

발 간 등 록 번 호

11-1710137-000055-10

2014년도 미래전파이용기반조성 연구보고서

강우감쇠/전파잡음 측정분석 및 제도개선 연구



제 출 문

본 보고서를 「강우감쇠/전파잡음 측정·분석 및 제도개선 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2014. 12. 31.

연구책임자 : 이용직 (미래전파연구팀 미래1담당)

연구원 : 권용기 (미래전파연구팀 미래1담당)

김형섭 (미래전파연구팀 미래1담당)

임종혁 (미래전파연구팀 미래1담당)

요 약 문

지역별 강우량이나 대기 특성 등 국내 전파환경 특성인자 분석, 전파의 강우감쇠 특성, 전파 잡음 등 전파의 기초 특성 연구는 전파이용이 급증하는 스마트 사회에서 필수적으로 수반되어야 주파수를 효율적으로 이용할 수 있으나, 고비용의 시스템 구축, 장기간의 측정을 통한 데이터 축적, 결과물 산출에 장시간 소요 등의 문제로 산학연에서 적극적으로 연구를 추진하지 못하는 취약분야이다. 따라서 우리 원에서는 2012년부터 전파의 기초기반 특성 연구를 수행해 오고 있으며 금년에는 강우강도 등 국내 전파환경 특성인자를 분석하여 국가표준 초안을 마련하였으며 강우량에 따른 위성방송 수신율 변화 측정 및 특성 분석, 임펄스 잡음 발생 특성 연구를 수행하였다.

최근 세계적인 기상이변으로 한반도 지역이 점차 아열대성 기후로 변화함에 따라 전파가 대기권을 진행할 때 전파전달에 직접적인 영향을 미치는 주요 인자를 분석하여 국내 지역별 강우강도와 유효지구반경인자와 관련한 국가표준 초안을 마련하였다. 이번에 마련한 초안이 2015년에 국가표준으로 제정되어 국내 무선통신 산업계에 등에서 활용할 수 있는 환경이 조성되면 신뢰성 높은 무선통신망 설계가 가능하고 이를 통해 국내 무선통신 서비스 품질이 향상될 수 있을 것으로 기대된다.

한편 우리원에서는 2014.7.1. ~ 2014.12.15.까지 약 5.5개월 동안 국내 위성방송 수신 성능(S/N)을 측정하여 위성방송 서비스 가용률을 분석하였다. 이번에 분석한 위성방송 서비스 가용률은 상당히 높게 나타났는데 이는 금년 하반기 강우량이 예년에 비해 상대적으로 적었기 때문인 것으로 추정된다. 따라서 2015년에는 이번에 구축한 측정시스템을 이용하여 측정 데이터를 지속적으로 확보하여 위성방송 서비스 가용률을 재분석할 예정이다.

오늘날 다양한 산업·생활·가전기기의 등장과 자동차, 고속철도, 비행기 등의 첨단 교통수단의 보급과 발전은 우리 생활을 더욱 편리하고 윤택하게 하지만 이러한 기기들은 의도되지 않은 전자파를 발생시켜 우리 주변의 전파 잡음 수준을 높이고 방송·통신 서비스에 부정적인 결과를 초래할 수 있다. 전파 잡음 연구와 관련하여 우리원에서는 금년도에 임펄스 잡음 관련 특성 분석 연구를 중점적으로 수행하였으며, 이의 일환으로 차량 및 오토바이, 가전기기 등 7종의 기기에서 발생하는 임펄스 잡음 발생 특성을 측정·분석하였다. 측정결과, 특정 오토바이나 일부 가전제품에서는 저주파수에서 5 GHz까지 광범위한 주파수 범위에서 임펄스 잡음이 발생함을 확인하였다. 따라서 2015년에는 개별 기기에서 발생하는 임펄스 잡음 발생 특성 분석과 함께 임펄스 잡음이 통신시스템에 미치는 영향 연구를 계속할 예정이다.

제 목 차 례

제1장	서 론	1
------------	------------------	---

제2장	국내 전파환경 특성인자 분석 및 제도 개선	3
------------	--------------------------------------	---

제1절	국내 전파환경 특성인자 분석	3
-----	-----------------------	---

1. 지역별 강우강도 분포	4
----------------------	---

2. k-인자 분석	8
------------------	---

제2절	국내 전파환경 특성인자 관련 제도 개선	13
-----	-----------------------------	----

제3장	강우감쇠 특성 측정 및 분석	15
------------	------------------------------	----

제1절	위성방송 운영실태 조사·분석 및 개선방안 검토	15
-----	---------------------------------	----

1. 위성방송 개요	15
------------------	----

2. 송·수신국별 세부 기술 규격 및 운영	19
-------------------------------	----

3. 위성방송 수신 성능 개선방안 검토	21
-----------------------------	----

제2절	위성방송 수신율 측정·분석	23
-----	----------------------	----

1. 위성방송 측정시스템 구축	23
------------------------	----

2. 위성방송 수신율 측정 및 분석 결과	27
------------------------------	----

3. 국내 강우강도를 반영한 수신율 예측	33
------------------------------	----

4. 결론 및 향후 계획	34
---------------------	----

제4장	전파잡음 측정 및 분석 연구	37
	제1절 개 요	37
	제2절 전파 잡음	38
	1. 백색가우시안 잡음(WGN)	38
	2. 임펄스성 잡음(IN : Impulsive Noise)	41
	제3절 이동식 전파 잡음 측정시스템 구축	44
	1. 구축 시스템 개요	44
	2. 구축 시스템 성능 평가	49
	제4절 전파환경 잡음 측정 및 분석	52
	1. 전파환경 잡음 측정	52
	2. 전파환경 잡음 측정 결과 분석	53
	제5절 기기별 임펄스 잡음 발생특성 측정 및 분석	61
	1. 임펄스 잡음 측정시스템 검증	61
	2. 기기별 임펄스 잡음 발생특성 측정 및 분석 등	68
	3. 임펄스잡음이 무선랜 통신에 미치는 영향 분석	79

제5장	결 론	85
	참고문헌	87
	부 록	89

표 차 례

표 2-1	지역별 1분 강우강도 분포 (88개 지점)	5
표 2-2	고층기상자료 수집 및 분석 현황	10
표 2-3	국내 지역별 굴절률 기울기($\Delta N/km$) 월별 특성	11
표 2-4	국내 지역별 k-인자의 월별 변화	12
표 3-1	무궁화 위성 6호 및 중계기별 주요 자원	16
표 3-2	위성방송용 중계기의 세부 주파수 이용 현황	18
표 3-3	지구 송신국의 주요 기술규격	19
표 3-4	위성 중계기 주요 기술규격	20
표 3-5	수신기 주요 기술규격	20
표 3-6	위성방송 측정시스템별 세부 수신규격	25
표 3-7	국내 강우강도를 반영한 위성방송 수신율 예측	33
표 4-1	전파 잡음 성분	40
표 4-2	간이 이동식 측정시스템 잡음지수 분석 결과	51
표 4-4	광주 대도시 지역 전파 잡음 특성	55
표 4-5	광주 주거 지역 전파 잡음 특성	56
표 4-6	나주 부도심 지역 전파 잡음 특성	57
표 4-7	118 MHz 대역	57
표 4-8	413 MHz 대역	58
표 4-9	725 MHz 대역	58
표 4-10	991 MHz 대역	59
표 4-11	1470 MHz 대역	59
표 4-12	118 MHz 대역	60

표 4-13	기기별 임펄스잡음 발생 특성	68
표 5-1	지역별 1분 누적 강우강도 분포 데이터	108
표 5-2	국내 지역별 유효지구반경인자	112

그림 차례

그림 2-1	주파수자원 분석시스템의 초기 입력 창	3
그림 3-1	위성방송 서비스 구성도	15
그림 3-2	위성방송용 중계기의 주파수 이용현황	17
그림 3-3	위성방송용 수신율 측정시스템 구성도	24
그림 3-4	위성방송 수신율 측정시스템 세부 구성도	25
그림 3-5	위성방송용 수신율 측정시스템 구축 사진	26
그림 3-6	위성방송 측정시스템 원격 제어 및 관리	27
그림 3-7	위성방송 측정시스템 측정 화면	28
그림 3-8	위성방송 수신 끊김 발생 예제('14.7.25.)	29
그림 3-9	안테나 크기별 위성방송 수신율 분석결과 비교	30
그림 3-10	부호율별 위성방송 수신율 분석결과 비교	31
그림 3-11	중계기별 위성방송 수신율 분석결과 비교	32
그림 4-1	신호 성분에 대한 잡음영향	38
그림 4-2	잡음의 특성 : 백색 잡음	39
그림 4-3	잡음의 통계적 특성: 가우시안 잡음	39
그림 4-4	주기적인 펄스 신호의 시간/주파수 영역에서의 표현	42
그림 4-5	임펄스성 잡음이 통신서비스에 미치는 영향	43
그림 4-6	간이 이동식 측정시스템 부 외형 제작 도면	45
그림 4-7	제작된 간이 이동식 측정시스템 부 외형 사진	45
그림 4-8	간이 이동장치 전원 부 외형 제작 도면	46
그림 4-9	제작된 간이 이동장치 전원부 사진	46
그림 4-10	최대 장비 사용시간	46

그림 4-11	간이 이동식 전파 잡음 측정시스템 구성도	47
그림 4-12	간이 이동식 측정 시스템 제작 사진	48
그림 4-13	간이 이동식 측정시스템 부 구성도	48
그림 4-14	가변 필터(BPF) 특성 측정 결과	49
그림 4-15	저잡음 증폭기(LNA) 특성 측정 결과	50
그림 4-16	임펄스성 잡음 측정대상 주파수 선정을 위한 측정시스템 구성도	53
그림 4-17	임펄스성 잡음 측정시스템 구성도	53
그림 4-18	광주/나주 지역별 주파수별 전파 잡음 측정 결과	54
그림 4-19	임펄스 잡음 측정 방법 타당성 실험 구성도	61
그림 4-20	오실로스코프로 측정한 UWB 소스 결과	62
그림 4-21	오실로스코프에서 FFT한 UWB 신호	63
그림 4-22	그림 4-21 점선의 UWB 신호를 확대	63
그림 4-23	UWB 소스의 실시간 스펙트럼 분석기 측정 결과	65
그림 4-24	UWB 소스의 RRA 측정시스템 측정 결과	67
그림 4-25	실시간 SA 측정 결과 (100 cc 오토바이)	71
그림 4-26	RRA 측정시스템 측정결과 (100cc 오토바이, 117 MHz)	72
그림 4-27	RRA 측정시스템 측정결과 (100 cc 오토바이, 984 MHz)	73
그림 4-28	실시간 SA 측정결과 (믹서)	75
그림 4-29	RRA 측정시스템 측정결과 (믹서, RBW 1MHz)	76
그림 4-30	실시간 SA 측정결과 (헤어드라이)	77
그림 4-31	RRA 측정시스템 측정결과 (헤어드라이, RBW 1 MHz)	78
그림 4-32	임펄스잡음의 무선랜에 미치는 영향 측정환경 구성도	79

그림 4-33	실험 환경 사진 및 실험에 이용된 장비별 세부 정보	80
그림 4-34	노트북으로 수신된 무선랜 신호(CH 9, 20 MHz, -40 dBm)	81
그림 4-35	노트북 랜카드의 주변 주파수 측정결과	81
그림 4-36	임펄스잡음원(2.452 GHz, -43 dBm, Period : 50 ms, Width : 20 us)	82
그림 4-37	임펄스잡음원에 의한 노트북단말의 수신신호 Throughput 변화	83
그림 4-38	임펄스잡음원에 의한 노트북단말의 수신신호 세기(RSSI) 변화	83
그림 5-1	시간을 0.01%에 대한 국내 지역별 강우강도	111

제1장 서론

전파는 대기권을 통과할 때 대기권을 구성하는 다양한 인자들에 의해 직접적인 영향을 받는다. 강우는 전파의 신호세기를 감소시키며 대기 굴절률은 전파의 진행 방향이나 진행 경로를 변화시키는 역할을 한다. 유한한 전파 자원을 보다 효율적으로 이용하기 위해서는 무선국 설계 시 지역별 강우강도와 대기특성 등 전파환경 특성을 보다 정확히 반영하여 전파전달 특성을 예측하고, 무선국의 송신출력 및 서비스 범위 등을 설계하는 것이 바람직하다. 따라서 지역별 전파환경 특성인자에 대한 자료를 분석하여 국내 통신 산업계 등에서 이용할 수 있는 환경 마련이 필요하다.

최근 세계적인 기상이변으로 한반도 지역은 점차 아열대성 기후로 변하고 있는 것으로 보고되고 있다. 매년 강수량은 증가추세에 있으며 특히 강우 시에는 국지적으로 집중 호우가 쏟아지는 경향을 보이고 있다. 이와 같이 우리나라의 강수량이나 강우 형태가 변화함에 따라 강우로 인한 무선국 신호의 감쇠 특성을 정확히 예측하기 위해서는 최근 기상자료에 기초하여 국내 강우강도 분포 등 국내 전파환경 특성인자를 분석하는 것이 필요하다. 따라서 위원에서는 최근 국내 지역별 강우강도와 대기 굴절률 특성 등 국내 전파환경 특성인자를 분석하여 국가표준안을 마련하였다. 이와 관련한 내용은 제2장에서 기술한다.

현재 국내 지상·위성·방송망은 대부분 ITU에서 제공하는 한반도 강우강도 값을 반영하여 통신망을 설계하고 서비스 가용률을 예측하고 있다. 그러나 최근 한반도 지역의 강우강도는 기존 ITU에서 제공하는 강우강도와 차이가 커서 실제 국내 무선 통신망의 서비스 가용률은 최초 설계치와 상당한 차이를 보일 것으로 예측된다. 따라서 위원에서는 국내 위성방송을 이용하여 서비스 가용률을 실측하였으며 향후 서비스 가용률을 개선하기 위한 다양한 방안들을 검토하기 위하여 수신 안테나 크기 변화, 변조/부호 방식 변화, 중계기별 수신특성 변화 등을 측정하여 비교·분석하였다. 이와 관련한 세부 내용은 제3장에서 상세히 기술한다.

오늘날 다양한 산업·생활·가전기기의 등장과 자동차, 고속철도, 비행기 등의 첨단 교통수단의 보급과 발전은 우리 생활을 더욱더 편리하고 윤택하게 하지만 이러한 기기들은 의도되지 않은 전자파를 발생시켜 방송·통신 서비스에 부정적인 결과를 초래하고 우리 주변의 전파 잡음 수준을 높일 수 있다. 특히, 차량 및 산업, 생활 가전기기에서 발생하는 임펄스 잡음은 무선 통신기기 및 방송 통신 서비스 품질에 영향을 미칠 것으로 예측된다. 따라서 우리

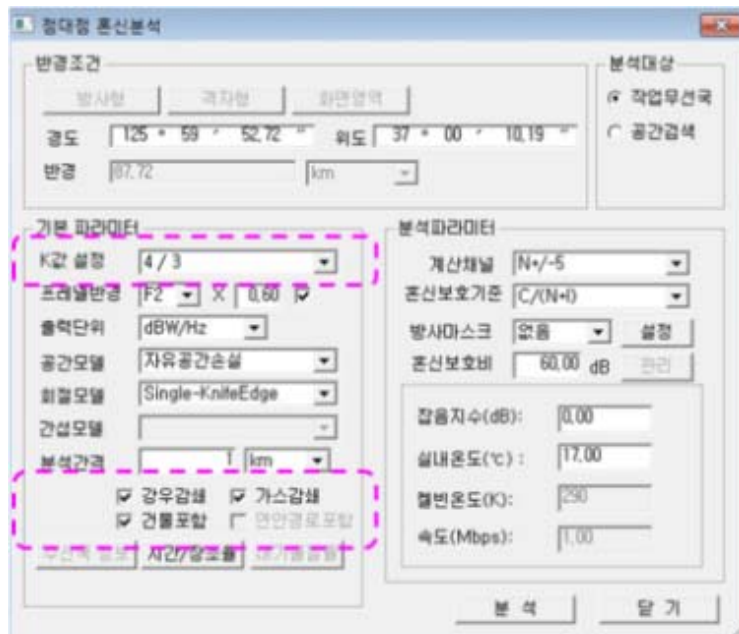
원에서는 금년 자체 연구를 통해 임펄스 잡음의 물리적 특성을 분석하였으며 차량, 오토바이 등 개별 기기에서 발생하는 임펄스 잡음 특성을 측정·분석하였다. 이와 관련한 세부 내용은 제4장에서 기술한다.

제2장 국내 전파환경 특성인자 분석 및 제도 개선

제1절 국내 전파환경 특성인자 분석

전파는 대기 중을 통과할 때, 주변 환경 요인으로 인해 다양한 변화와 손실을 겪게 된다. 전파는 비나 눈, 대기 구성 분자 등에 의해 신호 감쇠를 겪기도 하고 때로는 전파의 진행경로가 변하기도 한다. 이와 같이 전파의 세기나 진행 경로 등에 영향을 주는 요인을 전파환경 특성인자로 정의할 수 있다. 전파환경 특성 인자로는 다양한 요소들을 고려할 수 있으나 전파의 수신세기나 전파 전달 특성에 가장 크게 영향을 미치는 요소로는 강우와 대기 굴절률을 들 수 있다.

강우는 전파의 신호세기 감쇠에 직접적인 영향을 미치며 특히 GHz 대역 전파의 경우 강우감쇠 영향을 크게 받는다. 한편 대기 굴절률은 전파의 진행 경로를 결정하는 요소로 작용한다. 이와 같이 대기 굴절률은 전파의 진행경로를 결정하는데 이는 유효지구반경인자(또는 k -인자라 함)로 반영되어 표현된다.



(그림 2-1) 주파수자원 분석시스템의 초기 입력 창

그림 2-1은 주파수자원분석시스템에서 무선국간 전파간섭 발생여부를 분석하기 위해 사전에 전파환경 특성정보 등을 입력해야하는 사전 입력창을 보여준다. 신규 무선국과 기존 무선국간의 간섭 여부를 평가할 때는 주로 주파수자원분석시스템 상에서 전파전달 예측 프로그램을 이용하는데 이를 이용하기 위해서는 먼저 그림 2-1에 주어지는 초기 입력 인자들을 정의해 주어야 한다. 그림에서 점선 부분을 보면 해당 무선국간 간섭 분석을 위해 먼저 k -인자와 강우강도 값을 결정해야 함을 알 수 있다. 이때 만일 분석대상 무선국 주변의 전파환경 특성인자(강우강도, k -인자) 값을 실제 값과 다르게 입력하면 전파의 수신세기나 진행 경로를 실제와 다르게 예측하게 되며 이에 따라 분석결과는 실제와는 달라지게 된다. 따라서 무선국 주변 지역의 전파환경 특성인자(강우강도, k -인자) 값을 정확히 파악하는 것이 무엇보다 중요하다.

실제 무선국간 간섭여부를 올바르게 평가하기 위해서는 해당 지역의 전파환경 특성 정보(대기굴절률 기울기, 강우강도 등)외에도 전파전달 예측 프로그램, 지형특성, 송수신 시스템 제원 등 다양한 입력 인자들이 올바르게 입력되고 제작되어야 한다. 이때 전파전달 예측 프로그램이나 지형 특성, 송수신 단에서의 시스템 제원 등에 대한 정보가 아무리 완벽하게 입력, 제작되었다 하더라도 해당 지역에서의 강우강도나 대기굴절률 기울기 정보 등 전파환경 특성 정보가 정확히 입력되지 않았다면 무선국간 간섭여부에 대하여 올바른 분석 및 평가를 기대할 수는 없다.

1. 지역별 강우강도 분포

최근 세계적인 기상이변 등으로 한반도 지역은 점차 아열대성 기후로 변하고 있는 것으로 보고되고 있다. 여름 장마철에는 100년에 한번 나타날 수 있는 높은 강도의 집중 호우가 수시로 발생하여 도심 도로나 하천이 범람하는 일이 빈번히 발생하고 있으며, 발생 지역이나 발생 빈도는 점차 증가하는 추세를 보이고 있다. 이는 한반도 각 지역에서 최근 강우량이나 강우강도가 지난 10 ~ 20년 전에 비해 증가하고 있음을 의미한다. 현재 ITU에서는 전 세계를 대상으로 위경도 1.25도 간격으로 1분 강우강도 값에 대한 정보를 제공하고 있으나, 이는 1960 ~ 1970년대 강우데이터에 기초하고 있어 최근 강우강도와는 다소 차이를 보일 것으로 예상된다. 따라서 유럽 등 주요 선진국에서는 최근 기상자료를 분석하여 자국 특정 지역의 강우강도에 대한 정보를 수집·분석하고 있으며 이를 통해 자국 내의 무선통신망 설계 시

이용하도록 강우강도 정보를 제공하고 있다.

우리 원에서는 2013년도에 기상청에서 측정한 전국 78개 지점의 최근 강우량 데이터('00 ~ '12, 최대 13년간)를 수집하여 국내 지역별 강우강도 분포 특성을 분석하였다. 한편 충남대학교에서는 2000 ~ 2009년까지 기상자료를 분석하여 국내 32개 지점에 대한 강우강도 분포 값을 독자적으로 분석하였으나 22개 지점이 우리원에서 분석한 지점과 중복되는 지점이었다. 따라서 우리원에서는 우리원이 분석한 78개 지점과 충남대에서 분석한 10개 지점(중복되지 않는 지점)의 강우강도 분포 값을 종합하여 2013년도에 TTA 표준(TTAK.KO-06.0122/R1), “국내 무선 통신망 설계를 위한 지역별 강우강도 분포” 개정에 반영하였다.

최근 기상 데이터에 기초하여 전국 88개 지점에 대하여 구한 지역별 연 시간율 0.01%, 0.05%, 0.1%, 0.5%, 1%에 대한 1분 강우강도 분포는 표 2-1과 같이 나타났다. 기상청 데이터를 이용하여 국내 지역별 1분 강우강도 분포 값을 산출한 상세 과정 등은 2013년도 자체 연구보고서를 참조하기 바란다.

〈표 2-1〉 지역별 1분 강우강도 분포 (88개 지점)

단위 : mm/hr

연시간율(%)		0.01%	0.05%	0.10%	0.50%	1.00%
지 역						
서울	서울	95.09	50.04	33.58	10.84	6.37
	강화	82.36	43.09	28.7	9.95	6.25
	동두천	87.82	44.92	31.27	10.6	6.39
	문산	78.34	46.83	29.92	9.08	6.12
	백령도	56.76	26.43	18.01	6.67	4.87
	수원	83.71	44.8	31.23	9.94	6.24
경기	양평	83.27	47.23	32.69	10.7	6.42
	이천	76.25	40.62	27.87	9.7	6.23
	인천	75.73	42.17	28.27	9.51	6.06
	용인	91.13	43.41	29.15	10.19	6.32
강원도	포천	92.34	46.18	32.58	11.36	6.5
	춘천	68.87	38.14	27.43	9.97	6.37
	속초	47.44	27.91	21.17	9.72	6.42
	강릉	69.77	32.41	22.7	9.61	6.4
	대관령	63.4	31.1	22.01	9.75	6.44

연시간율(%) 지 역		0.01%	0.05%	0.10%	0.50%	1.00%
강원도	동해	48.67	27.56	20.25	9.42	6.31
	북강릉	38.37	25.42	18.13	8.76	6.11
	영월	66.18	34.26	23.7	9.25	6.11
	원주	76.47	42.79	28.15	9.84	6.25
	인제	66.28	33.94	24.19	9.47	6.21
	철원	75.73	38.46	27.33	9.88	6.28
	태백	54.62	28.81	21.54	9.52	6.38
	홍천	77.79	41.46	27.12	10.74	6.81
	평창	66.46	34.03	22.66	9.34	6.19
	양구	65.12	36.05	24.91	9.76	6.2
	치악산	83.88	44.33	32.11	11.15	6.86
충청북도	청주	83.65	40.44	25.58	9.25	6.08
	충주	68.49	36.21	24.84	8.93	5.91
	보은	76.15	38.57	26.58	9.54	6.24
	제천	85	40.93	28.01	10.1	6.46
	추풍령	62.85	32.71	22.84	9.17	6.08
	증평	78.19	38.04	26.13	9.32	6.08
충청남도	대전	81.98	41.68	28.65	13.42	6.25
	서산	82.23	44.79	30.4	9.73	6.08
	금산	76.3	39.03	26.81	9.56	6.19
	보령	80.61	38.99	26.76	9.21	5.98
	부여	81.35	41.41	27.89	9.79	6.26
	천안	74.99	39.55	28	9.31	6
	계룡산	62.21	30.21	21.1	8.5	5.88
경상북도	대구	64.47	31.35	21.72	8.7	5.86
	봉화	75.22	34.18	23.77	9.46	6.29
	구미	63.19	31.18	21.17	8.9	6.01
	문경	67.93	32.84	23.75	9.71	6.39
	상주	53.97	27.19	19.89	8.33	5.74
	안동	62.44	28.89	19.93	8.39	5.85
	영덕	51.65	25.79	18.93	8.54	5.97
	영주	61.12	31.77	23.36	9.82	6.44
	영천	59.59	28.36	20.35	8.56	5.89

연시간율(%)		0.01%	0.05%	0.10%	0.50%	1.00%
지 역						
경상북도	울릉도	52.72	29.26	22.11	9.73	6.45
	울진	46.75	24.79	18.61	8.76	6.09
	의성	73.23	32.05	20.74	8.82	5.94
	포항	54.15	28.65	20.65	8.83	6.02
	주왕산	66.1	30.83	21.82	9.25	6.15
경상남도	부산	86.95	43.05	29.91	10.7	6.46
	울산	58.14	32.27	23	9.25	6.13
	거제	77.93	46.15	32.23	12.73	7
	거창	63.21	34.73	25.11	10.16	6.47
	남해	82.74	47.57	33.88	13.48	7.06
	밀양	61.93	33.8	23.63	9.3	6.09
	산청	77.17	45.78	31.25	11.78	7.5
	진주	75.93	41.09	28.81	10.62	6.46
	창원	77.41	40.63	28.9	11.24	6.99
	통영	71.73	39.04	27.23	10.33	6.45
	합천	75.52	39.55	27.24	9.78	6.28
	가야산	69.22	37.57	26.68	10.7	7
전라북도	전주	82.19	43.23	28.47	9.39	6.11
	군산	80.02	42.69	28.38	9.35	6.02
	장수	76.15	41.11	28.55	10.48	6.52
	부안	77.43	40.79	26.83	9.59	6.19
	임실	77.07	43.58	28.58	9.83	9.81
	정읍	82.83	43.4	29.4	9.63	6.2
	덕유산	75.99	37.12	24.59	9.41	6.21
전라남도	광주	82.66	46.65	30.97	9.85	6.22
	여수	75.68	40.14	28.34	10.12	6.37
	고창군	95.96	51.15	34.35	8.71	5.78
	고흥	86.49	44.77	30.43	10.61	6.43
	남원	80.46	42.72	28.87	10.05	6.34
	목포	68.47	35.78	24.56	8.83	5.89
	완도	73.1	41.66	30.72	11.99	7.09
	장흥	83.13	43.42	31.59	11.81	6.64
	주암	86.93	43.75	30.5	10.57	6.5

연시간율(%)		0.01%	0.05%	0.10%	0.50%	1.00%
지 역						
전라남도	진도	73.54	35.9	24.86	9.62	6.18
	해남	75.18	39.34	27.62	9.75	6.23
	흑산도	73.72	36.65	24.4	8.12	5.61
제주도	제주	74.39	41.61	29.51	9.86	6.32
	고산	67.74	34.65	23.91	8.76	5.88
	서귀포	81.33	47.77	35.97	13.44	8.27
	성산	71.85	40.67	30.38	10.45	6.61

2. k-인자 분석

대기권에서 전파는 공간상을 직진하는 것이 아니라 실제로는 곡선 형태로 휘어지면서 진행한다. 이는 지표면에서 고도에 따라 대기 굴절률이 달라지기 때문에 발생하는 현상으로 높이별 대기굴절률 차이(즉, 대기굴절률 기울기)에 따라 전파가 휘어지는 정도가 결정된다. 그러나 대기 굴절률은 대기의 구성 성분이나 주변 환경에 민감하게 의존하므로 시간, 계절, 지역, 날씨 등에 따라 대기굴절률 기울기는 크게 변한다.

