(Hz)
제조사 데이터	5.00E-08	3	366.30	직각	211.48

3) 스펙트럼분석기 readout 불확도

교정성적서에 측정하고자하는 중심주파수에 대한 정보가 없어 다른 중심주파수에 대한 readout 오차의 최대값으로서 readout 불확도를 추정한다. 중심주파수 셋팅과 그 측정값 및 교정불확도에 대하여 다음과 같이 주어졌다.

표 3-14. 스펙트럼분석기 readout교정 데이터

데이터 출처	Span(MHz)	Center Freq. (GHz)	Actual(GHz)	표준불확도(kHz) k=2
교정성적서	7.95	1.505	1.505	0.58

1.505 GHz로 셋팅된 중심주파수의 실제 측정값은 1.505 GHz 이며 측정불확도는 0.58 kHz 이므로 95%의 신뢰도로 참값은 $1504999.42 \text{ kHz} \leq X \leq 1505000.58 \text{ kHz}$ 사이에 있으므로 세팅된 1.505 GHz와 최대 편차는 $1505000 \text{ kHz} - 1505000.58 \text{ kHz} = 0.58 \text{ kHz}$ 이다. 2442 MHz 에 대한 readout 편차 $\frac{580}{1.505 \times 10^9} \times 2442 \times 10^6 = 941.10 \text{ Hz}$ 를 전 범위(반 범위 470.55 Hz)로 하는 직각분포로 추정하여 표준불확도는 $470.55 \text{ Hz} / \sqrt{3} = 271.67 \text{ Hz}$ 가 된다.

4) digit 불확도

중심주파수가 2442 MHz일 때 마지막 자리가 0.01 MHz 이므로 digit의 불확도는 $(0.01 \text{ MHz}/2)=5000 \text{ Hz}$ 표준불확도는 $5000/\sqrt{3} = 2886.75 \text{ Hz}$ 이다.

표 3-15. 스펙트럼분석기 digit

데이터 출처	digit	불확도(Hz)	분포	표준불확도(Hz)
장비	0.01 MHz	5000	직각	2886.75

5) 점유주파수 대역폭 측정과 스펙트럼 불확도 관계 분석

점유주파수 대역폭은 방정식 상한주파수 $f_{+5\%}$ 와 하한주파수 $f_{-5\%}$ 와의 차이를 측정하는 것이다. 즉, "상한주파수 측정 때와 하한주파수 측정 때 각각 불확도 요인이 독립적으로 존재한다"라고 해석되어야 한다. 각 측정의 스펙트럼분석기의 측정불확도를 $u_{+5\%}(S/A)$ 및 $u_{-5\%}(S/A)$ 라 할 때 이들도 RSS에 의하여 합성되어야 한다. 그러므로 그 합성불확도는 $U_{comb}(S/A)$ 는 다음과 같다.

$$u_{comb}(S/A) = \sqrt{u_{+5\%}^2(S/A) + u_{-5\%}^2(S/A)} = \sqrt{2} u_{+5\%}(S/A) \quad (3-7)$$

즉, 점유주파수 대역폭의 불확도를 산출하기 위하여 스펙트럼분석기 주파수 측정 합성표준불확도의 $\sqrt{2}$ 배를 해주면 된다.

(라) 불확도 총괄표

표 3-16. 점유주파수대역폭 불확도 총괄표

불확도 요인		불확도 값(Hz)	확률분포	표준불확도(Hz)
A형 불확도		0	k=1	0
스펙트럼 분석기	year aging of oscillator	1709.40	직각	986.92
	drift of temperature	366.30	직각	211.48
	readout uncertainty	470.55	직각	271.67
	digit	5000.000	직각	2886.75
	스펙트럼분석기 합성 불확도(RSS)			3070.16
	가중치 $\sqrt{2}$ 를 고려한 스펙트럼분석기 합성표준불확도			4341.86
합성불확도(Hz)		4341.86		
확장불확도(Hz)		8683.72 (k=2)		

(마) 합성표준불확도 및 확장불확도

1) 위의 불확도 총괄표에서 Hz 단위의 표준불확도를 RSS에 의하여 합성하여 합성표준불확도는 4341.86 Hz이다.

2) 확장불확도

확장불확도를 계산하기 위하여 포함인자 k는 위의 불확도 총괄표에서 k=2로 추정하여 확장불확도는 8683.72 Hz이다.

다. 주파수 허용편차 측정불확도

(1) 측정구성도

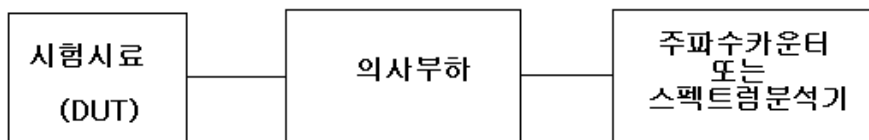


그림 3-7. 주파수 허용편차 측정구성도

(2) 측정의 수학적 모델

$$\Delta f = f(S) - f(D) \quad (3-8)$$

여기서 Δf 는 주파수 허용편차, $f(S)$ 는 주파수카운터 측정 주파수, $f(D)$ 는 DUT의 출력 명목 주파수이다.

(3) 주파수 허용편차 측정불확도 산출내역

(가) 사용장비

주파수카운터

(나) 측정값 및 A형 불확도

1) 주파수허용편차 측정값 : 평균 -4221.73 Hz, 표준편차 145.3 Hz

2) A형 불확도: 42.42 Hz

(다) 주파수카운터 불확도

1) 오실레이터의 갱년노화(year aging)

격월 노화가 1.5×10^{-8} 으로 주어지고 제조 후 12년이 경과하였으므로 측정 주파수 2442 MHz에 대한 갱년노화 오차는 $12 \times 12 \times 1.5 \times 10^{-8} \times 2442 \times 10^6 = 5274.72 \text{ Hz}$ 이다. 이를 직각분포로 추정하여 표준불확도는 $5274.72 \text{ Hz} / \sqrt{3} = 3045.36 \text{ Hz}$ 가 된다.

2) 오실레이터의 일일노화(day aging)

일일노화가 5×10^{-10} 으로 주어지고 교정후 약 200일이 경과하였기 때문에 일일노화는 $200 \times 5 \times 10^{-10} = 10^{-7}$ 이며 측정 주파수 2442 MHz에 대한 일일노화 오차는 $10^{-7} \times 2442 \times 10^6 = 244.20 \text{ Hz}$ 이다. 이를 직각분

포로 추정하여 표준불확도는 $244.20 \text{ Hz}/\sqrt{3}=140.99 \text{ Hz}$ 가 된다.

3) 오실레이터 노화 불확도 종합

표 3-17. 주파수카운터 갱년변화 불확도종합

aging per year and day						
데이터 출처	주어진값(ratio)		편차	분포	오차(Hz)	표준불확도(Hz)
제조사 데이터	Month	1.5E-08	144	직각	5274.72	3045.36
	Day	5.0E-10	200	직각	244.20	140.99

4) 오실레이터의 온도유동(drift of temperature)

온도유동이 1°C 당 5×10^{-8} 으로 주어지고 측정온도의 변화가 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 의 조건임으로 온도유동은 $3 \times 5 \times 10^{-8}$ 이며 측정 주파수 403 MHz에 대한 온도유동 오차는 $15 \times 10^{-8} \times 4.03 \times 10^8 = 60.45 \text{ Hz}$ 이다. 직각 분포로 추정하여 표준불확도는 $60.45 \text{ Hz}/\sqrt{3} = 34.90 \text{ Hz}$ 가 된다.

표 3-18. 주파수카운터 온도영향 불확도

drift of temperature					
데이터 출처	주어진값(ratio/ $^{\circ}\text{C}$)	온도편차($^{\circ}\text{C}$)	분포	온도유동 오차(Hz)	표준불확도(Hz)
제조사 데이터	5x1.00E-08	3	직각	60.450	34.901

5) 주파수카운터 교정성적서 불확도

교정성적서에 명목주파수 10MHz로 셋팅했을때 주파수카운터가 읽은 값과의 차이를 말하며 교정성적서에 그 읽은 값이 10000000.231612 Hz이며 확장 불확도는 0.000195 이다. 이 값은 k=2일 때의 값이므로 표준불확도로 환산하기 위해서는 확장불확도를 k 값으로 나뉜다. 표준불확도는 $0.000195/2 = 0.0000975$ Hz 가 된다. 이 값은 타 불확도 요인에 비해 충분히 작은 값이므로 전체 계산에서 생략한다.

표 3-19. 주파수카운터 교정성적서 불확도

주파수 카운터 옵션					
데이터 출처	명목주파수 (MHz)	측정주파수(Hz)	교정성적서 확장불확도 (Hz)	확률 분포	표준불확도 (Hz)
교정성 적서	10	10000000.231612	0.000195	k=2	0.000098

6) digit 불확도

마지막 자리가 1 Hz이므로 digit 오차는 $1 \text{ Hz}/2 = 0.5 \text{ Hz}$ 이고 표준불확도는 $0.5 \text{ Hz}/\sqrt{3}=0.29\text{Hz}$ 이다.

(라) DUT의 온도 영향

DUT의 온도에 따른 주파수 유동이 특별히 알려지지 않은 경우 1℃ 당 10^{-8} 을 적용하고 측정시 3℃의 온도편차를 주므로 2442MHz에 대한 DUT온도영향 불확도는 $3 \times 10^{-8} \times 2442 \times 10^6 = 73.26 \text{ Hz}$ 며, 표준불확도는 $73.26 \text{ Hz}/\sqrt{3} = 42.30 \text{ Hz}$ 이다.

(마) 불확도 총괄표

표 3-20. 주파수허용편차 불확도 총괄표

불확도요인		오차값(Hz)	확률분포	표준불확도(Hz)
A형 불확도		42.42	k=1	42.42
주파수 카운터	year aging of oscillator	5274.72	직각	3045.36
	day aging of oscillator	244.20	직각	140.99
	drift of temperature	60.45	직각	34.90
	digit	0.50	직각	0.29
DUT	drift of temperature	73.26	직각	42.30
합성표준불확도(Hz)		3049.41		
확장불확도(Hz);(직각분포 k=2)		6098.82		

(바) 합성표준불확도 및 확장불확도

1) 위의 불확도 총괄표에서 Hz 단위의 표준불확도를 RSS에 의하여 합성하여 합성표준불확도는 3049.41 Hz 이다.

2) 확장불확도를 계산하기 위하여 포함인자 k는 위의 불확도 총괄표에서 k=2로 추정하여 확장불확도는 6098.82 Hz이다.

라. 스퓨리어스 불요발사강도 측정불확도

(1) 측정구성도

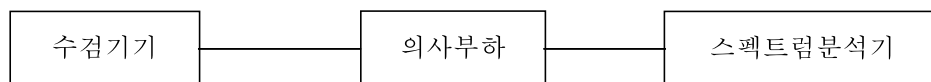


그림 3-8. 스퓨리어스 불요발사강도 측정 구성도

(2) 측정의 수학적 모델

$$P(spu) = P(S) + \Delta P(Att) + \Delta P(mis)\Gamma \quad (3-9)$$

여기서 $P(spu)$ 는 스퓨리어스 강도(dBc), $P(S)$ 는 스펙트럼분석기 측정, $\Delta P(Att)$ 는 감쇠기 및 케이블 감쇠보정값(dB), $\Delta P(mis)\Gamma$ 는 부정합 오차 보정값(dB)이다.

(3) 스퓨리어스 측정불확도 산출내역

(가) 사용 계측기

스펙트럼 분석기 및 네트워크분석기

(나) 감쇠량 측정

1) 측정값 측정: 평균 -12.80, 표준편차 0.02

2) A형 불확도: 0.004 dB

(다) 네트워크분석기

1) 네트워크분석기 Calibration 오차

○ 네트워크분석기 Calibration 오차 모델

$$\Delta S_{21} = \sqrt{(systematic + stability)^2 + Noise^2} \quad (3-10)$$

$$\Delta S_{21}(dB) = 20 \times \log(1 \pm \Delta S_{21}(linear)/S_{21}) \quad (3-11)$$

○ 네트워크분석기 캘리브레이션 S21 불확도

Calibration kit를 이용하여 total cal.을 수행하였을 때 불확도는 주파수 범위가 1.3 GHz에서 3 GHz에서 전송계수가 -11 dB 일때 불확도는 약 0.06 dB이다. 이를 확률분포 $k=1$ 로 추정하여 네트워크분석기 캘리브레이션 표준불확도는 0.06 dB이다.

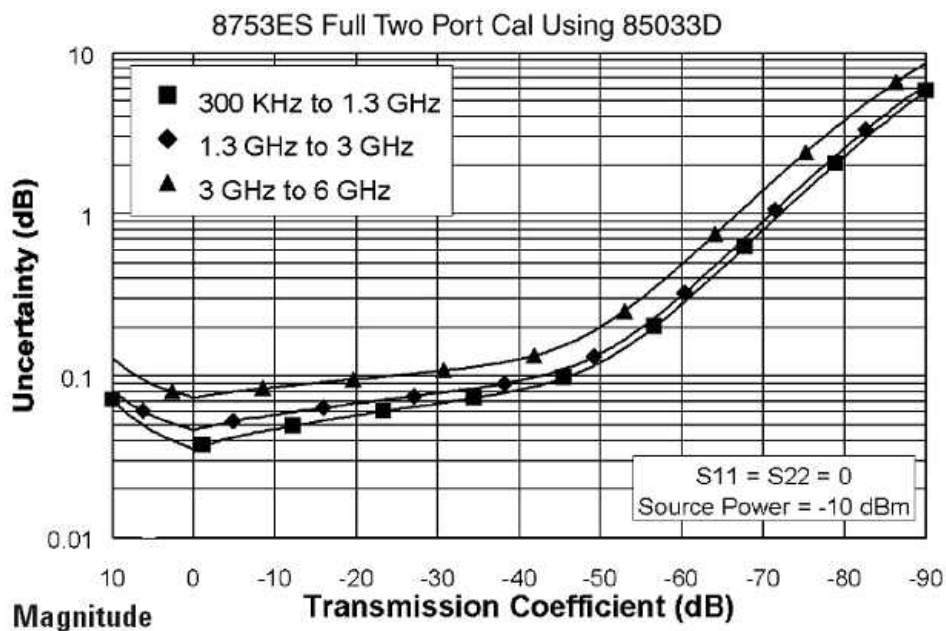


그림 3-9. Cal kit를 사용한 불확도 그래프

2) 네트워크분석기 digit

네트워크분석기 digit는 0.01 dB이고 digit 에러 $0.01/2 \text{ dB} = 0.005 \text{ dB}$ 를 직각분포로 추정하여 계산한 표준불확도는 0.00289 dB이다.

(라) 부정합 불확도

1) 부정합에러 산출 공식

$$u_{mis,error}(i,j) = \frac{| \Gamma_i | \times | \Gamma_j | \times | S_{12}(i,j) |^2 \times 100(\%)}{23} (dB; power)$$

(3-12)

여기서 $u_{mis,error}(i,j)$ 는 측정시스템에서 I 장비와 j 장비 사이의 부정합 에러, $| \Gamma_i |$ 는 선형값으로 주어지는 i 장비의 반사계수, $| \Gamma_j |$ 는 선형값으로 주어지는 j 장비의 반사계수, $S_{12}(i,j)$ 는 선형값으로 주어지는 I 장비와 j 장비 사이의 감쇠계수이다.

2) 부정합 불확도 계산을 위한 기본 데이터

○ 반사계수

표 3-21. 측정 구성 요소의 반사계수값

측정기성분	반사계수	
	dB	linear
케이블1	-23.490	0.004
케이블2	-19.170	0.012
감쇠기	-20.110	0.010
네트워크포트1	-22.140	0.006
네트워크포트2	-22.490	0.006

○ 감쇠계수 $S_{12}(i,j)$

표 3-22. 측정 구성 요소 사이의 감쇠계수값

감쇠계수		
네트워크포트1-케이블1	0.000	1.000
네트워크포트1-감쇠기	-1.660	0.682
네트워크포트1-케이블2	-11.980	0.063
네트워크포트1-네트워크포트2	-12.810	0.052
케이블1-감쇠기	0.000	1.000
케이블1-케이블2	-10.300	0.093
케이블1-네트워크포트2	-11.160	0.077
감쇠기-케이블2	0.000	1.000
감쇠기-네트워크포트2	-0.910	0.811
케이블2-네트워크포트2	0.000	1.000

3) 성분별 부정합 불확도

표 3-23. 측정 구성 요소 사이의 부정합 불확도

부정합불확도	부정합에러 (dB)	부정합표준불확도 (dB)	확률분포
네트워크포트1-케이블1	1.18925E-04	8.40925E-05	U형
네트워크포트1-감쇠기	1.20579E-04	8.52623E-05	U형
네트워크포트1-케이블2	1.29203E-06	9.13602E-07	U형
네트워크포트1-네트워크포트2	4.10461E-07	2.90240E-07	U형
케이블1-감쇠기	1.89789E-04	1.34201E-04	U형
케이블1-케이블2	2.05245E-06	1.45130E-06	U형
케이블1-네트워크포트2	6.43091E-07	4.54734E-07	U형
감쇠기-케이블2	5.13183E-04	3.62875E-04	U형
감쇠기-네트워크포트2	1.57135E-04	1.11111E-04	U형
케이블2-네트워크포트2	2.96669E-04	2.09777E-04	U형

(마) 스퓨리어스 측정

1) 스퓨리어스 측정: 평균 -36.96, 표준편차 0.54

2) A형 불확도: 0.157 (dBm)

(바) 스펙트럼분석기

1) 절대레벨 정확도

스펙트럼분석기의 절대 레벨 정확도는 제조사의 데이터시트에 모든 주파수에서 0.24 dB로 주어졌다. 이를 직각 확률분포로 추정하여 표준 불확도는 0.139 dB 이다.

2) RF 입력의 주파수 응답

교정성적서를 이용한 주파수 응답 에러 추정

주파수 응답은 스펙트럼분석기 교정성적서 주파수 응답 부분에 다음과 같이 주어졌다.

표 3-24. 주파수응답 교정성적서 데이터

교정성적서 Frequency Response (GHz)			
데이터 출처	주파수 (GHz)	actual(dB)	교정불확도(dB); k=2
교정성적서	2	-0.03	0.09
	3	0.17	0.09

측정주파수가 2442 MHz의 주파수 응답 에러를 추정하기 위하여 다음과 같은 최소자승법의 선형회귀 방정식으로부터 구한다.

측정불확도를 고려하면 2 GHz에서 측정값은 95% 신뢰도로 $-0.12 \text{ dB} \leq X \leq 0.06 \text{ dB}$, 3 GHz는 $0.08 \text{ dB} \leq X \leq 0.26 \text{ dB}$ 범위에 존재한다. 6개의 데이터 (2, -0.12), (2, -0.03), (2, 0.06), (3, 0.08), (3, 0.17), (3, 0.26) 에 대해서 표준편차 S는 0.4776 dB과 같이 얻어진다. 2.442 GHz의 주파수응답 추정값은 0.0584이며 이를 직각분포로 추정하면 0.0337 이다. 이 값과 선형회귀직선 추정 표준편차 S의 RSS합성이 2.442 GHz 주파수 응답의 표준불확도가 되며 그 값은 0.479 dB 이다.

3) 주파수 응답 불확도 종합

표 3-25. 주파수 응답 불확도

불확도 종류	불확도 값(dB)	확률분포(dB)
주파수 응답 직선 추정 에러	0.0584	직각
직선추정 표준편차	0.4776	k=1
주파수응답표준불확도(RSS)	0.479	k=1

4) 입력 감쇠 불확도

○ 입력 감쇠 에러

입력 감쇠 에러는 스펙트럼분석기 교정성적서 입력 감쇠 에러부분에 다음과 같이 주어졌다.

표 3-26. 입력 감쇠 교정성적서 데이터

데이터 출처	att setting (dB)	actual (dB)	교정불확도(dB) k=2
교정성적서	20	19.9	0.09

측정불확도를 고려하면 20dB셋팅에서 측정값은 95% 신뢰도로 $19.81 \text{ dB} \leq X \leq 19.99 \text{ dB}$ 의 범위에 존재한다. 그러므로 셋팅 값과 실제 측정값과의 최대차이 $20 \text{ dB} - 19.81 \text{ dB} = 0.19 \text{ dB}$ 를 직각분포로 추정하면 입력 감쇠 표준불확도는 0.11 dB 이다.

○ 입력감쇠 불확도 종합

표 3-27. 입력감쇠 불확도

불확도 종류	불확도 값(dB)	확률분포(dB)
입력 감쇠 최대편차	0.09	직각
입력 감쇠표준불확도	0.11	k=1

5) IF 입력 셋팅 불확도

스펙트럼 분석기의 IF 입력 세팅 불확도는 제조사의 데이터 쉬트에 1.2 dB로 주어졌다. 이를 직각 확률분포로 추정하여 표준불확도는 0.69 dB 이다.

6) 로그 detector의 선형 에러(Linearity error of log detector)

교정성적서 및 제조사 데이터 쉬트에 관련 데이터가 없으므로 불확도 산출시 생략한다.

7) 스펙트럼분석기 digit 에러

측정값에서 읽은 마지막 digit 0.01dB의 1/2를 반폭으로 하는 직각 분포로 추정하여 표준불확도는 0.0029 dB 이다.

(사) 부정합 불확도

1) 부정합 에러 산출 공식

$$u_{mis;error}(i,j) = \frac{|Γ_i| \times |Γ_j| \times |S_{12}(i,j)|^2 \times 100(\%)}{23} (dB;power)$$

(3-13)

여기서 $u_{mis;error}(i,j)$ 는 측정시스템에서 I 장비와 j 장비 사이의 부정합 에러, $|Γ_i|$ 는 선형값으로 주어지는 i 장비의 반사계수, $|Γ_j|$ 는 선형값으로 주어지는 j 장비의 반사계수, $S_{12}(i,j)$ 는 선형값으로 주어지는 I 장

비와 j 장비 사이의 감쇠계수이다.

2) 부정합 불확도 계산을 위한 기본 데이터

○ 반사계수

표 3-28. 스펙트럼분석기 측정 구성 요소의 반사 계수값

측정기성분	반사계수	
	dB	linear
케이블1	-23.490	0.004
케이블2	-19.170	0.012
감쇠기	-20.110	0.010
DUT	-9.280	0.118
스펙트럼분석기	-38.110	0.000

○ 감쇠계수 $S_{12}(i,j)$

표 3-29. 스펙트럼분석기 측정 구성 요소의 감쇠계수값

감쇠계수		
DUT-케이블1	0.000	1.000
DUT-감쇠기	-1.660	0.682
DUT-케이블2	-11.980	0.063
DUT-스펙트럼분석기	-12.810	0.052
케이블1-감쇠기	0.000	1.000
케이블1-케이블2	-10.300	0.093
케이블1-스펙트럼분석기	-11.160	0.077
감쇠기-케이블2	0.000	1.000
감쇠기-스펙트럼분석기	-0.910	0.811
케이블2-스펙트럼분석기	0.000	1.000

3) 성분별 부정합불확도

표 3-30. 스펙트럼분석기 측정 구성 요소 사이의 부정합불확도

부정합불확도	부정합에러 (dB)	부정합표준불확도 (dB)	확률분포
DUT-케이블1	2.29759E-03	1.62464E-03	U형
DUT-감쇠기	2.32955E-03	1.64724E-03	U형
DUT-케이블2	2.49616E-05	1.76505E-05	U형
DUT-스펙트럼분석기	2.17406E-07	1.53729E-07	U형
케이블1-감쇠기	1.89789E-04	1.34201E-04	U형
케이블1-케이블2	2.05245E-06	1.45130E-06	U형
케이블1-스펙트럼분석기	1.76308E-08	1.24669E-08	U형
감쇠기-케이블2	5.13183E-04	3.62875E-04	U형
감쇠기-스펙트럼분석기	4.30796E-06	3.04619E-06	U형
케이블2-스펙트럼분석기	8.13340E-06	5.75118E-06	U형

(아) 측정불확도 총괄표

표 3-31. 스푸리어스 불요발사강도 측정 불확도 총괄표

감쇠량 측정을 네트워크분석기로 하여 스퓨리어스 측정시 측정불확도					
	불확도 요인		불확도 값(dB)	확률분포	표준불확도(dB)
감쇠량 측정	A형 불확도		0.004	k=1	0.004
	네트워크 분석기	Calibration error	0.060	k=1	0.060
		digit	0.005	직각	0.002886751
	부정합	네트워크포트1-케이블1	1.18925E-04	U형	8.40925E-05
		네트워크포트1-감쇠기	1.20579E-04	U형	8.52623E-05
		네트워크포트1-케이블2	1.29203E-06	U형	9.13602E-07
		네트워크포트1-네트워크포트2	4.10461E-07	U형	2.9024E-07
		케이블1-감쇠기	1.89789E-04	U형	0.000134201
		케이블1-케이블2	2.05245E-06	U형	1.4513E-06
		케이블1-네트워크포트2	6.43091E-07	U형	4.54734E-07
		감쇠기-케이블2	5.13183E-04	U형	0.000362875
		감쇠기-네트워크포트2	1.57135E-04	U형	0.000111111
		케이블2-네트워크포트2	2.96669E-04	U형	0.000209777
스퓨리 어스 측정	A형 불확도		0.157	k=1	0.157
	스펙트럼 분석기	절대레벨 정확도	0.240	직각	0.139
		주파수응답	0.479	k=1	0.479
		입력 감쇠 에러	0.190	직각	0.110
		IF 입력 셋팅 에러	1.200	직각	0.693
		대역폭 전환 에러	0.030	직각	0.017
		digit	0.005	직각	0.003
	부정합	DUT-케이블1	2.29759E-03	U형	0.00162464
		DUT-감쇠기	2.32955E-03	U형	0.001647241
		DUT-케이블2	2.49616E-05	U형	1.76505E-05
		DUT-스펙트럼분석기	2.17406E-07	U형	1.53729E-07
		케이블1-감쇠기	1.89789E-04	U형	0.000134201
		케이블1-케이블2	2.05245E-06	U형	1.4513E-06
		케이블1-스펙트럼분석기	1.76308E-08	U형	1.24669E-08
		감쇠기-케이블2	5.13183E-04	U형	0.000362875
		감쇠기-스펙트럼분석기	4.30796E-06	U형	3.04619E-06
		케이블2-스펙트럼분석기	8.13340E-06	U형	5.75118E-06
합성 표준불확도(dB)			0.877		
확장불확도(dB); (k=2)			1.754		

(자) 합성 및 확장 불확도

1) 합성표준불확도

각 불확도 성분을 RSS에 의하여 구하면 0.877 dB 이다.

2) 확장불확도

확장불확도는 확률분포 $k=2$ 로서 추정하여 1.754 dB 이다.

4. 안정도 판정

무선분야 시료 A와 B에 대해 불확도를 고려한 균일성 평가기법을 이용하여 공급전압변동에 따른 공중선전력, 점유주파수 대역폭, 주파수 허용편차 및 불요발사에 대한 안정성 분석결과 아래와 같은 결과를 보였다. 시료 A는 시험기관 1에서 2회 측정값을 이용하여 안정도를 판정하였고, 시료 B는 시험기관 1에서 1회 시험기관 2에서 1회 측정값을 활용하여 안정성 분석을 수행한 결과 공급전압변동에 따른 모든 전압에서 공중선전력, 점유주파수 대역폭, 주파수 허용편차 및 불요발사에 대해 안정성을 보였다.

또한, 시험기관 1에서 측정한 시료 A와 B에 대해 안정성을 분석한 결과 공중선 전력을 제외한 모든 항목에서 안정성을 보였다. 구체적인 분석결과는 부록 1을 참조한다.

표 3-32. 무선분야 시료 A와 B의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석

구분	시료 A (시험기관 1, 2회 측정값)	시료 B (시험기관 1, 1회 시험기관 2, 1회 측정값)	시료 A와 시료 B (시험기관 1 측정값)
공중선전력 (mW)	안정	안정	불안정
점유주파수대폭 (MHz)	안정	안정	안정
주파수 허용편차(Hz)	안정	안정	안정
불요발사 (dBm)	안정	안정	안정

제 3절 SAR분야의 안정성평가분석

SAR 분야의 안정도시험은 국립전파연구원 고시 “전자파흡수율 측정 기준 및 측정방법” 중에서 “이동통신용 무선설비의 기기”를 시험기준으로 안정성을 시험하였다.

1. 기준시료의 설계 및 제작

SAR 분야 숙련도시험에 대한 시험시료는 엘지전자의 이동통신용 무선설비의 기기이다.

표 3-33. SAR분야 시료의 특성

시험항목	내용	비 고
제품명	이동통신용 무선설비의 기기	
모델명	LG-F180K	
제조사	엘지전자	
제품크기	131.9 mm × 689 mm × 8.45 mm	
주파수 범위	송신: 1922.8 ~ 1977.2 MHz 수신: 2112.8 ~ 2167.2 MHz	
출력	251 [mW]	
동작온도	- 20 ℃ ~ 50 ℃	

2. 시험항목별 안정성시험절차

시험시료에 대한 전력(방사출력)을 반복적으로 측정함으로 시험시료의 안정성을 검증하였다. 시험시료에 대한 전력(방사출력)의 안정성 검증 및 측정불확도 산출을 위하여 시험시료에 대해 출력을 각 11번씩 시험을 수행하였다.

가. 일반사항

국립전파연구원 고시 전자파흡수율 측정기준을 참고하여 온도 18℃~25℃로 하고 시험 중 온도변화를 ± 2 ℃로 하고, 습도는 30% ~ 70%에서 측정하였다.

Body SAR 측정을 위해 간격은 11mm로 하였고, 측정주파수는 1922.8 MHz, 1950 MHz 및 1977.2 MHz로 정하였다.



그림 3-10. Body SAR 측정절차

나. 시험절차

전자파흡수율 측정은 다음 각 호에 따라 순차적으로 실시한다.

- (1) 측정시스템은 프로브, 프로브위치제어기, 모의인체 및 시험시료 지지대 등으로 구성한다.
- (2) 모의인체 내에 측정영역을 설정하고 프로브 등 모든 장비의 초기 값을 설정한다.
- (3) 시험시료를 중심주파수에 맞추고 시험모드로 전환시킨다.
- (4) 시험시료를 시험위치에 고정시킨다.
- (5) 프로브를 모의인체 내에 삽입한다.
- (6) 기준점에서 전자파흡수율 값이나 전기장강도를 측정한다.
- (7) 표면분포 측정을 한다.
- (8) 미소 체적분포 측정을 한다.
- (9) (8)까지 측정한 후 기준점에 위치시킨 후 전자파흡수율 값이나 전기장강도를 측정하고 이 측정값을 기준점에서 측정한 값과 비교하여 5% 이상의 변화가 있으면 재 측정한다.

3. 측정불확도

SAR분야에 대한 측정불확도 산출은 전파연구원 고시 “전자파흡수율 측정기준”을 참조하여 도출하였으며 자세한 사항은 부록 2를 참조한다.

가. 측정불확도 산출

“전자파흡수율 측정기준”에 따른 측정불확도를 산출하면 표 3-26과 같다.

표 3-34. SAR분야 불확도 총괄표

a	b	c	d	e = f(d,k)	g	i =	k
						cxg/e	
Uncertainty Component	Section in	Tol	Prob.	Div.	Ci	lg	Vi
	62209-1	(%)	Dist.		(1g)	ui (%)	(Veff)
Measurement System							
Probe calibration	7.2.1	6.30	N	1	1	6.30	∞
Axial isotropy	7.2.1.2	0.50	R	1.73	0.71	0.20	∞
hemispherical isotropy	7.2.1.2	2.60	R	1.73	0.71	1.06	∞
Boundary effect	7.2.1.5	0.80	R	1.73	1	0.46	∞
Linearity	7.2.1.3	0.60	R	1.73	1	0.35	∞
System detection limit	7.2.1.4	1.00	R	1.73	1	0.58	∞
Readout electronics	7.2.1.6	0.30	N	1	1	0.30	∞
Response time	7.2.1.7	0.80	R	1.73	1	0.46	∞
Integration time	7.2.1.8	2.60	R	1.73	1	1.50	∞
RF ambient Condition -Noise	7.2.3.6	3.00	R	1.73	1	1.73	∞
RF ambient Condition - reflections	7.2.3.6	3.00	R	1.73	1	1.73	∞
Probe positioning- mechanical tolerance	7.2.2.1	0.40	R	1.73	1	0.23	∞
Probe positioning- with respect to phantom	7.2.2.3	2.90	R	1.73	1	1.67	∞
Max. SAR evaluation	7.2.4	1.00	R	1.73	1	0.58	∞

Test Sample Related							
Test sample positioning	7.2.2.4	0.53	N	1	1	0.53	10
Device holder uncertainty	7.2.2.4.2	3.60	N	1	1	3.60	∞
Output power variation -SAR drift measurement	7.2.3.5	5.00	R	1.73	1	2.89	∞
Phantom and Setup							
Phantom uncertainty	7.2.2.2	4.00	R	1.73	1	2.31	∞
(shape and thickness tolerances)							
Liquid conductivity	7.2.3.3	5.00	R	1.73	0.64	1.85	∞
- deviation from target values							
Liquid conductivity	7.2.3.3	0.97	N	1	0.64	0.62	5
- measurement uncertainty							
Liquid permittivity	7.2.3.4	5.00	R	1.73	0.6	1.73	∞
- deviation from target values							
Liquid permittivity	7.2.3.4	0.39	N	1	0.6	0.23	5
- measurement uncertainty							
Combined standard uncertainty				RSS		9.33	244
Expanded uncertainty				K=2		18.66	
(95% CONFIDENCE INTERVAL)							

나. 합성표준불확도 및 확장불확도

(1) 합성표준불확도

위의 불확도 총괄표에서 Hz 단위의 표준불확도를 RSS에 의하여 합성하면 합성표준불확도는 9.33 % 이다.

(2) 확장불확도

확장불확도를 계산하기 위하여 포함인자 k는 위의 불확도 총괄표에서 k=2로 추정하면 확장불확도는 18.66 %이다.

4. 안정성 분석

불확도를 고려한 안정성 평가기법을 이용하여 SAR분야 시료 A와 B에 대해 안정성 평가를 수행한 결과 시료 A는 시험주파수인 1922.8 MHz, 1950 MHz, 1977.2 MHz에서 안정성을 보였다. 시료 B는 1950 MHz 대역에서만 측정하였으며 안정성 평가결과 안정함을 보였다. 또한, 시료 A와 시료 B에 대해 1950 MHz 대역의 측정값을 비교한 결과 안정함을 보였다.

표 3-35. SAR분야 시료 A와 B의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석결과

주파수(MHz)	시료 A	시료 B	시료 A와 시료 B	비고
1922.8	안정	-	-	
1950	안정	안정	안정	
1977.2	안정	-	-	

제 IV장 국제적 통계처리 방법에 의한 시험결과 통계처리 및 수행지침서 개발

제 1절 국내·외 통계처리 기법분석

1. ISO/IEC 17043에 대한 기준

1984년에 ISO 적합성평가위원회는 적합성 평가를 위해 ISO/IEC 지침 43을 발표하였고, 이는 숙련도시험의 운영과 개발의 지침으로 사용되어 왔다. 인정기구와 시험소에 의해 숙련도시험이 넓게 활용됨에 따라 ILAC은 새로운 지침을 추가하여 개정판을 출간하였고 ISO 적합성평가위원회는 1997년에 ISO/IEC 지침 43의 파트 1과 2를 발표했다.

ISO/IEC 지침 43의 부속서에 있는 통계적 기법을 보완하기 위해 2000년에 ILAC 지침 13(Guidelines for the requirements for the competence of providers of proficiency testing schemes)이 발표되어 숙련도시험 스킴 제공자의 적합성에 대한 요구조건에 대한 기본 지침으로 사용되었으며, 2005년에는 ISO13528(Statistical methods for the use in proficiency testing by interlaboratory comparisons)의 개발을 이끌어냈다. 한편, ISO/IEC 지침 43의 초기 판에는 ISO 적합성평가위원회가 요구조건 문서를 기술하지 않았다. G13을 바탕으로 지침43의 다른 파트와 함께 2010년에 새로운 국제표준인 ISO/IEC 17043(Conformity assessment- General requirements for proficiency testing)이 탄생했다.

본 장에서는 숙련도시험의 통계처리를 위한 국제표준인 ISO/IEC 17043 부속서에 기술된 숙련도시험 스킴에 필수적으로 포함되어야 하는 설정값의 결정, 수행도 통계계산, 수행도 평가에 대해 주요한 사항을 위

주로 분석한다.

가. 설정값과 불확도의 결정

설정값 결정을 위해서는 기지값, 인증기준값, 기준값, 전문 참가자에 의한 합의값, 참가자의 합의값 등이 있는데, ISO13528에 상세히 기술되어 있으며, 이상값 영향을 고려한 통계방법을 이용한다. 설정값은 참가자를 공정하게 평가하지만, 시험 또는 측정방법에 대한 합의를 독려하기 위해 결정되는 것이 좋다.

설정값 불확도를 결정하는 절차는 ISO 13528에서 세부적으로 논의되고 있다. 불확도에 대한 추가 정보는 ISO/IEC Guide 98-3에 기술되어 있다.

이상값은 아래에 기술된 바와 같이 통계적으로 처리된다.

(1) 참가자의 결과가 설정값을 결정하기 위해 이용될 경우 통계방법은 이상값의 영향을 최소화하기 위해 존재하여야 한다. 산출 이전에, 로버스트 통계방법 또는 이상값을 삭제하여 진행할 수 있다.

(2) 이상값으로서 결과값이 제거된다면, 그 이상값은 요약통계 산출을 위해서만 제거되는 것이 좋다. 이러한 결과는 계속해서 숙련도시험 스킴 내에서 평가되어야 하고, 적절한 수행도 평가에 반영되어야 한다. ISO 13528에는 이상값을 제거하지 않고 합의 평균 및 표준편차 결정을 위한 특정 로버스트 통계방법이 기술되어 있다.

기타 고려 사항은 아래와 같다.

(1) 이상적으로, 설정값이 참가자 합의를 통해 결정될 경우, 운영기관은 설정값의 진도(trueness)를 확립하기 위한 절차와 데이터 분포를 검토하기 위

한 절차를 갖추는 것이 좋다.

- (2) 운영기관은 불확도 측면에서의 설정값의 수용에 대한 기준을 갖추는 것이 좋다. ISO 13528에서는 평가의 설정값에 불확도의 영향을 제한하기 위한 목적에 기반한 기준을 제공한다(즉, 기준은 설정값에서의 불확도 때문에 참가자가 용납되지 않는 평가를 받는 개연성을 제한한다).

나. 수행도 통계의 계산

숙련도시험결과의 해석을 지원하고, 정의된 목표에 맞는 비교를 위해 종종 수행도 통계로 변경할 필요가 있다. 그 목적은 수행도 기준과의 비교를 허용하는 방법 내에서 설정값 편차를 측정하기 위함이다.

정량적 결과를 위해 일반적으로 이용되는 통계는 *z-score*로서 아래에 기술된 것과 같다.

$$z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}} \quad (4-1)$$

여기에서 x 는 참가자 결과값, X 는 설정값이고 $\hat{\sigma}$ 는 숙련도평가에 대한 표준편차이다. ISO 13528에서 기술된 바와 같이, $\hat{\sigma}$ 은 다음과 같이 계산될 수 있다.

- (1) 전문가 판단 또는 규제기관 위임(규정값)을 통해 결정된 바와 같이, 수행도에 대한 목표를 위한 적합 여부

- (2) 숙련도시험의 이전 라운드 추정 또는 경험을 근거로 한 기대치(인식에 의해)

- (3) 통계모델 추정(일반 모델)
- (4) 정밀도 실험 결과
- (5) 참가자 결과, 예를 들면, 참가자 결과를 근거로 한 전통적 또는 로버스트 표준편차

다. 수행도의 평가

수행도 평가 기준은 수행도 방식이 특정 특징을 포함하는지 여부를 고려한 후에 확립되는 것이 좋다. 수행도 평가에 대한 특성은 다음이 해당된다.

- (1) 자문단 또는 기타 자격을 갖춘 전문가가 보고 결과가 그들이 의도한 목적에 부합하는지 여부를 직접 결정하는 전문가 합의 전문가 합의는 정성 시험 결과를 평가하기 위한 전형적인 방식이다.
- (2) 목적의 부합 여부, 예를 들어 수행도 방법 시방서와 참가자의 공인된 운영수준을 고려한 미리 결정된 기준
- (3) 예를 들어 기준이 각 점수에 적합해야 하는 경우와 같은 점수에 대한 통계 처리된 결정 점수에 대한 공통적인 응용예제는 다음과 같다.

1) z 값의 경우

- $|z| \leq 2.0$ “만족스러운” 수행도를 의미하고, 해당 신호가 없음
- $2.0 < |z| < 3.0$ “의심스러운” 수행도를 의미하고, 위험 신호를 생성
- $|z| \geq 3.0$ “불만족스러운” 수행도를 의미하고, 시정조치 신호를 생성

2. ISO 13528에 의한 통계처리 절차

숙련도시험 평가를 위해서는 설정값의 결정, 수행도 평가에 필요한 통계계산, 수행도 평가 및 숙련도시험 시료의 안정성 평가가 주요한 사항이다. 이 절에서는 ISO 13528에 기술된 내용 중에서 상기 언급한 네 가지 항목을 중심으로 주요한 사항에 대해서 분석한다.

그림 4-1에 참가시험기관의 결과값으로부터 로버스트 해석(Algorithm A)으로 구한 로버스트 평균을 설정값으로 사용하고, 설정값의 불확도와 숙련도시험 표준편차를 고려한 전체적인 숙련도시험 통계 및 평가절차를 나타내었다.

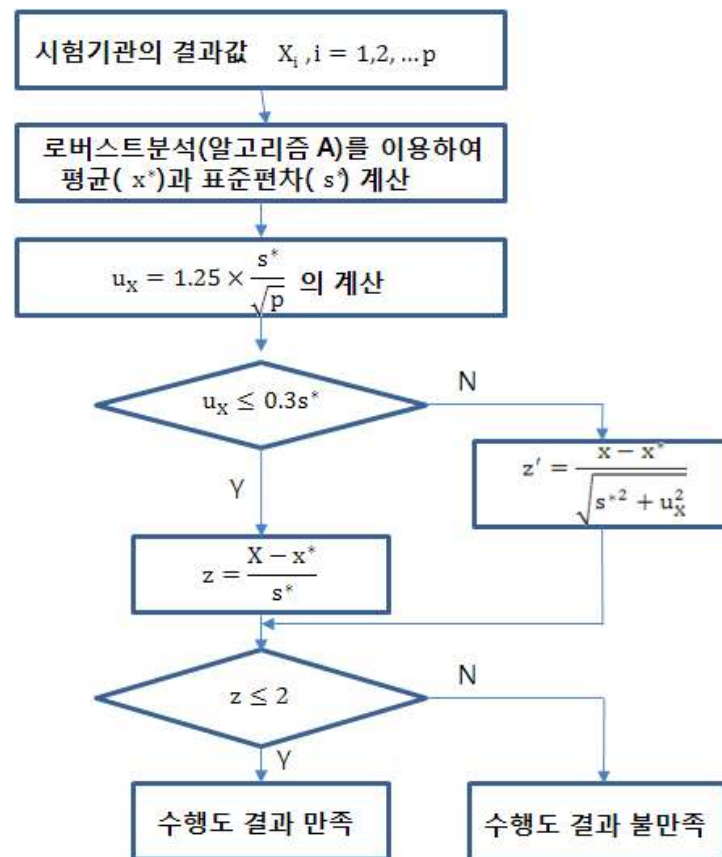


그림 4-1. ISO 13528에 의한 숙련도시험 통계 및 평가절차

가. 설정값의 결정

(1) 인증된 기준값(Certified reference values)

숙련도시험에 사용될 시료가 인증된(certified) 기준시료이면 인증된 기준시료는 설정값 X 로 사용될 수 있다. 인증된 기준시료가 시험시료로 사용될 때 설정값의 표준불확도는 인증서에 제공된 불확도 정보로부터 유도될 수 있다.

(2) 기준값(Reference values)

시험기관에 지급될 기준시료들로 사용될 시료들을 준비하여 그 중 무작위로 몇 개의 샘플을 뽑아서 한 시험기관에서 인증된 기준시료와 비교 시험한다. 시험시료의 설정값은 인증된 기준시료 대비 교정으로로부터 유도된다. 이 경우 표준불확도는 시험결과값과 인증된 기준시료의 불확도로부터 유도된다. 이 기법은 인증된 기준시료의 소급성이 보장되는 모든 시험기관에게 인증된 기준시료를 배포할 필요가 없어서 비용면에서 유리하다.

(3) 전문시험기관으로부터의 합의값(Consensus values)

기준값을 활용한 설정값 선정 기법과 마찬가지로 시험기관에 지급될 기준시료로 사용될 시료들을 준비하여 그 중 무작위로 몇 개의 샘플을 뽑아서 몇 개의 전문시험기관에서 분석한다. 대안으로서는 몇 개의 전문시험기관들이 다른 시험기관과 같이 숙련도시험에 참가하고 전문시험기관의 결과값으로부터 설정값과 불확도를 유도하는 방법이다. 설정값은 다음 항에서 언급될 견실 평균값이나 표준편차로부터 계산된다. 각 전문시험기관들이 결과값 x_i 와 표준불확도 u_i 를 나타낼 때 설정값 X 는 로버스트 해석(Algorithm A)에 의한 로버스트 평균으로 주어지고 설정값 X 의 표준 불확도는 다음 식으로 추정한다.

$$u_X = \frac{1.25}{p} \times \sqrt{\sum_{i=1}^p u_i^2} \quad (4-2)$$

전문시험기관들이 표준불확도를 보고하지 않거나 불확도가 독립적으로 유효하지 않게 되는 경우는 다음 항에서 기술하는 참가시험기관으로부터의 합의값에 의한 설정값 결정 기법으로 구하면 된다.

(4) 참가시험기관으로부터의 합의값(Consensus values)

숙련도시험에 참가한 모든 시험기관들로부터 보고된 결과값의 견실 평균값을 활용하여 설정값을 결정하는 기법이다. 이 경우 설정값의 표준불확도 u_X 는 다음 식으로 추정한다.

$$u_X = 1.25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}} \quad (4-3)$$

여기서 s^* 는 로버스트 평균을 구하는 방법에 의해 산출된 표준편차를 의미한다.

나. 숙련도 평가를 위한 표준편차의 결정

숙련도 평가를 위한 $\hat{\sigma}$ 에 대한 표준편차를 결정하는 다섯 가지 방법에 대해 논의한다. 이들 방법들 중 선택은 프로그램 구성원들과 적절한 인증기관들과의 협의로서 적절한 법규를 고려하여 운영책임자가 결정한다.

(1) 규정값(Prescribed value)

결과류 제품에 대한 숙련도시험의 경우 아플라톡신에 대한 법정한

계가 10 ug/kg 일 때 50 %보다 크지 않은 값의 변량 재현성 계수를 가져야 한다는 법규가 있으므로 아플라톡신 10 ug/kg 함량의 숙련도시험의 경우 재현성 표준편차가 5 ug/kg 보다 크지 않아야 됨을 의미한다. 이와 같이 숙련도 평가를 위한 표준편차는 특정한 작업의 자료 해석에 요구되는 값으로 주어지거나 법규에 주어진 요구조건으로 유도될 수 있다.

(2) 인지에 의한 방법(By perceptron)

인체 혈청 내의 글루코오스 측정의 경우 지극히 낮은 농도 (60 mg/dL 이하)에 대해서는 $\pm 6 \text{ mg/dL}$ 의 허용오차가 인정되지만, 시험소는 설정값의 $\pm 10 \%$ 내에 글루코오스를 결정해야만 수용될 수 있다고 가정할 때 숙련도시험 평가를 위한 표준편차는 다음과 같이 계산할 수 있다.

- 60 mg/dL 미만의 설정값 X

$$\hat{\sigma} = \frac{6.0}{3.0} = 2.0 \text{ mg/dL}$$
- 60 mg/dL 초과인 설정값 X

$$\hat{\sigma} = \frac{0.1 \times X}{3.0} = 0.033X \text{ mg/dL}$$

분모의 3.0 인자는 z -score 임계값 3.0에 대응하는 값이다. 이와 같이 숙련도 평가를 위한 표준편차는 운영책임자 및 프로그램 구성원들이 시험소가 달성 가능하리라고 기대하는 성능수준에 귀결되는 값으로 주어질 수 있다.

(3) 일반 모델로부터(From a general model)

숙련도 평가를 위한 표준편차는 측정방법에 대한 재현성(reproducibility)에 대한 일반 모델로부터 유도될 수 있다. Horwitz는 식품과 약품의 규정을 위해 사용된 분석기법의 평가에서 재현성 표준편

차에 대한 식으로 사용할 수 있는 일반 모델($\sigma_R = 0.02c^{0.845}$, 여기서 c 는 % 단위의 화학분석물의 농도)을 제시하였다.

(4) 정밀실험의 결과로부터(From the results of a precision experiment)

숙련도시험 스킴에 사용될 측정방법이 표준화되어 있고 재현성(reproducibility) 및 반복성(repeatability)에 관한 정보를 사용할 수 있으면 숙련도평가를 위한 표준편차는 재현성 표준편차(σ_R)와 반복성 표준편차(σ_r)로부터 시험소간 표준편차($\sigma_L = \sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_r^2}$)를 구한 후 다음 식으로 표시되는 숙련도시험 표준편차를 구할 수 있다.

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\sigma_L^2 + (\sigma_r^2/n)} \quad (4-4)$$

(5) 순회방식의 숙련도시험 결과값으로부터(From data obtained in a round of a proficiency testing scheme)

이 방법으로 순회방식으로부터 숙련도 평가를 위한 표준편차 $\hat{\sigma}$ 는 참가 시험기관들의 결과값으로부터 유도된다. 로버스트 평균과 표준편차를 계산하는 방법을 활용하여 모든 참가기관에 의해 보고된 결과의 표준편차를 구하면 된다. 이 경우 한 시험기관에 의해 보고된 결과값은 n 번 시험한 결과의 평균값이다.

다. 수행도 평가를 위한 통계기법

아래의 통계기법은 숙련도시험 결과분석에 필요한 설정값과 불확도를 구한 방법에 따라 적용 가능한 통계기법을 소개한다.

(1) 시험기관 바이어스의 추정

x 를 순회시험방법으로부터 시험시료의 특성 측정값으로 보고된 결과값(혹은 결과의 평균값)이라 하면 시험기관의 바이어스 D 는 다음과 같이 계산될 수 있다. 여기서 X 는 설정값이다.

$$D = x - X \quad (4-5)$$

(2) z -score

x 를 참가기관의 결과값, X 를 설정값, $\hat{\sigma}$ 를 표준편차라 할 때 z -score는 식 (4-5)와 같다. 참가기관이 3 이상이나 -3 이하 값을 나타낼 때 조치신호를 보내야 한다. 또한 2 와 -2 사이의 값이면 경고신호를 보내야 한다.

$$z = \frac{(x - X)}{\hat{\sigma}} \quad (4-6)$$

(3) E_n number

X 를 기준시험소의 설정값, U_{ref} 를 X 의 확장불확도, U_{lab} 을 참가기관의 결과 x 의 확장불확도라 할 때 E_n 값은 식 (4-6)과 같다. z -score와는 달리 임계값으로 1을 사용한다. 확장불확도의 coverage factor를 2로 한 경우 E_n 값으로 1은 z 점수 2에 해당된다.

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (4-7)$$

(4) z' -score

x 를 참가기관의 결과값, X 를 설정값, u_X 를 설정값 X 의 표준불확도라 할 때 z' -score는 식 (4-8)과 같다. z -score와 z' -score와의 차

이는 $z' - score$ 가 $z - score$ 보다 상수값 $\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 + u_X^2}}$ 만큼 작아지게 된다.

$$z' = \frac{(x - \bar{X})}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 + u_X^2}} \quad (4-8)$$

설정값의 불확도를 제한하는 지침인 $u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$ 를 만족하면 이 상수값은 아래 식(4-8)의 범위에 속한다.

$$0.96 \leq \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 + u_X^2}} \leq 1.00 \quad (4-9)$$

이 경우 $z' - score$ 는 $z - score$ 와 거의 동일하게 되므로 설정값의 불확도는 무시할 수 있다는 결론에 도달한다. 한편으로 $u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$ 조건을 만족하지 못해서 임계 크기인 2.0 혹은 3.0을 나타내면 조치신호나 경고신호를 시험기관에 전달해야 한다. $z' - score$ 와 $z - score$ 중 어느 것을 선택할 것인가는 다음 사항을 고려해서 결정해야 한다.

- 설정값의 불확도가 $u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$ 조건을 만족하는가? 그렇다면 $z' - score$ 를 사용해도 어떤 혜택을 기대할 수 없다.
- 설정값의 불확도가 $u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$ 조건을 만족하지 못하면 $z' - score$ 를 사용하는 것을 권장한다.
- 참가시험기관의 결과값이 조치신호나 경고신호를 보낼 정도로 어느 정도의 심각성이 있는가? 일부 시험기관들이 측정을 수행하는데 문제가 있을 정도인가?

(5) ζ (zeta)-score

x 를 참가기관의 결과값, X 를 설정값, u_x 를 설정값 X 의 표준불확도, u_x 를 시험기관 자체의 표준불확도라고 할 때 ζ -score는 식 (4-9)와 같다. ζ -score는 설정값이 참가기관에 의해 보고된 결과값으로 계산되지 않은 경우에 사용된다. 시험기관들 자체의 표준 불확도를 추정할 수 있는 체계가 보장이 되면 ζ -score는 z -score를 대체하여 사용될 수 있다. 하지만 그러한 체계를 갖추지 못하는 경우는 ζ -score는 z -score와 연결시켜서만 사용할 수 있다. 만약 어떤 시험기관이 계속해서 임계 크기인 3.0의 z -score를 나타낼 때 시험기관의 시험절차를 단계적으로 검토하고 불확도를 검토하는 것이다. 이렇게 불확도를 점검해 보면 어느 단계에서 불확도가 큰 값을 유발하는 하는지를 알 수가 있어 시험기관은 성능개선을 위해 어떤 노력을 해야 하는 지를 간파할 수가 있다. 이들 ζ -score가 계속적으로 임계 크기 3.0을 초과하면 불확도의 중요한 부분을 간과하고 있다고 판단할 수 있다.

$$\zeta = \frac{(x - X)}{\sqrt{u_x^2 + u_X^2}} \quad (4-10)$$

(6) E_z score

x 를 참가기관의 결과값, X 를 설정값, u_x 를 설정값 X 의 표준불확도, u_x 를 시험기관 자체의 표준불확도라고 할 때 E_z 점수는 식 (4-10)과 같다. E_z 점수를 이용하여 시험기관의 수행도를 평가하는 방법은 아래와 같다.

- (1) E_{z-} 와 E_{z+} 모두가 -1.0과 1.0사이에 놓이면 시험기관의 성능은 만족
- (2) E_{z-} 와 E_{z+} 중 하나가 -1.0과 1.0사이를 벗어나면 시험기관의 성능은 의심

(3) E_{z-} 와 E_{z+} 모두가 -1.0보다 낮거나 1.0보다 높으면 시험기관의 성능은 불만족

$$E_{z-} = \frac{x - (X - U_X)}{U_x}, E_{z+} = \frac{x - (X + U_X)}{U_x} \quad (4-11)$$

라. 설정값의 불확도 제한치와 반복시험 횟수 선택

(1) 설정값의 불확도 제한 지침

설정값의 불확도를 제한하는 지침은 설정값의 표준불확도 u_X 가 숙련도시험에서의 표준편차 $\hat{\sigma}$ 에 비해 너무 큰 값을 가지는 경우는 설정값의 부정확성 때문에 조치신호(action signal)나 경고신호(warning signal)를 참가시험기관에 통보하는데 무리가 있다. 이러한 이유로 인해 $u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$ 인 경우 설정값의 불확도는 무시가능하고 숙련도시험의 분석에 포함시킬 필요가 없다. 여기서 u_X 는 설정값 X 의 불확도, $\hat{\sigma}$ 는 참가기관의 결과값에 대한 표준편차를 나타낸다. 하지만 $u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$ 조건을 만족하지 못하는 경우는 다음 조건을 고려해야 한다.

- 설정값 결정방법에 대해 점검
- 숙련도시험의 결과 해석(E_n 값이나 z' 점수)에 설정값의 불확도를 사용
- 설정값의 불확도를 무시하지 못한다는 사실을 숙련도시험 참가기관에 알림

예를 들어, 설정값 X 가 11개 시험기관의 결과값들의 평균 \bar{x} 이고 표준

편차 s 도 11개 기관의 결과값으로 결정되면 $\hat{\sigma}=s$ 이다. 첫 번째 근사화로서 설정값의 표준 불확도는 $u_X = \frac{s}{\sqrt{11}} = 0.3s$ 이므로 조건을 만족한다. 하지만, 참가시험기관이 11개 미만인 경우 이 조건을 만족하지 못하기 때문에 시료가 불안정하거나 균일하지 못하다는 결과를 초래한다.

(2) 반복측정의 횟수를 선택하는 지침

숙련도시험에서 반복성(repeatability) 변이로 말미암아 시험소간의 바이어스(bias) 변이를 유발한다. 반복성 변이가 숙련도시험에 대한 표준편차와 비교해 너무 크면 숙련도시험 결과가 오차를 낼 여지가 있다. 이 경우 숙련도시험 순회과정에서 어느 한 시험기관은 큰 바이어스를 가질 수 있어서 이를 파악하는데 어려움을 가질 수 있다. 이러한 이유로

$\frac{\sigma_r}{\sqrt{n}} \leq 0.3\hat{\sigma}$ 가 만족될 수 있도록 각 시험기관은 n 번의 반복 측정이 선택되어져야 한다. 여기서 σ_r 은 이전 시험소간 실험으로 확립된 반복성 표준편차이다. 0.3으로 규정하는 것은 이러한 기준이 만족될 때 반복성 표준편차는 숙련도시험에 대한 표준편차의 약 10%를 넘지 않는다는 것이다. 또한, 모든 시험기관은 동일한 수의 반복측정을 수행해야 한다. 만약 기준조건을 만족시키지 못하면 반복 횟수를 증가시키고 결과 해석에 주의를 기울여야 한다.

이 접근법은 시험기관들이 일반적으로 유사한 반복성을 가진다는 사실인데, 이렇지 못한 경우도 생길 수 있다. 이 경우 숙련도시험 담당자는 전형적인 반복성 표준편차를 이용하여 반복측정 횟수 n 을 고정시켜야 한다. 그런 후에 각 시험기관은 자체 반복성 표준편차가

$\frac{\sigma_r}{\sqrt{n}} \leq 0.3\hat{\sigma}$ 를 만족하는 지를 점검해야 한다. 만약 이 조건을 만족하지 못하면 측정절차를 변경해야 한다.

3. KOLAS 비교숙련도시험 사례 분석

가. 개요

전자기적합성에 대한 시험기관의 시험능력 측정을 객관적으로 평가하기 위해 2011년 KOLAS 승인을 받아 한국산업기술시험원에서 실시하였으며, 총 33개의 KOLAS 공인시험기관이 참가하였다. 숙련도시험은 2 가지 항목에 대해 평가를 수행하였는데, 전도성 방출시험의 시료로서 Comb generator, 복사성 방출시험에는 Comparison Noise Emitter가 사용되었다.

나. 설정값의 결정

ISO 13528의 5.6절의 “참가시험기관들로부터의 일치값 (Consensus value from participants)으로 설정값을 결정할 수 있다”는 사항을 참조하여 주어진 숙련도시험에서 참가기관의 숙련도시험 결과값들로부터 로버스트해석 알고리즘 A(Robust analysis: Algorithm A)의 로버스트 평균(Robust average)을 설정값으로 사용하였다. 참가시험기관들로부터 측정된 데이터의 일부인 복사성 방출과 전도성 방출에 대한 산출된 통계값을 표 4-1과 4-2에 나타내었다.

표 4-1. 복사성방출(수평편파)에 대한 참가시험기관들의 통계값

주파수 (MHz)	평균 (dBuV/m)	중위수 (dBuV/m)	로버스트 평균 (dBuV/m)	표준편차	NIQR	로버스트 표준편차
120	45.3	45.3	45.3	1.00	0.78	0.88
250	63.0	63.4	63.3	1.37	1.04	0.89
450	64.7	64.8	64.7	1.25	1.26	1.37
950	58.2	58.4	58.4	2.18	1.15	1.48

표 4-2. 전도성 방출(Line 1, Quasi-peak)에 대한 통계값

주 파 수 (MHz)	평균 (dBuV)	중위수 (dBuV)	로버스트 평균 (dBuV)	표준편차	NIQR	로버스트 표준편차
0.2	64.9	64.9	64.9	0.61	0.37	0.41
0.5	67.1	67.1	67.1	0.60	0.30	0.33
3.0	45.1	45.1	45.1	0.56	0.37	0.32
15	41.5	41.6	41.5	0.73	0.47	0.56
30	40.1	40.1	40.2	1.37	0.96	0.98

다. 숙련도시험 표준편차의 결정

숙련도시험 측정결과에서 도출한 ISO13528 로버스트 분석 알고리즘 A의 로버스트 표준편차가 상대적으로 작은 값이어서 이를 *Z-score*의 산출 식에 적용할 경우 큰 값을 도출하여 많은 시험기관이 수행도 평가에서 피해를 입을 수 있기 때문에 CISPR 16 4.3절의 표준불확도(복사성 방출: 3.15dB, 전도성 방출: 1.7dB)를 숙련도시험의 표준편차로 사용하였다.

또한, ISO13528의 4.2절의 설정값의 불확도 제한 지침(Guidelines for limiting the uncertainty of the assigned value)인 시료의 안정성 불확도를 고려한 수행도 평가를 아래와 같이 판정하였다.

- 시료의 안정성 불확도 $\leq 0.3\hat{\sigma}$: 시료의 안정성 불확도 생략
- 시료의 안정성 불확도 $> 0.3\hat{\sigma}$: 숙련도시험 표준편차와 시료의 안정성 불확도를 합성하여 수행도 평가($\sqrt{u_x^2 + \hat{\sigma}^2}$)

여기서 $\hat{\sigma}$ 는 CISPR 16 4.3절의 표준불확도(복사성 방출: 3.15dB, 전도성 방출: 1.7dB)이다.

표 4-3. 복사성 방출(수평편파)에 숙련도시험 표준편차의 계산

주파수(MHz)	시료의 안정성 불확도 (dB)	비교	$0.3\hat{\sigma}$ (dB)	시료의 안정성 불확도 적용여부	최종 $\hat{\sigma}$ (dB)
120	0.26	<	0.95	N	3.15
250	0.12	<	0.95	N	3.15
450	0.00	<	0.95	N	3.15
950	0.23	<	0.95	N	3.15

표 4-4. 전도성 방출(Line 1, Quasi-peak)에 대한 안정성 불확도

주파수(MHz)	불확도 (dB)	비교	$0.3\hat{\sigma}$ (dB)	시료의 안정성 불확도 적용여부	최종 $\hat{\sigma}$ (dB)
0.2	0.13	<	0.51	N	1.70
0.5	0.09	<	0.51	N	1.70
3.0	0.10	<	0.51	N	1.70
15	0.12	<	0.51	N	1.70
30	0.81	>	0.51	Y	1.88

- 시료의 안정성 불확도를 고려한 최종불확도

$$: \sqrt{u_X^2 + \hat{\sigma}^2} = \sqrt{0.81^2 + 1.7^2} = 1.883$$

라. 참가시험기관의 수행도 평가

참가시험기관의 수행도 평가는 ISO 13528 로버스트 해석으로부터 산출된 로버스트 평균과 숙련도시험 표준편차(CISPR 16-4-2의 표준불확도와 ISO13528의 4.2절의 설정값의 불확도 제한 지침)를 사용하여 $Z-score$ 로서 평가하였다.

$$Z-score = \frac{X - x^*}{s^*} \quad (4-12)$$

여기서 X 는 시험기관의 측정값, x^* 는 ISO 13528 로버스트 평균이고, s^* 는 표준불확도와 시료의 안정성불확도를 합성한 값이다. 참가시험기관의 수행도 평가는 $Z-score$ 로 다음 기준을 적용하였다.

- $|Z| \leq 2$: 만족
- $2 < |Z| < 3$: 의심
- $|Z| \geq 3$: 불만족

마. 시료의 안정성 평가

전도성 방출과 복사성 방출 시험을 위한 시료의 안정성 평가를 위해 숙련도시험 수행 전, 수행 중 및 수행 후의 3개 측정값에 대하여 ISO 지침 35에 따른 회귀분석방법을 사용하여 안정성을 평가하였다. 표 4-1과 4-2에 복사성 방출과 전도성 방출에 대한 통계분석 결과를 나타내었다.

표 4-5. 복사성방출(수평편파)에 대한 통계값

주파수(MHz)	평균(dBuV/m)	표준편차(uV/m)	회귀분석 p 값
120	46.2	0.5	0.33
250	63.6	0.2	0.49
450	65.3	0.0	-
950	58.3	0.4	0.76

표 4-6. 전도성 방출(Line 1, Quasi-peak)에 대한 통계값

주파수(MHz)	평균(dBuV/m)	표준편차(uV/m)	회귀분석 p 값
0.2	65.3	0.2	0.28
0.5	67.5	0.2	0.12
3.0	45.4	0.2	0.06
15	41.6	0.2	0.83
30	39.9	1.5	0.27

(1) 추세분석

추세분석을 위해 복사성 방출과 전도성 방출의 모든 측정점에 대해 값 회귀분석 p값이 0.05보다 크기 때문에 유의성이 있는 추세가 없는 것으로 판정하여 시료의 안정성이 확보된 것으로 판단하였다.

(2) 안정성 불확도 추정

시료의 안정성 불확도는 최대값과 최소값의 범위를 직각분포로 가정하여 아래 식과 계산하였다.

$$\text{시료의 안정성 불확도} = \frac{|\text{최대값} - \text{최소값}|}{2\sqrt{3}}$$

(4-13)

표 4-7. 복사성방출(수평편파)에 대한 안정성 불확도

주파수(MHz)	불확도(dB)
120	0.26
250	0.12
450	0.00
950	0.23

표 4-8. 전도성 방출(Line 1, Quasi-peak)에 대한 안정성 불확도

주파수(MHz)	불확도(dB)
0.2	0.13
0.5	0.09
3.0	0.10
15	0.12
30	0.81

4. ACIL(미국, A2LA 숙련도시험기관) 비교숙련도시험 사례 분석

가. 설정값의 결정

주어진 숙련도시험 시료를 완벽한 숙련도시험소에서 완벽한 숙련도시험 시험자에 의해 측정될 경우 오차가 없는 완벽한 측정을 수행함으로써 시료의 참값을 도출할 수 있다. 이러한 완벽한 결과와 완벽하지 않은 실제 상황(시험자, 시험시설 등)에 의해 구한 숙련도시험 결과와 비교를 하면 각각의 숙련도시험기관의 품질을 결정하는 문제는 간단해질 수 있다. 하지만 이런 완벽한 상황은 있을 수 없으므로 숙련도시험 시행에서 첫 번째 고려해야 할 사항은 숙련도시험 시료가 가진 참값의 추정치를 결정하기 위해 참가시험기관들의 측정값을 이용해서 시료의 설정값을 구하는 것이다.

시료의 참값 추정은 통계에서 사용되는 평균기법인 중심극한정리(Central limit theorem)를 적용하면 최적으로 결정할 수 있다. 단순한 산술평균을 적용할 경우 측정 데이터가 이상값인 경우 평균에 크게 영향을 줄 수가 있다. 이러한 이상값에 민감하지 않은 평균값을 구하기 위해서는 가중평균기법을 사용하는 것이다. 이러한 기법을 견실기법(Robust technique)이라 하며 “ISO13528 알고리즘 A 견실 평균”으로 불리는 반복적인 알고리즘이다. 여기서 견실평균을 x^* 로 표기하고,

ISO13528 “알고리즘 A”로부터 데이터의 퍼진 정도를 알려주는 견실 평균의 표준편차를 s^* 라 표기한다. 또한 “알고리즘 A”로부터 견실평균의 불확도 추정치인 $u_X = 1.25 \frac{s^*}{\sqrt{p}}$ 가 산출된다. 여기서 p 는 참가시험기관의 수를 의미한다.

ISO13528의 5.6절에서는 참가시험기관들로부터의 일치값 (Consensus value from participants)으로 설정값을 결정할 수 있으므로 주어진 숙련도시험에서 참가기관의 숙련도시험 결과값들로부터 견실평균을 설정값으로 결정할 수 있다.

나. Control limit의 계산 절차

Upper Control Limit(UTL)와 Lower Control limit(LTL)는 다음 식으로 표시된다.

$$UCL = x^* + (U_p + u_X) \quad (4-14)$$

$$LCL = x^* - (U_p + u_X) \quad (4-15)$$

여기서 x^* 는 ISO13528 “알고리즘 A”로부터 구한 견실 평균을 의미하며 U_p 는 CISPR 16-4-2나 ETSI TR 100 028에 명기된 상수값으로 표시된 측정불확도이며 u_X 는 견실평균의 불확도 추정치로 계산되는 설정값의 표준 측정불확도를 나타낸다.

ISO13528의 4.2절의 설정값의 불확도 제한 지침(Guidelines for limiting the uncertainty of the assigned value)에는 $u_X > 0.3s^*$ 인 경우에는 참가 시험기관의 부정확성이 아니라 설정값의 결정의 부정확성 때문에 경고조치를 시험기관이 받을 수 있기 때문에 숙련도시험 결과평가

에 설정값의 불확도를 고려해야 한다는 점이다.

다. EMC 숙련도시험에의 ANSI C63.4와 CISPR 22/EN55022에 근거한 Control limit의 계산

ACIL의 EMC 숙련도시험프로그램의 측정불확도는 $U_{CISPR(k=2)}$ 혹은 $U_{ETS100(k=2)}$ 에 의한다.

예를 들면

- 모든 ANSI C63.4 EMC 숙련도시험의 경우 AC Line 전도방출 (150 kHz ~ 30 MHz): $U_{CISPR(k=2)} = 3.6 \text{ dB}$
- CISPR 22: 2008/EN 55022: 2010 EMC 숙련도시험의 경우 AC Line 전도방출(150 kHz ~ 30 MHz): $U_{CISPR(k=2)} = 3.44 \text{ dB}$
- 모든 ANSI C63.4 EMC 숙련도시험의 경우 10 m, 수직편파 복사 방출(야외시험장이나 준무반사 전파암실)의 경우: $U_{CISPR(k=2)} = 5.05 \text{ dB}$ (30 MHz ~ 200 MHz), $U_{CISPR(k=2)} = 5.21 \text{ dB}$ (200 MHz ~ 1000 MHz)
- 모든 ANSI C63.4 EMC 숙련도시험의 경우 10 m, 수평편파 복사 방출(야외시험장이나 준무반사 전파암실)의 경우: $U_{CISPR(k=2)} = 5.03 \text{ dB}$ (30 MHz ~ 200 MHz), $U_{CISPR(k=2)} = 5.22 \text{ dB}$ (200 MHz ~ 1000 MHz)
- 모든 ANSI C63.4 EMC 숙련도시험의 경우 3 m, 수평편파 복사 방출(야외시험장이나 전무반사 전파암실)의 경우: $U_{CISPR(k=2)} = 5.18 \text{ dB}$ (1 GHz ~ 6 GHz), $U_{CISPR(k=2)} = 5.48 \text{ dB}$ (6 GHz ~ 18 GHz)
- CISPR 22: 2008/EN 55022: 2010 EMC 숙련도시험의 경우 10 m,

수직편과 복사방출(야외시험장이나 준무반사 전파암실)의 경우: :

$$U_{CISPR(k=2)} = 5.17 \text{ dB}(30 \text{ MHz} \sim 200 \text{ MHz}), \quad U_{CISPR(k=2)} = 6.32 \text{ dB} \\ (200 \text{ MHz} \sim 1000 \text{ MHz})$$

- CISPR 22: 2008/EN 55022: 2010 EMC 숙련도시험의 경우 10 m, 수평편과 복사방출(야외시험장이나 준무반사 전파암실)의 경우: :
$$U_{CISPR(k=2)} = 5.05 \text{ dB}(30 \text{ MHz} \sim 200 \text{ MHz}), \quad U_{CISPR(k=2)} = 5.21 \text{ dB} \\ (200 \text{ MHz} \sim 1000 \text{ MHz})$$

- CISPR 22: 2008/EN 55022: 2010 EMC 숙련도시험의 경우 3 m, 수평편과 복사방출(야외시험장이나 전무반사 전파암실)의 경우:
$$U_{CISPR(k=2)} = 5.18 \text{ dB}(1 \text{ GHz} \sim 6 \text{ GHz})$$

라. Control limit를 활용한 숙련도시험 수행도 평가

참가시험기관의 결과값이 계산된 UCL 과 LCL 사이에 포함될 경우 수용 가능한 결과이므로 통과(합격)로 간주하고 UCL 보다 큰 값을 보이거나 LCL 보다 작은 값이면 수용 불가능인 이상값으로 간주하여 실패(불합격)로 판단한다.

마. 시험기관의 편이 추정

ISO13528의 7.1.1절의 시험기관의 편이 추정(Estimates of laboratory bias)에는 참가시험기관의 편이의 추정을 통해 시험기관의 결과를 평가한다. 편이는 $D = x - x^*$ 로 표기되는데 x 는 시험기관에서 의 측정값을 의미하고 x^* 는 ISO13528 “알고리즘 A”로부터 구한 견실 평균이다. 상대적으로 큰 바이어스($3s^*$ 초과나 $-3s^*$ 미만)를 나타내는 시험기관은 조치통보를 하여 그 원인을 엄밀하게 규명할 필요가 있다.

바. z -score와 표준 control limit를 활용한 시험기관의 결과 평가

시험기관의 수행도 평가는 Z -score를 사용하여 평가될 수 있다.

$$Z\text{-score} = \frac{X - x^*}{s^*} \quad (4-16)$$

여기서 X 는 시험기관의 측정값, x^* 는 ISO13528 “알고리즘 A”로부터 구한 견실 평균이고, s^* 는 견실평균의 표준편차이다. 또한, 표준화된 Z_{UCL} (UCL 에 대한 Z -score)과 Z_{LCL} (LCL 에 대한 Z -score)로서 수행도를 평가할 수 있다.

$$Z_{UCL} = \frac{UCL - x^*}{s^*} \quad (4-17)$$

$$Z_{LCL} = \frac{LCL - x^*}{s^*} \quad (4-18)$$

Z -score가 Z_{UCL} 와 Z_{LCL} 사이에 존재하면 수용 가능한 측정값으로 통과시키고(합격), Z_{UCL} 보다 큰값이거나 Z_{LCL} 보다 작은 값이면 수용 불가능한 측정값으로 판단하여 이상값으로 간주하여 실패(불합격)으로 판정한다.

제 2절 ISO 13528 통계처리 기법을 과년도 자료에 적용한 결과와 기존방법과의 비교·분석

1. ISO13528에 의한 통계처리 프로그램 개발

가. 로버스트 평균과 표준편차

(1) 로버스트 평균의 계산

p 개의 측정값을 올림차순으로 식 (4-13)과 같이 정리한다.

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_p \quad (4-19)$$

x^* 와 s^* 를 각각 견실 평균값 및 표준 편차라고 하고 다음을 계산한다.

$$x^* = x_i \text{의 } median \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (4-20)$$

$$s^* = 1.483 \times (|x_i - x^*| \text{의 } median) \quad (4-21)$$

x^* 와 s^* 를 다음과 같이 업데이트한다. 먼저 다음을 계산한다.

$$\delta = 1.5s^* \quad (4-22)$$

각 $x_i (i = 1, 2, \dots, p)$ 에 대해 다음 식을 계산한다.

$$x_i^* = \begin{cases} x^* - \delta, & \text{if } x_i < x^* - \delta \\ x^* + \delta, & \text{if } x_i > x^* + \delta \\ x_i^*, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4-23)$$

새로운 x^* 와 s^* 를 다음과 같이 계산한다.

$$x^* = \sum \frac{x_i^*}{p} \quad (4-24)$$

$$s^* = 1.134 \sqrt{\frac{\sum (x_i^* - x^*)^2}{p-1}} \quad (4-25)$$

이러한 방식으로 수렴할 때 까지 반복 계산하여 견실 x^* 와 s^* 를 계산한다. 수렴정도는 소수점 세 번째 자리까지 값의 변화가 없으면 수렴한 것으로 본다.

(2) EXCEL을 활용한 로버스트 평균의 계산

ISO 13528 Algorithm A를 사용한 x^* 와 s^* 의 계산은 반복적인 프로세스로서 소수점 세 번째 자리에서 수렴되는 결과를 얻기 위해서는 일반적으로 3에서 6회의 반복적인 절차가 요구된다. 이러한 계산은 EXCEL을 사용하면 쉽게 결과값을 구할 수 있다.

본 연구에서는 계산과정의 검증을 위해 ISO 13528 지침내의 5.6절의 표 2의 항체 d1의 로버스트 평균과 표준편차 계산표를 활용하여 정확성을 검증하였다.