대기굴절률 기울기에 따라 전파가 휘는 정도가 달라진다는 것은 전파의 도달거리가 달라질 수 있음을 의미하며 특정 수신지점에서 전파의 수신 세기가 달라질 수 있음을 의미한다. 특히 송수신 무선링크의 중간에 장애물이 위치하는 경우, 전파가 휘어지는 정도에 따라 송수신시스템이 가시 경로(LOS)에 해당하기도 하고 때로는 비가시 경로(Non-LOS)에 해당할 수도 있다. 이와 같이 송수신 지점이 가시 경로(LOS)에 해당하는지 또는 비가시 경로(Non-LOS)에 따라 수신 지점에서 전파의 수신세기는 상당히 큰 차이를 보이게 된다.

대기굴절률 기울기는 대기의 구성 성분이나 주변 환경에 민감하게 의존하며 시간, 계절, 지역, 날씨 등에 따라 상당히 다른 값을 나타낸다. 따라서 해당지역에서 대기굴절률 기울기에 대한 정확한 통계정보를 알고 있어야 송신기의 지향 각을 결정할 수 있다. 전파가 휘어지는 정도를 결정하는 대기굴절률 기울기 정보는 실제 전파전파 예측 프로그램에서 유효지구반경인자(k-인자)로 반영되고 있으며 통상 대기굴절률 기울기는 1 km 높이에서 -39 N씩 감소한다는 가정 하에 대부분 k-인자를 4/3로 가정하여 전파간섭 여부를 평가하고 있다. 그러나 실제 우리나라에서 대기 굴절률이 -39N/km로 감소하는지는 어느 누구도 단언할 수는 없다. 따라서

우리원에서는 실제 국내에서 측정한 고층기상자료를 분석하여 고도별 대기굴절률 변화를 분석하였으며 이를 통해 국내 대기굴절률 변화에 대한 통계정보를 분석하였다.

대기굴절률 정의 및 종류, 대기굴절률 기울기와 전파의 진행경로 변화(Ray Bending)와의 관계, 대기굴절률 기울기와 유효지구반경인자(k -인자)와의 관계 등에 대한 상세한 설명은 2013년 자체연구보고서를 참조하기 바란다.

가. 분석 데이터 개요

전파의 진행경로를 결정하는 k -인자 또는 대기굴절률 기울기 특성을 분석하기 위해서는 기상청에서 라디오존데를 이용하여 측정하는 고층기상자료를 분석하여야 한다. 기상청에서는 현재 국내 5개 지점(속초, 포항, 제주, 흑산도, 백령도)에서 매일 2차례(세계시 00:00, 12:00) 라디오존데를 이용하여 고도별 기온, 기압, 습도에 대한 상세 고층기상정보를 측정하고 있으나 기상청으로부터 원시 고층기상자료의 수집에 어려움이 있어 표 2-2과 같이 4개 지역에서 최근 5~6년 측정한 고층기상자료만을 대상으로 분석하였다.

강우강도나 k -인자와 같은 전파환경 특성인자의 통계적 특성을 도출하기 위해서는 데이터의 양이 많을수록 신뢰도가 높아질 것으로 예상되지만 신뢰성 확보를 위한 적절한 데이터에 대한 명확한 규정이나 기준은 없다. 한편 많은 기간 동안 누적된 데이터를 확보할 경우 데이터의 총량이 많아지므로 분석 데이터의 신뢰도도 증가할 것으로 예상할 수 있으나 최근 세계적으로 기후가 급격히 변화함을 고려할 때 지나치게 오래된 기상자료는 최근의 기상 특성과 차이가 있어 오히려 최근 전파환경 특성을 대표하는 특성인자를 추출하는데 방해가 될 수 있다. 참고로 현재 ITU-R 권고 P.453에서는 전 지구를 대상으로 대기굴절률 특성 정보를 제공하고 있으나 여기서 제공하는 지표면에서 1 km까지 대기굴절률 기울기 정보는 과거 5년간(1955 ~ 1959년) 측정 자료에 기초한 통계 자료이며 지표면 0.065 km까지 대기굴절률 기울기 정보는 지난 2년간(1992 ~ 1993년) 측정 자료에 기초한 분석 자료이다. 우리원에서 분석한 고층 기상자료 현황은 표 2-2와 같다.

〈표 2-2〉 고층기상자료 수집 및 분석 현황

측정 지점	측정 년 수	측정 기간
속초	5	2008.01.01.-2009.12.31. 2011.01.01.-2013.12.31.
포항	6	2008.01.01.-2013.12.31.
백령도	6	2008.01.01.-2013.12.31.
제주	6	2008.01.01.-2013.12.31.

나. k -인자 분석

대기권에서 전파는 직선이 아닌 곡선 형태로 휘어지면서 진행한다. 전파가 휘어지는 정도는 대기굴절률 기울기에 의해 결정되며 대기굴절률 기울기가 클수록 전파는 더 크게 휘어지며 더 먼 거리까지 도달할 수 있다.

대기굴절률 기울기는 유효지구반경인자(Equivalent Earth Radius Factor, 또는 k -인자)과 관련되며 대기굴절률 기울기(dn/dh)를 통해 k -인자는 식 2-1과 같이 계산할 수 있다.

$$\frac{1}{(k \times a)} = \frac{1}{a} + \frac{dn}{dh} = \frac{1}{R_e} \quad (2-1)$$

a : 실제지구반경

R_e : 유효지구반경

k : 유효지구반경 인자

ITU에서는 대기굴절률 기울기가 평균적으로 -39N/km 정도로 감소하는 것으로 권고하고 있는데 이 값을 식 2-1에 입력하여 k -인자를 계산하면 $k = 4/3$ 에 해당한다. 따라서 현재 국내 주파수자원분석시스템에서는 통상 k -인자를 $4/3$ 로 가정하여 무선국간 간섭분석 등에 이용하고 있는데 실제 국내환경에서 대기굴절률 기울기가 -39 N/km 으로 감소(k -인자 $4/3$ 로 간주)하는 것으로 가정하는 것이 적절한 지에 대한 검토가 필요하다.

표 2-3 및 표 2-4는 국내 4개 지점을 대상으로 지표면에서 1 km 높이까지의 굴절률 기울기와 k -인자에 대하여 우리원에서 분석한 결과를 보여준다.

국내에서 무선국 설계나 무선국간 간섭 분석 시 통상 k -인자를 $4/3$ 으로 가정하여 분석하는데 실제 국내에서 측정한 결과를 살펴보면 대기굴절률 기울기는 계절에 따라 상당히 다른 값을 보임을 알 수 있다. 특히 5 ~ 10월 사이에 고도에 따라 대기굴절률 기울기는 $-40 \sim -52.8\text{N/km}$ 정도로 ITU 예측치보다 더 급격하게 감소함을 보이고 있으며 이는 전파가 더 많이 휘어지면서 보다 먼 거리까지 전달될 수 있음을 의미한다. 그러나 표 2-3과 표 2-4에서 분석한 데이터는 최대 6년 치에 대한 월별 평균값을 보여준 것이며 실제 일일 변화나 시간대별 변화는 이보다 훨씬 큰 차이를 보일 것으로 예상된다. 따라서 실제 국내 해안지역에서 외래전파(일본, 중국으로부터의 전파) 유입현상은 겨울보다는 봄, 여름 가을에 높게 관측되는데 이는 이 시기에 대기굴절률 기울기 변화가 크게 나타나 먼 거리까지 전파가 전달되기 때문으로 추정된다.

〈표 2-3〉 국내 지역별 굴절률 기울기($\Delta N_{1\text{km}}$) 월별 특성

구분	포항	속초	제주	백령도	평균
1월	-35.1	-32.73	-33.85	-35.82	-34.37
2월	-34.62	-30.65	-38.12	-38.93	-35.58
3월	-35.93	-34.76	-45.11	-40.25	-39.01
4월	-38.51	-37.21	-45.52	-39.5	-40.18
5월	-44.35	-41.31	-49.19	-38.39	-43.31
6월	-44.58	-46.14	-46.94	-48.99	-46.66
7월	-44.26	-43.07	-56.6	-51.43	-48.84
8월	-47.47	-47.72	-52.29	-52.79	-50.06
9월	-45.24	-46.26	-49.8	-50.38	-47.92
10월	-41.24	-40.13	-49.06	-47.78	-44.55
11월	-35.89	-34.31	-36	-38.64	-36.21
12월	-33.95	-32.88	-33.93	-35.68	-34.11
평균	-40.095	-38.93	-44.70	-43.21	-41.73

※ $d\eta/dh$ 값은 다음 식으로 구함 : $d\eta/dh = dN/dh * 10^{-6}$

〈표 2-4〉 국내 지역별 k -인자의 월별 변화

구분	포항	속초	제주	백령도	평균
1월	1.29	1.26	1.28	1.30	1.28
2월	1.28	1.24	1.32	1.33	1.29
3월	1.30	1.29	1.41	1.35	1.33
4월	1.33	1.31	1.41	1.34	1.35
5월	1.40	1.36	1.46	1.33	1.38
6월	1.40	1.42	1.43	1.46	1.43
7월	1.40	1.38	1.57	1.49	1.45
8월	1.44	1.44	1.50	1.51	1.47
9월	1.41	1.42	1.47	1.48	1.44
10월	1.36	1.35	1.46	1.44	1.40
11월	1.30	1.28	1.30	1.33	1.30
12월	1.28	1.27	1.28	1.30	1.28
평균	1.35	1.33	1.40	1.38	1.36

제2절 국내 전파환경 특성인자 관련 제도 개선

위성·지상·방송망 설계나 무선국간 전파간섭 분석, 그리고 전파전달 경로를 정확히 예측하기 위해서는 해당 지역에서의 강우강도 분포와 k -인자 정보를 정확히 알고 있어야 한다. 따라서 국내 국간 중계용 마이크로웨이브 산업계와 위성통신 산업계 등에서는 안정적인 무선통신망 설계를 위해 국내 전파환경 특성 인자에 대한 정확한 정보를 필요로 하나 이에 대한 국내 자료의 부족 등으로 대부분 국내 산업계에서는 ITU에서 제공하는 정보를 이용하여 국내 무선국 설계 등에 이용하고 있다. 그러나 ITU에서 제공하는 강우강도나 k -인자 등 전파환경 특성인자 관련 정보는 약 40~50여년 전에 측정한 기상자료에 기초하고 있어 최근의 기상상태와는 상당한 차이가 있다. 따라서 ITU에서 제공하는 강우강도와 k -인자값을 적용하여 통신망을 설계함으로써 실제 무선통신 서비스 품질은 설계치보다 낮아지게 되며 이에 따라 서비스 이용자들의 불만은 증가한다. 따라서 최근 기상자료를 이용하여 우리원에서 분석한 국내 지역별 강우강도와 k -인자 값 정보를 국내 무선통신 산업계에 이용할 수 있도록 하기 위하여 부록1과 같이 국가표준안을 마련하였으며, 2014.12월 국가표준 제안을 담당 부서에 제출하였다. 따라서 2015년에 국가표준 심의회를 거쳐 본 표준안이 국가표준으로 최종 제정될 예정이다.

부록1에서 제공하는 국내 지역별 강우강도 분포는 전국 88개 지점에서 최대 13년간(2000년 1월 ~ 2012년 12월) 측정한 강우 데이터를 분석하여 산출한 정보이다. 그리고 전파의 정확한 진행경로를 예측하는데 필요한 k -인자는 국내 4개 지점(속초, 포항, 백령도, 제주)에서 최근 6년간(2008년 1월 ~ 2013년 12월) 측정한 고층기상자료를 이용하여 분석한 결과이다.

국내 전파환경 특성인자(강우강도, k -인자)와 관련하여 우리원에서 마련한 국가표준안에 대한 세부 내용은 본 보고서의 부록 1을 참조하기 바란다.

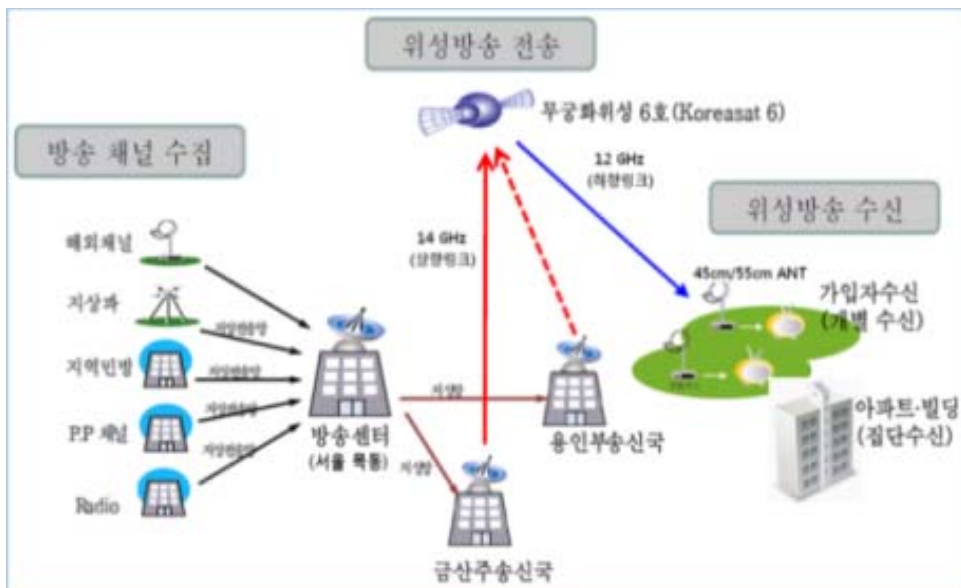
제3장 강우감쇠 특성 측정 및 분석

제1절 위성방송 운영실태 조사·분석 및 개선방안 검토

1. 위성방송 개요

위성방송은 방송 서비스의 음영지역 해소를 위해 위성중계기를 이용하여 방송 서비스를 제공하는 방식으로 그림 3-1과 같이 송신용 지구국, 위성방송 전송을 위한 우주국, 그리고 가입자 수신 단으로 구성된다.

우리나라의 위성방송 서비스 이용자는 2013년 12월 현재 418만이며 위성방송을 이용하여 다양한 서비스(HD 105채널, SD 117채널, 오디오 31채널, 데이터 방송 등)를 이용하고 있다. 국내 위성방송은 2010.12.29., 발사된 무궁화 6호 위성을 이용하고 있으며 이 무궁화 6호 위성에는 방송용 중계기(BS) 6기와 통신용중계기(CS) 12기가 탑재되어 위성방송 서비스를 제공하고 있다. 무궁화 6호 위성 및 중계기 등에 대한 재원은 표 3-1과 같다.

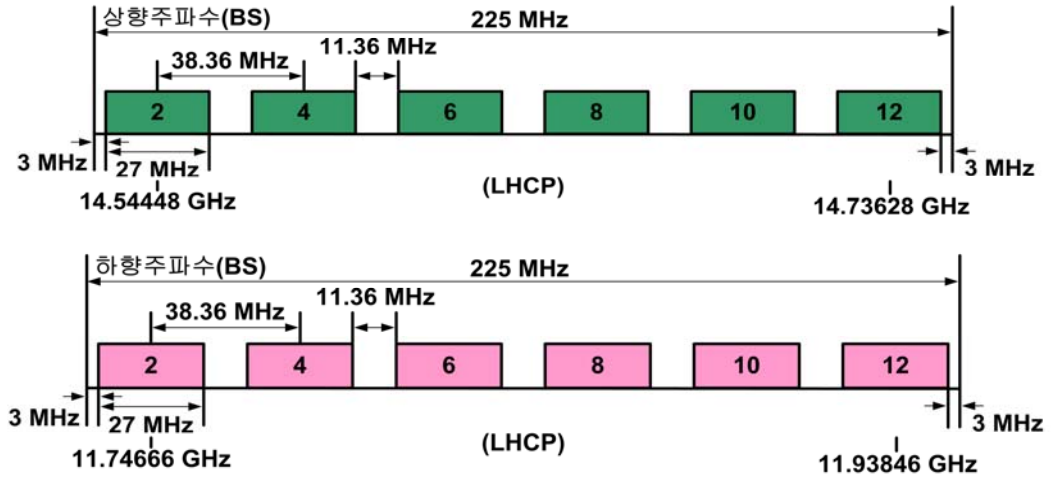


(그림 3-1) 위성방송 서비스 구성도

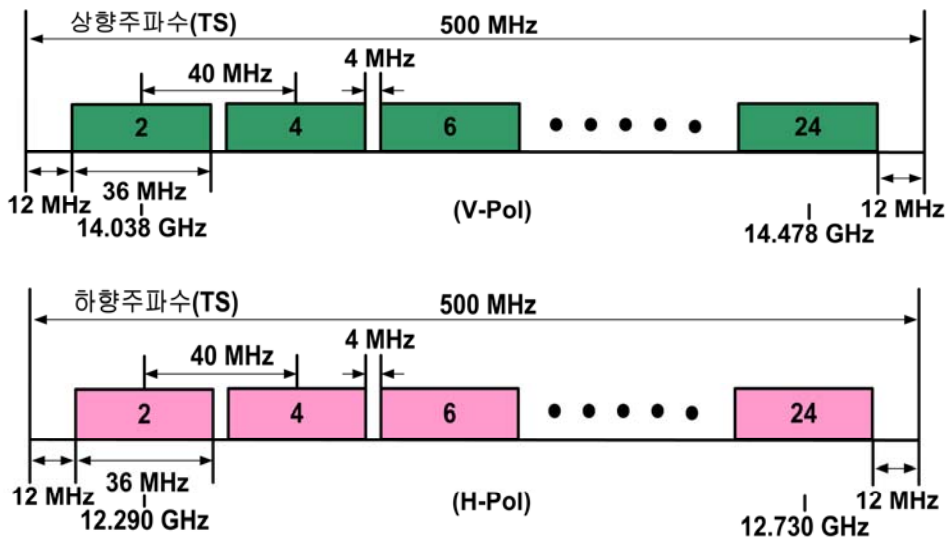
〈표 3-1〉 무궁화 위성 6호 및 중계기별 주요 자원

구 분		방송용	통신용
위성궤도		동경 116 °	
중계기 수		6기	12기
주파수	상향(GHz)	14.5 ~ 14.8	14.0 ~ 14.5
	하향(GHz)	11.7 ~ 12.0	12.25 ~ 12.75
편파	상향	LHCP	V
	하향	LHCP	H
대역폭	대역폭(MHz)	27	36

무궁화 위성은 동경 116도의 적도 상공에 위치하고 있으며 방송용 중계기 6기와 통신용 중계기 12기를 탑재하고 있다. 방송용 중계기는 각각 27 MHz 대역폭으로 상·하향 링크 모두 동일하게 좌선회 원형편파(LHCP)를 이용하는 반면, 통신용 중계기는 36 MHz 대역폭을 이용한다. 그러나 통신용 중계기에서는 상향링크는 수직편파(V)를 이용하는 반면, 하향링크는 수평편파(H)를 이용하고 있다. 한편 위성방송을 위한 주파수는 상향링크와 하향링크에서 서로 다른 주파수를 이용하고 있는데 상향링크는 14 GHz대역을 이용하는 반면, 하향링크는 12 GHz대역 전파를 이용하고 있다. 중계기별 세부 주파수 이용현황은 그림 3-2 또는 표 3-2과 같다.



(B) 방송용 중계기(BS)



(B) 통신용 중계기(CS)

(그림 3-2) 위성방송용 중계기의 주파수 이용현황

〈표 3-2〉 위성방송용 중계기의 세부 주파수 이용 현황

(A) 방송용 중계기(BS)

채널	송신 (LHCP)			수신 (LHCP)		
	Start	Center	End	Start	Center	End
2	14.53098	14.54448	14.55798	11.73316	11.74666	11.76016
4	14.56934	14.58284	14.59634	11.77152	11.78502	11.79852
6	14.60770	14.62120	14.63470	11.80988	11.82338	11.83688
8	14.64606	14.65956	14.67306	11.84824	11.86174	11.87524
10	14.68442	14.69792	14.71142	11.88660	11.90010	11.91360
12	14.72278	14.73628	14.74978	11.92496	11.93846	11.95196

(B) 통신용 중계기(CS)

채널	송신 (V-POL)			수신 (H-POL)		
	Start	Center	End	Start	Center	End
2	14.020	14.038	14.056	12.272	12.290	12.308
4	14.060	14.078	14.096	12.312	12.330	12.348
6	14.100	14.118	14.136	12.352	12.370	12.388
8	14.140	14.158	14.176	12.392	12.410	12.428
10	14.180	14.198	14.216	12.432	12.450	12.468
12	14.220	14.238	14.256	12.472	12.490	12.508
14	14.260	14.278	14.296	12.512	12.530	12.548
16	14.300	14.318	14.336	12.552	12.570	12.588
18	14.340	14.358	14.376	12.592	12.610	12.628
20	14.380	14.398	14.416	12.632	12.650	12.668
22	14.420	14.438	14.456	12.672	12.690	12.708
24	14.460	14.478	14.496	12.712	12.730	12.748

2. 송·수신국별 세부 기술 규격 및 운영

가. 지구 송신국(상향 링크)

지구 송신국은 고출력증폭기(HPA)와 대형 안테나(직경 9 m)를 이용하여 지구에서 위성으로 방송 신호를 전송한다. 이때 강우에 의한 영향을 최소화하기 위하여 공간 다이버시티와 상향링크 출력조정(UPC : Up-Link Power Control) 기능을 동시에 적용하여 운영하고 있다. 즉 강우 시를 대비하여 지구 송신국을 금산(주 송신국)과 용인(부 송신국)으로 이중화하여 운영하고 있으며 강우 시에는 출력을 최대 10 dB까지 자동으로 송신 출력을 높여서 송신할 수 있도록 상향링크 출력조정(UPC : Up-Link Power Control) 기능을 적용·운영하고 있다.

〈표 3-3〉 지구 송신국의 주요 기술규격

구분	방송용	통신용
출력(HPA)	21.16 dBW	21.16 dBW
안테나 직경/이득	직경 9 m / 60.24 dBi	
송신 주파수	14.5 ~ 14.8 GHz	14.0 ~ 14.5 GHz
채널수/채널폭	6개/27 MHz	12개/36 MHz
편파	LHCP	수평 편파

나. 위성국 중계기(하향 링크)

위성 중계기는 신호 증폭과 주파수 변환 기능만을 수행하는 수동형 중계기를 이용하고 있다. 지구 송신국으로부터 수신된 방송신호를 증폭하여 일정한 송신출력으로 재전송하는 자동레벨조정(ALC : Automatic Level Control) 기능을 유지할 뿐이며 강우 시를 대비하여 위성 중계기의 출력을 상향 조정하는 기능은 내장하지 않고 있다. 즉 지상의 기상환경에 무관하게 위성 중계기에서는 항상 일정출력(방송용 : 63 dBW, 통신용 : 61 dBW)으로 송신한다.

〈표 3-4〉 위성 중계기 주요 기술규격

구분	방송용(6기)	통신용(12기)
송신 EIRP	63 dBW	61 dBW
HPA 출력	21 dBW	17.56 dBW
안테나 직경/이득	직경 2.4 m/ 48.54 dBi	직경 2.4 m/ 48.54 dBi
전송/변환 손실	6.54 dBW	5.1 dBW
주파수 변환 (수신/송신)	- 수신 : 14.5 ~ 14.8 GHz - 송신 : 11.7 ~ 12.0 GHz	- 수신 : 14.0 ~ 14.5 GHz - 송신 : 12.25 ~ 12.75 GHz

다. 지상 수신국

위성방송 수신용 시스템은 수신 안테나(직경 0.45 m, 0.55 m 안테나 혼용)와 전파 수신 장치(LNB(Low Noise Block-downconverter) : 저잡음증폭기, 혼합기, 국부발진기)로 구성되어 있다. 앞에서 기술한 것처럼 위성방송 신호는 중계기 종류에 따라 각각 다른 편파(방송용 : 원형편파, 통신용 : 수평편파)로 신호를 지상으로 전송한다. 그러나 수신용 안테나는 수평편파 방식으로만 위성방송 신호를 수신하고 있어 방송용 중계기를 이용하는 방송신호는 통신용 중계기에 비해 수신용 안테나 단에서 3 dB의 추가 손실이 발생한다.

〈표 3-5〉 수신기 주요 기술규격

구분		방송용	통신용
안 테 나	직경	직경 0.45 m 또는 0.55 m	
	이득	32.44 dBi(0.45 m), 35 dBi (0.55 m)	
	수신 편파	수평 편파	
L N B	이득	65 dB	
	NF	1.5 dB	
	주파수변환	(11.7 ~ 12.75 GHz) → (950 ~ 2150 MHz)	
셋탑박스		CAS를 통한 복호화 및 A/V신호를 TV로 출력	

3. 위성방송 수신 성능 개선방안 검토

우리원에서는 위성방송 수신 성능을 개선하기 위한 방안을 마련하기 위하여 위성방송 사업체, 산학연 전문가 및 우리원 실무자로 구성된 연구반을 구성하여 위성방송 수신 성능 개선을 위한 1차 보고서를 마련하였다. 이번에 마련한 보고서는 현재 위방방송 기술로 구현 가능한 방식뿐만 아니라 현재 위성방송 기술로는 구현할 수 없으나 향후 기술 개발을 통해 실현할 수 있는 다양한 방안들을 포함하여 광범위하게 보고서를 마련하였다. 이번에 마련한 1차 보고서 주요내용은 아래 표와 같다. 세부 내용은 부록 2를 참조하기 바란다.

구분	세부 구분	수신 성능 개선 방안	주 요 내 용	비 고
기술 특성 개 선	정적 대응 방식	실효복사전력 증대	○ 높은 강우강도에 견딜 수 있도록 고출력으로 상향/하향 출력을 유지	○ 비경제적 대처방식
		수신설비 G/T 개선	○ 수신 안테나를 크게 하여 G/T를 개선	○ 안테나를 0.55 m → 1.2 m로 할 경우 약 4.8 dB G/T개선
		강우에 강한 변 복조/에러 정정 부호 방식 이용	○ 높은 강우강도에 견딜 수 있도록 상대적으로 낮은 변복조방식과 에러정정부호 방식을 채용하는 방식	○ 가용률은 높일 수 있으나 데이터 전송을 낮아져 방송 채널수 축소됨
	동적 보상 방식	상·하향 링크 전력 제어방식	○ 강우강도에 따라 상향/하향 출력세기를 가변적으로 운영 ※ 하향링크 출력을 높이는 경우, 인접국에 영향을 주므로 각국은 하향링크 전력제어(DPC) 방식은 적용하지 않음	○ 현재 국내에서 상향링크 전력제어(UPC) 이용 중임
		공간 다이버시티 방법	○ 일정거리 이격된 지점에 지구국을 이중으로 설치한 후 강우영향이 적은 지구국을 선택하여 위성으로 데이터를 송신하는 방식	○ 강우에 따라 지구국, 단말기 간의 스위칭 필요하며 지구국간 동기 유지 필요
		VCM+동시전송 방법	○ HD 급 및 SD 급 영상을 동시 전송(simulcasting)하여 수신 지역의 채널 환경에 따라 셋탑박스(STB)에서 최적의 방송을 선택하도록 하는 방식	○ HD/SD급 동시 전송으로 데이터 전송효율 낮음 ○ 수신 STB의 복잡화로 투자 비용 증가

구분	세부 구분	수신 성능 개선 방안	주 요 내 용	비 고
기술 특 성 개 선	동적 보상 방식	VCM+SVC 전송 방법	<ul style="list-style-type: none"> ○ HD 급의 영상 소스를 계층적으로 부호화(SVC)하여 전송하는 방식 - 기저 계층(base layer): 표준 화질의 영상을 강우 환경에 강한 변조·코딩방식으로 전송 - 확장 계층(enhancement layer): HD 확장 영상을 높은 변조·코딩방식으로 전송 ○ 수신기는 맑은 날에 기저 계층과 확장 계층 영상을 동시에 수신하여 HD급 화면을 제공하고, 강우 시에는 기저 계층 영상을 수신하여 SD급의 영상 제공 	<ul style="list-style-type: none"> ○ HD/SD급 지원 SVC 코덱이 필요함 ○ 수신 STB의 복잡화로 투자비용 증가
		주파수 다이버시티(Ku+Ka대역 이중(Dual) 채널 전송 방법)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 방송 중인 Ku 대역 위성과 새로운 Ka 대역 위성을 상호 결합하여 방송 서비스 가용도를 개선하기 위한 방식 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 복수 위성중계기 이용, 수신안테나/이중튜너 등이 필요하여 투자비용 및 가입자 서비스 이용료 증가
	기타	공동수신방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1.2 m ~ 2.4 m 안테나로 위성방송 공동 수신 후 케이블을 통해 여러 가정에 위성방송 신호를 전송하는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 법적, 제도적 정비 및 관련 사업체 등과 의견 조율 필요

※ VCM : Variable Coding & Modulation(가변 부호·변조)

※ SVC : Scalable Video Coding(계층적 비디오 부호화)

제2절 위성방송 수신율 측정 · 분석

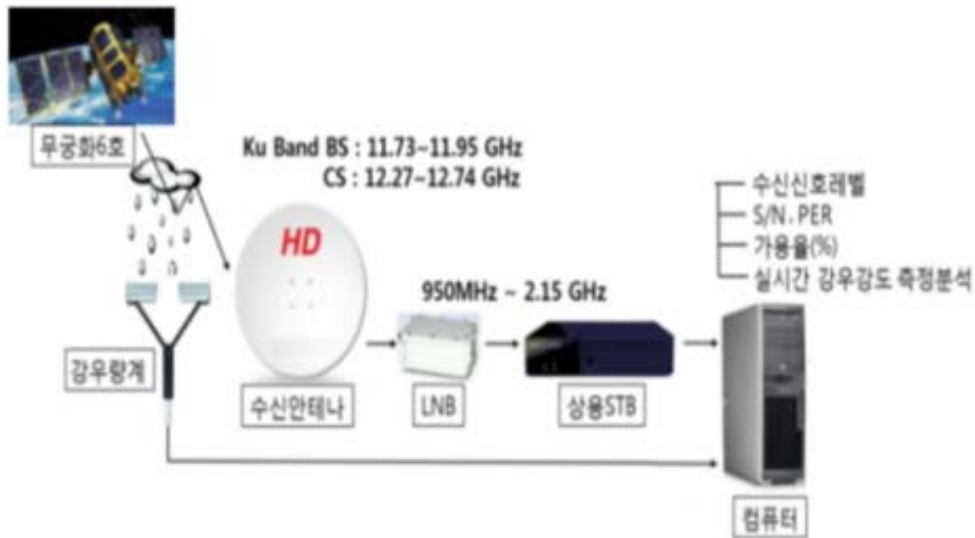
우리원에서는 위성방송 운영 실태를 조사, 분석하고 수신 성능을 개선하기 위한 방안을 마련하기 위하여 산학연 전문가 및 우리원 실무자로 구성된 연구반을 구성하여 위성방송 수신 성능 개선을 위한 1차 보고서를 마련함과 동시에 실측을 통해 우리나라의 위성방송 서비스 가용률을 확인하고 이를 개선하기 위한 기술적인 방안 등을 검토하기 위하여 위성방송 수신율 측정 시스템을 구축하여 분석하였다.

1. 위성방송 측정시스템 구축

국내 위성방송사는 ITU에서 제공하는 한반도 강우강도를 반영하여 위성방송 서비스 가용률이 99.96% 이상(즉 강우로 인한 위성방송 중단시간이 1년 중 210분 이하) 되도록 목표하고 있다. 그러나 최근 세계적인 기상변화로 한반도 기후가 아열대화 되어가는 등 국내 강우강도 형태가 변화함에 따라 실제 위성방송 서비스 가용률은 설계 목표치와 다소 차이가 있을 것으로 예상된다.

한편 위성방송사에서 제시하는 위성방송 서비스 가용률에 대한 목표치는 위성링크 설계 기준에 의한 이론적인 예측치일뿐 실제 측정을 통해 확인된 바는 없다. 따라서 우리원에서는 실측을 통해 위성방송 서비스 가용률을 측정 · 분석하기 위하여 그림 3-3과 같이 위성방송 수신율 측정시스템을 구축하였다. 위성방송 수신율 측정시스템은 수신용 안테나, 전파 수신 장치(LNB), 위성방송용 셋탑 박스, 컴퓨터 및 강우량계로 구성하였다.

위성방송용 셋탑 박스에서는 신호대잡음비(S/N), 패킷에러율(PER), 수신레벨 등의 정보를 제공하고 있어 이 정보를 1초 단위로 수집하였으며 강우량계를 이용하여 강우강도를 동시에 수집하여 컴퓨터에 저장하였다. 강우량계는 순간 강우강도 뿐만 아니라 강우입자의 직경(32종)별 강우입자 갯수, 강우 입자의 낙하 속도(32종)별 강우입자 갯수 등 강우량과 관련한 방대한 정보를 제공하고 있어 데이터를 1번 수신하는데 최소 7 ~ 8초가 소요된다. 따라서 위성방송 수신 성능 관련 정보(SNR, PER, 수신레벨)는 1초 단위로 수집하였으나 강우강도 정보는 10초 단위로 컴퓨터에 저장되도록 하였다.



(그림 3-3) 위성방송용 수신율 측정시스템 구성도

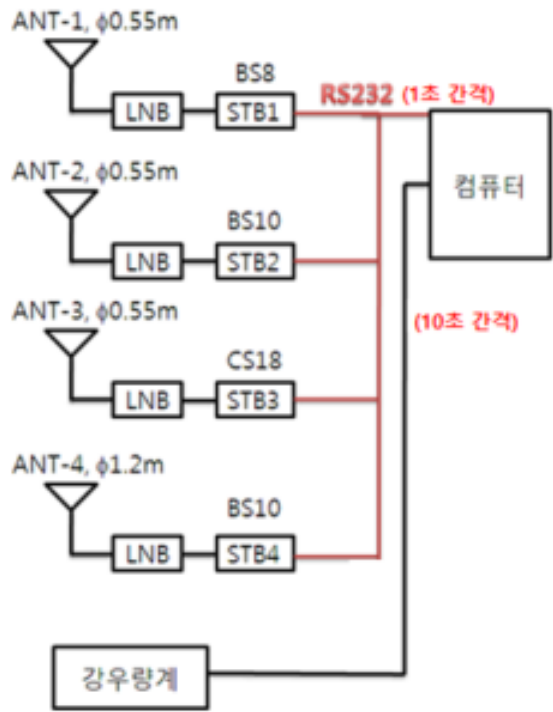
한편 위성방송 수신 성능은 수신용 안테나 크기나 위성용 중계기의 종류, 중계기별 변조방식, 부호율 등에 따라 차이가 있을 것으로 예상된다. 따라서 다양한 위성방송 수신방식에 따라 위성방송 수신율 변화를 비교·분석하기 위하여 실제 위성방송 수신율 측정시스템을 그림 3-4 및 표 3-6과 같이 구축하였다.

그림 3-4 또는 표 3-6를 살펴보면 수신시스템-2와 수신시스템-4는 동일한 위성방송 채널을 안테나 크기만을 달리(직경 0.55 m, 1.2 m)하여 측정하고 있다. 따라서 수신시스템-2와 수신시스템-4로 측정한 결과를 비교·분석하면 수신용 안테나 크기에 따른 위성방송 수신율 개선 정도를 분석할 수 있다.

한편 수신시스템-1은 8번 방송용 중계기(BS 8)로 송신되는 신호를 수신하는 반면, 수신시스템-3은 18번 통신용 중계기(CS 18)로 송신되는 방송 신호를 수신하고 있다. 즉 동일한 직경(0.55 m)의 안테나를 이용하여 방송용 중계기와 통신용 중계기로 전송되는 방송신호를 수신하고 있어 중계기 종류에 따른 수신특성을 비교·분석할 수 있다. 여기서 수신시스템-1과 수신시스템-3은 부호율이 다소 차이가 있는데 이는 방송용 중계기와 통신용 중계기는 서로 다른 부호율을 적용하고 있기 때문에 어쩔 수 없는 선택이었다. 즉 모든 통신용 중계기는 부호율 3/4를 이용하고 있는 반면, 대부분 방송용 중계기(1개 중계기 2/3 부호율 적용)는 부호율 5/6을 적용하고 있다.

수신시스템-1과 수신시스템-2는 부호율만 차이가 날 뿐 동일한 직경(0.55 m)의 안테나로

방송용 중계기 신호를 수신하고 있다. 따라서 이를 통해 부호율에 따른 위성방송 수신을 변화 특성을 비교·분석할 수 있다.



(그림 3-4) 위성방송 수신율 측정시스템 세부 구성도

〈표 3-6〉 위성방송 측정시스템별 세부 수신규격

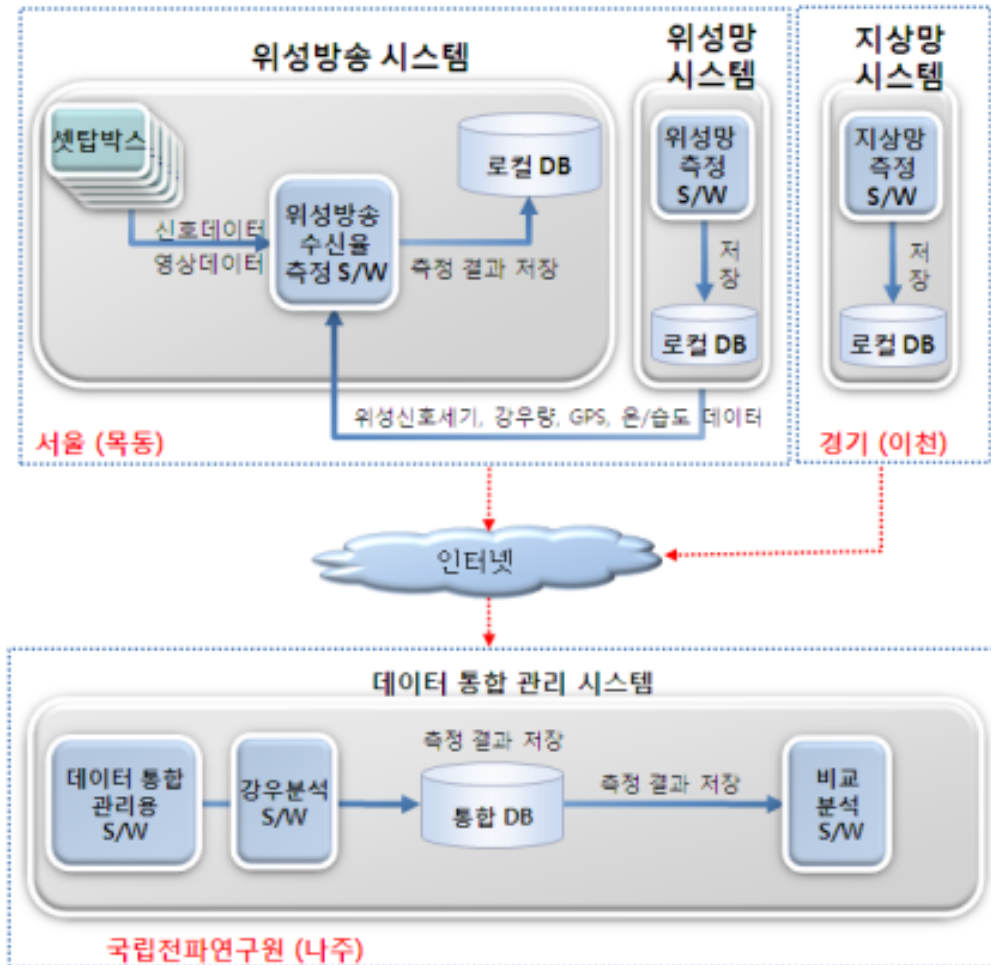
수신 시스템	안테나 직경	중계기 종류	변조방식	부호율	비고
Ant-1	0.55 m	BS 8	8PSK	5/6	
Ant-2	0.55 m	BS 10		2/3	
Ant-3	0.55 m	CS 18		3/4	
Ant-4	1.2 m	BS 10		2/3	



(그림 3-5) 위성방송용 수신용 측정시스템 구축 사진

이와 같은 위성방송 수신용 측정시스템은 2014.6.25. 서울 목동(한국전파진흥협회 옥상)에 설치하였으며 2014.7.1.일부터 24시간 연속하여 위성방송 수신율을 1초 단위로 측정하여 그 결과를 컴퓨터에 저장하고 있다. 이러한 위성방송 수신용 측정시스템은 국립전파연구원 나주 본원에서 원격으로 실시간 모니터링하고 있으며 측정시스템을 원격으로 제어, 운영, 관리하고 있다. 그림 3-5는 서울 목동에 설치한 위성방송 수신용 측정시스템 사진이다. 그림 우측의 3개의 작은 안테나는 직경 0.55 m 안테나로서 수신시스템-1, 수신시스템-2, 수신시스템-3이며 그림 중하단의 큰 안테나는 직경 1.2 m의 수신시스템-4를 위한 안테나이다.

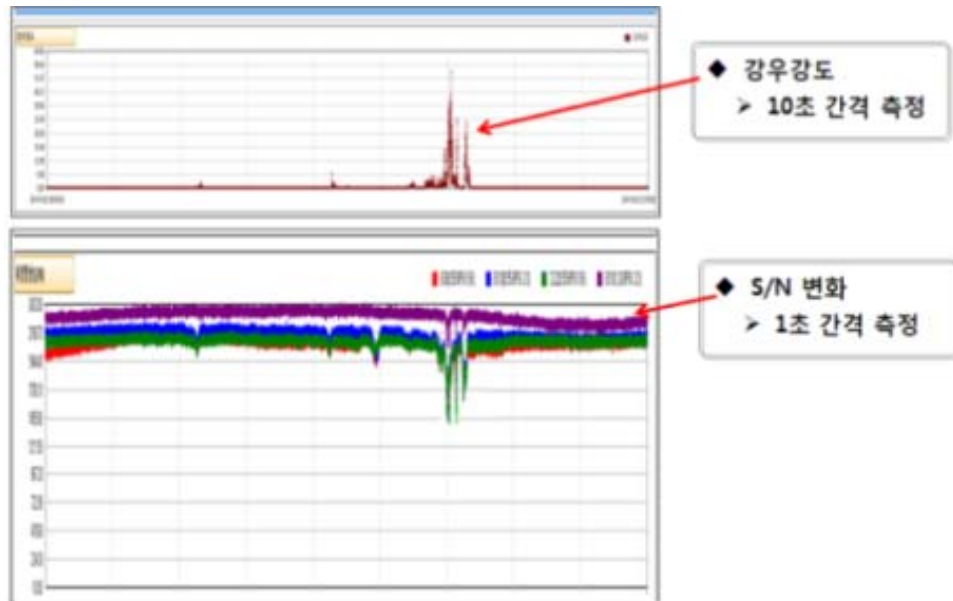
그림 3-6은 국립전파연구원 나주 본원에서 원격으로 관리하고 있는 측정시스템 현황을 보여준다. 우리 원에서는 위성방송 측정시스템 외에도 위성망 측정시스템(서울 목동, 천리안, 무궁화 위성)과 지상망 측정시스템(이천)을 동시에 원격으로 관리, 운영하고 있다.



(그림 3-6) 위성방송 측정시스템 원격 제어 및 관리

2. 위성방송 수신율 측정 및 분석 결과

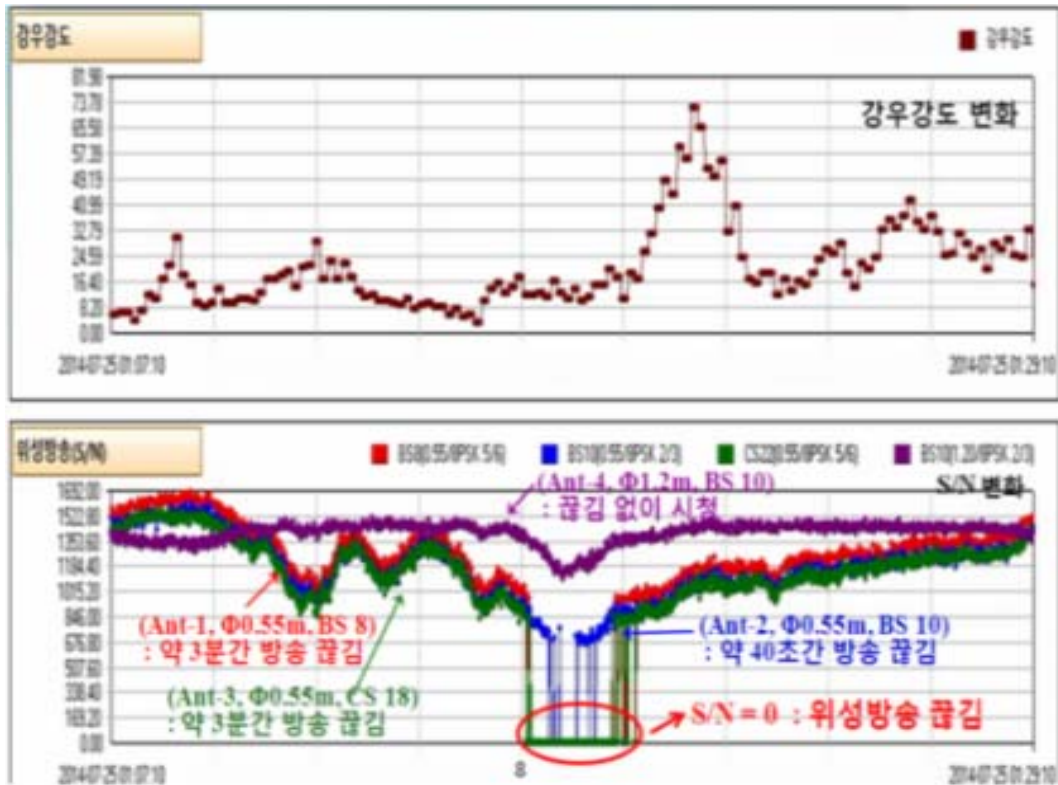
위성방송 수신율 측정시스템은 위성방송 수신용 셋탑박스에서 제공하는 위성방송 수신 성능 정보(S/N, PER, 수신레벨)를 1초 단위로 측정하고 강우량계에서 제공하는 강우강도 정보를 10초 단위로 측정하여 컴퓨터에 저장하고 있다. 그림 3-7은 위성방송 수신율 측정시스템의 실제 측정 화면을 보여준다. 화면의 위쪽 그래프는 강우강도 변화이며 화면 아래쪽 그래프는 위성방송 수신 데이터 중 신호 대 잡음 비(S/N)의 변화를 보여주고 있다.



(그림 3-7) 위성방송 측정시스템 측정 화면

그림 3-8은 실제 높은 강우강도에 의해 위성방송 수신이 중단되는 시점의 측정화면으로서 '14.7.25. 01:07 ~ 01:29분 까지 약 22분 동안 강우강도 변화와 위성방송 수신시스템별 S/N 변화 특성을 보여준다. 여기서 S/N값이 0인 경우 위성방송이 수신되지 않음을 의미한다. 그림 3-8을 살펴보면 직경 0.55 m 안테나로 수신한 측정시스템은 강우로 인해 일정시간(약 40여초에서 약 3분간)동안 위성방송이 중단되었으나 직경 1.25 m 안테나로 수신한 경우에는 위성방송이 중단되지 않고 수신됨을 알 수 있다. 그리고 동일한 직경의 안테나(0.55 m)로 수신하더라도 낮은 부호율을 적용한 시스템이 다소 강우에 강함을 알 수 있다.

한편 그림 3-8은 최대 강우강도 시점과 위성방송 수신이 끊어지는 시점이 동일한 순간에 발생하지 않음을 알 수 있다. 이는 강우량 계는 수신용 안테나 위치에 설치된 반면, 실제 비구름은 수신안테나와 위성 사이에 위치할 때 수신 성능이 가장 나빠지므로 비구름이 해당 지점으로 이동하는 시간차이에 해당한다.



(그림 3-8) 위성방송 수신 끊김 발생 예제('14.7.25.)

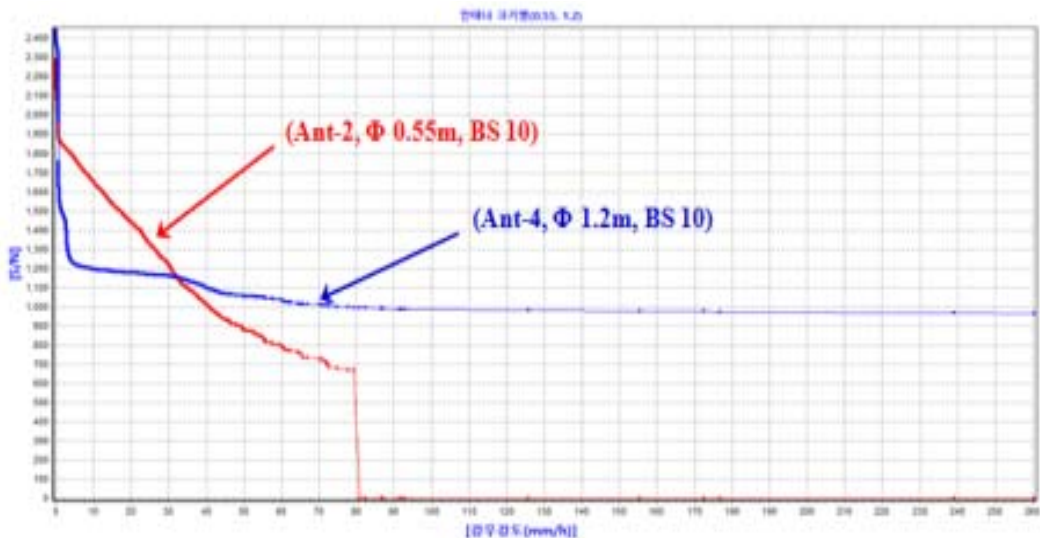
위성방송 수신방식별 수신율 특성을 비교·분석하기 위하여 2014.7.1. ~ 2014.12.15.까지 약 5.5개월 동안 측정한 결과를 분석하였다. 위성방송 수신율 측정시스템으로 신호 대 잡음 비(S/N), 패킷 에러율(PER), 수신레벨을 동시에 측정하였으나 분석결과는 모두 동일한 결과를 보여준다. 따라서 여기서는 신호 대 잡음 비(S/N) 측정 결과를 이용하여 안테나 크기별, 부호율별, 중계기 종류별 수신 특성을 비교·분석한 결과를 기술한다.

가. 안테나 크기별 위성방송 수신율 비교·분석

그림 3-9는 수신시스템-2와 수신시스템-4로 측정·분석한 결과를 보여준다. 수신시스템-2와 수신시스템-4는 동일한 위성방송 채널을 안테나 크기만을 달리(0.55, 1.2m)하여 측정하였는데 0.55m 안테나는 위성방송 수신 끊김률이 0.001%로 나타났으나 1.2 m 안테나에서는 위성방송 끊김 현상이 발생하지 않았다.

2014.7.1. ~ 2014.12.15.까지 약 5.5개월 기간 중 최대 강우강도는 약 260 mm/h로 나타났는데 이 순간에도 1.2 m 안테나의 경우 S/N이 9.8 dB로 나타나 강우에 의해 위성방송이 중단되지 않았으며 위성방송 수신에 중단되기까지 약 3 dB 정도의 마진을 가지는 것으로 나타났다.

한편 그림 3-9를 보면 낮은 강우강도일 때 직경 1.2 m 안테나 시스템이 직경 0.55 m 안테나 시스템보다 작은 S/N값을 나타내는 등 다소 비정상적인 결과를 보이는데 이는 셋탑박스 내에 위치하는 신호 수신 단에서 수신세기의 지나친 증가로 포화(Saturation)현상이 발생하여 나타난 결과일 뿐이며 위성방송 수신율을 분석하는 데는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 즉 강우강도가 높아질 때 위성방송 신호의 수신세기는 낮아지며 이에 따라 신호 수신단의 포화(Saturation) 현상이 해소되어 분석결과에는 어떠한 영향도 미치지 않기 때문이다.



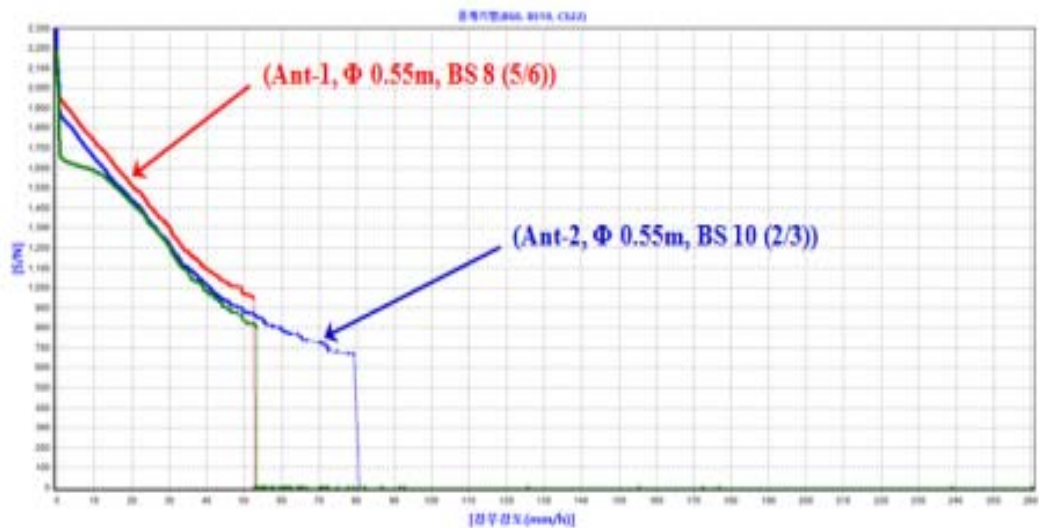
시스템	안테나 직경	중계기 종류	변조 방식	부호율	요구 C/N	위성방송 중단시 측정결과			
						C/N	강우강도 [mm/h]	끊김율 [%]	수신율 [%]
Ant-2	0.55m	BS 10	8PSK	2/3	6.81	6.85	80.83	0.001	99.999
Ant-4	1.2m				6.81	-	-	0	0

(그림 3-9) 안테나 크기별 위성방송 수신율 분석결과 비교

나. 부호율별 위성방송 수신율 비교·분석

그림 3-10은 수신시스템-1과 수신시스템-2를 이용하여 부호율별 위성방송 수신율을 비교·분석한 결과를 보여준다. 수신시스템-1과 수신시스템-2는 부호율만 다를 뿐 동일한 직경(0.55 m)의 안테나로 방송용 중계기 신호를 수신하고 있다.