표 4-9. ISO 13528 5.6절의 표 2의 항체 d1의 로버스트 평균과 표준
편차 계산표

Lab	value	ascending odder		iteration											
				0		1		2		3		4		5	
				del=1.5s*		5.29		4.78		4.63		4.58		4.56	
				x-delta		5.56		6.25		6.40		6.45		6.46	
				x+delta		16.14		15.81		15.67		15.61		15.59	
A	11.30	P	2.18	2.18	8.67	5.56	29.97	6.25	22.93	6.40	21.41	6.45	20.96	6.46	20.81
B	8.29	R	6.95	6.95	3.90	6.95	16.65	6.95	16.68	6.95	16.64	6.95	16.62	6.95	16.60
C	11.90	N	7.00	7.00	3.85	7.00	16.24	7.00	16.27	7.00	16.23	7.00	16.21	7.00	16.20
D	15.60	K	8.10	8.10	2.75	8.10	8.58	8.10	8.61	8.10	8.58	8.10	8.56	8.10	8.55
E	13.40	B	8.29	8.29	2.56	8.29	7.51	8.29	7.53	8.29	7.50	8.29	7.49	8.29	7.48
F	12.50	Q	8.39	8.39	2.46	8.39	6.97	8.39	6.99	8.39	6.96	8.39	6.95	8.39	6.94
G	10.40	a	8.47	8.47	2.38	8.47	6.55	8.47	6.57	8.47	6.55	8.47	6.53	8.47	6.53
H	9.38	H	9.38	9.38	1.47	9.38	2.72	9.38	2.74	9.38	2.72	9.38	2.71	9.38	2.71
I	14.20	V	9.71	9.71	1.14	9.71	1.74	9.71	1.75	9.71	1.74	9.71	1.73	9.71	1.73
J	12.10	Y	10.10	10.10	0.75	10.10	0.86	10.10	0.87	10.10	0.86	10.10	0.86	10.10	0.86
K	8.10	G	10.40	10.40	0.45	10.40	0.40	10.40	0.40	10.40	0.40	10.40	0.39	10.40	0.39
L	10.80	W	10.50	10.50	0.35	10.50	0.28	10.50	0.29	10.50	0.28	10.50	0.28	10.50	0.28
M	13.80	L	10.80	10.80	0.05	10.80	0.05	10.80	0.05	10.80	0.05	10.80	0.05	10.80	0.05
N	7.00	O	10.85	10.85	0.00	10.85	0.03	10.85	0.03	10.85	0.03	10.85	0.03	10.85	0.03
O	10.85	T	10.90	10.90	0.05	10.90	0.02	10.90	0.02	10.90	0.02	10.90	0.02	10.90	0.02
P	2.18	A	11.30	11.30	0.45	11.30	0.07	11.30	0.07	11.30	0.07	11.30	0.07	11.30	0.08
Q	8.39	S	11.80	11.80	0.95	11.80	0.59	11.80	0.59	11.80	0.59	11.80	0.60	11.80	0.60
R	6.95	C	11.90	11.90	1.05	11.90	0.76	11.90	0.75	11.90	0.76	11.90	0.76	11.90	0.77
S	11.80	J	12.10	12.10	1.25	12.10	1.14	12.10	1.14	12.10	1.15	12.10	1.15	12.10	1.16
T	10.90	F	12.50	12.50	1.65	12.50	2.16	12.50	2.15	12.50	2.16	12.50	2.17	12.50	2.18
U	16.30	E	13.40	13.40	2.55	13.40	5.62	13.40	5.60	13.40	5.62	13.40	5.63	13.40	5.64
V	9.71	X	13.60	13.60	2.75	13.60	6.60	13.60	6.59	13.60	6.61	13.60	6.62	13.60	6.63
W	10.50	M	13.80	13.80	2.95	13.80	7.67	13.80	7.65	13.80	7.68	13.80	7.69	13.80	7.70
X	13.60	I	14.20	14.20	3.35	14.20	10.05	14.20	10.02	14.20	10.06	14.20	10.07	14.20	10.08
Y	10.10	D	15.60	15.60	4.75	15.60	20.88	15.60	20.85	15.60	20.90	15.60	20.92	15.59	20.84
Z	16.07	Z	16.07	16.07	5.22	16.07	25.40	15.81	22.85	15.67	21.51	15.61	21.01	15.59	20.84
a	8.47	U	16.30	16.30	5.45	16.14	26.16	15.81	22.85	15.67	21.51	15.61	21.01	15.59	20.84
p	27.00		27.00												
평균	10.91		10.91	10.91											
std	3.13		3.13	3.13											
new x*				10.85		11.03		11.03		11.03		11.03		11.02	
new s*				3.53		3.19		3.09		3.05		3.04		3.04	

2. 기존의 수행도 평가방법인 ISO43-1에 의한 기법과 ISO13528에 의한 평가방법 비교·분석

가. 평가방법 비교분석

(1) ISO 지침 43 기준 : 중위수와 정규화된 사분위 기준

이상값을 배제하지 않은 상태에서 숙련도시험에 참가한 시험기관의 결과값들의 중위수(median)와 정규화된 사분위(Normalized Interquartile Range: NIQR)를 이용하여 z -score를 계산한다. 이를 로버스트 z -score라 한다.

먼저 주어진 결과값에 대해 중위수와 정규화 IQR (사분위범위)를 구한다. 중위수는 표본 데이터를 올림차순하였을 때 중앙값이며, 정규화 IQR 은 IQR 에 0.7413을 곱한 값으로써 표준편차와 상응하게 만든다. 사분위 범위는 하위 사분위와 상위 사분위 사이의 차이를 말한다. 하위 사분위($Q1$)는 이 값 아래쪽에 결과들의 1/4이 놓이는 값이고, 상위 사분위($Q3$)는 이 값 위쪽에 결과들의 1/4이 놓이는 값을 말한다. $IQR = Q3 - Q1$ 이며 normalized(정규화) IQR 은 다음과 같다.

$$normIQR = IQR \times 0.7413 \quad (4-26)$$

또한, 견실 통계에 근거한 z -score를 계산은 다음과 같다.

$$robust\ z\text{-score} = \frac{x - median(X)}{normIQR(X)} \quad (4-27)$$

(2) ISO 13528기준

이상값을 배제하지 않은 상태에서 로버스트 평균과 표준편차(robust

average, robust standard deviation)를 이용하여 z-score를 계산한다.

나. 평가결과 분석

2012년에 실시된 유선분야와 2011년에 실시된 EMC분야와 무선분야에 대해 ISO43-1와 ISO 13528 통계기법을 적용한 결과 수행도평가 결과가 만족, 의심 및 불만족 경계에 있는 판정결과가 달라지는 사례는 전체 시험평가 수 대비 약 6.9 %로 나타났으며 구체적인 분석 결과는 아래와 같다.

표 4-10. 판정결과가 차이나는 결과의 종합

구분	z-score (13528)			z-score (43-1)			시험분야 수	참가기관 수
	만족	의심	불만족	만족	의심	불만족		
유선분야	1				1		4	10
		1	1	2				
			1		1			
EMC분야 (전도성)	11				11		4	37
		2				2		
		1		1				
EMC분야 (방사성)			1		1		2	43
		1				1		
	2				2			
무선분야	3				3		4	32
		1		1				
		1				1		

표 4-11. 전체 시험평가 수 대비 판정결과가 차이나는 결과의 비율

구분	시험평가 수	판정결과 차이	결과차이 비율(%)
유선분야	40	4	10.0
EMC분야 (전도성)	148	15	10.1
EMC분야 (방사성)	86	4	4.6
무선분야	128	5	3.9
전체	402	28	6.9

(1) 2012년 실시된 유선분야 측정값 비교

표 4-12. 유선분야 수행도 분석(10 개 기관 참가)

구분	평균	중위수	NIQR	로버스트 평균	로버스트 표준편차	이상값/ 의심값 산출기관	z-score (13528)	z-score (43-1)
음성대역 신호전력 (dBm)	-4.84	4.00	0.28	-4.06	0.23	R-05	-30.54	-27.70
						R-03	-2.53	-2.52
직류저항 (MΩ)	10.08	10.10	0.11	10.08	0.15	R-07	-1.78	-2.70
직류전류 (mA)	0.26	0.09	0.31	0.13	0.12	R-09	2.71	1.28
						R-03	2.86	1.35
						R-01	6.16	2.76
교류 임피던스 (Ω)	9732	9720	432	9732	401	-	-	-

(2) 2011년 실시된 EMC분야 측정값 비교

(가) 전도성장해

표 4-13. 전도성장해 Line1 Average(dBuV) 수행도 분석(37개 기관)

주파수 (MHz)	평균	중위수	NIQR	로버스트 평균	로버스트 표준편차	이상값/ 의심값 산출기관	z-score (13528)	z-score (43-1)
0.5	34.64	34.00	0.89	34.09	0.86	R-20	-5.66	-5.40
						R-36	-2.99	-2.81
						R-19	1.98	2.02
						R-21	4.07	4.05
						R-26	5.00	4.95
						R-10	5.92	5.85
						R-14	5.92	5.85
						R-08	6.62	6.52
15	56.01	56.80	0.67	56.85	0.69	R-37	7.43	7.31
						R-36	-32.75	-33.87
						R-20	-15.69	-16.19
29	57.69	58.10	1.41	57.90	1.49	R-20	-7.30	-7.88
						R-36	-4.49	-4.90
						R-30	2.14	2.13
						R-26	5.09	5.25

표 4-14. 전도성장해 Line1 QP(dBuV) 수행도 분석(37개 기관)

주파수 (MHz)	평균	중위수	NIQR	로버스트 평균	로버스트 표준편차	이상값/ 의심값 산출기관	z-score (13528)	z-score (43-1)
0.5	40.23	39.50	0.82	39.68	0.94	R-20	-4.66	-5.15
						R-36	-2.00	-2.08
						R-15	2.05	2.58
						R-21	3.75	4.54
						R-26	4.92	5.89
						R-14	5.24	6.25
						R-10	5.35	6.38
						R-37	6.09	7.24
15	61.65	62.40	0.52	62.43	0.60	R-08	6.20	7.36
						R-36	-36.66	-42.40
						R-20	-17.19	-19.85
						R-02	1.95	2.31
						R-06	2.11	2.51
29	63.32	63.60	1.19	63.53	1.34	R-05	2.94	3.47
						R-20	-7.85	-8.94
						R-36	-4.57	-5.23
						R-12	-1.81	-2.11
						R-07	-1.74	-2.02
						R-30	2.14	2.36
						R-26	5.93	6.66

표 4-15. 전도성장해 Line2 Average(dBuV) 수행도 분석(37개 기관)

주파수 (MHz)	평균	중위수	NIQR	로버스트 평균	로버스트 표준편차	이상값/ 의심값 산출기관	z-score (13528)	z-score (43-1)
0.5	69.67	69.90	0.52	69.91	0.53	R-20	-19.11	-19.46
						R-36	-2.48	-2.51
						R-15	2.06	2.12
						R-37	2.06	2.12
						R-06	2.25	2.31
15	63.88	64.10	0.44	64.14	64.14	R-20	-18.79	-25.18
						R-29	-1.90	-2.47
						R-38	-1.90	-2.47
						R-35	-1.57	-2.02
						R-30	1.61	2.25
						R-36	1.77	2.47
						R-06	2.11	2.92
29	62.12	62.50	0.74	62.45	0.68	R-02	2.44	3.37
						R-20	-16.41	-15.11
						R-17	-2.42	-2.29
						R-36	2.14	1.89

표 4-16. 전도성장해 Line2 QP(dBuV) 수행도 분석(37개 기관)

주파수 (MHz)	평균	중위수	NIQR	로버스트 평균	로버스트 표준편차	이상값/ 의심값 산출기관	z-score (13528)	z-score (43-1)
0.5	75.30	75.40	0.44	75.49	0.42	R-20	-22.49	-21.13
						R-06	2.38	2.47
						R-15	4.28	4.27
15	69.56	69.70	0.59	69.78	0.61	R-20	-17.81	-18.04
						R-35	-2.28	-2.19
						R-06	2.02	2.19
						R-02	2.35	2.53
29	67.72	68.10	0.74	67.93	0.88	R-36	2.68	2.87
						R-20	-11.92	-14.43
						R-07	-2.30	-2.97
						R-09	-1.51	-2.02
						R-13	-1.51	-2.02
						R-36	2.34	2.56
						R-26	4.03	4.59

(나) 방사성장해

표 4-17. 방사성장해 수평편파(dBuV/m) 수행도 분석(43개 기관)

주파수 (MHz)	평균	중위수	NIQR	로버스트 평균	로버스트 표준편차	이상값/ 의심값 산출기관	z-score (13528)	z-score (43-1)
80	33.88	34.20	1.11	34.15	1.07	R-20	-7.72	-7.46
						R-01	-6.22	-6.03
						R-26	-3.04	-2.97
						R-39	-2.38	-2.34
						R-09	2.48	2.34
						R-17	2.58	2.43
						R-30	2.76	2.61
250	65.24	65.40	0.85	65.35	0.92	R-20	-4.62	-5.04
						R-01	-2.23	-2.46
						R-24-1	-2.01	-2.23
400	63.18	63.30	0.93	63	1.04	R-14	-2.76	-3.24
						R-16	1.92	2.05
						R-01	2.11	2.27
900	57.19	57.30	1.82	57.23	2.03	R-38	-2.19	-2.48
						R-03	-2.09	-2.37
						R-07	1.95	2.15

표 4-18. 방사성장해 수평편파(dBuV/m) 수행도 분석(43개 기관)

주파수 (MHz)	평균	중위수	NIQR	로버스트 평균	로버스트 표준편차	이상값/ 의심값 산출기관	z-score (13528)	z-score (43-1)
80	39.21	39.40	1.33	39.39	1.38	R-20	-8.28	-8.62
						R-01	-4.11	-4.27
						R-10	-2.09	-2.17
						R-11	2.45	2.55
						R-30	3.17	3.30
						R-39	3.17	3.30
250	64.61	65.00	1.00	64.79	0.93	R-14	-4.47	-4.40
						R-20	-4.26	-4.20
						R-02	-2.13	-2.20
						R-24-2	2.24	1.90
						R-21	2.35	2.00
400	62.06	61.80	1.22	61.96	1.07	R-03	2.46	2.29
900	57.63	57.70	1.04	57.64	1.04	R-14	-2.24	-2.31
						R-17	-1.95	-2.02

(3) 2011년 실시된 무선분야 측정값 비교

표 4-19. 무선분야 수행도 분석(32개 기관)

구분	평균	중위수	NIQR	로버스트 평균	로버스트 표준편차	이상값/ 의심값 산출기관	z-score (13528)	z-score (43-1)
전력밀도 (mW/MHz)	1.16	1.15	0.06	1.14	0.07	R-26	-2.06	-2.70
						R-12	-1.66	-2.18
						R-02	1.84	2.35
						R-01	2.11	2.70
						R-08	2.24	2.87
						R-17	3.05	3.92
불요발사 강도 (dBm)	-36.22	-36.25	0.93	-36.17	0.96	R-16	4.93	6.35
						R-08	-7.99	-8.26
						R-07	2.24	2.43
						R-13	2.65	2.86
점유주파 수대폭(MHz)	16.57	16.60	0.14	16.57	0.13	R-02	4.52	4.80
주파수 허용편차 (kHz)	-29.68	-29.40	0.87	-29.63	1.04	R-05	2.20	1.82
						R-28	-3.15	-4.02
						R-11	-2.18	-2.87
						R-09	-1.80	-2.41
						R-18	2.81	3.10

제 3절 2013년 시행 비교속련도 시험결과 분석

2013년에 실시된 유선 및 EMC분야에 대해 시험결과를 분석하였다. 사용된 통계기법은 ISO13528을 사용하였으며 비교를 위해 ISO43-1(NIQR)에 의한 결과도 함께 산출하였다.

1. 유선분야

가. 개요

2013년 유선분야에 대한 속련도 시험을 2013년 3월부터 2013년 8월 까지 국립전파연구원 지정시험기관 10개를 대상으로 비교속련도시험을 수행하였다. 시험시료는 G-2013(유선전화기 변형장치)이며 시험 항목은 아래와 같다.

- 위해전압: 80 V, 20 Hz 팁-링
- 직류저항: 80 V, 팁-링
- 호출신호 수신 시 직류전류: 20 Hz, 80 V
- 호출신호 수신 시 교류 임피던스: 20 Hz 80 V 팁-링

나. 통계기법

수행도 평가를 위한 판정식은 $z = \frac{x - x^*}{\hat{\sigma}}$ 로 하였으며, 설정값

(x^*) 는 ISO13528에 의한 로버스트 평균을 사용하고 $\hat{\sigma}(s^*)$ 는 $u_X > 0.3\hat{\sigma}$ 인 경우는 $\sqrt{u_X^2 + s^{*2}}$ 로 하였다. 여기서 시료의 안정성 불확도

(u_X) 는 ISO13528에 의한 $u_X = 1.25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}}$ 로 추정하였으며, $0.3\hat{\sigma}$ 는

$0.3s^*$ 로 설정하였고 수행도 판정은 $|z| \leq 2$ 혹은 $|z'| \leq 2$ 인 경우 만족한 것으로 판정하였다.

다. 예비 판정결과

(1) ISO43-1(NIQR)에 의한 예비평가 결과

(가) 이상값 산출기관

표 4-20. 유선분야 이상값 산출기관(ISO43-(NIQR))

기관기호	시험항목				이상값 산출 합계
	위해전압	직류저항	호출신호 수신 시 직류전류	호출신호 수신 시 교류 임피던스	
R-03	-	-	-	1	1
R-04	-	-	1	-	1

(나) 의심값 산출기관

표 4-21. 유선분야 의심값 산출기관(ISO43-(NIQR))

기관기호	시험항목				이상값 산출 합계
	위해전압	직류저항	호출신호 수신 시 직류전류	호출신호 수신 시 교류 임피던스	
R-04	-	-	-	-	0
R-05	-	-	-	-	0

(2) ISO13528에 의한 예비평가 결과

(가) 이상값 산출기관

표 4-22. 유선분야 이상값 산출기관(ISO13528)

기관기호	시험항목				이상값 산출 합계
	위해전압	직류저항	호출신호 수신 시 직류전류	호출신호 수신 시 교류 임피던스	
R-03	-	-	-	1	1
R-04	-	-	1	-	1

(나) 의심값 산출기관

표 4-23. 유선분야 의심값 산출기관(ISO13528)

기관기호	시험항목				의심값 산출 합계
	위해전압	직류저항	호출신호 수신 시 직류전류	호출신호 수신 시 교류 임피던스	
R-04	1	-	-	-	1
R-05	1	-	-	-	1

2. EMC 분야

가. 개요

2013년 EMC분야에 대한 숙련도 시험을 2013년 3월부터 2013년 10월까지 국립전파연구원 지정시험기관 40개를 대상으로 비교숙련도시험을 수행하였다. 시험시료는 CNE V+(Comparison Noise Emitter)로서 제원은 아래 표와 같다.

표 4-24. 시험시료 제원

구 분	내 용	비 고
모 델 명	CNE V+	120mm×120mm×41mm, 0.53kg(battery 제외)
제 조 자	York EMC Services Ltd.	
주파수 범위	9kHz ~ 3.5GHz	
사용전압	DC 9V	1×9V battery
안 테 나	Top loaded monopole (Broadband Noise)	o 200MHz to 1GHz(100mm) o 30MHz to 300MHz(290mm) o 1GHz to 26.5GHz(monocone)

또한, 시험 항목은 아래와 같다.

- 복사성 방출: 50 MHz, 400 MHz, 900 MHz(Quasi-peak, 수평 및 수직편파)
- 복사성 방출: 2500 MHz(Peak 및 CISPR Average, 수평 및 수직 편파)
- 전도성 방출: 3 MHz, 15 MHz, 29 MHz(Line1, Quasi-peak 및 CISPR Average)
- 전도성 방출: 3 MHz, 15 MHz, 29 MHz(Line2, Quasi-peak 및 CISPR Average)

나. Group 1과 Group 2의 동질성 검토

(1) 시험값 분포와 평균값 비교

시험기관의 측정값에 대해 group 1, group 2 및 group 1과 2의 합한 경우에 대해 평균값 및 분산을 비교한 결과 group 1의 평균값이 group 2의 평균값 보다 0.75~1.43 dB 높은 값을 출력함을 알 수 있다. 예를 들면 복사성 방출 50 MHz 수평편파의 경우 group 1이 group 2에 비해 1.84 dB 높으며, group 1과 2의 합한 경우는 group 1과 group 2 사이에 분포한다.

(2) 동질 시험에 의한 비교

(가) 통계기법

두 group 통계적 성질이 유사한 지를 평가하기 위해서 두 group에 대한 평균과 분산을 계산하여 비교한다.

1) Group 1과 group 2에 대해 분산이 동등(equality)한지를 점검하기 위해 F test를 수행한다.

- ① 표본 분산값 SD_1^2 .. SD_2^2 를 계산하고 F ratio 계산(SD_A^2 는 두 분산 중에서 큰 값)

$$F = \frac{SD_A^2}{SD_B^2} \quad (4-28)$$

- ② 분자 $df = (n_A - 1)$ 와 분모 $df = (n_B - 1)$ 에서 기각값(critical value) $F_{1-\alpha/2}$ 값과 F를 비교(n_A 및 n_B 는 각 group의 표본크기)

- ③ $F < F_{1-\alpha/2}$ 이면 신뢰도 95%에서 두 Group의 분산은 유사한 것으로 판단

2) Group 1과 group 2의 분산이 유사한 것으로 판정되면, Student two-sample t test를 이용하여 두 group의 평균값이 유사한 지를 점검한다.

표 4-25. Group 1과 2의 평균값 및 표준편차 비교

구분		주파수 (MHz)	Group1		Group2		Group 1+2		G1과 G2 편차	편차 평균
			평균 값	표준 편차	평균 값	표준 편차	평균 값	표준 편차		
RE	수평 편파	50(QP)	34.12	2.59	32.28	2.49	32.83	2.63	1.84	1.43
		400(QP)	69.62	1.30	68.36	1.80	68.74	1.74	1.26	
		900(QP)	61.42	0.83	60.18	1.68	60.55	1.57	1.24	
		2500(PK)	76.22	1.68	74.77	2.99	75.20	2.73	1.45	
		2500(CAV)	62.95	1.51	61.60	2.90	62.00	2.62	1.35	
	수직 편파	50(QP)	41.79	1.43	40.86	1.12	41.14	1.27	0.93	1.30
		400(QP)	68.00	1.77	66.40	1.62	66.88	1.80	1.60	
		900(QP)	61.48	1.60	60.23	1.82	60.60	1.83	1.25	
		2500(PK)	75.71	1.34	74.33	2.91	74.74	2.60	1.38	
		2500(CAV)	62.51	1.19	61.16	2.82	61.57	2.51	1.35	
CE	Line 1	3(QP)	78.14	0.43	77.12	1.00	77.42	0.98	1.02	0.96
		15(QP)	72.84	0.56	72.32	0.75	72.48	0.73	0.52	
		29(QP)	72.30	0.75	71.17	1.09	71.51	1.12	1.13	
		3(CAV)	72.76	0.64	71.54	1.05	71.90	1.10	1.22	
		15(CAV)	67.53	0.73	66.81	0.77	67.02	0.82	0.72	
		29(CAV)	66.91	1.01	65.76	1.18	66.11	1.24	1.15	
	Line 2	3(QP)	57.05	0.69	56.30	1.38	56.33	1.25	0.75	0.75
		15(QP)	65.27	0.58	65.04	1.11	65.11	0.98	0.23	
		29(QP)	66.07	0.93	65.06	1.25	65.36	1.24	1.01	
		3(CAV)	51.66	0.91	50.93	1.38	51.15	1.29	0.73	
		15(CAV)	60.17	0.86	59.52	1.18	59.72	1.12	0.65	
		29(CAV)	60.78	1.14	59.62	1.33	59.96	1.37	1.16	

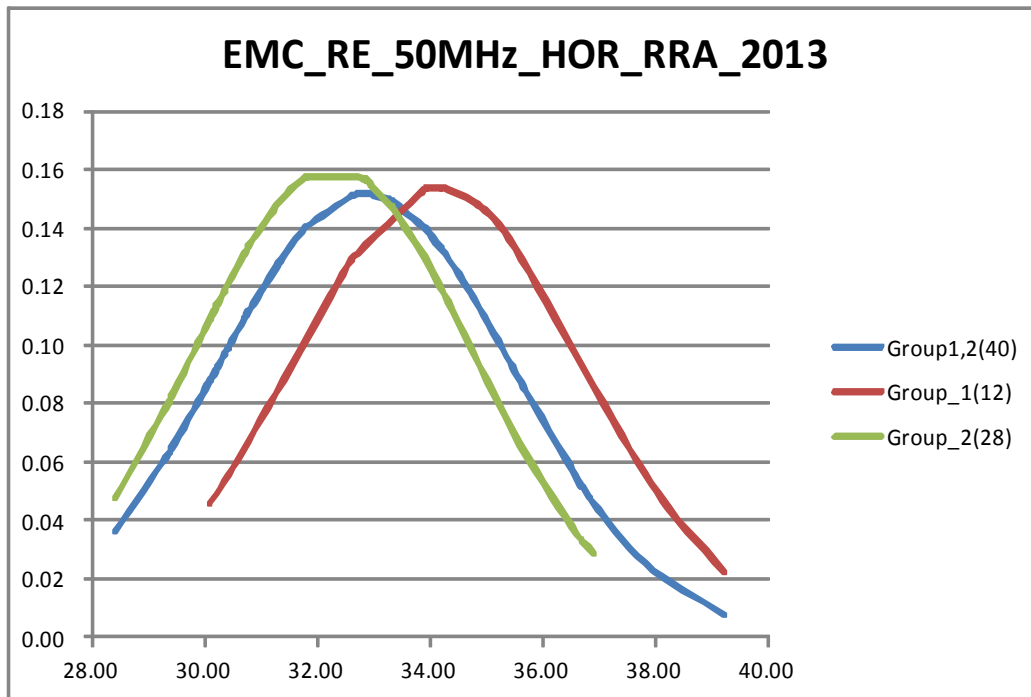


그림 4-2. RE 50 MHz(QP) 수평편파 그룹별 시험값 분포

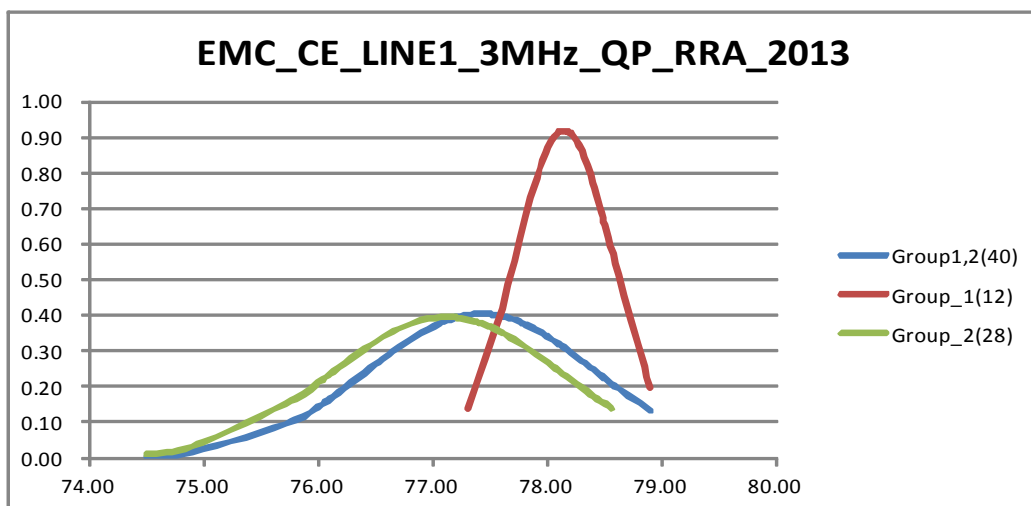


그림 4-3. CE Line1 3 MHz(QP) 그룹별 시험값 분포

- ① Pooled 표준편차를 계산(n_i 는 각 group의 표본크기, SD_i 는 각 group 표본의 표준편차)

$$SD_P = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)SD_1^2 + (n_2 - 1)SD_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (4-29)$$

- ② t 값과 자유도를 계산

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{SD_P \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (4-30)$$

$$df = (n_1 + n_2 - 2) \quad (4-31)$$

- ③ t 값이 기각값 $t_{0.025}$ 보다 작으면 평균값은 유사하다고 판단

3) Group 1과 Group 2가 다른 값의 분산을 가지면, Scatterthwaite two-sample t test를 수행한다.

- ① 평균표준오차(standard error of the mean) SE_i 계산

$$SE_i = \frac{SD_i}{\sqrt{n_i}} \quad (4-32)$$

- ② 두 group의 표본 평균값 간의 차이(difference)에 대한 표준오차(standard error)를 계산

$$SE_{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)} = \sqrt{SE_1^2 + SE_2^2} = \sqrt{\frac{SD_1^2}{n_1} + \frac{SD_2^2}{n_2}} \quad (4-33)$$

- ③ Satterthwaite's test에 대한 시험통계를 계산

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{SE_{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}} \quad (4-34)$$

$$df = \frac{(SE_1^2 + SE_2^2)^2}{\frac{SE_1^4}{(n_1 - 1)} + \frac{SE_2^4}{(n_2 - 1)}} \quad (4-35)$$

- ④ 계산된 t 값이 기각값 $t_{0.025}$ 보다 작으면 평균값은 유사하다고 판단

(나) 판정결과

Group 1과 Group 2는 전체 시험결과에 대해 45 % 정도가 유사한 통계적 성질을 나타내지 못하므로 Group 별로 나누어 수행도를 평가한다.

표 4-26. Group 1과 2의 동질성 비교

구분	편 파	주파수/ 측정모드	합격 항목수	불합격 항목수	합격 항목	불합격 항목
RE	수평 편 파	1 GHz 이하(QP)	2	1	50MHz, 400MHz	900 MHz
		1 GHz이상 (PK/CAV)	2	0	2500 MHz (PK, CAV)	-
	수직 편 파	1 GHz 이하 (QP)	2	1	50MHz, 900MHz	400 MHz
		1 GHz 이상 (PK/CAV)	0	2	-	2500 MHz (PK, CAV)
CE	Line1	QP	1	2	15 MHz	3 MHz, 29MHz
		CAV	1	2	29 MHz	3 MHz, 15MHz
	Line2	QP	2	1	3 MHz, 29MHz	15 MHz
		CAV	2	1	3 MHz, 15MHz	29 MHz
합계			12	10	55%	45%

다. ISO13528에 의한 z-score 예비 판정

이상값 및 의심값 산출기관의 결과를 분석(부록 8 참조)해 보면 CISPR16-4-2의 불확도 범위 내에 있는 시험값을 도출한 기관도 이상값 및 의심값으로 판정됨을 알 수 있다. 이는 수행도를 평가하는 z-score의 산출식 자체가 중위수 대비 조금만 차이가 나도 이상값이나 의심값을 산출하므로 이에 대한 보안이 요구된다. 또한, 이들 기관이 이

상값 도출기관으로 최종 판정되어 시정조치를 위한 원인규명을 할 경우 어려움이 예상되므로 수행도 평가 기준에 대한 보완이 필요하다.

표 4-27. Group 1(총 12개 기관)에 대한 이상값 및 의심값 산출결과

결 과 값	산출기관								산 출 합 계	산 출 기 관 수
	복사성 방출				전도성 방출					
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2			
	수직	수평	수직	수평	QP	CAV	QP	CAV		
이상값	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
의심값	2	-	-	2	1	2	1	1	9	4

표 4-28. Group 2(총 28개 기관)에 대한 이상값 및 의심값 산출결과

통계기법	산출기관 수								산 출 합 계	산 출 기 관 수
	복사성 방출				전도성 방출					
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2			
	수직	수평	수직	수평	QP	CAV	QP	CAV		
이상값	2	1	7	2	3	2	7	6	30	8
의심값	8	6	3	3	5	11	6	5	47	13

표 4-29. 복사성 방출에 대한 z-score

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상값	의심값
				PK	CAV		
R-13	2.08	-0.48	-0.01	0.87	0.39		1
R-14	-0.57	1.08	0.45	-0.11	-0.80		
R-15	-0.79	0.88	1.50	0.16	0.27		
R-16	-0.83	1.15	1.24	-0.29	-0.44		
R-17	-0.74	0.26	-0.14	0.43	0.39		
R-18	0.54	1.08	1.24	-0.11	-1.15		
R-19	0.37	-0.08	-1.26	-3.41	-0.44	1	
R-20	0.33	0.26	-0.34	2.66	2.89		2
R-21	-0.53	0.88	0.97	0.87	0.39		
R-22	-0.70	0.40	0.19	0.96	1.35		
R-23	-1.17	0.81	1.30	-3.05	-4.13	2	
R-24	-0.32	1.08	0.97	0.52	0.27		
R-25	-0.32	-0.41	-0.27	-1.36	-2.23		1
R-26	1.99	-1.09	-0.34	0.96	0.16		
R-27	1.05	1.01	0.19	0.52	0.99		
R-28	2.03	-0.01	-0.14	0.52	1.35		1
R-29	0.37	0.06	0.84	2.66	3.96	1	1
R-30	-0.87	-0.14	0.45	0.16	0.16		
R-31	-0.19	0.06	-0.01	-0.38	-0.08		
R-32	1.95	-0.48	-0.80	0.52	0.39		
R-33	0.54	0.60	0.25	-0.73	-1.39		
R-34	-0.10	0.60	0.45	0.25	0.16		
R-35	-1.13	-2.93	-1.39	-12.24	-16.15	2	1
R-36	-1.55	-3.20	-0.21	-1.27	-0.20	1	
R-37	-0.79	-2.25	-3.22	-1.54	-3.42	2	1
R-38	0.80	-2.18	-2.24	-1.89	-2.70		3
R-39	-0.10	-1.16	-1.45	0.61	0.16		
R-40	1.52	-0.55	-0.80	-0.11	0.75		

표 4-30. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 차이

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz	
				PK	CAV
R-13	4.86	-0.71	-0.02	0.98	0.33
R-14	-1.34	1.59	0.68	-0.12	-0.67
R-15	-1.84	1.29	2.28	0.18	0.23
R-16	-1.94	1.69	1.88	-0.32	-0.37
R-17	-1.74	0.39	-0.22	0.48	0.33
R-18	1.26	1.59	1.88	-0.12	-0.97
R-19	0.86	-0.11	-1.92	-3.82	-0.37
R-20	0.76	0.39	-0.52	2.98	2.43
R-21	-1.24	1.29	1.48	0.98	0.33
R-22	-1.64	0.59	0.28	1.08	1.13
R-23	-2.74	1.19	1.98	-3.42	-3.47
R-24	-0.74	1.59	1.48	0.58	0.23
R-25	-0.74	-0.61	-0.42	-1.52	-1.87
R-26	4.66	-1.61	-0.52	1.08	0.13
R-27	2.46	1.49	0.28	0.58	0.83
R-28	4.76	-0.01	-0.22	0.58	1.13
R-29	0.86	0.09	1.28	2.98	3.33
R-30	-2.04	-0.21	0.68	0.18	0.13
R-31	-0.44	0.09	-0.02	-0.42	-0.07
R-32	4.56	-0.71	-1.22	0.58	0.33
R-33	1.26	0.89	0.38	-0.82	-1.17
R-34	-0.24	0.89	0.68	0.28	0.13
R-35	-2.64	-4.31	-2.12	-13.72	-13.57
R-36	-3.64	-4.71	-0.32	-1.42	-0.17
R-37	-1.84	-3.31	-4.92	-1.72	-2.87
R-38	1.86	-3.21	-3.42	-2.12	-2.27
R-39	-0.24	-1.71	-2.22	0.68	0.13
R-40	3.56	-0.81	-1.22	-0.12	0.63

라. 국내 · 외 보완사례

CISPR16-4-2의 불확도 범위 내에 있는 시험값을 도출한 기관도 이상값 및 의심값으로 판정되므로 이에 대한 국내외 보완사항을 조사한 결과 아래 표와 같다.

표 4-31. KOLAS의 수행도 평가 통계기법

설정값 (x^*)	시료의 안정성 불확도(u_X)	$0.3\hat{\sigma}$	최종 $\hat{\sigma}$		판정
			$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$u_X > 0.3\hat{\sigma}$	
ISO13528 에 의한 로버스트 평균	회귀분석에 의한 불확도 산출	CISPR 표준 불확도 (U_{CISPR})	CISPR 표준 불확도 (U_{CISPR})	$\sqrt{u_X^2 + U_{CISPR}^2}$	$ z \leq 2$ 혹은 $ z' \leq 2$ 만족

표 4-32. ACIL(A2LA 숙련도시험운영기관)의 수행도 평가 통계기법

설정값 (x^*)	시료의 안정성 불확도(u_X)	Control Limit 설정	최종 $\hat{\sigma}$	판정
ISO13528에 의한 로버스트 평균	ISO13528에 의한 $u_X = 1.25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}}$	$UCL = x^* + (U_{CISPR} + u_X)$ $LCL = x^* - (U_{CISPR} + u_X)$	s^*	$z_{LCL} \leq z \leq z_{UCL}$ 만족

※ p : 참가시험기관의 수

마. ISO13528과 CISPR 불확도를 고려한 수행도 평가

상기 사례를 참조하여 아래 표와 같이 수행도 평가 필요한 해당값을 설정하였다.

표 4-33. ISO13528과 CISPR 불확도를 고려한 수행도 평가 통계기법

설정값 (x^*)	시료의 안정성 불확도(u_X)	$0.3\hat{\sigma}$	최종 $\hat{\sigma}(s^*)$		판정
			$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$u_X > 0.3\hat{\sigma}$	
ISO13528 에 의한 로버스트 평균	ISO13528에 의한 $u_X = 1.25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}}$	ISO13528 에 의한 $0.3s^*$	CISPR 표준불확도 (U_{CISPR})	$\sqrt{u_X^2 + U_{CISPR}^2}$	$ z \leq 2$ 혹은 $ z' \leq 2$ 만족

바. ISO13528과 CISPR 불확도를 고려한 수행도 평가결과

Group 1과 Group 2의 측정값의 통계적 차이(평균값, 분산)를 고려하여 Group별로 분리하여 수행도 평가하였다. KOLAS 및 ACIL(미국, A2LA 숙련도시험운영기관)에서 적용한 CISPR 불확도와 설정값의 불확도를 고려하여 수행도 평가한 결과 최종적으로 평가 결과 이상값 1개 기관 및 의심값 2개 기관 도출되었다.

(1) Group 1(총 12개 기관)

: 이상값 및 의심값 산출기관 없음

(2) Group 2(총 28개 기관)

(가) 이상값 산출기관: 1개 기관

표 4-34. Group 2 이상값 산출 결과

기관기호	시험항목								이상값 산출 합계
	복사성 방출				전도성 방출				
	1 GHz 이하		1 GHz이상		Line1		Line2		
	수평	수직	수평	수직	QP	CAV	QP	CAV	
R-35	-	-	2	2	-	-	-	-	4
합계	-	-	2	2	-	-	-	-	4

(2) 의심값 산출기관: 2개 기관

표 4-35. Group 2 의심값 산출 결과

기관기호	시험항목								의심값 산출 합계
	복사성 방출				전도성 방출				
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2		
	수평	수직	수평	수직	QP	CAV	QP	CAV	
R-23	-	-	-	-	-	-	2	1	3
R-35	-	-	-	-	-	1	-	-	1
합계	-	-	-	-	-	-	-	-	4

제 4절 수행지침서 개발

수행지침서는 국립전파연구원 지정시험기관의 기본적인 시험수행능력을 평가하고 향상시키기 위해 시료의 특성 분석능력 및 숙련도시험의 기본사항을 평가할 수 있는 항목을 중심으로 개발되었다. 구체적인 내용은 부록 5와 6을 참조한다.

1. 무선분야 수행지침서 개발

가. 시료의 기본특성

무선분야 기준시료는 시험기관들이 RF 시험을 위한 Call 장비의 보유 여부와 시험프로그램과 시험절차를 지원받을 수 있는 제조자 제품으로서 bluetooth 제품인 리모컨이다. 주파수범위 2400 ~ 2483.5 MHz, 79 CH과 출력 10 dBm, 사용전압은 DC 3.0 V이며 0 °C ~ 40 °C 범위에

서 동작된다. 제조사로부터 시험모드 진입을 위한 JIG 보드 지원을 받아 제작하였으며 입력단자, 출력단자 및 PC 통신을 위한 USB 단자로 구성되어 있다.

나. 일반사항

수행지침서의 구성은 시료에 대한 특성, 측정방법과 절차, 측정 기록지와 인수인계서로 구성된다. 먼저 시료의 특성에 대해서는 시험용 시료의 제원과 특성, 작동방법, 시험구성품의 목록과 사진을 나타내었다. 또한, 시험을 마친 후 보관 및 이동 방법을 기술하였으며, 측정방법결과 자료의 작성방법과 숙련도 운영기구에의 자료 제출 방법을 제시하였다.

다. 측정방법 및 순서

측정시험에서는 시험항목인 공중선전력, 점유주파수대폭, 주파수 허용편차 및 불요발사 강도 측정 시 변조상태 설정과 에 대해 측정방법 및 순서를 그림을 통해 구체적인 시험방법을 기술하여 측정에 대한 오류가 없도록 하였고 측정기의 설정 방법도 명시하기 시험기관 측정오차를 줄이도록 하였다.

또한, 제어프로그램 설정방법을 설정 창을 통해 쉽게 설정할 수 있도록 첨부 3에 구체적인 방법을 기술하였으며 공중선전력, 점유주파수대폭 및 불요발사 강도 측정 시 변조상태 설정 방법과 주파수 허용편차 측정을 위한 무변조상태 설정에 대해 기술하였다. 결과의 기록은 시험장 온도와 측정불확도를 기록하게 하여 이러한 값을 보상함으로써 시험의 정확성을 기하도록 하고 참가시험기관의 불만을 해소하도록 하였다.

2. SAR분야 수행지침서 개발

가. 시료의 기본특성

SAR 분야에 사용되는 시료는 Body SAR가 시행 초기이므로 접근하기 쉬운 엘지전자의 이동통신용 무선설비의 기기인 WCDMA 휴대폰((LG-F180K)을 선정하였으며, 주파수 범위는 송신의 경우 1922.8 ~ 1977.2 MHz이고 수신인 경우 2112.8 ~ 2167.2 MHz이고 출력은 251 mW이며 동작온도는 - 20 °C ~ 50 °C이다.

안정도시험은 국립전파연구원 고시 전자파흡수율 측정기준을 참고하여 온도 18°C~25°C로 하고 시험 중 온도변화를 ± 2 °C로 하고, 습도는 30 % ~ 70%에서 측정하여 안정성을 검증하였다.

나. 일반사항

수행지침서의 구성은 개요, 측정방법과 절차, 기록지와 인수인계서로 구성된다. 개요에서는 시험시료에 대한 기본사항과 시험시료의 수령 및 확인, 시험시료의 구성 및 수량, 시험시료의 반송, 시험결과서 기입요령 및 시험결과서 제출에 대한 내용이 기술되어 있다.

다. 측정방법 및 순서

측정절차는 일반적 사항으로 측정의 목적, 시험조건, 기술기준과 측정설비 및 시험구성도, 시료의 시험조건, 측정 절차, 시험결과 및 데이터 및 특기사항을 구체적으로 기술하였다. 이를 위해 시험실 온도와 습도에 대한 사항과 시험시료의 조건에 대해 기술하였다. 또한 모의 인체, 모의조직과 프로브 및 프로브 위치제어기에 대해 그림을 포함시켜

구체적인 측정방법을 기술함으로써 측정에 대한 오류가 없도록 하였다.
측정시료의 배치가 측정결과에 지대한 영향을 미치기 때문에 이에 대한
구체적인 설명을 함으로써 정확한 측정을 수행할 수 있게 하였다.

제 V 장 결 론

본 연구에서는 무선 및 SAR분야 국립전파연구원 지정시험기관을 대상으로 2014년에 실시될 비교숙련도시험을 위해 무선분야인 경우 무선리모컨, SAR분야인 경우 WCDMA방식의 휴대폰을 시험시료로 선정하여 안정성시험을 수행하고 이를 바탕으로 수행지침서를 개발함으로써 국제적으로 인정받을 수 있는 안정성이 확보된 표준시험시료를 개발하였다.

이를 위해 먼저 국제시험기관 인정기구 협력체인 ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation)과 APLAC (International Laboratory Accreditation Cooperation)의 숙련도시험 정책, 숙련도시험 시행지침에 대해 분석을 수행하였다. 또한 미국, 일본 및 KOLAS 등 비교숙련도시험에 대해 시험시료, 측정절차, 통계적기법, 수행도평가기법을 중심으로 국내·외 동향을 조사·분석하였다.

두 번째는 무선분야 및 SAR분야 표준시험시료 개발을 위해 비교숙련도시험 운영위원회를 통해 시험시료를 결정하였다. 결정된 시료는 비교숙련도시험에 참가할 국립전파연구원 지정시험기관의 시험시설과 지정분야 등을 고려하여 무선분야 평가시료는 시험기관들이 RF 시험을 위한 Call 장비의 보유 여부와 시험프로그램과 시험절차를 지원받을 수 있는 제조자 제품으로서 Bluetooth 제품인 무선리모컨을 선정하였다. 또한, SAR분야 평가시료는 Body SAR가 시행 초기이므로 접근하기 쉬운 WCDMA 휴대폰을 선정하였으며, 무선 및 SAR 분야의 시험시료의 안정성시험을 위해 두 대의 무선시료를 대상으로 두 개의 시험기관에서 공급전압변동에 따른 안정성시험을 수행하였다. 시료의 안정성평가는 불확도를 고려한 균일성 평가기법을 이용하여

공중선전력, 점유주파수 대역폭, 주파수 허용편차 및 불요발사에 대한 안정성 분석을 수행한 결과 모든 전압에서 안정성을 보였다. 또한, 두 대의 SAR분야 시료의 경우 안정성시험을 수행하고 평가를 수행한 결과 시료 A는 시험주파수인 1922.8 MHz, 1950 MHz, 1977.2 MHz에서 안정성을 보였다. 시료 B는 1950 MHz 대역에서만 측정하였으며 안정성 평가결과 안정함을 보였다. 또한, 시료 A와 시료 B에 대해 1950 MHz 대역의 측정값을 비교한 결과 안정함을 보였다. 안정도시험의 결과를 바탕으로 비교숙련도시험에 참가할 기관들이 사용하게 될 수행지침서를 개발하였으며 이는 국립전파연구원 기술기준과 국제기준을 참조하였다.

다음으로 비교숙련도시험 참가기관들이 시험한 결과를 통계처리하기 위해 국제 표준인 ISO/IEC 17043 부속서에 기술된 숙련도시험의 평가에 필수적인 요소를 분석하였다. 즉, 설정값의 결정, 수행도 통계계산, 수행도 평가에 대해 분석을 수행하였으며, 현재 대부분의 국가에서 국제적 통계기준으로 사용되고 있는 ISO 13528에 대해서도 설정값의 결정, 수행도 평가에 필요한 통계 및 수행도 평가방법에 대해 분석하였다. 또한, 2011년 KOLAS 승인을 받아 한국산업기술시험원에서 실시한 EMC분야 비교숙련도시험 사례를 분석하였다. 국외사례로서는 미국 A2LA의 숙련도시험기관인 ACIL에서 수행한 숙련도시험에 대해 설정값의 결정, 불확도를 고려한 수행도 평가기준에 대해 분석을 수행하였다.

또한, ISO 13528을 적용한 통계처리 및 기준방법과 비교·분석을 위해 EXCEL을 이용하여 ISO13528 통계처리 프로그램을 개발하였고, 2011년 및 2012년 자료인 유선, EMC 및 무선분야에 대해 기존의 수행도 평가방법인 ISO43-1(NIQR)에 의한 z -score와 ISO13528에 의한 평가방법을 상호 비교한 결과 수행도 평가 결과

가 만족, 의심 및 불만족 경계에 있는 판정결과가 달라지는 사례는 전체 시험평가 수 대비 약 6.9 %로 나타났다.

마지막으로 2013년에 실시된 유선 및 EMC분야에 대해 시험결과를 분석하였다. 사용된 통계기법은 ISO13528을 사용하였으며 기존에 사용한 기준과의 비교를 위해 ISO43-1(NIQR)에 의한 결과도 함께 산출하였다. 유선분야인 경우 국립전파연구원 지정시험기관 10개가 참가하였으며 시험시료는 2012년에 개발된 G-2013(유선전화기 변형장치)로서 위해전압, 직류저항, 호출신호 수신 시 직류전류 및 교류 임피던스에 대해 예비수행도 평가를 실시하였다. 사용된 통계기법은 설정값은 ISO13528에 의한 로버스트 평균을 사용하고 표준편차는 시료의 안정성 불확도를 고려하여 판정한 결과 이상값 산출기관이 두 군데로 판정되었다. 또한, EMC분야의 경우는 40개의 지정시험기관이 참가하였으며 시험시료는 CNE V+(Comparison Noise Emitter)를 사용하였고, 시험 항목은 복사성 방출 10개 항목 및 전도성 방출 12개에 대해 예비평가를 수행하였다. 사용된 통계기법은 유선분야와 마찬가지로 ISO13528에 근거하였으며 CISPR16-4-2의 측정불확도 범위 내에 있는 시험 값을 도출한 기관이 이상값 및 의심값으로 판정되는 것을 고려하여 KOLAS 및 ACIL에서 적용한 CISPR 불확도와 설정값의 불확도를 고려한 수행도 평가기준을 사용하여 수행도를 예비 평가한 결과 이상값 1개 기관 및 의심값 2개 기관이 도출되었다.

본 연구를 통해 개발된 표준시료와 국제기구에서 규정하는 숙련도 시행절차와 통계처리기법을 적용하여 참가시험기관의 수행도를 평가함으로써 시험수행능력에 대한 객관성 확보 및 신뢰성 향상을 기대할 수 있으며, 국내 비교숙련도 프로그램의 국제화 조건 마련으로 인해 지정 시험기관이 국제기구에서 주관하는 숙련도시험에 부담 없이 참여할 수 있기 때문에 비교숙련도프로그램 참여의 유연성 확보할 수 있다. 또한,

국립전파연구원이 국제기구가 인정하는 비교속련도시험을 시행함으로써 시험결과 신뢰성과 효율성을 확보하고 상호 비교할 수 있는 체계를 확립함으로써 지정시험기관 관리 및 비교속련도시험 제도개선과 국내·외 경쟁력 확보에 도움이 될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 전자파흡수율측정기준, 전파연구원고시 제2012-23호 국립전파연구원
- [2] "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons", ISO 13528, 2005.
- [3] "Accuracy of measurement methods and results- part2 Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of standard measurement method", ISO 5725-2, 1994.
- [4] "ILAC guidelines for the requirements for the competence of providers of proficiency testing schemes", ILAC-G13, 2007.
- [5] "ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities", ILAC P9,
- [6] "Testing Interlaboratory Comparisons", APLAC PT 002,
- [7] "Proficiency Testing Frequency Benchmarks", APLAC PT 006,
- [8] "KOLAS PT-2011-08 숙련도시험 결과보고서" KOLAS, 2011.
- [9] "Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters(ERM); Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics; part1, ETSI TR 100 028-1, 2012.
- [10] "Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters(ERM) ; Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics; part2, ETSI TR 100 028-2, 2012.
- [11] "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling - Measurement, CISPR 16-1-2, 2011.
- [12] CISPR 16-1-4
- [12] CISPR 16-4-2, IEC 2011
- [13] "Conformity assessment-General requirements for proficiency testing", ISO/IEC 17043, 2010.

[14] “Tutorial on the statistical basis of ACE-PT Inc’s EMC proficiency testing schemes” ACE-PT Inc.

부 록

1. 공급전압 변화에 따른 무선분야 안정성 분석결과
2. SAR분야 불확도 산출 기준
3. SAR분야에 대한 안정성 분석결과
4. ISO 13528과 ISO 43-1에 의한 과년도 수행도 평가의
통계결과 비교
5. 무선분야 수행지침서
6. SAR분야 수행지침서
7. 2013년 시행 유선분야 수행도 예비평가
8. 2013년 시행 EMC 분야 수행도 예비평가

부록 1. 무선분야 안정성 분석결과

가. 측정값(Raw data)

(1) 시료 A에 대한 공급전압변화에 따른 첫 번째 측정값(시험기관 1)

표 A-1. 시료 공급전압 2.7 V인 경우의 측정값(시험기관 1)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	12.21	12.18	12.36	12.39	12.33	12.22	12.32	12.22	12.36	12.07	12.32
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4061	-4317	-4311	-4307	-4251	-4254	-4219	-4274	-4238	-4214	-4231
불요 발사 (dBm)	-35.57	-35.53	-35.11	-35.65	-35.59	-35.57	-35.61	-35.64	-35.51	-35.56	-35.55

표 A-2. 시료 공급전압 3.0 V인 경우의 측정값(시험기관 1)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	12.14	12.21	12.35	12.40	12.37	12.25	12.33	12.25	12.34	12.10	12.33
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4096	-4317	-4309	-4307	-4274	-4261	-4243	-4277	-4261	-4222	-4243
불요 발사 (dBm)	-35.61	-35.65	-35.67	-35.61	-35.59	-35.71	-35.70	-35.53	-35.61	-35.62	-35.55

표 A-3. 시료 공급전압 3.3 V인 경우의 측정값(시험기관 1)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	12.13	12.22	12.32	12.41	12.38	12.27	12.34	12.26	12.33	12.11	12.33
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4131	-4315	-4305	-4305	-4290	-4272	-4261	-4280	-4269	-4229	-4249
불요 발사 (dBm)	-35.63	-35.70	-35.53	-35.66	-35.64	-35.67	-35.63	-35.67	-35.63	-35.68	-35.70

(2) 공급전압변화에 따른 두 번째 측정값(시험기관 1)

표 A-4. 시료 공급전압 2.7 V인 경우의 측정값(시험기관 1)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	12.31	12.24	12.25	12.23	12.18	12.45	12.28	12.19	12.28	12.25	12.41
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4282	-4239	-4266	-4080	-3876	-3735	-4005	-3990	-4163	-4130	-4157
불요 발사 (dBm)	-35.64	-35.48	-35.71	-35.61	-35.57	-35.63	-35.61	-35.68	-35.62	-35.65	-35.69

표 A-5. 시료 공급전압 3.0 V인 경우의 측정값(시험기관 1)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	12.32	12.24	12.25	12.20	12.16	12.42	12.28	12.19	12.29	12.26	12.41
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4286	-4260	-4274	-4130	-3945	-3765	-4019	-4015	-4168	-4149	-4167
불요 발사 (dBm)	-35.63	-35.49	-35.74	-35.49	-35.53	-35.66	-35.48	-35.72	-35.55	-35.62	-35.60

표 A-6. 시료 공급전압 3.3 V인 경우의 측정값(시험기관 1)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	12.33	12.24	12.30	12.20	12.18	12.40	12.32	12.21	12.30	12.26	12.28
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4286	-4270	-4279	-4162	-3977	-3790	-4023	-4022	-4173	-4162	-4176
불요 발사 (dBm)	-35.59	-35.55	-35.61	-35.59	-35.56	-35.72	-35.61	-35.73	-35.66	-35.65	-35.59

(3) 시료 B에 대한 공급전압변화에 따른 첫 번째 측정값(시험기관 2)

표 A-7. 시료 공급전압 2.7 V인 경우의 측정값(시험기관 2)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	7.86	7.92	7.86	7.88	7.93	7.86	7.91	7.88	7.93	7.89	7.87
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4423	-4222	-4348	-4267	-4334	-4202	-4213	-4165	-4154	-4108	-4101
불요 발사 (dBm)	-36.01	-35.37	-35.50	-36.44	-36.02	-36.38	-35.51	-35.40	-35.62	-36.16	-36.42

표 A-8. 시료 공급전압 3.0 V인 경우의 측정값(시험기관 2)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	7.86	7.91	7.86	7.88	7.91	7.86	7.89	7.89	7.91	7.89	7.86
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4453	-4090	-4436	-4142	-4379	-4079	-4262	-4223	-4089	-4218	-4068
불요 발사 (dBm)	-36.43	-35.40	-36.45	-36.42	-36.43	-36.44	-35.27	-35.35	-35.64	-36.36	-35.38

표 A-9. 시료 공급전압 3.3 V인 경우의 측정값(시험기관 2)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	7.86	7.89	7.86	7.87	7.89	7.84	7.88	7.92	7.89	7.92	7.86
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4397	-4287	-4272	-4443	-4259	-4276	-4140	-4059	-4223	-4155	-4139
불요 발사 (dBm)	-36.04	-35.52	-35.34	-36.40	-35.85	-36.41	-36.35	-35.44	-36.33	-35.96	-35.41

(4) 시료 B에 대한 공급전압변화에 따른 두 번째 측정값(시험기관 1)

표 A-10. 시료 공급전압 2.7 V인 경우의 측정값(시험기관 1)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	7.65	7.79	7.85	7.86	7.92	7.9	7.91	7.91	7.93	7.92	7.95
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4852	-4741	-4616	-4619	-4646	-4640	-4640	-4640	-4656	-4620	-4623
불요 발사 (dBm)	-35.94	-35.97	-35.95	-35.87	-35.87	-35.91	-35.89	-35.97	-35.87	-35.93	-36.01

표 A-11. 시료 공급전압 3.0 V인 경우의 측정값(시험기관 1)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	7.71	7.79	7.82	7.86	7.90	7.89	7.90	7.92	7.93	7.92	7.93
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4286	-4260	-4274	-4130	-3945	-3765	-4019	-4015	-4168	-4656	-4653
불요 발사 (dBm)	-35.98	-36.00	-35.97	-36.02	-35.97	-35.89	-36.02	-35.96	-36.06	-35.91	-35.95

표 A-12. 시료 공급전압 3.3 V인 경우의 측정값(시험기관 1)

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
공중선 전력 (mW)	7.75	7.79	7.83	7.86	7.89	7.90	7.90	7.94	7.92	7.93	7.93
점유주 파수대 폭 (MHz)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
주파수 허용편 차(Hz)	-4286	-4270	-4279	-4162	-3977	-3790	-4023	-4022	-4173	-4686	-4688
불요 발사 (dBm)	-35.91	-35.97	-36.02	-35.99	-36.00	-35.97	-35.97	-35.98	-35.96	-35.98	-36.07

나. 안정도분석

불확도를 고려한 균일성 평가기법을 이용하여 무선분야 두 대의 시료 A와 B에 대해 공급전압변동에 따른 공중선전력, 점유주파수 대역폭, 주파수 허용편차 및 불요발사에 대한 안정성 분석결과 아래와 같은 결과를 보였다. 시료 A는 시험기관 1에서 2회 측정값을 이용하여 안정도를 판정하였고, 시료 B는 시험기관 1에서 1회 시험기관 2에서 1회 측정한 값을 활용하여 안정성 분석을 수행한 결과, 공급전압변동에 따른 모든 전압에서 공중선전력, 점유주파수 대역폭, 주파수 허용편차 및 불요발사에 대해 안정성을 보였다. 또한, 시험기관 1에서 측정한 시료 A와 B에 대해 안정성을 분석한 결과 공중선 전력을 제외한 모든 항목에서 안정성을 보였다.

표 A-13. 무선분야 시료 A와 B의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석

구분	시료 A (시험기관1 2회 측정값)	시료 B (시험기관 1, 1회 시험기관 2, 1회 측정값)	시료 A와 시료 B (시험기관 1 측정값)	비고
공중선전력 (mW)	안정	안정	불안정	
점유주파수대폭 (MHz)	안정	안정	안정	
주파수 허용편차(Hz)	안정	안정	안정	
불요발사 (dBm)	안정	안정	안정	

표 A-14. 무선분야 시료 A의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석

구분	시료 A의 공급전압에 따른 안정도 분석			비고
	2.7 V ~ 3.0 V	3.0 V ~ 3.3 V	2.7 V ~ 3.3 V	
공중선전력 (mW)	안정	안정	안정	시험기관 1 두 번째 측정값
점유주파수대폭 (MHz)	안정	안정	안정	
주파수 허용편차(Hz)	안정	안정	안정	
불요발사 (dBm)	안정	안정	안정	

표 A-15. 무선분야 시료 B의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석

구분	시료 B의 공급전압에 따른 안정도 분석			비고
	2.7 V ~ 3.0 V	3.0 V ~ 3.3 V	2.7 V ~ 3.3 V	
공중선전력 (mW)	안정	안정	안정	시험기관 2 첫 번째 측정값
점유주파수대폭 (MHz)	안정	안정	안정	
주파수 허용편차(Hz)	안정	안정	안정	
불요발사 (dBm)	안정	안정	안정	

표 A-16. 무선분야 시료 B의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석

구분	시료 B의 공급전압에 따른 안정도 분석			비고
	2.7 V ~ 3.0 V	3.0 V ~ 3.3 V	2.7 V ~ 3.3 V	
공중선전력 (mW)	안정	안정	안정	시험기관 1 두 번째 측정값
점유주파수대폭 (MHz)	안정	안정	안정	
주파수 허용편차(Hz)	안정	안정	안정	
불요발사 (dBm)	안정	안정	안정	

표 A-17. 무선분야 시료 B의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석

구분	시료 B의 공급전압에 따른 안정도 분석			비고
	2.7 V	3.0 V	3.3 V	
공중선전력 (mW)	안정	안정	안정	시험기관 2 첫 번째 측정값과 시험기관 1 두 번째 측정값 비교
점유주파수대폭 (MHz)	안정	안정	안정	
주파수 허용편차(Hz)	안정	안정	안정	
불요발사 (dBm)	안정	안정	안정	

표 A-18. 무선분야 시료 A의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석

구분	시료 B의 공급전압에 따른 안정도 분석			비고
	2.7 V	3.0 V	3.3 V	
공중선전력 (mW)	안정	안정	안정	시험기관 1 첫 번째 측정값과 시험기관 1 두 번째 측정값 비교
점유주파수대폭 (MHz)	안정	안정	안정	
주파수 허용편차(Hz)	안정	안정	안정	
불요발사 (dBm)	안정	안정	안정	

표 A-19. 무선분야 시료 A와 B의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석

구분	시료 A와 B의 공급전압에 따른 안정도 분석			비고
	2.7 V	3.0 V	3.3 V	
공중선전력 (mW)	불안정	불안정	불안정	시료A의 시험기관 1 두 번째 측정값과 시료B의 시험기관 2 두 번째 측정값 비교
점유주파수대폭 (MHz)	안정	안정	안정	
주파수 허용편차(Hz)	안정	안정	안정	
불요발사 (dBm)	안정	안정	안정	

다. 통계분석표(시료 A_시험 1)

시료	X1(2.7)	X2(3.0V)
공중선전력	12.21	12.14
	12.18	12.21
	12.36	12.35
	12.39	12.4
	12.33	12.37
	12.22	12.25
	12.32	12.33
	12.22	12.25
	12.36	12.34
	12.07	12.1
	12.32	12.33
평균(ave)	12.27	12.28
표준편차(sd)	0.10	0.10
합성불확도(Uc)	0.41	0.41
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
공중선전력	12.14	12.13
	12.21	12.22
	12.35	12.32
	12.40	12.41
	12.37	12.38
	12.25	12.27
	12.33	12.34
	12.25	12.26
	12.34	12.33
	12.10	12.11
	12.33	12.33
평균(ave)	12.28	12.28
표준편차(sd)	0.10	0.10
합성불확도(Uc)	0.41	0.41
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
공중선전력	12.21	12.130
	12.18	12.220
	12.36	12.320
	12.39	12.410
	12.33	12.380
	12.22	12.270
	12.32	12.340
	12.22	12.260
	12.36	12.330
	12.07	12.110
	12.32	12.330
평균(ave)	12.27	12.28
표준편차(sd)	0.10	0.10
합성불확도(Uc)	0.41	0.41
t	0.02	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.0V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7)	X2(3.0V)
주파수허용 편차	-4061	-4096
	-4317	-4317
	-4311	-4309
	-4307	-4307
	-4251	-4274
	-4254	-4261
	-4219	-4243
	-4274	-4277
	-4238	-4261
	-4214	-4222
	-4231	-4243
평균(ave)	-4243.36	-4255.45
표준편차(sd)	70.75	60.86
합성불확도(Uc)	1000.14	1000.08
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
주파수허용 편차	-4096	-4131
	-4317	-4315
	-4309	-4305
	-4307	-4305
	-4274	-4290
	-4261	-4272
	-4243	-4261
	-4277	-4280
	-4261	-4269
	-4222	-4229
	-4243	-4249
평균(ave)	-4255.45	-4264.18
표준편차(sd)	60.86	51.12
합성불확도(Uc)	1000.08	1000.03
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
주파수허용 편차	-4061	-4131
	-4317	-4315
	-4311	-4305
	-4307	-4305
	-4251	-4290
	-4254	-4272
	-4219	-4261
	-4274	-4280
	-4238	-4269
	-4214	-4229
	-4231	-4249
평균(ave)	-4243.36	-4264.18
표준편차(sd)	70.75	51.12
합성불확도(Uc)	1000.14	1000.03
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.0V)
불요발사	-35.57	-35.61
	-35.53	-35.65
	-35.11	-35.67
	-35.65	-35.61
	-35.59	-35.59
	-35.57	-35.71
	-35.61	-35.70
	-35.64	-35.53
	-35.51	-35.61
	-35.56	-35.62
	-35.55	-35.55
평균(ave)	-35.54	-35.62
표준편차(sd)	0.15	0.06
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.10	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
불요발사	-35.61	-35.63
	-35.65	-35.70
	-35.67	-35.53
	-35.61	-35.66
	-35.59	-35.64
	-35.71	-35.67
	-35.70	-35.63
	-35.53	-35.67
	-35.61	-35.63
	-35.62	-35.68
	-35.55	-35.70
평균(ave)	-35.62	-35.65
표준편차(sd)	0.06	0.05
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.03	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
불요발사	-35.57	-35.63
	-35.53	-35.70
	-35.11	-35.53
	-35.65	-35.66
	-35.59	-35.64
	-35.57	-35.67
	-35.61	-35.63
	-35.64	-35.67
	-35.51	-35.63
	-35.56	-35.68
	-35.55	-35.70
평균(ave)	-35.54	-35.65
표준편차(sd)	0.15	0.05
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.13	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

라. 통계분석표(시료 A_시험 2)

시료	X1(2.7)	X2(3.0V)
공중선전력	12.31	12.32
	12.24	12.24
	12.25	12.25
	12.23	12.20
	12.18	12.16
	12.45	12.42
	12.28	12.28
	12.19	12.19
	12.28	12.29
	12.25	12.26
	12.41	12.41
평균(ave)	12.28	12.27
표준편차(sd)	0.08	0.08
합성불확도(Uc)	0.41	0.41
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
공중선전력	12.32	12.33
	12.24	12.24
	12.25	12.30
	12.20	12.20
	12.16	12.18
	12.42	12.40
	12.28	12.32
	12.19	12.21
	12.29	12.30
	12.26	12.26
	12.41	12.28
평균(ave)	12.27	12.27
표준편차(sd)	0.08	0.07
합성불확도(Uc)	0.41	0.41
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
공중선전력	12.31	12.33
	12.24	12.24
	12.25	12.30
	12.23	12.20
	12.18	12.18
	12.45	12.40
	12.28	12.32
	12.19	12.21
	12.28	12.30
	12.25	12.26
	12.41	12.28
평균(ave)	12.28	12.27
표준편차(sd)	0.08	0.07
합성불확도(Uc)	0.41	0.41
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.0V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7)	X2(3.0V)
주파수허용 편차	-4282	-4286
	-4239	-4260
	-4266	-4274
	-4080	-4130
	-3876	-3945
	-3735	-3765
	-4005	-4019
	-3990	-4015
	-4163	-4168
	-4130	-4149
	-4157	-4167
평균(ave)	-4083.91	-4107.09
표준편차(sd)	170.35	158.86
합성불확도(Uc)	1001.23	1001.06
t	0.02	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
주파수허용 편차	-4286	-4286
	-4260	-4270
	-4274	-4279
	-4130	-4162
	-3945	-3977
	-3765	-3790
	-4019	-4023
	-4015	-4022
	-4168	-4173
	-4149	-4162
	-4167	-4176
평균(ave)	-4107.09	-4120.00
표준편차(sd)	158.86	152.70
합성불확도(Uc)	1001.06	1000.97
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
주파수허용 편차	-4282	-4286
	-4239	-4270
	-4266	-4279
	-4080	-4162
	-3876	-3977
	-3735	-3790
	-4005	-4023
	-3990	-4022
	-4163	-4173
	-4130	-4162
	-4157	-4176
평균(ave)	-4083.91	-4120.00
표준편차(sd)	170.35	152.70
합성불확도(Uc)	1001.23	1000.97
t	0.03	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.0V)
불요발사	-35.64	-35.63
	-35.48	-35.49
	-35.71	-35.74
	-35.61	-35.49
	-35.57	-35.53
	-35.63	-35.66
	-35.61	-35.48
	-35.68	-35.72
	-35.62	-35.55
	-35.65	-35.62
	-35.69	-35.60
평균(ave)	-35.63	-35.59
표준편차(sd)	0.06	0.09
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.04	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
불요발사	-35.63	-35.59
	-35.49	-35.55
	-35.74	-35.61
	-35.49	-35.59
	-35.53	-35.56
	-35.66	-35.72
	-35.48	-35.61
	-35.72	-35.73
	-35.55	-35.66
	-35.62	-35.65
	-35.60	-35.59
평균(ave)	-35.59	-35.62
표준편차(sd)	0.09	0.06
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.04	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
불요발사	-35.64	-35.59
	-35.48	-35.55
	-35.71	-35.61
	-35.61	-35.59
	-35.57	-35.56
	-35.63	-35.72
	-35.61	-35.61
	-35.68	-35.73
	-35.62	-35.66
	-35.65	-35.65
	-35.69	-35.59
평균(ave)	-35.63	-35.62
표준편차(sd)	0.06	0.06
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

마. 통계분석표(시료 A(#1)_시험 1_시험 2 (비교))

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
공중선전력 (전압:2.7V)	12.21	12.31
	12.18	12.24
	12.36	12.25
	12.39	12.23
	12.33	12.18
	12.22	12.45
	12.32	12.28
	12.22	12.19
	12.36	12.28
	12.07	12.25
	12.32	12.41
평균(ave)	12.27	12.28
표준편차(sd)	0.10	0.08
합성불확도(Uc)	0.41	0.41
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
공중선전력 (전압:3.0V)	12.14	12.32
	12.21	12.24
	12.35	12.25
	12.4	12.2
	12.37	12.16
	12.25	12.42
	12.33	12.28
	12.25	12.19
	12.34	12.29
	12.1	12.26
	12.33	12.41
평균(ave)	12.28	12.27
표준편차(sd)	0.10	0.08
합성불확도(Uc)	0.41	0.41
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
공중선전력 (전압:3.3V)	12.13	12.330
	12.22	12.240
	12.32	12.300
	12.41	12.200
	12.38	12.180
	12.27	12.400
	12.34	12.320
	12.26	12.210
	12.33	12.300
	12.11	12.260
	12.33	12.280
평균(ave)	12.28	12.27
표준편차(sd)	0.10	0.07
합성불확도(Uc)	0.41	0.41
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
점유주파수대폭 (전압:2.7V)	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
점유주파수대폭 (전압:3.0V)	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
점유주파수대폭 (전압:3.3V)	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
주파수허용편차 (전압:2.7V)	-4061	-4096
	-4317	-4317
	-4311	-4309
	-4307	-4307
	-4251	-4274
	-4254	-4261
	-4219	-4243
	-4274	-4277
	-4238	-4261
	-4214	-4222
	-4231	-4243
평균(ave)	-4243.36	-4255.45
표준편차(sd)	70.75	60.86
합성불확도(Uc)	1000.14	1001.23
t	0.01	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
주파수허용편차 (전압:3.0V)	-4096	-4131
	-4317	-4315
	-4309	-4305
	-4307	-4305
	-4274	-4290
	-4261	-4272
	-4243	-4261
	-4277	-4280
	-4261	-4269
	-4222	-4229
	-4243	-4249
평균(ave)	-4255.45	-4264.18
표준편차(sd)	60.86	51.12
합성불확도(Uc)	1000.08	1001.06
t	0.01	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
주파수허용편차 (전압:3.3V)	-4061	-4131
	-4317	-4315
	-4311	-4305
	-4307	-4305
	-4251	-4290
	-4254	-4272
	-4219	-4261
	-4274	-4280
	-4238	-4269
	-4214	-4229
	-4231	-4249
평균(ave)	-4243.36	-4264.18
표준편차(sd)	70.75	51.12
합성불확도(Uc)	1000.03	1000.97
t	0.01	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
불요발사 (전압:2.7V)	-35.57	-35.61
	-35.53	-35.65
	-35.11	-35.67
	-35.65	-35.61
	-35.59	-35.59
	-35.57	-35.71
	-35.61	-35.70
	-35.64	-35.53
	-35.51	-35.61
	-35.56	-35.62
	-35.55	-35.55
평균(ave)	-35.54	-35.62
표준편차(sd)	0.15	0.06
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.10	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
불요발사 (전압:3.0V)	-35.61	-35.63
	-35.65	-35.70
	-35.67	-35.53
	-35.61	-35.66
	-35.59	-35.64
	-35.71	-35.67
	-35.70	-35.63
	-35.53	-35.67
	-35.61	-35.63
	-35.62	-35.68
	-35.55	-35.70
평균(ave)	-35.62	-35.65
표준편차(sd)	0.06	0.05
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.03	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#1_1)	X2(#1_2)
불요발사 (전압:3.3V)	-35.57	-35.63
	-35.53	-35.70
	-35.11	-35.53
	-35.65	-35.66
	-35.59	-35.64
	-35.57	-35.67
	-35.61	-35.63
	-35.64	-35.67
	-35.51	-35.63
	-35.56	-35.68
	-35.55	-35.70
평균(ave)	-35.54	-35.65
표준편차(sd)	0.15	0.05
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.13	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

바. 통계분석표(시료 B_시험 1)

시료	X1(2.7)	X2(3.0V)
공중선전력	7.86	7.86
	7.92	7.91
	7.86	7.86
	7.88	7.88
	7.93	7.91
	7.86	7.86
	7.91	7.89
	7.88	7.89
	7.93	7.91
	7.89	7.89
	7.87	7.86
평균(ave)	7.89	7.88
표준편차(sd)	0.03	0.02
합성불확도(Uc)	0.13	0.13
t	0.04	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
공중선전력	7.86	7.86
	7.91	7.89
	7.86	7.86
	7.88	7.87
	7.91	7.89
	7.86	7.84
	7.89	7.88
	7.89	7.92
	7.91	7.89
	7.89	7.92
	7.86	7.86
평균(ave)	7.88	7.88
표준편차(sd)	0.02	0.03
합성불확도(Uc)	0.13	0.13
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
공중선전력	7.86	7.86
	7.92	7.89
	7.86	7.86
	7.88	7.87
	7.93	7.89
	7.86	7.84
	7.91	7.88
	7.88	7.92
	7.93	7.89
	7.89	7.92
	7.87	7.86
평균(ave)	7.89	7.88
표준편차(sd)	0.03	0.03
합성불확도(Uc)	0.13	0.13
t	0.05	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.0V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7)	X2(3.0V)
주파수허용 편차	-4423	-4453
	-4222	-4090
	-4348	-4436
	-4267	-4142
	-4334	-4379
	-4202	-4079
	-4213	-4262
	-4165	-4223
	-4154	-4089
	-4108	-4218
	-4101	-4068
평균(ave)	-4230.64	-4221.73
표준편차(sd)	102.96	145.29
합성불확도(Uc)	3049.41	3049.41
t	0.00	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
주파수허용 편차	-4453	-4397
	-4090	-4287
	-4436	-4272
	-4142	-4443
	-4379	-4259
	-4079	-4276
	-4262	-4140
	-4223	-4059
	-4089	-4223
	-4218	-4155
	-4068	-4139
평균(ave)	-4221.73	-4240.91
표준편차(sd)	145.29	114.55
합성불확도(Uc)	3049.41	3049.41
t	0.00	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
주파수허용 편차	-4423	-4397
	-4222	-4287
	-4348	-4272
	-4267	-4443
	-4334	-4259
	-4202	-4276
	-4213	-4140
	-4165	-4059
	-4154	-4223
	-4108	-4155
	-4101	-4139
평균(ave)	-4230.64	-4240.91
표준편차(sd)	102.96	114.55
합성불확도(Uc)	3049.41	3049.41
t	0.00	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.0V)
불요발사	-36.01	-36.43
	-35.37	-35.40
	-35.50	-36.45
	-36.44	-36.42
	-36.02	-36.43
	-36.38	-36.44
	-35.51	-35.27
	-35.40	-35.35
	-35.62	-35.64
	-36.16	-36.36
	-36.42	-35.38
평균(ave)	-35.89	-35.96
표준편차(sd)	0.43	0.54
합성불확도(Uc)	0.88	0.88
t	0.05	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
불요발사	-36.43	-36.04
	-35.40	-35.52
	-36.45	-35.34
	-36.42	-36.40
	-36.43	-35.85
	-36.44	-36.41
	-35.27	-36.35
	-35.35	-35.44
	-35.64	-36.33
	-36.36	-35.96
	-35.38	-35.41
평균(ave)	-35.96	-35.91
표준편차(sd)	0.54	0.43
합성불확도(Uc)	0.88	0.88
t	0.04	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
불요발사	-36.01	-36.04
	-35.37	-35.52
	-35.50	-35.34
	-36.44	-36.40
	-36.02	-35.85
	-36.38	-36.41
	-35.51	-36.35
	-35.40	-35.44
	-35.62	-36.33
	-36.16	-35.96
	-36.42	-35.41
평균(ave)	-35.89	-35.91
표준편차(sd)	0.43	0.43
합성불확도(Uc)	0.88	0.88
t	0.02	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