부호율이란 강우 등으로 전송 데이터에 에러가 발생할 경우, 복조단에서 에러가 발생한 비트를 자동으로 정정할 수 있도록 추가적인 여분의 비트를 추가하여 전송하는 율과 관련된다. 즉 낮은 부호율은 에러 정정을 위해 상대적으로 많은 여분의 비트를 추가하여 전송하므로 더 많은 에러 비트를 정정할 수 있어 강우감쇠에 강하게 된다. 따라서 2/3 부호율을 적용한 시스템이 5/6 부호율 시스템보다 강우에 강하며 실측결과 2/3 부호율은 5/6 부호율보다 약 1.8dB 정도 강우에 강한 것으로 나타났다.

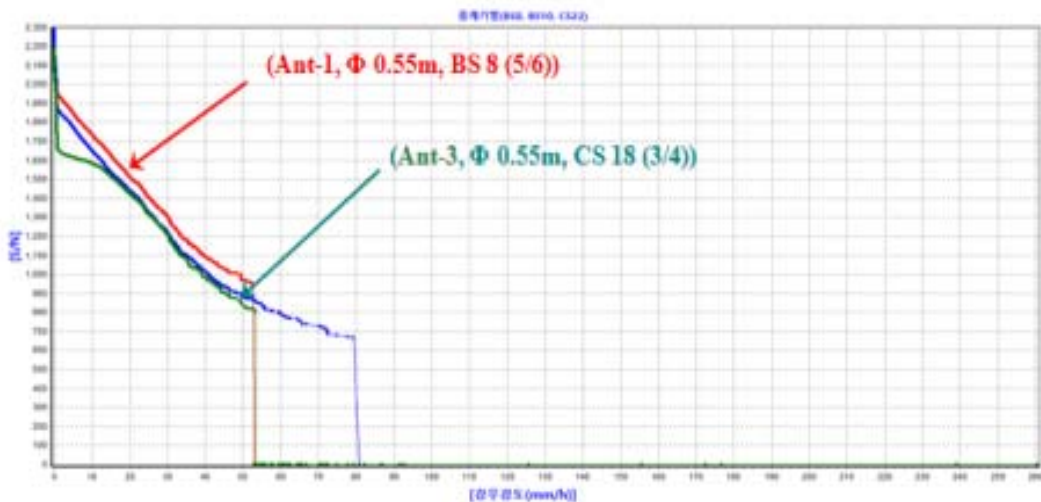


시스템	안테나 직경	중계기 종류	변조 방식	부호율	요구 C/N	위성방송 중단시 측정결과			
						C/N	강우강도 [mmh]	끊김율 [%]	가용율 [%]
Ant-1	0.55m	BS 8	8PSK	5/6	9.61	9.6	52.83	0.005	99.995
Ant-2		BS 10		2/3	6.81	6.85	80.83	0.001	99.999

(그림 3-10) 부호율별 위성방송 수신율 분석결과 비교

다. 중계기별 위성방송 수신율 비교·분석

그림 3-11은 수신시스템-1과 수신시스템-3을 이용하여 중계기별 위성방송 수신율을 비교·분석한 결과를 보여준다. 여기서 수신시스템-1은 방송용 중계기(BS 8)를 통해 방송을 수신하는 반면, 수신시스템-3은 통신용 중계기(CS 18)로 방송을 수신하고 있다. 5.5개월 동안 측정한 데이터를 분석한 결과, 중계기별 부호율 차이에도 불구하고 수신율에는 큰 차이가 없었다. 즉 통신용 중계기가 부호율이 낮아 방송용 중계기보다 약 1.5 dB 정도 더 강우에 강하게 나타날 것으로 예상하였으나 실제 측정결과 수신율은 거의 유사한 결과를 보였다. 이는 통신용 중계기의 채널폭이 36 MHz로 방송용 중계기 채널폭 27 MHz 보다 커서 통신용 중계기에서 총 잡음레벨(N값)이 높아지기 때문으로 추정된다.



시스템	안테나 직경	중계기 종류	변조 방식	부호율	요구 C/N	위성방송 중단시 측정결과			
						C/N	강우강도 [mm/h]	끊김율 [%]	가용율 [%]
Ant-1	0.55m	BS 8	8PSK	5/6	9.61	9.6	52.83	0.005	99.995
Ant-3		CS 18		3/4	8.11	8.1	53.35	0.004	99.996

(그림 3-11) 중계기별 위성방송 수신율 분석결과 비교

3. 국내 강우강도를 반영한 수신율 예측

앞에서 본 것처럼 실측데이터를 이용하여 분석한 결과를 살펴보면 위성방송 수신율은 위성방송사에서 제시하는 연간 가용률(0.55 m 안테나 : 99.96%)보다 상당히 높게 나타났다. 즉 4식의 위성방송 측정시스템으로 측정한 결과 최소 위성방송 가용률은 99.995 %로 상당히 높게 나타났는데 이는 금년에 측정한 제한된 데이터(5.5개월)를 분석한 결과에 불과하며 이를 국내 위성방송 수신율로 일반화하여 단정적으로 말할 수는 없다. 그리고 무엇보다 이러한 결과가 나타난 이유는 금년이 예년에 비해 강우강도가 상대적으로 낮았기 때문으로 추정된다.

이와 같이 측정데이터를 이용하여 위성방송 수신율을 분석할 경우, 측정기간 동안의 강우량이나 강우강도에 따라 측정결과가 달라질 수 있는 문제가 있다. 따라서 여기서는 위성방송이 중단된 시점의 강우강도 값이 국내 강우강도 분포의 몇 %에 해당하는지를 비교하여 위성방송 수신율을 예측하고자 한다.

위성방송이 중단된 시점의 강우강도 측정치와 ITU 및 최근 국내 강우강도 분석결과를 비교하여 위성방송 수신율을 예측한 결과는 표 3-7과 같이 나타났다. 여기서는 서울, 광주에서 위성방송 수신율을 예측한 결과를 보여준다.

〈표 3-7〉 국내 강우강도를 반영한 위성방송 수신율 예측

시스템	안테나 직경	중계기 종류	변조 방식	부호율	요구 C/N	위성방송 중단시 측정결과			위성방송 수신율 (예측)			
						C/N	강우강도 [mm/h]	가용률 [%]	ITU 강우강도		국내 분석 강우강도	
									서울	광주	서울	광주
Ant-1	0.55m	BS 8	8PSK	5/6	9.61	9.6	52.83	99.995	99.991	99.986	99.954	99.958
Ant-2	0.55m	BS 10		2/3	6.81	6.85	80.83	99.999	99.996	99.997	99.985	99.991
Ant-3	0.55m	CS 18		3/4	8.11	8.1	53.35	99.996	99.991	99.987	99.956	99.960
Ant-4	1.2m	BS 10		2/3	6.81	-	-	-	-	-	-	-

서울에서의 국내 강우강도를 기준으로 할 때 위성방송 가용률은 99.954% 이상(즉 1년 중 위성방송이 약 4시간정도 중단)으로 나타났으며 1.2 m 안테나 경우, 260 mm/h 강우강도에서도 3 dB 정도의 마진이 있어 300 mm/h 이상의 강우강도에서도 위성방송 서비스가 가능할 것으로 예상된다. 그러나 이는 1.2 m 안테나로 방송용 중계기중 부호율이 가장 낮은(부호율 2/3)

채널을 측정하였기 때문이며 만일 부호율이 5/6인 시스템으로 측정하였다면 260 mm/h 강우강도에서 마진이 0.2 dB 정도로 나타나 위성방송 수신에 가능한 임계치 정도에 해당할 것으로 판단된다.

4. 결론 및 향후 계획

국내 위성방송 서비스는 가용률이 99.96% 이상(1년 중 서비스 중단시간이 3시간 30분 이하)이 되도록 목표하고 있으나, 2014년 실제 측정 데이터를 통해 확인한 결과는 목표치보다 훨씬 높은 99.995% 서비스 가용률(1년 중 서비스 중단시간이 약 27분에 해당)을 보였다. 그리고 위성방송이 중단된 시점의 강우강도를 기준으로 위성방송 수신율을 예측할 때(서울 기준) 서비스 가용률이 최소 99.954% 이상(즉 1년 중 위성방송이 약 4시간 정도 중단)으로 상당히 우수하게 나타났다. 유럽 등 외국에서는 위성방송 서비스 가용률을 99.7% 이상(1년 중 서비스 중단 시간이 약 24시간 이내)이 되도록 목표하고 있음을 고려할 때 우리나라의 위성방송 서비스는 상당히 우수한 품질을 유지하는 것으로 판단된다.

이번 보고서에 포함한 측정·분석 결과는 2014.7.1. ~ 2014.12.15.까지 약 5.5개월이라는 극히 제한된 데이터를 이용하여 분석한 결과이다. 따라서 2015년에는 이번에 구축한 측정시스템을 이용하여 측정데이터를 지속적으로 확보하여 다시 한 번 서비스 가용률을 재분석할 예정이다.

한편 이번에 측정·분석한 위성방송 중계기(BS8, BS10, CS18)는 다른 위성방송 중계기(총 18개 중계기 이용 중임)에 비해 상대적으로 품질이 우수한 중계기에 해당한다. 실제 위성방송용 중계기중 일부 중계기는 인접 위성의 영향을 받고 있는 것으로 추정되며 이와 같이 인접 위성의 영향을 받는 중계기의 경우, 서비스 가용률은 금년에 분석한 결과보다 서비스 가용률이 다소 낮아질 것으로 예상된다. 따라서 2015년에는 인접위성의 영향을 받고 있는 중계기를 대상으로 위성방송 서비스 가용률을 측정하여 분석할 예정이다.

최근 위성방송은 표준화질(SD) 서비스를 넘어 고화질(HD), 초고화질(UHD) TV 및 3DTV 실감방송 서비스 등에 대한 요구가 증가하고 있어 새로운 주파수 자원 개발이 요구된다. 12 GHz(하향링크)/14 GHz(상향링크) 주파수 대역을 이용하고 있는 현재 위성방송 서비스는 초고화질(UHD) 위성방송 서비스를 수용하기에는 해당 주파수 대역이 부족하다. 따라서 20 GHz 대역 등 고주파수 전파를 이용하기 위한 검토가 필요하다. 한편 20 GHz 주파수 대역은 12 GHz

대역에 비해 강우에 의한 신호감쇠가 상당히 크다. 따라서 20 GHz 주파수 대역의 강우감쇠 특성 연구와 함께 이와 같이 높은 강우감쇠 특성을 극복하기 위한 기술적 조건(안테나 크기, 변조방식) 등에 대한 연구를 추진할 예정이다.

제4장 전파잡음 측정 및 분석 연구

제1절 개 요

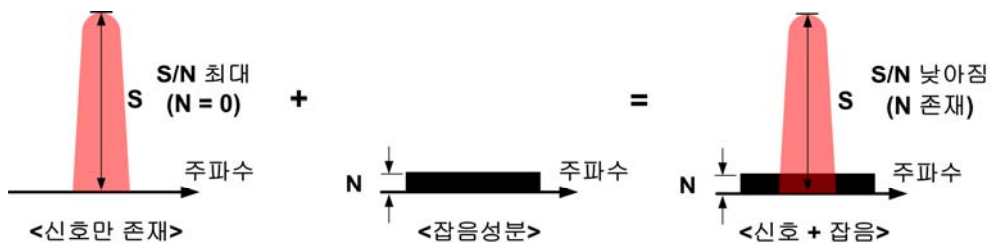
오늘날 급속한 도시화 및 산업화로 인한 산업·생활·가전기기의 등장과 자동차, 고속철도, 비행기 등의 첨단 교통수단의 보급과 발전은 우리 생활을 더욱더 편리하고 윤택하게 한다. 그러나 이러한 기기들은 의도되지 않은 전자파를 발생시켜 방송·통신 서비스에 부정적인 결과를 초래하고 우리 주변의 전파 잡음 수준을 높이게 된다. 특히, 산업 및 생활 가전기기 증가로 인한 임펄스 잡음이 증가함에 따라 임펄스 잡음이 무선 통신기기 및 방송 통신 서비스 품질에 영향을 미칠 것으로 예측되고 있으며 이에 따라 임펄스 잡음에 대한 연구 필요성이 ITU를 중심으로 미국, 일본, 독일 등에서 제기되고 있다.

본 장에서는 전파 잡음 이론, 임펄스 잡음의 특성, 2014년에 측정한 전파환경 잡음 측정결과와 개별 기기별 임펄스 잡음 발생 특성 등에 대하여 기술한다. 제2절에서는 전파 잡음에 대한 기본 개념과 함께 임펄스 잡음의 특성 및 측정의 어려움 등을 논의하였으며 실제 무선국 환경에서 임펄스 잡음을 측정할 수 있는 현실적인 방법에 대하여 기술하였다. 제3절에서는 금년에 구축한 간이 이동식 전파 잡음 측정시스템에 대하여 상세히 기술하며 구축된 측정시스템의 총 잡음지수를 평가한 결과 등을 기술하였다. 제4절에서는 광주, 나주지역에서 측정한 100 MHz ~ 3 GHz 주파수 대역의 전파환경 잡음 측정결과에 대하여 기술하였으며 제5절에서는 '13년에 구축한 우리원의 전파 잡음 측정시스템이 임펄스 전파 잡음을 정확히 측정하고 있음을 초광대역(UWB) 기기를 이용하여 먼저 확인한 후, 7종의 차량 및 생활가전기기를 대상으로 기기별 임펄스 잡음 발생 특성에 대하여 측정·분석한 결과를 기술하였다. 그리고 향후 임펄스 잡음이 통신에 미치는 영향 연구를 위하여 금년에는 모의 임펄스 신호가 무선랜(LAN)에 미치는 영향에 대하여 간단히 측정·분석한 결과를 기술하였다.

제2절 전파 잡음

전파 잡음은 “정보를 전달하지 않으면서 필요한 신호(wanted signal)에 겹쳐지거나 결합될 수 있는 무선 주파수 범위의 전자기파”라고 ITU-R 권고 P.372와 V.573에서 정의하고 있다. 즉 전파 잡음이란 통신 목적의 신호 성분을 제외한 모든 주파수의 전자기파를 의미한다.

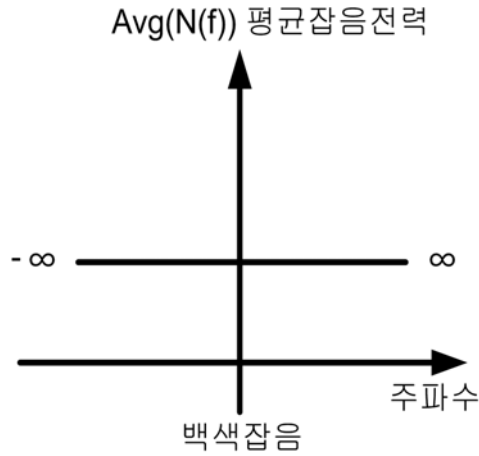
그림 4-1과 같이 전파 잡음은 신호의 품질을 결정하는 요인으로 작용한다. 신호 품질이란 신호 전력(S)에 대한 잡음 전력(N)의 비(S/N)로 정의할 수 있으며, S/N 비가 클수록 신호 품질이 우수함을 의미한다. 즉, 서비스 품질은 신호 전력의 절대 값에 의해 결정되는 것이 아니라, 신호 전력에 대한 잡음 전력의 비(S/N)에 의해 결정된다. 따라서 일정 수준 이상의 무선 서비스 품질이 보장되도록 무선국을 설계하기 위해서는 수신기의 잡음 지수와 함께 해당지역의 전파 잡음 값에 대한 정보를 사전에 알고 있어야 한다.



(그림 4-1) 신호 성분에 대한 잡음영향

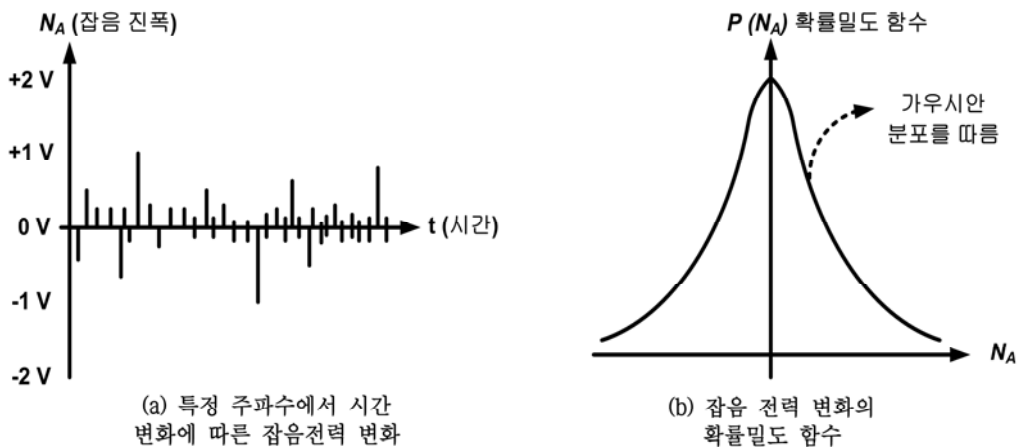
1. 백색가우시안 잡음(WGN)

무선 통신 시스템에서는 송·수신기 간의 정보 전달을 위하여 약속된 신호 규약과 약속된 특정 주파수 및 대역폭의 전파를 이용하는데 반해, 전파 잡음은 상대적으로 넓은 주파수 대역에 걸쳐 비교적 균일한 크기를 갖는 성질을 가진다. 이러한 전파 잡음의 특성을 통상 백색 가우시안 잡음(WGN) 성질을 가진다고 표현하는데 이는 백색 잡음 특성과 가우시안 잡음 특성을 함께 가진다는 것을 의미한다. 여기서 백색 잡음이란 잡음이 그림 4-2와 같이 모든 주파수 대역에 대해 균일한 전력 스펙트럼 밀도(Power Spectral Density)를 나타낸다는 것을 의미한다.



(그림 4-2) 잡음의 특성 : 백색 잡음

한편, 특정한 주파수의 잡음 전력 변화를 시간 변화에 따라 관찰하면 그림 4-3 (a)와 같이 나타난다. 즉, 잡음 진폭 변화는 시간 변화에 따라 임의 값으로 변동하지만 이를 통계적인 확률밀도 함수로 처리하여 살펴보면 그림 4-3 (b)와 같이 가우시안(Gaussian) 확률 분포를 나타냄을 의미한다. 따라서 잡음의 이러한 특성을 가우시안 잡음 특성이라 한다. 이와 같이 전파 잡음은 백색 잡음 특성과 가우시안 잡음 특성을 함께 가지며, 이러한 특성을 종합하여 전파 잡음은 백색 가우시안 잡음 특성을 가진다고 표현한다.



(그림 4-3) 잡음의 통계적 특성: 가우시안 잡음

전파 잡음이란 무선 시스템에서 서비스를 위한 신호 성분이 아닌 다양한 전파 잡음 발생원에서 발생하는 전파 잡음 성분의 총합을 말한다. 따라서 전파 잡음은 일반적으로 앞에서 기술한 바와 같이 백색 가우시안 잡음 특성을 가진다고 표현한다. 하지만 실제 전파 잡음은 잡음원의 특성에 따라 순간적으로 발생하는 임펄스성 잡음이 존재하기도 하고, 때로는 무선국 신호와 유사하게 특정한 주파수 대역에서 뚜렷하게 발생할 수도 있다. 즉 낙뢰나 차량의 점화장치와 같은 전파 잡음원은 시간 축 상에서 볼 때, 순간적으로 높은 세기를 가지는 임펄스성 전파 잡음을 발생한다. 반면, 무선기기에서 발생하는 불요파(Spurious)나 제2, 제3 고조파 등은 특정한 주파수에서 뚜렷하게 나타내는 잡음 특성을 보인다.

전파 잡음 성분은 표 4-1과 같이 전파 잡음원의 특성에 따라 3가지로 구분할 수 있다. 실제 특정한 위치에서 전파 잡음을 측정할 때, 위에서 기술한 것처럼 백색 가우시안 잡음 특성을 완벽하게 나타내는 위치란 거의 존재하지 않는다. 일반 거주지 지역 주변의 경우, 생활 가전제품이나 컴퓨터 등에서 발생하는 전파 잡음이 우세하게 나타나는 반면, 도심 지역에서는 차량의 점화 장치 등에서 발생하는 임펄스성 전파 잡음이 우세하게 나타나는 특징을 보인다. 이와 같이 전파 잡음 세기는 측정 위치에 따라 인공적인 전파 잡음원의 밀집도 등에 크게 의존하는 특성을 보인다.

〈표 4-1〉 전파 잡음 성분

잡음 성분	특 징	잡 음 원 (예)
백색 가우시안 잡음 (WGN)	<ul style="list-style-type: none"> - 상호 무관한 전자파 벡터 - 수신기 대역폭 이상의 대역폭 - 스펙트럼 전력 레벨은 대역폭에 따라 선형으로 증가함. 	컴퓨터, 전력선, 통신 네트워크, 유선 컴퓨터 네트워크, 우주 잡음
임펄스성 잡음 (IN)	<ul style="list-style-type: none"> - 상관 관계에 있는 전자파 벡터 - 수신기 대역폭을 초과하는 대역폭 - 스펙트럼 전력 레벨은 대역폭의 제곱으로 증가함. 	점화 스파크, 낙뢰, 가스 램프 스타터, 컴퓨터, 초광대역 기기
단일 반송파 잡음 (SCN)	<ul style="list-style-type: none"> - 한 개 이상의 고유 스펙트럼선 - 수신기 대역폭 미만의 대역폭 - 대역폭과 무관한 스펙트럼 전력 레벨 	유선 컴퓨터 네트워크, 컴퓨터, 스위치 모드 전원 공급 장치

2. 임펄스성 잡음(IN : Impulsive Noise)

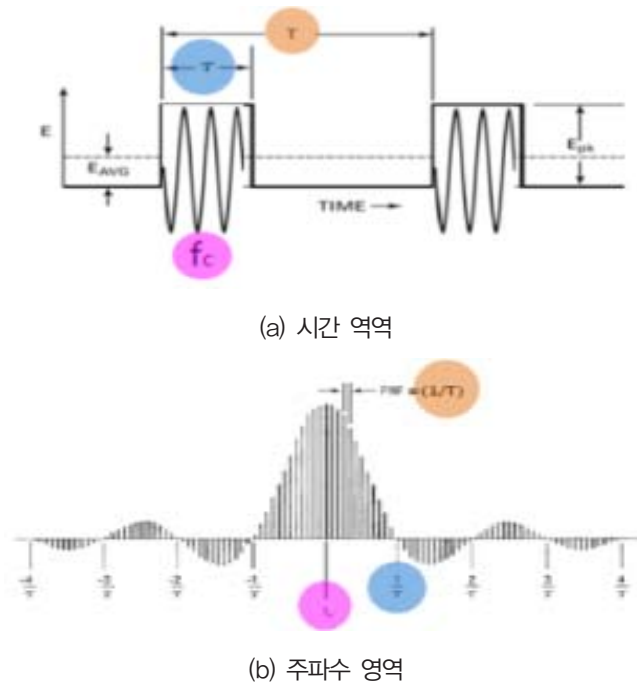
임펄스성 잡음이란 매우 짧은 시간동안 순간적으로 나타났다가 사라지는 형태의 전파 잡음을 말한다. 임펄스성 전파 잡음은 낙뢰와 같이 자연적으로 발생 하지만 우리 생활 주변에서 자주 접하는 차량 및 산업기기, 생활 가전기기 등을 살펴보면 각각의 기기는 개별적으로 임펄스성 잡음을 발생한다.

가. 임펄스성 잡음 특성

임펄스성 잡음이란 임펄스 신호와 유사한 특성을 가지는 전파 잡음을 의미한다. 임펄스 신호란 주기적인 펄스 신호가 비주기적으로 발생하거나 펄스 주기가 무한대가 되는 펄스 신호로 간주할 수 있다. 따라서 임펄스 신호의 특성을 분석하기 전에 먼저 주기적인 펄스 신호의 특성을 분석할 필요가 있다.

그림 4-4는 주기적인 펄스 신호를 시간 영역에서 표현한 결과와 푸리에 변환을 이용하여 주파수 영역에서 변환한 결과를 보여준다. 그림 4-4 (a)와 같이 주기적인 펄스 신호의 펄스 지속시간을 τ , 펄스 발생 간격을 T , 캐리어 주파수를 f_c 라 할 때, 주파수 영역에서는 그림 4-4 (b)와 같이 Sinc 함수 형태로 표현되는데 Sinc 함수의 주 포락선(main envelope)의 폭은 펄스 지속 시간에 의해 결정($1/\tau$)되고 선 스펙트럼의 간격은 펄스 발생 간격에 의해 결정($1/T$)되며 Sinc 함수의 중심 주파수는 캐리어 주파수 f_c 와 동일하게 나타난다. 펄스신호의 지속 시간(τ)이 짧아질수록 주 포락선은 넓은 주파수 영역으로 펼쳐져 나타나게 되고, 펄스 발생 간격(T)이 길어질수록 선 스펙트럼 간격이 조밀하게 나타나게 된다.

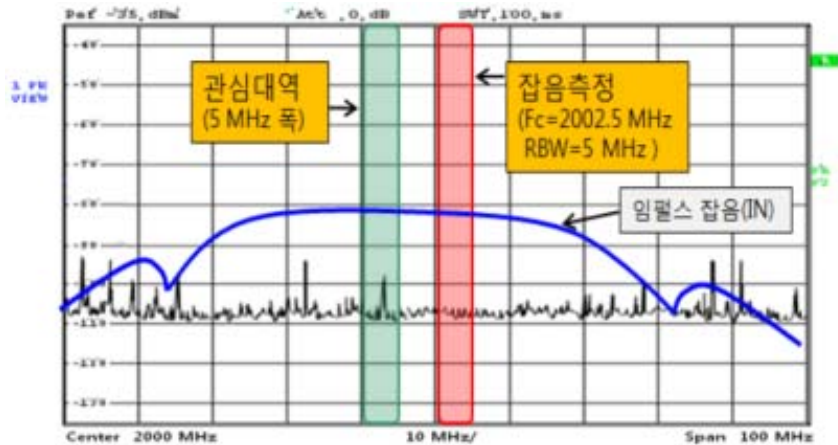
임펄스 신호란 펄스 발생 간격(T)이 불규칙적이거나 또는 ∞ 에 해당하는 것으로 간주할 수 있으며 이러한 경우 주파수 영역에서 선스펙트럼 간격($1/T$)은 “0”으로 수렴하게 되며 결국 연속 스펙트럼 형태로 간주할 수 있다. 이상적 임펄스 신호는 펄스 지속시간(τ)이 “0”으로 수렴하므로 주파수 대역으로 변환하면 마치 전 주파수 대역에 걸쳐 나타나는 것으로 표현된다. 그러나 이러한 임펄스 신호는 현실에서는 존재하지 않으며 실제 임펄스 신호는 펄스 지속시간이 짧기는 하지만 0보다는 크므로($\tau > 0$) 주파수 영역에서 보면 일정한 주파수 대역에만 영향을 미치는 것으로 나타나게 된다.



(그림 4-4) 주기적인 펄스 신호의 시간/주파수 영역에서의 표현

나. 임펄스성 잡음 측정 방법

앞에서 기술한 바와 같이 임펄스성 잡음(IN)은 짧은 시간(τ)동안 넓은 주파수 대역($1/\tau$)에 걸쳐 순간적으로 나타났다가 사라진다. 그림 4-4에서 보는 바와 같이 임펄스성 잡음의 지속시간(τ)과 임펄스 잡음이 발생하는 주파수 대역폭($1/\tau$)은 반비례하는 특징을 보인다. 따라서 임펄스성 잡음은 넓은 주파수 대역에 걸쳐 나타나므로 광대역 안테나를 이용하여 임펄스성 잡음을 측정하고 푸리에 변환을 통해 임펄스성 잡음 발생 특성을 분석하여야 한다. 그러나 실제 무선국 환경에서 임펄스성 잡음을 측정하기 위하여 광대역 안테나를 이용하는 경우, 임펄스성 잡음 뿐만 아니라 무선국 신호 성분도 함께 중첩되어 측정되므로 임펄스성 잡음만을 분리하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 무선국이 운용되는 실 환경에서는 광대역 안테나를 이용하여 임펄스성 잡음을 측정하여 푸리에 변환을 통해 임펄스 잡음 특성을 분석하는 것은 불가능하다.



(그림 4-5) 임펄스성 잡음이 통신서비스에 미치는 영향

모든 방송이나 무선통신 서비스는 미리 정해진 일정한 주파수 대역을 이용하여 서비스를 제공한다. 방송의 경우 6 MHz의 대역폭을 이용하며 LTE 단말의 경우 5, 10, 20 MHz 대역폭 등을 이용하고 있다. 따라서 그림 4-5와 같이 임펄스성 잡음이 무선통신에서 이용하는 주파수 대역보다 훨씬 넓게 나타나더라도 실제 해당 무선통신 서비스에 미치는 영향은 무선통신 서비스 대역 내로 유입되는 임펄스 잡음의 세기 만이 영향을 미치게 된다. 이는 임펄스성 잡음이 통신 서비스에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 전 주파수 대역에서 임펄스 잡음 발생 특성을 측정·분석할 필요가 없다는 것을 의미한다. 즉 그림 4-5와 같이 임펄스성 잡음은 광대역으로 발생하더라도 우리가 관심을 가지는 무선통신 이용 대역내로 유입되는 임펄스 잡음 세기만이 해당 통신서비스에 영향을 줄을 의미한다.

한편 그림 4-5에서 보는 바와 같이 임펄스성 잡음은 넓은 주파수 대역에 걸쳐 나타나며 우리가 관심을 가지는 대역이나 그 인접 대역에서 임펄스 잡음이 발생하는 특성은 동일함을 알 수 있다. 따라서 임펄스성 잡음이 통신 서비스에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 무선국 신호 성분이 없는 인접 주파수를 선정한 후, 계측기 필터(RBW)를 무선통신 서비스대역 폭만큼 설정하여 측정하면 임펄스 잡음 발생이 통신서비스 대역에 미치는 영향을 분석할 수 있다.

제3절 이동식 전파 잡음 측정시스템 구축

1. 구축 시스템 개요

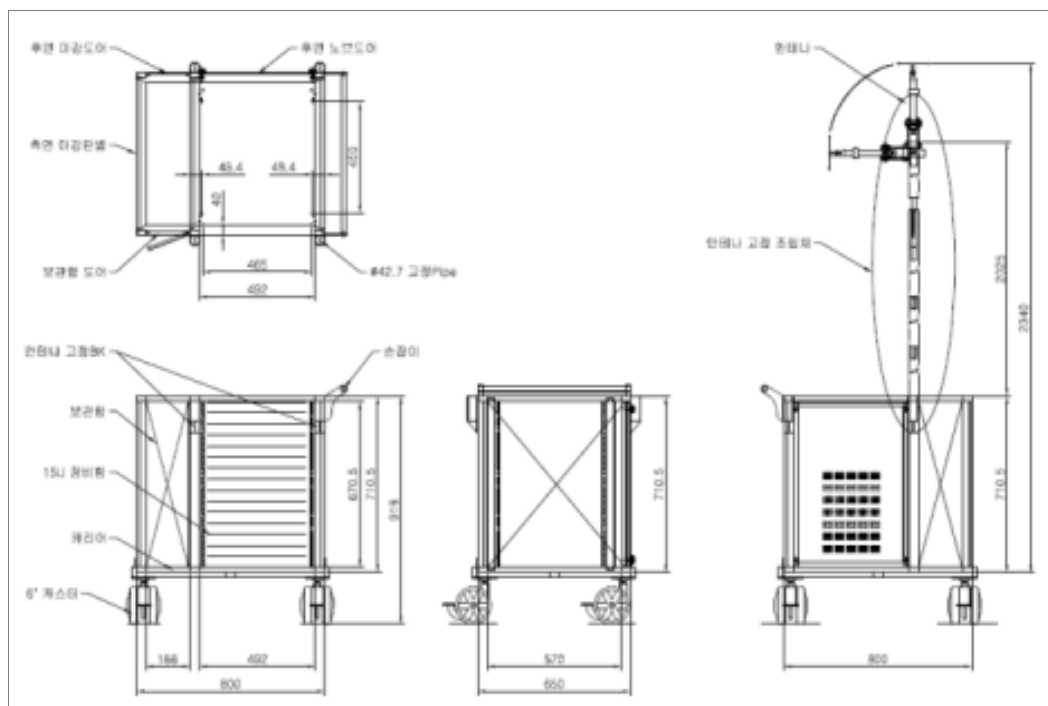
우리 원에서 현재 보유하고 있는 전파 잡음 측정시스템은 장거리 이동과 장시간 측정이 용이하도록 2.5톤 화물차량으로 구축되어 있다. 따라서 특정 도시나 특정 지역에서 24시간 전파환경 잡음을 야외에서 장시간 측정하기에는 적합하지만 전파 잡음 발생원 가까이나 또는 실내에서는 전파 잡음을 측정할 수 없는 단점이 있다. 따라서 우리 원에서는 실내나 잡음 원 근처에서 전파 잡음 측정이 가능하도록 하기 위하여 2014년 사업을 통해 간이 이동식 전파 잡음 측정시스템을 구축하였다.

가. 측정시스템 구성

간이 이동식 전파 잡음 측정시스템은 측정시스템부와 전원부로 구분하여 제작하였다. 220V 상용 전원을 이용할 수 있는 환경에서는 측정시스템 부만으로 전파 잡음을 측정할 수 있도록 하였으며 외부 전원을 사용할 수 없는 특수 환경에서는 전원부에서 제공하는 자체 전원을 이용하여 전파 잡음 측정이 가능하도록 제작하였다.

그림 4-6과 그림 4-7은 측정 시스템 부 도면과 실제 제작된 제품 사진을 보여준다. 그림에서 보는바와 같이 측정 시스템 부는 전파 잡음 측정에 필요한 모든 부품과 측정 기기들로 구성되어 있으며 실내나 비좁은 통로등에서 이동과 측정이 용이하도록 제작하였다.

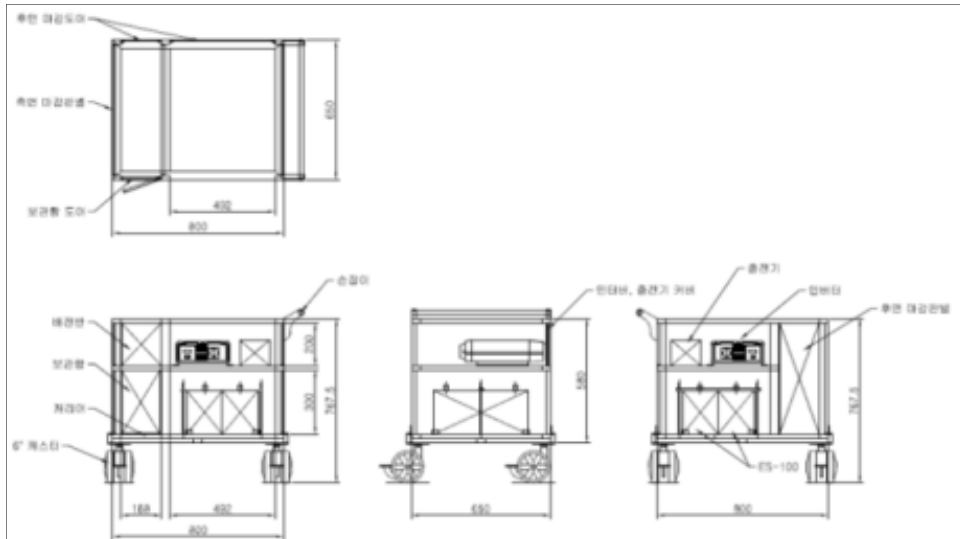
한편 그림 4-8와 그림 4-9은 간이이동 전원부의 도면 및 실제 제작된 제품 사진을 함께 보여준다. 그리고 그림 4-10은 간이이동 전원부의 내부 구성 및 최대 장비 사용시간을 보여주고 있다. 그림에서 보여주는 바와 같이 간이 이동장치 전원부의 배터리 최대 용량은 2400 W(200 A x 12 V)이며 측정 시스템 부의 총 소모 전력은 약 300 W(PSA : 250 W + 스위치박스 50 W)에 해당한다. 따라서 외부 전원 공급 없이 간이이동 전원 부만을 이용하여 전파 잡음 측정시스템을 운용할 경우 최대 약 8시간까지 전파 잡음 측정이 가능하다.



(그림 4-6) 간이 이동식 측정시스템 부 외형 제작 도면



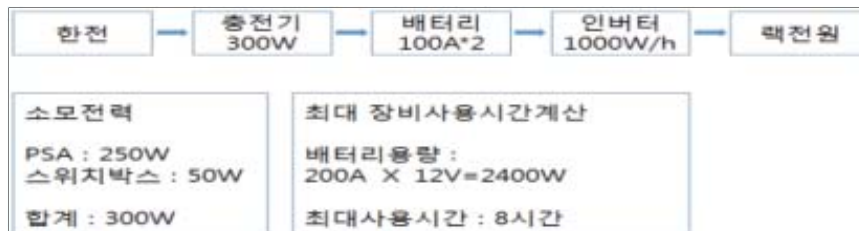
(그림 4-7) 제작된 간이 이동식 측정시스템 부 외형 사진



(그림 4-8) 간이 이동장치 전원 부 외형 제작 도면



(그림 4-9) 제작된 간이 이동장치 전원부 사진



(그림 4-10) 최대 장비 사용시간

나. 측정시스템 부 내부 구성

간이 이동식 측정 시스템은 그림 4-11에서 보는 바와 같이 측정용 안테나, 안테나를 거치하기 위한 마스트, 100 ~ 3000 MHz 범위의 주파수 가변이 가능한 가변필터 5종, 저잡음증폭기 9종, 스펙트럼분석기, 간이 이동 분석용 PC와 휴대용 전원 공급 장치(휴대용 인버터, 충전기, ES100 배터리)로 구성되었으며, 측정 시스템의 총 잡음지수는 모든 대역에서 5 dB 이하가 되도록 설계 및 제작하였다. 그리고 그림 4-12는 실제 제작된 간이 이동식 전파 잡음 측정시스템 구성품(스위치 제어 부, 저잡음 증폭기, 가변필터, 랙)에 대한 실제 사진을 보여준다.



(그림 4-11) 간이 이동식 전파 잡음 측정시스템 구성도



(a) 스위치 제어 부



(b) 저잡음 증폭기



(c) 가변필터

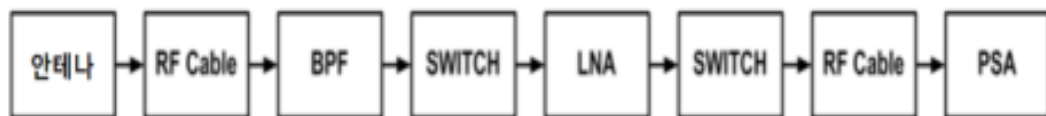


(d) 랙 실장도 전면



(e) 랙 실장도 후면

(그림 4-12) 간이 이동식 측정 시스템 제작 사진



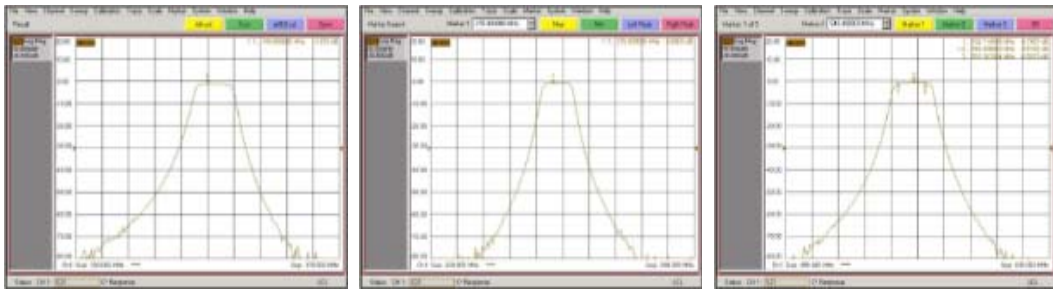
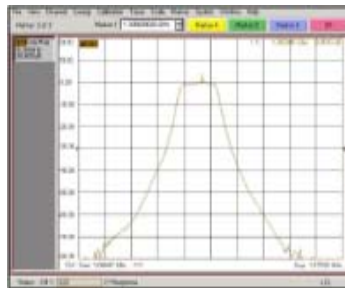
(그림 4-13) 간이 이동식 측정시스템 부 구성도

그림 4-13은 실제 구현된 전파 잡음 측정시스템의 개별 블록에 대한 구성도를 보여주고 있다. 구현된 간이 이동식 전파 잡음 측정 시스템은 측정 주파수에 따라 대역통과필터(BPF)와 저잡음증폭기(LNA)를 자동으로 연결되도록 하기 위하여 저잡음증폭기(LNA)의 앞단과 뒷단에 스위치박스가 각각 위치하도록 제작하였다.

2. 구축 시스템 성능 평가

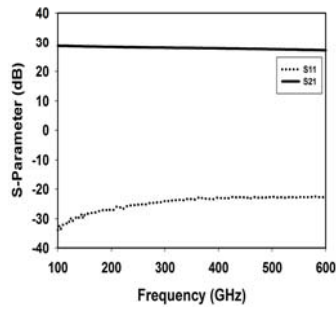
가. 가변 필터 및 저잡음 증폭기의 개별 성능 평가

그림 4-14 (a) ~ (e)은 전파 잡음 측정시스템에 포함된 가변 필터 5종의 삽입손실과 차단특성을 측정한 결과를 각각 보여준다. 시스템 잡음 특성에서 아주 중요한 역할을 하는 삽입손실(S_{21})은 가변 필터 5종 모두 0.45 ~ 1 dB 이하로 나타내었으며 차단 특성은 모두 30 dB 이상으로 우수한 특성을 보였다.

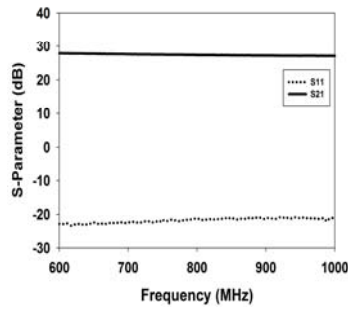
(a) $f_c=145$ MHz(b) $f_c=275$ MHz(c) $f_c = 540$ MHz(d) $f_c= 1300$ MHz(e) $f_c = 1950$ MHz

(그림 4-14) 가변 필터(BPF) 특성 측정 결과

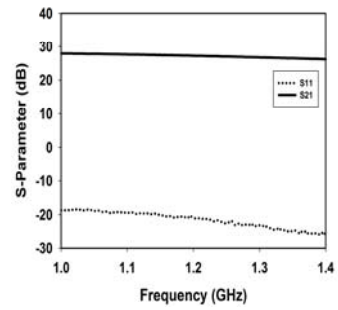
한편 그림 4-15 (a) ~ (i)는 저잡음증폭기(LNA) 9종의 증폭도와 반사계수를 측정한 결과를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 잡음증폭기(LNA)는 약 27~28 dB의 증폭도 특성을 보였으며 반사계수(S_{11})는 모든 대역에서 약 -20 dB 이하로 우수한 정합 특성을 보임을 확인하였다.



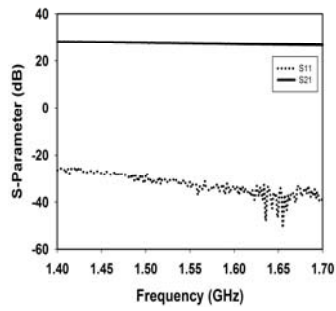
(a) 100 MHz ~ 600 MHz



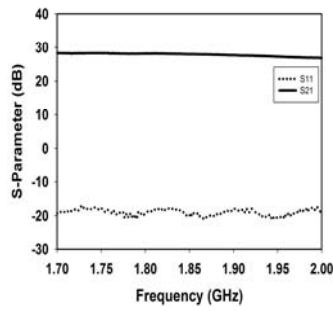
(b) 600 MHz ~ 1000 MHz



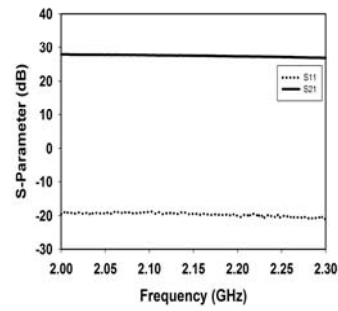
(c) 1 GHz ~ 1.4 GHz



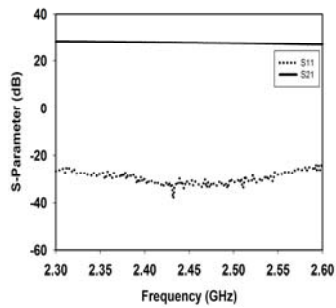
(d) 1.4 GHz ~ 1.7 GHz



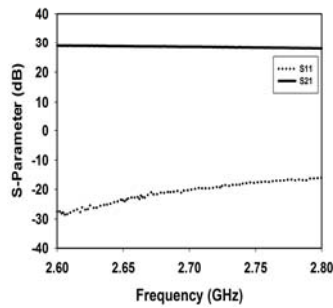
(e) 1.7 GHz ~ 2 GHz



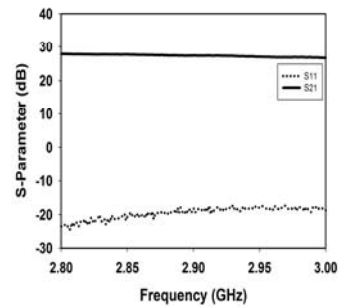
(f) 2 GHz ~ 2.3 GHz



(g) 2.3 GHz ~ 2.6 GHz



(h) 2.6 GHz ~ 2.8 GHz



(i) 2.8 GHz ~ 3 GHz

(그림 4-15) 저잡음 증폭기(LNA) 특성 측정 결과

나. 이동식 전파 잡음 측정시스템 종합 성능 평가

표 4-2에서 보는바와 같이 이번에 구축한 간이 이동식 전파 잡음 측정시스템의 총 잡음지수는 모든 대역에서 2.57 ~ 4.78 dB 이내로 설계 목표인 5 dB 이하를 만족하였다.

이는 미국, 유럽 등에서 구축한 전파 잡음 측정시스템의 잡음지수에 해당하는 수준으로 국제적 수준의 전파 잡음 측정시스템을 구축하였음을 의미한다.

〈표 4-2〉 간이 이동식 측정시스템 잡음지수 분석 결과

필터	center	RF cable1	BPF loss	스위치 박스	LNA NF	LNA Gain	스위치 박스	RF cable3	PSA NF	Pin (-174+NF): dBm	sys NF
95~195	145	0.2	0.97	0.05	1.32	27.9	0.05	0.1	7	-171.43	2.57
195~375	275	0.2	0.88	0.3	1.32	27.9	0.3	0.2	7	-171.27	2.73
375 ~ 750	488	0.36	0.51	0.65	1.32	27.9	0.65	0.3	7	-171.13	2.87
	700	0.45	0.51	0.75	1.3	27.9	0.75	0.35	7	-170.96	3.04
750 ~ 1500	800	0.45	0.45	0.725	1.3	27.4	0.725	0.4	7	-171.04	2.96
	1200	0.58	0.45	0.75	1.32	27.2	0.75	0.42	7	-170.86	3.14
	1500	0.67	0.45	0.7	1.37	27.6	0.7	0.48	7	-170.77	3.23
1500 ~ 3000	1500	0.67	0.82	0.725	1.37	27.6	0.725	0.52	7	-170.38	3.62
	1850	0.74	1.01	0.86	1.36	27.8	0.86	0.56	7	-169.99	4.01
	2230	0.78	1	0.97	1.43	27.5	0.97	0.62	7	-169.78	4.22
	2500	0.82	1	1.23	1.42	27.7	1.23	0.71	7	-169.49	4.51
	2700	0.88	1	1.32	1.42	28.4	1.32	0.76	7	-169.34	4.66
	2900	0.92	1	1.4	1.41	27.3	1.4	0.84	7	-169.22	4.78

제4절 전파환경 잡음 측정 및 분석

1. 전파환경 잡음 측정

가. 측정 지역 및 측정시스템

이번 절에서는 연구원에서 구축한 전파 잡음 측정 시스템을 이용하여 광주(2), 전남 나주(2) 지역의 4개 지점(대도시(1), 주거지역(1), 중소도시(2))에서 측정한 전파환경 잡음 값과 임펄스 잡음 발생 분석 결과를 기술한다.

도심 또는 주거지역에서의 전파 잡음 값은 자연 잡음보다는 인공 잡음의 영향을 주로 받기 때문에 전파 잡음 값은 단일 주파수에서도 시간과 장소에 따라 차이가 난다. 따라서 국제 권고(ITU-R SM.1753)에서 권고한 대로 측정 지점별로 24시간 이상 전파잡음을 측정하였다. 측정 지점은 주변 장애물로부터 안전거리가 충분히 확보되어 24시간 측정이 가능한 지점으로 선정하였으며 전파 잡음 측정지점에 대한 상세 정보는 표 4-3과 같다.

〈표 4-3〉 모폴로지별로 분류된 측정 지역

번호	구 분	지점명	주소
1	대도시	광주 상무지구	광주 서구 상무 중앙로 34번길 2
2	주거	광주 동신대 한방병원	광주 남구 월산로 132번길 10
3	중소도시	나주혁신도시 연구원	전남 나주시 빛가람로 767 국립전파연구원
4		나주혁신도시 호수	전남 나주시 문화로 중야 2길

나. 측정 방법 및 절차

전파환경 잡음 측정은 '13년에 구축한 우리 원의 전파 잡음 측정시스템을 이용하여 측정하였으며 측정 주파수는 100 MHz~ 3 GHz 대역 중 6개 대역(118 MHz, 413 MHz, 725 MHz, 991 MHz, 1470 MHz, 2220 MHz)에서 무선국 신호성분이 없는 주파수를 선정하여 전파환경 잡음을 측정하였다. 전파 잡음 측정 방법 및 절차에 관한 사항은 다음과 같은 순서로 진행하였다.

- ① 측정시스템을 그림 4-16과 같이 구성하여 관심 주파수 대역(6개 대역)을 대상으로 사전 스캔(Pre-Scan)하여 무선국 신호가 없는 세부 측정 주파수를 선정한다.
- ② 그림 4-17과 같이 전파 잡음 측정시스템을 구성한다. 이때 계측기 스패ن(Span)은 0으로 설정하고, 분해능(RBW)은 100 kHz 또는 1 MHz로 설정한다.
- ③ 계측기의 측정 주파수를 ①에 의해 선정된 주파수로 설정하고 짧은 시간 간격($1/2RBW$)으로 수신세기 변화를 측정하여 컴퓨터에 저장한다.
- ④ 측정된 원시 데이터를 후처리한 후 진폭확률분포(APD) 그래프를 이용하여 전파환경 잡음(WGN) 값을 추출하고 임펄스 잡음 발생확률 등에 대한 정보를 추출한다.



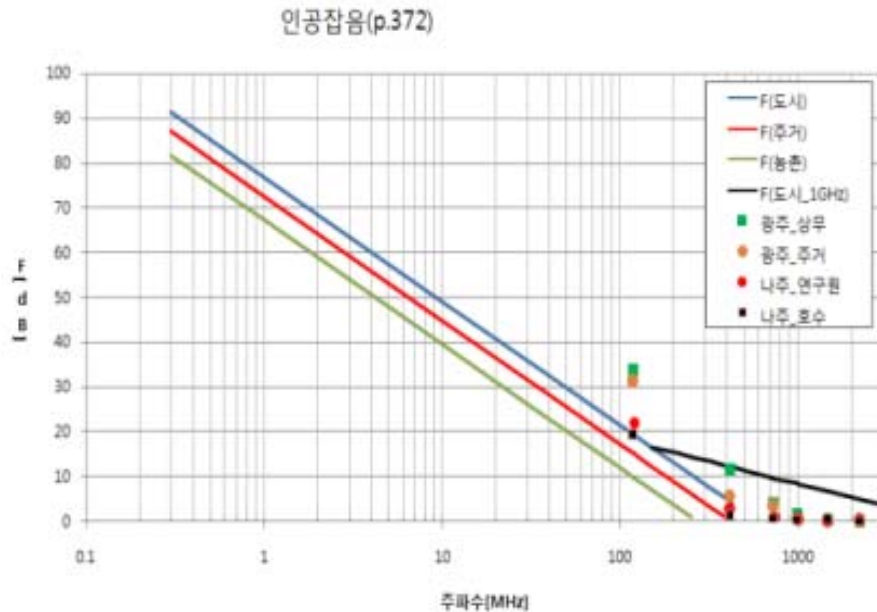
(그림 4-16) 임펄스성 잡음 측정대상 주파수 선정을 위한 측정시스템 구성도



(그림 4-17) 임펄스성 잡음 측정시스템 구성도

2. 전파환경 잡음 측정 결과 분석

광주·나주 4개 지점에서 측정한 전파환경 잡음(WGN) 값은 그림 4-18과 같이 나타났다. 각 지점별, 주파수별 상세한 결과는 아래에서 기술한다.



(그림 4-18) 광주/나주 지역별 주파수별 전파 잡음 측정 결과

가. 지역별 측정 결과

여기서는 광주·나주 지역 4개 지점에서 전파환경 잡음을 측정하고 분석한 결과를 전파 잡음(WGN) 값과, 임펄스 발생 확률로 구분하여 정리하였다. 여기에서 정리된 결과는 장비 잡음(k dB)의 영향을 제거(후처리)한 순수 잡음 값이며, 전파 잡음 특성은 무선국 신호의 유입을 최대한 배제하기 위해 ITU-R SM.1753 권고에 따라 계측기 분해능(RBW)을 1 kHz로 설정하여 측정한 결과를 분석한 것이며 임펄스 잡음 발생 확률은 수 μ 의 짧은 펄스 신호를 검출하기 위해 계측기 분해능(RBW)을 1 MHz로 설정하여 측정·분석한 결과이다.