사. 통계분석표(시료 B_시험 2)

시료	X1(2.7)	X2(3.0V)
공중선전력	7.65	7.71
	7.79	7.79
	7.85	7.82
	7.86	7.86
	7.92	7.90
	7.90	7.89
	7.91	7.90
	7.91	7.92
	7.93	7.93
	7.92	7.92
	7.95	7.93
평균(ave)	7.87	7.87
표준편차(sd)	0.09	0.07
합성불확도(Uc)	0.26	0.26
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
공중선전력	7.71	7.75
	7.79	7.79
	7.82	7.83
	7.86	7.86
	7.90	7.89
	7.89	7.90
	7.90	7.90
	7.92	7.94
	7.93	7.92
	7.92	7.93
	7.93	7.93
평균(ave)	7.87	7.88
표준편차(sd)	0.07	0.06
합성불확도(Uc)	0.26	0.26
t	0.02	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
공중선전력	7.65	7.75
	7.79	7.79
	7.85	7.83
	7.86	7.86
	7.92	7.89
	7.90	7.90
	7.91	7.90
	7.91	7.94
	7.93	7.92
	7.92	7.93
	7.95	7.93
평균(ave)	7.87	7.88
표준편차(sd)	0.09	0.06
합성불확도(Uc)	0.26	0.26
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.0V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
점유주파수대폭	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7)	X2(3.0V)
주파수허용 편차	-4852	-4286
	-4741	-4260
	-4616	-4274
	-4619	-4130
	-4646	-3945
	-4640	-3765
	-4640	-4019
	-4640	-4015
	-4656	-4168
	-4620	-4656
	-4623	-4653
평균(ave)	-4663.00	-4197.36
표준편차(sd)	71.64	275.08
합성불확도(Uc)	1000.15	1003.35
t	0.33	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
주파수허용 편차	-4286	-4286
	-4260	-4270
	-4274	-4279
	-4130	-4162
	-3945	-3977
	-3765	-3790
	-4019	-4023
	-4015	-4022
	-4168	-4173
	-4656	-4686
	-4653	-4688
평균(ave)	-4197.36	-4214.18
표준편차(sd)	275.08	278.15
합성불확도(Uc)	1003.35	1003.42
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
주파수허용 편차	-4852	-4286
	-4741	-4270
	-4616	-4279
	-4619	-4162
	-4646	-3977
	-4640	-3790
	-4640	-4023
	-4640	-4022
	-4656	-4173
	-4620	-4686
	-4623	-4688
평균(ave)	-4663.00	-4214.18
표준편차(sd)	71.64	278.15
합성불확도(Uc)	1000.15	1003.42
t	0.32	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.0V)
불요발사	-35.94	-35.98
	-35.97	-36.00
	-35.95	-35.97
	-35.87	-36.02
	-35.87	-35.97
	-35.91	-35.89
	-35.89	-36.02
	-35.97	-35.96
	-35.87	-36.06
	-35.93	-35.91
	-36.01	-35.95
평균(ave)	-35.93	-35.98
표준편차(sd)	0.05	0.05
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.06	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(3.0V)	X2(3.3V)
불요발사	-35.98	-35.91
	-36.00	-35.97
	-35.97	-36.02
	-36.02	-35.99
	-35.97	-36.00
	-35.89	-35.97
	-36.02	-35.97
	-35.96	-35.98
	-36.06	-35.96
	-35.91	-35.98
	-35.95	-36.07
평균(ave)	-35.98	-35.98
표준편차(sd)	0.05	0.04
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(2.7V)	X2(3.3V)
불요발사	-35.94	-35.91
	-35.97	-35.97
	-35.95	-36.02
	-35.87	-35.99
	-35.87	-36.00
	-35.91	-35.97
	-35.89	-35.97
	-35.97	-35.98
	-35.87	-35.96
	-35.93	-35.98
	-36.01	-36.07
평균(ave)	-35.93	-35.98
표준편차(sd)	0.05	0.04
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.07	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

아. 통계분석표(시료 B(#2)_시험 1_시험 2 (비교))

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
공중선전력 (전압:2.7V)	7.86	7.65
	7.92	7.79
	7.86	7.85
	7.88	7.86
	7.93	7.92
	7.86	7.90
	7.91	7.91
	7.88	7.91
	7.93	7.93
	7.89	7.92
	7.87	7.95
평균(ave)	7.89	7.87
표준편차(sd)	0.03	0.09
합성불확도(Uc)	0.13	0.26
t	0.06	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
공중선전력 (전압:3.0V)	7.86	7.71
	7.91	7.79
	7.86	7.82
	7.88	7.86
	7.91	7.90
	7.86	7.89
	7.89	7.90
	7.89	7.92
	7.91	7.93
	7.89	7.92
	7.86	7.93
평균(ave)	7.88	7.87
표준편차(sd)	0.02	0.07
합성불확도(Uc)	0.13	0.26
t	0.04	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
공중선전력 (전압:3.3V)	7.86	7.75
	7.89	7.79
	7.86	7.83
	7.87	7.86
	7.89	7.89
	7.84	7.90
	7.88	7.90
	7.92	7.94
	7.89	7.92
	7.92	7.93
	7.86	7.93
평균(ave)	7.88	7.88
표준편차(sd)	0.03	0.06
합성불확도(Uc)	0.13	0.26
t	0.01	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
점유주파수대폭 (전압:2.7V)	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
점유주파수대폭 (전압:3.0V)	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
점유주파수대폭 (전압:3.3V)	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
주파수허용편차 (전압:2.7V)	-4423	-4852
	-4222	-4741
	-4348	-4616
	-4267	-4619
	-4334	-4646
	-4202	-4640
	-4213	-4640
	-4165	-4640
	-4154	-4656
	-4108	-4620
	-4101	-4623
평균(ave)	-4230.64	-4663.00
표준편차(sd)	102.96	71.64
합성불확도(Uc)	3049.41	1000.15
t	0.13	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
주파수허용편차 (전압:3.0V)	-4453	-4286
	-4090	-4260
	-4436	-4274
	-4142	-4130
	-4379	-3945
	-4079	-3765
	-4262	-4019
	-4223	-4015
	-4089	-4168
	-4218	-4656
	-4068	-4653
평균(ave)	-4221.73	-4197.36
표준편차(sd)	145.29	275.08
합성불확도(Uc)	3049.41	1003.35
t	0.01	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
주파수허용편차 (전압:3.3V)	-4397	-4286
	-4287	-4270
	-4272	-4279
	-4443	-4162
	-4259	-3977
	-4276	-3790
	-4140	-4023
	-4059	-4022
	-4223	-4173
	-4155	-4686
	-4139	-4688
평균(ave)	-4240.91	-4214.18
표준편차(sd)	114.55	278.15
합성불확도(Uc)	3049.41	1003.42
t	0.01	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
불요발사 (전압:2.7V)	-36.01	-35.94
	-35.37	-35.97
	-35.50	-35.95
	-36.44	-35.87
	-36.02	-35.87
	-36.38	-35.91
	-35.51	-35.89
	-35.40	-35.97
	-35.62	-35.87
	-36.16	-35.93
	-36.42	-36.01
평균(ave)	-35.89	-35.93
표준편차(sd)	0.43	0.05
합성불확도(Uc)	0.88	0.62
t	0.03	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
불요발사 (전압:3.0V)	-36.43	-35.98
	-35.40	-36.00
	-36.45	-35.97
	-36.42	-36.02
	-36.43	-35.97
	-36.44	-35.89
	-35.27	-36.02
	-35.35	-35.96
	-35.64	-36.06
	-36.36	-35.91
	-35.38	-35.95
평균(ave)	-35.96	-35.98
표준편차(sd)	0.54	0.05
합성불확도(Uc)	0.88	0.62
t	0.01	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(#2_1)	X2(#2_2)
불요발사 (전압:3.3V)	-36.04	-35.91
	-35.52	-35.97
	-35.34	-36.02
	-36.40	-35.99
	-35.85	-36.00
	-36.41	-35.97
	-36.35	-35.97
	-35.44	-35.98
	-36.33	-35.96
	-35.96	-35.98
	-35.41	-36.07
평균(ave)	-35.91	-35.98
표준편차(sd)	0.43	0.04
합성불확도(Uc)	0.88	0.62
t	0.07	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

자. 통계분석표(시료 A(#1)_시료 B(#2)_시험 2 (비교))

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
공중선전력 (전압:2.7V)	7.65	12.31
	7.79	12.24
	7.85	12.25
	7.86	12.23
	7.92	12.18
	7.9	12.45
	7.91	12.28
	7.91	12.19
	7.93	12.28
	7.92	12.25
	7.95	12.41
평균(ave)	7.87	12.28
표준편차(sd)	0.09	0.08
합성불확도(Uc)	0.26	0.41
t	9.04	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 불안정	

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
공중선전력 (전압:3.0V)	7.71	12.32
	7.79	12.24
	7.82	12.25
	7.86	12.2
	7.9	12.16
	7.89	12.42
	7.9	12.28
	7.92	12.19
	7.93	12.29
	7.92	12.26
	7.93	12.41
평균(ave)	7.87	12.27
표준편차(sd)	0.07	0.08
합성불확도(Uc)	0.26	0.41
t	9.04	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 불안정	

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
공중선전력 (전압:3.3V)	7.75	12.330
	7.79	12.240
	7.83	12.300
	7.86	12.200
	7.89	12.180
	7.9	12.400
	7.9	12.320
	7.94	12.210
	7.92	12.300
	7.93	12.260
	7.93	12.280
평균(ave)	7.88	12.27
표준편차(sd)	0.06	0.07
합성불확도(Uc)	0.26	0.41
t	9.03	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 불안정	

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
점유주파수대폭 (전압:2.7V)	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
점유주파수대폭 (전압:3.0V)	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
점유주파수대폭 (전압:3.3V)	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
	0.99	0.99
평균(ave)	0.99	0.99
표준편차(sd)	0.00	0.00
합성불확도(Uc)	0.00	0.00
t	0.00	
기각값($t_{\alpha/2}$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
주파수허용편차 (전압:2.7V)	-4852	-4096
	-4741	-4317
	-4616	-4309
	-4619	-4307
	-4646	-4274
	-4640	-4261
	-4640	-4243
	-4640	-4277
	-4656	-4261
	-4620	-4222
	-4623	-4243
평균(ave)	-4663.00	-4255.45
표준편차(sd)	71.64	60.86
합성불확도(Uc)	1000.15	1001.23
t	0.29	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
주파수허용편차 (전압:3.0V)	-4286	-4131
	-4260	-4315
	-4274	-4305
	-4130	-4305
	-3945	-4290
	-3765	-4272
	-4019	-4261
	-4015	-4280
	-4168	-4269
	-4656	-4229
	-4653	-4249
평균(ave)	-4197.36	-4264.18
표준편차(sd)	275.08	51.12
합성불확도(Uc)	1003.35	1001.06
t	0.05	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
주파수허용편차 (전압:3.3V)	-4286	-4131
	-4270	-4315
	-4279	-4305
	-4162	-4305
	-3977	-4290
	-3790	-4272
	-4023	-4261
	-4022	-4280
	-4173	-4269
	-4686	-4229
	-4688	-4249
평균(ave)	-4214.18	-4264.18
표준편차(sd)	278.15	51.12
합성불확도(Uc)	1003.42	1000.97
t	0.04	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
불요발사 (전압:2.7V)	-35.94	-35.61
	-35.97	-35.65
	-35.95	-35.67
	-35.87	-35.61
	-35.87	-35.59
	-35.91	-35.71
	-35.89	-35.70
	-35.97	-35.53
	-35.87	-35.61
	-35.93	-35.62
	-36.01	-35.55
평균(ave)	-35.93	-35.62
표준편차(sd)	0.05	0.06
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.35	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
불요발사 (전압:3.0V)	-35.98	-35.63
	-36.00	-35.70
	-35.97	-35.53
	-36.02	-35.66
	-35.97	-35.64
	-35.89	-35.67
	-36.02	-35.63
	-35.96	-35.67
	-36.06	-35.63
	-35.91	-35.68
	-35.95	-35.70
평균(ave)	-35.98	-35.65
표준편차(sd)	0.05	0.05
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.37	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X2(#2_2)	X2(#1_2)
불요발사 (전압:3.3V)	-35.91	-35.63
	-35.97	-35.70
	-36.02	-35.53
	-35.99	-35.66
	-36.00	-35.64
	-35.97	-35.67
	-35.97	-35.63
	-35.98	-35.67
	-35.96	-35.63
	-35.98	-35.68
	-36.07	-35.70
평균(ave)	-35.98	-35.65
표준편차(sd)	0.04	0.05
합성불확도(Uc)	0.62	0.62
t	0.38	
기각값($\alpha/2$)	1.96	
최종판정	시료 안정	

부록 2. SAR분야 측정불확도 산출 기준

전파연구원 고시 “전자파흡수율 측정기준”을 나타내었으며 원문과의 참조를 위해 원문 목차 번호를 그대로 유지한다.

7. 측정불확도 산출

7.1. 일반 고려 사항

7.1.1 불확정도 평가의 개념

무선기기의 SAR값 측정에 대한 불확정도 평가의 개념은 ISO/IEC의 “측정결과와 불확정도 산정 및 표현을 위한 지침”에 명시된 일반 규칙에 근거한다. 그럼에도 불구하고 복잡한 측정에 대한 불확정도 평가는 여전히 어려운 작업이며 높은 수준의 전문공학 지식을 필요로 한다. 이 작업을 용이하게 하기 위해, 본 절에서는 각 개별 불확정도 요소를 평가할 수 있도록 지침과 근사 공식을 제공한다. 이 개념은 300 MHz에서 3 GHz까지의 전체 주파수 범위와 시험 대상 기기에 대한 시스템 불확정도를 제공하기 위한 것이다. 이것은 경우에 따라서 불확정도가 과대평가될 수도 있는 단점이 있지만 그 경우 이 절에서 제공하는 근사법을 사용할 수 있다. 게다가 시스템 설치 후 표 3을 시스템 제조업자가 제공할 수 있는 것처럼 불확정도 평가는 제3자에 의해 수행될 수 있다는 장점도 있다. 특정 주파수 대역의 불확정도 평가도 가능하지만 피하여야 한다. 이 경우, 지침이 어떤 영향량으로 인해 목표값과 X %의 편차를 허용한다면 표 3에는 특정 개별 편차가 아닌 최대 편차 X %로 기술되어야 한다. 데이터 집합으로부터 불확정도를 유도하는 방법뿐만 아니라 방법론, 각 요소에 대한 데이터 평가를 포함하는 각 영향량에 대한 세부 문서 없이 표 3만을 제공하는 것은 충분하지 않다는 것을 유의하여야 한다.

7.1.2 A형 평가와 B형 평가

A형 평가와 B형 평가 모두 표준 불확정도 평가에 사용되어야 한다. A형 분석이 수행될 때, 표준 불확정도 u_i 는 통계적 관측으로 추정된 표준편차를 사용하여 유도하여야 한다. B형 분석이 수행될 때, u_i 는 해당 양의 상한 a_+ 와 하한 a_- 로 도출되며 이 때 확률분포함수는 다음과 같다. 여기서 $a = (a_+ - a_-)/2$ 로 정의된다:

-직사각형 분포: $u_i = a/\sqrt{3}$

-삼각형 분포: $u_i = a/\sqrt{6}$

-정규 분포: $u_i = a/k$

-U형(비대칭) 분포: $u_i = a/\sqrt{2}$

여기서 a 영향량의 제한치로 정해지는 구간의 반

k 포함인자

u_i 표준 불확정도

같은 시험 장비에서 동일한 특정 기기 또는 같은 양을 n 회 반복 측정할 때, 평균 표준편차($= s/\sqrt{n}$)는 표준불확정도에 사용될 수 있다. 여기서 s 는 같은 시험조건에 대해 이전에 기록된 더 큰 집합에서 얻은 표준편차이다. 더 큰 재시험 횟수에 근거하여 이전에 결정된 표준편차는 시스템, 방법, 구성 및 조건 등이 측정기기 시험을 나타내는 경우 불확정도 구성요소를 평가하기 위해 사용될 수 있다. 이전에 결정된 것에는 개별 EUT의 기여도가 포함되어있지 않다. 특정 기기에 대하여, 평균 표준편차의 n 값은 이전에 결정된 것에 사용된 시험횟수가 아니라 측정기기에 대한 시험 횟수이다.

7.1.3 자유도와 포함인자

자유도가 30보다 작을 때, 포함인자 2는 95 %의 신뢰수준에 도달하기 위해 사용되기에 적합한 승수(multiplier)는 아니다. 간단하지만 근사 보정 방법은 포함인자 k 대신 t 를 사용하는 것이다. 여기서 t 는 스튜던트의 t 인자이다. t 분포의 표준 편차는 정규(가우시안) 분포보다 좁지만, 곡선은 자유도가 큰 가우시안 모양에 가깝다. B형 평가에 근거하는 대부분의 표준불확정도에 대한 자유도는 무한대로 가정할 수 있다. 합성 표준불확정도 유효 자유도 u_c 는 A형 기여의 자유도와 B형 기여와 관련한 크기에 크게 의존한다.

작은 표본 집단에 대한 포함인자(k_p)는 다음 식으로 정해진다.

$$K_p = t_p(v_{eff}),$$

여기서

K_p 는 주어진 확률 p 에 대한 포함인자;

$t_p(v_{eff})$ 는 t 분포;

v_{eff} 는 Welch-Satterthwaite 공식을 사용하여 평가된 유효 자유도:

$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^m \frac{c_i^4 u_i}{v_i}}$$

아래첨자 p 는 근사 신뢰수준(예를 들면 95 %)을 나타낸다. $t_p(v_{eff})$ 도표는 NIST TN1279 참조.

예를 들어, 위치 불확정도가 7 %일 때 표 3의 모든 영향량으로부터 계산된 합성 표준 불확정도에서 $v_c = 14.5$ %이다. 또한 표본수나 시험 횟수가 5라고 가정하면, $v_i = 4$

이고 다른 모든 구성요소의 자유도 $v_i = \infty$ 이다. 식 $v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^m \frac{c_i^4 u_i}{v_i}}$ 에서 $k = 2$ 이

고 확장 불확정도 $U = 29$ %인 경우 $v_{eff} = 74$ 이다. 위치 분산에 대한 표준 불확정도가 9 %가 되고 시험 횟수가 4($v_i = 3$)로 감소하면, $v_c = 15.6$ %, $v_{eff} = 27$, $k = k_p = k_{95} = t = t_{95} = 2.11$, 그리고 확장불확정도 $U = 2.11 \times 15.6 = 32.9$ %이다.

7.2 불확정도에 기여하는 구성 요소

7.2.1 측정 시스템의 기여

7.2.1.1 측정 장비의 교정

부록 B에 설명된 민감도의 평가(또는 교정)를 위한 프로토콜은 불확정도 평가에 대한 접근법을 포함한다. 민감도에서의 불확정도는 정규 확률분포를 가정하여 평가되어야 한다.

7.2.1.2 프로브 등방성

타. 프로브의 등방성은 부록 B에 정의된 프로토콜에 따라 측정하여야 한다. 등방성으로 인한 불확정도는 직사각형확률분포로 평가되어야 한다.

$$\text{총등방성불확정도} = \sqrt{(1 - w_i) \times [\text{측등방성}]^2 + [\text{반구등방성}]^2}$$

여기서 w_i 는 프로브 끝단을 감싸는 가상의 구에 대한 전자기장 입사각의 가중치이다.

측정 중의 프로브 방향이 표면과 수직이면($\pm 30^\circ$ 이내), $w_i=0.5$ 이고 그렇지 않으면 $w_i=1$ 이다.

7.2.1.3 프로브 선형성

프로브 선형성은 부록 B에 정의된 프로토콜에 따라 측정된 전기장 세기의 제공으로 평가되어야 한다. 그 다음 선형성을 확립하기 위해 수정한다. 불확정도는 이러한 수정 후에 고려한다. 다이오드 센서는 펄스 전자기장에서 침투치를 검파할 수 있기 때문에, 선형성은 두 가지 신호에서 - 연속파와 500 Hz(예를 들면, 11 Hz 또는 217 Hz 보다 더 보수적인 불확정도)의 반복률을 갖는 10 %의 동작계수에 대한 펄스 신호 - 평가되어야 한다. 평가는 3 dB 이하의 간격으로 0.4 W/kg에서 100 W/kg까지의 범위에서 수행되어야 한다. SAR 불확정도는 전체 평가 중 측정된 전자기장 세기의 제공과 실제 전자기장 세기의 제공 사이의 최대 편차로 평가된다. 불확정도는 직사각형확률분포를 가정하여 평가되어야 한다.

7.2.1.4 검출 한계값

검출 한계값은 부록 B에 정의된 프로토콜에 따라 평가되어야 한다. 7.2.1.3의 선형성 시험은 0.4 W/kg의 검출 하한치와 100 W/kg의 검출 상한치에 대한 불확정도 평가를 제공하며, 이때 제공된 동작계수는 10 %와 100 %에 있다. 만약 이 범위를 벗어난다면, 7.2.1.3에 기술된 평가도 이에 따라 확장되어야 한다. 불확정도는 직사각형확률분포를 가정하여 평가되어야 한다.

7.2.1.5 경계 효과

프로브 경계 효과는 모의인체 외피에서 프로브 다이폴과 매질 경계 사이의 결합 효과에 의해 발생한다. 경계 효과의 특성은 부록 B에 기술된 바와 같이 도파관을 이용하여 평가될 수 있다. 프로브 경계 효과의 불확정도는 경계 효과를 나타내는 선형합수와 결합된 지수 감쇠의 일차 근사로부터 도출되며 다음과 같다:

$$SAR_{uncertainty} [\%] = \delta SAR_{be} \frac{(d_{be} + d_{step})^2}{2d_{step}} \frac{(e^{-d_{be}/(\delta/2)})}{\delta/2} \text{for } (d_{be} + d_{step}) < 10m$$

여기서

$SAR_{uncertainty}$ 프로브 경계 효과의 불확정도[%];

d_{be} 표면과 정밀체적분포 측정시 표면과 가장 가까운 점 사이의 거리[mm];

d_{step} 두 번째 지점에서의 경계 효과가 무시할 수 있을 정도라고 가정할 때, 모의 인체 표면과 가장 가까운 첫 번째와 두 번째 측정점 사이의 이격 거리[mm];

δ 본 측정절차에 정의된 머리 조직등가액체의 최소 침투 깊이[mm], 3 GHz에서는 $\delta = 14mm$ 이다;

δSAR_{be} 경계면으로부터의 거리 d_{be} 에서 측정된 SAR값과 이론적으로 계산된 SAR값 사이의 편차[%].

직사각형분포를 사용하여 불확정도 표의 행과 열에 프로브 경계 효과의 불확정도를 입력한다.

7.2.1.6 전자 판독기(readout electronics)

중폭, 선형성, 프로브 장착과 평가 알고리즘 불확정도를 포함하는 전자기장 프로브 전자 판독기의 불확정도 구성요소들은 최악조건 상황에서 평가되어야 한다. 전자 판독기 구성요소들이 같은 크기의 허용오차를 갖는다면, 각각의 허용오차는 정규 확률분포를 사용한 표준 불확정으로 환산되어야 한다. 전체의 전자 판독기 불확정도를 얻기 위해 이들 불확정도들의 제곱 합의 제곱근(RSS : root sum square) 값을 이용한다.

7.2.1.7 응답 시간

프로브는 생체조직 등가용액 내의 모의인체 경계면에서 최소한 2 W/kg을 형성하는 잘 정의된 전기장에 노출되어야 한다. 신호 응답 시간은 측정 장비(프로브와 전자 판독기)가 전력 신호원의 단계 변화나 스위치 on/off 후 예상 최종값의 90 %에 도달하기까지 필요한 시간으로 평가된다. 이런 응답 시간에서 비롯되는 SAR 불확정도는 SAR값이 측정되는 동안 응답 시간의 두 배보다 긴 시간 동안 프로브가 공간적으로 정지되어있는 경우 무시될 수 있다. 이 경우 표 3의 3열에 0을 입력한다. 프로브가 응답 시간의 두 배 이상 동안 공간적으로 정지되어 있지 않은 경우, 3열에 응답 시간의 실제 불확정도를 입력한다.

7.2.1.8 적분 시간

휴대 단말기가 연속파(CW) 신호를 방사하지 않거나 판독 시스템이 신호를 제대로 추적하지 못한다면, 특정 점에서의 전기장을 측정하는데 적용되는 적분 시간은 이러한 불연속성으로 인한 추가의 불확정도를 가져올 수 있다. 이 불확정도는 신호 특성에 의존하며 모든 SAR 측정 이전에 평가되어야 한다. 비연속파 신호가 이용되는 경우, 적분 시간 불확정으로 인한 불확정도는 총 불확정도 평가에서 감안하여야 한다. 적분 시간 불확정도를 평가할 때 직사각형확률분포로 가정한다.

주) TDMA 신호(t_{frame} =프레임 주기)에 대해서는 정의된 적분 시간(t_{int})에 대한 최대불확정도는 다음 식으로 주어진다:

$$SAR_{uncertainty} [\%] = 100 \times \sum_{all-frame} \frac{t_{frame}}{t_f} \frac{slot_{idle}}{slot_{total}} \quad t_{int} > t_{frame} \text{ 인 경우,}$$

여기서

$SAR_{uncertainty}$	적분 시간 불확정도[%];
t_{frame}	프레임 지속 시간;
$slot_{idle}$	한 프레임에서의 유휴 슬롯의 수;

$slot_{total}$ 한 프레임에서의 총 슬롯의 수.

직사각형분포로 가정하여 이 값을 불확정도 표에 기입한다.

7.2.2 기계장치 제약의 기여

7.2.2.1 주사 시스템

전자기장 프로브 위치 제어기의 기계장치 제약은 프로브 위치 결정의 정확성과 재현성의 편차를 가져올 수 있고 그것은 측정된 SAR의 불확정도에 기여한다. 불확정도는 전자기장 프로브 센서의 기하학적인 중심으로 정의되는 실제 측정 위치에 대한 프로브 위치제어기의 규격에 의한 상대 위치와 비교되어 평가되며, 이 때 최대 편차는 d_{ss} 로 표시한다. 직사각형확률분포로 가정하면, 프로브 위치 제어기의 기계장치 제약으로 인한 공간 평균 침투 SAR 불확정도 기여 d_{ss} 는 다음과 같이 일차 근사를 이용하여 계산할 수 있다:

$$SAR_{uncertainty} [\%] = \frac{d_{ss}}{\delta/2} \times 100$$

여기서

$SAR_{uncertainty}$ 불확정도[%];

d_{ss} 시스템 제조자가 정의하는 기준점에서 계산된 프로브 센서의 중심점의 위치와 실제위치 사이의 최대 위치 불확정도;

δ 본 측정절차에 정의된 머리 생체조직 등가용액의 최소 침투 깊이 [mm], 3 GHz에서는 $\delta = 14mm$ 이다.

위치 제어기의 제조자가 프로브 위치 제어기의 기계장치 제약을 명시하지 않은 경우, 기계장치 제약은 SAR 측정 불확정도에 대한 기여를 결정하기 위해 평가되어야 한다. 이것은 실제로 불확정도를 얻기 위해 단순히 표면분포 측정 영역에서의 상대적인 이동 정확성을 구하고 소프트웨어로 정해진 위치에서의 차이를 변환하여 수행할 수 있다. SAR 허용 오차는 직사각형분포를 가정하여 표 3의 3열에 입력한다.

7.2.2.2 모의인체 외피

모의인체 불확정도는 모의인체 제조상의 오차로 인해 발생하는 공간평균 침투 SAR의 불확정도와 팬텀 내부 생체조직 등가용액내의 전기정수 불확정도로 정의된다(7.2.3.3, 7.2.3.4 참조). 모의인체 제조상의 오차는 다음을 포함한다:

-본 측정절차에 이용되는 CAD 파일에 대한 모의인체 외피의 내부 및 외부 모양의 편차

-CAD 파일에 대한 모의인체 외피 두께의 편차

불확정도는 신호원으로부터의 거리에 대한 SAR의 의존도가 최악조건일 때 평가된다. 즉, 머리 생체조직 등가용액과 불확정도는 거리에 대한 최악 의존도, 즉, 거리의 제곱

에 의존하며 머리 액체 모의 조직 및 신호와 등가인 필라멘트 전류 밀도 사이 $a = 10$ mm의 거리를 가정한다(등가 전류 밀도는 가장 가까운 전류원이 아니라 국부 자기장 분포를 근사한 전류 밀도이다.).

$$SAR_{uncertainty} [\%] = 100 \times \left(\frac{(a+d)^2}{a^2} - 1 \right)$$

$$SAR_{uncertainty} [\%] = 100 \times \frac{2d}{a} \quad \text{if } d \ll a$$

여기서

$SAR_{uncertainty}$ 불확정도[%];

d 외피 두께와 모의인체 모양의 최대 허용 오차;

a 머리 생체조직 등가용액과 등가 필라멘트 전류 밀도 발생 위치 사이의 거리.

불확정도는 직사각형분포를 가정하여 표 3의 해당 행에 입력한다.

7.2.1.3 모의인체 외피 표면에 대한 프로브 위치

모의인체 외피 d_{ph} 에 대한 프로브 위치 제어기의 불확정도는 평가되어야 한다. 직사각형확률분포로 가정하며, 공간 평균 침투 SAR 불확정도 기여는 일차 오차 근사식을 사용하여 계산한다.

$$SAR_{uncertainty} [\%] = \frac{d_{ph}}{\delta/2} \times 100$$

여기서

$SAR_{uncertainty}$ 불확정도[%];

d_{ph} 프로브 끝단과 모의인체 외피 사이의 거리를 정하기 위한 불확정도. 즉, 프로브 끝단에 대한 모의인체 위치를 정하는 허용 오차이다;

δ 본 측정절차에 정의된 머리 생체조직 등가용액의 최소 침투 깊이[mm], 3 GHz에서는 $\delta = 14mm$ 이다.

SAR 불확정도는 직사각형분포를 가정하여 표 3의 3행에 입력한다.

7.2.1.4 기기의 위치와 거치대 불확정도

기기 거치대는 SAR 측정시 모의인체에 대한 휴대단말기의 시험위치를 정하는데 사용된다. 기기 거치대는 피시험 휴대단말기의 특성에 영향을 줄 수도 있기 때문에, 기기 거치대의 섭동으로 인한 SAR 불확정도는 7.2.2.4.1의 절차를 이용하여 평가되어야 한다.

다. 기기 거치대의 기계장치 허용 오차로부터 초래되는 위치 변동으로 인한 SAR 허용 오차에 대한 절차는 7.2.2.4.2에서 기술되어있다. 두 절에는 기기 고유의 불확정도와 사전에 결정된 불확정도에 대한 절차가 포함되어 있다. 사전에 결정된 불확정도가 이용된다면, 대부분의 경우 사전에 결정된 표준편차를 좀 더 감소시키기 위한 기기 고유의 시험이 반복될 수 있다.

7.2.2.4.1 피시험기기 거치대로 인한 섭동 불확정도

피시험기기 거치대는 5 미만의 유전 상수와 0.05 미만의 손실 탄젠트(이 물질의 파라미터는 오픈 동축 접촉 프로브 방식으로 측정될 수 있다)의 저손실 유전 물질로 이루어져야 한다. 그렇지만, 거치대는 여전히 신호원에 영향을 줄 수 있으므로 거치대로부터 초래되는 불확정도(즉, 거치대가 없는 상황과의 편차)가 평가되어야 한다. 특정 시험 기기의 불확정도는 B형 방법인 7.2.2.4.1.1에 기술되어 있는 방법에 따라서 결정되어야 한다. 7.2.2.4.1.2에 기술되어 있는 방법은 유사한 SAR 특성을 갖고 있으며 동일한 기기 거치대를 이용하여 시험되는 휴대단말기에 대한 불확정도를 평가하는 A형의 방법을 제공한다.

7.2.2.4.1.1 특정 시험기기에 대한 기기 거치대의 섭동 불확정도: B 유형

시험을 위한 특정 상태에서 동작하는 특정 송수화기에 대한 불확정도는 평면 모의인체를 이용하여 다음과 같은 두 가지 시험을 실시함으로써 평가하여야 한다.

- 머리에 대해 시험하였던 방법과 동일하게 거치대에 휴대단말기를 장착하고 휴대단말기를 평면 모의인체와 직접 접촉하도록 송수화기를 위치시켜(휴대단말기의 수평, 수직 중앙선을 평면 모의인체의 바닥과 평행하게 함) 공간평균 침투 SAR($SAR_{w/holder}$)을 평가함.
- 스티로폼 또는 등가 저손실 및 비(非)반사 재료를 이용(1.2 미만의 유전율 및 10^{-5} 미만의 손실 탄젠트)하여 동일한 위치에 기기를 장착하여 공간평균 침투 SAR($SAR_{w/o holder}$)을 평가함.

표 3에 사용되는 SAR 허용오차는:

$$SAR_{uncertainty} [\%] = \left(\frac{SAR_{w/holder} - SAR_{w/o holder}}{SAR_{w/o holder}} \right) \times 100$$

여기서 $SAR_{uncertainty}$

불확정도[%]

$SAR_{w/holder}$

기기 거치대를 사용했을 때의 SAR[W/kg]

$SAR_{w/o holder}$

기기 거치대를 사용하지 않았을 때의 SAR[W/kg]

이 불확정도는 직사각형확률분포와 $v_i = N - 1$ 의 자유도를 가지는 것으로 가정한다.

7.2.2.4.1.2 특정 시험기기에 대한 기기 거치대의 섭동 불확정도: A 유형

A 유형의 불확정도 분석은 모양과 SAR 분포가 유사한 휴대단말기에 적용될 수 있다. 이 분석에 기인하는 불확정도는 유사한 SAR 특성을 갖고 있으며 동일한 기기 거치대를 이용하여 시험하는 다른 휴대단말기에 적용할 수 있으며, 7.2.2.4.1.1에 기술된 특정 시험은 피할 수 있다. 서로 다른 구조를 갖는 N개의 휴대단말기 모델에 대한 거치대의 영향은 각 모델에 대해 7.2.2.4.1.1의 시험을 수행하여 평가되어야 한다 (N은 최소한 6 이상이어야 한다).

$$SAR_{uncertainty} [\%] = \left(\frac{SAR_{w/holder} - SAR_{w/o holder}}{SAR_{w/o holder}} \right) \times 100$$

여기서

$SAR_{uncertainty}$

불확정도[%]

$SAR_{w/holder}$

기기 거치대를 사용했을 때의 SAR[W/kg]

$SAR_{w/o holder}$

기기 거치대를 사용하지 않았을 때의 SAR[W/kg]

표 3의 해당 불확정도는 각 개별 불확정도의 실효치(RMS)를 사용하여 평가되어야 하며 이 때 자유도는 $\nu_i = N - 1$ 이다. 휴대단말기 설계 변경을 고려하여 일년에 한번 불확정도 자료를 갱신하는 것이 바람직하다.

7.2.2.4.1.2 특정 시험기기 거치대를 사용하는 휴대단말기 위치 불확정도: A 유형

본 측정절차에 기술된 위치와 휴대단말기의 실제 위치 사이의 편차는 시험원의 판단과 취급뿐만 아니라 휴대단말기 거치대의 정밀도에도 의존한다. 또한 공간평균 침투 SAR값에 대한 편차의 크기는 휴대단말기의 디자인에도 의존한다. 이 파라미터는 분리될 수 없기 때문에 다음과 같은 A 유형 시험을 수행하여야 한다.

7.2.2.4.2.1 특정 기기 거치대에 대한 특정 휴대단말기의 위치 불확정도

최대 공간 침투 SAR값을 위한 기기의 구성과 위치가 표준화된 프로토콜에 따라 평가될 때, 그 평가는 총 $N \geq 5$ 인 시험에 대해 최소한 4회 이상 반복하여야 한다. 표준편차는 퍼센트 단위로 계산하여야 하며, 이에 따른 자유도는 $\nu_i = N - 1$ 로 가정한다.

7.2.2.4.2.2 특정 기기 거치대에 대한 특정 형태를 갖는 휴대단말기의 위치 불확정도

A 유형의 불확정도 분석은 모양과 SAR 분포가 유사한 휴대단말기에 적용될 수 있다. M은 최소한 6이어야 하며, 각 M개의 시험은 7.2.2.4.2.1에 따라(N회) 수행되어야 한다. M개 시험의 반은 접촉위치에서 시험하고 나머지 반은 경사위치에서 시험하여야 한다. 해당 불확정도는 M개의 개별 표준편차의 실효치(RMS)값을 적용하여 평가

되어야 한다. 불확정도 표에 채워진 값은 68 %의 신뢰구간에 해당하는 $k = 1$ 을 갖는 표준편차가 되어야 한다. 자유도는 $v_i = (N \times M) - 1$ 이다. 이 절차가 불확정도를 결정하는데 적용된다면, 개별 휴대단말기에 7.2.2.4.2.1을 적용할 필요가 없을 수도 있다. 휴대단말기 설계 변경을 고려하여 일년에 한번 불확정도 자료를 갱신한다.

7.2.3 물리적 파라미터의 기여

7.2.3.1 서론

조직 유전 파라미터 시험 방법에 대한 세부사항은 부록 J를 참고하고, 불확정도 평가 방법은 J.7을 참고한다.

주) 평소 계측 연습을 통해, 각 유전파라미터의 측정 불확정도가 측정된 유전 파라미터의 목표값에 대한 허용범위에 들도록 하는 것이 바람직하다.

7.2.3.2 액체 밀도

조직등가액체의 전자기적 파라미터는 밀도가 1000 kg/m^3 이라고 가정한 값이다. SAR 평가에서는 이 밀도값을 사용한다.

7.2.3.3 액체 도전율

액체 도전율로 인한 불확정도는 서로 다른 두 원인으로 인해 발생한다. 불확정도의 첫 번째 원인은 표 1의 목표값과 $\pm 5 \%$ 의 허용편차이고 불확정도의 두 번째 원인은 도전율 평가에 이용되는 측정 절차에서 발생한다. 이 불확정도는 직사각형확률분포를 이용하여 평가해야 한다.

7.2.3.4 액체 유전율

액체 유전율로 인한 불확정도는 서로 다른 두 원인으로 인해 발생한다. 불확정도의 첫 번째 원인은 표 1의 목표값과 $\pm 5 \%$ 의 허용편차이고 불확정도의 두 번째 원인은 도전율 평가에 이용되는 측정 절차에서 발생한다. 이 불확정도는 직사각형확률분포를 이용하여 평가하여야 한다(J.7절 참조).

7.2.3.5 기기, 프로브, 온도 및 습도에 의한 출력의 편이(偏移)

온도와 습도뿐만 아니라 시험기기와 측정 장비의 전자장치로 인한 출력의 편차와 편이는 6.3에 정의된 측정 과정의 처음 단계와 마지막 단계에 의해서 정해지며 허용범위는 $\pm 5 \%$ 미만이다. 이 불확정도는 직사각형확률분포로 가정하여 평가되어야 한다.

7.2.3.6 환경의 섭동(擾動)

환경 섭동에 기여하는 요소는 다양하다.

- 실험실 내부의 반사파,
- 모의인체 외피와 무선기기 거치대로 인한 전자기적 특성의 영향,

-전자기장의 배경 잡음 레벨.

허용오차는 $\pm 3\%$ 이내이어야 하며, 불확정도는 직사각형확률분포로 가정하여 평가한다.

3.1.1 후처리의 기여

7.2.4.1 서론

본 항에서는 공간평균 침투 1 g 및 10 g SAR값을 결정하기 위해 불연속적으로 측정된 데이터를 후처리할 때 발생하는 불확정도(내삽, 외삽, 평균 및 최대값 찾기 알고리즘의 합성불확정도)의 평가에 대해 기술하고 있다. 이러한 알고리즘에는 전자기장 반응에 대한 일반적인 가정으로 인한 불확정도가 추가될 수도 있다. 따라서 이러한 알고리즘이 특정 휴대단말기에 대한 생체조직 등가용액에서의 전기장 분포를 완벽하게 예측하지 못할 수도 있다. 알고리즘 불확정도는 표면분포측정 및 정밀체적분포측정에서 사용되는 측정 및 후처리 방법을 위해 선택된 분해능의 함수이다.

침투 위치에서의 실제 SAR 분포는 동작 주파수와 휴대단말기의 디자인, 시험 위치, 그리고 생체조직 등가용액에 대한 유사성에 강하게 의존한다. SAR 분포는 낮은 주파수 신호원이 먼 거리에 있는 경우 다소 평탄한 기울기를 가질 수 있거나, 헬리컬 안테나와 같은 소형의 높은 주파수 신호원이 조직 근처에 놓일 때 매우 가파른 기울기를 가질 수 있다. 그러한 경우, 최대 SAR은 표면에서의 자기장 소멸로 인해 모의인체의 표면에 분포하지 않는다.

아래에 나타난 분석적 SAR 분포 함수는 이러한 조건을 모의 실험하기 위한 것이며, 이 불확정도를 평가하기 위한 목적으로 개발되었다. 실험적으로 도출된 이 기준 함수는 시스템 소프트웨어의 후처리 서브루틴을 시험하기 위해 인위적이고 “가상”의 SAR 데이터 집합을 생성하는데 이용된다. 측정에서 사용된 것과 동일한 표면분포측정과 정밀체적분포 측정 격자에서 계산된 기준 함수값을 SAR 시스템 소프트웨어에 입력한다. 측정시 사용된 표면분포 및 정밀체적분포 격자에 대응하는 격자점에서의 SAR값은 7.2.4.2에 있는 3 가지 SAR 분포에 따라서 계산되며, 마치 실제로 측정된 것처럼 시스템의 내삽, 외삽 및 적분 알고리즘에 의해 처리된다. 1 g 및 10 g SAR값 결과는 7.2.4.2에 기록되는 SAR 기준값과 비교한다. 표면분포 및 정밀체적분포 주사(走査)의 후처리 알고리즘에 의한 SAR 불확정도 평가 절차는 7.2.4.3에 기술되어 있다. 시험 함수는 조직(tissue)과 모의인체 접촉면이 평면임을 가정한다. 이 함수를 곡면에 적용하는 방법은 7.2.4.4에 기술되어 있다. 이 불확정도 개념은 분석적 분포 함수를 이용하여 계산되는 격자점 위치에서 오류가 없으며, 프로브 위치 결정 및 측정의 불확정도는 포함되지 않는다고 가정한다.

7.2.4.2 평가 시험 함수

세 해석 함수 f_1 , f_2 , f_3 은 본 문서의 절차에 따라서 시험되는 휴대단말기에 대한 예상 SAR 분포의 범위를 나타내기 위해 이용된다. 공간적으로 평탄한 분포인 f_1 과 공간적으로 가파른 분포인 f_2 는 휴대단말기의 SAR 측정시 전자기장 기울기의 예상 범위를 포함하기 위해 사용된다. 함수 f_3 는 모의인체/생체조직 등가용액 표면에서 자기장이 소멸하는 노출 조건을 고려하기 위해 이용된다. 이 분포 함수들은 $z = 0$ 인 모의인체 표면에 대해 정의되며, 모든 $z > 0$ 인 반공간(half-space)의 생체조직 등가용액에 대해서도 정의된다.

$$f_1(x, y, z) = A e^{-\frac{z}{2a}} \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} \frac{\sqrt{x'^2 + y'^2}}{5a} \right)$$

$$f_2(x, y, z) = A e^{-\frac{z}{a}} \frac{a^2}{a^2 + x'^2} \left(3 - e^{-\frac{2z}{a}} \right) \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} \frac{y'}{3a} \right)$$

$$f_3(x, y, z) = A \frac{a^2}{\frac{a^2}{4} + x'^2 + y'^2} \left(e^{-\frac{z}{2a}} + \frac{a^2}{2(a + 2z)^2} \right)$$

여기서

$x' = x + d$ mm;

$y' = y + d$ mm;

d = offset parameter;

$a = 20$ mm;

$A = 1$ W/kg.

위 파라미터 a 와 A 는 적절한 SAR 분포의 생성 이외에는 특별한 물리적 의미를 갖지 않는다. 예를 들면 $d = 2.5$ mm라는 값은 SAR 분포를 옆으로 이동시키라는 의미이며, 그리하면 첨두 위치는 5 mm 간격의 측정 격자와 일렬로 배열되지 않는다. 이 오프셋은 소프트웨어의 첨두치 탐색 서브루틴과 불확정도를 시험하기 위해 이용된다. (x, y, z) 좌표축에 일렬로 정렬되는 1 g 및 10 g 입방체에 대한 분포 함수 f_1 , f_2 , f_3 의 기준 SAR값은 아래 표 2에 주어졌다. 이 기준값은 다음 세부항에서 기타 데이터 처리함수를 시험하기 위해 사용된다.

표 2 - 후처리 불확정도 평가를 위한 기준 SAR값[단위: W/kg]

함수	기준 SAR값[W/kg]	
	1 g 입방체	10 g 입방체
f_1	0.881	0.759
f_2	1.796	1.375
f_3	3.049	1.385

7.2.4.3 데이터 처리 알고리즘의 불확정도 평가

7.2.4.3.1 표면분포측정의 평가

주어진 불확정도를 갖도록 하는 공간평균 침투 SAR 평가의 전제조건은 공간평균 침투 SAR이 정밀체적 입방체에 완전하게 둘러싸일 정도의 정밀도를 갖춘 표면분포 측정 데이터로부터 최대 노출 위치가 결정될 수 있는 것이다. 즉, 표면분포 측정 내삽 알고리즘은 침투 SAR 위치를 $\pm L_z/2$ mm 이상의 정확도로 결정할 수 있어야 한다. 여기서 L_z 는 정밀체적 입방체의 측면 길이이다. 이 전제 조건이 충족된다 하더라도, 본 세부항의 절차를 이용하여 시험하여 이 전제조건이 충족된다면, 표면분포 측정 평가는 불확정도 성분에 기여하지 않는다.

일반적인 표면분포 측정 격자점에서 계산된 기준 함수값은 시스템 소프트웨어에 입력된다. 내삽 알고리즘에서는 이러한 데이터 포인트를 마치 표면분포 주사를 완료하고 침투 SAR 위치(x_{eval} , y_{eval})를 결정하기 위해 측정된 것처럼 다룬다. 이것은 $d = 2.5$ mm인 경우, $(x_{ref}, y_{ref}) = (-2.5, -2.5)$ mm에서 해석 함수에 의해 정의된 실제 침투 위치와 비교된다. 아래첨자 “eval”과 “ref”는 각각 evaluated와 reference를 나타낸다. 즉, 다음과 같은 부등식을 만족하여야 한다:

$$|x_{ref} - x_{eval}| \leq L_z / 2 \text{ mm}$$

$$|y_{ref} - y_{eval}| \leq L_z / 2 \text{ mm}$$

SAR 침투치의 위치를 정확하게 결정할 수 있는 2차원 표면분포 측정은 표면분포 주사 격자의 공간 분해능(Δx , Δy), 내삽값의 공간 분해능(Δx_i , Δy_i) 그리고 사용된 내삽 함수[$g_i(x)$, $g_i(y)$]의 유형에 의존한다. 또한 실제 침투 위치에 대한 평가 격자의 위치(x_{ref} , y_{ref})와 사용된 평가점의 수(N_x , N_y)에도 의존한다.

다음 절차는 침투 SAR 위치를 결정하기 위해 표면분포 측정에서 사용되는 내삽 알고

리즘의 불확정도를 평가하는데 이용되어야 한다:

- a) 측정 분해능(Δx , Δy)과 (측정점과 대응하는) 평가점의 수(N_x , N_y)를 선정한다. 표면 분포 영역의 중심을 $(x_0, y_0) = (0, 0)$ 으로 설정하여야 한다.
- b) SAR값은 아래 범위의 표면분포 측정 평가 격자점에서 함수 f_i , f_j , f_k 을 사용하여 계산된다:

$$x_0 - \Delta x \times [(N_x - 1)/2] \leq x \leq x_0 + \Delta x \times [(N_x - 1)/2],$$

$$y_0 - \Delta y \times [(N_y - 1)/2] \leq y \leq y_0 + \Delta y \times [(N_y - 1)/2],$$

여기서 N_x 와 N_y 는 홀수 정수라고 가정한다. 침투 SAR의 위치는 이들 함수에서 z 와 독립적이므로 $z = 0$ 으로 가정한다.

- c) 세 분포 함수에 의해 계산된 SAR값은 침투 SAR 위치(x_{eval} , y_{eval})를 결정하는 시스템이 사용하는 내삽 함수 [$g_i(x)$, $g_j(y)$]에 따라 (Δx_i , Δy_j)의 공간 분해능을 갖는 SAR 측정 시스템에 의해 내삽 된다. 측정 시스템이 평가 수행을 위해 가져온 SAR값을 허용하지 않는다면, 동일한 알고리즘은 내삽 및 침투 탐색 불확정도를 결정하기 위한 다른 방법을 사용하여 독립적으로 실행되어야 한다.
- d) 내삽 알고리즘에 의해 결정되는 침투 SAR 위치는 다음 식을 만족하여야 한다.

$$|x_i - x_e| \leq L_z / 2 \text{ mm}$$

$$|y_i - y_e| \leq L_z / 2 \text{ mm}$$

그렇지 않은 경우, 데이터 처리 및 측정 시스템은 b) 단계에서 시작하는 평가를 반복하기 위해 더 미세한 격자 분해능 그리고/또는 더 많은 수의 내삽점을 사용하여야 한다.

- e) $0 < x_0 \leq \Delta x/2$ 와 $0 < y_0 \leq \Delta y/2$ 범위에서 이동된 각 (x_0, y_0) 에 대해 b) 단계에서 시작하는 평가를 반복하기 위해 표면분포 측정의 중심 (x_0, y_0) 은 이 범위 내에서 1 mm 간격으로 이동되어야 한다.

7.2.4.3.2 정밀체적분포측정의 평가

정밀체적분포측정은 가장 큰 1 g 또는 10 g SAR값과 7.2.4.2의 기준 SAR값과 비교하여 평가된다. 7.2.4.3.1의 표면분포 측정 절차로부터, 실제 침투 위치(x_{ref} , y_{ref})는 다음 식에 의해 주어진 추정 침투 위치(x_{eval} , y_{eval})로 바뀔 것이다.

$$|x_{ref} - x_{eval}| \leq L_z / 2 \text{ mm}$$

$$|y_{ref} - y_{eval}| \leq L_z / 2 \text{ mm}$$

이 변위는 7.2.4.2의 기준 함수 f , ℓ , ℓ 에서 거리 d 와 개념을 단일화하여 고려된다. 이 변위는 사실상 변수이므로, d 값은 다음 범위 내에서 변동되어야 한다:

$$|d| \leq (L_z - L_c)/2.$$

여기서 L_c 는 입방체의 측면 길이(1 g에 대해 10 mm, 10 g에 대해 21.5 mm)이다. 각 거리 d 에 대해, 3 가지 함수에 의해 생성되는 최대 불확정도가 기록된다. 여러 가지 거리 d 에 대한 최대 불확정도 값의 실효치는 외삽, 내삽 그리고 적분으로 인한 불확정으로 기입된다.

주) 표면분포 측정의 요구 조건은 국부 침투 SAR이 $|d| \leq L_z/2$ 의 범위 내에 있어야 하는 것이지만, 여기서는 첫 번째 시도에서 1g 또는 10g 입방체가 계산될 수 있도록 하기 위해 더 작은 범위인 $|d| \leq (L_z - L_c)/2$ 가 이용된다. $(L_z - L_c)/2 < |d| \leq L_z/2$ 값에 대해서는, 측정 소프트웨어가 1 g 또는 10 g 입방체를 검출하지 못하여 측정을 다시 해야 한다는 문제점이 있다. 이것은 불확정도에는 영향을 미치지 않을 것이므로, 여기서는 이러한 경우를 고려할 필요가 없다.

a) 함수 f , ℓ , ℓ 평가를 위한 변위 d 는 적은 증분(예, 1 mm 간격)으로 $-(L_z - L_c)/2$ 에서 $+(L_z - L_c)/2$ 까지의 범위에서 변화도록 선택한다. 또한 d 는 x 방향 및 y 방향에 대해 서로 독립적이다.

b) SAR값은 정밀체적분포 측정점과 대응하는 평가 격자점에서 함수 f , ℓ , ℓ 에 따라 계산된다. 정밀체적분포 중심점은 다음으로 정해진다.

$$(x, y, z) = (0, 0, L_h/2 + d_{be})$$

여기서

L_h 정밀 주사 체적의 높이,

d_{be} 내부 표면에서 가장 가까운 측정점까지의 거리.

c) 정밀체적분포 측정시 프로브의 구조적 제약으로 측정될 수 없는 영역에서 추가 데이터를 구하기 위해, 계산된 SAR값은 시스템 소프트웨어에 의해 $z = 0$ 인 모의인체 표면까지 외삽 된다. 그런 다음 계산된 데이터와 외삽된 데이터 모두 시스템 소프트웨어에 의해 더 미세한 분해능을 갖도록 내삽 된다. 그 다음 최대 1 g 또는 10 g SAR을 결정하기 위해 정밀체적분포 영역에서 공간평균 침투 SAR을 찾기 위한 검색 알고리즘뿐만 아니라 적분 알고리즘을 적용한다. 다른 절차도 가능하다. 측정 시스템이 평가 수행을 위해 가져온 SAR값을 허용하지 않는다면, 동일

한 알고리즘은 내삽 및 침투 탐색 불확정도를 결정하기 위한 다른 방법을 사용하여 독립적으로 실행되어야 한다.

- d) 시스템이나 데이터 처리 소프트웨어에 의해 결정된 1 g 및 10 g SAR값(SAR_{eval})은 7.2.4.2에서 주어진 기준 SAR값과 비교된다. 각 분포 함수에 대한 SAR 불확정도는 다음 식으로 계산된다.

$$SAR_{uncertainty}[\%] = 100 \times \left| \frac{SAR_{eval} - SAR_{ref}}{SAR_{ref}} \right|$$

- e) 세 분포 함수 중 어느 쪽을 사용하는 평가된 최대 SAR 불확정도를 기록한다.
f) 기타 변위값 d에 대해 b)부터 d)까지의 단계를 반복한다.
g) 위의 각 변위 d에 대해 d) 단계에서 계산된 불확정도의 실효치 값을 계산한다. 이 값은 외삽, 내삽, 적분에 의한 불확정도와 같이 표 3의 해당 행과 열에 기입되어야 한다.

- h) 정밀체적분포의 불확정도를 평가하기 위해 사용되는 다음 파라미터들을 기록한다:

- 3차원의 다수의 격자점들과 표본 간격을 가지며 기준 함수를 표본화하기 위해 사용되는 격자의 크기;
- 기준 함수에 대해, 두 시험 점 사이에 속한 내삽점의 수 또는 세 방향의 내삽 분해능;
- 외삽영역의 크기(d_{be}). 즉, 첫 번째 측정 지점에서 프로브 센서의 위치와 모의인체 표면 사이의 거리(여기서 측정 지점은 프로브 끝단 이전 부분이다.);
- 내삽, 외삽 및 사용된 평균화 알고리즘.

계산조건(세 방향에 대한 격자점의 수, 격자 크기 및 내삽점의 수 등)은 모든 함수에 대해 동일하여야 한다.

7.2.4.4 곡면의 평가

7.2.4.3의 절차는 생체조직 등가용액과 모의인체 경계가 평면이라고 가정한 것이다. 그러나 평면 생체조직 등가용액과 모의인체 경계에 대하여 이들 함수로 평가된 불확정도는 평탄한 곡면에 대해서도 유효하다. 이 평면에 근거한 함수는 표면으로부터 격자까지의 거리가 동일하게 하도록 하는 절차에 준하는 시험에 적용할 때 어떠한 제한도 주지 않는다. 이 절차는 그림 10에 나타난 바와 같이 평균화된 체적을 만들어낸다. 그러나 평평한 생체조직 등가용액과 모의인체 경계에 대해 이러한 함수를 사용하여 평가한 불확정도는 평탄한 곡면에 대해서도 유효하다. 그림 10은 SAR 후처리시 적절한 입방체 모양설정 방법을 나타내고 있다. 조직/액체 접촉면에 접하는 체적의 앞면은 모든 SAR 침투치가 확실하게 포착되도록 곡면 경계와 맞아야 한다. 후면은 정확한 평

균 질량을 유지하도록 동일한 모양으로 형성되어야 한다. 나머지 4개 면의 평평도와 방향은 불변이다.



그림 10 - 모의인체 표면에 대한 평균 체적의 방향 및 표면

부록 3. SAR분야 안정성 분석결과

가. 측정값(Raw data)

(1) 시료 A에 대한 측정값

표 C-1. 시료 A에 대한 첫 번째 측정값

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
1950 MHz	1.11	1.11	1.10	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.10
1922.8 MHz	1.30	1.29	1.30	1.30	1.29	1.30	1.29	1.28	1.28	1.29	1.29
1977.2 MHz	1.23	1.23	1.23	1.24	1.23	1.23	1.24	1.22	1.23	1.22	1.23

표 C-2. 시료 A에 대한 두 번째 측정값

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
1950 MHz	1.14	1.13	1.14	1.13	1.14	1.14	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14
1922.8 MHz	1.36	1.35	1.35	1.37	1.36	1.34	1.34	1.34	1.36	1.36	1.35
1977.2 MHz	1.40	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38

(2) 시료 B에 대한 측정값

표 C-3. 시료 B에 대한 첫 번째 측정값

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
1950 MHz	1.11	1.11	1.12	1.13	1.12	1.12	1.13	1.12	1.12	1.13	1.12

표 C-4. 시료 B에 대한 두 번째 측정값

구분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차
1950 MHz	1.12	1.11	1.12	1.13	1.12	1.12	1.13	1.12	1.12	1.13	1.12

나. 안정도분석

불확도를 고려한 안정성 평가기법을 이용하여 SAR분야 시료 A와 B에 대해 안정성 평가를 수행한 결과 시료 A는 시험주파수인 1922.8 MHz, 1950 MHz, 1977.2 MHz에서 안정성을 보였다. 시료 B는 1950 MHz 대역에서만 측정하였으며 안정성 평가결과 안정함을 보였다. 또한, 시료 A와 시료 B에 대해 1950 MHz 대역의 측정값을 비교한 결과 안정함을 보였다.

표 C-5. SAR분야 시료 A와 B의 공급전압 변화에 따른 안정성 분석

주파수(MHz)	시료 A	시료 B	시료 A와 시료 B	비고
1922.8	안정	-	-	
1950	안정	안정	안정	
1977.2	안정	-	-	

다. 통계분석표

시료	X1(A_1)	X2(A_2)
1950MHz (시료#1)	1.11	1.14
	1.11	1.13
	1.10	1.14
	1.09	1.13
	1.09	1.14
	1.10	1.14
	1.10	1.13
	1.10	1.14
	1.10	1.14
	1.11	1.14
	1.10	1.14
평균(ave)	1.10	1.14
표준편차(sd)	0.01	0.00
합성불확도(Uc)	0.10	0.11
t	0.25	
기각값(ta/2)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(A_1)	X2(A_2)
1922.8MHz (시료#1)	1.30	1.36
	1.29	1.35
	1.30	1.35
	1.30	1.37
	1.29	1.36
	1.30	1.34
	1.29	1.34
	1.28	1.34
	1.28	1.36
	1.29	1.36
	1.29	1.35
평균(ave)	1.29	1.35
표준편차(sd)	0.01	0.01
합성불확도(Uc)	0.12	0.13
t	0.35	
기각값(ta/2)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(A_1)	X2(A_2)
1977.2MHz (시료#1)	1.23	1.40
	1.23	1.38
	1.23	1.38
	1.24	1.38
	1.23	1.38
	1.23	1.38
	1.24	1.38
	1.22	1.38
	1.23	1.38
	1.22	1.38
	1.23	1.38
평균(ave)	1.23	1.38
표준편차(sd)	0.01	0.01
합성불확도(Uc)	0.12	0.13
t	0.88	
기각값(ta/2)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(B_1)	X2(B_2)
1950MHz (시료#2)	1.11	1.12
	1.11	1.13
	1.12	1.12
	1.13	1.12
	1.12	1.12
	1.12	1.11
	1.13	1.13
	1.12	1.12
	1.12	1.13
	1.13	1.13
	1.12	1.13
평균(ave)	1.12	1.12
표준편차(sd)	0.01	0.01
합성불확도(Uc)	0.11	0.11
t	0.02	
기각값(ta/2)	1.96	
최종판정	시료 안정	

시료	X1(A_1)	X2(B_2)
1950MHz (시료#1,#2)	1.11	1.11
	1.11	1.11
	1.10	1.12
	1.09	1.13
	1.09	1.12
	1.10	1.12
	1.10	1.13
	1.10	1.12
	1.10	1.12
	1.11	1.13
	1.10	1.12
평균(ave)	1.10	1.12
표준편차(sd)	0.01	0.01
합성불확도(Uc)	0.10	0.11
t	0.14	
기각값(ta/2)	1.96	
최종판정	시료 안정	

부록 4. ISO 13528과 ISO 43-1에 의한 과년도 수행도 평가의 통계결과 비교

가. 2012년 실시된 유선분야 측정값의 비교

(1) 음성대역 신호전력

표D-1. ISO13528과 ISO43-1간의 음성대역 신호전력 분석표

Lab	value	ascending order		iteration		1	0.07	-4.33	0.07	-4.33	0.07	-4.33	0.07	-4.33	0.07	z'-score (13528)	z-score (NIQR)
				0													
				del=1.5s*													
				x-delta													
				x+delta													
R-01	-3.80	R-05	-11.70	-11.70	7.70	-4.33	0.07	-4.33	0.07	-4.33	0.07	-4.33	0.07	-4.33	0.07	-30.54	-27.70
R-02	-4.00	R-03	-4.70	-4.70	0.70	-4.33	0.07	-4.33	0.07	-4.33	0.07	-4.33	0.07	-4.33	0.07	-2.53	-2.52
R-03	-4.70	R-08	-4.30	-4.30	0.30	-4.30	0.05	-4.30	0.05	-4.30	0.05	-4.30	0.05	-4.30	0.05	-0.93	-1.08
R-04	-3.90	R-09	-4.20	-4.20	0.20	-4.20	0.02	-4.20	0.02	-4.20	0.02	-4.20	0.02	-4.20	0.02	-0.53	-0.72
R-05	-11.70	R-02	-4.00	-4.00	0.00	-4.00	0.00	-4.00	0.00	-4.00	0.00	-4.00	0.00	-4.00	0.00	0.27	0.00
R-06	-3.90	R-10	-4.00	-4.00	0.00	-4.00	0.00	-4.00	0.00	-4.00	0.00	-4.00	0.00	-4.00	0.00	0.27	0.00
R-07	-3.90	R-04	-3.90	-3.90	0.10	-3.90	0.03	-3.90	0.03	-3.90	0.03	-3.90	0.03	-3.90	0.03	0.67	0.36
R-08	-4.30	R-06	-3.90	-3.90	0.10	-3.90	0.03	-3.90	0.03	-3.90	0.03	-3.90	0.03	-3.90	0.03	0.67	0.36
R-09	-4.20	R-07	-3.90	-3.90	0.10	-3.90	0.03	-3.90	0.03	-3.90	0.03	-3.90	0.03	-3.90	0.03	0.67	0.36
R-10	-4.00	R-01	-3.80	-3.80	0.20	-3.80	0.07	-3.80	0.07	-3.80	0.07	-3.80	0.07	-3.80	0.07	1.07	0.72
p	10.00		10.00														
median			-4.00														
NIQR	-4.275	-3.9	0.28														
average	-4.84		-4.84	-4.84													
std	2.42		2.42	2.42													
new x*				-4.00		-4.067		-4.067		-4.067		-4.067		-4.067			
new s*				0.22		0.232		0.232		0.232		0.232		0.232			

(2) 직류저항

표D-2. ISO13528과 ISO43-1간의 직류저항 분석표

Lab	value	ascending order			iteration											z'-score (13528)	z-score (NIQR)
					0		1		2		3		4		5		
					del=1.5s*		0.22		0.23		0.23		0.23		0.23		
					x-delta		9.88		9.86		9.86		9.86		9.86		
					x+delta		10.32		10.31		10.31		10.31		10.31		
R-01	10.10	R-07	9.80	9.80	0.30	9.88	0.04	9.88	0.04	9.88	0.04	9.88	0.04	9.88	0.04	-1.78	-2.70
R-02	10.10	R-05	9.90	9.90	0.20	9.90	0.04	9.90	0.04	9.90	0.04	9.90	0.04	9.90	0.04	-1.16	-1.80
R-03	10.10	R-04	10.00	10.00	0.10	10.00	0.01	10.00	0.01	10.00	0.01	10.00	0.01	10.00	0.01	-0.54	-0.90
R-04	10.00	R-01	10.10	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	0.08	0.00
R-05	9.90	R-02	10.10	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	0.08	0.00
R-06	10.20	R-03	10.10	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	0.08	0.00
R-07	9.80	R-09	10.10	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	10.10	0.00	0.08	0.00
R-08	10.20	R-06	10.20	10.20	0.10	10.20	0.01	10.20	0.01	10.20	0.01	10.20	0.01	10.20	0.01	0.69	0.90
R-09	10.10	R-08	10.20	10.20	0.10	10.20	0.01	10.20	0.01	10.20	0.01	10.20	0.01	10.20	0.01	0.69	0.90
R-10	10.30	R-10	10.30	10.30	0.20	10.30	0.05	10.30	0.05	10.30	0.05	10.30	0.05	10.30	0.05	1.31	1.80
p	10.00		10.00														
median			10.10														
NIQR	10.025	10.175	0.11														
average	10.08		10.08	10.08													
std	0.15		0.15	0.15													
new x*				10.10		10.088		10.088		10.088		10.088		10.088			
new s*				0.15		0.150		0.150		0.150		0.150		0.150			

(3) 호출신호 수신시 직류전류

표D-3. ISO13528과 ISO43-1간의 호출신호 수신시 직류전류 분석표

Lab	value	ascending order		iteration												z'-score (13528)	z-score (NIQR)
				0		1		2		3		4		5			
				del=1.5s*		0.16		0.18		0.18		0.18		0.18			
				x-delta		-0.07		-0.05		-0.05		-0.05		-0.05			
				x+delta		0.25		0.31		0.31		0.31		0.31			
R-01	0.9300	R-08	0.0075	0.01	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.93	-0.26	
R-02	0.1100	R-07	0.0220	0.02	0.07	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	-0.82	-0.21
R-03	0.5000	R-05	0.0260	0.03	0.06	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	-0.79	-0.20
R-04	0.0640	R-06	0.0610	0.06	0.03	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	-0.52	-0.08
R-05	0.0260	R-04	0.0640	0.06	0.02	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	-0.49	-0.08
R-06	0.0610	R-02	0.1100	0.11	0.02	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	-0.14	0.08
R-07	0.0220	R-10	0.3500	0.35	0.26	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	1.71	0.86
R-08	0.0075	R-09	0.4800	0.48	0.39	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	2.71	1.28
R-09	0.4800	R-03	0.5000	0.50	0.41	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	2.86	1.35
R-10	0.3500	R-01	0.9300	0.93	0.84	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	6.16	2.76
p	10.00		10.00														
median			0.09														
NIQR	0.0347 5	0.4475	0.31														
average	0.26		0.26	0.26													
std	0.31		0.31	0.31													
new x*				0.09		0.128		0.128		0.128		0.128		0.128			
new s*				0.11		0.121		0.121		0.121		0.121		0.121			

(4) 호출신호 수신시 교류임피던스

표D-4. ISO13528과 ISO43-1간의 호출신호수신 시 교류임피던스 분석표

Lab	value	ascending order		iteration								z'-score (13528)	z-score (NIQR)
				0		1		2		5			
				del=1.5s*		718.51		601.28		601.28			
				x-delta		9001.49		9130.32		9130.32			
				x+delta		10438.51		10332.88		10332.88			
R-01	10191	R-01	10191	10191.00	471.00	10191.00	211048.36	10191.00	211048.36	10191.00	211048.36	1.07	1.09
R-02	9420	R-02	9420	9420.00	300.00	9420.00	97094.56	9420.00	97094.56	9420.00	97094.56	-0.72	-0.69
R-03	9900	R-03	9900	9900.00	180.00	9900.00	28358.56	9900.00	28358.56	9900.00	28358.56	0.39	0.42
R-04	9756	R-04	9756	9756.00	36.00	9756.00	595.36	9756.00	595.36	9756.00	595.36	0.06	0.08
R-05	10211	R-05	10211	10211.00	491.00	10211.00	229824.36	10211.00	229824.36	10211.00	229824.36	1.11	1.14
R-06	9684	R-06	9684	9684.00	36.00	9684.00	2265.76	9684.00	2265.76	9684.00	2265.76	-0.11	-0.08
R-07	9248	R-07	9248	9248.00	472.00	9248.00	233868.96	9248.00	233868.96	9248.00	233868.96	-1.12	-1.09
R-08	9508	R-08	9508	9508.00	212.00	9508.00	49996.96	9508.00	49996.96	9508.00	49996.96	-0.52	-0.49
R-09	10066	R-09	10066	10066.00	346.00	10066.00	111823.36	10066.00	111823.36	10066.00	111823.36	0.78	0.80
R-10	9332	R-10	9332	9332.00	388.00	9332.00	159680.16	9332.00	159680.16	9332.00	159680.16	-0.93	-0.90
p	10.00		10.00										
median			9720.00										
NIQR	9442	10025	431.81										
average	9731.60		9731.60	9731.60									
std	353.48		353.48	353.48									
new x*				9720.00		9731.600		9731.600		9731.600			
new s*				479.01		400.850		400.850		400.850			

나. 2011년 실시된 EMC 분야 측정값의 비교

(1) CE

표D-5. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line1, 0.5 MHz, Ave 분석표

Lab	value	ascending order				iteration										z-score (13528)	z-score (43-1)
						0	1		2		3		4		5		
						del=1.5s*	1.11		1.30		1.30		1.30		1.30		
						x-delta	32.89		32.79		32.79		32.79		32.79		
						x+delta	35.11		35.38		35.38		35.38		35.38		
R-01	33.50	R-20	29.20	29.20	4.80	32.89	1.44	32.89	1.44	32.89	1.44	32.89	1.44	32.89	1.44	-5.66	-5.40
R-02	34.20	R-36	31.50	31.50	2.50	32.89	1.44	32.89	1.44	32.89	1.44	32.89	1.44	32.89	1.44	-2.99	-2.81
R-03	33.50	R-28	32.90	32.90	1.10	32.90	1.41	32.90	1.41	32.90	1.41	32.90	1.41	32.90	1.41	-1.37	-1.24
R-04	33.40	R-38	32.90	32.90	1.10	32.90	1.41	32.90	1.41	32.90	1.41	32.90	1.41	32.90	1.41	-1.37	-1.24
R-05	33.60	R-39	32.90	32.90	1.10	32.90	1.41	32.90	1.41	32.90	1.41	32.90	1.41	32.90	1.41	-1.37	-1.24
R-06	34.40	R-04	33.40	33.40	0.60	33.40	0.47	33.40	0.47	33.40	0.47	33.40	0.47	33.40	0.47	-0.79	-0.67
R-07	34.40	R-34	33.40	33.40	0.60	33.40	0.47	33.40	0.47	33.40	0.47	33.40	0.47	33.40	0.47	-0.79	-0.67
R-08	39.80	R-01	33.50	33.50	0.50	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	-0.68	-0.56
R-09	33.50	R-03	33.50	33.50	0.50	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	-0.68	-0.56
R-10	39.20	R-09	33.50	33.50	0.50	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	-0.68	-0.56
R-11	34.30	R-17	33.50	33.50	0.50	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	-0.68	-0.56
R-12	34.00	R-33	33.50	33.50	0.50	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	33.50	0.34	-0.68	-0.56
R-13	34.00	R-05	33.60	33.60	0.40	33.60	0.24	33.60	0.24	33.60	0.24	33.60	0.24	33.60	0.24	-0.56	-0.45
R-14	39.20	R-32	33.70	33.70	0.30	33.70	0.15	33.70	0.15	33.70	0.15	33.70	0.15	33.70	0.15	-0.45	-0.34
R-15	35.50	R-40	33.80	33.80	0.20	33.80	0.08	33.80	0.08	33.80	0.08	33.80	0.08	33.80	0.08	-0.33	-0.22
R-16	33.90	R-16	33.90	33.90	0.10	33.90	0.03	33.90	0.03	33.90	0.03	33.90	0.03	33.90	0.03	-0.22	-0.11
R-17	33.50	R-27	33.90	33.90	0.10	33.90	0.03	33.90	0.03	33.90	0.03	33.90	0.03	33.90	0.03	-0.22	-0.11
R-19	35.80	R-12	34.00	34.00	0.00	34.00	0.01	34.00	0.01	34.00	0.01	34.00	0.01	34.00	0.01	-0.10	0.00
R-20	29.20	R-13	34.00	34.00	0.00	34.00	0.01	34.00	0.01	34.00	0.01	34.00	0.01	34.00	0.01	-0.10	0.00
R-21	37.60	R-02	34.20	34.20	0.20	34.20	0.01	34.20	0.01	34.20	0.01	34.20	0.01	34.20	0.01	0.13	0.22
R-22	34.60	R-23	34.20	34.20	0.20	34.20	0.01	34.20	0.01	34.20	0.01	34.20	0.01	34.20	0.01	0.13	0.22
R-23	34.20	R-29	34.20	34.20	0.20	34.20	0.01	34.20	0.01	34.20	0.01	34.20	0.01	34.20	0.01	0.13	0.22
R-24	34.70	R-11	34.30	34.30	0.30	34.30	0.05	34.30	0.05	34.30	0.05	34.30	0.05	34.30	0.05	0.25	0.34
R-26	38.40	R-06	34.40	34.40	0.40	34.40	0.10	34.40	0.10	34.40	0.10	34.40	0.10	34.40	0.10	0.36	0.45
R-27	33.90	R-07	34.40	34.40	0.40	34.40	0.10	34.40	0.10	34.40	0.10	34.40	0.10	34.40	0.10	0.36	0.45
R-28	32.90	R-30	34.50	34.50	0.50	34.50	0.17	34.50	0.17	34.50	0.17	34.50	0.17	34.50	0.17	0.48	0.56
R-29	34.20	R-22	34.60	34.60	0.60	34.60	0.26	34.60	0.26	34.60	0.26	34.60	0.26	34.60	0.26	0.60	0.67
R-30	34.50	R-24	34.70	34.70	0.70	34.70	0.38	34.70	0.38	34.70	0.38	34.70	0.38	34.70	0.38	0.71	0.79
R-32	33.70	R-35	35.40	35.40	1.40	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	1.52	1.57
R-33	33.50	R-15	35.50	35.50	1.50	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	1.64	1.69
R-34	33.40	R-19	35.80	35.80	1.80	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	1.98	2.02
R-35	35.40	R-21	37.60	37.60	3.60	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	4.07	4.05
R-36	31.50	R-26	38.40	38.40	4.40	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	5.00	4.95
R-37	40.50	R-10	39.20	39.20	5.20	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	5.92	5.85
R-38	32.90	R-14	39.20	39.20	5.20	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	5.92	5.85
R-39	32.90	R-08	39.80	39.80	5.80	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	6.62	6.52
R-40	33.80	R-37	40.50	40.50	6.50	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	35.11	1.05	7.43	7.31
p	37.00		37.00														
median			34.00														
NIQR	33.5	34.7	0.89														
average	34.64		34.64	34.64													
std	2.31		2.31	2.31													
new x*				34.00		34.09		34.09		34.09		34.09		34.09			
new s*				0.74		0.86		0.86		0.86		0.86		0.86			