1) 광주 상무 지구(대도심)

광주 대도심 지역에서 6개 주파수 대역(118 MHz, 413 MHz, 725 MHz, 991 MHz, 1470 MHz, 2220 MHz)에서 측정한 전파잡음 발생 특성은 표 4-4와 같이 나타났다.

118 MHz 대역의 경우, 전파환경 잡음(WGN) 값은 열잡음(-174 dBm/Hz) 보다 33.70 dB 높게 나타났으며 413 MHz 대역에서는 약 11.60 dB, 725 MHz 대역에서는 약 3.96 dB 높게 나타났다. 그리고 991 MHz 이상의 대역에서는 약 1.52 dB 이하의 결과를 보였다.

한편 임펄스 잡음 발생 확률은 118 MHz 대역에서 약 0.1%로 가장 높게 나타났으며 413 MHz와 725 MHz 대역에서는 약 0.06%의 임펄스 잡음이 발생하였으며 991 MHz 대역에서는 0.026%의 임펄스 잡음이 발생하는 것으로 나타났다. 1470 MHz와 2220 MHz의 기가 헤르츠 이상의 대역에서는 임펄스 잡음이 거의 발생하지 않는 것을 확인 하였다. 또한 전파환경 잡음(WGN) 및 임펄스 잡음 발생 확률은 ITU-R P.372의 예상대로 주파수에 반비례하여 나타났다.

〈표 4-4〉 광주 대도시 지역 전파 잡음 특성

대표주파수 (MHz)	WGN (dB above KTB)	IN발생률 (%)
118	33.70	0.103354
413	11.60	0.064085
725	3.96	0.061672
991	1.52	0.026199
1470	0.15	0.012022
2220	0.03	0.007721

2) 광주 주거 지역

광주 동신대 한방병원 근처의 주거 지역에 전파 잡음 발생 특성은 표 4-5와 같이 나타났다. 118 MHz 대역에서는 약 31.2 dB 열잡음보다 높게 나타났으며 413 MHz 대역에서는 약 5.43 dB, 725 MHz 대역에서는 약 3.42 dB 그리고 991 MHz 이상의 대역에서는 약 0.2 dB 이하의 결과를 보였다.

임펄스 잡음 발생 확률은 118 MHz 대역에서 약 0.13%로 가장 높은 임펄스 잡음 발생률을 보였으며, 413 MHz와 725 MHz 대역에서는 각각 약 0.03%, 0.02%의 임펄스 잡음이 발생하였고, 991 MHz 대역에서는 0.015%의 임펄스 잡음이 발생하는 것으로 보였다. 1470 MHz와 2220 MHz의 기가 헤르츠 이상의 대역에서는 대도시에서 보였던 것과 같이 임펄스 잡음이 거의 발생하지 않는 것을 확인되었다. 또한 전파 잡음 및 임펄스 잡음 발생확률은 대도시와 마찬가지로 ITU-R P.372의 예상대로 주파수에 반비례하여 나타났다.

〈표 4-5〉 광주 주거 지역 전파 잡음 특성

대표주파수 (MHz)	WGN (dB above KTB)	IN발생률 (%)
118	31.2	0.12831
413	5.43	0.03387
725	3.42	0.02654
991	0.2	0.01517
1470	0.15	0.00478
2220	0.14	0.00044

3) 나주 부도심 지역

나주 지역의 경우, 우리 원 주차장과 나주 혁신도시 호수공원 주변에서 각각 전파환경 잡음을 측정하였는데 2지역 모두 측정지역이 부도심 정도에 해당하며 측정 결과도 유사한 결과를 보였다. 따라서 나주 2개 지점에서 측정한 결과를 종합하여 전파잡음 발생 특성을 분석하였으며 분석 결과는 표 4-6과 같이 나타났다.

나주 부도심 지역의 전파 잡음 특성은 118 MHz 대역에서는 열잡음보다 약 20.55 dB 높게 나타났으며 413 MHz 대역에서는 약 2.06 dB, 725 MHz 대역에서는 약 0.84 dB 높게 나타났다. 그리고 991 MHz 이상의 대역에서는 약 0.31 dB 이하의 결과를 얻었다.

한편 임펄스 잡음 발생 확률은 118 MHz 대역에서 약 0.08%로 가장 높게 나타났으며 413 MHz와 725 MHz 대역에서는 각각 약 0.03%, 0.007%의 임펄스 잡음이 발생하였고, 991 MHz 대역에서는 0.003%의 임펄스 잡음이 발생하였다. 1470 MHz와 2220 MHz의 기가 헤르츠 이상의 대역에서는 대도시와 주거 지역에서 보였던 것과 같이 임펄스 잡음이 거의 발생하지 않는 것을 확인 하였다.

〈표 4-6〉 나주 부도심 지역 전파 잡음 특성

대표주파수 (MHz)	WGN (dB above KTB)	IN발생률 (%)
118	20.55	0.080817
413	2.06	0.03774
725	0.84	0.007013
991	0.31	0.008994
1470	0.15	0.000785
2220	0.025	0.0000074

나. 주파수별 측정 결과

1) 118 MHz 대역 특성

표 4-7은 4개 지점에서 118 MHz 대역의 전파환경 잡음값을 보여준다. 118 MHz 대역의 전파 환경잡음 값은 대도시에서 33.7 dB로 가장 높았으며, 주거 지역은 31.2 dB, 부도심 지역은 약 20 dB의 결과를 보였다. 하지만 전파 환경 잡음 값과 달리 임펄스 발생 확률은 부도심 지역에서 약 0.4%, 0.2%로 가장 높았고, 주거, 대도시 순으로 나타났다. 이는 나주 혁신도시 개발로 인한 측정 지역 주변의 잦은 대형 차량 이동 및 크레인 등의 모터류에서 기인한 결과로 추정된다.

〈표 4-7〉 118 MHz 대역

category	지역명	잡음 측정값	above KTB	IN발생률 (%)
대도시	광주 상무지구	-140.3	33.70	0.103354
주거	광주 월산동	-142.8	31.2	0.128317
부도심	혁신도시 RRA	-151.89	22.11	0.199614
	혁신도시 호수공원	-155.02	18.98	0.416731

2) 413 MHz 대역 특성

다음은 413 MHz 대역의 전파 잡음 측정 결과이다. 표 4-8에서 보여주는 바와 같이 413 MHz 대역의 전파 환경 잡음 값은 대도시에서 11.6 dB로 가장 높았으며, 주거 지역은 5.43 dB, 부도심 지역은 약 3 dB 이하의 결과를 보였다. 임펄스 발생 확률은 부대도시 지역에서 약 0.06%, 주거지역에서 0.03%, 부도심 지역에서 0.05% 및 0.025%로 나타났다.

〈표 4-8〉 413 MHz 대역

category	지역명	잡음 측정값	above KTB	IN발생률 (%)
대도시	광주 상무지구	-162.4	11.60	0.064085
주거	광주 월산동	-168.57	5.43	0.03387
부도심	혁신도시 RRA	-171.03	2.97	0.050007
	혁신도시 호수공원	-172.85	1.15	0.025409

3) 725 MHz 대역 특성

다음은 725 MHz 대역의 전파 잡음 측정 결과이다. 표 4-9에서 보여주는 바와 같이 725 MHz 대역의 전파 환경 잡음 값은 대도시에서 3.96 dB로 가장 높았으며, 주거 지역은 3.42 dB, 부도심 지역은 약 1 dB 이하의 결과를 보였다. 또한 임펄스 발생 확률은 대도시 지역에서 약 0.06%로 가장 높았으며, 주거 지역에서 0.0026%, 부도심지역 혁신도시 호수공원에서 0.013%, 연구원 0.0069%의 결과를 얻었다.

〈표 4-9〉 725 MHz 대역

category	지역명	잡음 측정값	above KTB	IN발생률 (%)
대도시	광주 상무지구	-170.04	3.96	0.061672
주거	광주 월산동	-170.58	3.42	0.00265
부도심	혁신도시 RRA	-172.96	1.04	0.006961
	혁신도시 호수공원	-173.37	0.63	0.013334

4) 991 MHz 대역 특성

다음은 991 MHz 대역의 전파 잡음 측정 결과이다. 표 4-10에서 보여주는 바와 같이 725 MHz 대역의 전파 환경 잡음 값은 대도시에서 1.52 dB로 가장 높았으며, 나머지 3개 지역에서는 약 0.35 dB 이하의 결과를 보였다. 또한 임펄스 발생 확률은 대도시 지역에서 약 0.026%로 가장 높았으며, 주거 지역에서 0.015%, 부도심지역 혁신도시 호수공원에서 0.016%, 연구원 0.0047%의 결과를 얻었다.

〈표 4-10〉 991 MHz 대역

category	지역명	잡음 측정값	above KTB	IN발생률 (%)
대도시	광주 상무지구	-172.48	1.52	0.026199
주거	광주 월산동	-173.8	0.2	0.015173
부도심	혁신도시 RRA	-173.73	0.27	0.016908
	혁신도시 호수공원	-173.65	0.35	0.004789

5) 1470 MHz 대역 특성

다음은 1470 MHz 대역의 전파 잡음 측정 결과이다. 표 4-11에서 보여주는 바와 같이 1470 MHz 대역의 전파 환경 잡음 값은 모든 지역에서 0.2 dB 이하의 결과를 보였다. 또한 임펄스 발생 확률은 대도시 지역에서 약 0.012%로 가장 높았으며, 주거 지역에서 0.0047%, 부도심지역 혁신도시 호수공원에서 0.001%, 연구원 0.00049%의 결과를 얻었다.

〈표 4-11〉 1470 MHz 대역

category	지역명	잡음 측정값	above KTB	IN발생률 (%)
대도시	광주 상무지구	-173.85	0.15	0.012022
주거	광주 월산동	-173.85	0.15	0.004784
부도심	혁신도시 RRA	-173.87	0.13	0.00108
	혁신도시 호수공원	-173.83	0.17	0.00049

6) 2220 MHz 대역 특성

다음은 2220 MHz 대역의 전파 잡음 측정 결과이다. 표 4-12에서 보여주는 바와 같이 2220 MHz 대역의 전파 환경 잡음 값은 모든 지역에서 열잡음과 비슷한 결과를 보였다. 또한 임펄스 발생 확률은 대도시 지역에서 약 0.0077%로 가장 높았으며, 나머지 지역에서는 수백 개 내외로 거의 발생하지 않는 것을 확인하였다.

〈표 4-12〉 118 MHz 대역

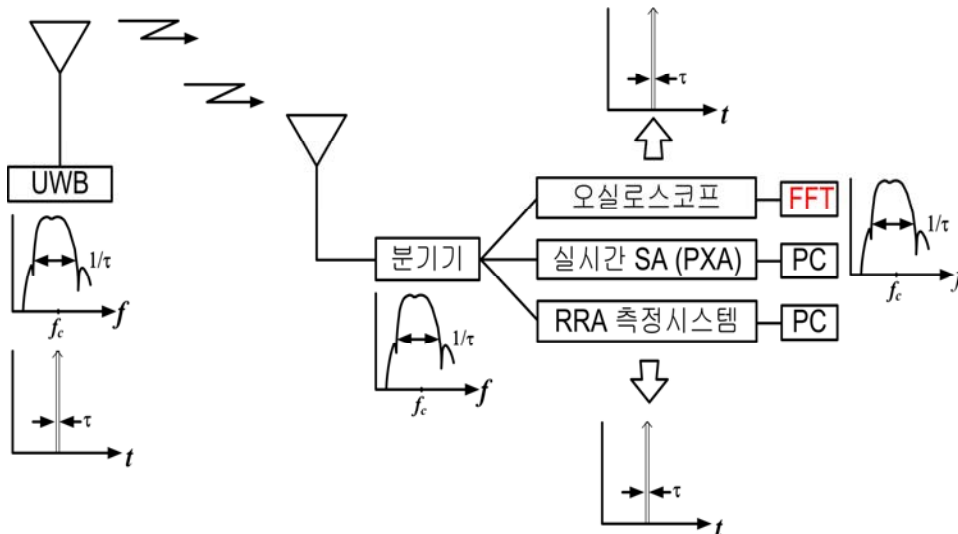
category	지역명	잡음 측정값	above KTB	IN발생률 (%)
대도시	광주 상무지구	-173.97	0.03	0.007721
주거	광주 월산동	-173.86	0.14	0.00044
부도심	혁신도시 RRA	-173.97	0.03	0.00000703
	혁신도시 호수공원	-173.98	0.02	0.00000786

제5절 기기별 임펄스 잡음 발생특성 측정 및 분석

1. 임펄스 잡음 측정시스템 검증

차량, 오토바이 및 가전기기 등에서 발생하는 기기별 임펄스 잡음 발생 특성을 측정하기 전에 먼저 우리 원에서 2013년에 구축한 임펄스잡음 측정시스템의 성능을 확인하는 실험을 수행하였다.

그림 4-19는 초광대역(UWB) 신호 발생기를 이용하여 우리원에서 구축한 임펄스 잡음 측정시스템과 분석 방법에 대한 타당성을 확인하기 위한 실험 구성도를 보여준다. 본 실험에서 이용한 초광대역(UWB) 신호 발생기(모델명 : NETGEAR PTVU1000)는 영상전송 송수신장치로서 4.25 GHz ~ 4.75 GHz 대역에서 UWB 기술을 이용하여 대용량 정보를 무선으로 송수신하는 장치이다. 그림 4-19에서 보는 바와 같이 UWB 신호 발생기에서 펄스 신호를 방사할 때 수신 안테나 뒷단에 분기기를 이용하여 오실로스코프, 실시간 스펙트럼분석기(PXA) 그리고 RRA 임펄스 잡음 측정시스템으로 각각 측정하여 측정결과를 비교·분석 하였다. 이 실험은 전자파 무반사실 내에서 수행하였다.



(그림 4-19) 임펄스 잡음 측정 방법 타당성 실험 구성도

가. 오실로스코프 측정 결과

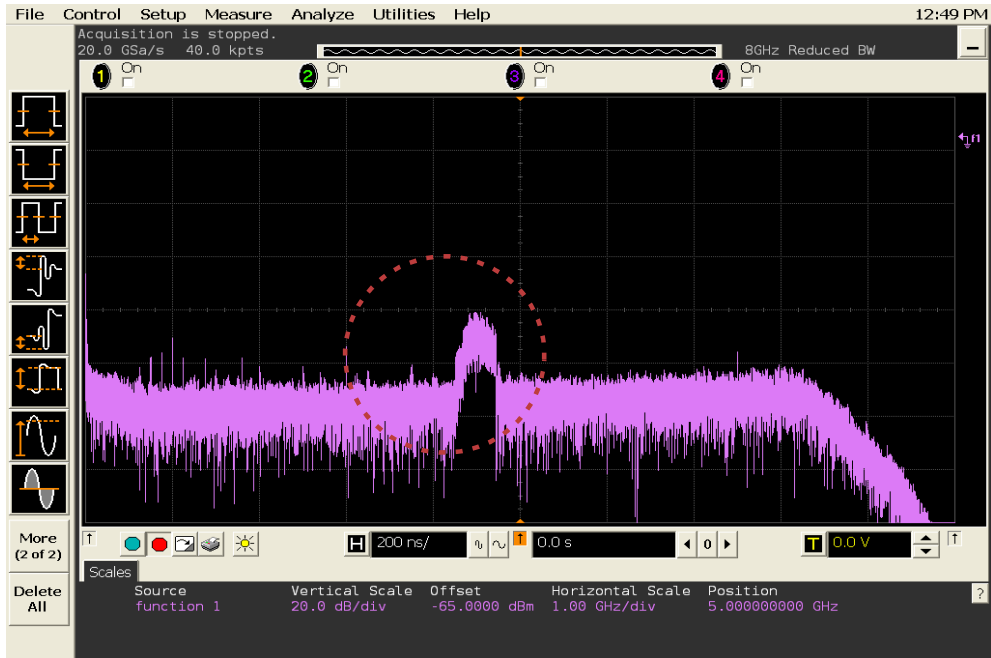
오실로스코프로 측정한 UWB 신호 발생원의 수신 신호는 그림 4-20과 같이 나타났다. UWB 소스는 펄스 형태로 데이터를 전송하고 있으며 이때 펄스 주기는 약 $400\ \mu\text{s}$ 로 나타났다.

한편 그림 4-21은 그림 4-20 형태로 수신된 UWB 신호를 고속 푸리에 변환(FFT)한 결과를 보여준다. 그리고 그림 4-22는 점선 부분을 확대한 결과를 보여준다. 그림 4-21 또는 그림 4-22를 살펴보면 UWB 신호는 $4250\ \text{MHz} \sim 4750\ \text{MHz}$ 대역에서 $500\ \text{MHz}$ 광대역으로 데이터를 전송함을 알 수 있다.

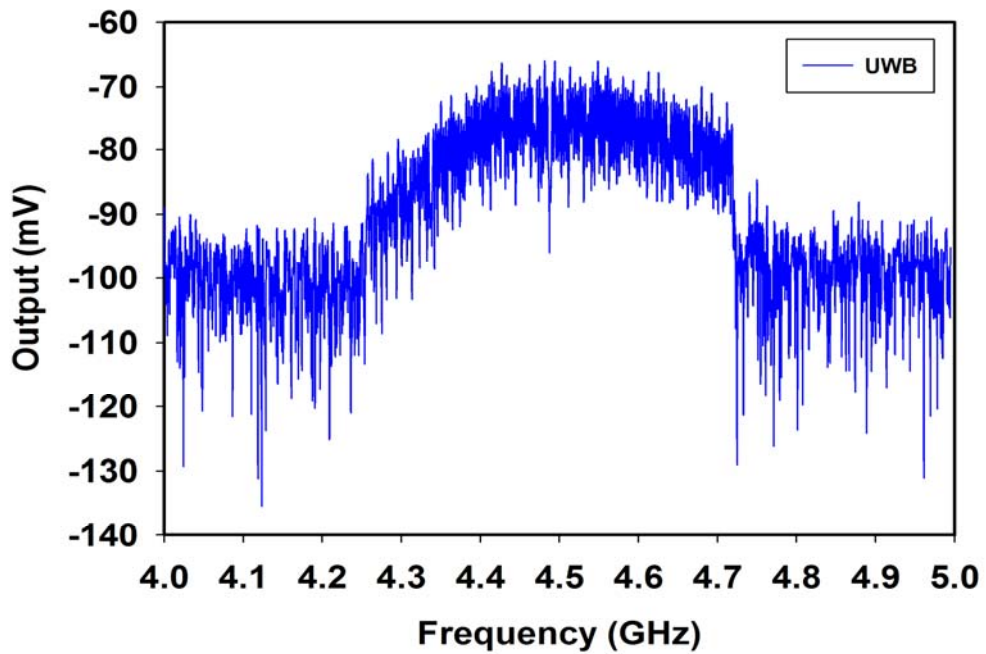
그림 4-20에서 보는 것처럼 오실로스코프를 통해 UWB 신호를 측정하면 UWB 신호가 펄스 형태로 신호를 전송되고 있으며 이와 관련한 펄스폭, 펄스주기 등에 대한 정보를 알 수 있으나 UWB 신호가 이용하는 주파수 대역에 대한 정보는 알 수 없다. 그러나 그림 4-21과 같이 이를 고속 푸리에 변환(FFT)하여 보면 UWB 신호가 $4250\ \text{MHz} \sim 4750\ \text{MHz}$ 대역에서 $500\ \text{MHz}$ 폭의 주파수를 이용하고 있음을 알 수 있으나, 펄스폭이나 펄스 주기 등 펄스 신호에 대한 정보는 알 수 없는 단점이 있다.



(그림 4-20) 오실로스코프로 측정한 UWB 소스 결과



(그림 4-21) 오실로스코프에서 FFT한 UWB 신호

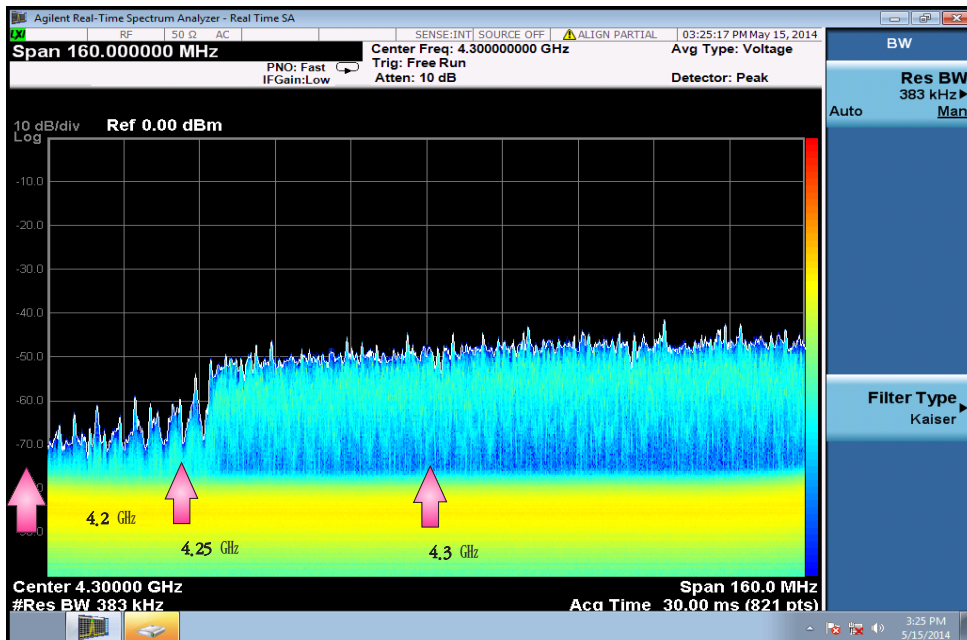


(그림 4-22) 그림 4-21 점선의 UWB 신호를 확대

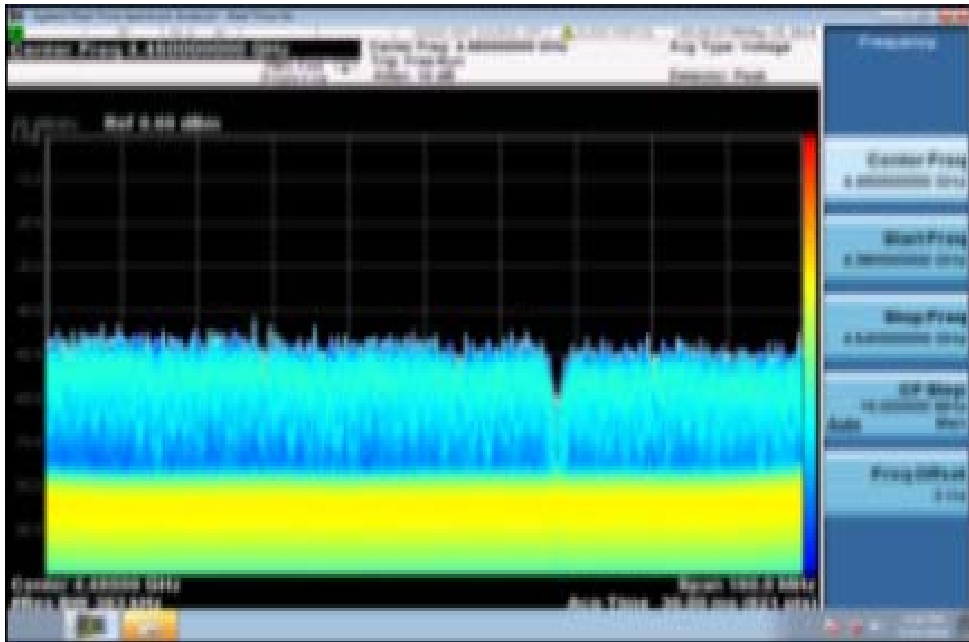
나. 실시간 스펙트럼 분석기(PXA) 측정 결과

실시간 스펙트럼 분석기(PXA)를 이용하여 UWB 기기의 송신 신호를 측정한 결과는 그림 4-23과 같이 나타났다. 실험에서 이용한 실시간 스펙트럼 분석기(PXA)는 한 화면에서 최대 160 MHz까지만 측정할 수 있도록 제한되어 있다. 그림 4-23 (a)~(c)는 각각 UWB 신호가 시작하는 주파수대역(그림 4-23 (a))과 중간 부분(그림 4-23 (b)), 그리고 UWB 신호가 끝나는 주파수대역(그림 4-23 (c)) 부분을 보여준다. 이와 같이 실시간 스펙트럼 분석기로 측정한 결과는 오실로스코프로 고속 푸리에 변환(FFT)하여 살펴본 결과인 그림 4-21과 동일하게 나타났다. 즉 UWB 신호는 4250 MHz ~ 4750 MHz 대역에서 500 MHz 대역폭으로 데이터를 전송함을 알 수 있다.

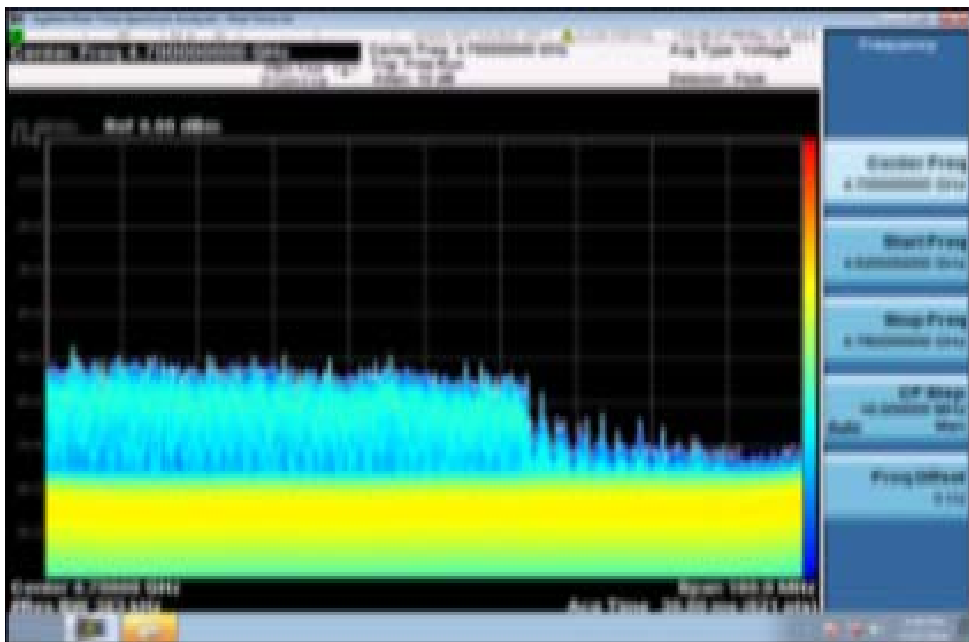
참고로 그림 4-23 (a)에서는 4.20 GHz, 4.25 GHz, 4.30 GHz에 화살표를 표시하였는데 이는 우리원에서 구축한 전파잡음 측정시스템으로 해당 주파수에서 임펄스 신호를 측정할 경우 수신여부를 비교하기 위한 주파수이다. 이와 관련한 세부 내용은 아래에서 항에서 상세히 기술한다.



(a) 4220 ~ 4380 MHz



(b) 4380 ~ 4540 MHz



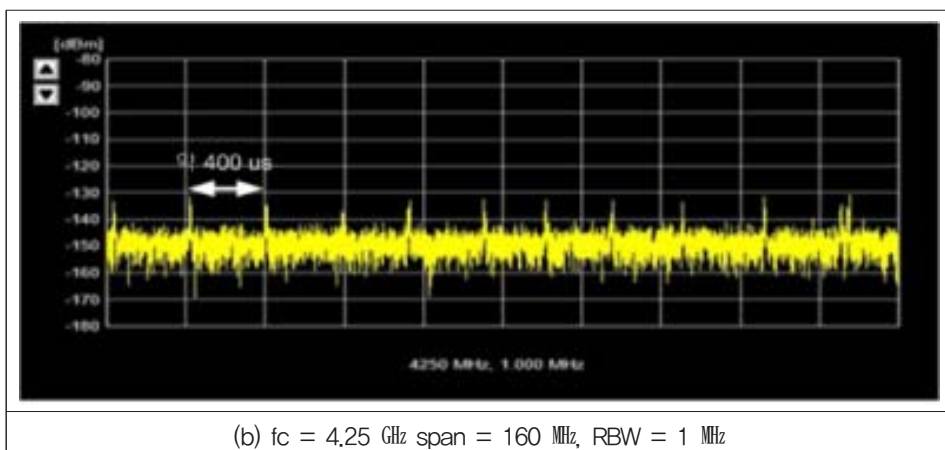
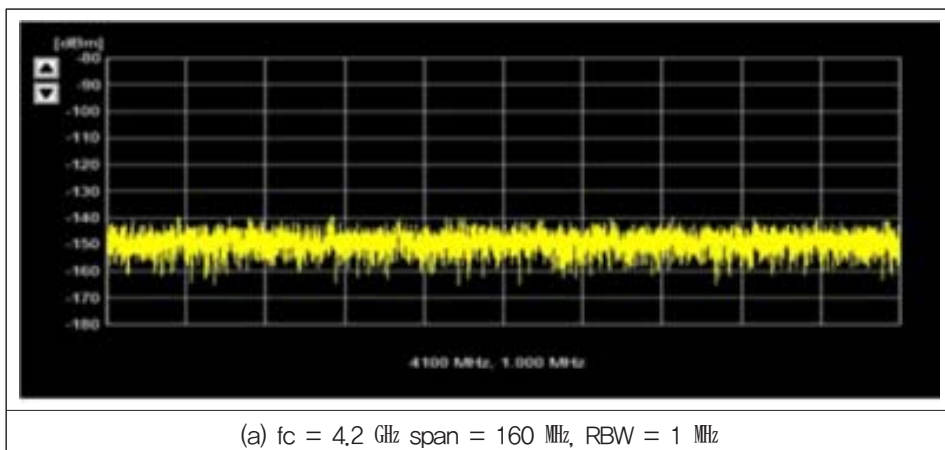
(c) 4620 ~ 4770 MHz

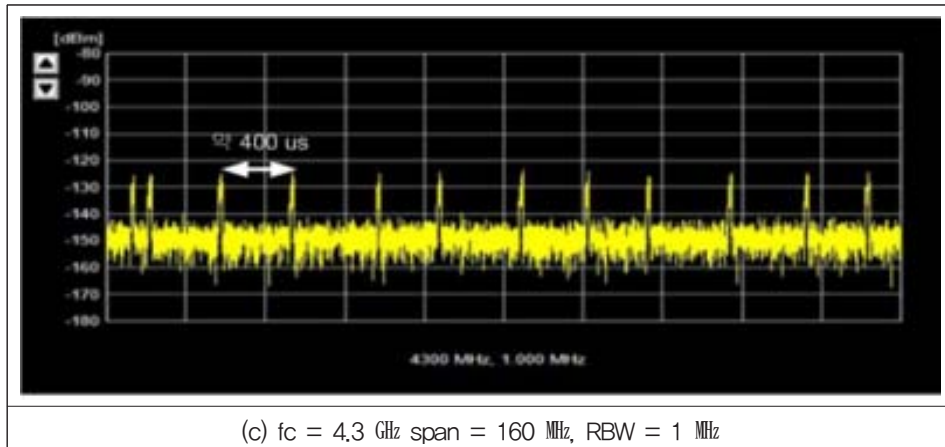
(그림 4-23) UWB 소스의 실시간 스펙트럼 분석기 측정 결과

다. RRA 전파 잡음 측정 시스템 측정 결과

임펄스성 잡음은 짧은 시간동안 넓은 주파수 대역에 걸쳐 순간적으로 나타났다가 사라진다. 따라서 앞의 그림 4-7과 같은 전파 잡음 측정시스템을 이용하여 제4장 제2절에서 기술한 것처럼 특정 주파수에서 스펙트럼 분석기의 스패를 0으로 설정하고 고속으로 측정하면 해당 주파수 대역에서 발생하는 임펄스 잡음을 측정할 수 있다. 여기서 스펙트럼 분석기의 스패를 0으로 설정한다는 것은 오실로스코프와 같이 시간 축에 따라 특정 주파수의 수신세기 변화를 측정함으로 의미한다.

그림 4-24는 우리 원에서 구축한 전파 잡음 측정시스템으로 UWB 신호를 측정한 결과를 보여준다.





(그림 4-24) UWB 소스의 RRA 측정시스템 측정 결과

그림 4-24 (a), (b), (c)는 각각 4.20 GHz, 4.25 GHz, 4.30 GHz 주파수에서 매우 짧은 시간간격($1/2\text{RBW} = 0.5 \mu\text{s}$)으로 측정한 결과를 보여준다. UWB 신호는 펄스 신호이며 4.25 GHz ~ 4.75 GHz 주파수 대역에 걸쳐 나타난다. 따라서 UWB 신호의 지속시간이 $0.5 \mu\text{s}$ 이상이면 우리 원의 전파 잡음 측정시스템으로 해당 임펄스 신호를 측정할 수 있을 것으로 추정할 수 있다.

그림 4-23 (a)에서 보듯이 4.20 GHz 주파수에서는 임펄스 신호가 수신되지 않을 것으로 추정할 수 있는데 실제 측정결과인 그림 4-24 (a)에서 이것을 확인할 수 있다. 한편 그림 4-23 (a)에서 보듯이 4.25 GHz 주파수는 임펄스 신호세기가 다소 미약하게 나타날 것으로 추정되며 실제 측정결과(그림 4-24 (b)에서도 이러한 결과를 보여주고 있다. 그리고 그림 4-24 (c)는 4.30 GHz 주파수에서 UWB 신호가 정상적으로 측정됨을 보여준다. 이와 같이 우리 원에서 구축한 전파 잡음 측정시스템으로 측정한 펄스성 UWB 신호의 펄스 주기는 약 $400 \mu\text{s}$ 로 오실로스코프의 결과와 동일한 결과를 보였으며, UWB 소스의 주파수 대역(4.25 GHz ~ 4.75 GHz)내에서는 진폭 변화만 약간 있을 뿐 펄스 폭 및 주기는 동일함을 확인하였다.

지금까지 그림 4-19와 같이 UWB 신호를 세 가지 방법으로 측정했을 때 측정 결과를 상호 비교하였다. 세 가지 방식의 측정 결과는 예상했던 것과 같이 UWB 신호에 대하여 동일한 시간 및 주파수 특성을 측정함을 확인하였다. 따라서 우리원에서 구축한 전파 잡음 측정시스템이 실제 임펄스성 잡음을 올바르게 측정할 수 있음을 확인하였다.

2. 기기별 임펄스 잡음 발생특성 측정 및 분석 등

우리의 생활 주변에서 나타나는 대부분의 전파 잡음은 인류가 편리한 삶을 영위하기 위하여 개발한 다양한 산업, 생활, 가정기기 등에 기인한다. 따라서 우리 원에서는 개별 기기에서 발생하는 임펄스잡음 발생 특성을 측정·분석하기 위하여 자동차, 오토바이 등의 엔진류와 가전기기(믹서, 헤어드라이기)등의 모터류에서 발생하는 개별 임펄스 잡음 발생 특성을 시험·측정하였다. 이번에 측정한 개별 임펄스 잡음 발생원으로는 차량 3종, 오토바이 2종, 가전기기 2종 등 총 7종을 시험하였으며 그 결과는 표 4-13과 같이 나타났다.

〈표 4-13〉 기기별 임펄스잡음 발생 특성

제품명 규격		사진	IN발생 대역[MHz]	세기@3m, RBW 100kHz [dBm/Hz]	펄스주기 [μs]	펄스폭 [μs]
차량	트럭(E-마이트) 2.5t, 2005년식		~280	-	19,000	200
	봉고(프레지오) 1.4t, 2003년식		-	-	-	-
	승용차(라세티) 1500cc, 2003년식		~200	-140	16,000	200
오토 바이	citi Ace II 100cc, 2010년식		~2,500	-130	28,000	250
	보이저에보 125cc, 2010년식		~70	-	-	-
가전 제품	믹서(도깨비방망이) 170W, 2013년		~ 2,500	-140	280	10~70
	헤어드라이 1kW, 2001년		~ 2,500	-130	800	4~20

차량의 경우, 우리원에서 보유한 측정용 차량 2종과 승용차 1종을 시험하였으며 오토바이의 경우, 우리 주변에서 자주 접할 수 있는 가장 일반적인 모델 2종을 시험하였다. 그리고

가전제품의 경우, 믹서와 헤어 드라이기를 대상으로 임펄스 발생 특성을 시험하였다. 개별 소스별 임펄스 잡음 발생 특성을 분석하기 위하여 실시간 스펙트럼분석기와 우리원 전파 잡음 측정시스템을 이용하였으며 이를 이용하여 임펄스 발생 주파수 대역, 임펄스잡음 펄스 발생간격 및 펄스 지속시간 등을 분석하였다. 이때 측정대상 기기와 수신용 안테나는 3m 이격하여 측정하였으며 우리원 전파 잡음 측정시스템의 경우, 스펙트럼분석기의 분해능(RBW)은 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz로 설정하여 각각 측정하였다. 이때 데이터 샘플링 시간은 분해능에 따라 1/2RBW로 각각 다르게 측정하였다. 즉 계측기 분해능(RBW)이 10 kHz일 때는 50 μ s 시간 간격으로 측정하였으며 계측기 분해능(RBW)이 100 kHz일 때는 5 μ s 시간 간격, 계측기 분해능(RBW)이 1 MHz일 때는 0.5 μ s 시간간격으로 측정하였다. 이렇게 측정·분석한 기기별 임펄스잡음 발생 특성은 표 4-13과 같이 나타났다.

가. 차량류의 임펄스잡음 발생 특성

차량에서 발생하는 임펄스잡음 발생 특성을 측정·분석하기 위하여 우리원에서 보유한 측정용 차량 2종과 일반 승용차 1종을 선택하여 측정하였다. 차량의 경우, 차량 엔진을 구동하고 차량이 정지한 상태에서 3 m 이격거리에서 차량에서 발생하는 임펄스 잡음을 측정하였는데 오토바이나 다른 가전기기와 비교할 때 임펄스 잡음 강도나 주파수 대역이 상대적으로 낮게 나타났다. 차량에서 발생하는 임펄스 잡음은 모두 300 MHz 이하에서 나타났으며 일부 차량의 경우 수신세기는 계측기 잡음 이하로 낮게 측정되었다.

한편 트럭과 승용차는 엔진을 구동하고 차량이 정지한 상태에서 임펄스 잡음을 측정하였는데 이때 차량의 분당 회전수(rpm)은 약 700 ~ 800회(트럭)와 1,000회(승용차) 정도에 해당하였다. 그리고 트럭과 승용차에서 발생하는 임펄스 잡음은 각각 19,000 μ s와 16,000 μ s 간격으로 발생하였는데 이는 차량 엔진의 분당회전수(rpm)과 관련하여 나타나는 것으로 추정된다. 트럭과 승용차는 모두 4기통 엔진이며 차축이 1회전하는 동안 4개의 엔진은 순차적으로 점화·폭발한다. 이를 가정하고 임펄스 잡음 발생 간격 19,000 μ s와 16,000 μ s를 이용하여 아래와 같이 차량의 분당 회전수(rpm)를 추정할 수 있는데 실제 차량계기에서 제공하는 분당 회전수(rpm)과 유사한 결과를 보임을 알 수 있다.

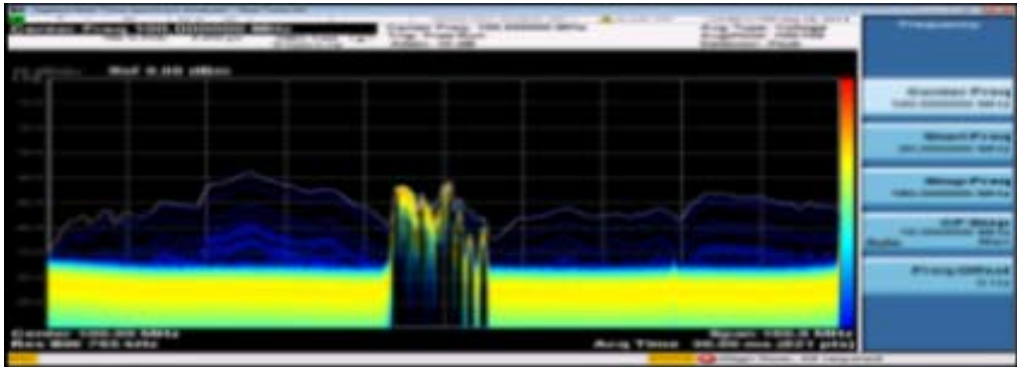
- 트럭의 rpm : $1 / [19 \times 10^{-6} \text{ s(임펄스 간격)} \times 4(4\text{기통})] \times 60(60\text{초}) = 789\text{회/분}$
- 승용차의 rpm : $1 / [16 \times 10^{-6} \text{ s(임펄스 간격)} \times 4(4\text{기통})] \times 60(60\text{초}) = 937\text{회/분}$

한편 이번 보고서에서 상세히 기술하지는 않았지만 차량의 분당 회전수(rpm)을 높여줄 때 임펄스 잡음 발생 특성 변화를 정성적으로 살펴보았다. 차량의 분당 회전수(rpm)가 높아짐에 따라 펄스 신호의 발생 주기는 이에 반비례하여 짧아졌으나 펄스의 세기는 차량의 분당 회전수(rpm)와 무관하게 일정한 세기를 보였다. 이는 차량에서 발생하는 임펄스 잡음은 주로 차량엔진의 점화장치와 직접적으로 관련되어 나타나는 현상임을 의미한다.

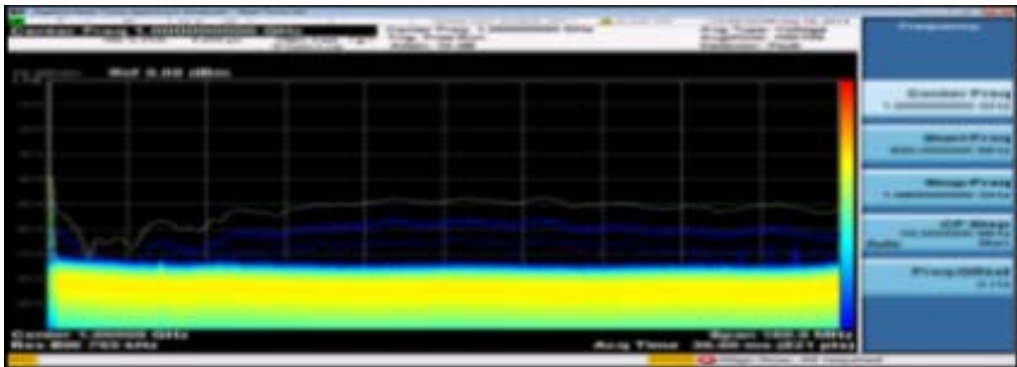
나. 오토바이류의 임펄스잡음 발생 특성

오토바이의 경우, 일반 가정 또는 음식점 등에서 많이 이용하는 가장 일반적인 모델 2종(100 cc, 125 cc)을 시험하였다. 100 cc 오토바이의 경우, 일반 음식점 등에서 많이 이용하는 저가형 제품이었으며 125 cc 오토바이는 일반 가정 등에 보급된 중급형 제품에 해당한다. 125 cc의 중급형 오토바이에서는 임펄스 잡음이 매우 낮은 주파수 대역(70 MHz 이하)에서 매우 약한 세기로 발생하였으나 100 cc급 저가형 오토바이 제품에서는 2.5 GHz 까지 매우 넓은 주파수 대역에서 상대적으로 높은 강도로 발생함을 확인하였다.

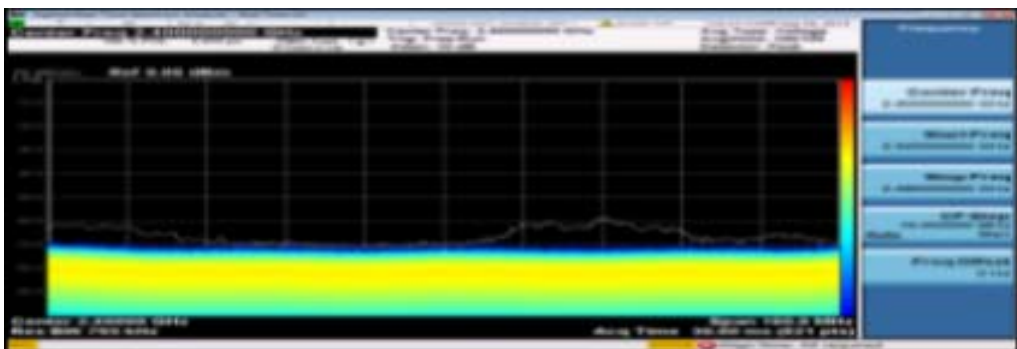
그림 4-25, 그림 4-26 그리고 그림 4-27은 실시간 스펙트럼 분석기와 우리원 전파 잡음 측정시스템으로 100 cc급 저가형 오토바이 제품의 임펄스 잡음 발생 특성을 측정한 결과를 보여준다. 그림 4-25에서 보는 바와 같이 100 cc 오토바이는 약 30 MHz ~ 2.5 GHz에서 임펄스 잡음이 광범위하게 발생함을 확인할 수 있다. 그러나 이를 통해서는 펄스 지속시간이나 펄스 발생주기 등에 관한 정보는 알 수 없다. 한편 그림 4-26과 그림 4-27은 우리원 전파 잡음 측정시스템을 이용하여 2개 주파수(117 MHz, 984 MHz)에서 각각 계측기 분해능을 달리(1 MHz, 100 kHz, 100 kHz)하여 측정한 결과를 보여준다. 계측기의 분해능을 높게 설정(RBW 1 MHz)한 경우, 오토바이에서 발생하는 펄스의 지속시간에 대한 정보를 보다 정확히 알 수 있는 반면, 낮은 분해능(100 kHz, 1000 kHz)에서는 펄스 주기에 대한 정보를 상대적으로 쉽게 알 수 있다. 이렇게 측정한 100 cc급 저가형 오토바이 제품의 임펄스 잡음은 펄스 지속시간이 약 250 μ s, 펄스 주기가 약 28,00 μ s로 나타났다.



(a) $f_c = 100 \text{ MHz}$

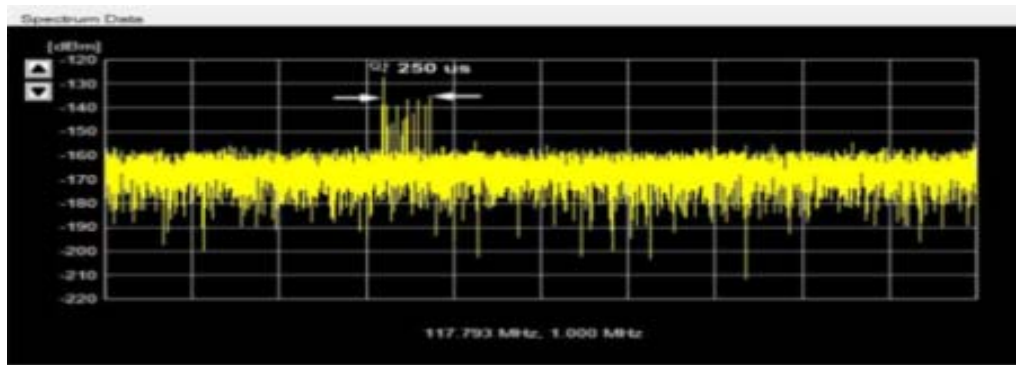


(b) $f_c = 1000 \text{ MHz}$

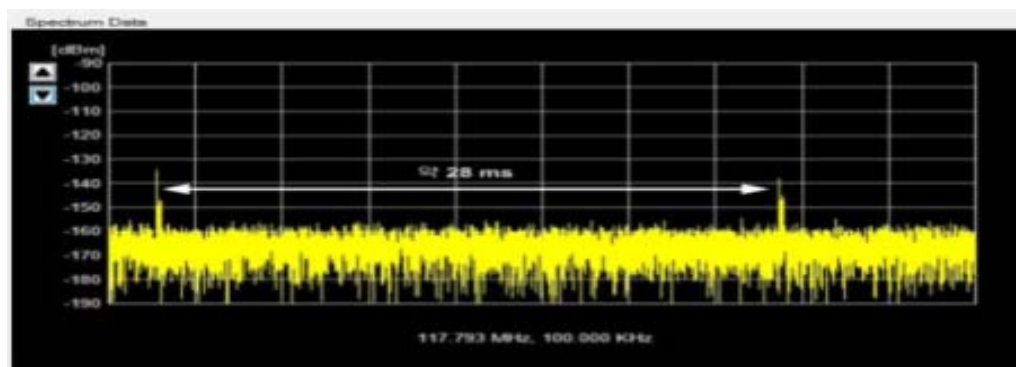


(c) $f_c = 2400 \text{ MHz}$

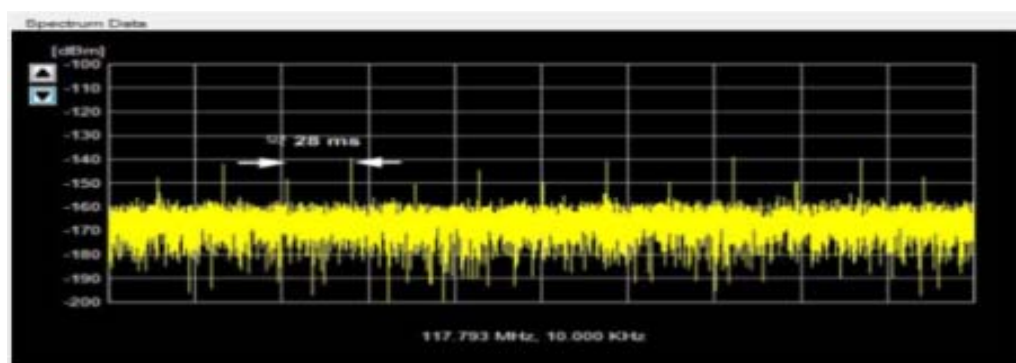
(그림 4-25) 실시간 SA 측정 결과 (100 cc 오토바이)



(a) $f_c = 117 \text{ MHz}$, $\text{RBW} = 1 \text{ MHz}$

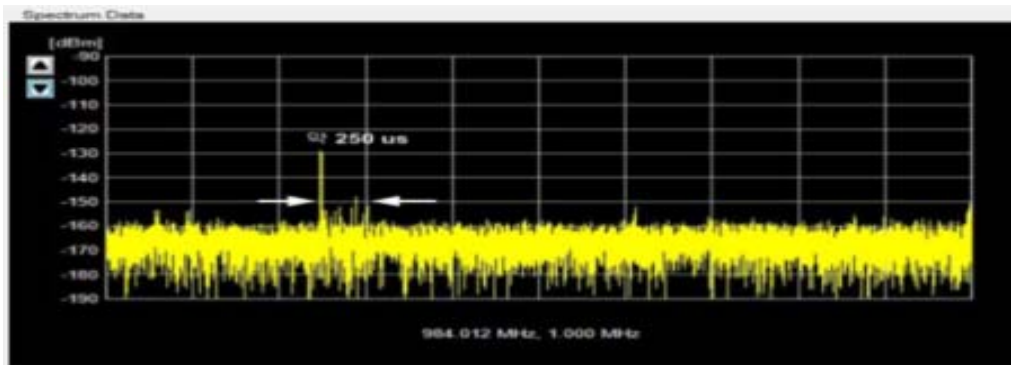


(b) $f_c = 117 \text{ MHz}$, $\text{RBW} = 100 \text{ kHz}$

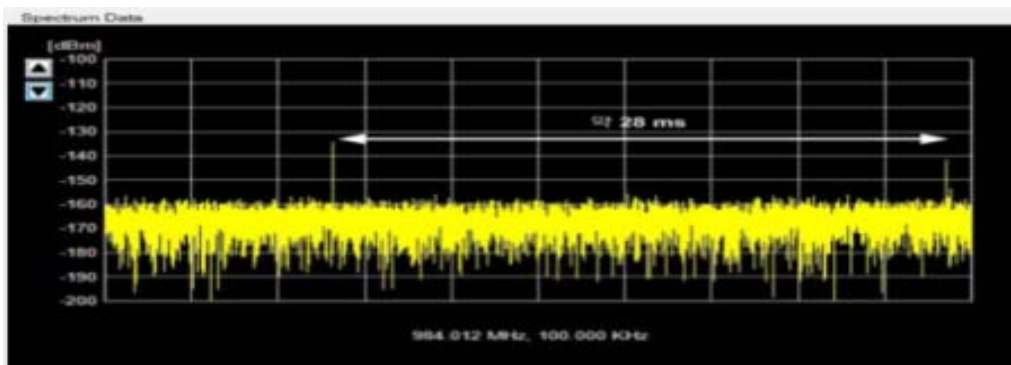


(c) $f_c = 117 \text{ MHz}$, $\text{RBW} = 10 \text{ kHz}$

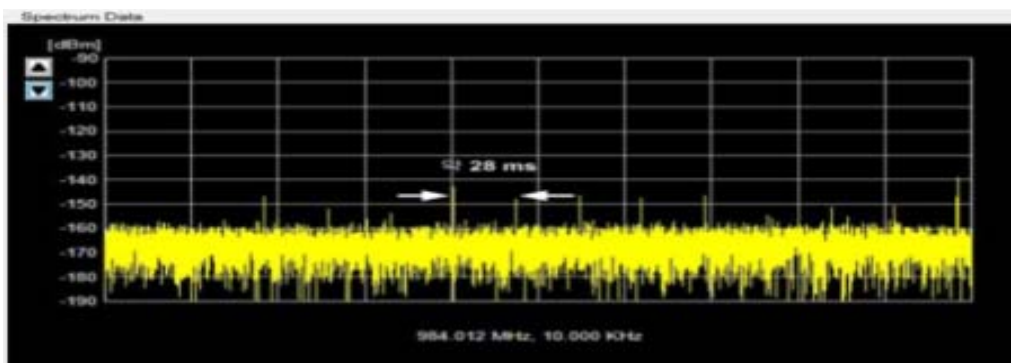
(그림 4-26) RRA 측정시스템 측정결과 (100cc 오토바이, 117 MHz)



(a) $f_c = 984 \text{ MHz}$, $\text{RBW} = 1 \text{ MHz}$



(b) $f_c = 984 \text{ MHz}$, $\text{RBW} = 100 \text{ kHz}$



(c) $f_c = 984 \text{ MHz}$, $\text{RBW} = 10 \text{ kHz}$

(그림 4-27) RRA 측정시스템 측정결과 (100 cc 오토바이, 984 MHz)

다. 가전 제품류의 임펄스잡음 발생 특성

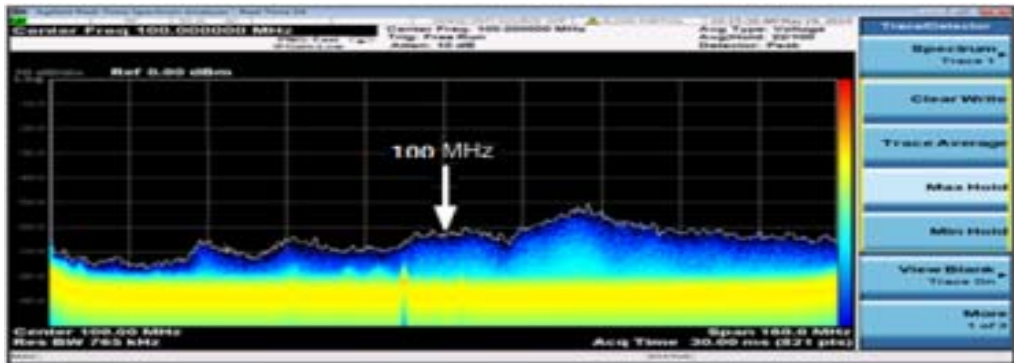
믹서, 선풍기, 청소기, 전기 드릴 등 우리 생활주변에서 자주 접하게 되는 생활가전기거나 산업기기 등은 모두 전동기를 내장하고 있으며 이러한 전동기 때문에 전파 잡음이 발생한다. 즉 생활가전기거나 산업기기는 기본적으로 전동기에 의해 본래의 기능을 수행하는데 이러한 전동기는 전기에 의해 회전동력을 얻기 위하여 전류의 흐름을 주기적으로 급격하게 변화시킨다. 이러한 전류의 급속한 변화는 전동기 내부에서 주기적으로 발생하며 따라서 전류의 급속한 변화는 전자파를 발생하여 주기적인 펄스 형태로 나타나게 된다.