표D-6. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line1, 15 MHz, Ave 분석표

Lab	value	ascending order		iteration												z-score (13528)	z-score (43-1)
				0		1		2		3		4		5			
				del=1.5s*		1.11		1.07		1.05		1.05		1.04			
				x-delta		55.69		55.77		55.80		55.81		55.81			
				x*delta		57.91		57.92		57.90		57.90		57.89			
R-01	56.8	R-36	34.2	34.20	22.60	55.69	1.34	55.77	1.17	55.80	1.11	55.81	1.09	55.81	1.08	-32.75	-33.87
R-02	58.0	R-20	46.0	46.00	10.80	55.69	1.34	55.77	1.17	55.80	1.11	55.81	1.09	55.81	1.08	-15.69	-16.19
R-03	56.6	R-17	55.7	55.70	1.10	55.70	1.31	55.77	1.17	55.80	1.11	55.81	1.09	55.81	1.08	-1.66	-1.65
R-04	56.8	R-23	56.1	56.10	0.70	56.10	0.55	56.10	0.56	56.10	0.56	56.10	0.56	56.10	0.56	-1.09	-1.05
R-05	57.2	R-38	56.1	56.10	0.70	56.10	0.55	56.10	0.56	56.10	0.56	56.10	0.56	56.10	0.56	-1.09	-1.05
R-06	58.0	R-09	56.2	56.20	0.60	56.20	0.41	56.20	0.42	56.20	0.42	56.20	0.42	56.20	0.42	-0.94	-0.90
R-07	57.0	R-16	56.2	56.20	0.60	56.20	0.41	56.20	0.42	56.20	0.42	56.20	0.42	56.20	0.42	-0.94	-0.90
R-08	57.3	R-29	56.2	56.20	0.60	56.20	0.41	56.20	0.42	56.20	0.42	56.20	0.42	56.20	0.42	-0.94	-0.90
R-09	56.2	R-12	56.3	56.30	0.50	56.30	0.30	56.30	0.30	56.30	0.30	56.30	0.30	56.30	0.30	-0.80	-0.75
R-10	57.5	R-21	56.4	56.40	0.40	56.40	0.20	56.40	0.20	56.40	0.20	56.40	0.20	56.40	0.20	-0.65	-0.60
R-11	57.3	R-26	56.5	56.50	0.30	56.50	0.12	56.50	0.12	56.50	0.12	56.50	0.12	56.50	0.12	-0.51	-0.45
R-12	56.3	R-03	56.6	56.60	0.20	56.60	0.06	56.60	0.06	56.60	0.06	56.60	0.06	56.60	0.06	-0.36	-0.30
R-13	57.3	R-28	56.6	56.60	0.20	56.60	0.06	56.60	0.06	56.60	0.06	56.60	0.06	56.60	0.06	-0.36	-0.30
R-14	56.9	R-40	56.6	56.60	0.20	56.60	0.06	56.60	0.06	56.60	0.06	56.60	0.06	56.60	0.06	-0.36	-0.30
R-15	58.1	R-22	56.7	56.70	0.10	56.70	0.02	56.70	0.02	56.70	0.02	56.70	0.02	56.70	0.02	-0.22	-0.15
R-16	56.2	R-01	56.8	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	-0.07	0.00
R-17	55.7	R-04	56.8	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	-0.07	0.00
R-19	56.9	R-24	56.8	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	-0.07	0.00
R-20	46.0	R-34	56.8	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	-0.07	0.00
R-21	56.4	R-39	56.8	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	56.80	0.00	-0.07	0.00
R-22	56.7	R-14	56.9	56.90	0.10	56.90	0.00	56.90	0.00	56.90	0.00	56.90	0.00	56.90	0.00	0.07	0.15
R-23	56.1	R-19	56.9	56.90	0.10	56.90	0.00	56.90	0.00	56.90	0.00	56.90	0.00	56.90	0.00	0.07	0.15
R-24	56.8	R-27	56.9	56.90	0.10	56.90	0.00	56.90	0.00	56.90	0.00	56.90	0.00	56.90	0.00	0.07	0.15
R-26	56.5	R-07	57.0	57.00	0.20	57.00	0.02	57.00	0.02	57.00	0.02	57.00	0.02	57.00	0.02	0.21	0.30
R-27	56.9	R-05	57.2	57.20	0.40	57.20	0.13	57.20	0.12	57.20	0.12	57.20	0.12	57.20	0.12	0.50	0.60
R-28	56.6	R-08	57.3	57.30	0.50	57.30	0.21	57.30	0.20	57.30	0.20	57.30	0.20	57.30	0.20	0.65	0.75
R-29	56.2	R-11	57.3	57.30	0.50	57.30	0.21	57.30	0.20	57.30	0.20	57.30	0.20	57.30	0.20	0.65	0.75
R-30	58.0	R-13	57.3	57.30	0.50	57.30	0.21	57.30	0.20	57.30	0.20	57.30	0.20	57.30	0.20	0.65	0.75
R-32	57.5	R-33	57.3	57.30	0.50	57.30	0.21	57.30	0.20	57.30	0.20	57.30	0.20	57.30	0.20	0.65	0.75
R-33	57.3	R-35	57.3	57.30	0.50	57.30	0.21	57.30	0.20	57.30	0.20	57.30	0.20	57.30	0.20	0.65	0.75
R-34	56.8	R-10	57.5	57.50	0.70	57.50	0.43	57.50	0.42	57.50	0.42	57.50	0.42	57.50	0.42	0.94	1.05
R-35	57.3	R-32	57.5	57.50	0.70	57.50	0.43	57.50	0.42	57.50	0.42	57.50	0.42	57.50	0.42	0.94	1.05
R-36	34.2	R-37	57.6	57.60	0.80	57.60	0.57	57.60	0.56	57.60	0.56	57.60	0.56	57.60	0.56	1.08	1.20
R-37	57.6	R-02	58.0	58.00	1.20	57.91	1.14	57.91	1.13	57.90	1.11	57.90	1.09	57.89	1.08	1.66	1.80
R-38	56.1	R-06	58.0	58.00	1.20	57.91	1.14	57.91	1.13	57.90	1.11	57.90	1.09	57.89	1.08	1.66	1.80
R-39	56.8	R-30	58.0	58.00	1.20	57.91	1.14	57.91	1.13	57.90	1.11	57.90	1.09	57.89	1.08	1.66	1.80
R-40	56.6	R-15	58.1	58.10	1.30	57.91	1.14	57.91	1.13	57.90	1.11	57.90	1.09	57.89	1.08	1.81	1.95
p	37.00		37.00														
median			56.80														
NIQR	56.4	57.3	0.67														
average	56.01		56.01	56.01													
std	4.14		4.14	4.14													
new x*				56.80		56.84		56.85		56.85		56.85		56.85			
new s*				0.74		0.72		0.70		0.70		0.69		0.69			

표D-7. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line1, 29 MHz, Ave 분석표

Lab	value	ascending order		iteration												z-score (13528)	z-score (43-1)
				0		1	2		3		4		5				
				del=1.5s*		2.22	2.27	2.25	2.24	2.24							
				x-delta		55.88	55.64	55.66	55.66	55.66							
x-delta		60.32		60.18		60.15		60.15		60.14							
R-01	56.3	R-20	47.0	47.00	11.10	55.88	4.15	55.88	4.12	55.88	4.11	55.88	4.11	55.88	4.11	-7.30	-7.88
R-02	58.9	R-36	51.2	51.20	6.90	55.88	4.15	55.88	4.12	55.88	4.11	55.88	4.11	55.88	4.11	-4.49	-4.90
R-03	59.2	R-12	55.3	55.30	2.80	55.88	4.15	55.88	4.12	55.88	4.11	55.88	4.11	55.88	4.11	-1.74	-1.99
R-04	58.1	R-23	56.0	56.00	2.10	56.00	3.66	56.00	3.63	56.00	3.62	56.00	3.62	56.00	3.62	-1.27	-1.49
R-05	57.9	R-22	56.1	56.10	2.00	56.10	3.29	56.10	3.26	56.10	3.25	56.10	3.25	56.10	3.25	-1.21	-1.42
R-06	58.8	R-29	56.2	56.20	1.90	56.20	2.93	56.20	2.91	56.20	2.90	56.20	2.90	56.20	2.90	-1.14	-1.35
R-07	56.5	R-01	56.3	56.30	1.80	56.30	2.60	56.30	2.58	56.30	2.57	56.30	2.57	56.30	2.57	-1.07	-1.28
R-08	58.9	R-07	56.5	56.50	1.60	56.50	2.00	56.50	1.97	56.50	1.97	56.50	1.97	56.50	1.97	-0.94	-1.14
R-09	57.7	R-15	56.6	56.60	1.50	56.60	1.72	56.60	1.70	56.60	1.70	56.60	1.70	56.60	1.70	-0.87	-1.06
R-10	58.7	R-16	56.9	56.90	1.20	56.90	1.03	56.90	1.01	56.90	1.01	56.90	1.01	56.90	1.01	-0.67	-0.85
R-11	59.8	R-38	56.9	56.90	1.20	56.90	1.03	56.90	1.01	56.90	1.01	56.90	1.01	56.90	1.01	-0.67	-0.85
R-12	55.3	R-14	57.1	57.10	1.00	57.10	0.66	57.10	0.65	57.10	0.65	57.10	0.65	57.10	0.64	-0.54	-0.71
R-13	58.1	R-17	57.1	57.10	1.00	57.10	0.66	57.10	0.65	57.10	0.65	57.10	0.65	57.10	0.64	-0.54	-0.71
R-14	57.1	R-40	57.2	57.20	0.90	57.20	0.51	57.20	0.50	57.20	0.49	57.20	0.49	57.20	0.49	-0.47	-0.64
R-15	56.6	R-09	57.7	57.70	0.40	57.70	0.05	57.70	0.04	57.70	0.04	57.70	0.04	57.70	0.04	-0.14	-0.28
R-16	56.9	R-19	57.8	57.80	0.30	57.80	0.01	57.80	0.01	57.80	0.01	57.80	0.01	57.80	0.01	-0.07	-0.21
R-17	57.1	R-05	57.9	57.90	0.20	57.90	0.00	57.90	0.00	57.90	0.00	57.90	0.00	57.90	0.00	0.00	-0.14
R-19	57.8	R-04	58.1	58.10	0.00	58.10	0.04	58.10	0.04	58.10	0.04	58.10	0.04	58.10	0.04	0.13	0.00
R-20	47.0	R-13	58.1	58.10	0.00	58.10	0.04	58.10	0.04	58.10	0.04	58.10	0.04	58.10	0.04	0.13	0.00
R-21	58.6	R-32	58.1	58.10	0.00	58.10	0.04	58.10	0.04	58.10	0.04	58.10	0.04	58.10	0.04	0.13	0.00
R-22	56.1	R-24	58.2	58.20	0.10	58.20	0.08	58.20	0.09	58.20	0.09	58.20	0.09	58.20	0.09	0.20	0.07
R-23	56.0	R-39	58.2	58.20	0.10	58.20	0.08	58.20	0.09	58.20	0.09	58.20	0.09	58.20	0.09	0.20	0.07
R-24	58.2	R-27	58.5	58.50	0.40	58.50	0.34	58.50	0.35	58.50	0.36	58.50	0.36	58.50	0.36	0.40	0.28
R-26	65.5	R-34	58.5	58.50	0.40	58.50	0.34	58.50	0.35	58.50	0.36	58.50	0.36	58.50	0.36	0.40	0.28
R-27	58.5	R-21	58.6	58.60	0.50	58.60	0.47	58.60	0.48	58.60	0.49	58.60	0.49	58.60	0.49	0.47	0.35
R-28	59.6	R-10	58.7	58.70	0.60	58.70	0.62	58.70	0.63	58.70	0.63	58.70	0.63	58.70	0.64	0.53	0.43
R-29	56.2	R-33	58.7	58.70	0.60	58.70	0.62	58.70	0.63	58.70	0.63	58.70	0.63	58.70	0.64	0.53	0.43
R-30	61.1	R-06	58.8	58.80	0.70	58.80	0.79	58.80	0.80	58.80	0.80	58.80	0.80	58.80	0.80	0.60	0.50
R-32	58.1	R-02	58.9	58.90	0.80	58.90	0.97	58.90	0.99	58.90	0.99	58.90	0.99	58.90	0.99	0.67	0.57
R-33	58.7	R-08	58.9	58.90	0.80	58.90	0.97	58.90	0.99	58.90	0.99	58.90	0.99	58.90	0.99	0.67	0.57
R-34	58.5	R-03	59.2	59.20	1.10	59.20	1.66	59.20	1.68	59.20	1.68	59.20	1.68	59.20	1.68	0.87	0.78
R-35	60.1	R-37	59.2	59.20	1.10	59.20	1.66	59.20	1.68	59.20	1.68	59.20	1.68	59.20	1.68	0.87	0.78
R-36	51.2	R-28	59.6	59.60	1.50	59.60	2.85	59.60	2.87	59.60	2.88	59.60	2.88	59.60	2.88	1.14	1.06
R-37	59.2	R-11	59.8	59.80	1.70	59.80	3.56	59.80	3.59	59.80	3.60	59.80	3.60	59.80	3.60	1.27	1.21
R-38	56.9	R-35	60.1	60.10	2.00	60.10	4.78	60.10	4.82	60.10	4.82	60.10	4.83	60.10	4.83	1.47	1.42
R-39	58.2	R-30	61.1	61.10	3.00	60.32	5.82	60.18	5.19	60.15	5.06	60.15	5.03	60.14	5.02	2.14	2.13
R-40	57.2	R-26	65.5	65.50	7.40	60.32	5.82	60.18	5.19	60.15	5.06	60.15	5.03	60.14	5.02	5.09	5.25
p	37.00		37.00														
median			58.10														
NIQR	56.9	58.8	1.41														
average	57.69		57.69	57.69													
std	2.77		2.77	2.77													
new x*				58.10		57.91		57.91		57.90		57.90		57.90			
new s*				1.48		1.51		1.50		1.49		1.49		1.49			

표D-8. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line1, 0.5 MHz, QP 분석표

Lab	value	ascending order		iteration													z-score (13528)	z-score (43-1)
				0	1													
				del=1.5s*	1.33													
				x-delta	38.17													
				x+delta	40.83													
R-01	38.8	R-20	35.3	35.30	4.20	38.17	2.27	38.25	2.05	38.27	2.00	38.27	1.99	38.27	1.99	-4.66	-5.15	
R-02	39.6	R-36	37.8	37.80	1.70	38.17	2.27	38.25	2.05	38.27	2.00	38.27	1.99	38.27	1.99	-2.00	-2.08	
R-03	38.8	R-28	38.4	38.40	1.10	38.40	1.62	38.40	1.63	38.40	1.63	38.40	1.64	38.40	1.64	-1.36	-1.35	
R-04	38.7	R-39	38.5	38.50	1.00	38.50	1.38	38.50	1.39	38.50	1.39	38.50	1.39	38.50	1.39	-1.26	-1.23	
R-05	39.1	R-04	38.7	38.70	0.80	38.70	0.95	38.70	0.96	38.70	0.96	38.70	0.96	38.70	0.96	-1.04	-0.98	
R-06	40.0	R-33	38.7	38.70	0.80	38.70	0.95	38.70	0.96	38.70	0.96	38.70	0.96	38.70	0.96	-1.04	-0.98	
R-07	39.4	R-01	38.8	38.80	0.70	38.80	0.76	38.80	0.77	38.80	0.77	38.80	0.77	38.80	0.77	-0.94	-0.86	
R-08	45.5	R-03	38.8	38.80	0.70	38.80	0.76	38.80	0.77	38.80	0.77	38.80	0.77	38.80	0.77	-0.94	-0.86	
R-09	39.0	R-09	39.0	39.00	0.50	39.00	0.45	39.00	0.46	39.00	0.46	39.00	0.46	39.00	0.46	-0.72	-0.61	
R-10	44.7	R-05	39.1	39.10	0.40	39.10	0.33	39.10	0.33	39.10	0.33	39.10	0.34	39.10	0.34	-0.62	-0.49	
R-11	40.1	R-38	39.1	39.10	0.40	39.10	0.33	39.10	0.33	39.10	0.33	39.10	0.34	39.10	0.34	-0.62	-0.49	
R-12	39.4	R-40	39.3	39.30	0.20	39.30	0.14	39.30	0.14	39.30	0.14	39.30	0.14	39.30	0.14	-0.40	-0.25	
R-13	39.5	R-07	39.4	39.40	0.10	39.40	0.07	39.40	0.08	39.40	0.08	39.40	0.08	39.40	0.08	-0.30	-0.12	
R-14	44.6	R-12	39.4	39.40	0.10	39.40	0.07	39.40	0.08	39.40	0.08	39.40	0.08	39.40	0.08	-0.30	-0.12	
R-15	41.6	R-13	39.5	39.50	0.00	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	-0.19	0.00	
R-16	40.0	R-17	39.5	39.50	0.00	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	-0.19	0.00	
R-17	39.5	R-27	39.5	39.50	0.00	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	-0.19	0.00	
R-19	41.1	R-32	39.5	39.50	0.00	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	-0.19	0.00	
R-20	35.3	R-34	39.5	39.50	0.00	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	39.50	0.03	-0.19	0.00	
R-21	43.2	R-02	39.6	39.60	0.10	39.60	0.01	39.60	0.01	39.60	0.01	39.60	0.01	39.60	0.01	-0.08	0.12	
R-22	40.1	R-23	39.8	39.80	0.30	39.80	0.02	39.80	0.01	39.80	0.01	39.80	0.01	39.80	0.01	0.13	0.37	
R-23	39.8	R-29	39.8	39.80	0.30	39.80	0.02	39.80	0.01	39.80	0.01	39.80	0.01	39.80	0.01	0.13	0.37	
R-24	40.2	R-30	39.9	39.90	0.40	39.90	0.05	39.90	0.05	39.90	0.05	39.90	0.05	39.90	0.05	0.24	0.49	
R-26	44.3	R-06	40.0	40.00	0.50	40.00	0.11	40.00	0.10	40.00	0.10	40.00	0.10	40.00	0.10	0.34	0.61	
R-27	39.5	R-16	40.0	40.00	0.50	40.00	0.11	40.00	0.10	40.00	0.10	40.00	0.10	40.00	0.10	0.34	0.61	
R-28	38.4	R-11	40.1	40.10	0.60	40.10	0.18	40.10	0.18	40.10	0.18	40.10	0.18	40.10	0.18	0.45	0.74	
R-29	39.8	R-22	40.1	40.10	0.60	40.10	0.18	40.10	0.18	40.10	0.18	40.10	0.18	40.10	0.18	0.45	0.74	
R-30	39.9	R-24	40.2	40.20	0.70	40.20	0.28	40.20	0.27	40.20	0.27	40.20	0.27	40.20	0.27	0.55	0.86	
R-32	39.5	R-35	40.7	40.70	1.20	40.70	1.05	40.70	1.05	40.70	1.04	40.70	1.04	40.70	1.04	1.09	1.47	
R-33	38.7	R-19	41.1	41.10	1.60	40.83	1.35	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	1.51	1.96	
R-34	39.5	R-15	41.6	41.60	2.10	40.83	1.35	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	2.05	2.58	
R-35	40.7	R-21	43.2	43.20	3.70	40.83	1.35	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	3.75	4.54	
R-36	37.8	R-26	44.3	44.30	4.80	40.83	1.35	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	4.92	5.89	
R-37	45.4	R-14	44.6	44.60	5.10	40.83	1.35	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	5.24	6.25	
R-38	39.1	R-10	44.7	44.70	5.20	40.83	1.35	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	5.35	6.38	
R-39	38.5	R-37	45.4	45.40	5.90	40.83	1.35	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	6.09	7.24	
R-40	39.3	R-08	45.5	45.50	6.00	40.83	1.35	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	40.83	1.34	6.20	7.36	
p	37.00		37.00															
median			39.50															
NIQR	39.1	40.2	0.82															
average	40.23		40.23	40.23														
std		2.22		2.22														
new x*				39.50		39.67		39.68		39.68		39.68		39.68				
new s*				0.89		0.95		0.94		0.94		0.94		0.94				

표D-9. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line1, 15 MHz, QP 분석표

Lab	value	ascending order		iteration													z-score (13528)	z-score (43-1)
				0	1													
				del=1.5s*	0.89													
				x-delta	61.51													
				x+delta	63.29													
R-01	62.2	R-36	40.4	40.40	22.00	61.51	0.84	61.52	0.82	61.53	0.82	61.53	0.81	61.53	0.81		-36.66	-42.40
R-02	63.6	R-20	52.1	52.10	10.30	61.51	0.84	61.52	0.82	61.53	0.82	61.53	0.81	61.53	0.81		-17.19	-19.85
R-03	62.3	R-23	61.5	61.50	0.90	61.51	0.84	61.52	0.82	61.53	0.82	61.53	0.81	61.53	0.81		-1.55	-1.73
R-04	62.3	R-07	61.7	61.70	0.70	61.70	0.53	61.70	0.53	61.70	0.53	61.70	0.53	61.70	0.53		-1.22	-1.35
R-05	62.9	R-09	61.8	61.80	0.60	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40		-1.05	-1.16
R-06	63.7	R-12	61.8	61.80	0.60	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40		-1.05	-1.16
R-07	61.7	R-17	61.8	61.80	0.60	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40		-1.05	-1.16
R-08	62.9	R-29	61.8	61.80	0.60	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40	61.80	0.40		-1.05	-1.16
R-09	61.8	R-21	62.1	62.10	0.30	62.10	0.11	62.10	0.11	62.10	0.11	62.10	0.11	62.10	0.11		-0.55	-0.58
R-10	63.0	R-01	62.2	62.20	0.20	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05		-0.38	-0.39
R-11	63.0	R-38	62.2	62.20	0.20	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05		-0.38	-0.39
R-12	61.8	R-40	62.2	62.20	0.20	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05		-0.38	-0.39
R-13	62.8	R-03	62.3	62.30	0.10	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02		-0.22	-0.19
R-14	62.3	R-04	62.3	62.30	0.10	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02		-0.22	-0.19
R-15	64.2	R-14	62.3	62.30	0.10	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02		-0.22	-0.19
R-16	62.3	R-16	62.3	62.30	0.10	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02		-0.22	-0.19
R-17	61.8	R-22	62.3	62.30	0.10	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02		-0.22	-0.19
R-19	62.5	R-24	62.4	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00		-0.05	0.00
R-20	52.1	R-26	62.4	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00		-0.05	0.00
R-21	62.1	R-28	62.4	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00		-0.05	0.00
R-22	62.3	R-19	62.5	62.50	0.10	62.50	0.01	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00		0.12	0.19
R-23	61.5	R-33	62.5	62.50	0.10	62.50	0.01	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00		0.12	0.19
R-24	62.4	R-35	62.5	62.50	0.10	62.50	0.01	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00		0.12	0.19
R-26	62.4	R-37	62.5	62.50	0.10	62.50	0.01	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00		0.12	0.19
R-27	62.6	R-39	62.5	62.50	0.10	62.50	0.01	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00		0.12	0.19
R-28	62.4	R-27	62.6	62.60	0.20	62.60	0.03	62.60	0.03	62.60	0.03	62.60	0.03	62.60	0.03		0.28	0.39
R-29	61.8	R-13	62.8	62.80	0.40	62.80	0.14	62.80	0.14	62.80	0.14	62.80	0.14	62.80	0.14		0.61	0.77
R-30	63.4	R-05	62.9	62.90	0.50	62.90	0.22	62.90	0.22	62.90	0.22	62.90	0.22	62.90	0.22		0.78	0.96
R-32	63.4	R-08	62.9	62.90	0.50	62.90	0.22	62.90	0.22	62.90	0.22	62.90	0.22	62.90	0.22		0.78	0.96
R-33	62.5	R-34	62.9	62.90	0.50	62.90	0.22	62.90	0.22	62.90	0.22	62.90	0.22	62.90	0.22		0.78	0.96
R-34	62.9	R-10	63.0	63.00	0.60	63.00	0.33	63.00	0.32	63.00	0.32	63.00	0.32	63.00	0.32		0.95	1.16
R-35	62.5	R-11	63.0	63.00	0.60	63.00	0.33	63.00	0.32	63.00	0.32	63.00	0.32	63.00	0.32		0.95	1.16
R-36	40.4	R-30	63.4	63.40	1.00	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74		1.61	1.93
R-37	62.5	R-32	63.4	63.40	1.00	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74		1.61	1.93
R-38	62.2	R-02	63.6	63.60	1.20	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74		1.95	2.31
R-39	62.5	R-06	63.7	63.70	1.30	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74		2.11	2.51
R-40	62.2	R-15	64.2	64.20	1.80	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74	63.29	0.74		2.94	3.47
p	37.00		37.00															
median			62.40															
NIQR	62.2	62.9	0.52															
average	61.65		61.65	61.65														
std	4.02		4.02	4.02														
new x*				62.40		62.43		62.43		62.43		62.43		62.43				
new s*				0.59		0.60		0.60		0.60		0.60		0.60				

표D-10. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line1, 29 MHz, QP 분석표

Lab	value	ascending order		iteration												z-score (13528)	z-score (43-1)
				0		1		2		3		4		5			
				del=1.5s*		1.78		2.01		2.01		2.01		2.01			
				x-delta		61.82		61.52		61.52		61.52		61.52			
				x*delta		65.38		65.55		65.55		65.55		65.55			
R-01	61.7	R-20	53.0	53.00	10.60	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	-7.85	-8.94
R-02	64.5	R-36	57.4	57.40	6.20	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	-4.57	-5.23
R-03	64.7	R-12	61.1	61.10	2.50	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	-1.81	-2.11
R-04	63.6	R-07	61.2	61.20	2.40	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	-1.74	-2.02
R-05	63.6	R-23	61.5	61.50	2.10	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	-1.52	-1.77
R-06	64.4	R-01	61.7	61.70	1.90	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	-1.37	-1.60
R-07	61.2	R-22	61.7	61.70	1.90	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	-1.37	-1.60
R-08	64.7	R-29	61.8	61.80	1.80	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	61.82	2.94	-1.29	-1.52
R-09	63.4	R-14	62.6	62.60	1.00	62.60	0.87	62.60	0.87	62.60	0.87	62.60	0.87	62.60	0.87	-0.70	-0.84
R-10	64.1	R-15	62.8	62.80	0.80	62.80	0.54	62.80	0.54	62.80	0.54	62.80	0.54	62.80	0.54	-0.55	-0.67
R-11	65.4	R-40	62.8	62.80	0.80	62.80	0.54	62.80	0.54	62.80	0.54	62.80	0.54	62.80	0.54	-0.55	-0.67
R-12	61.1	R-16	62.9	62.90	0.70	62.90	0.40	62.90	0.40	62.90	0.40	62.90	0.40	62.90	0.40	-0.47	-0.59
R-13	63.5	R-38	63.0	63.00	0.60	63.00	0.29	63.00	0.29	63.00	0.29	63.00	0.29	63.00	0.29	-0.40	-0.51
R-14	62.6	R-17	63.3	63.30	0.30	63.30	0.05	63.30	0.05	63.30	0.05	63.30	0.05	63.30	0.05	-0.17	-0.25
R-15	62.8	R-09	63.4	63.40	0.20	63.40	0.02	63.40	0.02	63.40	0.02	63.40	0.02	63.40	0.02	-0.10	-0.17
R-16	62.9	R-19	63.4	63.40	0.20	63.40	0.02	63.40	0.02	63.40	0.02	63.40	0.02	63.40	0.02	-0.10	-0.17
R-17	63.3	R-13	63.5	63.50	0.10	63.50	0.00	63.50	0.00	63.50	0.00	63.50	0.00	63.50	0.00	-0.03	-0.08
R-19	63.4	R-04	63.6	63.60	0.00	63.60	0.00	63.60	0.00	63.60	0.00	63.60	0.00	63.60	0.00	0.05	0.00
R-20	53.0	R-05	63.6	63.60	0.00	63.60	0.00	63.60	0.00	63.60	0.00	63.60	0.00	63.60	0.00	0.05	0.00
R-21	64.1	R-39	63.7	63.70	0.10	63.70	0.03	63.70	0.03	63.70	0.03	63.70	0.03	63.70	0.03	0.12	0.08
R-22	61.7	R-24	63.8	63.80	0.20	63.80	0.07	63.80	0.07	63.80	0.07	63.80	0.07	63.80	0.07	0.20	0.17
R-23	61.5	R-32	63.8	63.80	0.20	63.80	0.07	63.80	0.07	63.80	0.07	63.80	0.07	63.80	0.07	0.20	0.17
R-24	63.8	R-33	63.8	63.80	0.20	63.80	0.07	63.80	0.07	63.80	0.07	63.80	0.07	63.80	0.07	0.20	0.17
R-26	71.5	R-37	64.0	64.00	0.40	64.00	0.22	64.00	0.22	64.00	0.22	64.00	0.22	64.00	0.22	0.35	0.34
R-27	64.1	R-10	64.1	64.10	0.50	64.10	0.32	64.10	0.32	64.10	0.32	64.10	0.32	64.10	0.32	0.42	0.42
R-28	65.5	R-21	64.1	64.10	0.50	64.10	0.32	64.10	0.32	64.10	0.32	64.10	0.32	64.10	0.32	0.42	0.42
R-29	61.8	R-27	64.1	64.10	0.50	64.10	0.32	64.10	0.32	64.10	0.32	64.10	0.32	64.10	0.32	0.42	0.42
R-30	66.4	R-06	64.4	64.40	0.80	64.40	0.75	64.40	0.75	64.40	0.75	64.40	0.75	64.40	0.75	0.65	0.67
R-32	63.8	R-02	64.5	64.50	0.90	64.50	0.93	64.50	0.93	64.50	0.93	64.50	0.93	64.50	0.93	0.72	0.76
R-33	63.8	R-03	64.7	64.70	1.10	64.70	1.36	64.70	1.36	64.70	1.36	64.70	1.36	64.70	1.36	0.87	0.93
R-34	64.7	R-08	64.7	64.70	1.10	64.70	1.36	64.70	1.36	64.70	1.36	64.70	1.36	64.70	1.36	0.87	0.93
R-35	65.5	R-34	64.7	64.70	1.10	64.70	1.36	64.70	1.36	64.70	1.36	64.70	1.36	64.70	1.36	0.87	0.93
R-36	57.4	R-11	65.4	65.40	1.80	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	1.39	1.52
R-37	64.0	R-28	65.5	65.50	1.90	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	1.46	1.60
R-38	63.0	R-35	65.5	65.50	1.90	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	1.46	1.60
R-39	63.7	R-30	66.4	66.40	2.80	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	2.14	2.36
R-40	62.8	R-26	71.5	71.50	7.90	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	65.38	3.41	5.93	6.66
p	37.00		37.00														
median			63.60														
NIQR	62.8	64.4	1.19														
average	63.32		63.32	63.32													
std	2.71		2.71	2.71													
new x*				63.60		63.53		63.53		63.53		63.53		63.53			
new s*				1.19		1.34		1.34		1.34		1.34		1.34			

표D-11. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line2, 0.5 MHz, Ave 분석표

Lab	value	ascending order		iteration		1		2		3		4		5		z-score (13528)	z-score (43-1)				
				0																	
				del=1.5s*	0.89													0.84	0.81	0.80	0.80
				x-delta	69.01													69.07	69.09	69.11	69.11
x+delta	70.79	70.75	70.72	70.71	70.71																
R-01	69.7	R-20	59.8	59.80	10.10	69.01	0.81	69.07	0.71	69.09	0.66	69.11	0.64	69.11	0.63	-19.11	-19.46				
R-02	69.8	R-36	68.6	68.60	1.30	69.01	0.81	69.07	0.71	69.09	0.66	69.11	0.64	69.11	0.63	-2.48	-2.51				
R-03	69.8	R-29	69.0	69.00	0.90	69.01	0.81	69.07	0.71	69.09	0.66	69.11	0.64	69.11	0.63	-1.72	-1.73				
R-04	69.9	R-17	69.3	69.30	0.60	69.30	0.37	69.30	0.37	69.30	0.37	69.30	0.37	69.30	0.37	-1.15	-1.16				
R-05	70.1	R-38	69.3	69.30	0.60	69.30	0.37	69.30	0.37	69.30	0.37	69.30	0.37	69.30	0.37	-1.15	-1.16				
R-06	71.1	R-32	69.4	69.40	0.50	69.40	0.26	69.40	0.26	69.40	0.26	69.40	0.26	69.40	0.26	-0.96	-0.96				
R-07	70.2	R-39	69.4	69.40	0.50	69.40	0.26	69.40	0.26	69.40	0.26	69.40	0.26	69.40	0.26	-0.96	-0.96				
R-08	70.3	R-21	69.5	69.50	0.40	69.50	0.17	69.50	0.17	69.50	0.17	69.50	0.17	69.50	0.17	-0.77	-0.77				
R-09	69.6	R-40	69.5	69.50	0.40	69.50	0.17	69.50	0.17	69.50	0.17	69.50	0.17	69.50	0.17	-0.77	-0.77				
R-10	69.7	R-09	69.6	69.60	0.30	69.60	0.09	69.60	0.10	69.60	0.10	69.60	0.10	69.60	0.10	-0.59	-0.58				
R-11	70.3	R-01	69.7	69.70	0.20	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	-0.40	-0.39				
R-12	69.9	R-10	69.7	69.70	0.20	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	-0.40	-0.39				
R-13	69.9	R-19	69.7	69.70	0.20	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	-0.40	-0.39				
R-14	70.0	R-22	69.7	69.70	0.20	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	-0.40	-0.39				
R-15	71.0	R-34	69.7	69.70	0.20	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	69.70	0.04	-0.40	-0.39				
R-16	70.5	R-02	69.8	69.80	0.10	69.80	0.01	69.80	0.01	69.80	0.01	69.80	0.01	69.80	0.01	-0.21	-0.19				
R-17	69.3	R-03	69.8	69.80	0.10	69.80	0.01	69.80	0.01	69.80	0.01	69.80	0.01	69.80	0.01	-0.21	-0.19				
R-19	69.7	R-04	69.9	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	-0.02	0.00				
R-20	59.8	R-12	69.9	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	-0.02	0.00				
R-21	69.5	R-13	69.9	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	-0.02	0.00				
R-22	69.7	R-26	69.9	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	69.90	0.00	-0.02	0.00				
R-23	70.0	R-14	70.0	70.00	0.10	70.00	0.01	70.00	0.01	70.00	0.01	70.00	0.01	70.00	0.01	0.17	0.19				
R-24	70.4	R-23	70.0	70.00	0.10	70.00	0.01	70.00	0.01	70.00	0.01	70.00	0.01	70.00	0.01	0.17	0.19				
R-26	69.9	R-05	70.1	70.10	0.20	70.10	0.04	70.10	0.04	70.10	0.04	70.10	0.04	70.10	0.04	0.36	0.39				
R-27	70.4	R-33	70.1	70.10	0.20	70.10	0.04	70.10	0.04	70.10	0.04	70.10	0.04	70.10	0.04	0.36	0.39				
R-28	70.3	R-07	70.2	70.20	0.30	70.20	0.09	70.20	0.08	70.20	0.08	70.20	0.08	70.20	0.08	0.55	0.58				
R-29	69.0	R-08	70.3	70.30	0.40	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	0.74	0.77				
R-30	70.6	R-11	70.3	70.30	0.40	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	0.74	0.77				
R-32	69.4	R-28	70.3	70.30	0.40	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	0.74	0.77				
R-33	70.1	R-35	70.3	70.30	0.40	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	70.30	0.15	0.74	0.77				
R-34	69.7	R-24	70.4	70.40	0.50	70.40	0.24	70.40	0.24	70.40	0.24	70.40	0.24	70.40	0.24	0.93	0.96				
R-35	70.3	R-27	70.4	70.40	0.50	70.40	0.24	70.40	0.24	70.40	0.24	70.40	0.24	70.40	0.24	0.93	0.96				
R-36	68.6	R-16	70.5	70.50	0.60	70.50	0.35	70.50	0.35	70.50	0.35	70.50	0.35	70.50	0.35	1.12	1.16				
R-37	71.0	R-30	70.6	70.60	0.70	70.60	0.48	70.60	0.48	70.60	0.48	70.60	0.48	70.60	0.48	1.31	1.35				
R-38	69.3	R-15	71.0	71.00	1.10	70.79	0.78	70.75	0.70	70.72	0.66	70.71	0.64	70.71	0.63	2.06	2.12				
R-39	69.4	R-37	71.0	71.00	1.10	70.79	0.78	70.75	0.70	70.72	0.66	70.71	0.64	70.71	0.63	2.06	2.12				
R-40	69.5	R-06	71.1	71.10	1.20	70.79	0.78	70.75	0.70	70.72	0.66	70.71	0.64	70.71	0.63	2.25	2.31				
p	37.00		37.00																		
median			69.90																		
NIQR	69.6	70.3	0.52																		
average	69.67		69.67	69.67																	
std	1.75		1.75	1.75																	
new x*				69.90		69.91		69.91		69.91		69.91		69.91							
new s*				0.59		0.56		0.54		0.53		0.53		0.53							

표D-12. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line2, 15 MHz, Ave 분석표

Lab	value	ascending order		iteration										z-score (13528)	z-score (43-1)		
				0		1	2		3		4		5				
				del=1.5s*		0.89	0.91		0.90		0.90		0.90				
				x-delta		63.21	63.23		63.24		63.24		63.24				
				x+delta		64.99	65.04		65.04		65.04		65.04				
R-01	63.8	R-20	52.9	52.90	11.20	63.21	0.86	63.23	0.83	63.24	0.81	63.24	0.81	63.24	0.81	-18.79	-25.18
R-02	65.6	R-29	63.0	63.00	1.10	63.21	0.86	63.23	0.83	63.24	0.81	63.24	0.81	63.24	0.81	-1.90	-2.47
R-03	64.1	R-38	63.0	63.00	1.10	63.21	0.86	63.23	0.83	63.24	0.81	63.24	0.81	63.24	0.81	-1.90	-2.47
R-04	64.1	R-35	63.2	63.20	0.90	63.21	0.86	63.23	0.83	63.24	0.81	63.24	0.81	63.24	0.81	-1.57	-2.02
R-05	64.5	R-23	63.4	63.40	0.70	63.40	0.54	63.40	0.54	63.40	0.54	63.40	0.55	63.40	0.55	-1.23	-1.57
R-06	65.4	R-26	63.6	63.60	0.50	63.60	0.29	63.60	0.29	63.60	0.29	63.60	0.29	63.60	0.29	-0.90	-1.12
R-07	64.5	R-40	63.6	63.60	0.50	63.60	0.29	63.60	0.29	63.60	0.29	63.60	0.29	63.60	0.29	-0.90	-1.12
R-08	64.6	R-09	63.7	63.70	0.40	63.70	0.19	63.70	0.19	63.70	0.19	63.70	0.19	63.70	0.19	-0.73	-0.90
R-09	63.7	R-01	63.8	63.80	0.30	63.80	0.11	63.80	0.11	63.80	0.11	63.80	0.11	63.80	0.11	-0.57	-0.67
R-10	64.5	R-16	63.9	63.90	0.20	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	-0.40	-0.45
R-11	64.5	R-17	63.9	63.90	0.20	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	-0.40	-0.45
R-12	64.1	R-21	63.9	63.90	0.20	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	-0.40	-0.45
R-13	64.3	R-22	63.9	63.90	0.20	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	-0.40	-0.45
R-14	64.6	R-28	63.9	63.90	0.20	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	-0.40	-0.45
R-15	64.6	R-34	63.9	63.90	0.20	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	63.90	0.06	-0.40	-0.45
R-16	63.9	R-19	64.0	64.00	0.10	64.00	0.02	64.00	0.02	64.00	0.02	64.00	0.02	64.00	0.02	-0.23	-0.22
R-17	63.9	R-39	64.0	64.00	0.10	64.00	0.02	64.00	0.02	64.00	0.02	64.00	0.02	64.00	0.02	-0.23	-0.22
R-19	64.0	R-03	64.1	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	-0.06	0.00
R-20	52.9	R-04	64.1	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	-0.06	0.00
R-21	63.9	R-12	64.1	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	-0.06	0.00
R-22	63.9	R-24	64.1	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	64.10	0.00	-0.06	0.00
R-23	63.4	R-13	64.3	64.30	0.20	64.30	0.03	64.30	0.03	64.30	0.03	64.30	0.03	64.30	0.03	0.27	0.45
R-24	64.1	R-32	64.3	64.30	0.20	64.30	0.03	64.30	0.03	64.30	0.03	64.30	0.03	64.30	0.03	0.27	0.45
R-26	63.6	R-33	64.4	64.40	0.30	64.40	0.07	64.40	0.07	64.40	0.07	64.40	0.07	64.40	0.07	0.44	0.67
R-27	64.6	R-05	64.5	64.50	0.40	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	0.60	0.90
R-28	63.9	R-07	64.5	64.50	0.40	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	0.60	0.90
R-29	63.0	R-10	64.5	64.50	0.40	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	0.60	0.90
R-30	65.1	R-11	64.5	64.50	0.40	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	64.50	0.13	0.60	0.90
R-32	64.3	R-08	64.6	64.60	0.50	64.60	0.22	64.60	0.21	64.60	0.21	64.60	0.21	64.60	0.21	0.77	1.12
R-33	64.4	R-14	64.6	64.60	0.50	64.60	0.22	64.60	0.21	64.60	0.21	64.60	0.21	64.60	0.21	0.77	1.12
R-34	63.9	R-15	64.6	64.60	0.50	64.60	0.22	64.60	0.21	64.60	0.21	64.60	0.21	64.60	0.21	0.77	1.12
R-35	63.2	R-27	64.6	64.60	0.50	64.60	0.22	64.60	0.21	64.60	0.21	64.60	0.21	64.60	0.21	0.77	1.12
R-36	65.2	R-37	64.9	64.90	0.80	64.90	0.59	64.90	0.58	64.90	0.58	64.90	0.58	64.90	0.58	1.27	1.80
R-37	64.9	R-30	65.1	65.10	1.00	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.72	1.61	2.25
R-38	63.0	R-36	65.2	65.20	1.10	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.72	1.77	2.47
R-39	64.0	R-06	65.4	65.40	1.30	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.72	2.11	2.92
R-40	63.6	R-02	65.6	65.60	1.50	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.73	64.99	0.72	2.44	3.37
p	37.00		37.00														
median			64.10														
NIQR	63.9	64.5	0.44														
average	63.88		63.88	63.88													
std	1.95		1.95	1.95													
new x*				64.10		64.14		64.14		64.14		64.14		64.14			
new s*				0.59		0.60		0.60		0.60		0.60		0.60			

표D-13. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line2, 29 MHz, Ave 분석표

Lab	value	ascending order				iteration												z-score (13528)	z-score (43-1)
						0	1			2		3		4		5			
						del=1.5s*	0.89			1.02		1.02		1.02		1.02			
						x-delta	61.61			61.43		61.43		61.43		61.43			
						x+delta	63.39			63.47		63.47		63.47		63.47			
R-01	61.4	R-20	51.3	51.30	11.20	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	-16.41	-15.11
R-02	62.3	R-17	60.8	60.80	1.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	-2.42	-2.29
R-03	61.4	R-38	61.1	61.10	1.40	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	-1.98	-1.89
R-04	61.6	R-07	61.2	61.20	1.30	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	-1.84	-1.75
R-05	62.9	R-13	61.2	61.20	1.30	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	-1.84	-1.75
R-06	63.7	R-23	61.2	61.20	1.30	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	-1.84	-1.75
R-07	61.2	R-01	61.4	61.40	1.10	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	-1.54	-1.48
R-08	62.5	R-03	61.4	61.40	1.10	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	-1.54	-1.48
R-09	62.1	R-04	61.6	61.60	0.90	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	61.61	0.70	-1.25	-1.21
R-10	62.7	R-40	61.9	61.90	0.60	61.90	0.30	61.90	0.30	61.90	0.30	61.90	0.30	61.90	0.30	61.90	0.30	-0.81	-0.81
R-11	63.2	R-09	62.1	62.10	0.40	62.10	0.12	62.10	0.12	62.10	0.12	62.10	0.12	62.10	0.12	62.10	0.12	-0.51	-0.54
R-12	63.0	R-19	62.2	62.20	0.30	62.20	0.06	62.20	0.06	62.20	0.06	62.20	0.06	62.20	0.06	62.20	0.06	-0.36	-0.40
R-13	61.2	R-02	62.3	62.30	0.20	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	-0.22	-0.27
R-14	62.7	R-28	62.3	62.30	0.20	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	-0.22	-0.27
R-15	62.7	R-34	62.3	62.30	0.20	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	62.30	0.02	-0.22	-0.27
R-16	62.9	R-22	62.4	62.40	0.10	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	-0.07	-0.13
R-17	60.8	R-24	62.4	62.40	0.10	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	-0.07	-0.13
R-19	62.2	R-39	62.4	62.40	0.10	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	62.40	0.00	-0.07	-0.13
R-20	51.3	R-08	62.5	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00	62.50	0.00	0.08	0.00
R-21	62.8	R-26	62.6	62.60	0.10	62.60	0.02	62.60	0.02	62.60	0.02	62.60	0.02	62.60	0.02	62.60	0.02	0.22	0.13
R-22	62.4	R-10	62.7	62.70	0.20	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	0.37	0.27
R-23	61.2	R-14	62.7	62.70	0.20	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	0.37	0.27
R-24	62.4	R-15	62.7	62.70	0.20	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	0.37	0.27
R-26	62.6	R-27	62.7	62.70	0.20	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	0.37	0.27
R-27	62.7	R-32	62.7	62.70	0.20	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	62.70	0.06	0.37	0.27
R-28	62.3	R-21	62.8	62.80	0.30	62.80	0.12	62.80	0.12	62.80	0.12	62.80	0.12	62.80	0.12	62.80	0.12	0.52	0.40
R-29	62.8	R-29	62.8	62.80	0.30	62.80	0.12	62.80	0.12	62.80	0.12	62.80	0.12	62.80	0.12	62.80	0.12	0.52	0.40
R-30	63.5	R-05	62.9	62.90	0.40	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	0.67	0.54
R-32	62.7	R-16	62.9	62.90	0.40	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	0.67	0.54
R-33	63.1	R-37	62.9	62.90	0.40	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	62.90	0.20	0.67	0.54
R-34	62.3	R-12	63.0	63.00	0.50	63.00	0.31	63.00	0.31	63.00	0.31	63.00	0.31	63.00	0.31	63.00	0.31	0.81	0.67
R-35	63.8	R-33	63.1	63.10	0.60	63.10	0.43	63.10	0.43	63.10	0.43	63.10	0.43	63.10	0.43	63.10	0.43	0.96	0.81
R-36	63.9	R-11	63.2	63.20	0.70	63.20	0.57	63.20	0.57	63.20	0.57	63.20	0.57	63.20	0.57	63.20	0.57	1.11	0.94
R-37	62.9	R-30	63.5	63.50	1.00	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	1.55	1.35
R-38	61.1	R-06	63.7	63.70	1.20	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	1.84	1.62
R-39	62.4	R-35	63.8	63.80	1.30	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	1.99	1.75
R-40	61.9	R-36	63.9	63.90	1.40	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	63.39	0.89	2.14	1.89
p	37.00		37.00																
median			62.50																
NIQR	61.9	62.9	0.74																
average	62.12		62.12	62.12															
std	1.99		1.99	1.99															
new x*				62.50		62.45		62.45		62.45		62.45		62.45		62.45			
new s*				0.59		0.68		0.68		0.68		0.68		0.68		0.68			

표D-14. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line2, 0.5 MHz, QP 분석표

Lab	value	ascending order		iteration													z-score (13528)	z-score (43-1)
				0	1													
				del=1.5s*	0.67													
				x-delta	74.73													
				x+delta	76.07													
R-01	75.1	R-20	66.0	66.00	9.40	74.73	0.57	74.84	0.43	74.86	0.41	74.86	0.40	74.86	0.40		-22.49	-21.13
R-02	75.3	R-36	74.8	74.80	0.60	74.80	0.47	74.84	0.43	74.86	0.41	74.86	0.40	74.86	0.40		-1.64	-1.35
R-03	75.3	R-07	75.0	75.00	0.40	75.00	0.24	75.00	0.24	75.00	0.24	75.00	0.24	75.00	0.24		-1.17	-0.90
R-04	75.4	R-21	75.0	75.00	0.40	75.00	0.24	75.00	0.24	75.00	0.24	75.00	0.24	75.00	0.24		-1.17	-0.90
R-05	75.7	R-39	75.0	75.00	0.40	75.00	0.24	75.00	0.24	75.00	0.24	75.00	0.24	75.00	0.24		-1.17	-0.90
R-06	76.5	R-01	75.1	75.10	0.30	75.10	0.15	75.10	0.15	75.10	0.15	75.10	0.15	75.10	0.15		-0.93	-0.67
R-07	75.0	R-40	75.1	75.10	0.30	75.10	0.15	75.10	0.15	75.10	0.15	75.10	0.15	75.10	0.15		-0.93	-0.67
R-08	75.9	R-09	75.2	75.20	0.20	75.20	0.08	75.20	0.09	75.20	0.09	75.20	0.09	75.20	0.09		-0.70	-0.45
R-09	75.2	R-32	75.2	75.20	0.20	75.20	0.08	75.20	0.09	75.20	0.09	75.20	0.09	75.20	0.09		-0.70	-0.45
R-10	75.3	R-33	75.2	75.20	0.20	75.20	0.08	75.20	0.09	75.20	0.09	75.20	0.09	75.20	0.09		-0.70	-0.45
R-11	76.1	R-02	75.3	75.30	0.10	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04		-0.46	-0.22
R-12	75.4	R-03	75.3	75.30	0.10	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04		-0.46	-0.22
R-13	75.5	R-10	75.3	75.30	0.10	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04		-0.46	-0.22
R-14	75.4	R-17	75.3	75.30	0.10	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04		-0.46	-0.22
R-15	77.3	R-19	75.3	75.30	0.10	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04		-0.46	-0.22
R-16	75.8	R-22	75.3	75.30	0.10	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04	75.30	0.04		-0.46	-0.22
R-17	75.3	R-04	75.4	75.40	0.00	75.40	0.01	75.40	0.01	75.40	0.01	75.40	0.01	75.40	0.01		-0.22	0.00
R-19	75.3	R-12	75.4	75.40	0.00	75.40	0.01	75.40	0.01	75.40	0.01	75.40	0.01	75.40	0.01		-0.22	0.00
R-20	66.0	R-14	75.4	75.40	0.00	75.40	0.01	75.40	0.01	75.40	0.01	75.40	0.01	75.40	0.01		-0.22	0.00
R-21	75.0	R-13	75.5	75.50	0.10	75.50	0.00	75.50	0.00	75.50	0.00	75.50	0.00	75.50	0.00		0.02	0.22
R-22	75.3	R-23	75.5	75.50	0.10	75.50	0.00	75.50	0.00	75.50	0.00	75.50	0.00	75.50	0.00		0.02	0.22
R-23	75.5	R-26	75.6	75.60	0.20	75.60	0.01	75.60	0.01	75.60	0.01	75.60	0.01	75.60	0.01		0.25	0.45
R-24	75.9	R-29	75.6	75.60	0.20	75.60	0.01	75.60	0.01	75.60	0.01	75.60	0.01	75.60	0.01		0.25	0.45
R-26	75.6	R-38	75.6	75.60	0.20	75.60	0.01	75.60	0.01	75.60	0.01	75.60	0.01	75.60	0.01		0.25	0.45
R-27	76.1	R-05	75.7	75.70	0.30	75.70	0.04	75.70	0.04	75.70	0.04	75.70	0.04	75.70	0.04		0.49	0.67
R-28	76.1	R-35	75.7	75.70	0.30	75.70	0.04	75.70	0.04	75.70	0.04	75.70	0.04	75.70	0.04		0.49	0.67
R-29	75.6	R-16	75.8	75.80	0.40	75.80	0.10	75.80	0.09	75.80	0.09	75.80	0.09	75.80	0.09		0.73	0.90
R-30	76.0	R-34	75.8	75.80	0.40	75.80	0.10	75.80	0.09	75.80	0.09	75.80	0.09	75.80	0.09		0.73	0.90
R-32	75.2	R-37	75.8	75.80	0.40	75.80	0.10	75.80	0.09	75.80	0.09	75.80	0.09	75.80	0.09		0.73	0.90
R-33	75.2	R-08	75.9	75.90	0.50	75.90	0.17	75.90	0.17	75.90	0.17	75.90	0.17	75.90	0.17		0.96	1.12
R-34	75.8	R-24	75.9	75.90	0.50	75.90	0.17	75.90	0.17	75.90	0.17	75.90	0.17	75.90	0.17		0.96	1.12
R-35	75.7	R-30	76.0	76.00	0.60	76.00	0.26	76.00	0.26	76.00	0.26	76.00	0.26	76.00	0.26		1.20	1.35
R-36	74.8	R-11	76.1	76.10	0.70	76.07	0.34	76.07	0.33	76.07	0.33	76.07	0.33	76.07	0.33		1.44	1.57
R-37	75.8	R-27	76.1	76.10	0.70	76.07	0.34	76.07	0.33	76.07	0.33	76.07	0.33	76.07	0.33		1.44	1.57
R-38	75.6	R-28	76.1	76.10	0.70	76.07	0.34	76.07	0.33	76.07	0.33	76.07	0.33	76.07	0.33		1.44	1.57
R-39	75.0	R-06	76.5	76.50	1.10	76.07	0.34	76.07	0.33	76.07	0.33	76.07	0.33	76.07	0.33		2.38	2.47
R-40	75.1	R-15	77.3	77.30	1.90	76.07	0.34	76.07	0.33	76.07	0.33	76.07	0.33	76.07	0.33		4.28	4.27
p	37.00		37.00															
median			75.40															
NIQR	75.2	75.8	0.44															
average	75.30		75.30	75.30														
std	1.64		1.64	1.64														
new x*				75.40		75.49		75.49		75.49		75.49		75.49				
new s*				0.44		0.43		0.42		0.42		0.42		0.42				

표D-15. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line2, 15 MHz, QP 분석표

Lab	value	ascending order		iteration										z-score (13528)	z-score (43-1)		
				0		1	2		3		4		5				
				del=1.5s*		0.89	0.92		0.91		0.91		0.91				
				x-delta		68.81	68.85		68.87		68.87		68.87				
x+delta		70.59	70.70		70.69		70.69		70.69								
R-01	70.2	R-20	59.0	59.00	10.70	68.81	0.93	68.85	0.86	68.87	0.84	68.87	0.83	68.87	0.83	-17.81	-18.04
R-02	71.2	R-35	68.4	68.40	1.30	68.81	0.93	68.85	0.86	68.87	0.84	68.87	0.83	68.87	0.83	-2.28	-2.19
R-03	69.7	R-29	68.7	68.70	1.00	68.81	0.93	68.85	0.86	68.87	0.84	68.87	0.83	68.87	0.83	-1.78	-1.69
R-04	69.5	R-23	69.1	69.10	0.60	69.10	0.46	69.10	0.46	69.10	0.46	69.10	0.46	69.10	0.46	-1.12	-1.01
R-05	70.2	R-32	69.1	69.10	0.60	69.10	0.46	69.10	0.46	69.10	0.46	69.10	0.46	69.10	0.46	-1.12	-1.01
R-06	71.0	R-07	69.2	69.20	0.50	69.20	0.33	69.20	0.33	69.20	0.34	69.20	0.34	69.20	0.34	-0.96	-0.84
R-07	69.2	R-40	69.2	69.20	0.50	69.20	0.33	69.20	0.33	69.20	0.34	69.20	0.34	69.20	0.34	-0.96	-0.84
R-08	70.3	R-09	69.3	69.30	0.40	69.30	0.23	69.30	0.23	69.30	0.23	69.30	0.23	69.30	0.23	-0.79	-0.67
R-09	69.3	R-38	69.3	69.30	0.40	69.30	0.23	69.30	0.23	69.30	0.23	69.30	0.23	69.30	0.23	-0.79	-0.67
R-10	69.9	R-21	69.4	69.40	0.30	69.40	0.14	69.40	0.14	69.40	0.14	69.40	0.14	69.40	0.14	-0.63	-0.51
R-11	70.2	R-04	69.5	69.50	0.20	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	-0.46	-0.34
R-12	69.5	R-12	69.5	69.50	0.20	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	-0.46	-0.34
R-13	70.0	R-22	69.5	69.50	0.20	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	-0.46	-0.34
R-14	70.0	R-26	69.5	69.50	0.20	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	69.50	0.08	-0.46	-0.34
R-15	70.8	R-24	69.6	69.60	0.10	69.60	0.03	69.60	0.03	69.60	0.03	69.60	0.03	69.60	0.03	-0.30	-0.17
R-16	70.9	R-39	69.6	69.60	0.10	69.60	0.03	69.60	0.03	69.60	0.03	69.60	0.03	69.60	0.03	-0.30	-0.17
R-17	69.7	R-03	69.7	69.70	0.00	69.70	0.01	69.70	0.01	69.70	0.01	69.70	0.01	69.70	0.01	-0.13	0.00
R-19	69.7	R-17	69.7	69.70	0.00	69.70	0.01	69.70	0.01	69.70	0.01	69.70	0.01	69.70	0.01	-0.13	0.00
R-20	59.0	R-19	69.7	69.70	0.00	69.70	0.01	69.70	0.01	69.70	0.01	69.70	0.01	69.70	0.01	-0.13	0.00
R-21	69.4	R-33	69.8	69.80	0.10	69.80	0.00	69.80	0.00	69.80	0.00	69.80	0.00	69.80	0.00	0.03	0.17
R-22	69.5	R-37	69.8	69.80	0.10	69.80	0.00	69.80	0.00	69.80	0.00	69.80	0.00	69.80	0.00	0.03	0.17
R-23	69.1	R-10	69.9	69.90	0.20	69.90	0.02	69.90	0.01	69.90	0.01	69.90	0.01	69.90	0.01	0.20	0.34
R-24	69.6	R-13	70.0	70.00	0.30	70.00	0.05	70.00	0.05	70.00	0.05	70.00	0.05	70.00	0.05	0.36	0.51
R-26	69.5	R-14	70.0	70.00	0.30	70.00	0.05	70.00	0.05	70.00	0.05	70.00	0.05	70.00	0.05	0.36	0.51
R-27	70.3	R-28	70.1	70.10	0.40	70.10	0.11	70.10	0.10	70.10	0.10	70.10	0.10	70.10	0.10	0.53	0.67
R-28	70.1	R-34	70.1	70.10	0.40	70.10	0.11	70.10	0.10	70.10	0.10	70.10	0.10	70.10	0.10	0.53	0.67
R-29	68.7	R-01	70.2	70.20	0.50	70.20	0.18	70.20	0.18	70.20	0.18	70.20	0.18	70.20	0.18	0.69	0.84
R-30	70.5	R-05	70.2	70.20	0.50	70.20	0.18	70.20	0.18	70.20	0.18	70.20	0.18	70.20	0.18	0.69	0.84
R-32	69.1	R-11	70.2	70.20	0.50	70.20	0.18	70.20	0.18	70.20	0.18	70.20	0.18	70.20	0.18	0.69	0.84
R-33	69.8	R-08	70.3	70.30	0.60	70.30	0.28	70.30	0.27	70.30	0.27	70.30	0.27	70.30	0.27	0.86	1.01
R-34	70.1	R-27	70.3	70.30	0.60	70.30	0.28	70.30	0.27	70.30	0.27	70.30	0.27	70.30	0.27	0.86	1.01
R-35	68.4	R-30	70.5	70.50	0.80	70.50	0.53	70.50	0.52	70.50	0.52	70.50	0.52	70.50	0.52	1.19	1.35
R-36	71.4	R-15	70.8	70.80	1.10	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	1.68	1.85
R-37	69.8	R-16	70.9	70.90	1.20	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	1.85	2.02
R-38	69.3	R-06	71.0	71.00	1.30	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	2.02	2.19
R-39	69.6	R-02	71.2	71.20	1.50	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	2.35	2.53
R-40	69.2	R-36	71.4	71.40	1.70	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	70.59	0.66	2.68	2.87
p	37.00		37.00														
median			69.70														
NIQR	69.4	70.2	0.59														
average	69.56		69.56	69.56													
std	1.90		1.90	1.90													
new x*				69.70		69.78		69.78		69.78		69.78		69.78			
new s*				0.59		0.62		0.61		0.61		0.61		0.61			

표D-16. ISO13528과 ISO43-1간의 전도성장해 Line2, 29 MHz, QP 분석표

Lab	value	ascending order		iteration											z-score (13528)	z-score (43-1)	
				0	1		2		3		4		5				
				del=1.5s*	1.33		1.36		1.33		1.33		1.33				
				x-delta	66.77		66.59		66.60		66.61		66.61				
				x+delta	69.43		69.30		69.27		69.26		69.26				
R-01	66.9	R-20	57.4	57.40	10.70	66.77	1.39	66.77	1.37	66.77	1.37	66.77	1.37	66.77	1.37	-11.92	-14.43
R-02	67.9	R-07	65.9	65.90	2.20	66.77	1.39	66.77	1.37	66.77	1.37	66.77	1.37	66.77	1.37	-2.30	-2.97
R-03	67.0	R-09	66.6	66.60	1.50	66.77	1.39	66.77	1.37	66.77	1.37	66.77	1.37	66.77	1.37	-1.51	-2.02
R-04	67.1	R-13	66.6	66.60	1.50	66.77	1.39	66.77	1.37	66.77	1.37	66.77	1.37	66.77	1.37	-1.51	-2.02
R-05	68.5	R-23	66.6	66.60	1.50	66.77	1.39	66.77	1.37	66.77	1.37	66.77	1.37	66.77	1.37	-1.51	-2.02
R-06	69.2	R-17	66.8	66.80	1.30	66.80	1.31	66.80	1.29	66.80	1.29	66.80	1.29	66.80	1.29	-1.28	-1.75
R-07	65.9	R-01	66.9	66.90	1.20	66.90	1.09	66.90	1.07	66.90	1.07	66.90	1.07	66.90	1.07	-1.17	-1.62
R-08	68.2	R-03	67.0	67.00	1.10	67.00	0.89	67.00	0.88	67.00	0.87	67.00	0.87	67.00	0.87	-1.06	-1.48
R-09	66.6	R-04	67.1	67.10	1.00	67.10	0.71	67.10	0.70	67.10	0.70	67.10	0.70	67.10	0.70	-0.94	-1.35
R-10	68.1	R-38	67.4	67.40	0.70	67.40	0.29	67.40	0.29	67.40	0.29	67.40	0.28	67.40	0.28	-0.60	-0.94
R-11	68.8	R-16	67.5	67.50	0.60	67.50	0.20	67.50	0.19	67.50	0.19	67.50	0.19	67.50	0.19	-0.49	-0.81
R-12	68.5	R-28	67.5	67.50	0.60	67.50	0.20	67.50	0.19	67.50	0.19	67.50	0.19	67.50	0.19	-0.49	-0.81
R-13	66.6	R-40	67.5	67.50	0.60	67.50	0.20	67.50	0.19	67.50	0.19	67.50	0.19	67.50	0.19	-0.49	-0.81
R-14	68.2	R-19	67.8	67.80	0.30	67.80	0.02	67.80	0.02	67.80	0.02	67.80	0.02	67.80	0.02	-0.15	-0.40
R-15	68.7	R-24	67.8	67.80	0.30	67.80	0.02	67.80	0.02	67.80	0.02	67.80	0.02	67.80	0.02	-0.15	-0.40
R-16	67.5	R-37	67.8	67.80	0.30	67.80	0.02	67.80	0.02	67.80	0.02	67.80	0.02	67.80	0.02	-0.15	-0.40
R-17	66.8	R-02	67.9	67.90	0.20	67.90	0.00	67.90	0.00	67.90	0.00	67.90	0.00	67.90	0.00	-0.04	-0.27
R-19	67.8	R-39	68.0	68.00	0.10	68.00	0.00	68.00	0.00	68.00	0.00	68.00	0.00	68.00	0.00	0.08	-0.13
R-20	57.4	R-10	68.1	68.10	0.00	68.10	0.02	68.10	0.03	68.10	0.03	68.10	0.03	68.10	0.03	0.19	0.00
R-21	68.3	R-22	68.1	68.10	0.00	68.10	0.02	68.10	0.03	68.10	0.03	68.10	0.03	68.10	0.03	0.19	0.00
R-22	68.1	R-08	68.2	68.20	0.10	68.20	0.07	68.20	0.07	68.20	0.07	68.20	0.07	68.20	0.07	0.30	0.13
R-23	66.6	R-14	68.2	68.20	0.10	68.20	0.07	68.20	0.07	68.20	0.07	68.20	0.07	68.20	0.07	0.30	0.13
R-24	67.8	R-21	68.3	68.30	0.20	68.30	0.13	68.30	0.13	68.30	0.13	68.30	0.13	68.30	0.13	0.41	0.27
R-26	71.5	R-27	68.3	68.30	0.20	68.30	0.13	68.30	0.13	68.30	0.13	68.30	0.13	68.30	0.13	0.41	0.27
R-27	68.3	R-33	68.3	68.30	0.20	68.30	0.13	68.30	0.13	68.30	0.13	68.30	0.13	68.30	0.13	0.41	0.27
R-28	67.5	R-29	68.4	68.40	0.30	68.40	0.21	68.40	0.22	68.40	0.22	68.40	0.22	68.40	0.22	0.53	0.40
R-29	68.4	R-32	68.4	68.40	0.30	68.40	0.21	68.40	0.22	68.40	0.22	68.40	0.22	68.40	0.22	0.53	0.40
R-30	68.9	R-34	68.4	68.40	0.30	68.40	0.21	68.40	0.22	68.40	0.22	68.40	0.22	68.40	0.22	0.53	0.40
R-32	68.4	R-05	68.5	68.50	0.40	68.50	0.31	68.50	0.32	68.50	0.32	68.50	0.32	68.50	0.32	0.64	0.54
R-33	68.3	R-12	68.5	68.50	0.40	68.50	0.31	68.50	0.32	68.50	0.32	68.50	0.32	68.50	0.32	0.64	0.54
R-34	68.4	R-15	68.7	68.70	0.60	68.70	0.57	68.70	0.58	68.70	0.59	68.70	0.59	68.70	0.59	0.87	0.81
R-35	68.9	R-11	68.8	68.80	0.70	68.80	0.73	68.80	0.75	68.80	0.75	68.80	0.75	68.80	0.75	0.98	0.94
R-36	70.0	R-30	68.9	68.90	0.80	68.90	0.92	68.90	0.93	68.90	0.93	68.90	0.93	68.90	0.93	1.09	1.08
R-37	67.8	R-35	68.9	68.90	0.80	68.90	0.92	68.90	0.93	68.90	0.93	68.90	0.93	68.90	0.93	1.09	1.08
R-38	67.4	R-06	69.2	69.20	1.10	69.20	1.58	69.20	1.60	69.20	1.60	69.20	1.60	69.20	1.60	1.43	1.48
R-39	68.0	R-36	70.0	70.00	1.90	69.43	2.22	69.30	1.86	69.27	1.78	69.26	1.76	69.26	1.76	2.34	2.56
R-40	67.5	R-26	71.5	71.50	3.40	69.43	2.22	69.30	1.86	69.27	1.78	69.26	1.76	69.26	1.76	4.03	4.59
p	37.00		37.00														
median			68.10														
NIQR	67.4	68.4	0.74														
average	67.72		67.72	67.72													
std	2.02		2.02	2.02													
new x*				68.10		67.94		67.94		67.93		67.93		67.93			
new s*				0.89		0.90		0.89		0.88		0.88		0.88			

표D-17. ISO13528과 ISO43-1간의 방사성장해 수평편파, 80 MHz 분석표

- 221 -

표D-18. ISO13528과 ISO43-1간의 방사성장해 수평편과, 250 MHz 분석표

Lab	value	ascending order		iteration				z-score (13528)	z-score (NIQR)								
				0		1	2			3	4	5					
				del=1.5s*		1.33	1.38			1.38	1.38	1.38					
				x-delta		64.07	63.97			63.97	63.97	63.97					
				x+delta		66.73	66.73			66.72	66.72	66.72					
R-01	63.3	R-20	61.1	61.10	4.30	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	-4.62	-5.04
R-02	63.8	R-01	63.3	63.30	2.10	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	-2.23	-2.46
R-03	65.1	R-24-1	63.5	63.50	1.90	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	-2.01	-2.23
R-04	64.6	R-02	63.8	63.80	1.60	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	-1.68	-1.88
R-05	66.5	R-30	63.9	63.90	1.50	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	-1.57	-1.76
R-06-1	64.3	R-12	64.0	64.00	1.40	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	64.07	1.64	-1.46	-1.64
R-06-2	65.4	R-06-1	64.3	64.30	1.10	64.30	1.09	64.30	1.09	64.30	1.09	64.30	1.09	64.30	1.09	-1.14	-1.29
R-06-3	64.9	R-39	64.3	64.30	1.10	64.30	1.09	64.30	1.09	64.30	1.09	64.30	1.09	64.30	1.09	-1.14	-1.29
R-07	65.3	R-04	64.6	64.60	0.80	64.60	0.56	64.60	0.56	64.60	0.56	64.60	0.56	64.60	0.56	-0.81	-0.94
R-8-1	65.5	R-29	64.7	64.70	0.70	64.70	0.42	64.70	0.42	64.70	0.42	64.70	0.42	64.70	0.42	-0.70	-0.82
R-8-2	66.9	R-9	64.8	64.80	0.60	64.80	0.30	64.80	0.30	64.80	0.30	64.80	0.30	64.80	0.30	-0.59	-0.70
R-9	64.8	R-14	64.8	64.80	0.60	64.80	0.30	64.80	0.30	64.80	0.30	64.80	0.30	64.80	0.30	-0.59	-0.70
R-10	65.6	R-06-3	64.9	64.90	0.50	64.90	0.20	64.90	0.20	64.90	0.20	64.90	0.20	64.90	0.20	-0.49	-0.59
R-11	65.6	R-22-1	64.9	64.90	0.50	64.90	0.20	64.90	0.20	64.90	0.20	64.90	0.20	64.90	0.20	-0.49	-0.59
R-12	64.0	R-22-2	64.9	64.90	0.50	64.90	0.20	64.90	0.20	64.90	0.20	64.90	0.20	64.90	0.20	-0.49	-0.59
R-13	66.0	R-03	65.1	65.10	0.30	65.10	0.06	65.10	0.06	65.10	0.06	65.10	0.06	65.10	0.06	-0.27	-0.35
R-14	64.8	R-26	65.2	65.20	0.20	65.20	0.02	65.20	0.02	65.20	0.02	65.20	0.02	65.20	0.02	-0.16	-0.23
R-15	66.1	R-28	65.2	65.20	0.20	65.20	0.02	65.20	0.02	65.20	0.02	65.20	0.02	65.20	0.02	-0.16	-0.23
R-16	66.9	R-34	65.2	65.20	0.20	65.20	0.02	65.20	0.02	65.20	0.02	65.20	0.02	65.20	0.02	-0.16	-0.23
R-17	66.2	R-07	65.3	65.30	0.10	65.30	0.00	65.30	0.00	65.30	0.00	65.30	0.00	65.30	0.00	-0.05	-0.12
R-19-1	65.9	R-19-2	65.3	65.30	0.10	65.30	0.00	65.30	0.00	65.30	0.00	65.30	0.00	65.30	0.00	-0.05	-0.12
R-19-2	65.3	R-06-2	65.4	65.40	0.00	65.40	0.00	65.40	0.00	65.40	0.00	65.40	0.00	65.40	0.00	0.06	0.00
R-20	61.1	R-8-1	65.5	65.50	0.10	65.50	0.02	65.50	0.02	65.50	0.02	65.50	0.02	65.50	0.02	0.17	0.12
R-21	65.5	R-21	65.5	65.50	0.10	65.50	0.02	65.50	0.02	65.50	0.02	65.50	0.02	65.50	0.02	0.17	0.12
R-22-1	64.9	R-40	65.5	65.50	0.10	65.50	0.02	65.50	0.02	65.50	0.02	65.50	0.02	65.50	0.02	0.17	0.12
R-22-2	64.9	R-10	65.6	65.60	0.20	65.60	0.06	65.60	0.06	65.60	0.06	65.60	0.06	65.60	0.06	0.28	0.23
R-23	66.2	R-11	65.6	65.60	0.20	65.60	0.06	65.60	0.06	65.60	0.06	65.60	0.06	65.60	0.06	0.28	0.23
R-24-1	63.5	R-33	65.6	65.60	0.20	65.60	0.06	65.60	0.06	65.60	0.06	65.60	0.06	65.60	0.06	0.28	0.23
R-24-2	65.7	R-24-2	65.7	65.70	0.30	65.70	0.13	65.70	0.13	65.70	0.13	65.70	0.13	65.70	0.13	0.39	0.35
R-26	65.2	R-19-1	65.9	65.90	0.50	65.90	0.31	65.90	0.31	65.90	0.31	65.90	0.31	65.90	0.31	0.60	0.59
R-27	65.9	R-27	65.9	65.90	0.50	65.90	0.31	65.90	0.31	65.90	0.31	65.90	0.31	65.90	0.31	0.60	0.59
R-28	65.2	R-37	65.9	65.90	0.50	65.90	0.31	65.90	0.31	65.90	0.31	65.90	0.31	65.90	0.31	0.60	0.59
R-29	64.7	R-13	66.0	66.00	0.60	66.00	0.43	66.00	0.43	66.00	0.43	66.00	0.43	66.00	0.43	0.71	0.70
R-30	63.9	R-36	66.0	66.00	0.60	66.00	0.43	66.00	0.43	66.00	0.43	66.00	0.43	66.00	0.43	0.71	0.70
R-32	66.8	R-15	66.1	66.10	0.70	66.10	0.57	66.10	0.57	66.10	0.57	66.10	0.57	66.10	0.57	0.82	0.82
R-33	65.6	R-17	66.2	66.20	0.80	66.20	0.73	66.20	0.73	66.20	0.73	66.20	0.73	66.20	0.73	0.93	0.94
R-34	65.2	R-23	66.2	66.20	0.80	66.20	0.73	66.20	0.73	66.20	0.73	66.20	0.73	66.20	0.73	0.93	0.94
R-35	66.3	R-35	66.3	66.30	0.90	66.30	0.91	66.30	0.91	66.30	0.91	66.30	0.91	66.30	0.91	1.04	1.06
R-36	66.0	R-38	66.4	66.40	1.00	66.40	1.11	66.40	1.11	66.40	1.11	66.40	1.11	66.40	1.11	1.15	1.17
R-37	65.9	R-05	66.5	66.50	1.10	66.50	1.33	66.50	1.33	66.50	1.33	66.50	1.33	66.50	1.33	1.26	1.29
R-38	66.4	R-32	66.8	66.80	1.40	66.73	1.93	66.73	1.91	66.72	1.90	66.72	1.90	66.72	1.90	1.58	1.64
R-39	64.3	R-8-2	66.9	66.90	1.50	66.73	1.93	66.73	1.91	66.72	1.90	66.72	1.90	66.72	1.90	1.69	1.76
R-40	65.5	R-16	66.9	66.90	1.50	66.73	1.93	66.73	1.91	66.72	1.90	66.72	1.90	66.72	1.90	1.69	1.76
p	43.00		43.00														
median	65.40		65.40														
NIQR	64.8	65.95	0.85														
average	65.24		65.24	65.24													
std	1.10		1.10	1.10													
new x*				65.40		65.346		65.346		65.346		65.346		65.346			
new s*				0.89		0.920		0.919		0.919		0.919		0.919			

표D-19. ISO13528과 ISO43-1간의 방사성장해 수평편과, 400 MHz 분석표

Lab	value	ascending order		iteration												z-score (13528)	z-score (NIQR)
				0	1	2	3	4	5	6							
				del=1.5s*	1.56	1.59	1.58	1.57	1.57	1.57							
				x-delta	61.74	61.60	61.61	61.62	61.62	61.62							
				x+delta	64.86	64.79	64.76	64.76	64.76	64.76							
R-01	65.4	R-14	60.3	60.30	3.00	61.74	2.11	61.74	2.09	61.74	2.09	61.74	2.09	61.74	2.09	-2.76	-3.24
R-02	61.8	R-39	61.5	61.50	1.80	61.74	2.11	61.74	2.09	61.74	2.09	61.74	2.09	61.74	2.09	-1.61	-1.94
R-03	61.9	R-02	61.8	61.80	1.50	61.80	1.94	61.80	1.93	61.80	1.93	61.80	1.93	61.80	1.92	-1.33	-1.62
R-04	62.1	R-15	61.8	61.80	1.50	61.80	1.94	61.80	1.93	61.80	1.93	61.80	1.93	61.80	1.92	-1.33	-1.62
R-05	63.3	R-03	61.9	61.90	1.40	61.90	1.68	61.90	1.66	61.90	1.66	61.90	1.66	61.90	1.66	-1.23	-1.51
R-06-1	63.7	R-26	61.9	61.90	1.40	61.90	1.68	61.90	1.66	61.90	1.66	61.90	1.66	61.90	1.66	-1.23	-1.51
R-06-2	63.6	R-04	62.1	62.10	1.20	62.10	1.20	62.10	1.19	62.10	1.18	62.10	1.18	62.10	1.18	-1.04	-1.30
R-06-3	62.7	R-19-2	62.2	62.20	1.10	62.20	0.99	62.20	0.98	62.20	0.98	62.20	0.98	62.20	0.97	-0.94	-1.19
R-07	63.2	R-9	62.3	62.30	1.00	62.30	0.80	62.30	0.79	62.30	0.79	62.30	0.79	62.30	0.79	-0.85	-1.08
R-8-1	62.8	R-11	62.4	62.40	0.90	62.40	0.63	62.40	0.62	62.40	0.62	62.40	0.62	62.40	0.62	-0.75	-0.97
R-8-2	64.5	R-24-2	62.4	62.40	0.90	62.40	0.63	62.40	0.62	62.40	0.62	62.40	0.62	62.40	0.62	-0.75	-0.97
R-9	62.3	R-28	62.5	62.50	0.80	62.50	0.48	62.50	0.48	62.50	0.47	62.50	0.47	62.50	0.47	-0.66	-0.86
R-10	63.7	R-22-1	62.6	62.60	0.70	62.60	0.35	62.60	0.35	62.60	0.35	62.60	0.35	62.60	0.35	-0.56	-0.76
R-11	62.4	R-35	62.6	62.60	0.70	62.60	0.35	62.60	0.35	62.60	0.35	62.60	0.35	62.60	0.35	-0.56	-0.76
R-12	63.7	R-06-3	62.7	62.70	0.60	62.70	0.24	62.70	0.24	62.70	0.24	62.70	0.24	62.70	0.24	-0.47	-0.65
R-13	64.4	R-24-1	62.7	62.70	0.60	62.70	0.24	62.70	0.24	62.70	0.24	62.70	0.24	62.70	0.24	-0.47	-0.65
R-14	60.3	R-8-1	62.8	62.80	0.50	62.80	0.16	62.80	0.15	62.80	0.15	62.80	0.15	62.80	0.15	-0.37	-0.54
R-15	61.8	R-17	62.8	62.80	0.50	62.80	0.16	62.80	0.15	62.80	0.15	62.80	0.15	62.80	0.15	-0.37	-0.54
R-16	65.2	R-19-1	62.9	62.90	0.40	62.90	0.09	62.90	0.08	62.90	0.08	62.90	0.08	62.90	0.08	-0.27	-0.43
R-17	62.8	R-07	63.2	63.20	0.10	63.20	0.00	63.20	0.00	63.20	0.00	63.20	0.00	63.20	0.00	0.01	-0.11
R-19-1	62.9	R-05	63.3	63.30	0.00	63.30	0.01	63.30	0.01	63.30	0.01	63.30	0.01	63.30	0.01	0.11	0.00
R-19-2	62.2	R-22-2	63.3	63.30	0.00	63.30	0.01	63.30	0.01	63.30	0.01	63.30	0.01	63.30	0.01	0.11	0.00
R-20	63.6	R-27	63.4	63.40	0.10	63.40	0.04	63.40	0.04	63.40	0.04	63.40	0.05	63.40	0.05	0.20	0.11
R-21	64.0	R-29	63.4	63.40	0.10	63.40	0.04	63.40	0.04	63.40	0.04	63.40	0.05	63.40	0.05	0.20	0.11
R-22-1	62.6	R-30	63.4	63.40	0.10	63.40	0.04	63.40	0.04	63.40	0.04	63.40	0.05	63.40	0.05	0.20	0.11
R-22-2	63.3	R-37	63.4	63.40	0.10	63.40	0.04	63.40	0.04	63.40	0.04	63.40	0.05	63.40	0.05	0.20	0.11
R-23	64.3	R-40	63.4	63.40	0.10	63.40	0.04	63.40	0.04	63.40	0.04	63.40	0.05	63.40	0.05	0.20	0.11
R-24-1	62.7	R-06-2	63.6	63.60	0.30	63.60	0.16	63.60	0.17	63.60	0.17	63.60	0.17	63.60	0.17	0.39	0.32
R-24-2	62.4	R-20	63.6	63.60	0.30	63.60	0.16	63.60	0.17	63.60	0.17	63.60	0.17	63.60	0.17	0.39	0.32
R-26	61.9	R-33	63.6	63.60	0.30	63.60	0.16	63.60	0.17	63.60	0.17	63.60	0.17	63.60	0.17	0.39	0.32
R-27	63.4	R-06-1	63.7	63.70	0.40	63.70	0.26	63.70	0.26	63.70	0.26	63.70	0.26	63.70	0.26	0.49	0.43
R-28	62.5	R-10	63.7	63.70	0.40	63.70	0.26	63.70	0.26	63.70	0.26	63.70	0.26	63.70	0.26	0.49	0.43
R-29	63.4	R-12	63.7	63.70	0.40	63.70	0.26	63.70	0.26	63.70	0.26	63.70	0.26	63.70	0.26	0.49	0.43
R-30	63.4	R-21	64.0	64.00	0.70	64.00	0.65	64.00	0.66	64.00	0.66	64.00	0.66	64.00	0.66	0.78	0.76
R-32	65.0	R-36	64.0	64.00	0.70	64.00	0.65	64.00	0.66	64.00	0.66	64.00	0.66	64.00	0.66	0.78	0.76
R-33	63.6	R-23	64.3	64.30	1.00	64.30	1.22	64.30	1.23	64.30	1.24	64.30	1.24	64.30	1.24	1.06	1.08
R-34	64.3	R-34	64.3	64.30	1.00	64.30	1.22	64.30	1.23	64.30	1.24	64.30	1.24	64.30	1.24	1.06	1.08
R-35	62.6	R-13	64.4	64.40	1.10	64.40	1.45	64.40	1.47	64.40	1.47	64.40	1.47	64.40	1.47	1.16	1.19
R-36	64.0	R-8-2	64.5	64.50	1.20	64.50	1.70	64.50	1.72	64.50	1.72	64.50	1.72	64.50	1.72	1.25	1.30
R-37	63.4	R-38	64.7	64.70	1.40	64.70	2.27	64.70	2.28	64.70	2.29	64.70	2.29	64.70	2.29	1.45	1.51
R-38	64.7	R-32	65.0	65.00	1.70	64.86	2.76	64.79	2.55	64.76	2.49	64.76	2.47	64.76	2.47	1.73	1.83
R-39	61.5	R-16	65.2	65.20	1.90	64.86	2.76	64.79	2.55	64.76	2.49	64.76	2.47	64.76	2.47	1.92	2.05
R-40	63.4	R-01	65.4	65.40	2.10	64.86	2.76	64.79	2.55	64.76	2.49	64.76	2.47	64.76	2.47	2.11	2.27
p	43.00		43.00														
median	63.30		63.30														
NIQR	62.45	63.7	0.93														
average	63.18		63.18	63.18													
std	1.06		1.06	1.06													
new x*				63.30		63.194		63.189		63.188		63.188		63.187		63.187	
new s*				1.04		1.061		1.050		1.047		1.047		1.046		1.046	

표D-20. ISO13528과 ISO43-1간의 방사성장해 수평편과, 900 MHz 분석표

Lab	value	ascending order		iteration												z-score (13528)	z-score (NIQR)
				0	1	2	3	4	5								
				del=1.5s*	2.89	3.05	3.05	3.05	3.05								
				x-delta	54.41	54.19	54.19	54.19	54.19								
				x*delta	60.19	60.28	60.28	60.28	60.28	60.28							
R-01	59.5	R-38	52.8	52.80	4.50	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	-2.19	-2.48
R-02	55.8	R-03	53.0	53.00	4.30	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	-2.09	-2.37
R-03	53.0	R-37	53.7	53.70	3.60	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	-1.74	-1.98
R-04	57.4	R-14	54.4	54.40	2.90	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	54.41	8.00	-1.40	-1.60
R-05	55.4	R-11	54.5	54.50	2.80	54.50	7.49	54.50	7.49	54.50	7.49	54.50	7.49	54.50	7.49	-1.35	-1.54
R-06-1	57.4	R-39	54.5	54.50	2.80	54.50	7.49	54.50	7.49	54.50	7.49	54.50	7.49	54.50	7.49	-1.35	-1.54
R-06-2	59.7	R-36	54.6	54.60	2.70	54.60	6.96	54.60	6.96	54.60	6.96	54.60	6.96	54.60	6.96	-1.30	-1.49
R-06-3	58.3	R-26	55.2	55.20	2.10	55.20	4.15	55.20	4.15	55.20	4.15	55.20	4.15	55.20	4.15	-1.00	-1.16
R-07	61.2	R-05	55.4	55.40	1.90	55.40	3.38	55.40	3.38	55.40	3.38	55.40	3.38	55.40	3.38	-0.91	-1.05
R-8-1	58.2	R-17	55.5	55.50	1.80	55.50	3.02	55.50	3.02	55.50	3.02	55.50	3.02	55.50	3.02	-0.86	-0.99
R-8-2	60.5	R-02	55.8	55.80	1.50	55.80	2.07	55.80	2.07	55.80	2.07	55.80	2.07	55.80	2.07	-0.71	-0.83
R-9	59.9	R-20	55.9	55.90	1.40	55.90	1.79	55.90	1.79	55.90	1.79	55.90	1.79	55.90	1.79	-0.66	-0.77
R-10	58.1	R-22-1	56.0	56.00	1.30	56.00	1.53	56.00	1.53	56.00	1.53	56.00	1.53	56.00	1.53	-0.61	-0.72
R-11	54.5	R-16	56.8	56.80	0.50	56.80	0.19	56.80	0.19	56.80	0.19	56.80	0.19	56.80	0.19	-0.22	-0.28
R-12	57.0	R-22-2	56.9	56.90	0.40	56.90	0.11	56.90	0.11	56.90	0.11	56.90	0.11	56.90	0.11	-0.17	-0.22
R-13	59.6	R-34	56.9	56.90	0.40	56.90	0.11	56.90	0.11	56.90	0.11	56.90	0.11	56.90	0.11	-0.17	-0.22
R-14	54.4	R-12	57.0	57.00	0.30	57.00	0.06	57.00	0.06	57.00	0.06	57.00	0.06	57.00	0.06	-0.12	-0.17
R-15	57.6	R-19-2	57.1	57.10	0.20	57.10	0.02	57.10	0.02	57.10	0.02	57.10	0.02	57.10	0.02	-0.07	-0.11
R-16	56.8	R-24-1	57.2	57.20	0.10	57.20	0.00	57.20	0.00	57.20	0.00	57.20	0.00	57.20	0.00	-0.02	-0.06
R-17	55.5	R-35	57.2	57.20	0.10	57.20	0.00	57.20	0.00	57.20	0.00	57.20	0.00	57.20	0.00	-0.02	-0.06
R-19-1	57.3	R-40	57.2	57.20	0.10	57.20	0.00	57.20	0.00	57.20	0.00	57.20	0.00	57.20	0.00	-0.02	-0.06
R-19-2	57.1	R-19-1	57.3	57.30	0.00	57.30	0.00	57.30	0.00	57.30	0.00	57.30	0.00	57.30	0.00	0.03	0.00
R-20	55.9	R-04	57.4	57.40	0.10	57.40	0.03	57.40	0.03	57.40	0.03	57.40	0.03	57.40	0.03	0.08	0.06
R-21	58.7	R-06-1	57.4	57.40	0.10	57.40	0.03	57.40	0.03	57.40	0.03	57.40	0.03	57.40	0.03	0.08	0.06
R-22-1	56.0	R-27	57.5	57.50	0.20	57.50	0.07	57.50	0.07	57.50	0.07	57.50	0.07	57.50	0.07	0.13	0.11
R-22-2	56.9	R-15	57.6	57.60	0.30	57.60	0.13	57.60	0.13	57.60	0.13	57.60	0.13	57.60	0.13	0.18	0.17
R-23	59.3	R-24-2	57.7	57.70	0.40	57.70	0.21	57.70	0.21	57.70	0.21	57.70	0.21	57.70	0.21	0.23	0.22
R-24-1	57.2	R-33	58.0	58.00	0.70	58.00	0.58	58.00	0.58	58.00	0.58	58.00	0.58	58.00	0.58	0.38	0.39
R-24-2	57.7	R-10	58.1	58.10	0.80	58.10	0.74	58.10	0.74	58.10	0.74	58.10	0.74	58.10	0.74	0.42	0.44
R-26	55.2	R-8-1	58.2	58.20	0.90	58.20	0.93	58.20	0.93	58.20	0.93	58.20	0.93	58.20	0.93	0.47	0.50
R-27	57.5	R-28	58.2	58.20	0.90	58.20	0.93	58.20	0.93	58.20	0.93	58.20	0.93	58.20	0.93	0.47	0.50
R-28	58.2	R-06-3	58.3	58.30	1.00	58.30	1.13	58.30	1.13	58.30	1.13	58.30	1.13	58.30	1.13	0.52	0.55
R-29	58.6	R-32	58.3	58.30	1.00	58.30	1.13	58.30	1.13	58.30	1.13	58.30	1.13	58.30	1.13	0.52	0.55
R-30	60.7	R-29	58.6	58.60	1.30	58.60	1.86	58.60	1.86	58.60	1.86	58.60	1.86	58.60	1.86	0.67	0.72
R-32	58.3	R-21	58.7	58.70	1.40	58.70	2.14	58.70	2.14	58.70	2.14	58.70	2.14	58.70	2.14	0.72	0.77
R-33	58.0	R-23	59.3	59.30	2.00	59.30	4.25	59.30	4.25	59.30	4.25	59.30	4.25	59.30	4.25	1.02	1.10
R-34	56.9	R-01	59.5	59.50	2.20	59.50	5.12	59.50	5.12	59.50	5.12	59.50	5.12	59.50	5.12	1.11	1.21
R-35	57.2	R-13	59.6	59.60	2.30	59.60	5.58	59.60	5.58	59.60	5.58	59.60	5.58	59.60	5.58	1.16	1.27
R-36	54.6	R-06-2	59.7	59.70	2.40	59.70	6.06	59.70	6.06	59.70	6.06	59.70	6.06	59.70	6.06	1.21	1.32
R-37	53.7	R-9	59.9	59.90	2.60	59.90	7.09	59.90	7.09	59.90	7.09	59.90	7.09	59.90	7.09	1.31	1.43
R-38	52.8	R-8-2	60.5	60.50	3.20	60.19	8.73	60.19	8.73	60.19	8.73	60.19	8.73	60.19	8.73	1.61	1.76
R-39	54.5	R-30	60.7	60.70	3.40	60.19	8.73	60.19	8.73	60.19	8.73	60.19	8.73	60.19	8.73	1.71	1.87
R-40	57.2	R-07	61.2	61.20	3.90	60.19	8.73	60.19	8.73	60.19	8.73	60.19	8.73	60.19	8.73	1.95	2.15
p	43.00		43.00														
median	57.30		57.30														
NIQR	55.85	58.3	1.82														
average	57.19		57.19	57.19													
std	2.03		2.03	2.03													
new x*				57.30		57.237		57.237		57.237		57.237		57.237			
new s*				1.93		2.030		2.030		2.030		2.030		2.030			

표D-21. ISO13528과 ISO43-1간의 방사성장해 수직편과, 80 MHz 분석표

Lab	value	ascending order			iteration												z-score (13528)	z-score (NIQR)
					0	1	2	3	4	5								
					del=1.5s*	2.00	2.08	2.08	2.08	2.08								
					x-delta	37.40	37.32	37.32	37.32	37.32								
				x+delta	41.40		41.48		41.48		41.48		41.48					
R-01	33.7	R-20	27.9	27.90	11.50	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	-8.28	-8.62	
R-02	38.3	R-01	33.7	33.70	5.70	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	-4.11	-4.27	
R-03	40.5	R-10	36.5	36.50	2.90	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	-2.09	-2.17	
R-04	38.2	R-24-2	37.0	37.00	2.40	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	37.40	4.00	-1.73	-1.80	
R-05	40.9	R-16	37.6	37.60	1.80	37.60	3.23	37.60	3.23	37.60	3.23	37.60	3.23	37.60	3.23	-1.30	-1.35	
R-06-1	40.7	R-33	37.7	37.70	1.70	37.70	2.88	37.70	2.88	37.70	2.88	37.70	2.88	37.70	2.88	-1.22	-1.27	
R-06-2	39.8	R-8-1	37.9	37.90	1.50	37.90	2.24	37.90	2.24	37.90	2.24	37.90	2.24	37.90	2.24	-1.08	-1.12	
R-06-3	39.4	R-26	38.0	38.00	1.40	38.00	1.95	38.00	1.95	38.00	1.95	38.00	1.95	38.00	1.95	-1.01	-1.05	
R-07	41.2	R-04	38.2	38.20	1.20	38.20	1.43	38.20	1.43	38.20	1.43	38.20	1.43	38.20	1.43	-0.86	-0.90	
R-8-1	37.9	R-02	38.3	38.30	1.10	38.30	1.20	38.30	1.20	38.30	1.20	38.30	1.20	38.30	1.20	-0.79	-0.82	
R-8-2	40.0	R-24-1	38.5	38.50	0.90	38.50	0.81	38.50	0.81	38.50	0.81	38.50	0.81	38.50	0.81	-0.65	-0.67	
R-9	39.6	R-15	38.6	38.60	0.80	38.60	0.64	38.60	0.64	38.60	0.64	38.60	0.64	38.60	0.64	-0.57	-0.60	
R-10	36.5	R-29	38.6	38.60	0.80	38.60	0.64	38.60	0.64	38.60	0.64	38.60	0.64	38.60	0.64	-0.57	-0.60	
R-11	42.8	R-23	38.9	38.90	0.50	38.90	0.25	38.90	0.25	38.90	0.25	38.90	0.25	38.90	0.25	-0.36	-0.37	
R-12	40.7	R-37	39.0	39.00	0.40	39.00	0.16	39.00	0.16	39.00	0.16	39.00	0.16	39.00	0.16	-0.29	-0.30	
R-13	39.3	R-40	39.0	39.00	0.40	39.00	0.16	39.00	0.16	39.00	0.16	39.00	0.16	39.00	0.16	-0.29	-0.30	
R-14	40.2	R-19-1	39.1	39.10	0.30	39.10	0.09	39.10	0.09	39.10	0.09	39.10	0.09	39.10	0.09	-0.21	-0.22	
R-15	38.6	R-28	39.1	39.10	0.30	39.10	0.09	39.10	0.09	39.10	0.09	39.10	0.09	39.10	0.09	-0.21	-0.22	
R-16	37.6	R-35	39.1	39.10	0.30	39.10	0.09	39.10	0.09	39.10	0.09	39.10	0.09	39.10	0.09	-0.21	-0.22	
R-17	39.3	R-13	39.3	39.30	0.10	39.30	0.01	39.30	0.01	39.30	0.01	39.30	0.01	39.30	0.01	-0.07	-0.07	
R-19-1	39.1	R-17	39.3	39.30	0.10	39.30	0.01	39.30	0.01	39.30	0.01	39.30	0.01	39.30	0.01	-0.07	-0.07	
R-19-2	40.5	R-06-3	39.4	39.40	0.00	39.40	0.00	39.40	0.00	39.40	0.00	39.40	0.00	39.40	0.00	0.00	0.00	
R-20	27.9	R-22-2	39.5	39.50	0.10	39.50	0.01	39.50	0.01	39.50	0.01	39.50	0.01	39.50	0.01	0.07	0.07	
R-21	40.4	R-38	39.5	39.50	0.10	39.50	0.01	39.50	0.01	39.50	0.01	39.50	0.01	39.50	0.01	0.07	0.07	
R-22-1	39.9	R-9	39.6	39.60	0.20	39.60	0.04	39.60	0.04	39.60	0.04	39.60	0.04	39.60	0.04	0.15	0.15	
R-22-2	39.5	R-36	39.7	39.70	0.30	39.70	0.09	39.70	0.09	39.70	0.09	39.70	0.09	39.70	0.09	0.22	0.22	
R-23	38.9	R-06-2	39.8	39.80	0.40	39.80	0.16	39.80	0.16	39.80	0.16	39.80	0.16	39.80	0.16	0.29	0.30	
R-24-1	38.5	R-22-1	39.9	39.90	0.50	39.90	0.25	39.90	0.25	39.90	0.25	39.90	0.25	39.90	0.25	0.36	0.37	
R-24-2	37.0	R-32	39.9	39.90	0.50	39.90	0.25	39.90	0.25	39.90	0.25	39.90	0.25	39.90	0.25	0.36	0.37	
R-26	38.0	R-8-2	40.0	40.00	0.60	40.00	0.36	40.00	0.36	40.00	0.36	40.00	0.36	40.00	0.36	0.43	0.45	
R-27	40.3	R-14	40.2	40.20	0.80	40.20	0.64	40.20	0.64	40.20	0.64	40.20	0.64	40.20	0.64	0.58	0.60	
R-28	39.1	R-27	40.3	40.30	0.90	40.30	0.81	40.30	0.81	40.30	0.81	40.30	0.81	40.30	0.81	0.65	0.67	
R-29	38.6	R-21	40.4	40.40	1.00	40.40	1.00	40.40	1.00	40.40	1.00	40.40	1.00	40.40	1.00	0.72	0.75	
R-30	43.8	R-03	40.5	40.50	1.10	40.50	1.22	40.50	1.22	40.50	1.22	40.50	1.22	40.50	1.22	0.79	0.82	
R-32	39.9	R-19-2	40.5	40.50	1.10	40.50	1.22	40.50	1.22	40.50	1.22	40.50	1.22	40.50	1.22	0.79	0.82	
R-33	37.7	R-06-1	40.7	40.70	1.30	40.70	1.70	40.70	1.70	40.70	1.70	40.70	1.70	40.70	1.70	0.94	0.97	
R-34	41.5	R-12	40.7	40.70	1.30	40.70	1.70	40.70	1.70	40.70	1.70	40.70	1.70	40.70	1.70	0.94	0.97	
R-35	39.1	R-05	40.9	40.90	1.50	40.90	2.26	40.90	2.26	40.90	2.26	40.90	2.26	40.90	2.26	1.08	1.12	
R-36	39.7	R-07	41.2	41.20	1.80	41.20	3.25	41.20	3.25	41.20	3.25	41.20	3.25	41.20	3.25	1.30	1.35	
R-37	39.0	R-34	41.5	41.50	2.10	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	1.51	1.57	
R-38	39.5	R-11	42.8	42.80	3.40	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	2.45	2.55	
R-39	43.8	R-30	43.8	43.80	4.40	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	3.17	3.30	
R-40	39.0	R-39	43.8	43.80	4.40	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	41.40	4.02	3.17	3.30	
p	43.00		43.00															
median	39.40		39.40															
NIQR	38.55	40.35	1.33															
average	39.21		39.21	39.21														
std	2.50		2.50	2.50														
new x*				39.40		39.398		39.398		39.398		39.398		39.398		39.398		
new s*				1.33		1.388		1.388		1.388		1.388		1.388		1.388		

표D-22. ISO13528과 ISO43-1간의 방사성장해 수직편과, 250 MHz 분석표

Lab	value	ascending order	iteration		1	2	3	4	5	z-score (13528)	z-score (NIQR)				
			0												
			del=1.5s*												
			x-delta												
				x+delta											
R-01	65.1	R-14	60.6	60.60	4.40	63.67	1.29	63.67	1.28	63.67	1.28	63.67	1.28	-4.47	-4.40
R-02	62.8	R-20	60.8	60.80	4.20	63.67	1.29	63.67	1.28	63.67	1.28	63.67	1.28	-4.26	-4.20
R-03	65.0	R-02	62.8	62.80	2.20	63.67	1.29	63.67	1.28	63.67	1.28	63.67	1.28	-2.13	-2.20
R-04	63.0	R-26	62.9	62.90	2.10	63.67	1.29	63.67	1.28	63.67	1.28	63.67	1.28	-2.02	-2.10
R-05	64.2	R-04	63.0	63.00	2.00	63.67	1.29	63.67	1.28	63.67	1.28	63.67	1.28	-1.91	-2.00
R-06-1	64.4	R-15	63.2	63.20	1.80	63.67	1.29	63.67	1.28	63.67	1.28	63.67	1.28	-1.70	-1.80
R-06-2	65.0	R-24-1	63.3	63.30	1.70	63.67	1.29	63.67	1.28	63.67	1.28	63.67	1.28	-1.59	-1.70
R-06-3	63.4	R-06-3	63.4	63.40	1.60	63.67	1.29	63.67	1.28	63.67	1.28	63.67	1.28	-1.49	-1.60
R-07	65.7	R-22-1	63.7	63.70	1.30	63.70	1.21	63.70	1.20	63.70	1.20	63.70	1.20	-1.17	-1.30
R-8-1	64.5	R-29	63.8	63.80	1.20	63.80	1.00	63.80	0.99	63.80	0.99	63.80	0.99	-1.06	-1.20
R-8-2	64.5	R-12	64.0	64.00	1.00	64.00	0.64	64.00	0.64	64.00	0.63	64.00	0.63	-0.85	-1.00
R-9	66.2	R-05	64.2	64.20	0.80	64.20	0.36	64.20	0.36	64.20	0.36	64.20	0.36	-0.64	-0.80
R-10	65.7	R-22-2	64.2	64.20	0.80	64.20	0.36	64.20	0.36	64.20	0.36	64.20	0.36	-0.64	-0.80
R-11	65.1	R-06-1	64.4	64.40	0.60	64.40	0.16	64.40	0.16	64.40	0.16	64.40	0.16	-0.42	-0.60
R-12	64.0	R-28	64.4	64.40	0.60	64.40	0.16	64.40	0.16	64.40	0.16	64.40	0.16	-0.42	-0.60
R-13	64.7	R-39	64.4	64.40	0.60	64.40	0.16	64.40	0.16	64.40	0.16	64.40	0.16	-0.42	-0.60
R-14	60.6	R-8-1	64.5	64.50	0.50	64.50	0.09	64.50	0.09	64.50	0.09	64.50	0.09	-0.32	-0.50
R-15	63.2	R-8-2	64.5	64.50	0.50	64.50	0.09	64.50	0.09	64.50	0.09	64.50	0.09	-0.32	-0.50
R-16	65.1	R-30	64.5	64.50	0.50	64.50	0.09	64.50	0.09	64.50	0.09	64.50	0.09	-0.32	-0.50
R-17	66.0	R-13	64.7	64.70	0.30	64.70	0.01	64.70	0.01	64.70	0.01	64.70	0.01	-0.10	-0.30
R-19-1	66.0	R-23	64.8	64.80	0.20	64.80	0.00	64.80	0.00	64.80	0.00	64.80	0.00	0.00	-0.20
R-19-2	65.5	R-03	65.0	65.00	0.00	65.00	0.04	65.00	0.04	65.00	0.04	65.00	0.04	0.22	0.00
R-20	60.8	R-06-2	65.0	65.00	0.00	65.00	0.04	65.00	0.04	65.00	0.04	65.00	0.04	0.22	0.00
R-21	67.0	R-27	65.0	65.00	0.00	65.00	0.04	65.00	0.04	65.00	0.04	65.00	0.04	0.22	0.00
R-22-1	63.7	R-01	65.1	65.10	0.10	65.10	0.09	65.10	0.09	65.10	0.09	65.10	0.09	0.32	0.10
R-22-2	64.2	R-11	65.1	65.10	0.10	65.10	0.09	65.10	0.09	65.10	0.09	65.10	0.09	0.32	0.10
R-23	64.8	R-16	65.1	65.10	0.10	65.10	0.09	65.10	0.09	65.10	0.09	65.10	0.09	0.32	0.10
R-24-1	63.3	R-34	65.1	65.10	0.10	65.10	0.09	65.10	0.09	65.10	0.09	65.10	0.09	0.32	0.10
R-24-2	66.9	R-37	65.2	65.20	0.20	65.20	0.16	65.20	0.16	65.20	0.16	65.20	0.16	0.43	0.20
R-26	62.9	R-40	65.3	65.30	0.30	65.30	0.25	65.30	0.25	65.30	0.25	65.30	0.25	0.54	0.30
R-27	65.0	R-33	65.4	65.40	0.40	65.40	0.36	65.40	0.36	65.40	0.36	65.40	0.36	0.64	0.40
R-28	64.4	R-38	65.4	65.40	0.40	65.40	0.36	65.40	0.36	65.40	0.36	65.40	0.36	0.64	0.40
R-29	63.8	R-19-2	65.5	65.50	0.50	65.50	0.49	65.50	0.49	65.50	0.50	65.50	0.50	0.75	0.50
R-30	64.5	R-35	65.5	65.50	0.50	65.50	0.49	65.50	0.49	65.50	0.50	65.50	0.50	0.75	0.50
R-32	65.6	R-36	65.5	65.50	0.50	65.50	0.49	65.50	0.49	65.50	0.50	65.50	0.50	0.75	0.50
R-33	65.4	R-32	65.6	65.60	0.60	65.60	0.64	65.60	0.64	65.60	0.65	65.60	0.65	0.86	0.60
R-34	65.1	R-07	65.7	65.70	0.70	65.70	0.81	65.70	0.82	65.70	0.82	65.70	0.82	0.96	0.70
R-35	65.5	R-10	65.7	65.70	0.70	65.70	0.81	65.70	0.82	65.70	0.82	65.70	0.82	0.96	0.70
R-36	65.5	R-17	66.0	66.00	1.00	66.00	1.43	66.00	1.45	66.00	1.45	66.00	1.45	1.28	1.00
R-37	65.2	R-19-1	66.0	66.00	1.00	66.00	1.43	66.00	1.45	66.00	1.45	66.00	1.45	1.28	1.00
R-38	65.4	R-9	66.2	66.20	1.20	66.20	1.95	66.20	1.97	66.20	1.97	66.20	1.97	1.50	1.20
R-39	64.4	R-24-2	66.9	66.90	1.90	66.33	2.35	66.23	2.05	66.21	1.99	66.20	1.98	2.24	1.90
R-40	65.3	R-21	67.0	67.00	2.00	66.33	2.35	66.23	2.05	66.21	1.99	66.20	1.98	2.35	2.00
p	43.00		43.00												
median	65.00		65.00												
NIQR	64.1	65.45	1.00												
average	64.61		64.61	64.61											
std	1.32		1.32	1.32											
new x*				65.00		64.802		64.796		64.796		64.796			
new s*				0.89		0.951		0.941		0.939		0.938			

표D-23. ISO13528과 ISO43-1간의 방사성장해 수직편과, 400 MHz 분석표

Lab	value	ascending order	iteration												z-score (13528)	z-score (NIQR)	
			0		1		2		3		4		5				
			del=1.5s*		1.56		1.61		1.61		1.60		1.60				
			x-delta		60.24		60.35		60.36		60.36		60.36				
			x+delta		63.36		63.58		63.57		63.57		63.57				
R-01	62.0	R-24-2	60.2	60.20	1.60	60.24	2.97	60.35	2.61	60.36	2.58	60.36	2.57	60.36	2.57	-1.65	-1.31
R-02	61.4	R-24-1	60.4	60.40	1.40	60.40	2.45	60.40	2.46	60.40	2.46	60.40	2.46	60.40	2.46	-1.47	-1.14
R-03	64.6	R-29	60.4	60.40	1.40	60.40	2.45	60.40	2.46	60.40	2.46	60.40	2.46	60.40	2.46	-1.47	-1.14
R-04	61.7	R-28	60.7	60.70	1.10	60.70	1.60	60.70	1.61	60.70	1.61	60.70	1.61	60.70	1.61	-1.19	-0.90
R-05	63.7	R-06-3	61.0	61.00	0.80	61.00	0.93	61.00	0.94	61.00	0.94	61.00	0.94	61.00	0.94	-0.91	-0.65
R-06-1	61.5	R-14	61.0	61.00	0.80	61.00	0.93	61.00	0.94	61.00	0.94	61.00	0.94	61.00	0.94	-0.91	-0.65
R-06-2	62.3	R-11	61.1	61.10	0.70	61.10	0.75	61.10	0.75	61.10	0.76	61.10	0.76	61.10	0.76	-0.81	-0.57
R-06-3	61.0	R-19-1	61.1	61.10	0.70	61.10	0.75	61.10	0.75	61.10	0.76	61.10	0.76	61.10	0.76	-0.81	-0.57
R-07	63.6	R-22-2	61.1	61.10	0.70	61.10	0.75	61.10	0.75	61.10	0.76	61.10	0.76	61.10	0.76	-0.81	-0.57
R-8-1	61.6	R-33	61.1	61.10	0.70	61.10	0.75	61.10	0.75	61.10	0.76	61.10	0.76	61.10	0.76	-0.81	-0.57
R-8-2	62.6	R-13	61.2	61.20	0.60	61.20	0.59	61.20	0.59	61.20	0.59	61.20	0.59	61.20	0.59	-0.72	-0.49
R-9	64.0	R-26	61.2	61.20	0.60	61.20	0.59	61.20	0.59	61.20	0.59	61.20	0.59	61.20	0.59	-0.72	-0.49
R-10	63.8	R-40	61.2	61.20	0.60	61.20	0.59	61.20	0.59	61.20	0.59	61.20	0.59	61.20	0.59	-0.72	-0.49
R-11	61.1	R-02	61.4	61.40	0.40	61.40	0.32	61.40	0.32	61.40	0.32	61.40	0.32	61.40	0.32	-0.53	-0.33
R-12	63.9	R-22-1	61.4	61.40	0.40	61.40	0.32	61.40	0.32	61.40	0.32	61.40	0.32	61.40	0.32	-0.53	-0.33
R-13	61.2	R-38	61.4	61.40	0.40	61.40	0.32	61.40	0.32	61.40	0.32	61.40	0.32	61.40	0.32	-0.53	-0.33
R-14	61.0	R-06-1	61.5	61.50	0.30	61.50	0.22	61.50	0.22	61.50	0.22	61.50	0.22	61.50	0.22	-0.44	-0.25
R-15	62.2	R-8-1	61.6	61.60	0.20	61.60	0.13	61.60	0.14	61.60	0.14	61.60	0.14	61.60	0.14	-0.34	-0.16
R-16	63.9	R-20	61.6	61.60	0.20	61.60	0.13	61.60	0.14	61.60	0.14	61.60	0.14	61.60	0.14	-0.34	-0.16
R-17	62.4	R-04	61.7	61.70	0.10	61.70	0.07	61.70	0.07	61.70	0.07	61.70	0.07	61.70	0.07	-0.25	-0.08
R-19-1	61.1	R-19-2	61.7	61.70	0.10	61.70	0.07	61.70	0.07	61.70	0.07	61.70	0.07	61.70	0.07	-0.25	-0.08
R-19-2	61.7	R-37	61.8	61.80	0.00	61.80	0.03	61.80	0.03	61.80	0.03	61.80	0.03	61.80	0.03	-0.16	0.00
R-20	61.6	R-01	62.0	62.00	0.20	62.00	0.00	62.00	0.00	62.00	0.00	62.00	0.00	62.00	0.00	0.03	0.16
R-21	63.2	R-35	62.0	62.00	0.20	62.00	0.00	62.00	0.00	62.00	0.00	62.00	0.00	62.00	0.00	0.03	0.16
R-22-1	61.4	R-32	62.1	62.10	0.30	62.10	0.02	62.10	0.02	62.10	0.02	62.10	0.02	62.10	0.02	0.12	0.25
R-22-2	61.1	R-15	62.2	62.20	0.40	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	0.22	0.33
R-23	63.1	R-27	62.2	62.20	0.40	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	62.20	0.05	0.22	0.33
R-24-1	60.4	R-06-2	62.3	62.30	0.50	62.30	0.11	62.30	0.11	62.30	0.11	62.30	0.11	62.30	0.11	0.31	0.41
R-24-2	60.2	R-17	62.4	62.40	0.60	62.40	0.19	62.40	0.19	62.40	0.19	62.40	0.19	62.40	0.19	0.40	0.49
R-26	61.2	R-30	62.4	62.40	0.60	62.40	0.19	62.40	0.19	62.40	0.19	62.40	0.19	62.40	0.19	0.40	0.49
R-27	62.2	R-8-2	62.6	62.60	0.80	62.60	0.40	62.60	0.40	62.60	0.40	62.60	0.40	62.60	0.40	0.59	0.65
R-28	60.7	R-39	62.7	62.70	0.90	62.70	0.54	62.70	0.53	62.70	0.53	62.70	0.53	62.70	0.53	0.68	0.74
R-29	60.4	R-34	63.0	63.00	1.20	63.00	1.07	63.00	1.06	63.00	1.06	63.00	1.06	63.00	1.06	0.96	0.98
R-30	62.4	R-36	63.0	63.00	1.20	63.00	1.07	63.00	1.06	63.00	1.06	63.00	1.06	63.00	1.06	0.96	0.98
R-32	62.1	R-23	63.1	63.10	1.30	63.10	1.29	63.10	1.28	63.10	1.28	63.10	1.28	63.10	1.28	1.06	1.06
R-33	61.1	R-21	63.2	63.20	1.40	63.20	1.52	63.20	1.52	63.20	1.52	63.20	1.52	63.20	1.52	1.15	1.14
R-34	63.0	R-07	63.6	63.60	1.80	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	1.52	1.47
R-35	62.0	R-05	63.7	63.70	1.90	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	1.62	1.55
R-36	63.0	R-10	63.8	63.80	2.00	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	1.71	1.64
R-37	61.8	R-12	63.9	63.90	2.10	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	1.81	1.72
R-38	61.4	R-16	63.9	63.90	2.10	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	1.81	1.72
R-39	62.7	R-9	64.0	64.00	2.20	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	1.90	1.80
R-40	61.2	R-03	64.6	64.60	2.80	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	63.36	1.93	2.46	2.29
p	43.00		43.00														
median	61.80		61.80														
NIQR	61.2	62.85	1.22														
average	62.06		62.06	62.06													
std	1.11		1.11	1.11													
new x*				61.80		61.966		61.969		61.966		61.969		61.969			
new s*				1.04		1.075		1.070		1.070		1.070		1.070			

표 D-24. ISO13528과 ISO43-1간의 방사성장해 수직편과, 900 MHz 분석표

Lab	value	ascending order			iteration												z-score (13528)	z-score (NIQR)
					0	1	2	3	4	5								
					del=1.5s*	1.78	1.63	1.59	1.57	1.57								
					x-delta	55.92	56.02	56.06	56.07	56.07								
				x+delta	59.48		59.28		59.23		59.21		59.21					
R-01	59.6	R-14	55.3	55.30	2.40	55.92	2.98	56.02	2.64	56.06	2.51	56.07	2.48	56.07	2.46	-2.24	-2.31	
R-02	56.9	R-17	55.6	55.60	2.10	55.92	2.98	56.02	2.64	56.06	2.51	56.07	2.48	56.07	2.46	-1.95	-2.02	
R-03	57.2	R-22-1	56.1	56.10	1.60	56.10	2.39	56.10	2.38	56.10	2.37	56.10	2.37	56.10	2.37	-1.47	-1.54	
R-04	57.8	R-24-2	56.1	56.10	1.60	56.10	2.39	56.10	2.38	56.10	2.37	56.10	2.37	56.10	2.37	-1.47	-1.54	
R-05	56.5	R-05	56.5	56.50	1.20	56.50	1.31	56.50	1.30	56.50	1.30	56.50	1.30	56.50	1.30	-1.09	-1.16	
R-06-1	57.3	R-10	56.5	56.50	1.20	56.50	1.31	56.50	1.30	56.50	1.30	56.50	1.30	56.50	1.30	-1.09	-1.16	
R-06-2	58.1	R-12	56.5	56.50	1.20	56.50	1.31	56.50	1.30	56.50	1.30	56.50	1.30	56.50	1.30	-1.09	-1.16	
R-06-3	56.9	R-28	56.5	56.50	1.20	56.50	1.31	56.50	1.30	56.50	1.30	56.50	1.30	56.50	1.30	-1.09	-1.16	
R-07	57.5	R-02	56.9	56.90	0.80	56.90	0.56	56.90	0.55	56.90	0.55	56.90	0.55	56.90	0.55	-0.71	-0.77	
R-8-1	56.9	R-06-3	56.9	56.90	0.80	56.90	0.56	56.90	0.55	56.90	0.55	56.90	0.55	56.90	0.55	-0.71	-0.77	
R-8-2	58.0	R-8-1	56.9	56.90	0.80	56.90	0.56	56.90	0.55	56.90	0.55	56.90	0.55	56.90	0.55	-0.71	-0.77	
R-9	57.3	R-24-1	56.9	56.90	0.80	56.90	0.56	56.90	0.55	56.90	0.55	56.90	0.55	56.90	0.55	-0.71	-0.77	
R-10	56.5	R-03	57.2	57.20	0.50	57.20	0.20	57.20	0.19	57.20	0.19	57.20	0.19	57.20	0.19	-0.42	-0.48	
R-11	57.2	R-11	57.2	57.20	0.50	57.20	0.20	57.20	0.19	57.20	0.19	57.20	0.19	57.20	0.19	-0.42	-0.48	
R-12	56.5	R-06-1	57.3	57.30	0.40	57.30	0.12	57.30	0.12	57.30	0.12	57.30	0.12	57.30	0.12	-0.33	-0.39	
R-13	58.6	R-9	57.3	57.30	0.40	57.30	0.12	57.30	0.12	57.30	0.12	57.30	0.12	57.30	0.12	-0.33	-0.39	
R-14	55.3	R-26	57.3	57.30	0.40	57.30	0.12	57.30	0.12	57.30	0.12	57.30	0.12	57.30	0.12	-0.33	-0.39	
R-15	59.0	R-07	57.5	57.50	0.20	57.50	0.02	57.50	0.02	57.50	0.02	57.50	0.02	57.50	0.02	-0.13	-0.19	
R-16	59.2	R-23	57.5	57.50	0.20	57.50	0.02	57.50	0.02	57.50	0.02	57.50	0.02	57.50	0.02	-0.13	-0.19	
R-17	55.6	R-33	57.6	57.60	0.10	57.60	0.00	57.60	0.00	57.60	0.00	57.60	0.00	57.60	0.00	-0.04	-0.10	
R-19-1	57.7	R-37	57.6	57.60	0.10	57.60	0.00	57.60	0.00	57.60	0.00	57.60	0.00	57.60	0.00	-0.04	-0.10	
R-19-2	57.8	R-19-1	57.7	57.70	0.00	57.70	0.00	57.70	0.00	57.70	0.00	57.70	0.00	57.70	0.00	0.06	0.00	
R-20	58.3	R-04	57.8	57.80	0.10	57.80	0.02	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	0.15	0.10	
R-21	58.0	R-19-2	57.8	57.80	0.10	57.80	0.02	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	0.15	0.10	
R-22-1	56.1	R-29	57.8	57.80	0.10	57.80	0.02	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	0.15	0.10	
R-22-2	58.8	R-38	57.8	57.80	0.10	57.80	0.02	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	0.15	0.10	
R-23	57.5	R-39	57.8	57.80	0.10	57.80	0.02	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	0.15	0.10	
R-24-1	56.9	R-40	57.8	57.80	0.10	57.80	0.02	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	57.80	0.03	0.15	0.10	
R-24-2	56.1	R-8-2	58.0	58.00	0.30	58.00	0.12	58.00	0.13	58.00	0.13	58.00	0.13	58.00	0.13	0.34	0.29	
R-26	57.3	R-21	58.0	58.00	0.30	58.00	0.12	58.00	0.13	58.00	0.13	58.00	0.13	58.00	0.13	0.34	0.29	
R-27	58.7	R-06-2	58.1	58.10	0.40	58.10	0.21	58.10	0.21	58.10	0.21	58.10	0.21	58.10	0.21	0.44	0.39	
R-28	56.5	R-20	58.3	58.30	0.60	58.30	0.43	58.30	0.43	58.30	0.43	58.30	0.43	58.30	0.43	0.63	0.58	
R-29	57.8	R-34	58.3	58.30	0.60	58.30	0.43	58.30	0.43	58.30	0.43	58.30	0.43	58.30	0.43	0.63	0.58	
R-30	58.5	R-30	58.5	58.50	0.80	58.50	0.73	58.50	0.74	58.50	0.74	58.50	0.74	58.50	0.74	0.82	0.77	
R-32	59.1	R-13	58.6	58.60	0.90	58.60	0.91	58.60	0.92	58.60	0.92	58.60	0.92	58.60	0.92	0.92	0.87	
R-33	57.6	R-36	58.6	58.60	0.90	58.60	0.91	58.60	0.92	58.60	0.92	58.60	0.92	58.60	0.92	0.92	0.87	
R-34	58.3	R-27	58.7	58.70	1.00	58.70	1.11	58.70	1.12	58.70	1.12	58.70	1.12	58.70	1.12	1.01	0.96	
R-35	59.7	R-22-2	58.8	58.80	1.10	58.80	1.33	58.80	1.34	58.80	1.34	58.80	1.34	58.80	1.34	1.11	1.06	
R-36	58.6	R-15	59.0	59.00	1.30	59.00	1.83	59.00	1.85	59.00	1.85	59.00	1.85	59.00	1.85	1.30	1.25	
R-37	57.6	R-32	59.1	59.10	1.40	59.10	2.11	59.10	2.13	59.10	2.13	59.10	2.13	59.10	2.13	1.39	1.35	
R-38	57.8	R-16	59.2	59.20	1.50	59.20	2.41	59.20	2.43	59.20	2.43	59.20	2.43	59.20	2.43	1.49	1.45	
R-39	57.8	R-01	59.6	59.60	1.90	59.48	3.36	59.28	2.67	59.23	2.52	59.21	2.48	59.21	2.46	1.87	1.83	
R-40	57.8	R-35	59.7	59.70	2.00	59.48	3.36	59.28	2.67	59.23	2.52	59.21	2.48	59.21	2.46	1.97	1.93	
p	43.00		43.00															
median	57.70		57.70															
NIQR	56.9	58.3	1.04															
average	57.63		57.63	57.63														
std	1.02		1.02	1.02														
new x*				57.70		57.64		57.64		57.64		57.64		57.64				
new s*				1.19		1.086		1.057		1.049		1.047		1.046				

다. 2011년 실시된 무선분야 측정값의 비교

(1) 전력밀도(mW/MHz)

표 D-25. ISO13528과 ISO43-1간의 전력밀도에 대한 수행도 비교

Lab	value	ascending order		iteration												z-score (13528)	z-score (43-1)
				0	1		2		3		4		5				
				del=1.5s*	0.10		0.11		0.11		0.11		0.11				
				x-delta	1.04		1.03		1.03		1.03		1.03				
				x+delta	1.25		1.25		1.25		1.25		1.25				
R-01	1.30	R-26	0.99	0.99	0.16	1.04	0.01	1.04	0.01	1.04	0.01	1.04	0.01	1.04	0.01	-2.06	-2.70
R-02	1.28	R-12	1.02	1.02	0.13	1.04	0.01	1.04	0.01	1.04	0.01	1.04	0.01	1.04	0.01	-1.66	-2.18
R-03	1.17	R-05	1.06	1.06	0.09	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	-1.12	-1.48
R-04	1.19	R-11	1.06	1.06	0.09	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	-1.12	-1.48
R-05	1.06	R-24	1.06	1.06	0.09	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	-1.12	-1.48
R-06	1.12	R-31	1.06	1.06	0.09	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	1.06	0.01	-1.12	-1.48
R-07	1.12	R-09	1.07	1.07	0.08	1.07	0.01	1.07	0.01	1.07	0.01	1.07	0.01	1.07	0.01	-0.99	-1.31
R-08	1.31	R-25	1.09	1.09	0.05	1.09	0.00	1.09	0.00	1.09	0.00	1.09	0.00	1.09	0.00	-0.72	-0.96
R-09	1.07	R-18	1.10	1.10	0.04	1.10	0.00	1.10	0.00	1.10	0.00	1.10	0.00	1.10	0.00	-0.58	-0.78
R-10	1.17	R-22	1.10	1.10	0.04	1.10	0.00	1.10	0.00	1.10	0.00	1.10	0.00	1.10	0.00	-0.58	-0.78
R-11	1.06	R-23	1.11	1.11	0.03	1.11	0.00	1.11	0.00	1.11	0.00	1.11	0.00	1.11	0.00	-0.45	-0.61
R-12	1.02	R-06	1.12	1.12	0.02	1.12	0.00	1.12	0.00	1.12	0.00	1.12	0.00	1.12	0.00	-0.31	-0.44
R-13	1.15	R-07	1.12	1.12	0.02	1.12	0.00	1.12	0.00	1.12	0.00	1.12	0.00	1.12	0.00	-0.31	-0.44
R-14	1.15	R-27	1.13	1.13	0.02	1.13	0.00	1.13	0.00	1.13	0.00	1.13	0.00	1.13	0.00	-0.18	-0.26
R-15	1.15	R-30	1.13	1.13	0.02	1.13	0.00	1.13	0.00	1.13	0.00	1.13	0.00	1.13	0.00	-0.18	-0.26
R-16	1.51	R-29	1.14	1.14	0.01	1.14	0.00	1.14	0.00	1.14	0.00	1.14	0.00	1.14	0.00	-0.04	-0.09
R-17	1.37	R-13	1.15	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	0.09	0.09
R-18	1.10	R-14	1.15	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	0.09	0.09
R-19	1.22	R-15	1.15	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	1.15	0.00	0.09	0.09
R-20	1.16	R-20	1.16	1.16	0.01	1.16	0.00	1.16	0.00	1.16	0.00	1.16	0.00	1.16	0.00	0.22	0.26
R-21	1.24	R-28	1.16	1.16	0.01	1.16	0.00	1.16	0.00	1.16	0.00	1.16	0.00	1.16	0.00	0.22	0.26
R-22	1.10	R-32	1.16	1.16	0.01	1.16	0.00	1.16	0.00	1.16	0.00	1.16	0.00	1.16	0.00	0.22	0.26
R-23	1.11	R-03	1.17	1.17	0.02	1.17	0.00	1.17	0.00	1.17	0.00	1.17	0.00	1.17	0.00	0.36	0.44
R-24	1.06	R-10	1.17	1.17	0.02	1.17	0.00	1.17	0.00	1.17	0.00	1.17	0.00	1.17	0.00	0.36	0.44
R-25	1.09	R-04	1.19	1.19	0.04	1.19	0.00	1.19	0.00	1.19	0.00	1.19	0.00	1.19	0.00	0.63	0.78
R-26	0.99	R-19	1.22	1.22	0.08	1.22	0.01	1.22	0.01	1.22	0.01	1.22	0.01	1.22	0.01	1.03	1.31
R-27	1.13	R-21	1.24	1.24	0.10	1.24	0.01	1.24	0.01	1.24	0.01	1.24	0.01	1.24	0.01	1.30	1.65
R-28	1.16	R-02	1.28	1.28	0.14	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	1.84	2.35
R-29	1.14	R-01	1.30	1.30	0.16	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	2.11	2.70
R-30	1.13	R-08	1.31	1.31	0.17	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	2.24	2.87
R-31	1.06	R-17	1.37	1.37	0.23	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	3.05	3.92
R-32	1.16	R-16	1.51	1.51	0.37	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	1.25	0.01	4.93	6.35
p	32.00		32.00														
median			1.15														
NIQR	1.0975	1.175	0.06														
average	1.16		1.16	1.16													
std	0.11		0.11	0.11													
new x*				1.15		1.14		1.14		1.14		1.14		1.14			
new s*				0.07		0.074		0.074		0.074		0.074		0.074			

(2) 스퓨리어스영역 불요발사강도(dBm)

표 D-26. ISO13528과 ISO43-1간의 불요발사강도에 대한 수행도 비교

Lab	value	ascending order		iteration											z-score (13528)	z-score (43-1)				
				0	1												2	3	4	5
				del=1.5s*	1.45												1.47	1.45	1.45	1.45
				x-delta	-37.70												-37.64	-37.62	-37.62	-37.62
				x+delta	-34.80												-34.71	-34.71	-34.72	-34.72
R-01	-37.30	R-08	-43.90	-43.90	7.65	-37.70	2.32	-37.64	2.16	-37.62	2.12	-37.62	2.11	-37.62	2.11	-7.99	-8.26			
R-02	-31.80	R-15	-38.00	-38.00	1.75	-37.70	2.32	-37.64	2.16	-37.62	2.12	-37.62	2.11	-37.62	2.11	-1.89	-1.89			
R-03	-35.80	R-17	-37.60	-37.60	1.35	-37.60	2.04	-37.60	2.05	-37.60	2.05	-37.60	2.05	-37.60	2.05	-1.48	-1.46			
R-04	-35.90	R-01	-37.30	-37.30	1.05	-37.30	1.27	-37.30	1.28	-37.30	1.28	-37.30	1.28	-37.30	1.28	-1.17	-1.13			
R-05	-36.20	R-16	-37.10	-37.10	0.85	-37.10	0.86	-37.10	0.87	-37.10	0.87	-37.10	0.87	-37.10	0.87	-0.96	-0.92			
R-06	-37.00	R-06	-37.00	-37.00	0.75	-37.00	0.69	-37.00	0.69	-37.00	0.69	-37.00	0.69	-37.00	0.69	-0.86	-0.81			
R-07	-34.00	R-12	-37.00	-37.00	0.75	-37.00	0.69	-37.00	0.69	-37.00	0.69	-37.00	0.69	-37.00	0.69	-0.86	-0.81			
R-08	-43.90	R-32	-36.90	-36.90	0.65	-36.90	0.53	-36.90	0.54	-36.90	0.54	-36.90	0.54	-36.90	0.54	-0.76	-0.70			
R-09	-36.10	R-30	-36.80	-36.80	0.55	-36.80	0.39	-36.80	0.40	-36.80	0.40	-36.80	0.40	-36.80	0.40	-0.65	-0.59			
R-10	-36.60	R-10	-36.60	-36.60	0.35	-36.60	0.18	-36.60	0.19	-36.60	0.19	-36.60	0.19	-36.60	0.19	-0.45	-0.38			
R-11	-36.40	R-22	-36.50	-36.50	0.25	-36.50	0.11	-36.50	0.11	-36.50	0.11	-36.50	0.11	-36.50	0.11	-0.34	-0.27			
R-12	-37.00	R-11	-36.40	-36.40	0.15	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-0.24	-0.16			
R-13	-33.60	R-19	-36.40	-36.40	0.15	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-0.24	-0.16			
R-14	-35.40	R-25	-36.40	-36.40	0.15	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-36.40	0.05	-0.24	-0.16			
R-15	-38.00	R-23	-36.30	-36.30	0.05	-36.30	0.02	-36.30	0.02	-36.30	0.02	-36.30	0.02	-36.30	0.02	-0.14	-0.05			
R-16	-37.10	R-28	-36.30	-36.30	0.05	-36.30	0.02	-36.30	0.02	-36.30	0.02	-36.30	0.02	-36.30	0.02	-0.14	-0.05			
R-17	-37.60	R-05	-36.20	-36.20	0.05	-36.20	0.00	-36.20	0.00	-36.20	0.00	-36.20	0.00	-36.20	0.00	-0.03	0.05			
R-18	-35.90	R-09	-36.10	-36.10	0.15	-36.10	0.01	-36.10	0.00	-36.10	0.00	-36.10	0.00	-36.10	0.00	0.07	0.16			
R-19	-36.40	R-04	-35.90	-35.90	0.35	-35.90	0.07	-35.90	0.07	-35.90	0.07	-35.90	0.07	-35.90	0.07	0.28	0.38			
R-20	-35.30	R-18	-35.90	-35.90	0.35	-35.90	0.07	-35.90	0.07	-35.90	0.07	-35.90	0.07	-35.90	0.07	0.28	0.38			
R-21	-35.50	R-03	-35.80	-35.80	0.45	-35.80	0.14	-35.80	0.14	-35.80	0.14	-35.80	0.13	-35.80	0.13	0.38	0.49			
R-22	-36.50	R-24	-35.80	-35.80	0.45	-35.80	0.14	-35.80	0.14	-35.80	0.14	-35.80	0.13	-35.80	0.13	0.38	0.49			
R-23	-36.30	R-27	-35.70	-35.70	0.55	-35.70	0.22	-35.70	0.22	-35.70	0.22	-35.70	0.22	-35.70	0.22	0.48	0.59			
R-24	-35.80	R-29	-35.60	-35.60	0.65	-35.60	0.33	-35.60	0.32	-35.60	0.32	-35.60	0.32	-35.60	0.32	0.59	0.70			
R-25	-36.40	R-21	-35.50	-35.50	0.75	-35.50	0.45	-35.50	0.45	-35.50	0.45	-35.50	0.45	-35.50	0.45	0.69	0.81			
R-26	-35.10	R-14	-35.40	-35.40	0.85	-35.40	0.60	-35.40	0.59	-35.40	0.59	-35.40	0.59	-35.40	0.59	0.79	0.92			
R-27	-35.70	R-20	-35.30	-35.30	0.95	-35.30	0.76	-35.30	0.75	-35.30	0.75	-35.30	0.75	-35.30	0.75	0.90	1.03			
R-28	-36.30	R-26	-35.10	-35.10	1.15	-35.10	1.15	-35.10	1.14	-35.10	1.14	-35.10	1.14	-35.10	1.14	1.10	1.24			
R-29	-35.60	R-31	-34.70	-34.70	1.55	-34.80	1.87	-34.80	1.86	-34.80	1.86	-34.80	1.86	-34.80	1.86	1.52	1.67			
R-30	-36.80	R-07	-34.00	-34.00	2.25	-34.80	1.87	-34.80	1.86	-34.80	1.86	-34.80	1.86	-34.80	1.86	2.24	2.43			
R-31	-34.70	R-13	-33.60	-33.60	2.65	-34.80	1.87	-34.80	1.86	-34.80	1.86	-34.80	1.86	-34.80	1.86	2.65	2.86			
R-32	-36.90	R-02	-31.80	-31.80	4.45	-34.80	1.87	-34.80	1.86	-34.80	1.86	-34.80	1.86	-34.80	1.86	4.52	4.80			
p	32.00		32.00																	
median	-36.25		-36.25																	
NIQR	-36.83	-35.58	0.93																	
average	-36.22		-36.22	-36.22																
std	1.85		1.85	1.85																
new x*				-36.25		-36.17		-36.17		-36.17		-36.17		-36.17						
new s*				0.96		0.977		0.970		0.968		0.967		0.967						

(3) 점유주파수대역폭(MHz)

표 D-27. ISO13528과 ISO43-1간의 점유주파수대역폭에 대한 수행도 비교

Lab	value	ascending order		iteration												z-score (13528)	z-score (43-1)
				0		1		2		3		4		5			
				del=1.5s*		0.22		0.21		0.20		0.20		0.20			
				x-delta		16.38		16.36		16.37		16.37		16.37			
				x+delta		16.82		16.78		16.77		16.77		16.77			
R-01	16.70	R-07	16.40	16.40	0.20	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	-1.26	-1.40
R-02	16.45	R-11	16.40	16.40	0.20	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	-1.26	-1.40
R-03	16.60	R-18	16.40	16.40	0.20	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	-1.26	-1.40
R-04	16.50	R-20	16.40	16.40	0.20	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	-1.26	-1.40
R-05	16.86	R-23	16.40	16.40	0.20	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	16.40	0.03	-1.26	-1.40
R-06	16.44	R-06	16.44	16.44	0.16	16.44	0.02	16.44	0.02	16.44	0.02	16.44	0.02	16.44	0.02	-0.96	-1.12
R-07	16.40	R-02	16.45	16.45	0.15	16.45	0.01	16.45	0.01	16.45	0.01	16.45	0.01	16.45	0.01	-0.88	-1.05
R-08	16.68	R-13	16.45	16.45	0.15	16.45	0.01	16.45	0.01	16.45	0.01	16.45	0.01	16.45	0.01	-0.88	-1.05
R-09	16.65	R-25	16.47	16.47	0.13	16.47	0.01	16.47	0.01	16.47	0.01	16.47	0.01	16.47	0.01	-0.73	-0.91
R-10	16.62	R-04	16.50	16.50	0.10	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	-0.51	-0.70
R-11	16.40	R-26	16.50	16.50	0.10	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	-0.51	-0.70
R-12	16.80	R-28	16.50	16.50	0.10	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	-0.51	-0.70
R-13	16.45	R-31	16.50	16.50	0.10	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	-0.51	-0.70
R-14	16.60	R-32	16.50	16.50	0.10	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	16.50	0.00	-0.51	-0.70
R-15	16.70	R-03	16.60	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	0.24	0.00
R-16	16.70	R-14	16.60	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	0.24	0.00
R-17	16.65	R-19	16.60	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	0.24	0.00
R-18	16.40	R-22	16.60	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	0.24	0.00
R-19	16.60	R-27	16.60	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	0.24	0.00
R-20	16.40	R-29	16.60	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	0.24	0.00
R-21	16.72	R-30	16.60	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	16.60	0.00	0.24	0.00
R-22	16.60	R-10	16.62	16.62	0.02	16.62	0.00	16.62	0.00	16.62	0.00	16.62	0.00	16.62	0.00	0.39	0.14
R-23	16.40	R-09	16.65	16.65	0.05	16.65	0.01	16.65	0.01	16.65	0.01	16.65	0.01	16.65	0.01	0.62	0.35
R-24	16.70	R-17	16.65	16.65	0.05	16.65	0.01	16.65	0.01	16.65	0.01	16.65	0.01	16.65	0.01	0.62	0.35
R-25	16.47	R-08	16.68	16.68	0.08	16.68	0.01	16.68	0.01	16.68	0.01	16.68	0.01	16.68	0.01	0.85	0.56
R-26	16.50	R-01	16.70	16.70	0.10	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	1.00	0.70
R-27	16.60	R-15	16.70	16.70	0.10	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	1.00	0.70
R-28	16.50	R-16	16.70	16.70	0.10	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	1.00	0.70
R-29	16.60	R-24	16.70	16.70	0.10	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	16.70	0.02	1.00	0.70
R-30	16.60	R-21	16.72	16.72	0.12	16.72	0.02	16.72	0.02	16.72	0.02	16.72	0.02	16.72	0.02	1.15	0.84
R-31	16.50	R-12	16.80	16.80	0.20	16.80	0.05	16.78	0.04	16.77	0.04	16.77	0.04	16.77	0.04	1.75	1.40
R-32	16.50	R-05	16.86	16.86	0.26	16.82	0.06	16.78	0.04	16.77	0.04	16.77	0.04	16.77	0.04	2.20	1.82
p	32.00		32.00														
median	16.60		16.60														
NIQR	16.465	16.658	0.14														
average	16.57		16.57	16.57													
std	0.13		0.13	0.13													
new x*				16.60		16.57		16.57		16.57		16.57		16.57			
new s*				0.15		0.139		0.134		0.133		0.133		0.133			

(4) 주파수 허용편차

표 D-28. ISO13528과 ISO43-1간의 주파수허용편차에 대한 수행도 비교

Lab	value	ascending order		iteration													z-score (13528)	z-score (43-1)	
				0	1		2		3		4		5						
				del=1.5s*	1.67		1.59		1.56		1.56		1.56						
				x-delta	-31.07		-31.21		-31.19		-31.19		-31.19						
				x+delta	-27.73		-28.02		-28.06		-28.07		-28.07						
R-01	-28.40	R-28	-32.90	-32.90	3.50	-31.07	2.11	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-3.15	-4.02
R-02	-30.20	R-11	-31.90	-31.90	2.50	-31.07	2.11	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-2.18	-2.87
R-03	-30.90	R-09	-31.50	-31.50	2.10	-31.07	2.11	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-31.07	2.08	-1.80	-2.41
R-04	-29.40	R-26	-31.00	-31.00	1.60	-31.00	1.91	-31.00	1.89	-31.00	1.88	-31.00	1.88	-31.00	1.88	-31.00	1.88	-1.32	-1.84
R-05	-29.40	R-32	-31.00	-31.00	1.60	-31.00	1.91	-31.00	1.89	-31.00	1.88	-31.00	1.88	-31.00	1.88	-31.00	1.88	-1.32	-1.84
R-06	-28.10	R-03	-30.90	-30.90	1.50	-30.90	1.65	-30.90	1.62	-30.90	1.62	-30.90	1.62	-30.90	1.62	-30.90	1.62	-1.22	-1.72
R-07	-30.50	R-07	-30.50	-30.50	1.10	-30.50	0.78	-30.50	0.76	-30.50	0.76	-30.50	0.76	-30.50	0.76	-30.50	0.76	-0.84	-1.26
R-08	-29.30	R-30	-30.40	-30.40	1.00	-30.40	0.61	-30.40	0.60	-30.40	0.60	-30.40	0.60	-30.40	0.60	-30.40	0.60	-0.74	-1.15
R-09	-31.50	R-02	-30.20	-30.20	0.80	-30.20	0.34	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-0.55	-0.92
R-10	-29.10	R-15	-30.20	-30.20	0.80	-30.20	0.34	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-0.55	-0.92
R-11	-31.90	R-23	-30.20	-30.20	0.80	-30.20	0.34	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-30.20	0.33	-0.55	-0.92
R-12	-29.10	R-31	-30.10	-30.10	0.70	-30.10	0.23	-30.10	0.22	-30.10	0.22	-30.10	0.22	-30.10	0.22	-30.10	0.22	-0.45	-0.80
R-13	-29.40	R-19	-29.60	-29.60	0.20	-29.60	0.00	-29.60	0.00	-29.60	0.00	-29.60	0.00	-29.60	0.00	-29.60	0.00	0.03	-0.23
R-14	-28.90	R-27	-29.60	-29.60	0.20	-29.60	0.00	-29.60	0.00	-29.60	0.00	-29.60	0.00	-29.60	0.00	-29.60	0.00	0.03	-0.23
R-15	-30.20	R-29	-29.50	-29.50	0.10	-29.50	0.01	-29.50	0.02	-29.50	0.02	-29.50	0.02	-29.50	0.02	-29.50	0.02	0.12	-0.11
R-16	-29.30	R-04	-29.40	-29.40	0.00	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	0.22	0.00
R-17	-29.00	R-05	-29.40	-29.40	0.00	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	0.22	0.00
R-18	-26.70	R-13	-29.40	-29.40	0.00	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	-29.40	0.05	0.22	0.00
R-19	-29.60	R-08	-29.30	-29.30	0.10	-29.30	0.10	-29.30	0.11	-29.30	0.11	-29.30	0.11	-29.30	0.11	-29.30	0.11	0.31	0.11
R-20	-29.20	R-16	-29.30	-29.30	0.10	-29.30	0.10	-29.30	0.11	-29.30	0.11	-29.30	0.11	-29.30	0.11	-29.30	0.11	0.31	0.11
R-21	-28.40	R-20	-29.20	-29.20	0.20	-29.20	0.17	-29.20	0.18	-29.20	0.18	-29.20	0.18	-29.20	0.18	-29.20	0.18	0.41	0.23
R-22	-29.00	R-25	-29.20	-29.20	0.20	-29.20	0.17	-29.20	0.18	-29.20	0.18	-29.20	0.18	-29.20	0.18	-29.20	0.18	0.41	0.23
R-23	-30.20	R-10	-29.10	-29.10	0.30	-29.10	0.27	-29.10	0.28	-29.10	0.28	-29.10	0.28	-29.10	0.28	-29.10	0.28	0.51	0.34
R-24	-28.40	R-12	-29.10	-29.10	0.30	-29.10	0.27	-29.10	0.28	-29.10	0.28	-29.10	0.28	-29.10	0.28	-29.10	0.28	0.51	0.34
R-25	-29.20	R-17	-29.00	-29.00	0.40	-29.00	0.38	-29.00	0.39	-29.00	0.39	-29.00	0.39	-29.00	0.39	-29.00	0.39	0.60	0.46
R-26	-31.00	R-22	-29.00	-29.00	0.40	-29.00	0.38	-29.00	0.39	-29.00	0.39	-29.00	0.39	-29.00	0.39	-29.00	0.39	0.60	0.46
R-27	-29.60	R-14	-28.90	-28.90	0.50	-28.90	0.51	-28.90	0.53	-28.90	0.53	-28.90	0.53	-28.90	0.53	-28.90	0.53	0.70	0.57
R-28	-32.90	R-01	-28.40	-28.40	1.00	-28.40	1.48	-28.40	1.50	-28.40	1.51	-28.40	1.51	-28.40	1.51	-28.40	1.51	1.18	1.15
R-29	-29.50	R-21	-28.40	-28.40	1.00	-28.40	1.48	-28.40	1.50	-28.40	1.51	-28.40	1.51	-28.40	1.51	-28.40	1.51	1.18	1.15
R-30	-30.40	R-24	-28.40	-28.40	1.00	-28.40	1.48	-28.40	1.50	-28.40	1.51	-28.40	1.51	-28.40	1.51	-28.40	1.51	1.18	1.15
R-31	-30.10	R-06	-28.10	-28.10	1.30	-28.10	2.30	-28.10	2.33	-28.10	2.33	-28.10	2.33	-28.10	2.33	-28.10	2.33	1.47	1.49
R-32	-31.00	R-18	-26.70	-26.70	2.70	-27.73	3.55	-28.02	2.57	-28.06	2.45	-28.07	2.44	-28.07	2.44	-28.07	2.44	2.81	3.10
p	32.00		32.00																
median	-29.40		-29.40																
NIQR	-30.25	-29.05	0.87																
average	-29.68		-29.68	-29.68															
std	1.21		1.21	1.21															
new x*				-29.40		-29.62		-29.63		-29.63		-29.63		-29.63		-29.63			
new s*				1.11		1.063		1.043		1.041		1.040		1.040		1.040			

부록 5. 무선분야 수행지침서

『무선분야』
비교속련도시험 수행지침서(안)

2013. 09.

목 차

1. 개	요	2
1.1	시험시료	2
1.2	시험시료의 수령 및 확인	3
1.3	시험시료의 반송	5
1.4	시험결과서 기입 요령	5
1.5	시험결과서 제출	5
2.	측정절차	6
2.1	일반적 사항	6
2.2	주파수허용편차 측정방법	8
2.3	점유주파수대폭 측정방법	10
2.4	스푸리어스영역 불요발사강도 측정방법	12
2.5	공중선전력 측정방법	14
첨부 1.	무선분야 비교속련도 시험결과서	16
첨부 2.	인계인수서	17
첨부 3.	제어프로그램 설정방법	18

무선분야 숙련도시험 수행 지침서

제1장 개 요

본 숙련도 시험은 국립전파연구원 지정시험기관의 시험수행능력 향상을 도모하기 위한 비교·평가 프로그램이오니 참가 시험기관은 시험결과를 정확하게 분석할 수 있도록 아래 사항을 준수하여 주시기 바랍니다.

1. 시험용 시험시료

1.1 본 숙련도 시험에 사용하는 시험시료는 무선데이터통신시스템용 무선기기(Bluetooth 리모컨)입니다.

1.2 시험시료는 안정성 확보를 위하여 시료 안정성 테스트를 마친 제품입니다.

[표 1] 시험시료의 주요제원

구분	내용	비고
모델명	B303-TBROAD	245mm x 140 mm x 75 mm
제조사	오성전자	
주파수범위	2400 ~ 2483.5 MHz, 79 CH	USB 인터페이스
출력	10 dBm	
사용전압	DC 3.0 V	
동작온도	0 °C ~ 40 °C	

2. 시험시료의 수령 및 확인

참가 시험기관은 숙련도 시험용 시험시료를 수령하는 즉시 [표 2]에 기재된 품목과 수량이 일치하는지 확인하여 주시고, 품목의 이상유무에 대한 인수·인계서를 [첨부 2]의 양식에 의거 작성, 제출하여 주십시오.

[표 2] 시험시료의 수령확인

구분	수량
수용용 상자	1상자
비교숙련도시험 수행 지침서	1부
시험시료 (B303-TBROAD) 본체	1대
USB 메모리 (제어용 프로그램)	1개
USB 연장 케이블	1개
<p>※ 주의사항</p> <p>○ 위 기자재가 부족하거나 어딘가 손상이 있는 경우 즉시 국립전파연구원 인증제도와 숙련도 담당자에게 연락하여 주십시오.</p>	



수송용 상자



시험시료



USB 메모리



USB 연장 케이블

[그림 1] 시험시료 및 부속기자재 사진

3. 시험시료의 반송

- 3.1 시험이 끝나면 시험시료 및 부대품을 정리하여 수송용 상자의 지정된 위치에 수납하여 주십시오.
- 3.2 시험이 완료되면 순회계획에 따라 시험시료를 [첨부 2]의 인계·인수서와 함께 다음 시험기관으로 직접 전달하여 주십시오. 만약, 국립전파연구원 숙련도 운영 담당자의 별도 지시가 있을 때에는 그 지시에 따라 주십시오.

4. 시험결과 데이터 시트의 기입 요령

- 4.1. 연필 이외의 쉽게 지워지지 않는 볼펜 등으로 기입하여 주십시오.
- 4.2 데이터의 수정이 필요한 경우에는 빨간색 두 줄 삭선을 긋고, 수정 후 기술책임자의 서명을 하십시오.

5. 데이터 시트의 제출

시험이 끝나면, 시험 결과 데이터 시트는 측정결과 등의 필요사항을 기재한 후, 3일 이내에 아래의 주소로 제출해 주십시오.

주 소 : 서울시 용산구 원효로 41길 29 (우 140-8480)
담 당 자 : 국립전파연구원 인증제도과 인정기구담당
전화번호 : 02-710-6613
팩 스 : 02-710-6629
e-mail :

제2장 측정방법 및 순서

본 시험은 국립전파연구원공고 제2013-33호 [무선설비의 적합성평가 처리방법]에 의거하여 시험한다.

1. 일반적 사항

1.1 의사부하(감쇠기)

- 모든 성능시험에 있어 의사부하는 50 Ω 의 순저항을 사용한다.

1.2 측정기의 조건

1.2.1 모든 측정기와 측정시스템은 측정 전에 표준 신호발생기를 이용하여 보정계수를 구하여 측정값에 대해 보정하여야 한다.

1.2.2 스펙트럼분석기의 측정모드로 단일소인을 이용하는 경우에는 3 ~ 10회 측정하여 큰 값을 이용한다.

1.2.3 주파수측정기를 이용할 경우에는 주파수설정 및 주파수분해능이 해당대상기기의 기술기준보다 1자리 이상 높은 값을 가진 것을 이용한다. 또한, 모든 측정장비는 수검기기보다 정도가 높아야 하고, 수검기기의 출력과 주파수를 측정하는데 충분한 동작범위를 가지고 있어야 한다.

1.3 시험순서 및 시험항목

1.3.1 각 시험항목에 대한 측정절차 및 방법을 참조(2절 ~ 5절)하여 아래의 항목을 시험한다.

1.3.2 시험항목

1.3.2.1 주파수허용편차 (Hz)

1.3.2.2 점유주파수대폭 (MHz)

1.3.2.3 스퓨리어스영역 불요발사강도 (dBm)

1.3.2.4 공중선전력 (mW)

1.3.3 시험환경

1.3.3.1 전원 인가후 온도 25 ℃, 습도 50 %에서 30분 이상 경과 후 시험을 실시한다.

1.3.3.2 측정주파수는 2442 MHz 로 한다.

1.3.3.3 시료 공급전압은 3.0 Vdc로 한다.

1.3.3.4 시료는 제어용 프로그램을 사용하여 TX를 ON 시키고 이 상태로 10분간 유지후 출력파워가 안정화 되면 시험을 실시한다.

1.3.4 시험결과

1.3.4.1 측정결과를 [첨부1]에 기록한다.

1.3.4.2 각 측정항목에 대한 시험결과(Data)는 다음과 같이 표기한다.

○ 주파수허용편차 (Hz) : 소수점 첫째자리 까지 표기한다.

○ 점유주파수대폭 (MHz) : 소수점 첫째자리 까지 표기한다.

○ 스퓨리어스영역 불요발사강도 (dBm) : 소수점 첫째자리 까지 표기한다.

○ 공중선 전력 : 소수점 둘째자리

까지 표기한다.

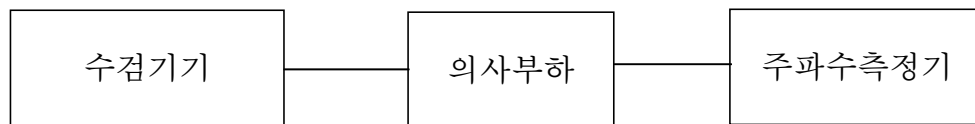
2. 주파수허용편차 측정방법

2.1 시험목적

시험시료에서 발사되는 전파의 주파수가 허용편차 내에 있는지 측정함을 목적으로 한다.

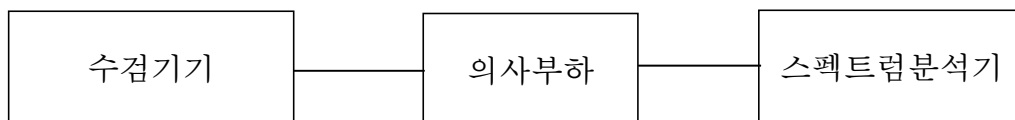
2.2 시험구성도

2.2.1 주파수카운터를 이용할 경우



[그림 2] 주파수허용편차 측정방법

2.2.2 스펙트럼 분석기를 이용할 경우



[그림 3] 주파수허용편차 측정방법

2.3 시험조건

2.3.1 주파수허용편차 측정을 위한 구성은 [그림 2] 및 [그림 3]와 같다.

2.3.2 측정기기의 측정오차는 기술기준에서 규정한 값 보다 10 % 이하로 작아야 한다.

2.4 시험절차

2.4.1 시험시료를 무변조 상태로 전원을 인가하여 동작시킨 후 주파수가 안정된 후 반송파주파수를 측정한다.

2.5 시험방법

2.5.1 주파수카운터 사용시 일반적인 방법

2.5.1.1 주파수카운터를 사용하여 시험하는 경우는 주파수 카운터의 시험가능 레벨범위가 어느 정도인지를 미리 파악하여 필요하면 적절한 감쇠기 또는 증폭기를 추가하여 시험하여야 한다.

2.5.1.2 시험시료를 시험조건의 설정상태로 하고 시험하고자 하는 주파수로 송신 시킨다. ([첨부 3]의 제어용 프로그램 설정방법 참조)

2.5.1.3 주파수 카운터의 분해능을 기술기준에서 규정한 허용오차보다 10 % 이하로 설정 후 측정하여 기준 값과 비교한다.

2.5.1.4 더 높은 정확도를 위해서 분해능을 줄여 시험할 수 있다.

2.5.2 스펙트럼분석기 사용 시

2.5.2.1 측정기를 스펙트럼 분석기로 연결하고 다음과 같이 설정한다.

[표 3] 주파수 허용편차 측정 스펙트럼분석기 설정방법

기준레벨 (ref. level)	+ 10 dBm (신호의 세기에 따라서 적절히 조절가능)
중심주파수 (Center frequency)	시험하고자 하는 기준주파수
소인대역폭 (SPAN)	15 kHz
분해대역폭 (RBW)	100 Hz
비디오 대역폭 (VBW)	300 Hz
소인시간 (Sweep Time)	Auto
소인방법 (Sweep Mode)	연속소인 (Continue)

2.5.2.2 시험시료를 시험조건의 설정상태로 하고 시험하고자 하는 주파수로 송신 시킨다. ([첨부 3]의 제어용 프로그램 설정방법 참조)

2.5.2.3 보다 정확한 측정값을 얻기 위해서 소인대역폭(span)을 줄여서 측정할 수 있다.

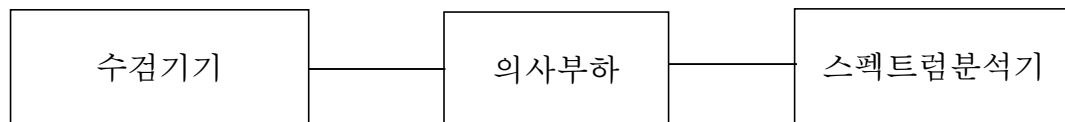
3. 점유주파수대폭 측정방법

3.1 시험목적

시험시료에서 발사되는 전파의 점유주파수대폭이 허용된 범위 내에 있는지 측정함을 목적으로 한다.

3.2 시험구성도

3.2.1 변조신호원을 내장하고 있는 기기의 경우



[그림 4] 점유주파수대폭 측정방법

3.3 측정기의 조건

3.3.1 스펙트럼분석기를 다음과 같이 설정한다.

[표 4] 점유주파수대폭 측정을 위한 스펙트럼분석기 설정방법

중심주파수	반송주파수
소인주파수폭	필요주파수대폭의 2~3배
분해능대역폭	필요주파수대폭의 50분의 1 내외
비디오대역폭	자동
검출모드	첨두검출(Peak Detect) 모드
표시모드	최대값유지(Max.Hold) 모드
소인횟수	10회 이상

3.4 시험절차

3.4.1 변조신호원을 내장하고 있는 기기의 경우

3.4.1.1 수검기기를 내장 또는 부착된 변조신호원에 의해 시험주파수에서 규정된 변조조건으로 한다.

3.4.1.2 이 조건으로 수검기기를 동작시켜 스펙트럼분석기의 점유주파수대역폭 측정기능을 이용하여 측정한다. 스펙트럼분석기에 점유주파수대역폭 측정기능이 내장되어 있지 않은 경우에는 다음 단계의 절차를 수행하여야 한다.(일반적으로 컴퓨터 인터페이스를 통한 프로그램에 의함)

3.4.1.3 각 샘플링점 전력을 측정하여 이것을 소인횟수로 평균한다.

3.4.1.4 각 샘플링점 전력의 합(이하 “전전력” 이라 한다)을 구한다.

3.4.1.5 상한의 샘플링 점에서 순차로 전력을 가산하여 이 총합이 전전력의 0.5%가 되는 샘플링점의 주파수(이하 “상한주파수”라 한다)를 구한다.

3.4.1.6 하한의 샘플링 점에서 순차로 전력을 가산하여 이 총합이 전전력의 0.5%가 되는 샘플링점의 주파수(이하 “하한주파수”라 한다)를 구한다.

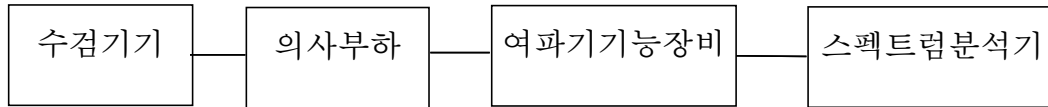
3.4.1.7 상한주파수와 하한주파수의 차를 구한다.

4. 스퓨리어스영역 불요발사강도 측정방법

4.1 시험목적

시험시료의 송신 시 발생하는 스퓨리어스가 다른 무선기기에 혼신 등의 영향을 미치지 않도록 규정된 허용치 내에 있는지 측정함을 목적으로 한다.

4.2 시험구성도



[그림 5] 스퓨리어스영역 불요발사강도 측정방법

4.3 측정기의 조건

4.3.1 대역저지여파기를 이용하여 기본파 성분을 충분히 감쇠시킨다

※참조: 기본 주파수 억제필터의 사용여부는 시험자가 판단하여 적용한다.

4.3.2 의사부하 및 연결 케이블에 대한 측정 주파수 및 스퓨리어스 발사 주파수에 대한 감쇠(Loss)값을 미리 측정한다.

4.4 시험절차

4.4.1 시험시료를 통상변조 상태로 동작시키고 시료제어용 프로그램을 사용하여 기본파출력을 최대로 하여 스퓨리어스 발사강도를 측정한다.

4.4.2 스펙트럼분석기를 다음과 같이 설정한다.

[표 5] 스퓨리어스영역 불요발사강도 측정을 위한 스펙트럼분석기 설정방법

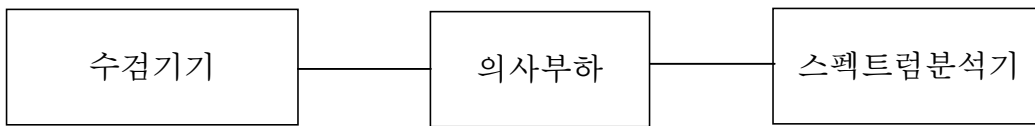
중심주파수	반송주파수
소인주파수폭	할당주파수의 3저조파에서 3고조파 까지 측정될 수 있도록 설정한다.
분해능대역폭	검사주파수에 따른 기준대역폭 이상으로 한다 9 kHz ~ 150 kHz : 1 kHz 150 kHz ~ 30 MHz : 10 kHz 30 MHz ~ 1 GHz : 100 kHz 1 GHz 초과 : 1 MHz 우주업무용 : 4 kHz
비디오대역폭	분해능대역폭의 3배 이상 (일반적으로 자동모드)
검출모드	첨두검출(Peak Detect) 모드
표시모드	최대값유지(Max.Hold) 모드
소인횟수	10회 이상

5. 공중선전력 측정방법

5.1 시험목적

시험시료의 전력이 규정에 적합한지 측정함을 목적으로 한다.

5.2 시험구성도



[그림 6] 공중선전력 측정방법

5.3 시험절차

5.3.1 전력계로 공중선 전력을 측정하는 경우

5.3.1.1 의사부하 및 연결 케이블의 측정주파수에 대한 감쇠(Loss)값을 측정하여 전력계에 보정한다.

5.3.1.2 시험시료를 통상변조 상태로 동작시켰을 때 전력계를 통해 평균전력을 측정한다. 단, 전원을 인가한 후 송신기가 안정된 후 측정한다.

5.3.2 스펙트럼분석기로 공중선 전력을 측정하는 경우

5.3.2.1 의사부하 및 연결 케이블의 측정주파수에 대한 감쇠(Loss)값을 측정하여 스펙트럼분석기에 보정한다.

5.3.2.2 시험시료를 통상변조 상태로 동작시킨다.

5.3.2.3 스펙트럼분석기를 다음과 같이 설정한다.

[표 6. 공중선 전력 측정을 위한 스펙트럼 분석기 설정방법]

중심주파수	반송주파수
소인주파수폭	필요주파수대폭의 2~3배
분해능대역폭	필요주파수대폭의 50분의 1 내외
비디오대역폭	자동
검출모드	첨두검출(Peak Detect) 모드
표시모드	최대값유지(Max.Hold) 모드
소인횟수	1회 소인(Single Sweep)
채널간격	수검기기의 출력신호가 단일주파수 채널인 경우에는 소인폭과 같이 하고 복수채널인 경우에는 규정의 대역폭(또는 채널간격)을 설정한다.

[첨부 1]

무선분야 비교속련도 시험결과서

시험기관명: _____.

☐ 일반사항

시험장 소재지	
전화번호	
측정 담당자	
측정 일자	
시험장 환경	<input type="checkbox"/> 온도: ℃ <input type="checkbox"/> 습도: %
시험 장소	
제품명	
형명	
특기사항	

☒ 주의사항

참가 시험기관은 반드시 시험항목별 측정불확도를 명기하여 주시고, 측정불확도 산출 근거 자료를 시험결과와 함께 제출하여 주시기 바랍니다.

☐ 인계기관

시험항목	시험결과	측정불확도
주파수허용편차 (Hz)		
점유주파수대폭 (MHz)		
스푸리어스영역 불요발사강도 (dBm)		
공중선 전력 (mW)		

☒ 시험결과에 보정값이 반드시 포함되도록 할 것.

[첨부 2]

인계 · 인수서

□ 인계·인수일자 : 년 월 일

□ 인계기관 : _____ 인계자
(인)

☐ 인수기관 : 인수자
 (인)

순번	물 품 목 록	수 량	이상유무
①	수용용 상자	1상자	
②	비교속련도시험 수행 지침서	1부	
③	시험시료 (B303-TBROAD) 본체	1대	
④	USB 메모리 (제어용 프로그램)	1개	
⑤	USB 연장 케이블	1개	
<u>제공한 물품에 이상이 있을시 그 내용을 기록</u>			

※ 숙련도시험 프로그램의 원활한 진행을 위하여 인수기관은 시료를 수령하는 즉시 본 서식을 작성하여 국립전과연구원 인증제도과담당자에게 FAX(02-710-6613)로 송부하여 주시기 바랍니다.

[첨부 3]

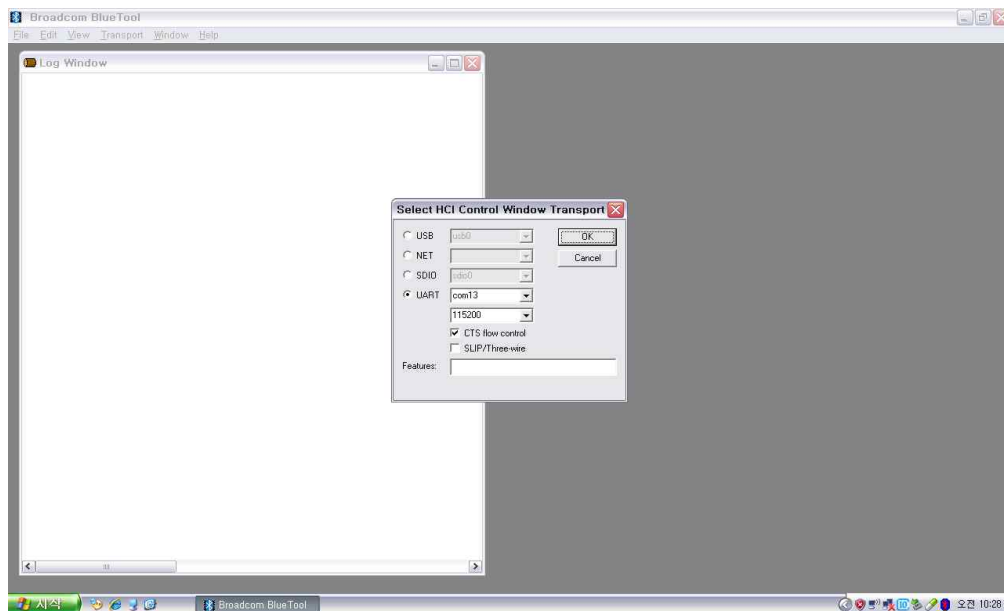
제어프로그램 설정방법

1. 제어프로그램 실행

1.1 제공된 프로그램을 설치하고 [Broadcom Blue Tool] 프로그램을 실행하면 아래와 [그림 5-1]과 같이 제어프로그램이 실행됩니다.

1.2 메뉴바에서 Transport - HCI Control 선택

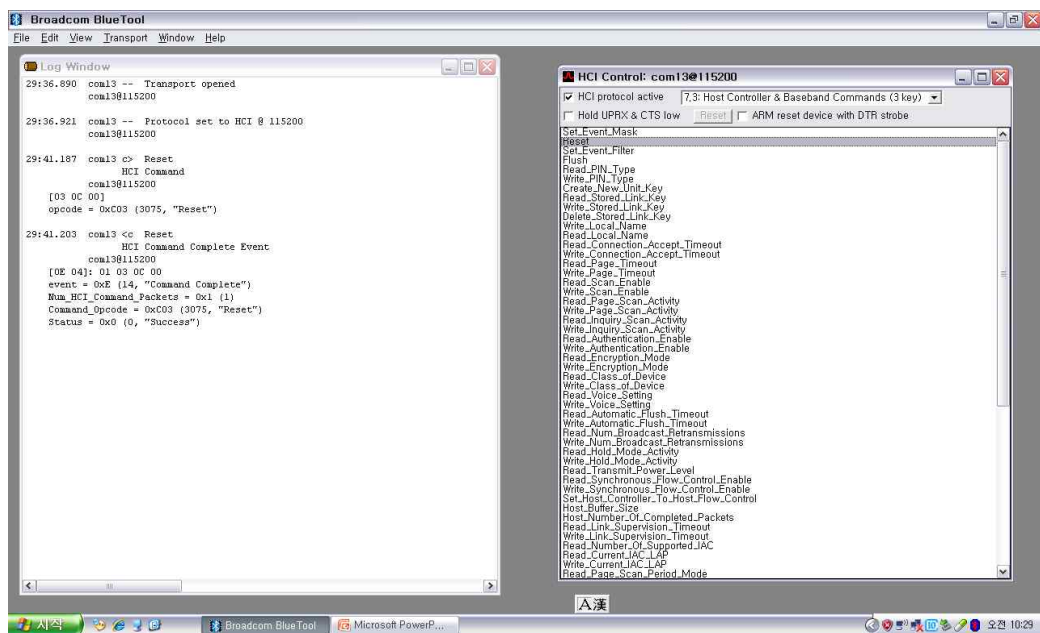
1.3 UART 선택후 해당 컴퓨터의 통신포트(COM)를 선택하고 OK를 누른다



[그림 5-1] 제어프로그램 설정 창

1.4 제어프로그램 오른쪽 HCI Control 창에서 HCI protocol active_7.3: Host Controller & Baseband Commands (3 key) 선택하고 하단 Reset 클릭한다.

1.5 제어프로그램 왼쪽 LOG Window 창 하단에 Status에 Success 가 나오는지 확인한다.



[그림 5-2] 제어프로그램 설정 창

2. 공중선전력, 스푸리어스 불요발사강도, 점유주파수대 폭 측정

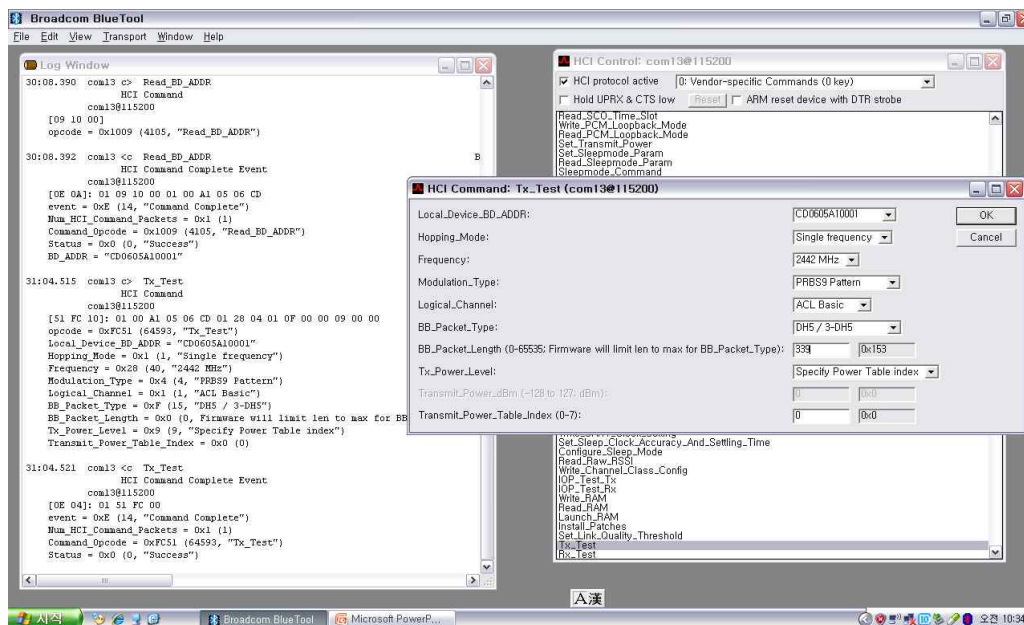
- 변조상태 설정

2.1 제어프로그램 오른쪽 HCI Control 창에서 HCI protocol active_7.4: Informational Parameters (4 key) 선택하고 하단

Read_BD_ADDR 선택한다.

2.2 제어프로그램 오른쪽 HCI Control 창에서 HCI protocol active_0: Vender-specific Commands (0 key) 선택하고 Tx_Test 클릭해서 다음과 같이 설정한다.

Hopping_Mode	Single frequency
Frequency	2442 MHz
Modulation_Type	PRBS9 Pattern
Logical_Channel	ACL Basic
BB_Packet_Type	DH5/3-DH5
BB_Packet_Length	339
Tx_Power_Level	Specify Power Table index
Transmit_Power_Table_Index (0-7)	0



[그림 5-3] 제어프로그램 설정 창

3. 주파수허용편차 측정

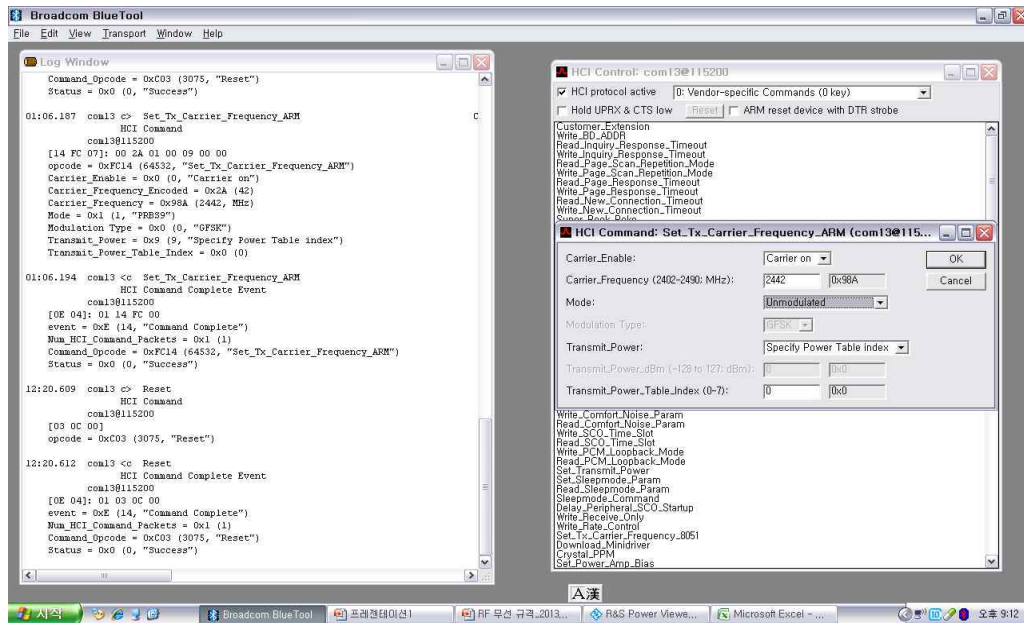
- 무변조상태 설정

3.1 제어프로그램 오른쪽 HCI Control 창에서 HCI protocol active_7.3: Host Controller & Baseband Commands (3 key) 선택하고 하단 Reset 클릭한다.

3.2 제어프로그램 왼쪽 LOG Window 창 하단에 Status에 Success 가 나오는지 확인한다.

332 제어프로그램 오른쪽 HCI Control 창에서 HCI protocol active_0: Vender-specific Commands (0 key) 선택하고 Tx_Carrier_Frequency_ARM 클릭해서 다음과 같이 설정한다.

Carrier_Enable	Carrier on
Carrier_Frequency (2402-2490; MHz)	2442
Mode	Unmodulated
Transmit_Power	Specify Power Table index
Transmit_Power_Table_Index (0-7)	0



[그림 5-4] 제어프로그램 설정 창

부록 6. SAR분야 수행지침서

**『SAR분야』
비교속련도시험 수행지침서(안)**

2013. 09.

목 차

1. 개	요	1
1.1	시험시료	1
1.2	시험시료의 수령 및 확인	1
1.3	시험시료의 반송	3
1.4	시험결과서 기입 요령	3
1.5	시험결과서 제출	3
2. 측정절차		4
2.1	일반적 사항	4
2.2	시험시료 배치	9
2.3	측정절차	10
2.4	측정결과 보고	10
첨부 1.	SAR분야 비교숙련도 시험결과서	11
첨부 2.	인계인수서	13

1. 개 요

본 숙련도 시험은 국립전파연구원 지정시험기관의 시험수행능력 향상을 도모하기 위한 비교·평가 프로그램이오니 참가 시험기관은 시험결과를 정확하게 분석할 수 있도록 아래 사항을 준수하여 주시기 바랍니다.

1.1 시험시료

1.1.1 본 숙련도 시험에 사용하는 시험시료는 이동통신용 무선설비기기입니다.

1.1.2 시험시료는 안정성 확보를 위하여 안정성 테스트를 마친 제품이며, 주요제원은 <표 1>과 같습니다.

[표 1] 시험시료의 주요제원

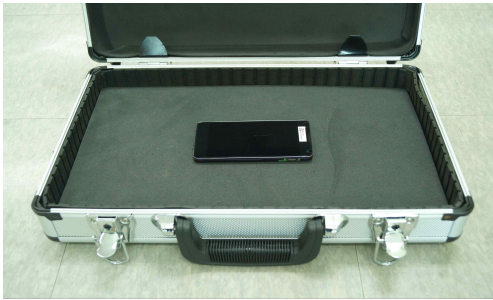
구 분	규 격
품 목 명	이동통신용 무선설비의 기기
모 델 명	LG-F180K
제 조 사	엘지전자(주)
제품크기	131.9(L) X 68.9(W) X 8.45(H) mm
사용주파수 범위	송신 : (1 922.8 ~ 1 977.2) MHz 수신 : (2 112.8 ~ 2 167.2) MHz
변조방식	WCDMA
출 력	251.19 mW (24 dBm)
공급전압	배터리 DC 3.7 V
동작온도	- 20 ℃ ~ 50 ℃

1.2 시험시료의 수령 및 확인

참가 시험기관은 숙련도 시험용 시험시료를 수령하는 즉시 <표 2>에 기재된 품목과 수량이 일치하는지 확인하여 주시고, 품목의 이상 유무에 대한 인계·인수서를 <첨부 2> 양식에 의거 작성, 제출하여 주십시오.

[표 2] 시험시료의 구성 및 수량

번호	구 분	수량
1	수송용 가방	1개
2	비교숙련도시험 수행지침서	1부
3	시험시료 본체	1대
4	충전용 어댑터	1개
※ 주의사항 위 기자재가 부족하거나 손상이 있는 경우 즉시 국립전파연구원 비교숙련도 담당자에게 연락하여 주십시오.		



수송용 가방



시험시료 본체



충전용어댑터

[그림 1] 시험시료 및 부속기자재 사진

1.3. 시험시료의 반송

1.3.1 시험이 끝나면 시험시료 및 부대품을 정리하여 수송용 상자의 지정된 위치에 수납하여 주십시오.

1.3.2 시험이 완료되면 순회계획에 따라 시험시료를 <첨부 2>의 인계·인수서와 함께 다음 시험기관으로 직접 전달하여 주십시오. 만약, 국립전파연구원 비교숙련도 운영 담당자의 별도 지시가 있을 때에는 그 지시에 따라 주십시오.

1.4 시험결과서 기입 요령

1.4.1 <첨부 1>의 시험결과서에 연필 이외의 쉽게 지워지지 않는 볼펜 등으로 기입하여 주십시오.

1.4.2 데이터의 수정이 필요한 경우에는 빨간색 두 줄 삭선을 긋고, 수정 후 기술책임자의 서명을 하십시오.

1.5. 시험결과서 제출

시험이 끝나면, 시험결과서는 측정결과 등의 필요사항을 기재한 후, 3일 이내에 아래의 주소로 제출해 주십시오. 제출방법은 우편, FAX 또는 e-mail(PDF file) 중 편한 방법을 이용하시면 됩니다.

주 소 : 서울시 용산구 원효로41길 29 국립전파연구원 인증제도과
담당자 : 인정기구 담당
전화번호 : 02-710-6611~ 3
팩 스 : 02-710-6629
e-mail :

2. 측정절차

2.1. 일반적 사항

본 시험은 국립전파연구원고시 제2012-23호 「전자파흡수율 측정기준」에 의거하여 시험한다.

2.1.1. 목 적

본 비교속련도 수행지침서는 「방송통신기자재등 시험기관의 지정 및 관리에 관한 고시」 제20조의 규정에 의하여 무선설비 등에서 발생하는 전자파 인체 흡수율(SAR)분야의 비교속련도 시험 수행에 대하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

2.1.2. 측정환경

2.1.2.1. 측정 시 실험실 온도 및 용액 온도는 18 °C ~ 25 °C 범위이어야 한다. (시험 중 온도변화 ± 2 °C 이내)

2.1.2.2. 측정 시 습도조건은 상대습도 30 % ~ 70 % 범위이어야 한다.

2.1.2.3. 측정 시 측정의 신뢰성 유지를 위한 측정 장비의 안정화 시간은 최소 30분으로 한다.

2.1.2.3. 측정 시 어떠한 전자기장 발생원도 측정결과에 영향을 주어서는 안 된다.

2.1.2.4. 시간에 따라 성능이 변화하는 프로브 및 측정 장비들은 교정유효기간이내의 것을 사용하여야 한다.

2.1.3. 시험시료 조건

2.1.3.1. 시험시료는 완전히 충전시키고, 측정시간 동안 최대 출력 상태에서 측정해야 하며 측정 전·후 출력의 변화는 5 % 이내이어야 한다.

2.1.3.2. 시험시료 측정 신호는 WCDMA 모드이며, 연속파 신호로 측정한다.

2.1.3.3. 시험시료의 측정주파수는 1 950 MHz이며, 채널은 9 750이다.

2.1.3.4. 기지국 시뮬레이터 CALL 방법

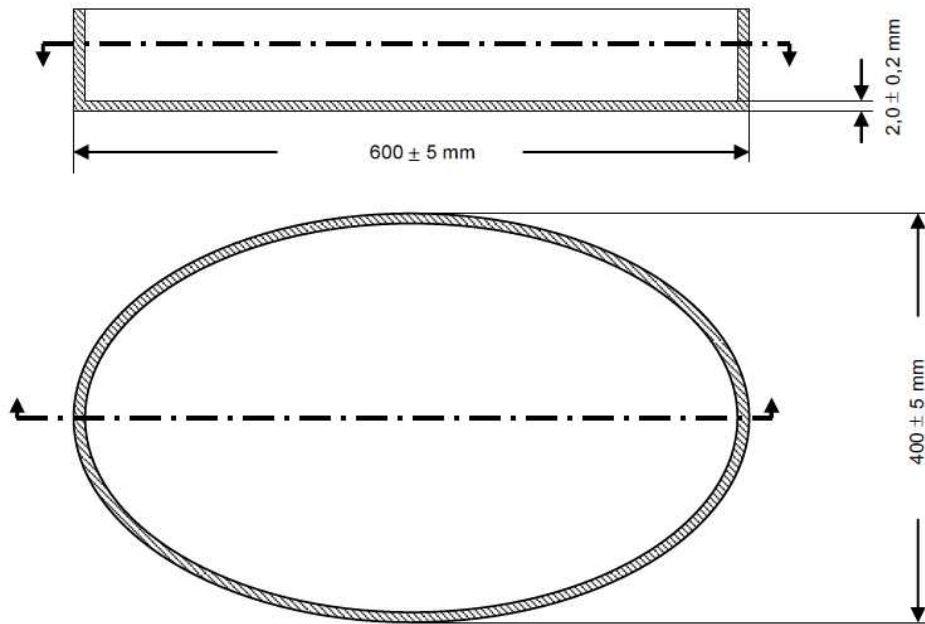
- 1) Call Band : WCDMA I
- 2) 측정 채널 및 주파수 설정 : 9 750 채널, 1 950 MHz
- 3) 최대 출력 송출상태 : ALL Up Bits Power Control 설정

2.1.4. 모의인체

모의인체는 모의인체외피와 모의조직으로 구성된다.

2.1.4.1. 모의인체외피는 다음 각호의 사항을 고려하여 제작하여야 한다.

2.1.4.1.1. 모의인체외피는 모의조직을 담는 용기로서 밑면이 평편하고 상부가 개방된 용기의 형태로 <그림 2>와 같도록 제작하여야 한다.



[그림 2] 모의인체 치수

2.1.4.1.2. 모의인체외피의 재질은 측정주파수에서 손실탄젠트가 0.05 미만이고 상대유전율이 5 미만의 것을 사용하여야 한다. 평면형 모의인체의 바닥면 두께는 기기가 놓이는 위치에서 2 mm 이어야 하며, 그 허용 오차는 ± 0.2 mm 이어야 한다.

2.1.5. 모의조직

2.1.5.1. 모의조직은 측정주파수에 대해 <표 3>에 맞게 평균 머리조직의 전기적 특성에 맞춘 균일한 액체 용액으로 제조하여야 한다.

[표 3] 모의인체 머리조직 전기정수

주파수[MHz]	상대유전율	전도도[Sm ⁻¹]
300	45.3	0.87
450	43.5	0.87
835	41.5	0.90
900	41.5	0.97
1450	40.5	1.20
1800	40.0	1.40
1900	40.0	1.40
2000	40.0	1.40
2450	39.2	1.80
3000	38.5	2.40

2.1.5.2. 측정 주파수에서의 모의조직의 제조 예

2.1.5.2.1. 모의조직 전기적 특성의 허용오차는 5 % 이내이어야 한다.

2.1.5.2.2. 준비사항

2.1.5.2.2.1. 재료

증류수, 염화나트륨, 글리콜

2.1.5.2.2.2. 사용도구

전자저울, 가열기(Heat and Stirring)

2.1.5.2.3. 제조과정

2.1.5.2.3.1. 가열기(Hot Plates)를 50 ~70 ℃로 가열 시킨다

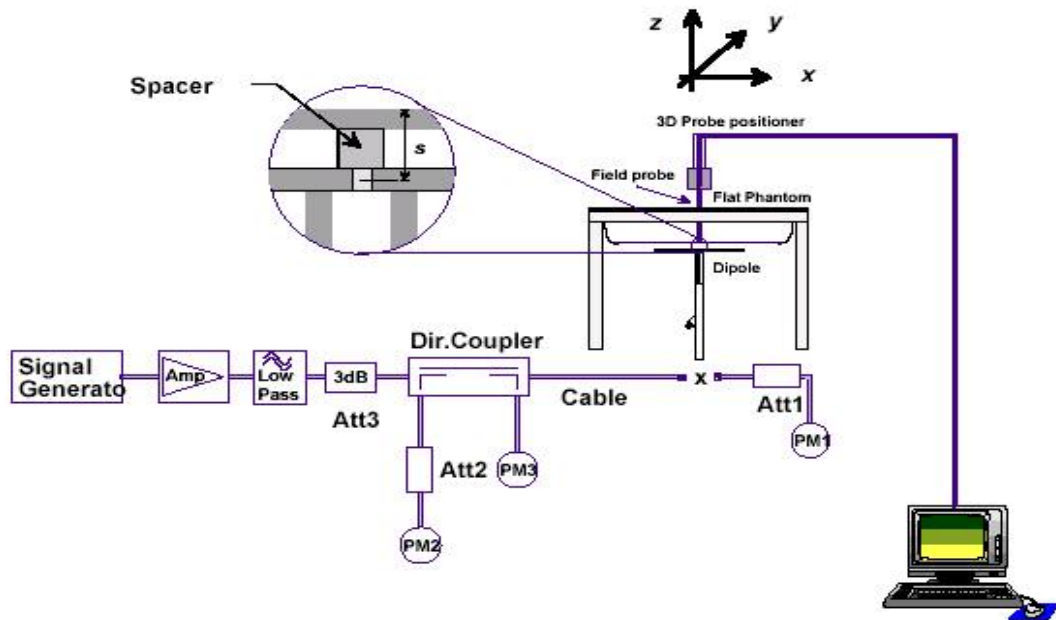
2.1.5.2.3.2. 10 ℓ 용기에 증류수 5.54 ℓ를 넣는다.(이때 용기에 혼합을 위한 자석막대를 같이 넣어준다)

- 2.1.5.2.3.3. 충분히 증류수가 가열이 되면 염화나트륨 8 g을 넣는다.
- 2.1.5.2.3.4. 염화나트륨이 다 녹은 후에 글리콜 4.45 ℓ 을 넣는다.
- 2.1.5.2.3.5. 수 시간 정도 충분히 가열과 혼합을 시킨 후 모의조직의 상대유전율과 전도도를 측정한다.
- 2.1.5.3. 모의조직의 깊이는 15 cm ± 5 mm이어야 한다.

2.1.6. 프로브 및 프로브 위치제어기

- 2.1.6.1. 프로브는 세 개의 서로 직교하는 2 mm 이상 4 mm 이하의 미소 다이폴로 구성하여 입사 전기장강도를 측정할 수 있어야 하며, 300 MHz 이상 3 GHz 이하의 측정주파수 대역에서 10 mW/kg 이상 100 W/kg 이하의 전자파흡수율을 측정할 수 있어야 한다.
- 2.1.6.2. 프로브의 성능 및 교정결과는 측정결과보고서에 제시하여야 한다.
- 2.1.6.3. 프로브위치제어기는 모의인체의 전 노출 영역에서 3차원적으로 전기장 분포를 측정할 수 있도록 한다. 프로브 위치이동은 공간 위치 정밀도 ±0.1 mm 이하로 조정할 수 있어야 한다.

2.1.7. 시스템 유효성 검사(System Validation)



[그림 3] 유효성 검사 구성도(System Validation)

- 2.1.7.1. 평면모의인체는 5미만의 상대유전율과 0.05 이하의 손실 탄젠트를 갖는 저손실 유전체 물질로 구성되어 있다.
- 2.1.7.2. 평면모의인체 내 모의조직의 깊이는 $15 \text{ cm} \pm 5 \text{ mm}$ 이다.
- 2.1.7.3. 다이폴 안테나는 평형 반파장 다이폴 안테나를 사용하며 평면모의 인체 및 다이폴 안테나와의 거리조건에서 반사 손실이 20 dB이하다.
- 2.1.7.4. 모의인체 바닥과 기준 다이폴 안테나의 이격거리(Spacer)는 $10 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ 이다.
- 2.1.7.5. 고주파 신호 발생기의 주파수는 1 950 MHz, 출력레벨은

PM1에서 250 mW 가 되도록 한다.

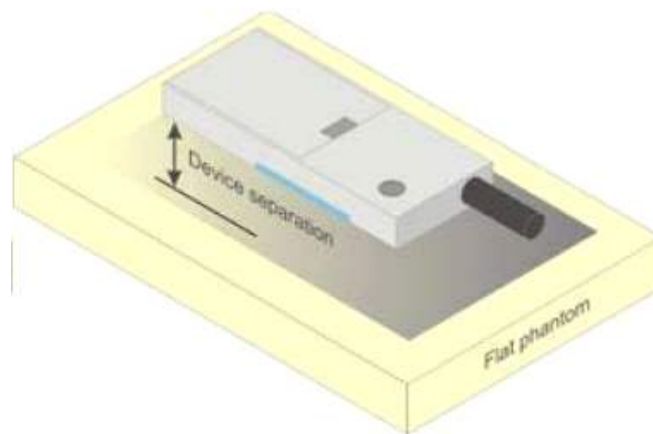
2.1.7.6. PM1 대신, 다이폴 안테나에 신호를 인가하고 PM2에서의 같은 값을 얻기 위해 조정 한 후 전자파흡수율을 측정한다. 1 g 평균 전자파흡수율이 목표 기준치의 10 % 이내 인가 확인한다.

2.1.7.7. 목표 기준치는 1 W 순방향 전력에 대해 1 g 평균 전자파 흡수율은 40.5 W/kg 이다.

2.2 시험시료 배치

2.2.1 시험시료 위치

2.2.1.1 전자파흡수율 측정은 제조자에 의해 정의된 정상 동작상태와 사용위치에 따라 측정하여야 하나 비교속련도 평가를 위해 몸통 뒷면 10 mm 이격 위치에서 측정한다.



[그림 4] 시험시료의 측정 위치의 예

2.2.2 <그림 5>의 시험시료 지지대는 2.2.1절의 시험시료 위치 조건을 만족시켜야 하며 재질의 전기적 특성은 측정주파수에서 손실탄젠트 0.05 미만, 상대유전율 5 미만의 것을 사용하여야 한다.



[그림 5] 시험시료 지지대의 예

2.3. 측정절차

전자파흡수율 측정은 다음 각호에 따라 순차적으로 실시하여야 한다.

- 2.3.1. 측정시스템은 프로브, 프로브위치제어기, 모의인체 및 시험시료지지대 등으로 구성한다.
- 2.3.2. 2.1.5절과 같이 모의조직을 제작하여 모의인체외피에 넣는다.
- 2.3.3. 2.1.2절의 측정환경 조건에 적합한지 여부를 확인한다.
- 2.3.4. 모의인체 내에 측정영역을 설정하고 프로브 등 모든 장비의 초기 값을 설정한다.

- 2.3.5. 시험시료를 측정주파수에 맞추고 2.1.3.4절과 같이 기지국 시뮬레이터 설정을 진행한다.
- 2.3.6. 시험시료를 2.2.1절의 시험위치에 고정시킨다.
- 2.3.7. 프로브를 모의인체 내에 삽입한다.
- 2.3.8. “기준점”에서 전자파흡수율 값이나 전기장강도를 측정한다.
- 2.3.9. 표면분포 측정을 한다.
- 2.3.10. 미소 체적분포 측정을 한다.
- 2.3.11. 2.3.10절까지 측정한 후 프로브를 2.3.8절의 기준점에 위치시킨 후 전자파흡수율 값이나 전기장강도를 측정하고 이 측정값을 2.3.8절에서 측정한 값과 비교하여 5 % 이상의 변화가 있으면 재 측정한다.

2.4. 측정결과 보고

전자파흡수율 측정절차에 따른 측정환경, 측정조건 등의 기술적 정보를 나타내어야 하며 <첨부 1>에 의거하여 시험결과서를 작성한다.

<첨부 1>

SAR분야 비교속련도 시험결과서

시험기관명 : _____

☐ 일반 사항

시험장 소재지	
전 화 번 호	
시험 담당자	
시 험 일 자	
시험장 환경	온도 : ℃
시 험 장 소	
제 품 명	
형 명	
특 기 사 항	

☐ 측정 조건(모의조직측정 및 시스템 유효성 검사 Raw Data 첨부)

시험환경		모의조직의 전기적 특성		피시험기기의 조건	
시험장온도	℃	상대 유전율		시험신호	
상대습도	%	전도도	S/m	전도전력	dBm
		밀 도	kg/m ³	aging time	분
시험시료의 동작상태		Conducted Power dBm 최대송신상태			
시스템 유효성 검사 결과(오차)		W/kg (%)			

☐ 측정 결과(Raw Data 제출)

구분		주파수		출력 (dBm)	시험 위치	안테나 위치	시료 상태	전자파 흡수율(W/kg)
		MHz	채널					
1	최대 값	1 950	9 750		몸통 뒷면 10 mm 이격	내부	Bar	
2	최대 값	1 950	9 750			내부	Bar	
3	최대 값	1 950	9 750			내부	Bar	

작성일자 : 년 월 일

시 험 자 :

<첨부 2>

인 계 ·인 수 서

□ 일 자 : 년 월 일

☐ 인계기관 : 인계자 (인)

☐ 인수기관 : 인수자 (인)

번 호	구 분	수 량	이상유무
1	수송용 가방	1개	
2	비교숙련도시험 수행지침서	1부	
3	시험시료 본체	1대	
4	충전용 어댑터	1개	
<p><u>제공한 물품에 이상이 있을 시 그 내용을 기록</u></p>			

※ 숙련도시험 프로그램의 원활한 진행을 위하여 인수기관은 시료를 수령하는 즉시본 서식을 작성하여 국립전파연구원 인증제도와 운영 담당자에게 FAX (02-710-6629) 또는 e-mail로 송부하여 주시기 바랍니다.

부록 7. 2013년 유선분야 수행도 예비평가

가. 위해전압

표 G-1. 시험기관 결과값

기관기호	측정값[V]	비고
R-01	1.5	
R-02	1.5	
R-03	1.4	
R-04	1.3	
R-05	1.8	
R-06	1.6	
R-07	1.6	
R-08	1.4	
R-09	1.6	
R-10	1.6	

표 G-2. 로버스트 z-score 결과값

Lab Code	z'-score(ISO13528)	z-score(ISO43-1 NIQR)
R-01	-0.37	-0.39
R-02	-0.37	-0.39
R-03	-1.35	-1.16
R-04	-2.33	-1.93
R-05	2.57	1.93
R-06	0.61	0.39
R-07	0.61	0.39
R-08	-1.35	-1.16
R-09	0.61	0.39
R-10	0.61	0.39

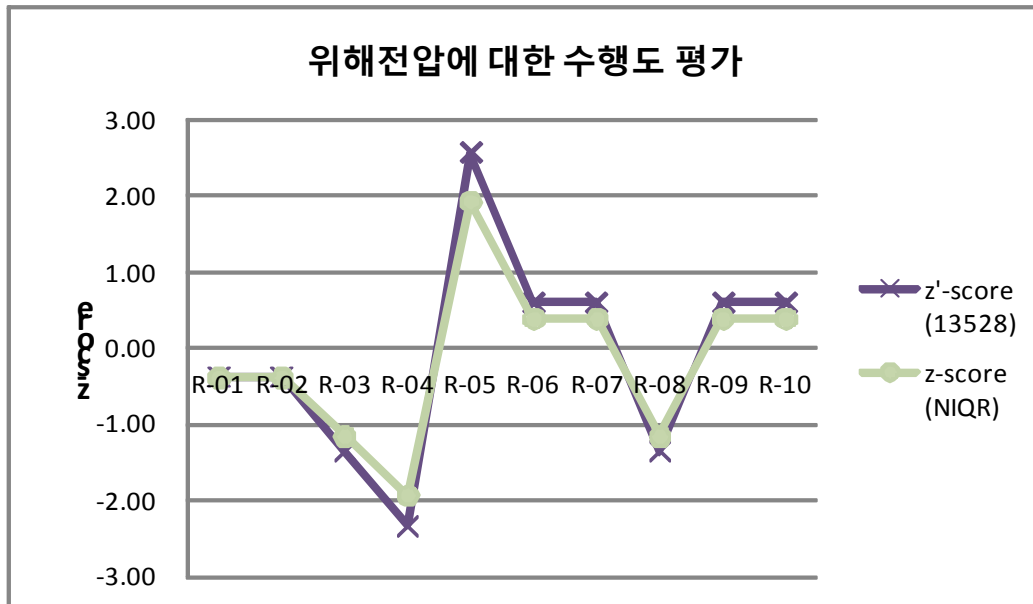


그림 G-1. 로버스트 z-score 결과값에 대한 도표

나. 직류저항

표 G-3. 시험기관 결과값

기관기호	측정값[MΩ]	비고
R-01	4.8	
R-02	4.9	
R-3	4.9	
R-04	5.0	
R-05	4.9	
R-06	4.8	
R-07	4.9	
R-08	4.9	
R-09	4.9	
R-10	4.9	

(2) 로버스트 z-score 결과값

(가) NIQR에 의한 결과값

- NQIR(=4.9-4.9)이 '0'으로 산출되어 수행도 평가가 불가

(나) ISO13528에 의한 결과값

- 표준편차(s^*)가 '0'으로 산출되어 수행도 평가가 불가

다. 호출신호 수신 시 직류전류

표 G-4. 시험기관 결과값

기관기호	측정값[mA]	비고
R-01	0.016	
R-02	0.017	
R-03	0.013	
R-04	0.026	
R-05	0.013	
R-06	0.014	
R-07	0.018	
R-08	0.016	
R-09	0.016	
R-10	0.016	

표 G-5. 로버스트 z-score 결과값

Lab Code	z' -score(ISO13528)	z-score(ISO43-1 NIQR)
R-01	0.07	0.00
R-02	0.47	0.60
R-03	-1.13	-1.80
R-04	4.08	6.00
R-05	-1.13	-1.80
R-06	-0.73	-1.20
R-07	0.87	1.20
R-08	0.07	0.00
R-09	0.07	0.00
R-10	0.07	0.00

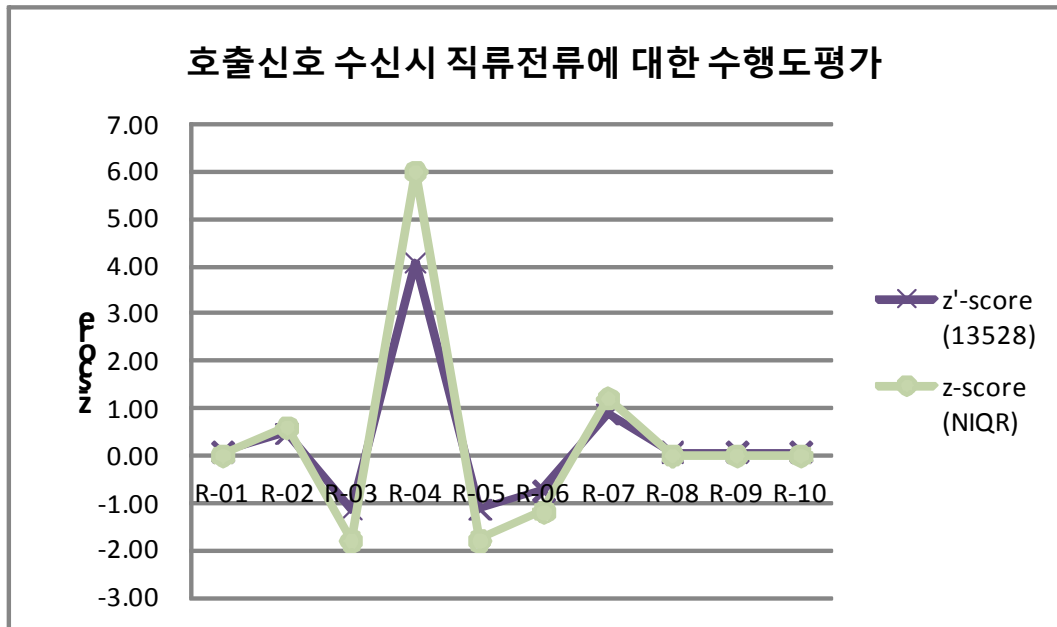


그림 G-2. 로버스트 z-score 결과값에 대한 도표

라. 호출신호 수신 시 교류 임피던스

표 G-6. 시험기관 결과값

기관기호	측정값[Ω]	비고
R-01	13677	
R-02	13865	
R-03	13382	
R-04	13784	
R-05	13633	
R-06	13805	
R-07	13675	
R-08	13793	
R-09	13698	
R-10	13737	

표 G-7. 로버스트 z-score 결과값

Lab Code	z'-score(ISO13528)	z-score(ISO43-1 NIQR)
R-01	-0.43	-0.47
R-02	1.30	1.73
R-03	-3.14	-3.93
R-04	0.55	0.78
R-05	-0.84	-0.99
R-06	0.75	1.02
R-07	-0.45	-0.50
R-08	0.64	0.88
R-09	-0.24	-0.23
R-10	0.12	0.23

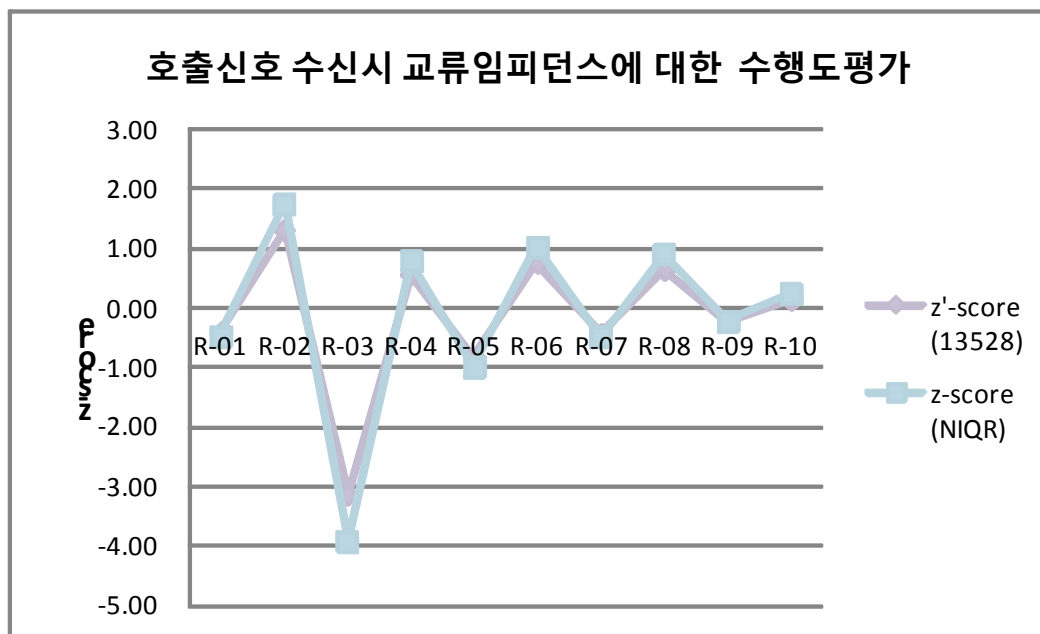


그림 G-3. 로버스트 z-score 결과값에 대한 도표

부록 8. 2013년 EMC 분야 수행도 예비평가 가. 참가기관 결과값

표 H-1. 복사성 방출 수평편파 결과값(단위: dB μ V/m)

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		비고
				PK	CAV	
R-01	34.20	71.70	61.40	77.20	63.60	Group 1
R-02	34.80	70.00	62.10	77.80	64.50	
R-03	33.90	70.60	62.70	76.70	63.40	
R-04	34.20	71.30	62.00	76.20	64.10	
R-05	32.60	69.50	61.90	77.20	64.00	
R-06	35.40	68.60	61.70	76.60	61.90	
R-07	32.60	70.40	61.50	74.80	61.30	
R-08	39.20	67.20	59.70	77.80	64.30	
R-09	37.80	68.20	60.10	78.50	64.90	
R-10	30.10	69.00	61.00	73.10	60.80	
R-11	30.70	69.90	61.50	74.70	61.60	
R-12	33.97	68.99	61.44	74.04	60.99	
R-13	36.90	67.90	60.30	76.30	62.50	Group 2
R-14	30.70	70.20	61.00	75.20	61.50	
R-15	30.20	69.90	62.60	75.50	62.40	
R-16	30.10	70.30	62.20	75.00	61.80	
R-17	30.30	69.00	60.10	75.80	62.50	
R-18	33.30	70.20	62.20	75.20	61.20	
R-19	32.90	68.50	58.40	71.50	61.80	
R-20	32.80	69.00	59.80	78.30	64.60	
R-21	30.80	69.90	61.80	76.30	62.50	
R-22	30.40	69.20	60.60	76.40	63.30	
R-23	29.30	69.80	62.30	71.90	58.70	
R-24	31.30	70.20	61.80	75.90	62.40	
R-25	31.30	68.00	59.90	73.80	60.30	
R-26	36.70	67.00	59.80	76.40	62.30	
R-27	34.50	70.10	60.60	75.90	63.00	
R-28	36.80	68.60	60.10	75.90	63.30	
R-29	32.90	68.70	61.60	78.30	65.50	
R-30	30.00	68.40	61.00	75.50	62.30	
R-31	31.60	68.70	60.30	74.90	62.10	
R-32	36.60	67.90	59.10	75.90	62.50	
R-33	33.30	69.50	60.70	74.50	61.00	
R-34	31.80	69.50	61.00	75.60	62.30	
R-35	29.40	64.30	58.20	61.60	48.60	
R-36	28.40	63.90	60.00	73.90	62.00	
R-37	30.20	65.30	55.40	73.60	59.30	
R-38	33.90	65.40	56.90	73.20	59.90	
R-39	31.80	66.90	58.10	76.00	62.30	
R-40	35.60	67.80	59.10	75.20	62.80	

표 H-2. 복사성방출 수직편파 참가기관별 결과값(단위: dB μ V/m)

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		비고
				PK	CAV	
R-01	40.80	71.00	62.20	77.10	63.30	Group 1
R-02	40.10	69.80	62.80	76.60	64.00	
R-03	43.10	70.60	64.30	75.00	61.90	
R-04	41.20	68.70	63.00	73.50	60.70	
R-05	41.90	67.80	61.80	75.90	62.80	
R-06	41.20	67.00	61.90	76.30	63.10	
R-07	42.90	67.90	60.90	74.00	60.60	
R-08	41.70	66.50	58.40	76.10	62.00	
R-09	43.00	67.90	59.20	78.30	64.60	
R-10	39.50	66.20	61.20	74.80	62.40	
R-11	41.40	67.50	61.20	76.10	62.90	
R-12	44.67	65.09	60.84	74.83	61.86	
R-13	42.50	66.50	59.50	76.80	63.30	Group 2
R-14	41.70	67.10	61.10	75.70	62.20	
R-15	42.10	67.60	61.40	75.10	61.30	
R-16	42.20	67.30	61.20	73.80	59.90	
R-17	42.30	67.10	60.20	76.20	62.90	
R-18	40.60	68.30	64.30	74.80	61.20	
R-19	41.40	67.90	61.20	71.00	61.40	
R-20	41.30	67.00	59.50	77.20	63.30	
R-21	40.80	67.90	61.70	75.40	61.30	
R-22	41.20	68.40	62.00	75.90	62.40	
R-23	39.50	68.60	61.50	73.90	60.90	
R-24	41.80	68.30	62.20	76.40	61.70	
R-25	40.30	66.20	60.10	74.00	60.70	
R-26	41.00	66.50	60.80	75.30	62.10	
R-27	40.90	66.30	59.40	75.00	62.00	
R-28	41.00	65.80	60.40	75.10	63.10	
R-29	42.80	66.70	59.60	72.00	58.60	
R-30	40.70	65.40	60.00	75.20	62.50	
R-31	40.40	66.30	60.90	75.10	61.70	
R-32	41.50	66.20	61.60	76.00	62.60	
R-33	40.00	67.50	61.40	74.20	60.70	
R-34	41.50	67.10	61.20	75.30	61.50	
R-35	40.10	64.60	57.90	61.40	48.20	
R-36	37.80	64.00	57.30	73.00	62.90	
R-37	39.30	62.60	55.40	73.40	59.10	
R-38	39.50	62.70	57.20	73.10	59.70	
R-39	40.30	65.30	58.30	76.60	63.20	
R-40	39.70	64.10	59.10	74.30	62.20	

표 H-3. 전도성방출 Line1 Quasi-Peak 참가기관별 결과값(단위: dB μ V)

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	비고
R-01	78.90	73.60	73.40	Group 1
R-02	78.40	73.30	72.40	
R-03	78.10	73.10	72.50	
R-04	78.20	73.80	71.40	
R-05	78.30	73.00	72.50	
R-06	78.50	72.20	73.00	
R-07	77.60	72.80	71.90	
R-08	77.30	72.00	70.80	
R-09	78.00	72.70	71.50	
R-10	78.50	72.10	72.90	
R-11	78.10	72.90	72.80	
R-12	77.80	72.60	72.50	
R-13	77.50	72.60	71.00	Group 2
R-14	78.50	73.10	71.50	
R-15	78.00	72.80	72.20	
R-16	77.90	72.30	71.00	
R-17	77.60	72.30	71.50	
R-18	77.40	71.80	71.60	
R-19	78.10	73.50	72.60	
R-20	77.50	72.40	71.00	
R-21	77.60	72.50	71.50	
R-22	77.70	72.50	71.70	
R-23	78.56	73.98	71.40	
R-24	77.20	72.50	71.60	
R-25	78.40	73.60	72.30	
R-26	77.10	72.30	71.80	
R-27	76.50	71.90	72.60	
R-28	77.20	72.60	71.40	
R-29	76.10	71.70	69.40	
R-30	76.00	72.00	71.80	
R-31	77.40	72.70	71.80	
R-32	77.80	72.70	72.00	
R-33	77.20	72.90	71.60	
R-34	77.10	72.00	71.50	
R-35	74.50	71.10	68.10	
R-36	75.80	71.60	69.50	
R-37	74.90	70.70	68.70	
R-38	76.10	71.20	70.50	
R-39	76.90	72.40	70.70	
R-40	76.70	71.40	70.50	

표 H-4. 전도성방출 Line1 CISPR Average 참가기관별 결과값(단위: dB μ V)

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	비고
R-01	74.20	69.10	68.70	Group 1
R-02	73.00	67.90	67.10	
R-03	72.80	67.80	66.90	
R-04	72.20	68.70	65.80	
R-05	72.50	67.40	66.90	
R-06	73.30	66.90	67.90	
R-07	72.00	67.20	66.30	
R-08	71.90	66.60	65.10	
R-09	72.60	67.30	66.20	
R-10	73.40	67.20	68.10	
R-11	72.50	67.00	67.40	
R-12	72.70	67.30	66.50	
R-13	72.10	67.10	65.60	Group 2
R-14	73.10	67.80	66.00	
R-15	72.80	67.60	66.90	
R-16	72.20	66.70	65.90	
R-17	72.10	67.00	67.40	
R-18	72.00	66.50	66.50	
R-19	72.50	68.20	67.30	
R-20	72.10	67.00	65.60	
R-21	72.10	67.10	66.10	
R-22	72.20	67.00	66.20	
R-23	72.76	68.08	65.50	
R-24	71.90	67.00	66.10	
R-25	73.10	68.10	66.90	
R-26	71.80	66.90	66.20	
R-27	71.20	66.60	67.40	
R-28	71.20	66.70	66.60	
R-29	70.60	66.30	64.00	
R-30	70.40	66.30	66.20	
R-31	71.50	66.80	65.80	
R-32	71.60	66.60	65.90	
R-33	71.90	67.50	66.20	
R-34	71.50	67.00	66.10	
R-35	68.90	65.40	62.50	
R-36	69.80	65.60	63.80	
R-37	69.50	65.40	63.30	
R-38	70.70	65.70	65.10	
R-39	71.10	66.80	65.00	
R-40	70.40	65.80	65.20	

표 H-5. 전도성방출 Line2 Quasi-Peak 참가기관별 결과값(단위: dB μ V)

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	비고
R-01	57.60	66.30	67.00	Group 1
R-02	57.20	65.90	66.60	
R-03	56.80	65.60	66.70	
R-04	57.70	65.20	66.90	
R-05	56.10	64.30	65.90	
R-06	58.10	64.90	66.90	
R-07	55.80	64.70	63.90	
R-08	56.30	64.50	64.70	
R-09	56.90	65.50	66.00	
R-10	57.50	65.30	66.00	
R-11	57.50	65.40	66.10	
R-12	57.10	65.60	66.10	
R-13	56.90	64.90	65.80	Group 2
R-14	57.70	66.00	66.40	
R-15	56.90	65.10	66.60	
R-16	56.50	64.60	66.10	
R-17	57.00	65.10	65.40	
R-18	56.60	65.80	65.90	
R-19	57.40	66.30	66.40	
R-20	56.40	65.20	65.70	
R-21	56.90	65.50	66.10	
R-22	56.60	65.30	66.20	
R-23	60.57	69.05	64.55	
R-24	56.60	65.20	66.00	
R-25	57.60	66.30	66.80	
R-26	56.90	65.50	65.30	
R-27	56.30	64.40	64.60	
R-28	55.60	64.80	64.10	
R-29	54.90	64.50	63.50	
R-30	54.60	63.30	63.80	
R-31	56.60	65.20	65.50	
R-32	56.80	65.00	64.80	
R-33	56.60	65.00	65.60	
R-34	56.50	65.10	65.90	
R-35	53.40	63.50	62.50	
R-36	54.60	64.30	63.20	
R-37	54.10	63.50	62.50	
R-38	55.40	63.90	64.60	
R-39	56.00	65.00	64.70	
R-40	54.50	63.70	63.20	

표 H-6. 전도성방출 Line2 CISPR Average 참가기관별 결과값(단위: dB μ V)

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	비고
R-01	53.20	61.90	62.70	Group 1
R-02	51.80	60.40	61.10	
R-03	51.30	60.90	61.60	
R-04	51.80	60.90	61.40	
R-05	50.40	58.90	60.20	
R-06	52.70	59.70	61.70	
R-07	50.20	59.10	58.30	
R-08	50.80	59.20	59.40	
R-09	51.60	60.10	60.50	
R-10	52.60	60.30	61.20	
R-11	52.10	60.10	60.80	
R-12	51.40	60.50	60.40	
R-13	51.50	59.60	60.40	Group 2
R-14	52.10	60.50	60.90	
R-15	51.60	59.90	61.40	
R-16	51.00	59.20	60.90	
R-17	51.50	59.80	59.90	
R-18	51.40	60.50	60.60	
R-19	52.10	61.00	61.20	
R-20	51.10	59.80	60.30	
R-21	51.40	60.00	60.70	
R-22	51.10	59.80	60.70	
R-23	54.57	63.25	58.65	
R-24	51.10	59.80	60.60	
R-25	52.10	60.90	61.30	
R-26	51.40	60.10	59.90	
R-27	51.40	59.10	59.40	
R-28	52.20	58.80	58.90	
R-29	49.50	59.00	58.10	
R-30	48.40	57.20	58.20	
R-31	50.90	59.20	60.00	
R-32	50.80	59.70	59.40	
R-33	51.30	59.70	60.20	
R-34	51.00	59.70	60.50	
R-35	47.80	57.90	56.90	
R-36	48.60	58.20	57.20	
R-37	48.60	58.10	57.00	
R-38	49.90	58.50	59.20	
R-39	50.20	59.50	58.90	
R-40	51.40	57.90	57.90	

나. NIQR과 ISO13528에 의한 z-score 산출결과(예비판정)

(1) Group 1(총 12개 기관)

(가) NIQR과 ISO13528에 의한 예비판정 결과비교

표 H-7. 이상값 산출기관 비교

통계기법	산출기관								산 출 합 계	산 출 기 관 수
	복사성 방출				전도성 방출					
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2			
	수직	수평	수직	수평	QP	CAV	QP	CAV		
ISO43-1 (NIQR)	2	-	-	-	2	-	1	1	6	4
ISO13528	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0

표 H-8. 의심값 산출기관 비교

통계기법	산출기관								산 출 합 계	산 출 기 관 수
	복사성 방출				전도성 방출					
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2			
	수직	수평	수직	수평	QP	CAV	QP	CAV		
ISO43-1 (NIQR)	4	5	-	5	4	-	2	2	22	8
ISO13528	2	-	-	2	1	2	1	1	9	4

(나) ISO43-1(NIQR)에 의한 예비평가 결과

표 H-9. 이상값 산출기관: 4개 기관

기관기호	시험항목								이상값 산출 합계
	복사성 방출				전도성 방출				
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2		
	수평	수직	수평	수직	QP	CAV	QP	CAV	
R-01	-	-	-	-	2	-	-	-	2
R-07	-	-	-	-	-	-	1	1	2
R-08	1	-	-	-	-	-	-	-	1
R-09	1	-	-	-	-	-	-	-	1
합계	2	-	-	-	2	-	1	1	6

표 H-10. 의심값 산출기관: 8개 기관

기관기호	시험항목								의심값 산출 합계
	복사성 방출				전도성 방출				
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2		
	수평	수직	수평	수직	QP	CAV	QP	CAV	
R-01	-	1	-	-	1	-	-	2	4
R-03	1	1	-	2	-	-	-	-	4
R-04	-	-	-	-	1	-	-	-	1
R-07	-	-	-	1	-	-	1	-	2
R-08	1	1	-	-	2	-	1	-	5
R-09	1	1	-	2	-	-	-	-	4
R-10	1	-	-	-	-	-	-	-	1
R-12	-	1	-	-	-	-	-	-	1
합계	4	5	-	5	4	-	2	2	22

(다) ISO13528에 의한 예비평가 결과

1) 이상값 산출기관: 없음

2) 의심값 산출기관: 4개 기관

표 H-11. 의심값 산출기관: 4개 기관

기관기호	시험항목								의심값 산출 합계
	복사성 방출				전도성 방출				
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2		
	수평	수직	수평	수직	QP	CAV	QP	CAV	
R-01	-	-	-	-	-	2	-	-	2
R-03	-	-	-	1	-	-	-	-	1
R-07	-	-	-	-	-	-	1	1	2
R-08	2	-	-	1	1	-	-	-	4
합계	2	-	-	2	1	2	1	1	9

(2) Group 2(총 28개 기관)

(가) NIQR과 ISO13528에 의한 예비판정 결과비교

표 H-12. 이상값 산출기관 비교

통계기법	산출기관								산 출 합 계	산 출 기 관 수
	복사성 방출				전도성 방출					
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2			
	수직	수평	수직	수평	QP	CAV	QP	CAV		
ISO43-1 (NIQR)	4	2	8	2	6	7	3	7	39	8
ISO13528	2	1	7	2	3	2	7	6	30	8

표 H-13. 의심값 산출기관 비교

통계기법	산출기관								산출 합 계	산출 기 관 수
	복사성 방출				전도성 방출					
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2			
	수직	수평	수직	수평	QP	CAV	QP	CAV		
ISO43-1 (NIQR)	7	4	4	5	3	10	9	9	51	19
ISO13528	8	6	3	3	5	11	6	5	47	13

(나) ISO43-1(NIQR)에 의한 예비평가 결과

표 H-14. 이상값 산출기관: 8개 기관

기관기호	시험항목								이상값 산출 합계
	복사성 방출				전도성 방출				
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2		
	수평	수직	수평	수직	QP	CAV	QP	CAV	
R-19	-	-	1	-	-	-	-	-	1
R-23	-	-	2	-	-	-	2	2	6
R-29	-	-	1	-	1	1	-	-	3
R-30	-	-	-	-	-	-	-	2	2
R-35	1	-	2	2	2	3	1	1	12
R-36	1	1	-	-	1	1	-	1	5
R-37	1	1	1	-	2	2	-	1	8
R-38	1	-	1	-	-	-	-	-	2
합계	4	2	8	2	6	7	3	7	39

표 H-14. 의심값 산출기관: 19개 기관

기관기호	시험항목								의심값 산출 합계
	복사-성 방출				전도성 방출				
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2		
	수평	수직	수평	수직	QP	CAV	QP	CAV	
R-13	1	-	-	-	-	-	-	-	1
R-15	1	-	-	-	-	-	-	-	1
R-17	-	-	-	-	-	1	-	-	1
R-18	-	1	-	-	-	-	-	-	1
R-19	-	-	-	1	-	1	-	-	2
R-20	-	-	2	-	-	-	-	-	2
R-23	-	-	-	-	1	1	-	-	2
R-25	-	-	1	-	-	1	-	-	2
R-26	1	-	-	-	-	-	-	-	1
R-27	-	-	-	-	-	1	-	-	1
R-28	1	-	-	-	-	-	-	-	1
R-29	-	-	1	2	-	-	-	1	4
R-30	-	-	-	-	-	-	2	-	2
R-32	1	-	-	-	-	-	-	-	1
R-35	-	-	-	-	1	-	2	2	5
R-36	-	-	-	1	-	2	-	2	5
R-37	1	1	-	1	1	1	3	2	10
R-38	1	2	-	-	-	1	-	1	5
R-40	-	-	-	-	-	1	2	1	4
합계	7	4	4	5	3	10	9	9	51

(다) ISO13528에 의한 예비평가 결과

표 H-15. 이상값 산출기관: 8개 기관

기관기호	시험항목								이상값 산출 합계
	복사성 방출				전도성 방출				
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2		
	수평	수직	수평	수직	QP	CAV	QP	CAV	
R-19	-	-	1	-	-	-	-	-	1
R-23	-	-	2	-	-	-	2	2	6
R-29	-	-	1	-	-	-	-	-	1
R-30	-	-	-	-	-	-	1	1	2
R-35	-	-	2	2	2	1	1	1	9
R-36	1	-	-	-	-	-	1	1	3
R-37	1	1	1	-	1	1	1	1	7
R-40	-	-	-	-	-	-	1	-	1
합계	2	1	7	2	3	2	7	6	30

표 H-16. 의심값 산출기관: 13개 기관

기관기호	시험항목								의심값 산출 합계
	복사-성 방출				전도성 방출				
	1 GHz 이하		1 GHz 이상		Line1		Line2		
	수평	수직	수평	수직	QP	CAV	QP	CAV	
R-13	1	-	-	-	-	-	-	-	1
R-18	-	1	-	-	-	-	-	-	1
R-19	-	-	-	1	-	1	-	-	2
R-20	2	-	-	-	-	-	-	-	2
R-23	-	-	-	-	1	1	-	-	2
R-25	-	-	1	-	-	1	-	-	2
R-28	1	-	-	-	-	-	-	-	1
R-29	-	-	1	1	1	1	1	1	6
R-30	-	-	-	-	-	-	1	1	2
R-35	1	-	-	-	-	2	2	1	6
R-36	-	2	-	-	1	2	-	-	5
R-37	1	1	-	1	2	2	2	1	10
R-38	2	2	1	-	-	1	-	1	7
합계	8	6	3	3	5	11	6	5	47

다. Group 1(총 12개 기관)에 대한 z-score 결과 (예비판정)

(1) 복사성 방출 수평편파 통계값

표 H-17. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상 값	의심 값
				PK	CAV		
R-01	0.07	1.73	-0.22	0.29	0.05		
R-02	0.41	0.26	1.30	0.60	0.51		
R-03	-0.11	0.78	2.59	0.03	-0.05		1
R-04	0.07	1.39	1.08	-0.24	0.31		
R-05	-0.85	-0.17	0.86	0.29	0.26		
R-06	0.75	-0.95	0.43	-0.03	-0.82		
R-07	-0.85	0.61	0.00	-0.97	-1.13		
R-08	2.94	-2.17	-3.89	0.60	0.41	1	1
R-09	2.13	-1.30	-3.02	0.97	0.72	1	1
R-10	-2.29	-0.61	-1.08	-1.86	-1.39		1
R-11	-1.94	0.17	0.00	-1.02	-0.98		
R-12	-0.07	-0.61	-0.13	-1.37	-1.29		

※비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

표 H-18. ISO13528에 의한 z-score

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상값	의심값
				PK	CAV		
R-01	0.08	1.18	-0.13	0.48	0.36		
R-02	0.33	0.13	0.74	0.81	0.85		
R-03	-0.04	0.50	1.49	0.21	0.25		
R-04	0.08	0.94	0.62	-0.06	0.63		
R-05	-0.57	-0.18	0.50	0.48	0.58		
R-06	0.57	-0.74	0.25	0.16	-0.58		
R-07	-0.57	0.38	0.00	-0.82	-0.91		
R-08	2.12	-1.61	-2.25	0.81	0.74		2
R-09	1.55	-0.99	-1.75	1.19	1.07		
R-10	-1.59	-0.49	-0.63	-1.74	-1.18		
R-11	-1.35	0.07	0.00	-0.87	-0.74		
R-12	-0.01	-0.50	-0.08	-1.23	-1.08		

표 H-19. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz	
				PK	CAV
R-01	0.20	1.91	-0.10	0.89	0.65
R-02	0.80	0.21	0.60	1.49	1.55
R-03	-0.10	0.81	1.20	0.39	0.45
R-04	0.20	1.51	0.50	-0.11	1.15
R-05	-1.40	-0.29	0.40	0.89	1.05
R-06	1.40	-1.19	0.20	0.29	-1.05
R-07	-1.40	0.61	0.00	-1.51	-1.65
R-08	5.20	-2.59	-1.80	1.49	1.35
R-09	3.80	-1.59	-1.40	2.19	1.95
R-10	-3.90	-0.79	-0.50	-3.21	-2.15
R-11	-3.30	0.11	0.00	-1.61	-1.35
R-12	-0.03	-0.80	-0.06	-2.27	-1.96

표 H-20. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(수평편차)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
50 MHz	0.8316	0.6914	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u_X^2}}$ 적용
400 MHz	0.5472	0.4549		
900 MHz	0.2724	0.2265		
2500 MHz(PK)	0.6265	0.5208		
2500 MHz(CAV)	0.6176	0.5135		

(2) 복사성 방출 수직편파 통계값

표 H-21. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상 값	의심 값
				PK	CAV		
R-01	-0.55	2.02	0.64	0.96	0.75		1
R-02	-1.07	1.25	1.20	0.52	1.50		
R-03	1.15	1.77	2.58	-0.87	-0.75		1
R-04	-0.26	0.55	1.38	-2.17	-2.03		2
R-05	0.26	-0.03	0.28	-0.09	0.21		
R-06	-0.26	-0.55	0.37	0.26	0.54		
R-07	1.00	0.03	-0.55	-1.74	-2.14		1
R-08	0.11	-0.87	-2.85	0.09	-0.64		1
R-09	1.07	0.03	-2.12	2.00	2.14		3
R-10	-1.52	-1.06	-0.28	-1.04	-0.21		
R-11	-0.11	-0.22	-0.28	0.09	0.32		
R-12	2.31	-1.77	-0.61	-1.02	-0.79		1

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

표 H-22. ISO13528에 의한 z-score

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상값	의심값
				PK	CAV		
R-01	-0.59	1.60	0.49	0.95	0.61		
R-02	-1.03	0.97	0.96	0.61	1.18		
R-03	0.88	1.39	2.13	-0.46	-0.52		1
R-04	-0.33	0.40	1.12	-1.46	-1.49		
R-05	0.11	-0.07	0.18	0.15	0.21		
R-06	-0.33	-0.49	0.26	0.41	0.45		
R-07	0.75	-0.02	-0.52	-1.12	-1.58		
R-08	-0.02	-0.75	-2.47	0.28	-0.44		1
R-09	0.81	-0.02	-1.85	1.75	1.67		
R-10	-1.42	-0.91	-0.29	-0.59	-0.12		
R-11	-0.21	-0.23	-0.29	0.28	0.29		
R-12	1.88	-1.49	-0.57	-0.57	-0.55		

표 H-23. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz	
				PK	CAV
R-01	-0.92	3.059	0.63	1.42	0.76
R-02	-1.62	1.859	1.23	0.92	1.46
R-03	1.38	2.659	2.73	-0.68	-0.64
R-04	-0.52	0.759	1.43	-2.18	-1.84
R-05	0.18	-0.141	0.23	0.22	0.26
R-06	-0.52	-0.941	0.33	0.62	0.56
R-07	1.18	-0.041	-0.67	-1.68	-1.94
R-08	-0.02	-1.441	-3.17	0.42	-0.54
R-09	1.28	-0.041	-2.37	2.62	2.06
R-10	-2.22	-1.741	-0.37	-0.88	-0.14
R-11	-0.32	-0.441	-0.37	0.42	0.36
R-12	2.95	-2.851	-0.73	-0.85	-0.68

표 H-24. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(수직편파)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
50 MHz	0.5330	0.4431	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u^2}}$ 적용
400 MHz	0.6503	0.5407		
900 MHz	0.4356	0.3621		
2500 MHz(PK)	0.5084	0.4226		
2500 MHz(CAV)	0.4184	0.3479		

(3) 전도성방출 Line1 Quasi-Peak 통계값

표 H-25. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-01	2.13	1.56	1.18		1
R-02	0.71	0.93	-0.13		
R-03	-0.14	0.52	0.00		
R-04	0.14	1.97	-1.45		
R-05	0.43	0.31	0.00		
R-06	0.99	-1.35	0.66		
R-07	-1.56	-0.10	-0.79		
R-08	-2.41	-1.76	-2.24		2
R-09	-0.43	-0.31	-1.32		
R-10	0.99	-1.56	0.53		
R-11	-0.14	0.10	0.39		
R-12	-0.99	-0.52	0.00		

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

표 H-26. ISO13528에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-01	1.60	1.19	1.34		
R-02	0.53	0.73	0.04		
R-03	-0.11	0.41	0.17		
R-04	0.11	1.50	-1.26		
R-05	0.32	0.26	0.17		
R-06	0.75	-0.98	0.82		
R-07	-1.18	-0.05	-0.61		
R-08	-1.82	-1.30	-2.04		1
R-09	-0.32	-0.21	-1.13		
R-10	0.75	-1.14	0.69		
R-11	-0.11	0.10	0.56		
R-12	-0.75	-0.36	0.17		

표 H-27. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)
R-01	0.75	0.77	1.03
R-02	0.25	0.47	0.03
R-03	-0.05	0.27	0.13
R-04	0.05	0.97	-0.97
R-05	0.15	0.17	0.13
R-06	0.35	-0.63	0.63
R-07	-0.55	-0.03	-0.47
R-08	-0.85	-0.83	-1.57
R-09	-0.15	-0.13	-0.87
R-10	0.35	-0.73	0.53
R-11	-0.05	0.07	0.43
R-12	-0.35	-0.23	0.13

표 H-28. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line1)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
3 MHz(QP)	0.1589	0.1321	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u_X^2}}$ 적용
15 MHz(QP)	0.2184	0.1816		
29 MHz(QP)	0.2609	0.2169		

(4) 전도성방출 Line1 CISPR Average 통계값

표 H-29. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-01	3.22	3.60	1.94	2	
R-02	0.73	1.20	0.22		
R-03	0.31	1.00	0.00		
R-04	-0.93	2.80	-1.19		1
R-05	-0.31	0.20	0.00		
R-06	1.35	-0.80	1.08		
R-07	-1.35	-0.20	-0.65		
R-08	-1.56	-1.40	-1.94		
R-09	-0.10	0.00	-0.76		
R-10	1.56	-0.20	1.30		
R-11	-0.31	-0.60	0.54		
R-12	0.10	0.00	-0.43		

※ 비고 : 이상값(Outlier) 3.22, 3.60, 의심값 2.80

표 H-30. ISO13528에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-01	2.33	2.23	1.63		2
R-02	0.46	0.55	0.17		
R-03	0.15	0.41	-0.01		
R-04	-0.78	1.67	-1.01		
R-05	-0.32	-0.15	-0.01		
R-06	0.93	-0.85	0.90		
R-07	-1.09	-0.43	-0.55		
R-08	-1.25	-1.27	-1.65		
R-09	-0.16	-0.29	-0.64		
R-10	1.08	-0.43	1.08		
R-11	-0.32	-0.71	0.45		
R-12	-0.01	-0.29	-0.37		

표 H-31. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)
R-01	1.50	1.59	1.79
R-02	0.30	0.39	0.19
R-03	0.10	0.29	-0.01
R-04	-0.50	1.19	-1.11
R-05	-0.20	-0.11	-0.01
R-06	0.60	-0.61	0.99
R-07	-0.70	-0.31	-0.61
R-08	-0.80	-0.91	-1.81
R-09	-0.10	-0.21	-0.71
R-10	0.70	-0.31	1.19
R-11	-0.20	-0.51	0.49
R-12	0.00	-0.21	-0.41

표 H-32. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line1)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
3 MHz(CAV)	0.2181	0.1813	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u_X^2}}$ 적용
15 MHz(CAV)	0.2422	0.2014		
29 MHz(CAV)	0.3728	0.3099		

(5) 전도성방출 Line2 Quasi-Peak 통계값

표 H-33. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-01	0.71	1.71	1.57		
R-02	0.08	0.99	0.87		
R-03	-0.56	0.45	1.04		
R-04	0.87	-0.27	1.39		
R-05	-1.67	-1.89	-0.35		
R-06	1.51	-0.81	1.39		
R-07	-2.14	-1.17	-3.83	1	1
R-08	-1.35	-1.53	-2.44		1
R-09	-0.40	0.27	-0.17		
R-10	0.56	-0.09	-0.17		
R-11	0.56	0.09	0.00		
R-12	-0.08	0.45	0.00		

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

표 H-34. ISO13528에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-01	0.69	1.66	1.00		
R-02	0.14	1.01	0.51		
R-03	-0.41	0.52	0.63		
R-04	0.83	-0.13	0.88		
R-05	-1.37	-1.59	-0.36		
R-06	1.38	-0.62	0.88		
R-07	-1.78	-0.94	-2.83		1
R-08	-1.10	-1.27	-1.84		
R-09	-0.27	0.36	-0.23		
R-10	0.55	0.03	-0.23		
R-11	0.55	0.19	-0.11		
R-12	0.00	0.52	-0.11		

표 H-35. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)
R-01	0.50	1.02	0.81
R-02	0.10	0.62	0.41
R-03	-0.30	0.32	0.51
R-04	0.60	-0.08	0.71
R-05	-1.00	-0.98	-0.29
R-06	1.00	-0.38	0.71
R-07	-1.30	-0.58	-2.29
R-08	-0.80	-0.78	-1.49
R-09	-0.20	0.22	-0.19
R-10	0.40	0.02	-0.19
R-11	0.40	0.12	-0.09
R-12	0.00	0.32	-0.09

표 H-36. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line2)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
3 MHz(QP)	0.2469	0.2052	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u_X^2}}$ 적용
15 MHz(QP)	0.2088	0.1736		
29 MHz(QP)	0.2741	0.2279		

(6) 전도성방출 Line2 CISPR Average 통계값

표 H-37. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-01	1.93	2.24	2.15		2
R-02	0.13	0.26	0.18		
R-03	-0.51	0.92	0.80		
R-04	0.13	0.92	0.55		
R-05	-1.67	-1.71	-0.92		
R-06	1.28	-0.66	0.92		
R-07	-1.93	-1.45	-3.25	1	
R-08	-1.16	-1.32	-1.90		
R-09	-0.13	-0.13	-0.55		
R-10	1.16	0.13	0.31		
R-11	0.51	-0.13	-0.18		
R-12	-0.39	0.39	-0.67		

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

표 H-38. ISO13528에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-01	1.42	1.86	1.83		
R-02	0.13	0.28	0.23		
R-03	-0.33	0.81	0.73		
R-04	0.13	0.81	0.53		
R-05	-1.16	-1.29	-0.67		
R-06	0.96	-0.45	0.83		
R-07	-1.34	-1.08	-2.56		1
R-08	-0.79	-0.98	-1.46		
R-09	-0.05	-0.03	-0.37		
R-10	0.87	0.18	0.33		
R-11	0.41	-0.03	-0.07		
R-12	-0.24	0.39	-0.47		

표 H-39. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)
R-01	1.54	1.77	1.83
R-02	0.14	0.27	0.23
R-03	-0.36	0.77	0.73
R-04	0.14	0.77	0.53
R-05	-1.26	-1.23	-0.67
R-06	1.04	-0.43	0.83
R-07	-1.46	-1.03	-2.57
R-08	-0.86	-0.93	-1.47
R-09	-0.06	-0.03	-0.37
R-10	0.94	0.17	0.33
R-11	0.44	-0.03	-0.07
R-12	-0.26	0.37	-0.47

표 H-40. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line2)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
3 MHz(CAV)	0.3683	0.3062	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u_X^2}}$ 적용
15 MHz(CAV)	0.3231	0.2686		
29 MHz(CAV)	0.3407	0.2832		

라. Group 2(총 28개 시험기관)에 대한 z-score 결과(예비판정)

(1) 복사성 방출 수평편파 통계값

표 H-41. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상 값	의심 값
				PK	CAV		
R-13	2.21	-0.55	0.00	0.69	0.25		1
R-14	-0.42	1.04	0.62	-0.26	-1.00		
R-15	-0.64	0.83	2.03	0.00	0.13		1
R-16	-0.68	1.11	1.68	-0.43	-0.63		
R-17	-0.59	0.21	-0.18	0.26	0.25		
R-18	0.68	1.04	1.68	-0.26	-1.38		
R-19	0.51	-0.14	-1.68	-3.43	-0.63	1	
R-20	0.47	0.21	-0.44	2.40	2.89		2
R-21	-0.38	0.83	1.33	0.69	0.25		
R-22	-0.55	0.35	0.27	0.77	1.25		
R-23	-1.02	0.76	1.77	-3.08	-4.52	2	
R-24	-0.17	1.04	1.33	0.34	0.13		
R-25	-0.17	-0.48	-0.35	-1.46	-2.51		1
R-26	2.12	-1.18	-0.44	0.77	0.00		1
R-27	1.19	0.97	0.27	0.34	0.88		
R-28	2.17	-0.07	-0.18	0.34	1.25		1
R-29	0.51	0.00	1.15	2.40	4.02	1	1
R-30	-0.72	-0.21	0.62	0.00	0.00		
R-31	-0.04	0.00	0.00	-0.51	-0.25		
R-32	2.08	-0.55	-1.06	0.34	0.25		1
R-33	0.68	0.55	0.35	-0.86	-1.63		
R-34	0.04	0.55	0.62	0.09	0.00		
R-35	-0.98	-3.04	-1.86	-11.91	-17.19	3	
R-36	-1.40	-3.32	-0.27	-1.37	-0.38	1	
R-37	-0.64	-2.35	-4.33	-1.63	-3.76	2	1
R-38	0.93	-2.28	-3.01	-1.97	-3.01	2	1
R-39	0.04	-1.25	-1.95	0.43	0.00		
R-40	1.66	-0.62	-1.06	-0.26	0.63		

※비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

표 H-42. ISO13528에 의한 z-score

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상 값	의심 값
				PK	CAV		
R-13	2.08	-0.48	-0.01	0.87	0.39		1
R-14	-0.57	1.08	0.45	-0.11	-0.80		
R-15	-0.79	0.88	1.50	0.16	0.27		
R-16	-0.83	1.15	1.24	-0.29	-0.44		
R-17	-0.74	0.26	-0.14	0.43	0.39		
R-18	0.54	1.08	1.24	-0.11	-1.15		
R-19	0.37	-0.08	-1.26	-3.41	-0.44	1	
R-20	0.33	0.26	-0.34	2.66	2.89		2
R-21	-0.53	0.88	0.97	0.87	0.39		
R-22	-0.70	0.40	0.19	0.96	1.35		
R-23	-1.17	0.81	1.30	-3.05	-4.13	2	
R-24	-0.32	1.08	0.97	0.52	0.27		
R-25	-0.32	-0.41	-0.27	-1.36	-2.23		1
R-26	1.99	-1.09	-0.34	0.96	0.16		
R-27	1.05	1.01	0.19	0.52	0.99		
R-28	2.03	-0.01	-0.14	0.52	1.35		1
R-29	0.37	0.06	0.84	2.66	3.96	1	1
R-30	-0.87	-0.14	0.45	0.16	0.16		
R-31	-0.19	0.06	-0.01	-0.38	-0.08		
R-32	1.95	-0.48	-0.80	0.52	0.39		
R-33	0.54	0.60	0.25	-0.73	-1.39		
R-34	-0.10	0.60	0.45	0.25	0.16		
R-35	-1.13	-2.93	-1.39	-12.24	-16.15	2	1
R-36	-1.55	-3.20	-0.21	-1.27	-0.20	1	
R-37	-0.79	-2.25	-3.22	-1.54	-3.42	2	1
R-38	0.80	-2.18	-2.24	-1.89	-2.70		3
R-39	-0.10	-1.16	-1.45	0.61	0.16		
R-40	1.52	-0.55	-0.80	-0.11	0.75		

표 H-43. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주 수 기 관 기 호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz	
				PK	CAV
R-13	4.86	-0.71	-0.02	0.98	0.33
R-14	-1.34	1.59	0.68	-0.12	-0.67
R-15	-1.84	1.29	2.28	0.18	0.23
R-16	-1.94	1.69	1.88	-0.32	-0.37
R-17	-1.74	0.39	-0.22	0.48	0.33
R-18	1.26	1.59	1.88	-0.12	-0.97
R-19	0.86	-0.11	-1.92	-3.82	-0.37
R-20	0.76	0.39	-0.52	2.98	2.43
R-21	-1.24	1.29	1.48	0.98	0.33
R-22	-1.64	0.59	0.28	1.08	1.13
R-23	-2.74	1.19	1.98	-3.42	-3.47
R-24	-0.74	1.59	1.48	0.58	0.23
R-25	-0.74	-0.61	-0.42	-1.52	-1.87
R-26	4.66	-1.61	-0.52	1.08	0.13
R-27	2.46	1.49	0.28	0.58	0.83
R-28	4.76	-0.01	-0.22	0.58	1.13
R-29	0.86	0.09	1.28	2.98	3.33
R-30	-2.04	-0.21	0.68	0.18	0.13
R-31	-0.44	0.09	-0.02	-0.42	-0.07
R-32	4.56	-0.71	-1.22	0.58	0.33
R-33	1.26	0.89	0.38	-0.82	-1.17
R-34	-0.24	0.89	0.68	0.28	0.13
R-35	-2.64	-4.31	-2.12	-13.72	-13.57
R-36	-3.64	-4.71	-0.32	-1.42	-0.17
R-37	-1.84	-3.31	-4.92	-1.72	-2.87
R-38	1.86	-3.21	-3.42	-2.12	-2.27
R-39	-0.24	-1.71	-2.22	0.68	0.13
R-40	3.56	-0.81	-1.22	-0.12	0.63

표 H-44. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(수평편파)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
50 MHz	0.5529	0.7021	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
400 MHz	0.3477	0.4416		
900 MHz	0.3602	0.4574		
2500 MHz(PK)	0.2647	0.3362		
2500 MHz(CAV)	0.1985	0.2521		

(2) 복사성 방출 수직편파 통계값

표 H-45. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상 값	의심 값
				PK	CAV		
R-13	1.61	-0.07	-0.77	1.22	1.29		
R-14	0.78	0.37	0.35	0.43	0.40		
R-15	1.19	0.74	0.56	0.00	-0.32		
R-16	1.30	0.52	0.42	-0.94	-1.45		
R-17	1.40	0.37	-0.28	0.79	0.97		
R-18	-0.36	1.26	2.59	-0.22	-0.40		1
R-19	0.47	0.96	0.42	-2.95	-0.24		1
R-20	0.36	0.30	-0.77	1.51	1.29		
R-21	-0.16	0.96	0.77	0.22	-0.32		
R-22	0.26	1.33	0.98	0.58	0.56		
R-23	-1.50	1.48	0.63	-0.86	-0.64		
R-24	0.88	1.26	1.12	0.94	0.00		
R-25	-0.67	-0.30	-0.35	-0.79	-0.81		
R-26	0.05	-0.07	0.14	0.14	0.32		
R-27	-0.05	-0.22	-0.84	-0.07	0.24		
R-28	0.05	-0.59	-0.14	0.00	1.13		
R-29	1.92	0.07	-0.70	-2.23	-2.50		2
R-30	-0.26	-0.89	-0.42	0.07	0.64		
R-31	-0.57	-0.22	0.21	0.00	0.00		
R-32	0.57	-0.30	0.70	0.65	0.72		
R-33	-0.99	0.67	0.56	-0.65	-0.81		
R-34	0.57	0.37	0.42	0.14	-0.16		
R-35	-0.88	-1.48	-1.89	-9.86	-10.87	2	
R-36	-3.27	-1.92	-2.31	-1.51	0.97	1	1
R-37	-1.71	-2.96	-3.64	-1.22	-2.09	1	2
R-38	-1.50	-2.88	-2.38	-1.44	-1.61		2
R-39	-0.67	-0.96	-1.61	1.08	1.21		
R-40	-1.30	-1.85	-1.05	-0.58	0.40		

※비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

표 H-46. ISO13528에 의한 z-score

주 파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상 값	의심 값
				PK	CAV		
R-13	1.44	-0.04	-0.59	1.37	1.26		
R-14	0.71	0.36	0.49	0.60	0.42		
R-15	1.08	0.70	0.70	0.19	-0.27		
R-16	1.17	0.50	0.56	-0.71	-1.34		
R-17	1.26	0.36	-0.12	0.95	0.96		
R-18	-0.29	1.17	2.67	-0.02	-0.35		1
R-19	0.44	0.90	0.56	-2.66	-0.19		1
R-20	0.35	0.29	-0.59	1.65	1.26		
R-21	-0.10	0.90	0.90	0.40	-0.27		
R-22	0.26	1.24	1.11	0.74	0.57		
R-23	-1.29	1.38	0.77	-0.64	-0.58		
R-24	0.81	1.17	1.24	1.09	0.04		
R-25	-0.56	-0.25	-0.19	-0.58	-0.73		
R-26	0.08	-0.04	0.29	0.33	0.34		
R-27	-0.01	-0.18	-0.66	0.12	0.27		
R-28	0.08	-0.52	0.02	0.19	1.11		
R-29	1.72	0.09	-0.53	-1.96	-2.34		1
R-30	-0.19	-0.79	-0.25	0.26	0.65		
R-31	-0.47	-0.18	0.36	0.19	0.04		
R-32	0.53	-0.25	0.83	0.81	0.73		
R-33	-0.83	0.63	0.70	-0.44	-0.73		
R-34	0.53	0.36	0.56	0.33	-0.12		
R-35	-0.74	-1.33	-1.68	-9.32	-10.31	2	
R-36	-2.83	-1.74	-2.09	-1.27	0.96		2
R-37	-1.47	-2.69	-3.38	-0.99	-1.96	1	2
R-38	-1.29	-2.62	-2.16	-1.20	-1.50		2
R-39	-0.56	-0.86	-1.41	1.23	1.19		
R-40	-1.10	-1.67	-0.87	-0.37	0.42		

표 H-47. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주 파 수 기 관 기 호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz	
				PK	CAV
R-13	1.59	-0.07	-0.87	1.97	1.65
R-14	0.79	0.53	0.73	0.87	0.55
R-15	1.19	1.03	1.03	0.27	-0.35
R-16	1.29	0.73	0.83	-1.03	-1.75
R-17	1.39	0.53	-0.17	1.37	1.25
R-18	-0.31	1.73	3.93	-0.03	-0.45
R-19	0.49	1.33	0.83	-3.83	-0.25
R-20	0.39	0.43	-0.87	2.37	1.65
R-21	-0.11	1.33	1.33	0.57	-0.35
R-22	0.29	1.83	1.63	1.07	0.75
R-23	-1.41	2.03	1.13	-0.93	-0.75
R-24	0.89	1.73	1.83	1.57	0.05
R-25	-0.61	-0.37	-0.27	-0.83	-0.95
R-26	0.09	-0.07	0.43	0.47	0.45
R-27	-0.01	-0.27	-0.97	0.17	0.35
R-28	0.09	-0.77	0.03	0.27	1.45
R-29	1.89	0.13	-0.77	-2.83	-3.05
R-30	-0.21	-1.17	-0.37	0.37	0.85
R-31	-0.51	-0.27	0.53	0.27	0.05
R-32	0.59	-0.37	1.23	1.17	0.95
R-33	-0.91	0.93	1.03	-0.63	-0.95
R-34	0.59	0.53	0.83	0.47	-0.15
R-35	-0.81	-1.97	-2.47	-13.43	-13.45
R-36	-3.11	-2.57	-3.07	-1.83	1.25
R-37	-1.61	-3.97	-4.97	-1.43	-2.55
R-38	-1.41	-3.87	-3.17	-1.73	-1.95
R-39	-0.61	-1.27	-2.07	1.77	1.55
R-40	-1.21	-2.47	-1.27	-0.53	0.55

표 H-48. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(수직편파)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
50 MHz	0.2597	0.3298	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
400 MHz	0.3487	0.4428		
900 MHz	0.3475	0.4413		
2500 MHz(PK)	0.3404	0.4322		
2500 MHz(CAV)	0.3081	0.3913		

(3) 전도성방출 Line1 Quasi-Peak 통계값

표 H-49. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-13	0.25	0.33	-0.77		
R-14	1.51	1.14	0.00		
R-15	0.88	0.65	1.08		
R-16	0.75	-0.16	-0.77		
R-17	0.38	-0.16	0.00		
R-18	0.13	-0.98	0.15		
R-19	1.00	1.80	1.70		
R-20	0.25	0.00	-0.77		
R-21	0.38	0.16	0.00		
R-22	0.50	0.16	0.31		
R-23	1.58	2.58	-0.15		1
R-24	-0.13	0.16	0.15		
R-25	1.38	1.96	1.23		
R-26	-0.25	-0.16	0.46		
R-27	-1.00	-0.82	1.70		
R-28	-0.13	0.33	-0.15		
R-29	-1.51	-1.14	-3.24	1	
R-30	-1.63	-0.65	0.46		
R-31	0.13	0.49	0.46		
R-32	0.63	0.49	0.77		
R-33	-0.13	0.82	0.15		
R-34	-0.25	-0.65	0.00		
R-35	-3.51	-2.13	-5.24	2	1
R-36	-1.88	-1.31	-3.08	1	
R-37	-3.01	-2.78	-4.32	2	1
R-38	-1.51	-1.96	-1.54		
R-39	-0.50	0.00	-1.23		
R-40	-0.75	-1.64	-1.54		

※비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

표 H-50. ISO13528에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-13	0.31	0.40	-0.50		
R-14	1.45	1.18	0.17		
R-15	0.88	0.71	1.12		
R-16	0.76	-0.06	-0.50		
R-17	0.42	-0.06	0.17		
R-18	0.20	-0.84	0.31		
R-19	0.99	1.80	1.65		
R-20	0.31	0.09	-0.50		
R-21	0.42	0.25	0.17		
R-22	0.54	0.25	0.44		
R-23	1.51	2.55	0.04		1
R-24	-0.03	0.25	0.31		
R-25	1.33	1.96	1.25		
R-26	-0.14	-0.06	0.58		
R-27	-0.82	-0.68	1.65		
R-28	-0.03	0.40	0.04		
R-29	-1.28	-0.99	-2.66		1
R-30	-1.39	-0.53	0.58		
R-31	0.20	0.56	0.58		
R-32	0.65	0.56	0.85		
R-33	-0.03	0.87	0.31		
R-34	-0.14	-0.53	0.17		
R-35	-3.09	-1.92	-4.41	2	
R-36	-1.62	-1.15	-2.52		1
R-37	-2.64	-2.54	-3.60	1	2
R-38	-1.28	-1.77	-1.18		
R-39	-0.37	0.09	-0.91		
R-40	-0.60	-1.46	-1.18		

표 H-51. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)
R-13	0.27	0.26	-0.37
R-14	1.27	0.76	0.13
R-15	0.77	0.46	0.83
R-16	0.67	-0.04	-0.37
R-17	0.37	-0.04	0.13
R-18	0.17	-0.54	0.23
R-19	0.87	1.16	1.23
R-20	0.27	0.06	-0.37
R-21	0.37	0.16	0.13
R-22	0.47	0.16	0.33
R-23	1.33	1.64	0.03
R-24	-0.03	0.16	0.23
R-25	1.17	1.26	0.93
R-26	-0.13	-0.04	0.43
R-27	-0.73	-0.44	1.23
R-28	-0.03	0.26	0.03
R-29	-1.13	-0.64	-1.97
R-30	-1.23	-0.34	0.43
R-31	0.17	0.36	0.43
R-32	0.57	0.36	0.63
R-33	-0.03	0.56	0.23
R-34	-0.13	-0.34	0.13
R-35	-2.73	-1.24	-3.27
R-36	-1.43	-0.74	-1.87
R-37	-2.33	-1.64	-2.67
R-38	-1.13	-1.14	-0.87
R-39	-0.33	0.06	-0.67
R-40	-0.53	-0.94	-0.87

표 H-52. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line1)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
3 MHz(QP)	0.2082	0.2644	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
15 MHz(QP)	0.1522	0.1933		
29 MHz(QP)	0.1753	0.2227		

(4) 전도성방출 Line1 CISPR Average 통계값

표 H-53. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-13	0.30	0.52	-0.71		
R-14	1.50	1.97	-0.08		
R-15	1.14	1.56	1.35		
R-16	0.42	-0.31	-0.24		
R-17	0.30	0.31	2.14		1
R-18	0.18	-0.73	0.71		
R-19	0.78	2.80	1.98		1
R-20	0.30	0.31	-0.71		
R-21	0.30	0.52	0.08		
R-22	0.42	0.31	0.24		
R-23	1.09	2.55	-0.87		1
R-24	0.06	0.31	0.08		
R-25	1.50	2.59	1.35		1
R-26	-0.06	0.10	0.24		
R-27	-0.78	-0.52	2.14		1
R-28	-0.78	-0.31	0.87		
R-29	-1.50	-1.14	-3.25	1	
R-30	-1.74	-1.14	0.24		
R-31	-0.42	-0.10	-0.40		
R-32	-0.30	-0.52	-0.24		
R-33	0.06	1.35	0.24		
R-34	-0.42	0.31	0.08		
R-35	-3.54	-3.01	-5.63	3	
R-36	-2.46	-2.59	-3.57	1	2
R-37	-2.82	-3.01	-4.36	2	1
R-38	-1.38	-2.39	-1.51		1
R-39	-0.90	-0.10	-1.67		
R-40	-1.74	-2.18	-1.35		1

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

표 H-54. ISO13528에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-13	0.47	0.49	-0.44		
R-14	1.50	1.80	0.05		
R-15	1.19	1.43	1.15		
R-16	0.57	-0.25	-0.07		
R-17	0.47	0.31	1.76		
R-18	0.37	-0.63	0.66		
R-19	0.88	2.55	1.64		1
R-20	0.47	0.31	-0.44		
R-21	0.47	0.49	0.17		
R-22	0.57	0.31	0.30		
R-23	1.15	2.33	-0.56		1
R-24	0.26	0.31	0.17		
R-25	1.50	2.36	1.15		1
R-26	0.16	0.12	0.30		
R-27	-0.46	-0.44	1.76		
R-28	-0.46	-0.25	0.79		
R-29	-1.08	-1.00	-2.40		1
R-30	-1.29	-1.00	0.30		
R-31	-0.15	-0.07	-0.19		
R-32	-0.05	-0.44	-0.07		
R-33	0.26	1.24	0.30		
R-34	-0.15	0.31	0.17		
R-35	-2.84	-2.68	-4.23	1	2
R-36	-1.91	-2.31	-2.64		2
R-37	-2.22	-2.68	-3.25	1	2
R-38	-0.98	-2.12	-1.05		1
R-39	-0.56	-0.07	-1.17		
R-40	-1.29	-1.94	-0.93		

표 H-55. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)
R-13	0.45	0.26	-0.36
R-14	1.45	0.96	0.04
R-15	1.15	0.76	0.94
R-16	0.55	-0.14	-0.06
R-17	0.45	0.16	1.44
R-18	0.35	-0.34	0.54
R-19	0.85	1.36	1.34
R-20	0.45	0.16	-0.36
R-21	0.45	0.26	0.14
R-22	0.55	0.16	0.24
R-23	1.11	1.24	-0.46
R-24	0.25	0.16	0.14
R-25	1.45	1.26	0.94
R-26	0.15	0.06	0.24
R-27	-0.45	-0.24	1.44
R-28	-0.45	-0.14	0.64
R-29	-1.05	-0.54	-1.96
R-30	-1.25	-0.54	0.24
R-31	-0.15	-0.04	-0.16
R-32	-0.05	-0.24	-0.06
R-33	0.25	0.66	0.24
R-34	-0.15	0.16	0.14
R-35	-2.75	-1.44	-3.46
R-36	-1.85	-1.24	-2.16
R-37	-2.15	-1.44	-2.66
R-38	-0.95	-1.14	-0.86
R-39	-0.55	-0.04	-0.96
R-40	-1.25	-1.04	-0.76

표 H-56. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line1)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
3 MHz(CAV)	0.2287	0.2904	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
15 MHz(CAV)	0.1264	0.1605		
29 MHz(CAV)	0.1930	0.2451		

(5) 전도성방출 Line2 Quasi-Peak 통계값

표 H-57. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-13	0.30	-0.23	0.30		
R-14	1.10	1.46	0.81		
R-15	0.30	0.08	0.98		
R-16	-0.10	-0.69	0.55		
R-17	0.40	0.08	-0.04		
R-18	0.00	1.16	0.38		
R-19	0.80	1.93	0.81		
R-20	-0.20	0.23	0.21		
R-21	0.30	0.69	0.55		
R-22	0.00	0.39	0.64		
R-23	3.97	6.17	-0.76	2	
R-24	0.00	0.23	0.47		
R-25	1.00	1.93	1.15		
R-26	0.30	0.69	-0.13		
R-27	-0.30	-1.00	-0.72		
R-28	-1.00	-0.39	-1.15		
R-29	-1.70	-0.85	-1.66		
R-30	-2.00	-2.70	-1.40		2
R-31	0.00	0.23	0.04		
R-32	0.20	-0.08	-0.55		
R-33	0.00	-0.08	0.13		
R-34	-0.10	0.08	0.38		
R-35	-3.20	-2.39	-2.51	1	2
R-36	-2.00	-1.16	-1.91		
R-37	-2.50	-2.39	-2.51		3
R-38	-1.20	-1.77	-0.72		
R-39	-0.60	-0.08	-0.64		
R-40	-2.10	-2.08	-1.91		2

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

표 H-58. ISO13528에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-13	0.63	-0.13	0.52		
R-14	1.92	1.35	1.03		
R-15	0.63	0.14	1.20		
R-16	-0.01	-0.53	0.78		
R-17	0.79	0.14	0.18		
R-18	0.15	1.08	0.61		
R-19	1.44	1.76	1.03		
R-20	-0.17	0.27	0.44		
R-21	0.63	0.68	0.78		
R-22	0.15	0.41	0.86		
R-23	6.54	5.47	-0.54	2	
R-24	0.15	0.27	0.69		
R-25	1.76	1.76	1.37		
R-26	0.63	0.68	0.10		
R-27	-0.33	-0.80	-0.50		
R-28	-1.46	-0.27	-0.92		
R-29	-2.59	-0.67	-1.44		1
R-30	-3.07	-2.29	-1.18	1	1
R-31	0.15	0.27	0.27		
R-32	0.47	0.00	-0.33		
R-33	0.15	0.00	0.35		
R-34	-0.01	0.14	0.61		
R-35	-5.00	-2.02	-2.29	1	2
R-36	-3.07	-0.94	-1.69	1	
R-37	-3.87	-2.02	-2.29	1	2
R-38	-1.78	-1.48	-0.50		
R-39	-0.82	0.00	-0.41		
R-40	-3.23	-1.75	-1.69	1	

표 H-59. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)
R-13	0.39	-0.10	0.61
R-14	1.19	1.00	1.21
R-15	0.39	0.10	1.41
R-16	-0.01	-0.40	0.91
R-17	0.49	0.10	0.21
R-18	0.09	0.80	0.71
R-19	0.89	1.30	1.21
R-20	-0.11	0.20	0.51
R-21	0.39	0.50	0.91
R-22	0.09	0.30	1.01
R-23	4.06	4.05	-0.64
R-24	0.09	0.20	0.81
R-25	1.09	1.30	1.61
R-26	0.39	0.50	0.11
R-27	-0.21	-0.60	-0.59
R-28	-0.91	-0.20	-1.09
R-29	-1.61	-0.50	-1.69
R-30	-1.91	-1.70	-1.39
R-31	0.09	0.20	0.31
R-32	0.29	0.00	-0.39
R-33	0.09	0.00	0.41
R-34	-0.01	0.10	0.71
R-35	-3.11	-1.50	-2.69
R-36	-1.91	-0.70	-1.99
R-37	-2.41	-1.50	-2.69
R-38	-1.11	-1.10	-0.59
R-39	-0.51	0.00	-0.49
R-40	-2.01	-1.30	-1.99

표 H-60. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line2)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
3 MHz(QP)	0.1467	0.1863	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
15 MHz(QP)	0.1750	0.2223		
29 MHz(QP)	0.2775	0.3524		

(6) 전도성방출 Line2 CISPR Average 통계값

표 H-61. NIQR에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-13	0.48	-0.14	0.34		
R-14	1.43	1.11	0.72		
R-15	0.63	0.28	1.09		
R-16	-0.32	-0.69	0.72		
R-17	0.48	0.14	-0.04		
R-18	0.32	1.11	0.49		
R-19	1.43	1.80	0.94		
R-20	-0.16	0.14	0.26		
R-21	0.32	0.42	0.57		
R-22	-0.16	0.14	0.57		
R-23	5.35	4.91	-0.98	2	
R-24	-0.16	0.14	0.49		
R-25	1.43	1.66	1.02		
R-26	0.32	0.55	-0.04		
R-27	0.32	-0.83	-0.42		
R-28	1.59	-1.25	-0.79		
R-29	-2.70	-0.97	-1.40		1
R-30	-4.44	-3.46	-1.32	2	
R-31	-0.48	-0.69	0.04		
R-32	-0.63	0.00	-0.42		
R-33	0.16	0.00	0.19		
R-34	-0.32	0.00	0.42		
R-35	-5.40	-2.49	-2.30	1	2
R-36	-4.13	-2.08	-2.08	1	2
R-37	-4.13	-2.21	-2.23	1	2
R-38	-2.06	-1.66	-0.57		
R-39	-1.59	-0.28	-0.79		
R-40	0.32	-2.49	-1.55		1

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

표 H-62. ISO13528에 의한 z-score

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-13	0.53	0.07	0.52		
R-14	1.49	1.10	0.91		
R-15	0.69	0.41	1.30		
R-16	-0.27	-0.39	0.91		
R-17	0.53	0.30	0.13		
R-18	0.37	1.10	0.68		
R-19	1.49	1.67	1.15		
R-20	-0.11	0.30	0.44		
R-21	0.37	0.53	0.76		
R-22	-0.11	0.30	0.76		
R-23	5.46	4.25	-0.84	2	
R-24	-0.11	0.30	0.68		
R-25	1.49	1.56	1.22		
R-26	0.37	0.64	0.13		
R-27	0.37	-0.50	-0.26		
R-28	1.65	-0.85	-0.65		
R-29	-2.68	-0.62	-1.27		1
R-30	-4.44	-2.68	-1.20	1	1
R-31	-0.43	-0.39	0.21		
R-32	-0.59	0.18	-0.26		
R-33	0.21	0.18	0.37		
R-34	-0.27	0.18	0.60		
R-35	-5.41	-1.88	-2.21	1	1
R-36	-4.12	-1.54	-1.98	1	
R-37	-4.12	-1.65	-2.13	1	1
R-38	-2.04	-1.19	-0.41	1	
R-39	-1.56	-0.05	-0.65		
R-40	0.37	-1.88	-1.43		

표 H-63. 시험기관 측정값과 로버스트 평균값과의 편차

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)
R-13	0.33	0.06	0.67
R-14	0.93	0.96	1.17
R-15	0.43	0.36	1.67
R-16	-0.17	-0.34	1.17
R-17	0.33	0.26	0.17
R-18	0.23	0.96	0.87
R-19	0.93	1.46	1.47
R-20	-0.07	0.26	0.57
R-21	0.23	0.46	0.97
R-22	-0.07	0.26	0.97
R-23	3.40	3.71	-1.08
R-24	-0.07	0.26	0.87
R-25	0.93	1.36	1.57
R-26	0.23	0.56	0.17
R-27	0.23	-0.44	-0.33
R-28	1.03	-0.74	-0.83
R-29	-1.67	-0.54	-1.63
R-30	-2.77	-2.34	-1.53
R-31	-0.27	-0.34	0.27
R-32	-0.37	0.16	-0.33
R-33	0.13	0.16	0.47
R-34	-0.17	0.16	0.77
R-35	-3.37	-1.64	-2.83
R-36	-2.57	-1.34	-2.53
R-37	-2.57	-1.44	-2.73
R-38	-1.27	-1.04	-0.53
R-39	-0.97	-0.04	-0.83
R-40	0.23	-1.64	-1.83

표 H-64. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line2)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도($0.3\hat{\sigma}$)	판정	비고
3 MHz(CAV)	0.1472	0.1870	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
15 MHz(CAV)	0.2063	0.2620		
29 MHz(CAV)	0.3027	0.3844		

마. ISO13528과 CISPR 불확도에 의한 z-score 산출결과

(1) Group 1(총 12개 기관)

(가) 복사성 방출 수평편파 통계값

표 H-65. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score)

주 파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상 값	의심 값
				PK	CAV		
R-01	0.06	0.60	-0.03	0.33	0.24	-	-
R-02	0.25	0.07	0.19	0.56	0.58	-	-
R-03	-0.03	0.25	0.38	0.15	0.17	-	-
R-04	0.06	0.47	0.16	-0.04	0.43	-	-
R-05	-0.43	-0.09	0.13	0.33	0.39	-	-
R-06	0.43	-0.37	0.06	0.11	-0.39	-	-
R-07	-0.43	0.19	0.00	-0.56	-0.62	-	-
R-08	1.60	-0.81	-0.57	0.56	0.50	-	-
R-09	1.17	-0.50	-0.44	0.82	0.73	-	-
R-10	-1.20	-0.25	-0.16	-1.20	-0.81	-	-
R-11	-1.01	0.03	0.00	-0.60	-0.51	-	-
R-12	-0.01	-0.25	-0.02	-0.85	-0.73	-	-

※비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

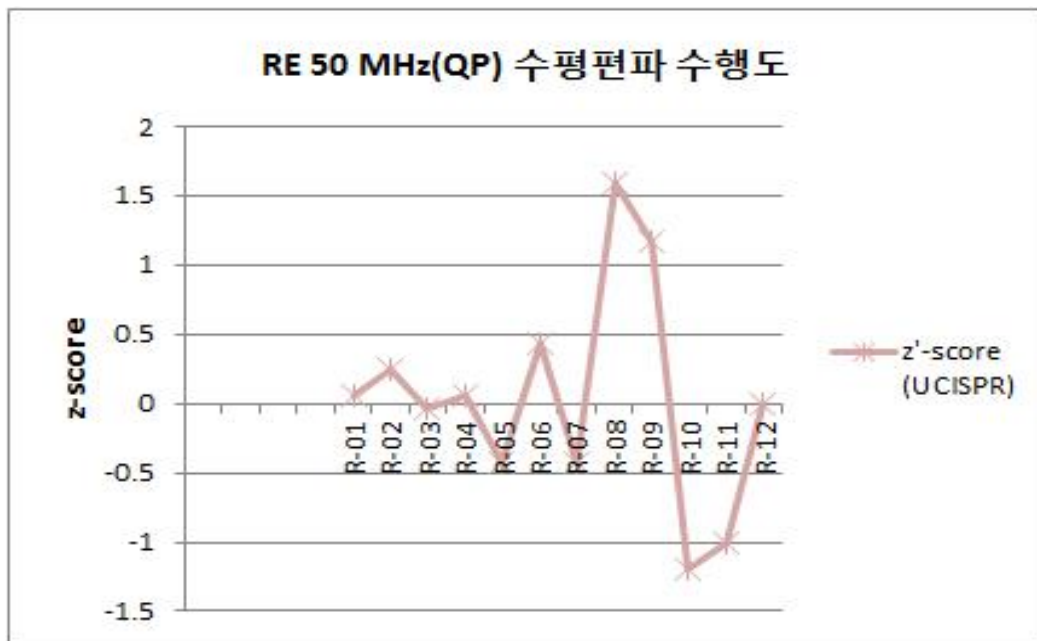


그림 H-G1-1. Group1 RE 50 MHz(QP) 수평편파 수행도

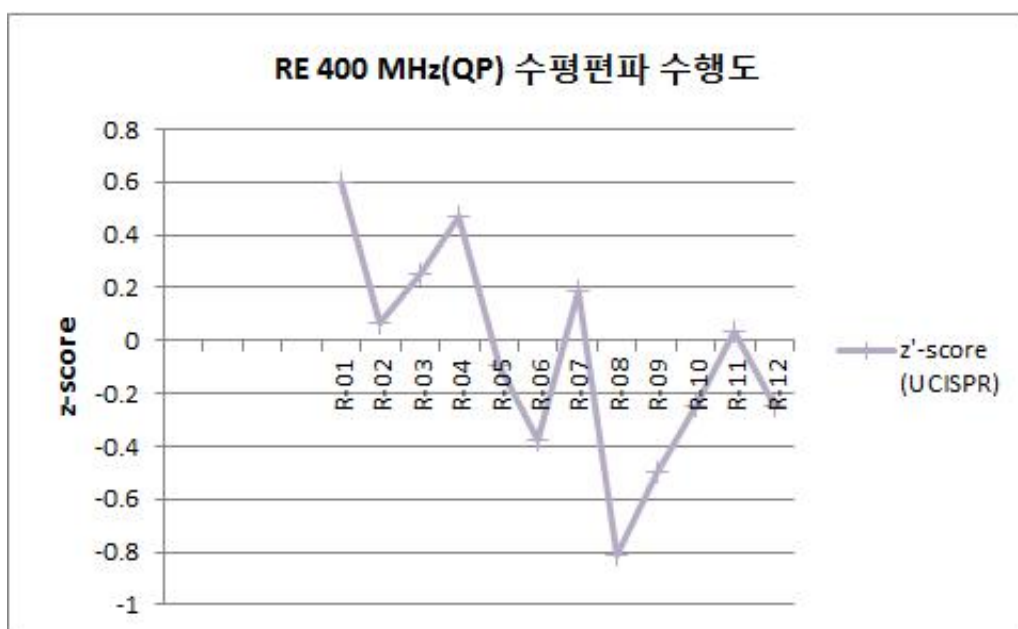


그림 H-G1-2. Group1 RE 400 MHz(QP) 수평편파 수행도

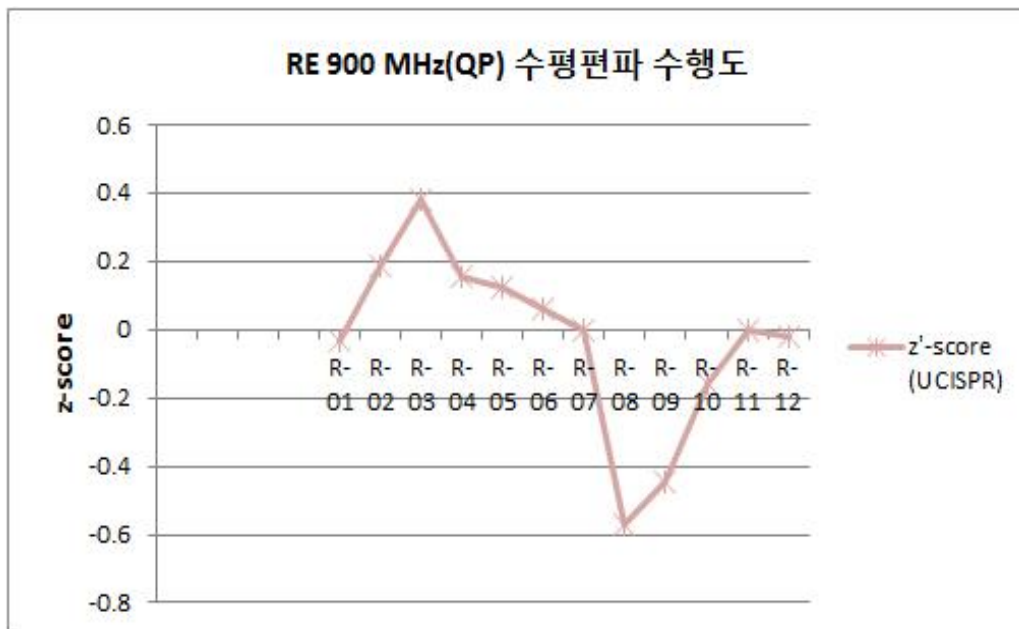


그림 H-G1-3. Group1 RE 900 MHz(QP) 수평편파 수행도

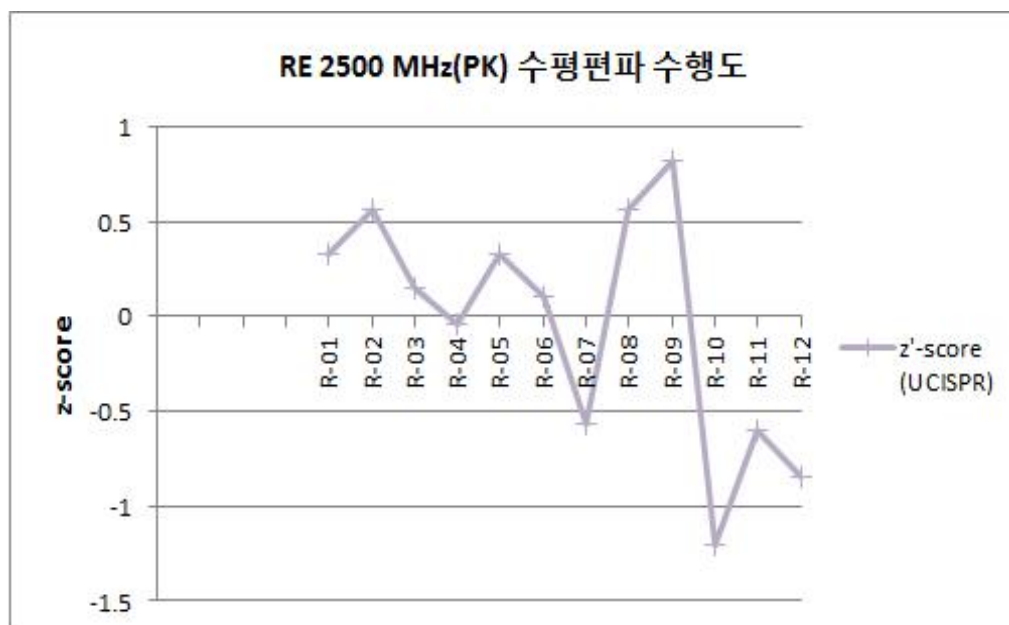


그림 H-G1-4. Group1 RE 2500 MHz(PK) 수평편파 수행도

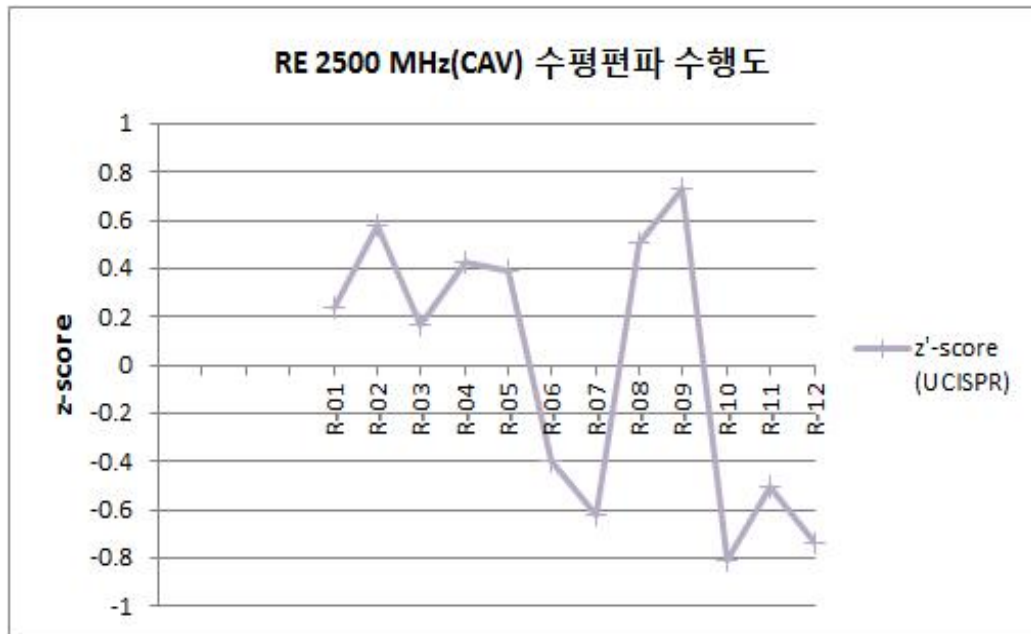


그림 H-G1-5. Group1 RE 2500 MHz(CAV) 수평편파 수행도

표 H-66. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(수평편파)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
50 MHz	0.8316	0.6914	3.15	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u_X^2}}$ 적용
400 MHz	0.5472	0.4549	3.15		
900 MHz	0.2724	0.2265	3.15		
2500 MHz (PK)	0.6265	0.5208	2.60		
2500 MHz (CAV)	0.6176	0.5135	2.60		

(나) 복사성 방출 수직편파 통계값

표 H-67. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상 값	의심 값
				PK	CAV		
R-01	-0.29	0.95	0.20	0.53	0.29	-	-
R-02	-0.51	0.58	0.39	0.35	0.55	-	-
R-03	0.43	0.83	0.86	-0.26	-0.24	-	-
R-04	-0.16	0.24	0.45	-0.82	-0.70	-	-
R-05	0.05	-0.04	0.07	0.08	0.10	-	-
R-06	-0.16	-0.29	0.10	0.23	0.21	-	-
R-07	0.37	-0.01	-0.21	-0.64	-0.74	-	-
R-08	-0.01	-0.45	-1.00	0.16	-0.21	-	-
R-09	0.40	-0.01	-0.74	0.99	0.78	-	-
R-10	-0.70	-0.54	-0.12	-0.33	-0.05	-	-
R-11	-0.10	-0.14	-0.12	0.16	0.14	-	-
R-12	0.92	-0.89	-0.23	-0.32	-0.26	-	-

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

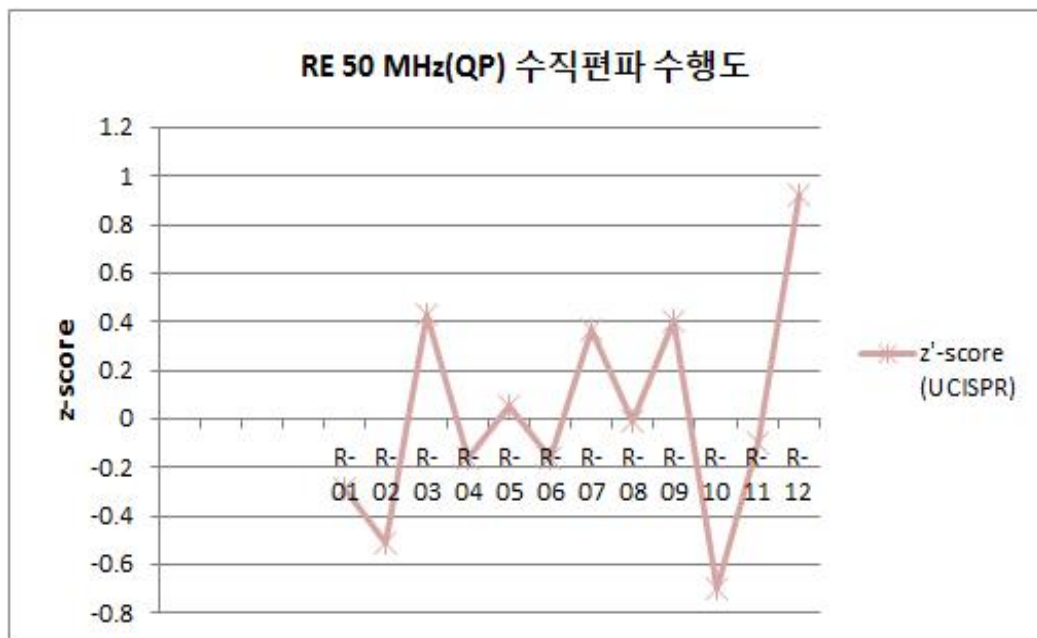


그림 H-G1-6. Group2 RE 50 MHz(QP) 수직편파 수행도

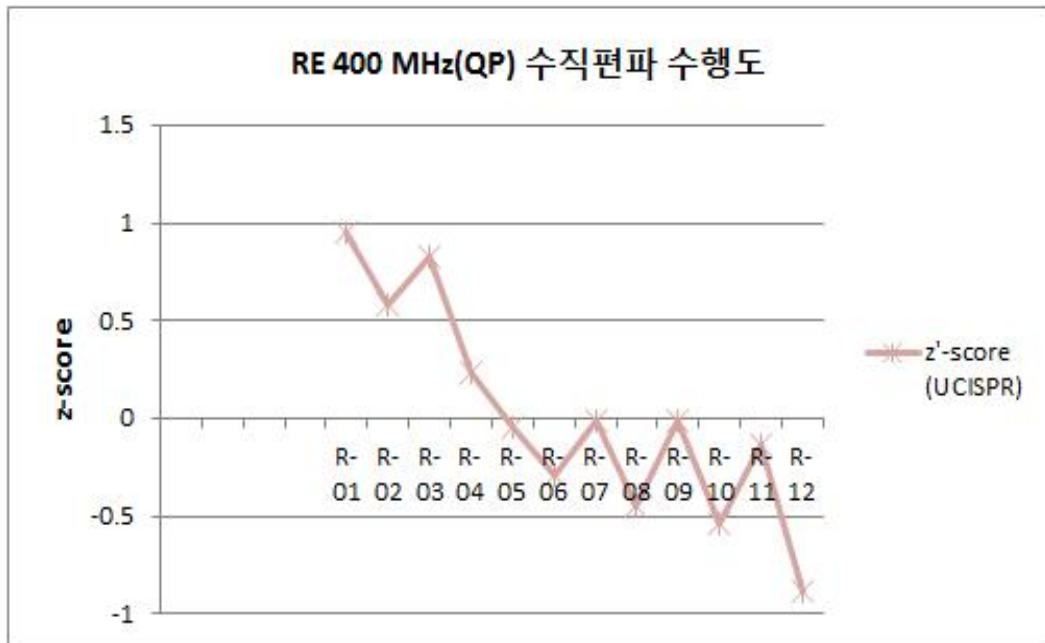


그림 H-G1-7. Group2 RE 400 MHz(QP) 수직편파 수행도

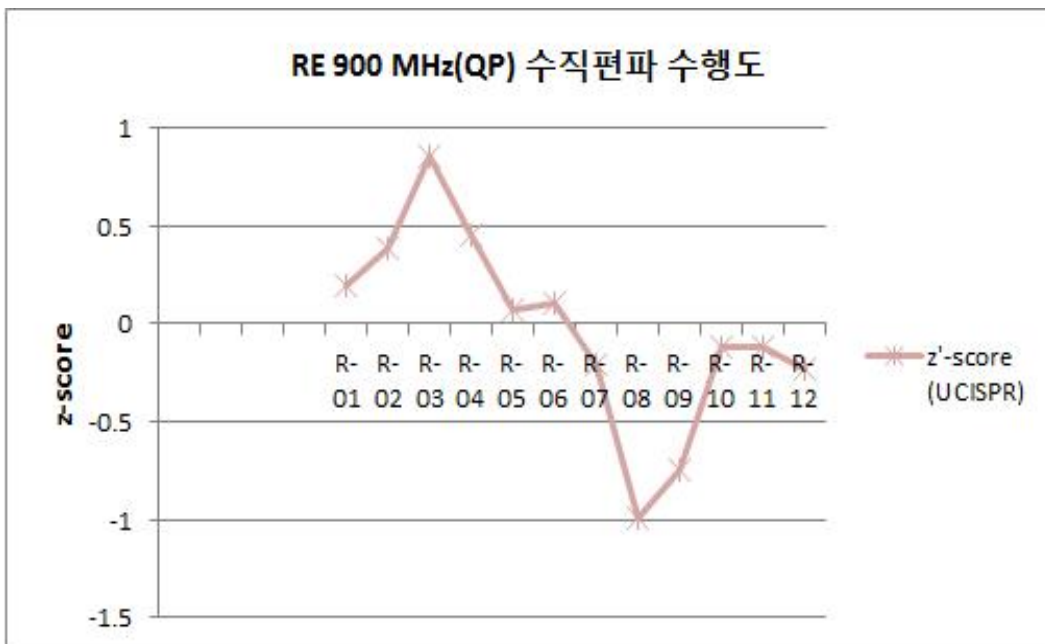


그림 H-G1-8. Group2 RE 900 MHz(QP) 수직편파 수행도

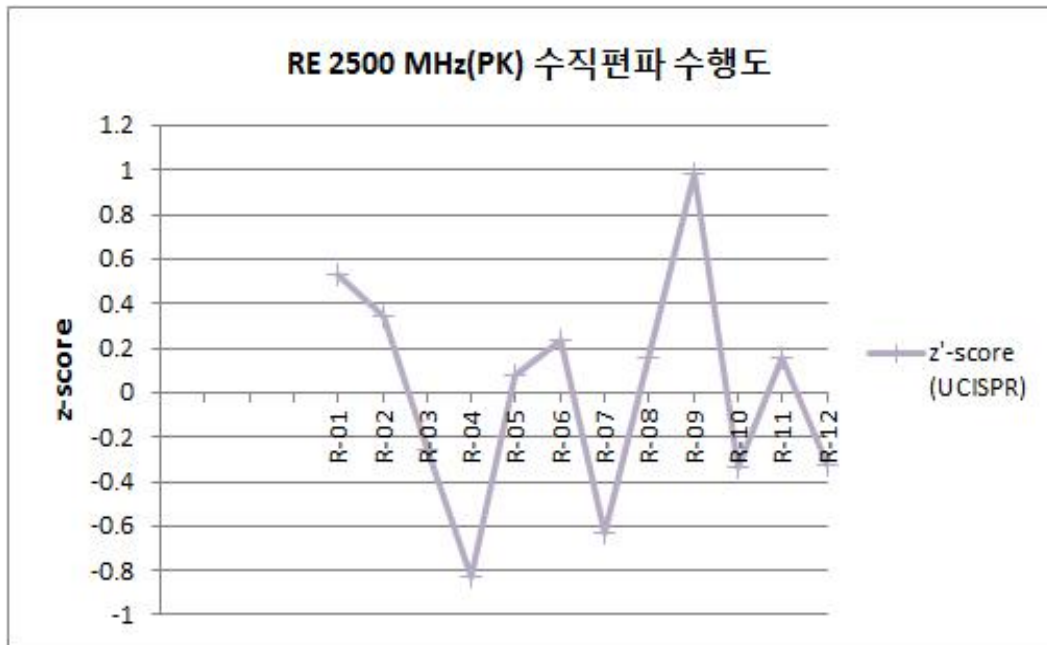


그림 H-G1-9. Group2 RE 2500 MHz(PK) 수직편파 수행도

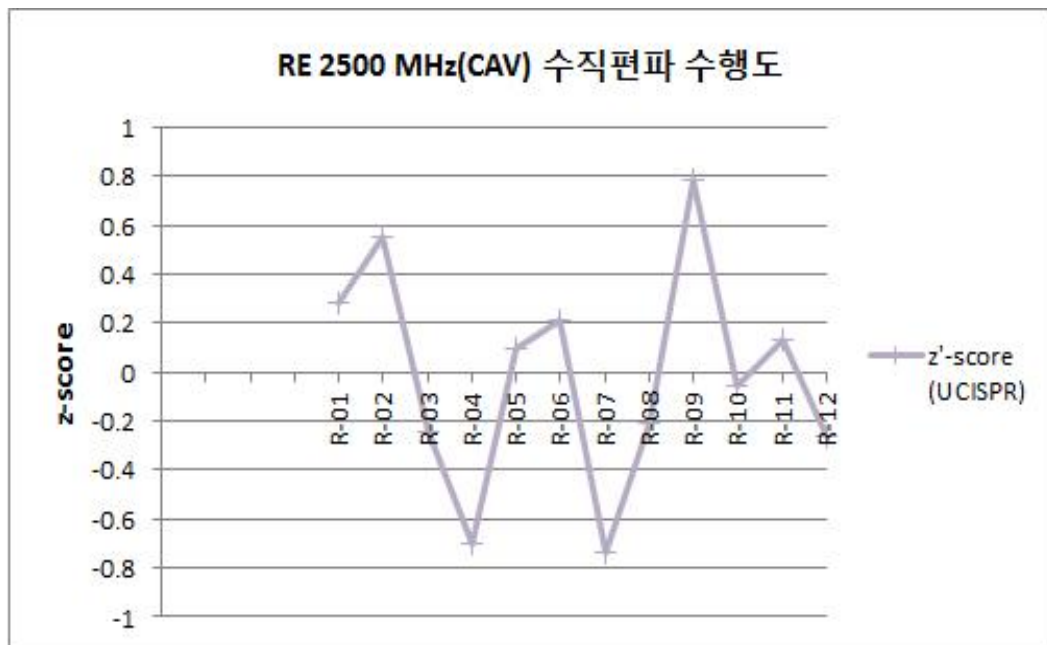


그림 H-G1-10. Group2 RE 2500 MHz(CAV) 수직편파 수행도

표 H-68. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(수직편과)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
50 MHz	0.5330	0.4431	3.15	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u_X^2}}$ 적용
400 MHz	0.6503	0.5407	3.15		
900 MHz	0.4356	0.3621	3.15		
2500 MHz (PK)	0.5084	0.4226	2.60		
2500 MHz (CAV)	0.4184	0.3479	2.60		

(다) 전도성방출 Line1 Quasi-Peak 통계값

표 H-69. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-01	0.44	0.45	0.60	-	-
R-02	0.15	0.27	0.02	-	-
R-03	-0.03	0.16	0.08	-	-
R-04	0.03	0.56	-0.56	-	-
R-05	0.09	0.10	0.08	-	-
R-06	0.20	-0.37	0.37	-	-
R-07	-0.32	-0.02	-0.27	-	-
R-08	-0.50	-0.49	-0.91	-	-
R-09	-0.09	-0.08	-0.50	-	-
R-10	0.20	-0.43	0.31	-	-
R-11	-0.03	0.04	0.25	-	-
R-12	-0.20	-0.14	0.08	-	-

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

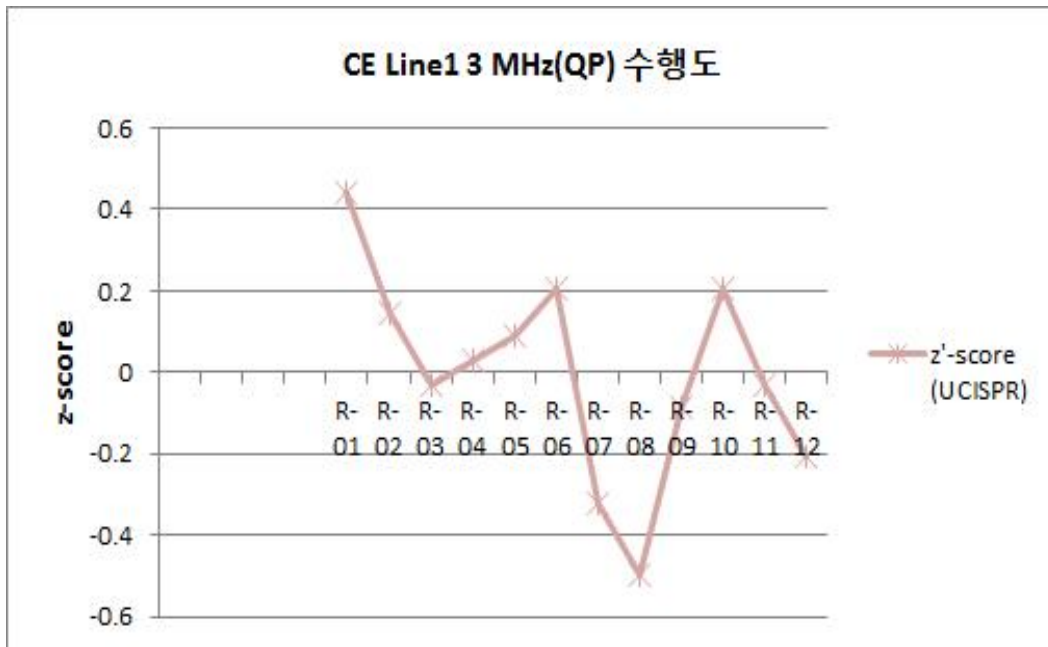


그림 H-G1-11. Group1 CE Line1 3 MHz(QP) 수행도

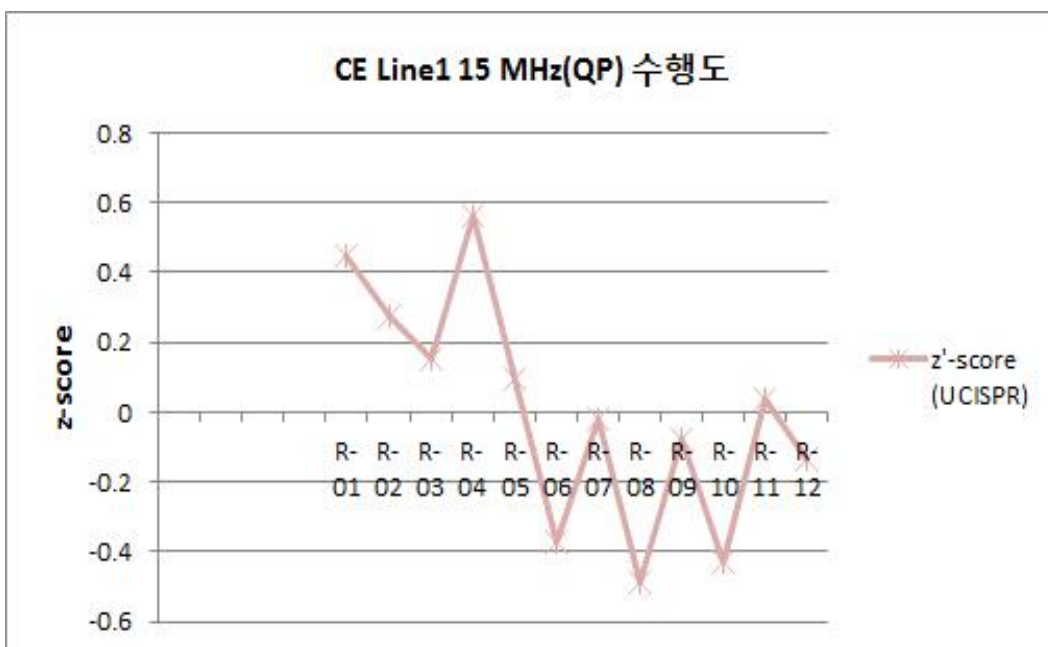


그림 H-G1-12. Group1 CE Line1 15 MHz(QP) 수행도

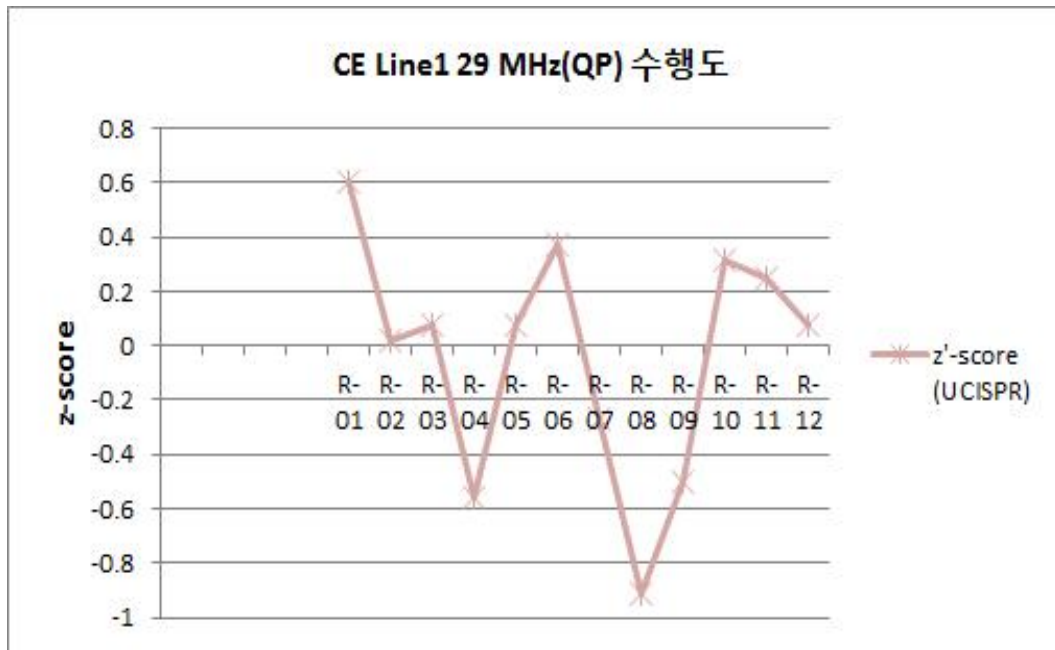


그림 H-G1-13. Group1 CE Line1 29 MHz(QP) 수행도

표 H-70. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line1)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
3 MHz (QP)	0.1589	0.1321	1.70	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u_X^2}}$ 적용
15 MHz (QP)	0.2184	0.1816	1.70		
29 MHz (QP)	0.2609	0.2169	1.70		

(라) 전도성방출 Line1 CISPR Average 통계값

표 H-71. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-01	0.87	0.93	1.03	-	-
R-02	0.17	0.23	0.11	-	-
R-03	0.06	0.17	0.00	-	-
R-04	-0.29	0.69	-0.64	-	-
R-05	-0.12	-0.06	0.00	-	-
R-06	0.35	-0.35	0.57	-	-
R-07	-0.41	-0.18	-0.35	-	-
R-08	-0.47	-0.53	-1.04	-	-
R-09	-0.06	-0.12	-0.41	-	-
R-10	0.41	-0.18	0.68	-	-
R-11	-0.12	-0.30	0.28	-	-
R-12	0.00	-0.12	-0.23	-	-

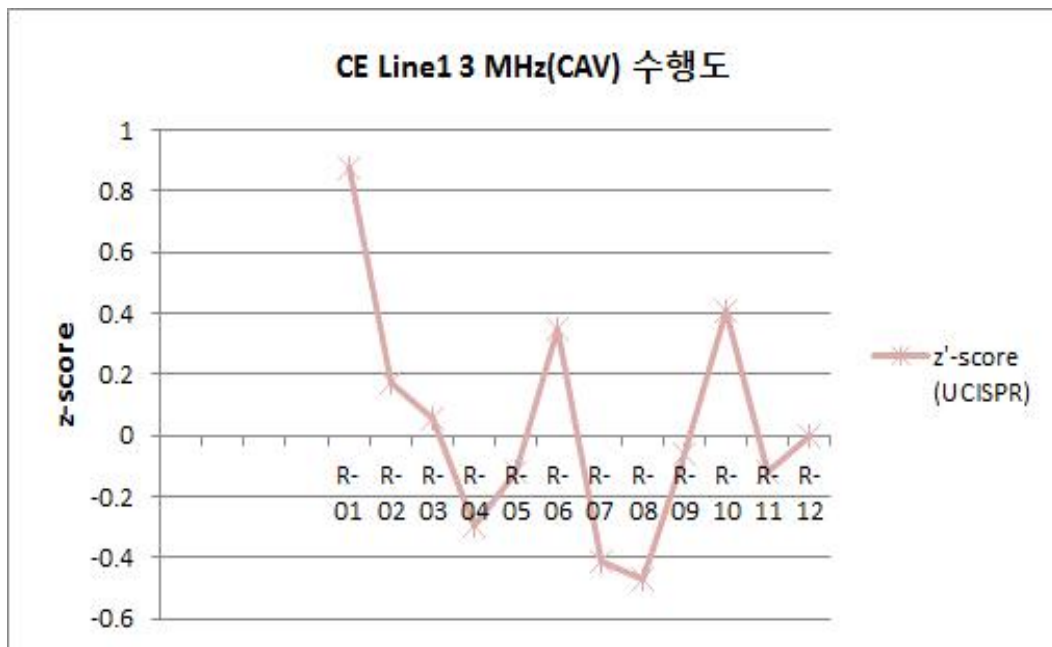


그림 H-G1-14. Group1 CE Line1 3 MHz(CAV) 수행도

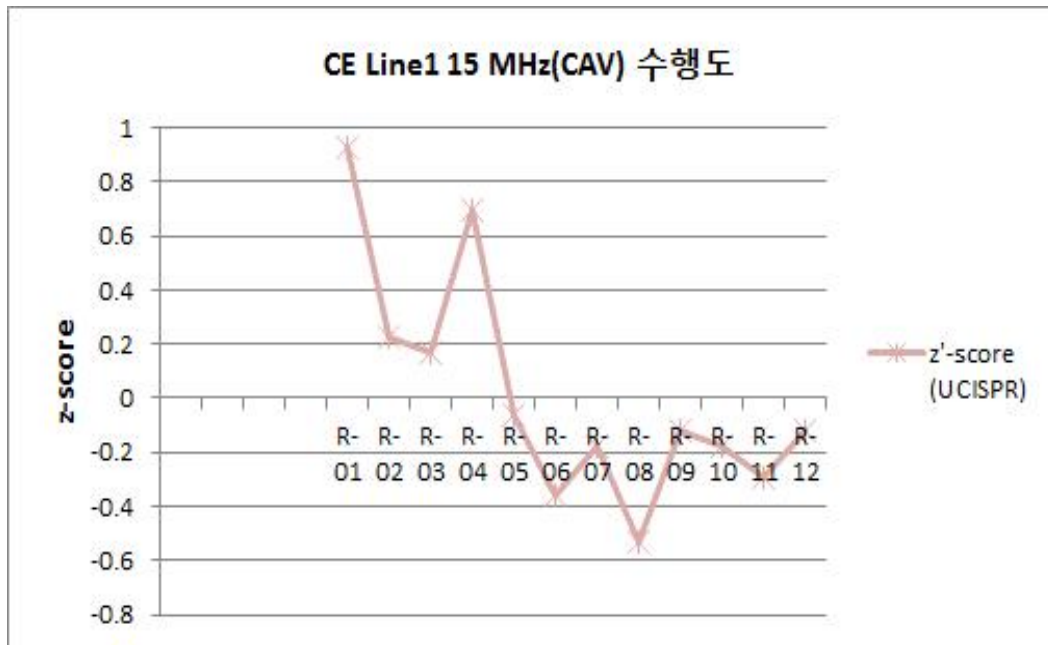


그림 H-G1-15. Group1 CE Line1 15 MHz(CAV) 수행도

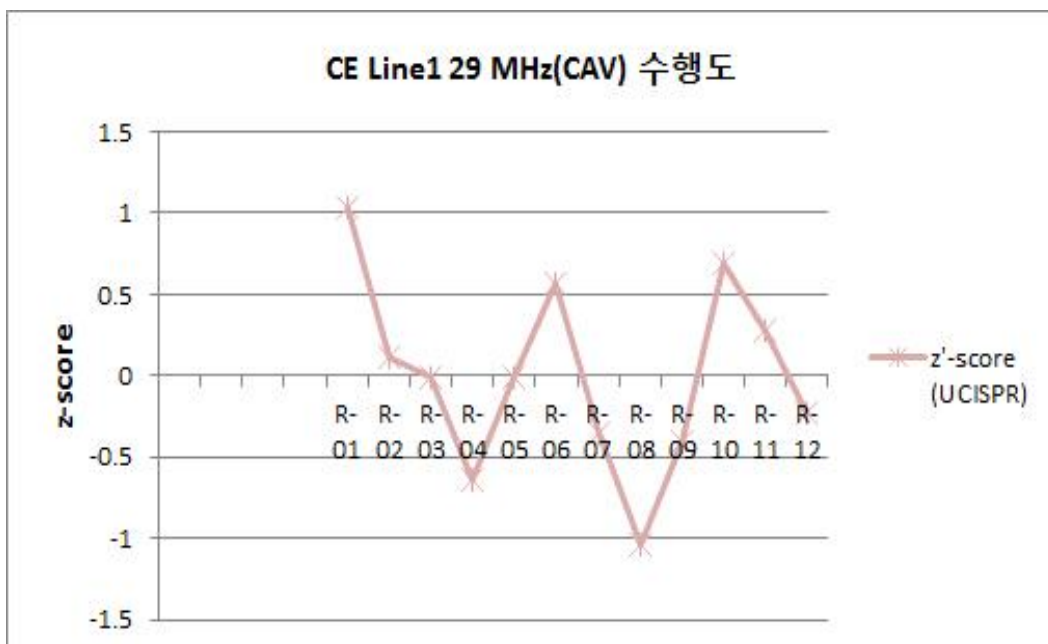


그림 H-G1-16. Group1 CE Line1 29 MHz(CAV) 수행도

표 H-72. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line1)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
3 MHz (CAV)	0.2181	0.1813	1.70	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u_X^2}}$ 적용
15 MHz (CAV)	0.2422	0.2014	1.70		
29 MHz (CAV)	0.3728	0.3099	1.70		

(마) 전도성방출 Line2 Quasi-Peak 통계값

표 H-73. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-01	0.29	0.59	0.47	-	-
R-02	0.06	0.36	0.24	-	-
R-03	-0.17	0.19	0.30	-	-
R-04	0.35	-0.05	0.41	-	-
R-05	-0.58	-0.57	-0.17	-	-
R-06	0.58	-0.22	0.41	-	-
R-07	-0.75	-0.34	-1.33	-	-
R-08	-0.46	-0.46	-0.86	-	-
R-09	-0.11	0.13	-0.11	-	-
R-10	0.23	0.01	-0.11	-	-
R-11	0.23	0.07	-0.05	-	-
R-12	0.00	0.19	-0.05	-	-

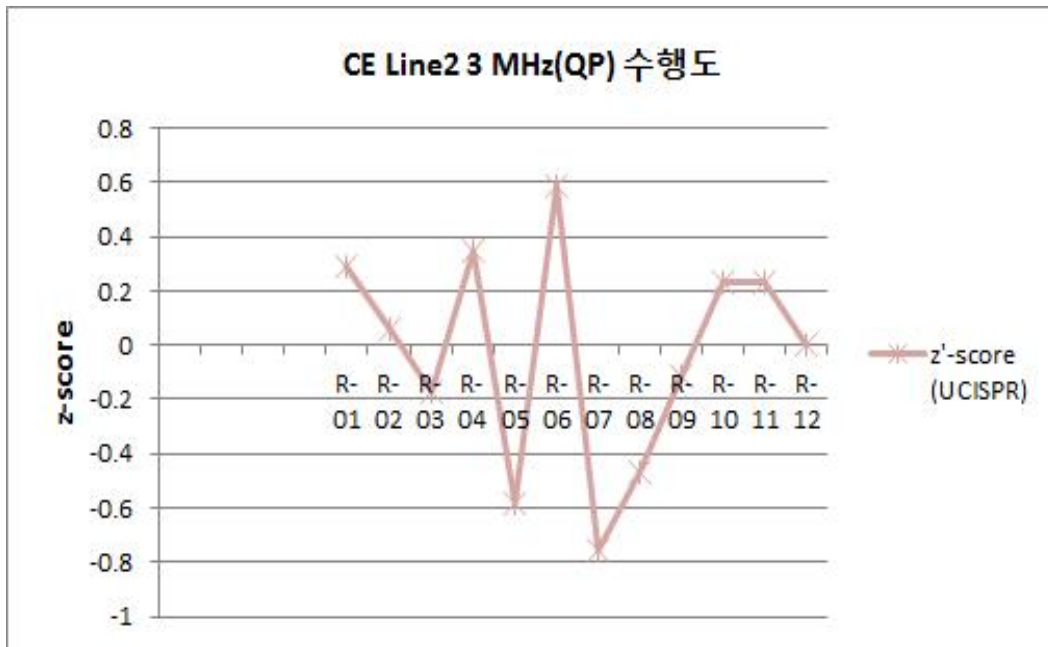


그림 H-G1-17. Group1 CE Line2 3 MHz(QP) 수행도

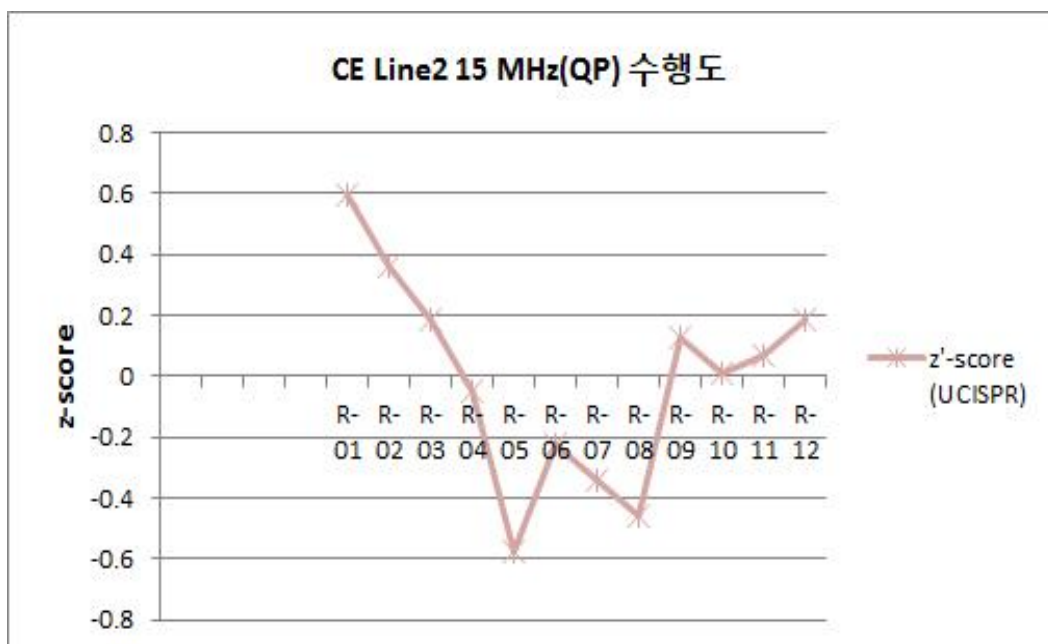


그림 H-G1-18. Group1 CE Line2 15 MHz(QP) 수행도

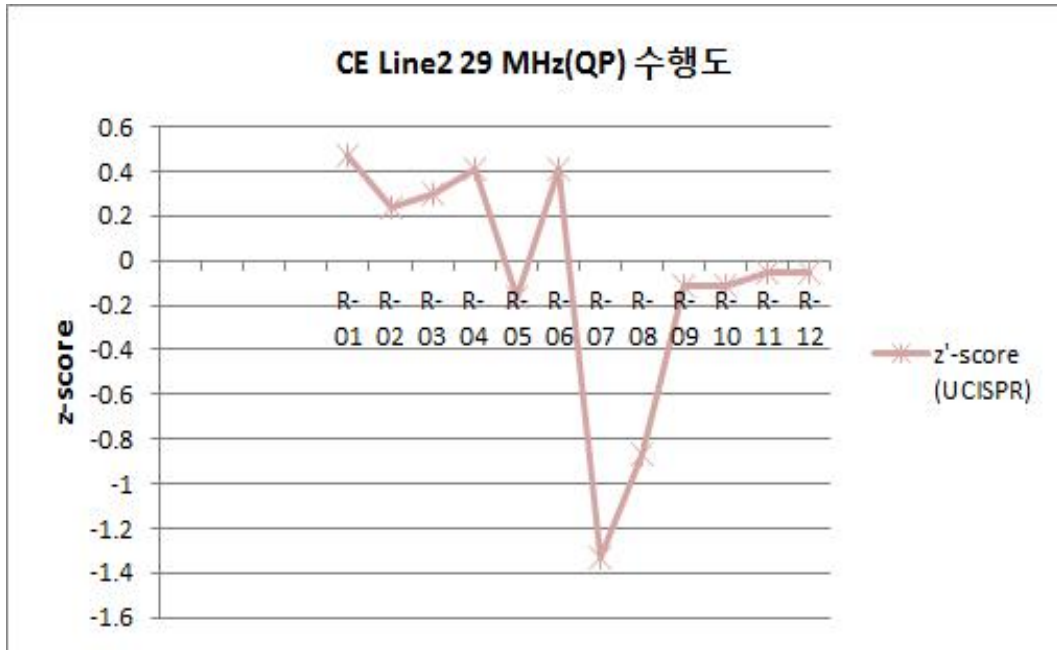


그림 H-G1-19. Group1 CE Line2 29 MHz(QP) 수행도

표 H-74. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line2)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
3 MHz (QP)	0.2469	0.2052	1.70	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u_X^2}}$ 적용
15 MHz (QP)	0.2088	0.1736	1.70		
29 MHz (QP)	0.2741	0.2279	1.70		

(바) 전도성방출 Line2 CISPR Average 통계값

표 H-75. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-01	0.89	1.02	1.06	-	-
R-02	0.08	0.16	0.13	-	-
R-03	-0.21	0.44	0.42	-	-
R-04	0.08	0.44	0.31	-	-
R-05	-0.72	-0.71	-0.39	-	-
R-06	0.60	-0.25	0.48	-	-
R-07	-0.84	-0.60	-1.48	-	-
R-08	-0.49	-0.54	-0.85	-	-
R-09	-0.03	-0.02	-0.21	-	-
R-10	0.54	0.10	0.19	-	-
R-11	0.25	-0.02	-0.04	-	-
R-12	-0.15	0.21	-0.27	-	-

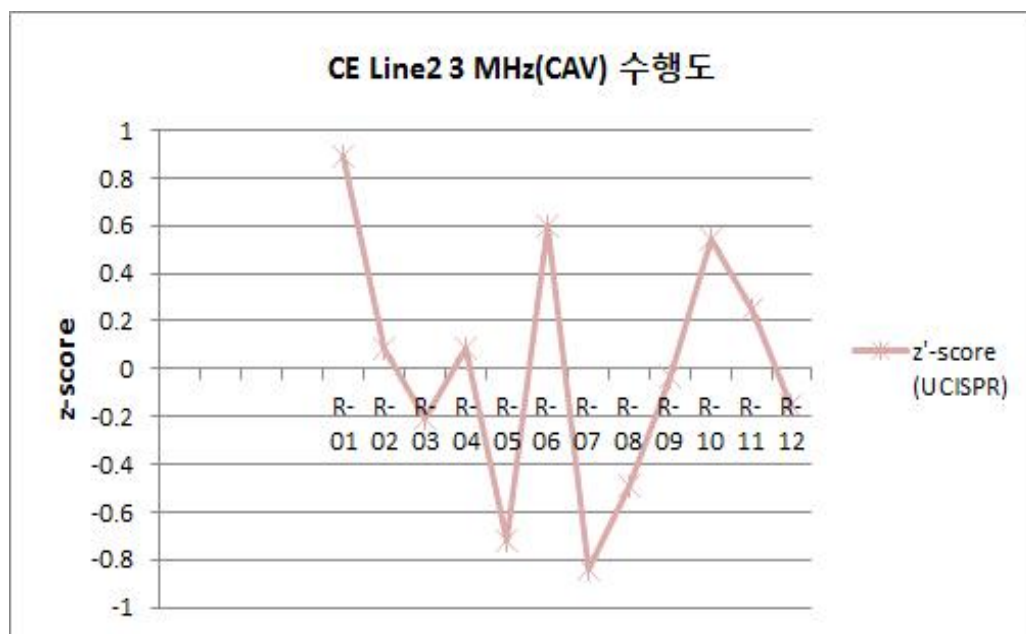


그림 H-G1-20. Group1 CE Line2 3 MHz(CAV) 수행도

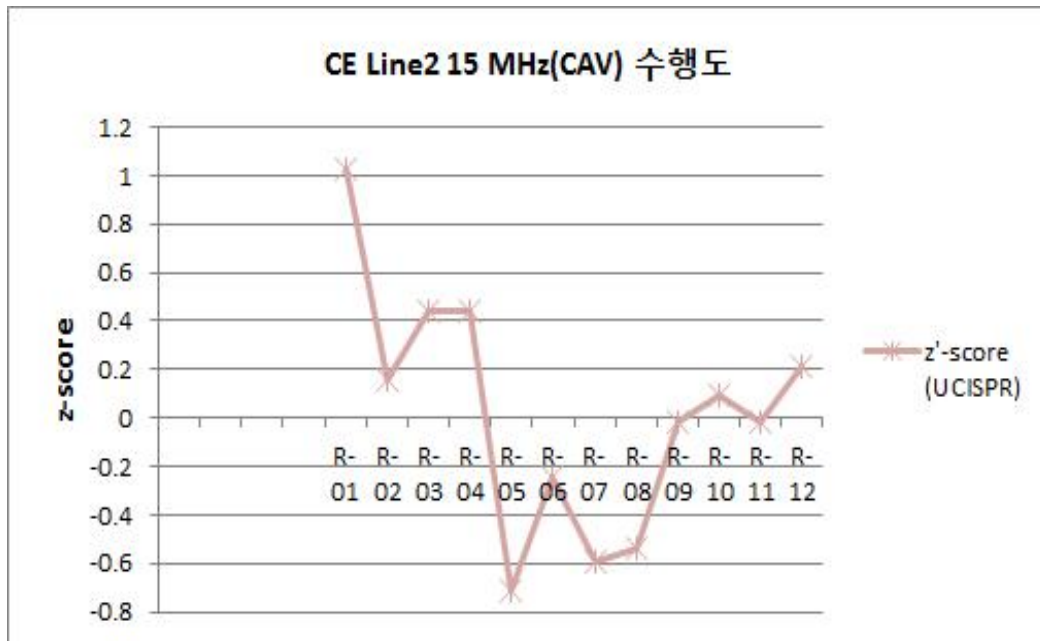


그림 H-G1-21. Group1 CE Line2 15 MHz(CAV) 수행도

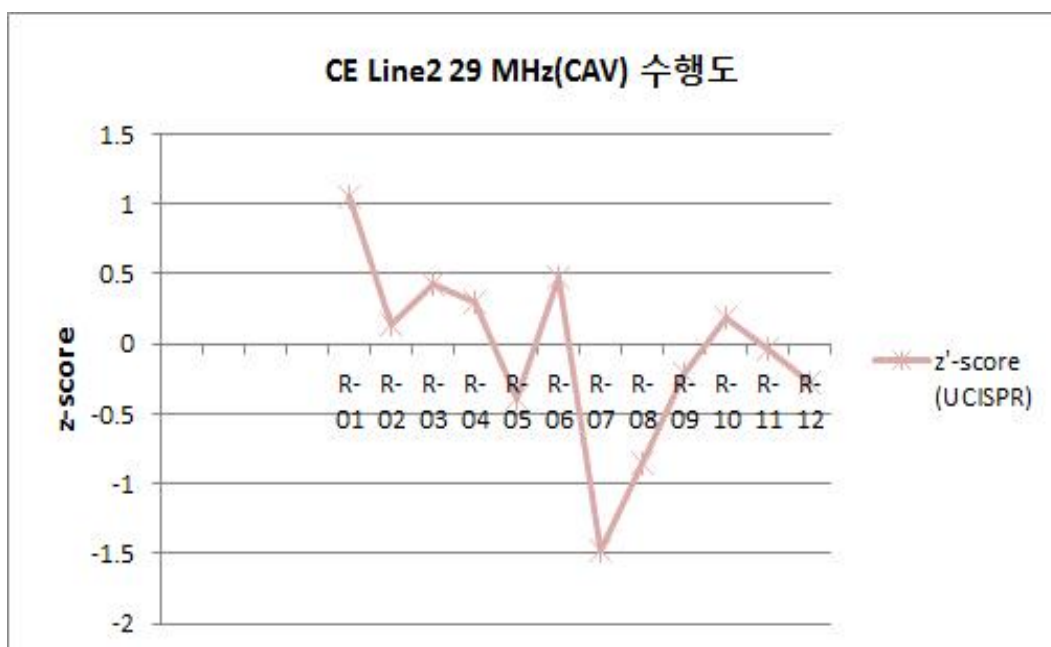


그림 H-G1-22. Group1 CE Line2 29 MHz(CAV) 수행도

표 H-76. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line2)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
3 MHz (CAV)	0.3683	0.3062	1.70	$u_X \geq 0.3\hat{\sigma}$	$z' = \frac{(x - x^*)}{\sqrt{s^{*2} + u_X^2}}$ 적용
15 MHz (CAV)	0.3231	0.2686	1.70		
29 MHz (CAV)	0.3407	0.2832	1.70		

(2) Group 2(총 28개 시험기관)

(가) 복사성 방출 수평편파 통계값

표 H-77. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상 값	의심 값
				PK	CAV		
R-13	1.54	-0.23	-0.01	0.38	0.13	-	-
R-14	-0.42	0.50	0.22	-0.05	-0.26	-	-
R-15	-0.58	0.41	0.72	0.07	0.09	-	-
R-16	-0.62	0.54	0.60	-0.12	-0.14	-	-
R-17	-0.55	0.12	-0.07	0.18	0.13	-	-
R-18	0.40	0.50	0.60	-0.05	-0.37	-	-
R-19	0.27	-0.04	-0.61	-1.47	-0.14	-	-
R-20	0.24	0.12	-0.16	1.15	0.93	-	-
R-21	-0.39	0.41	0.47	0.38	0.13	-	-
R-22	-0.52	0.19	0.09	0.41	0.43	-	-
R-23	-0.87	0.38	0.63	-1.32	-1.33	-	-
R-24	-0.23	0.50	0.47	0.22	0.09	-	-
R-25	-0.23	-0.19	-0.13	-0.59	-0.72	-	-
R-26	1.48	-0.51	-0.16	0.41	0.05	-	-
R-27	0.78	0.47	0.09	0.22	0.32	-	-
R-28	1.51	0.00	-0.07	0.22	0.43	-	-
R-29	0.27	0.03	0.41	1.15	1.28	-	-
R-30	-0.65	-0.07	0.22	0.07	0.05	-	-
R-31	-0.14	0.03	-0.01	-0.16	-0.03	-	-
R-32	1.45	-0.23	-0.39	0.22	0.13	-	-
R-33	0.40	0.28	0.12	-0.32	-0.45	-	-
R-34	-0.08	0.28	0.22	0.11	0.05	-	-
R-35	-0.84	-1.37	-0.67	-5.28	-5.22	2	-
R-36	-1.15	-1.50	-0.10	-0.55	-0.07	-	-
R-37	-0.58	-1.05	-1.56	-0.66	-1.10	-	-
R-38	0.59	-1.02	-1.08	-0.82	-0.87	-	-
R-39	-0.08	-0.54	-0.70	0.26	0.05	-	-
R-40	1.13	-0.26	-0.39	-0.05	0.24	-	-

※비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

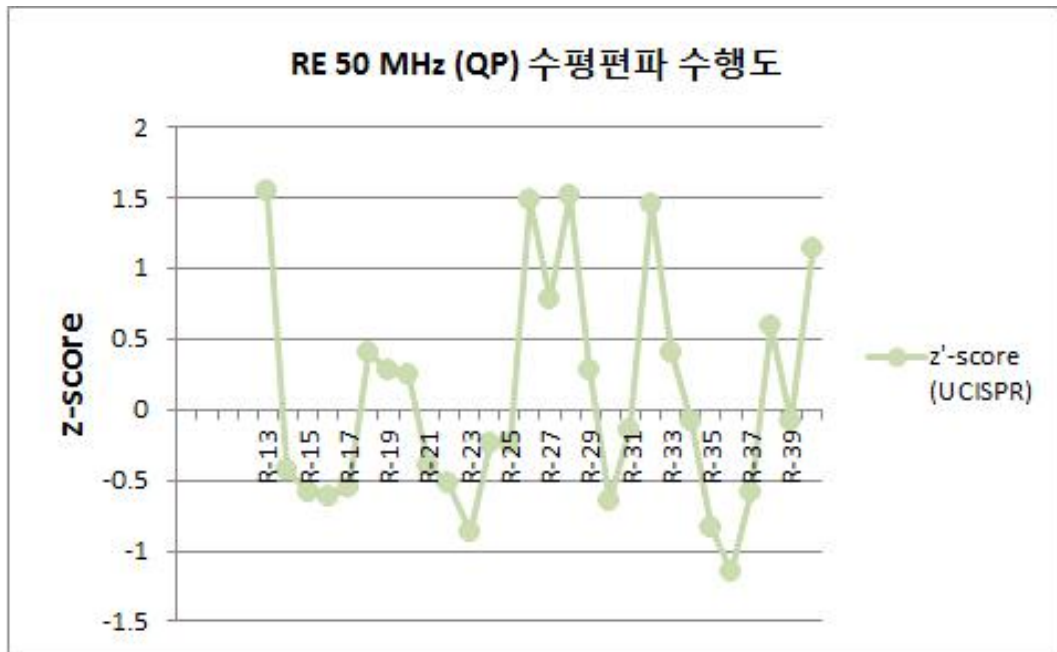


그림 H-G2-1. Group2 RE 50 MHz(QP) 수평편파 수행도

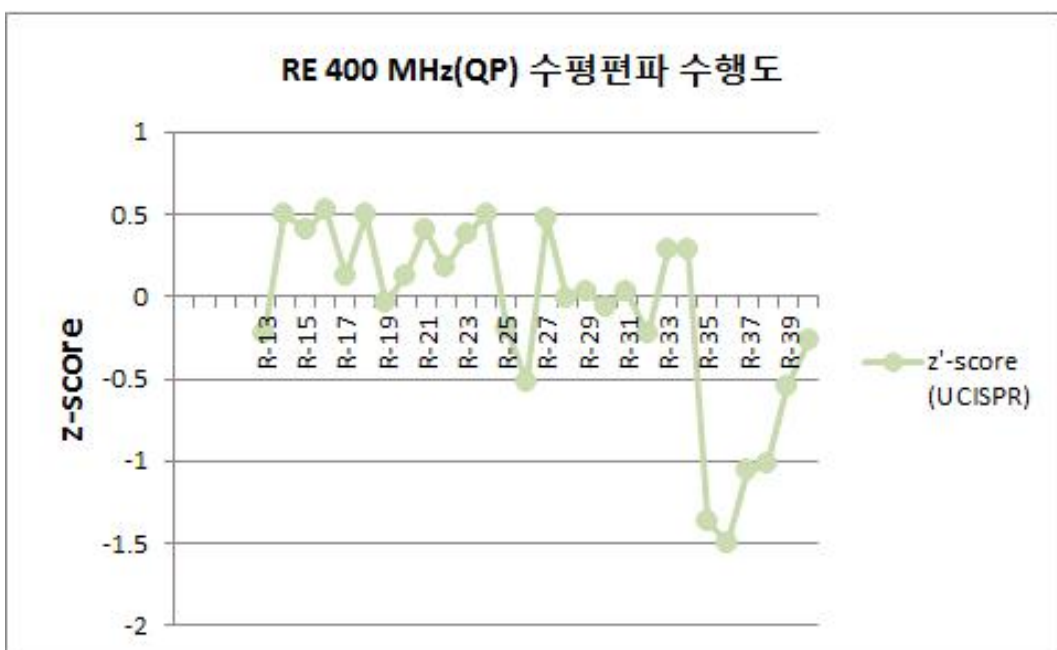


그림 H-G2-2. Group2 RE 400 MHz(QP) 수평편파 수행도

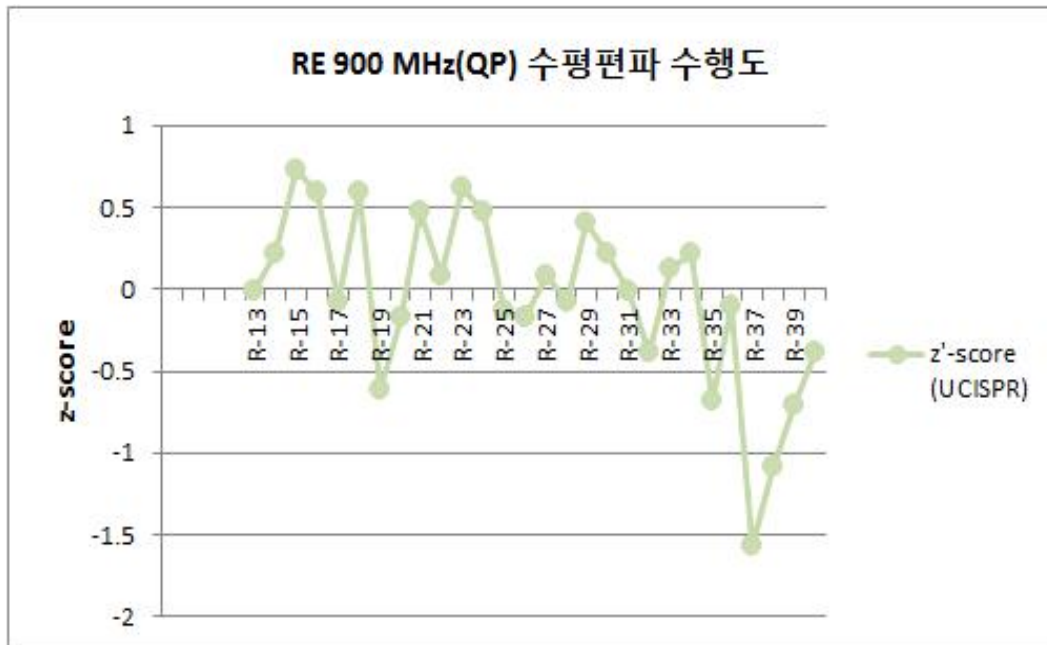


그림 H-G2-3. Group2 RE 900 MHz(QP) 수평편파 수행도

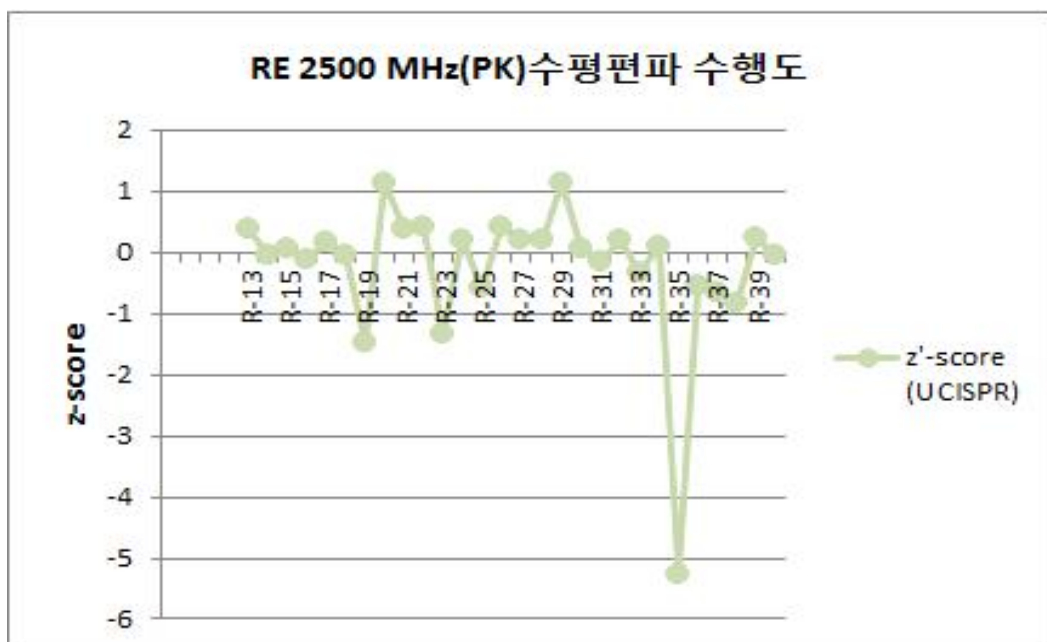


그림 H-G2-4. Group2 RE 2500 MHz(PK) 수평편파 수행도

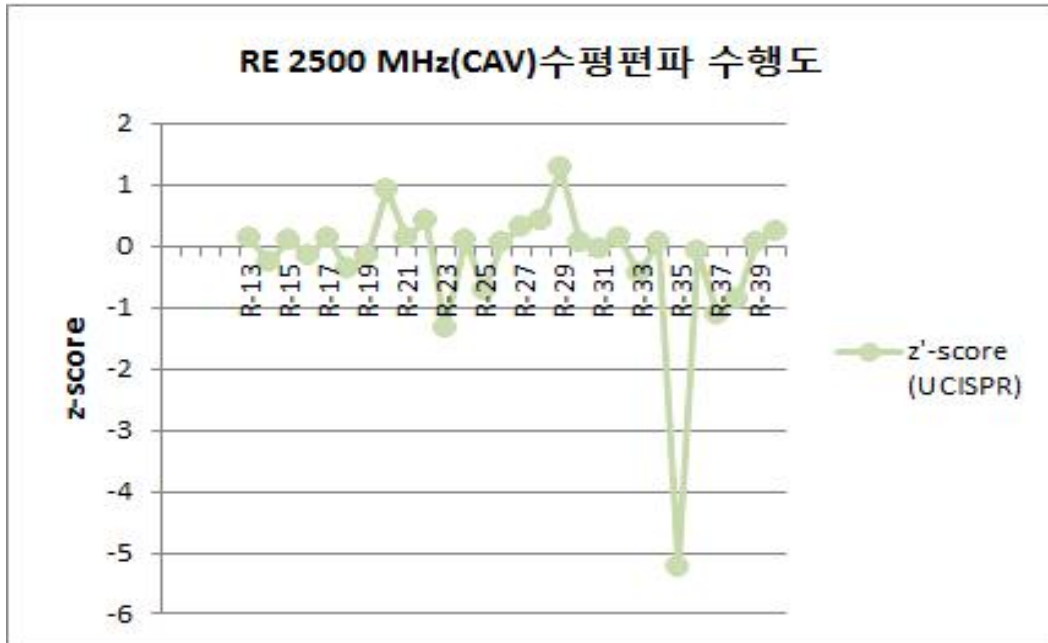


그림 H-G2-5. Group2 RE 2500 MHz(CAV) 수평편파 수행도

표 H-78. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(수평편파)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
50 MHz	0.5529	0.7021	3.15	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
400 MHz	0.3477	0.4416	3.15		
900 MHz	0.3602	0.4574	3.15		
2500 MHz (PK)	0.2647	0.3362	2.60		
2500 MHz (CAV)	0.1985	0.2521	2.60		

(나) 복사성 방출 수직편파 통계값

표 H-79. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score

주파수 기관기호	50 MHz (QP)	400 MHz (QP)	900 MHz (QP)	2500 MHz		이상 값	의심 값
				PK	CAV		
R-13	0.50	-0.02	-0.28	0.76	0.63	-	-
R-14	0.25	0.17	0.23	0.33	0.21	-	-
R-15	0.38	0.33	0.33	0.10	-0.14	-	-
R-16	0.41	0.23	0.26	-0.40	-0.67	-	-
R-17	0.44	0.17	-0.06	0.53	0.48	-	-
R-18	-0.10	0.55	1.25	-0.01	-0.17	-	-
R-19	0.15	0.42	0.26	-1.47	-0.10	-	-
R-20	0.12	0.14	-0.28	0.91	0.63	-	-
R-21	-0.04	0.42	0.42	0.22	-0.14	-	-
R-22	0.09	0.58	0.52	0.41	0.29	-	-
R-23	-0.45	0.65	0.36	-0.36	-0.29	-	-
R-24	0.28	0.55	0.58	0.60	0.02	-	-
R-25	-0.19	-0.12	-0.09	-0.32	-0.37	-	-
R-26	0.03	-0.02	0.14	0.18	0.17	-	-
R-27	0.00	-0.08	-0.31	0.07	0.13	-	-
R-28	0.03	-0.24	0.01	0.10	0.56	-	-
R-29	0.60	0.04	-0.25	-1.09	-1.17	-	-
R-30	-0.07	-0.37	-0.12	0.14	0.33	-	-
R-31	-0.16	-0.08	0.17	0.10	0.02	-	-
R-32	0.19	-0.12	0.39	0.45	0.36	-	-
R-33	-0.29	0.30	0.33	-0.24	-0.37	-	-
R-34	0.19	0.17	0.26	0.18	-0.06	-	-
R-35	-0.26	-0.62	-0.79	-5.17	-5.17	2	-
R-36	-0.99	-0.81	-0.98	-0.70	0.48	-	-
R-37	-0.51	-1.26	-1.58	-0.55	-0.98	-	-
R-38	-0.45	-1.23	-1.01	-0.67	-0.75	-	-
R-39	-0.19	-0.40	-0.66	0.68	0.60	-	-
R-40	-0.39	-0.78	-0.40	-0.20	0.21	-	-

※비고 : 이상값(Outlier) -5.17, 의심값 -5.17

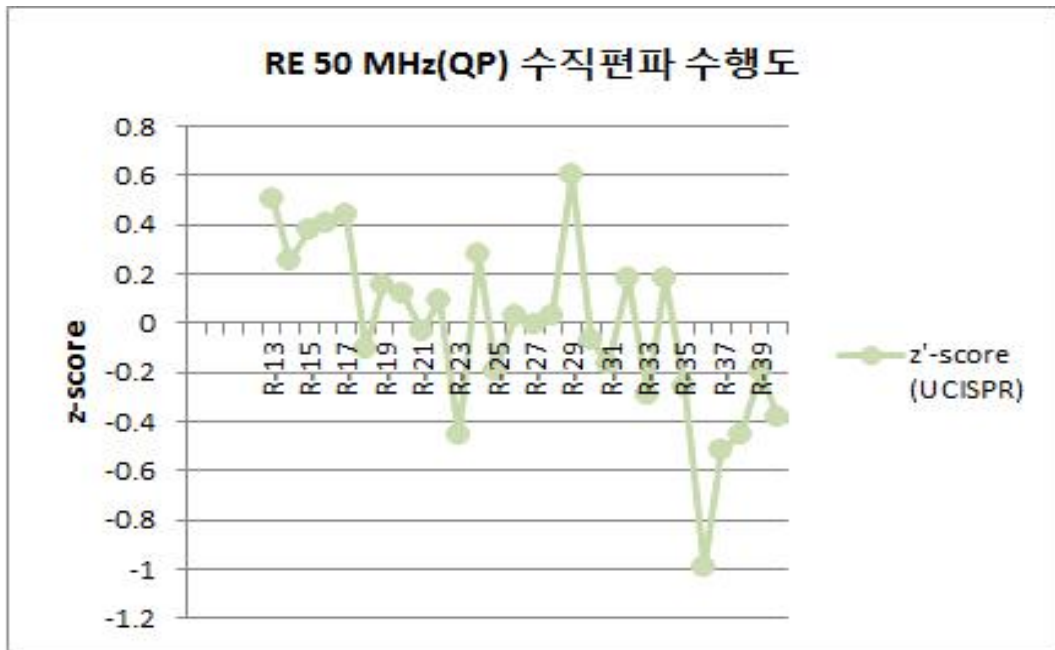


그림 H-G2-6. Group2 RE 50 MHz(QP) 수직편파 수행도

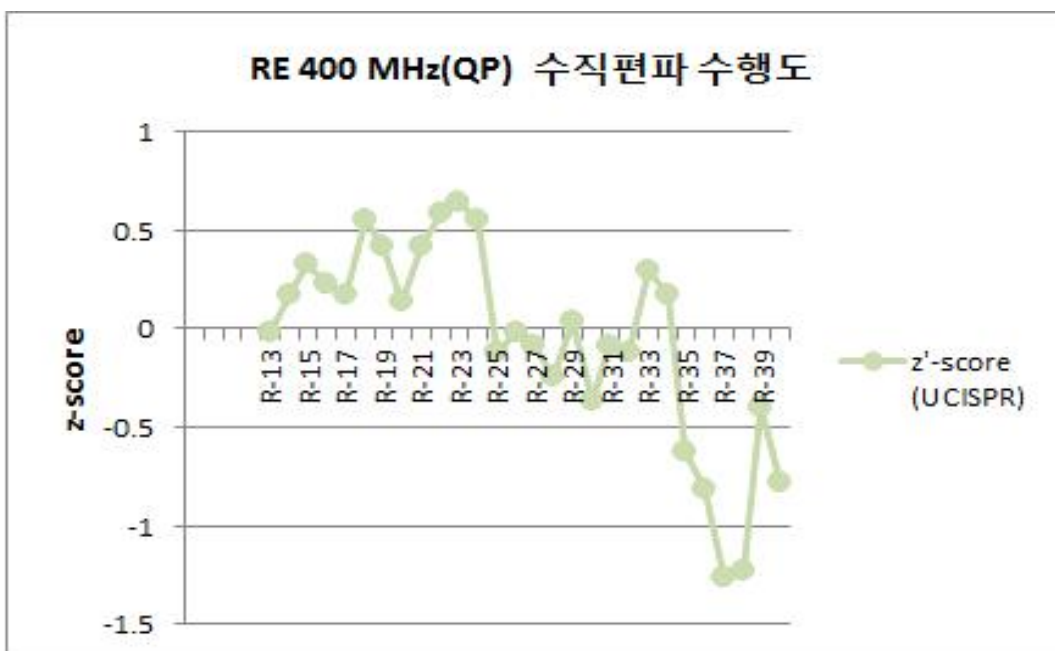


그림 H-G2-7. Group2 RE 400 MHz(QP) 수직편파 수행도

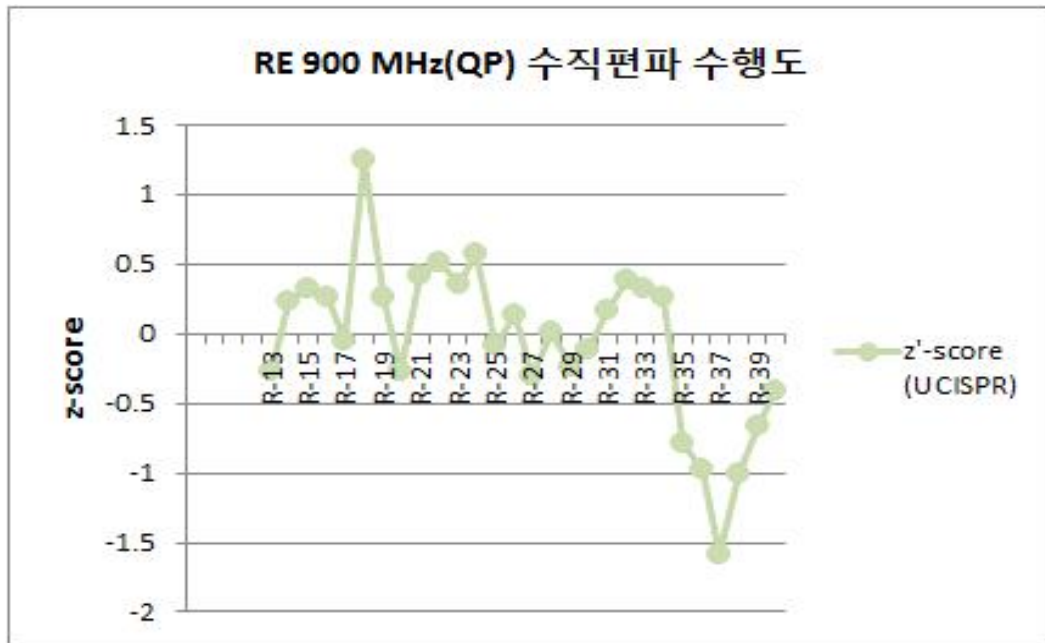


그림 H-G2-8. Group2 RE 900 MHz(QP) 수직편파 수행도

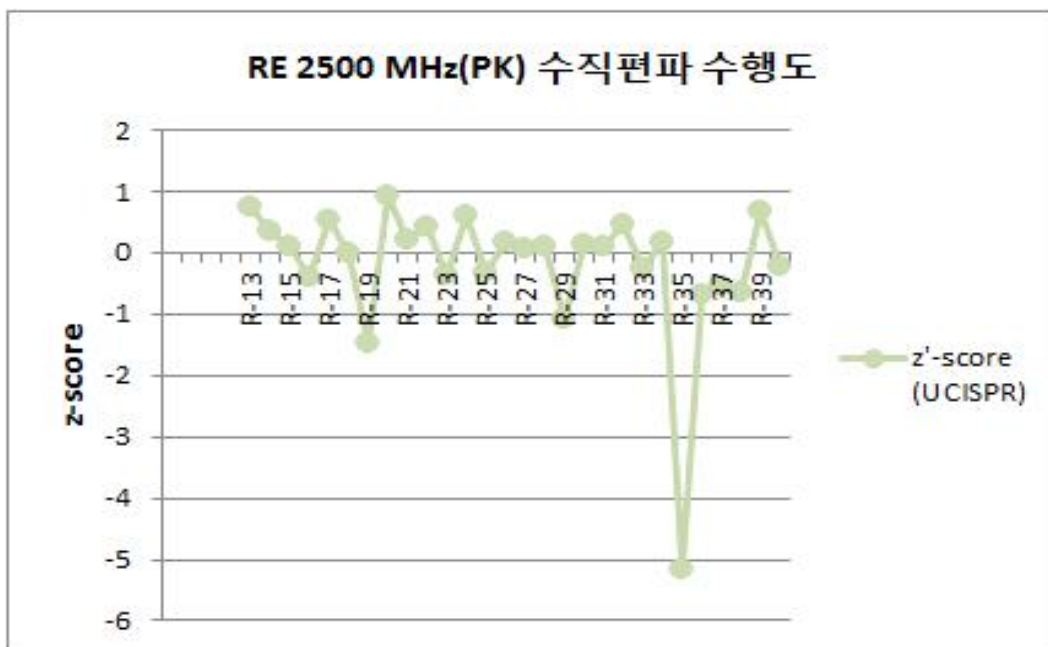


그림 H-G2-9. Group2 RE 2500 MHz(PK) 수직편파 수행도

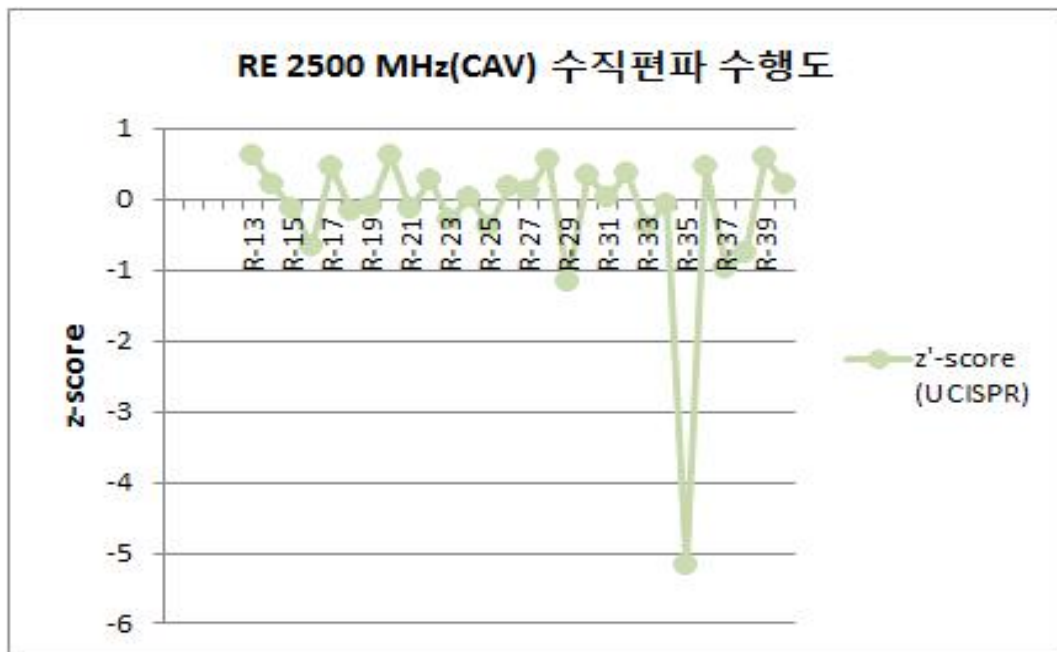


그림 H-G2-10. Group2 RE 2500 MHz(CAV) 수직편파 수행도

표 H-80. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(수직편파)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
50 MHz	0.2597	0.3298	3.15	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
400 MHz	0.3487	0.4428	3.15		
900 MHz	0.3475	0.4413	3.15		
2500 MHz (PK)	0.3404	0.4322	2.60		
2500 MHz (CAV)	0.3081	0.3913	2.60		

(다) 전도성방출 Line1 Quasi-Peak 통계값

표 H-81. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-13	0.16	0.15	-0.22	-	-
R-14	0.75	0.45	0.08	-	-
R-15	0.46	0.27	0.49	-	-
R-16	0.40	-0.02	-0.22	-	-
R-17	0.22	-0.02	0.08	-	-
R-18	0.10	-0.32	0.13	-	-
R-19	0.51	0.68	0.72	-	-
R-20	0.16	0.04	-0.22	-	-
R-21	0.22	0.09	0.08	-	-
R-22	0.28	0.09	0.19	-	-
R-23	0.78	0.96	0.02	-	-
R-24	-0.02	0.09	0.13	-	-
R-25	0.69	0.74	0.55	-	-
R-26	-0.07	-0.02	0.25	-	-
R-27	-0.43	-0.26	0.72	-	-
R-28	-0.02	0.15	0.02	-	-
R-29	-0.66	-0.38	-1.16	-	-
R-30	-0.72	-0.20	0.25	-	-
R-31	0.10	0.21	0.25	-	-
R-32	0.34	0.21	0.37	-	-
R-33	-0.02	0.33	0.13	-	-
R-34	-0.07	-0.20	0.08	-	-
R-35	-1.60	-0.73	-1.92	-	-
R-36	-0.84	-0.44	-1.10	-	-
R-37	-1.37	-0.96	-1.57	-	-
R-38	-0.66	-0.67	-0.51	-	-
R-39	-0.19	0.04	-0.40	-	-
R-40	-0.31	-0.55	-0.51	-	-

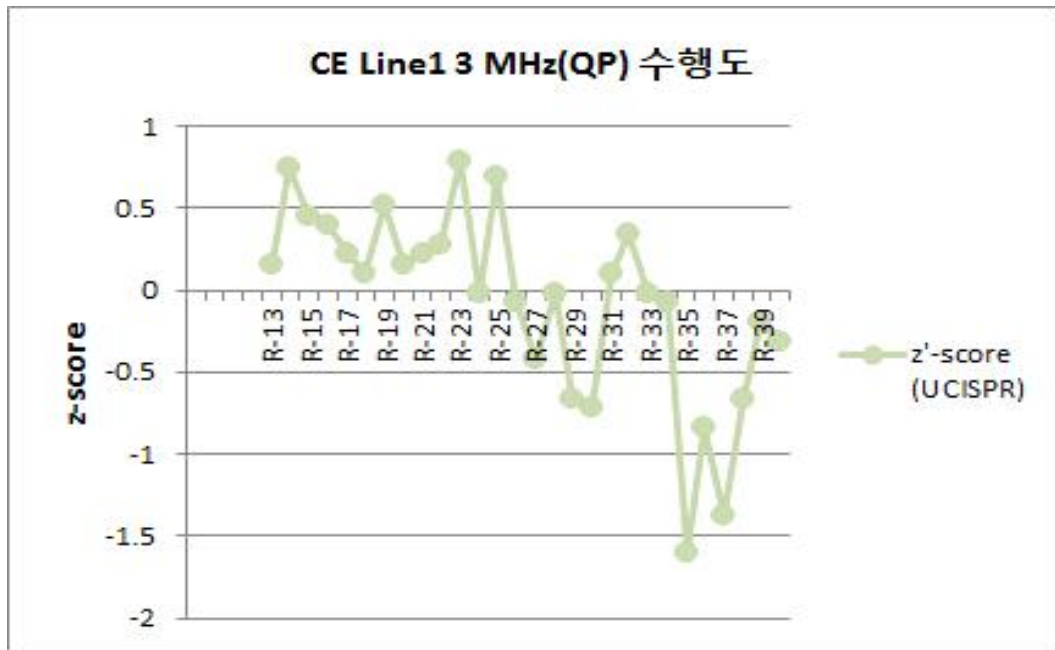


그림 H-G2-11. Group2 CE Line1 3 MHz(QP) 수행도

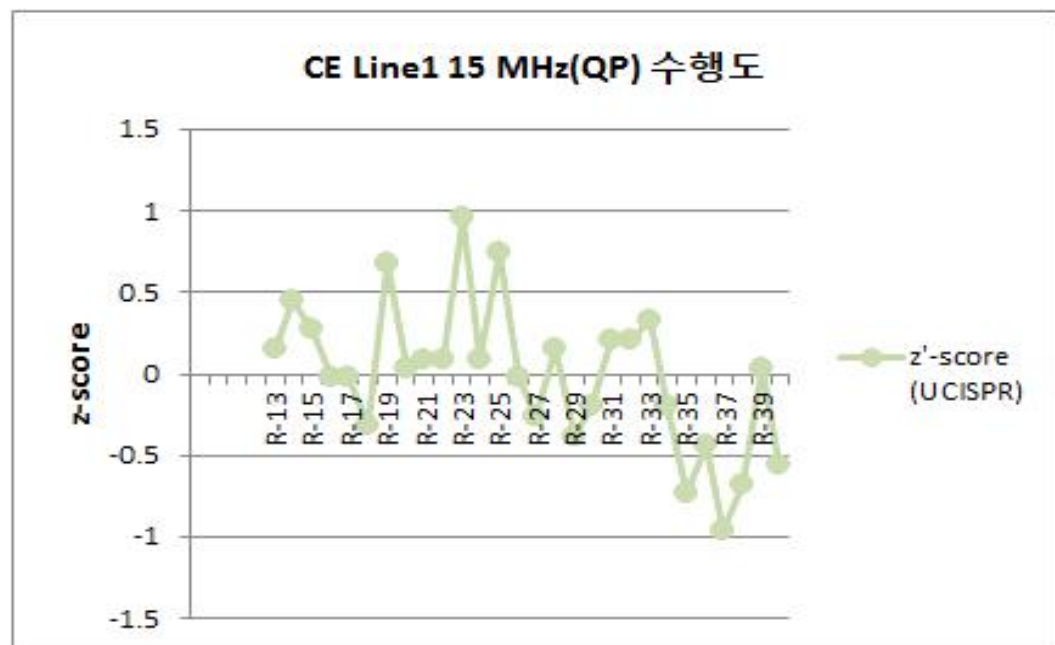


그림 H-G2-12. Group2 CE Line1 15 MHz(QP) 수행도

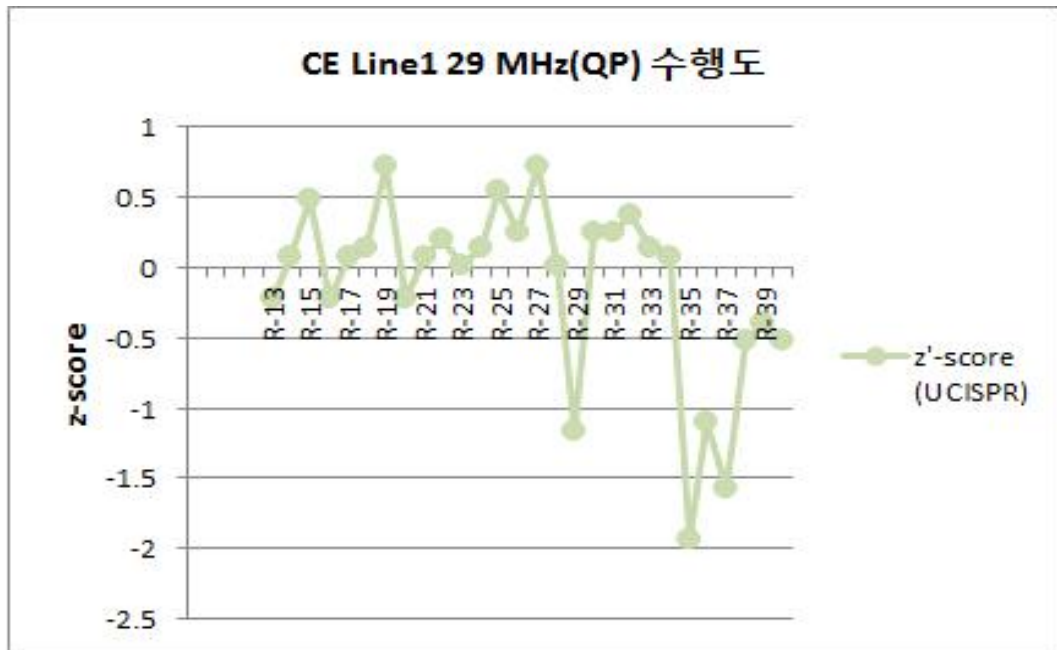


그림 H-G2-13. Group2 CE Line1 29 MHz(QP) 수행도

표 H-82. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line1)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
3 MHz (QP)	0.2082	0.2644	1.70	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
15 MHz (QP)	0.1522	0.1933	1.70		
29 MHz (QP)	0.1753	0.2227	1.70		

(라) 전도성방출 Line1 CISPR Average 통계값

표 H-83. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score

주파수 기관기호	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-13	0.27	0.16	-0.21	-	-
R-14	0.86	0.57	0.02	-	-
R-15	0.68	0.45	0.55	-	-
R-16	0.33	-0.08	-0.03	-	-
R-17	0.27	0.10	0.85	-	-
R-18	0.21	-0.20	0.32	-	-
R-19	0.50	0.80	0.79	-	-
R-20	0.27	0.10	-0.21	-	-
R-21	0.27	0.16	0.08	-	-
R-22	0.33	0.10	0.14	-	-
R-23	0.66	0.73	-0.27	-	-
R-24	0.15	0.10	0.08	-	-
R-25	0.86	0.74	0.55	-	-
R-26	0.09	0.04	0.14	-	-
R-27	-0.26	-0.14	0.85	-	-
R-28	-0.26	-0.08	0.38	-	-
R-29	-0.62	-0.32	-1.15	-	-
R-30	-0.73	-0.32	0.14	-	-
R-31	-0.09	-0.02	-0.09	-	-
R-32	-0.03	-0.14	-0.03	-	-
R-33	0.15	0.39	0.14	-	-
R-34	-0.09	0.10	0.08	-	-
R-35	-1.62	-0.84	-2.03	-	2
R-36	-1.09	-0.73	-1.27	-	-
R-37	-1.26	-0.84	-1.56	-	-
R-38	-0.56	-0.67	-0.50	-	-
R-39	-0.32	-0.02	-0.56	-	-
R-40	-0.73	-0.61	-0.45	-	-

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

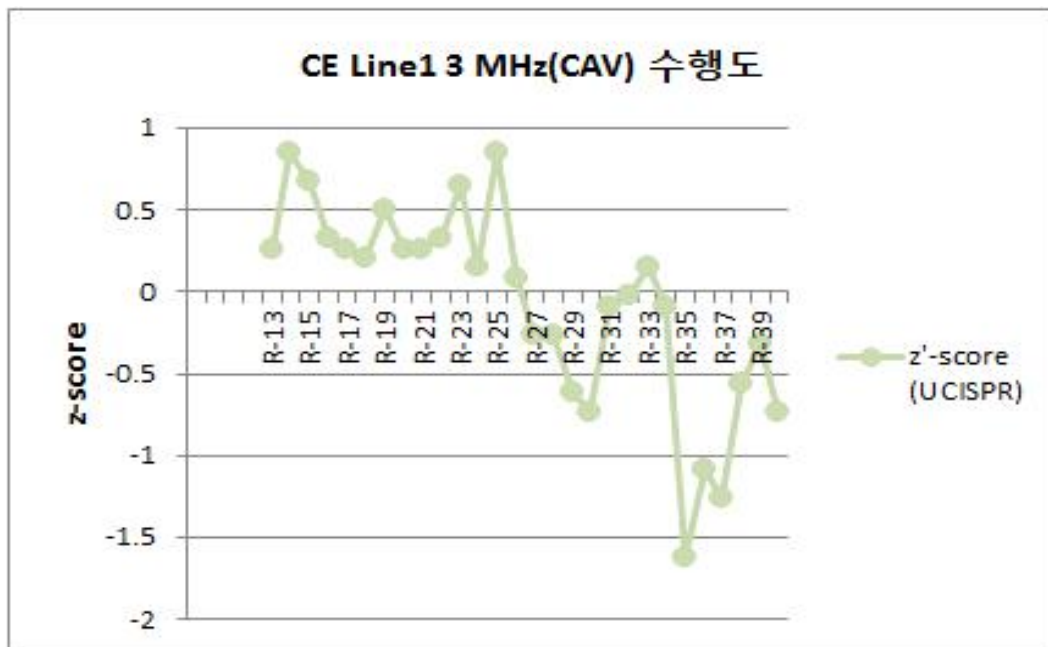


그림 H-G2-14. Group2 CE Line1 3 MHz(CAV) 수행도

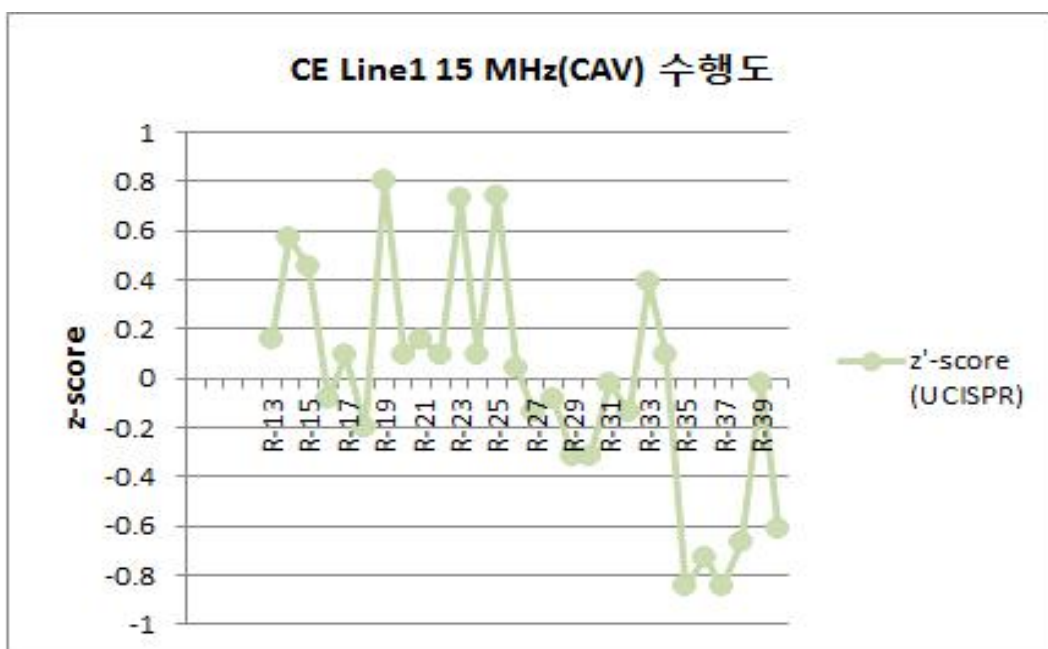


그림 H-G2-15. Group2 CE Line1 15 MHz(CAV) 수행도

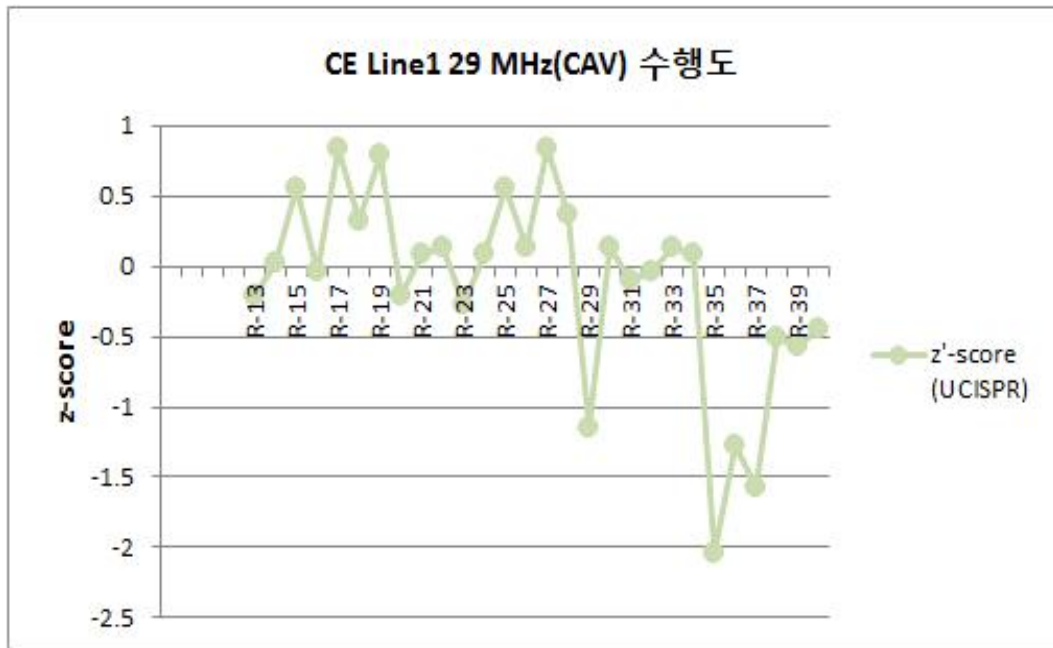


그림 H-G2-16. Group2 CE Line1 29 MHz(CAV) 수행도

표 H-84. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line1)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
3 MHz (CAV)	0.2287	0.2904	1.70	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
15 MHz (CAV)	0.1264	0.1605	1.70		
29 MHz (CAV)	0.1930	0.2451	1.70		

(마) 전도성방출 Line2 Quasi-Peak 통계값

표 H-85. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score

주파수 기관기호	3 MHz (QP)	15 MHz (QP)	29 MHz (QP)	이상값	의심값
R-13	0.23	-0.06	0.36	-	-
R-14	0.70	0.59	0.71	-	-
R-15	0.23	0.06	0.83	-	-
R-16	0.00	-0.23	0.54	-	-
R-17	0.29	0.06	0.13	-	-
R-18	0.05	0.47	0.42	-	-
R-19	0.53	0.77	0.71	-	-
R-20	-0.06	0.12	0.30	-	-
R-21	0.23	0.30	0.54	-	-
R-22	0.05	0.18	0.60	-	-
R-23	2.39	2.38	-0.37	-	2
R-24	0.05	0.12	0.48	-	-
R-25	0.64	0.77	0.95	-	-
R-26	0.23	0.30	0.07	-	-
R-27	-0.12	-0.35	-0.34	-	-
R-28	-0.53	-0.12	-0.64	-	-
R-29	-0.95	-0.29	-0.99	-	-
R-30	-1.12	-1.00	-0.82	-	-
R-31	0.05	0.12	0.18	-	-
R-32	0.17	0.00	-0.23	-	-
R-33	0.05	0.00	0.24	-	-
R-34	0.00	0.06	0.42	-	-
R-35	-1.83	-0.88	-1.58	-	-
R-36	-1.12	-0.41	-1.17	-	-
R-37	-1.42	-0.88	-1.58	-	-
R-38	-0.65	-0.64	-0.34	-	-
R-39	-0.30	0.00	-0.29	-	-
R-40	-1.18	-0.76	-1.17	-	-

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

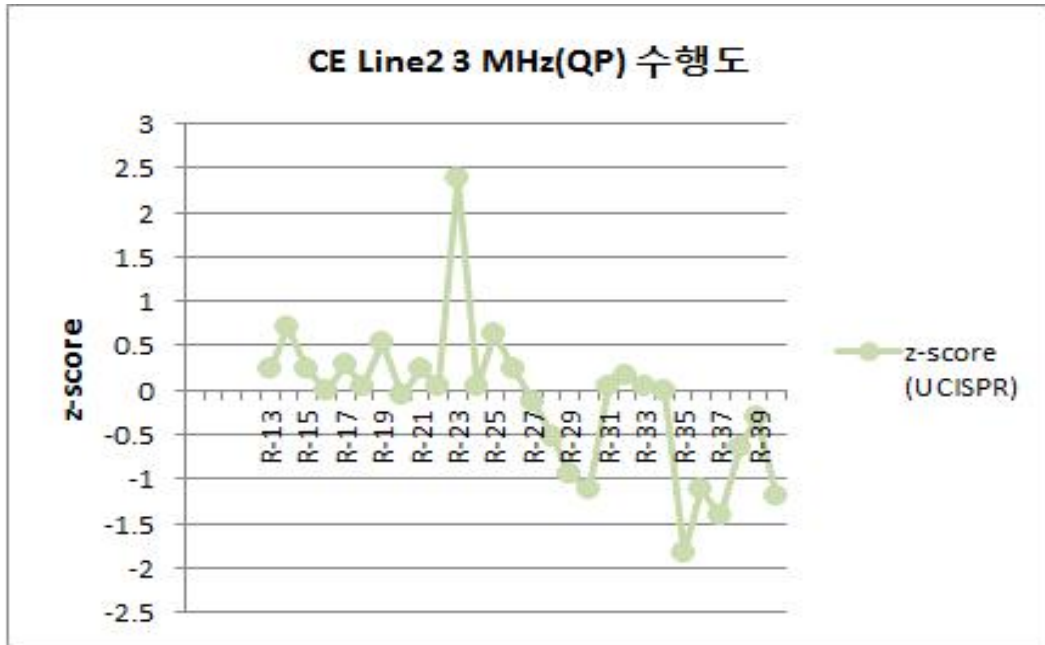


그림 H-G2-17. Group2 CE Line2 3 MHz(QP) 수행도

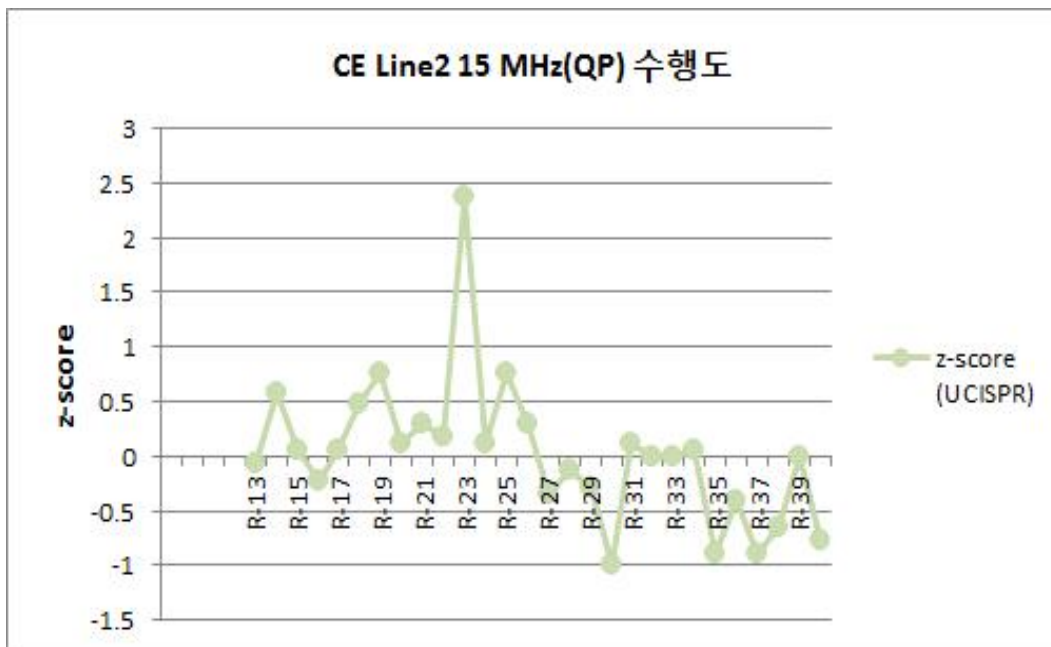


그림 H-G2-18. Group2 CE Line2 15 MHz(QP) 수행도

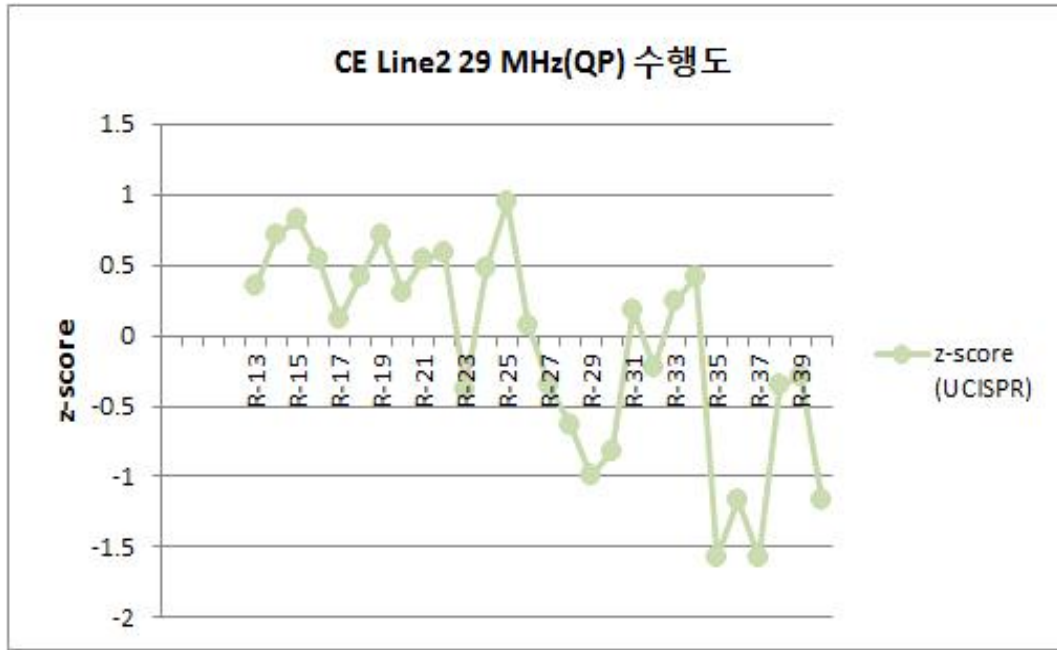


그림 H-G2-19. Group2 CE Line2 29 MHz(QP) 수행도

표 H-86. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line2)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
3 MHz (QP)	0.1467	0.1863	1.70	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
15 MHz (QP)	0.1750	0.2223	1.70		
29 MHz (QP)	0.2775	0.3524	1.70		

(바) 전도성방출 Line2 CISPR Average 통계값

표 H-87. ISO13258(U_{CISPR})에 의한 z' -score

주 수 기관기호	주 과	3 MHz (CAV)	15 MHz (CAV)	29 MHz (CAV)	이상값	의심값
R-13		0.19	0.03	0.39	-	-
R-14		0.55	0.56	0.69	-	-
R-15		0.25	0.21	0.98	-	-
R-16		-0.10	-0.20	0.69	-	-
R-17		0.19	0.15	0.10	-	-
R-18		0.14	0.56	0.51	-	-
R-19		0.55	0.86	0.86	-	-
R-20		-0.04	0.15	0.33	-	-
R-21		0.14	0.27	0.57	-	-
R-22		-0.04	0.15	0.57	-	-
R-23		2.00	2.18	-0.64	-	1
R-24		-0.04	0.15	0.51	-	-
R-25		0.55	0.80	0.92	-	-
R-26		0.14	0.33	0.10	-	-
R-27		0.14	-0.26	-0.20	-	-
R-28		0.61	-0.44	-0.49	-	-
R-29		-0.98	-0.32	-0.96	-	-
R-30		-1.63	-1.38	-0.90	-	-
R-31		-0.16	-0.20	0.16	-	-
R-32		-0.22	0.09	-0.20	-	-
R-33		0.08	0.09	0.28	-	-
R-34		-0.10	0.09	0.45	-	-
R-35		-1.98	-0.97	-1.67	2	-
R-36		-1.51	-0.79	-1.49	-	-
R-37		-1.51	-0.85	-1.61	-	-
R-38		-0.75	-0.61	-0.31	-	-
R-39		-0.57	-0.02	-0.49	-	-
R-40		0.14	-0.97	-1.08	-	-

※ 비고 : 이상값(Outlier) , 의심값

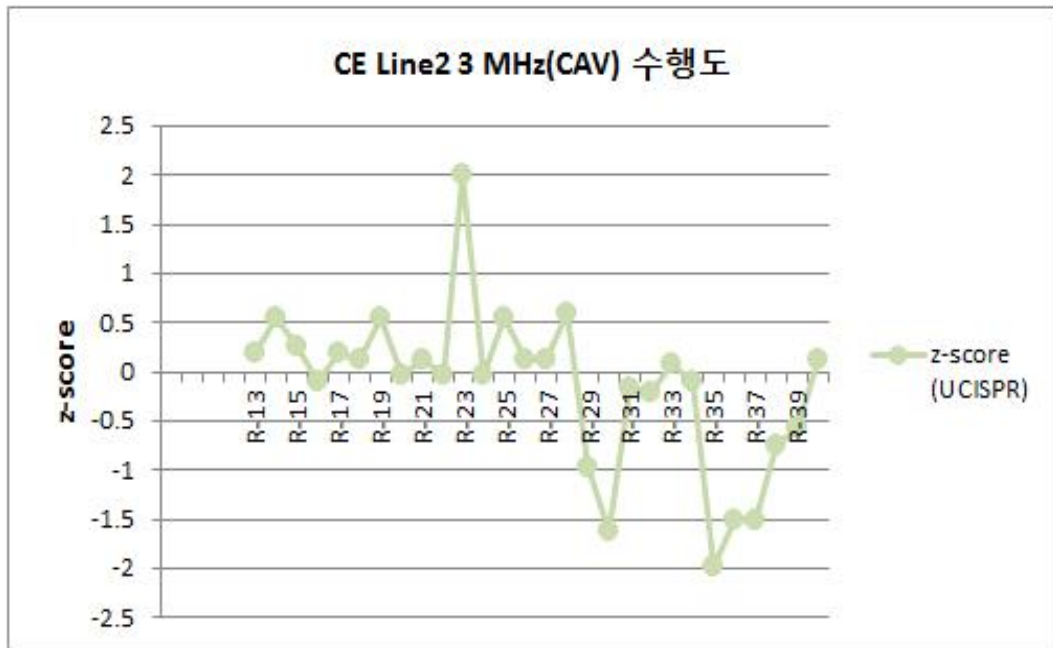


그림 H-G2-20. Group2 CE Line2 3 MHz(CAV) 수행도

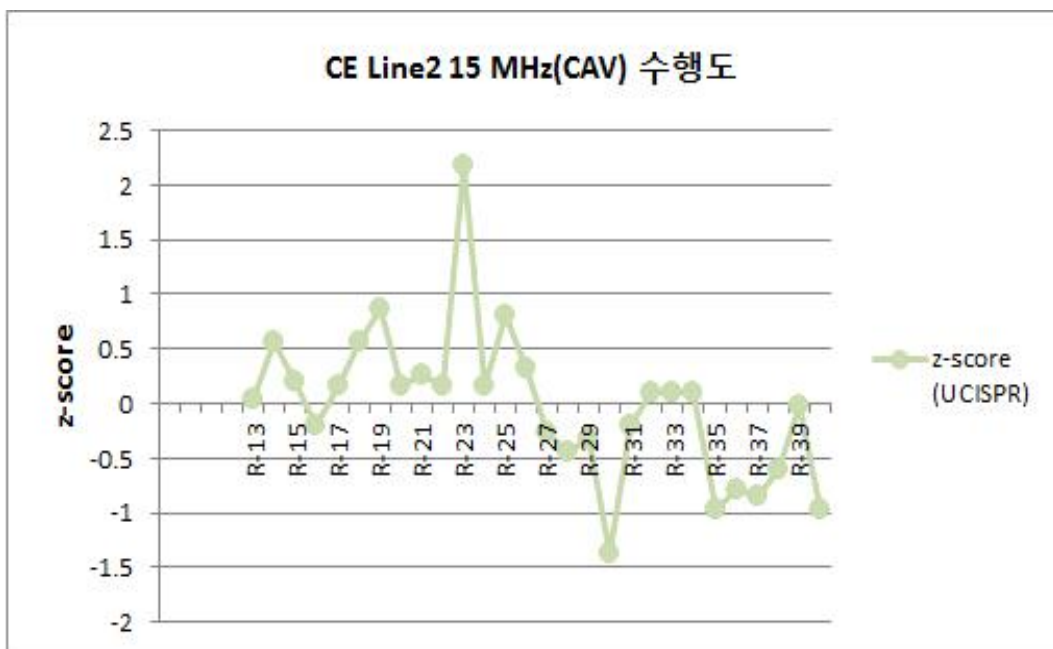


그림 H-G2-21. Group2 CE Line2 15 MHz(CAV) 수행도

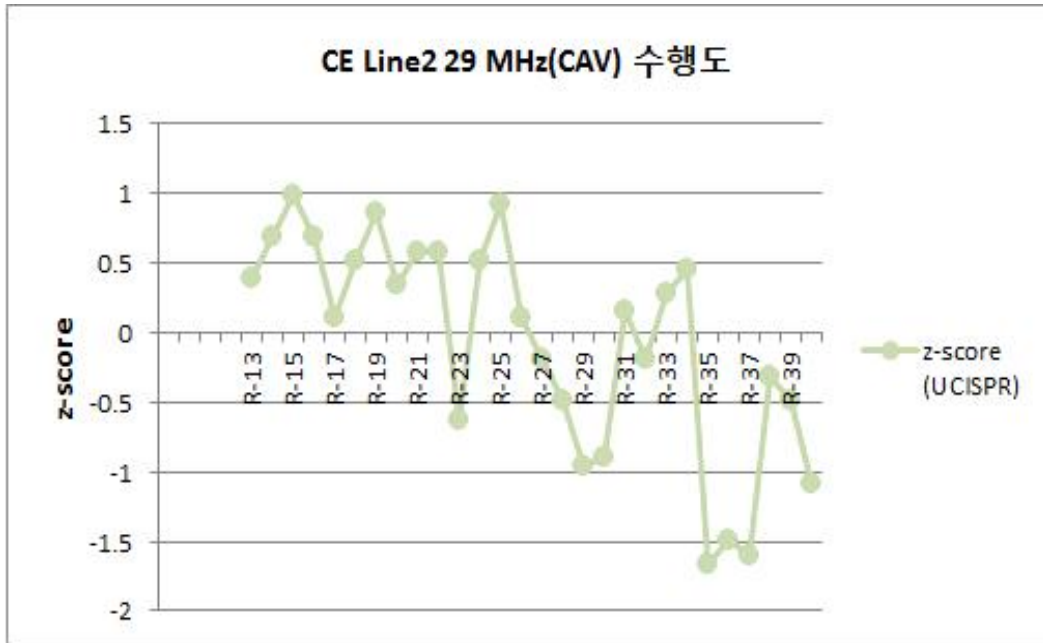


그림 H-G2-22. Group2 CE Line2 29 MHz(CAV) 수행도

표 H-88. ISO13528에 의한 설정값 표준불확도 및 숙련도시험의 표준불확도(Line2)

주파수	설정값 표준불확도 (u_X)	숙련도시험의 표준불확도 ($0.3\hat{\sigma}$)	CISPR 16-4-2의 표준불확도 (U_{CISPR})	판정	비고
3 MHz (CAV)	0.1472	0.1870	1.70	$u_X \leq 0.3\hat{\sigma}$	$z = \frac{x - x^*}{s^*}$ 적용
15 MHz (CAV)	0.2063	0.2620	1.70		
29 MHz (CAV)	0.3027	0.3844	1.70		