그림 4-28과 그림 4-29는 믹서에서 발생한 임펄스 잡음을 실시간 스펙트럼분석기와 우리 원 전파 잡음 측정시스템으로 측정한 결과를 보여준다. 실시간 스펙트럼 분석기로 측정한 그림 4-28 결과를 보면 믹서에서는 2.5 GHz 주파수까지 상당히 광대역으로 임펄스 잡음이 발생함을 알 수 있다. 그리고 우리원의 전파 잡음 측정시스템으로 측정한 결과를 보면 임펄스 잡음의 펄스 주기는 약 280 μ s이며 펄스 지속시간은 10 μ s ~ 70 μ s 정도로 측정되었다.

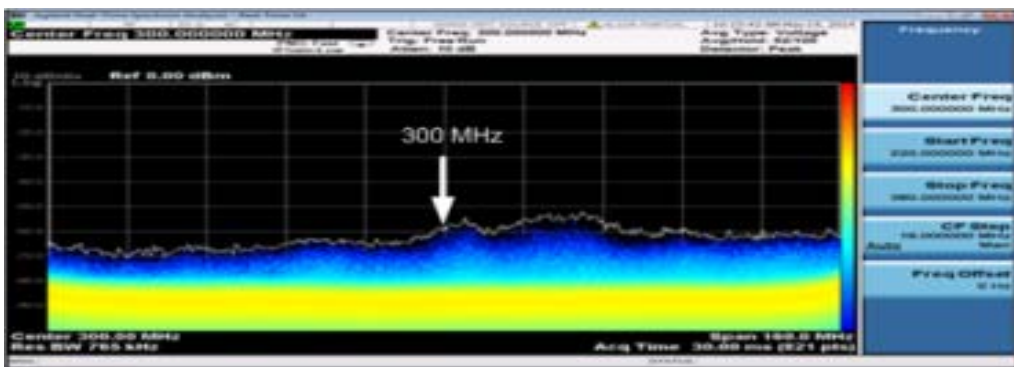
한편 그림 4-30과 그림 4-31은 헤어드라이 기기에서 발생한 임펄스 잡음을 측정한 결과를 보여준다. 실시간 스펙트럼 분석기로 측정한 그림 4-30 결과를 보면 헤어드라이 기기에서는 믹서와 유사하게 2.5 GHz 주파수까지 상당히 광대역으로 임펄스 잡음이 발생함을 알 수 있다. 그리고 우리원의 전파 잡음 측정시스템으로 측정한 그림 4-31 결과를 보면 임펄스 잡음의 펄스 주기는 약 800 μ s이며 펄스 지속시간은 4 μ s ~ 20 μ s 정도로 측정되었다.

믹서와 헤어드라이 기기의 펄스 주기를 비교할 때 믹서의 펄스주기가 더 짧다는 것은 믹서에 내장된 모터가 헤어드라이 기기 모터보다 더 빠르게 회전한다는 것을 의미한다.

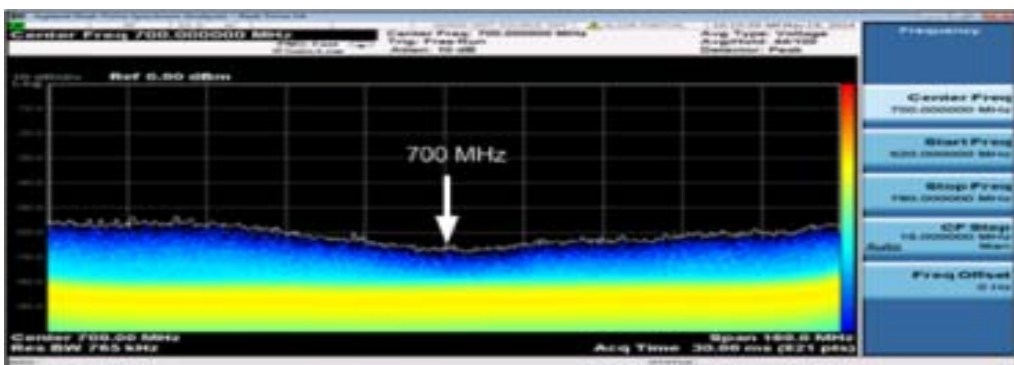
한편 차량이나 오토바이 등과는 달리, 믹서나 헤어드라이 기기의 펄스 지속시간은 상당히 변화 폭이 크게 나타났다. 이는 모터류에서 전류의 급격한 변화가 일어나는 시간이 수시로 달라짐을 의미하는데 이는 아마도 브러쉬를 내장한 모터에서 브러쉬와 정류자 편의 닫는 시간이 매번 서로 달라 이러한 결과를 보인 것으로 추정된다.



$$f_c = 100 \text{ MHz, span} = 160 \text{ MHz}$$

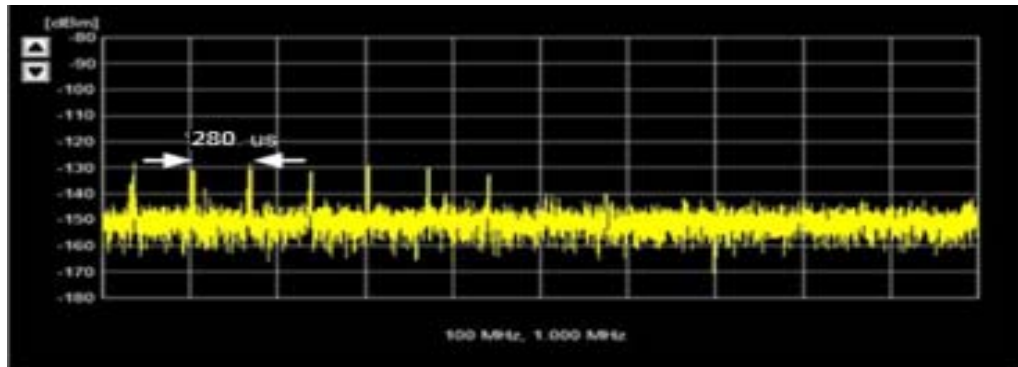


$$f_c = 300 \text{ MHz, span} = 160 \text{ MHz}$$

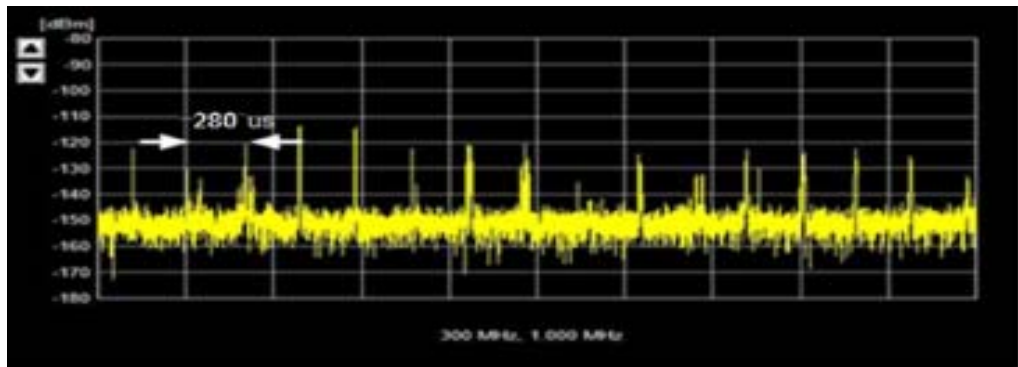


$$f_c = 700 \text{ MHz, span} = 160 \text{ MHz}$$

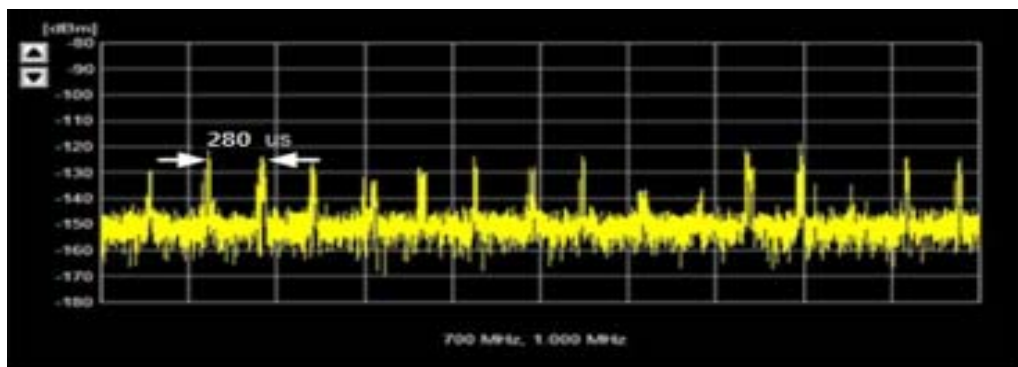
(그림 4-28) 실시간 SA 측정결과 (믹서)



$$f_c = 100 \text{ MHz}, \text{RBW} = 1 \text{ MHz}$$

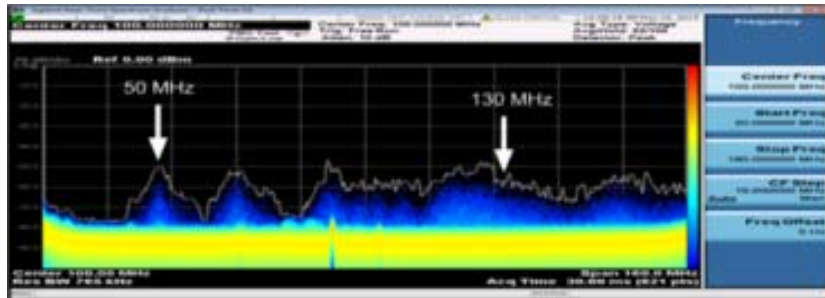


$$f_c = 300 \text{ MHz}, \text{RBW} = 1 \text{ MHz}$$

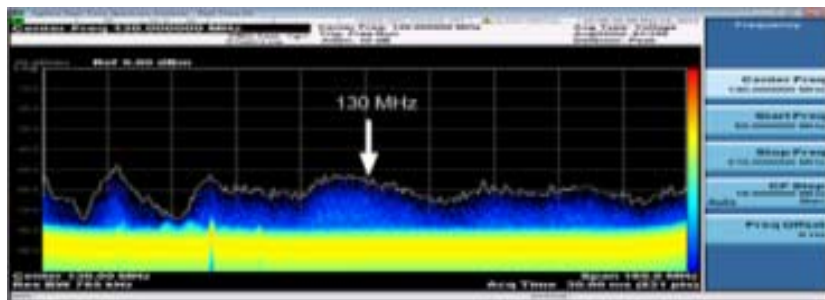


$$f_c = 700 \text{ MHz}, \text{RBW} = 1 \text{ MHz}$$

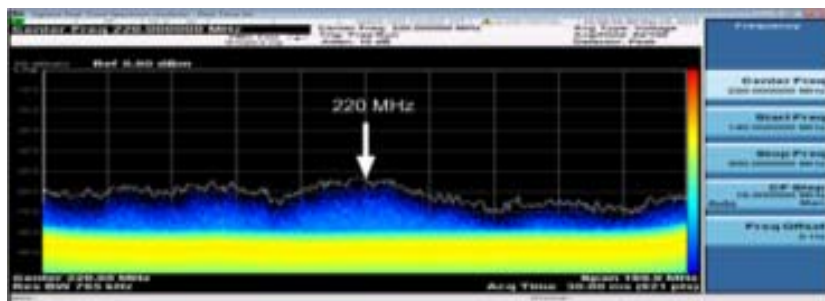
(그림 4-29) RRA 측정시스템 측정결과 (믹서, RBW 1MHz)



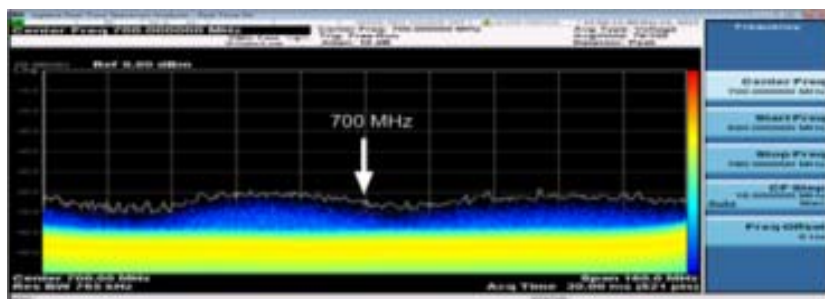
$$f_c = 100 \text{ MHz, span} = 160 \text{ MHz}$$



$$f_c = 130 \text{ MHz, span} = 160 \text{ MHz}$$

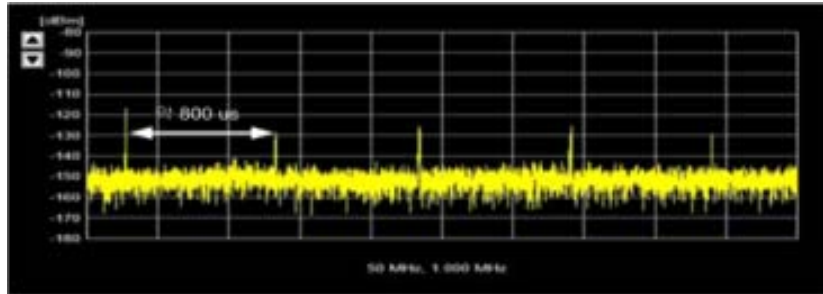


$$f_c = 220 \text{ MHz, span} = 160 \text{ MHz}$$

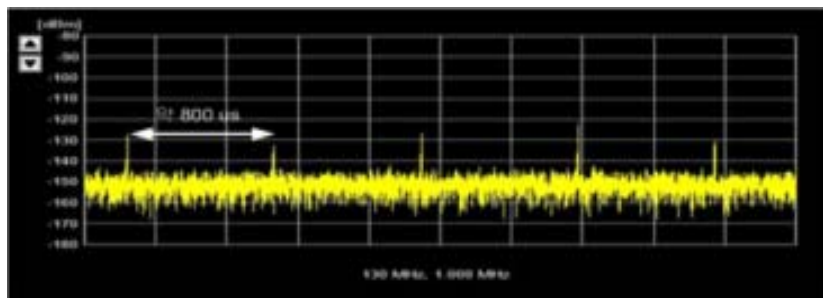


$$f_c = 700 \text{ MHz, span} = 160 \text{ MHz}$$

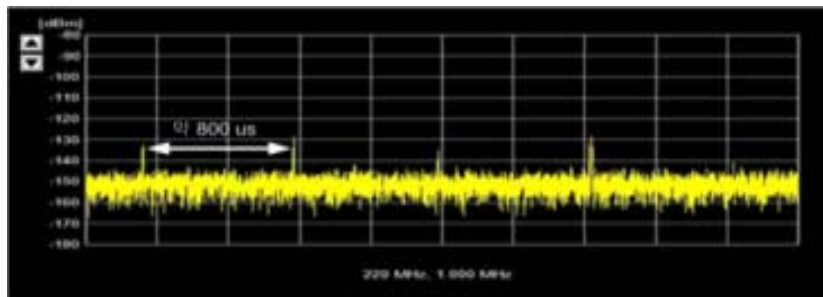
(그림 4-30) 실시간 SA 측정결과 (헤어드라이)



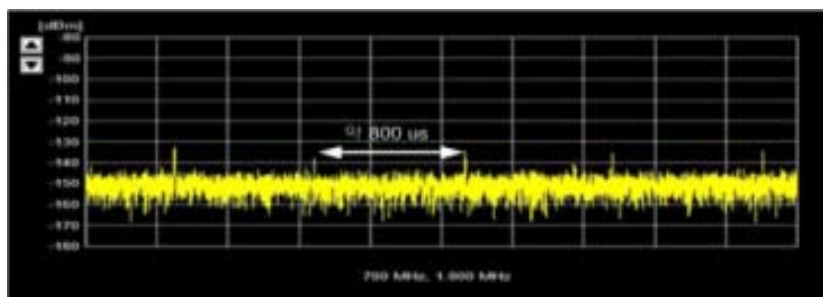
$$f_c = 50 \text{ MHz, RBW} = 1 \text{ MHz}$$



$$f_c = 130 \text{ MHz, RBW} = 1 \text{ MHz}$$



$$f_c = 220 \text{ MHz, RBW} = 1 \text{ MHz}$$



$$f_c = 700 \text{ MHz, RBW} = 1 \text{ MHz}$$

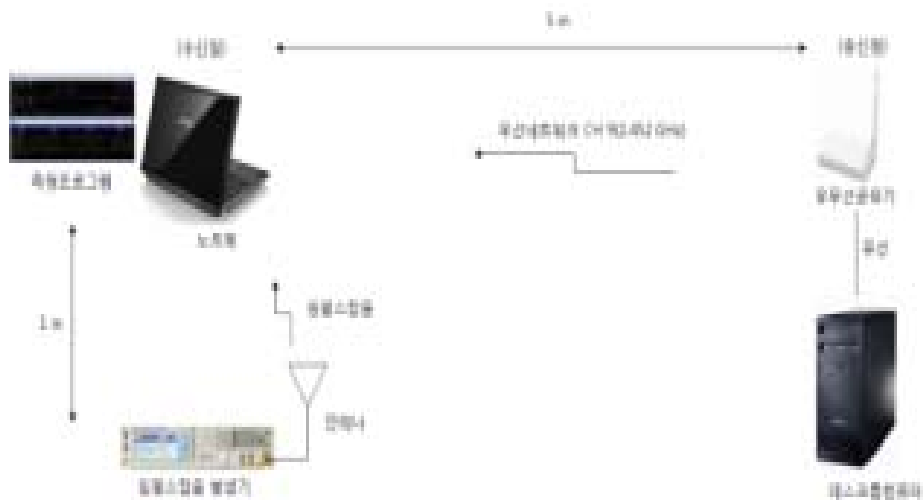
(그림 4-31) RRA 측정시스템 측정결과 (헤어드라이, RBW 1 MHz)

3. 임펄스잡음이 무선랜 통신에 미치는 영향 분석

여기서는 앞에서 분석한 오토바이, 차량 등 기기별 임펄스잡음 발생 특성을 바탕으로 무선랜 통신환경에서 임의의 임펄스 잡음을 간섭 원으로 발생시켰을 때 무선랜 단말에 수신되는 성능(전송속도, 패킷 에러율 등) 변화를 살펴 보았다.

가. 측정 환경 및 조건

본 실험은 순수 임펄스잡음원에 의한 영향을 측정하기 위해 챔버 내에 아래 그림 4-32와 같이 측정환경을 구성하였다.



(그림 4-32) 임펄스잡음의 무선랜에 미치는 영향 측정환경 구성도

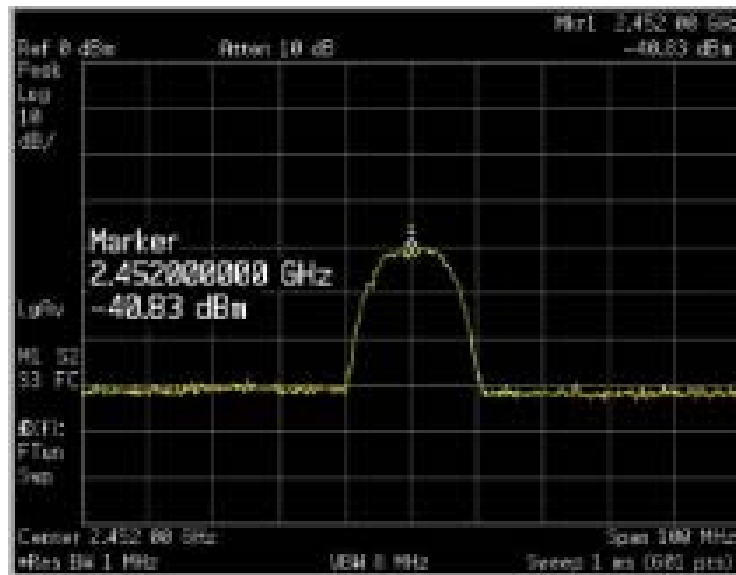
데스크탑 컴퓨터는 유선으로 유무선 공유기와 연결되어 있고, 노트북은 유무선 공유기와 채널 9번(2.452 GHz)의 20 MHz 대역폭을 사용하여 5 m 떨어진 거리에서 무선랜으로 연결되어 있다. 노트북은 데스크탑 컴퓨터에 저장되어 있는 임의의 파일을 5분 동안 무선네트워크를 통해 다운받을 수 있도록 시나리오를 구성하였다. 실험에 이용된 장비별 세부 정보는 아래와 같다.



구분	품명	규격	비고
수신점	노트북	삼성전자, NT-Q320	Lan Card : Intel(R) WiFi Link 5300 AGN
	측정프로그램	Innowireless OPTis-S DM	WiFi 단말의 송수신데이터 기록
송신점	유무선 공유기	IPTime N104T 802.11b/g/n	CH 9(2.452 GHz, 20 MHz)
간섭원	임펄스잡음 발생기	Agilent Signal Generator MXG-X Series N5182B	Agilent Signal Studio N7820B를 이용하여 제어

(그림 4-33) 실험 환경 사진 및 실험에 이용된 장비별 세부 정보

간섭원이 없을 때 유무선공유기로부터 5 m 떨어진 노트북에서 수신되는 무선네트워크 신호는 -40 dBm의 세기로 수신됨을 확인하였다.



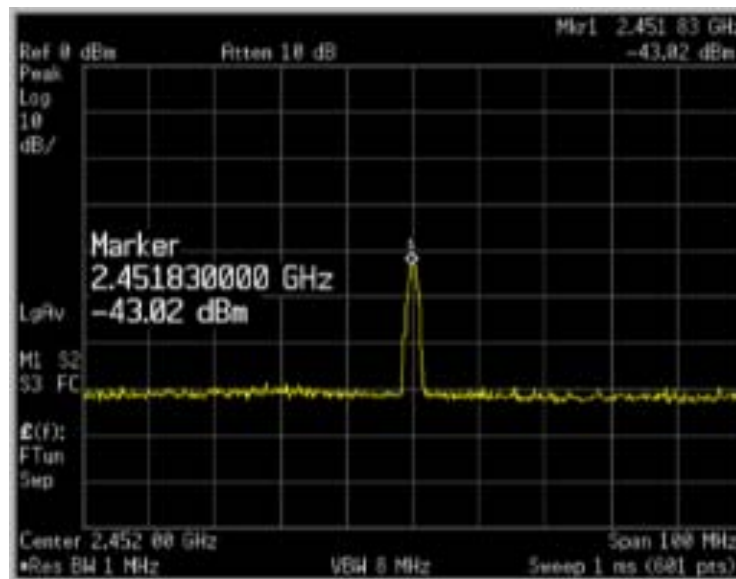
(그림 4-34) 노트북으로 수신된 무선랜 신호(CH 9, 20 MHz, -40 dBm)

또한, 수 분간 노트북이 접속되어있는 무선랜 주파수대역 주변을 측정한 결과, 노트북 무선랜카드 자체에서 주위 대역의 AP(Access Point)를 주기적으로 스캔하고 있음을 확인할 수 있다.



(그림 4-35) 노트북 랜카드의 주변 주파수 측정결과

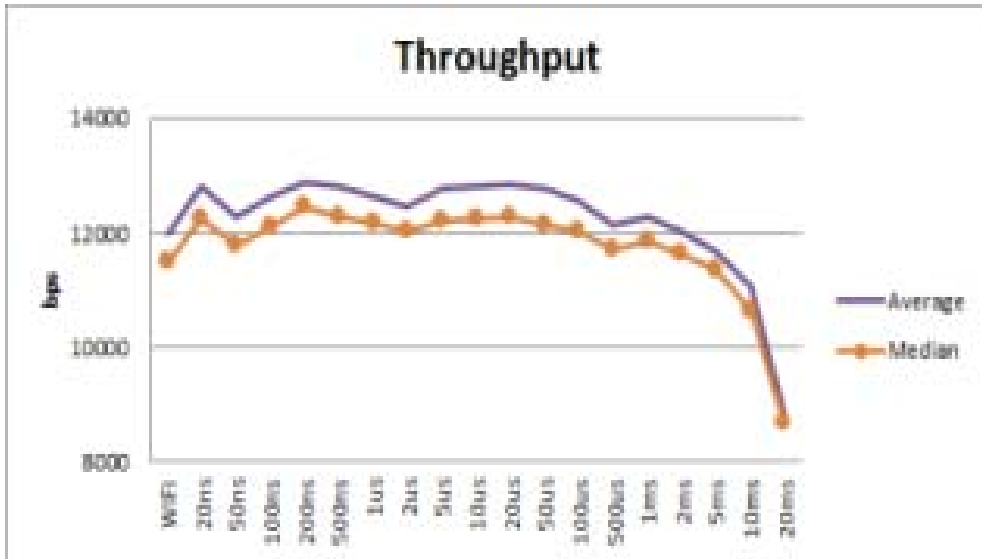
실제 환경에서 발생하는 임펄스 잡음원의 세기를 측정할 때 3 m 이격거리에서 계측기 분해능 1 MHz로 설정하여 측정하면 -100 dBm 이하로 나타났지만, 본 실험에서는 보다 최악조건으로 설정하기 위하여 임펄스잡음 발생기로부터 1 m 떨어진 노트북 단말로 수신되는 임펄스잡음의 레벨을 -43 dBm이 되도록 설정하고, 잡음원의 발생 주기는 50 ms, 임펄스 지속시간은 20 ns ~ 20 ms로 가변하면서 실험을 수행하였다.



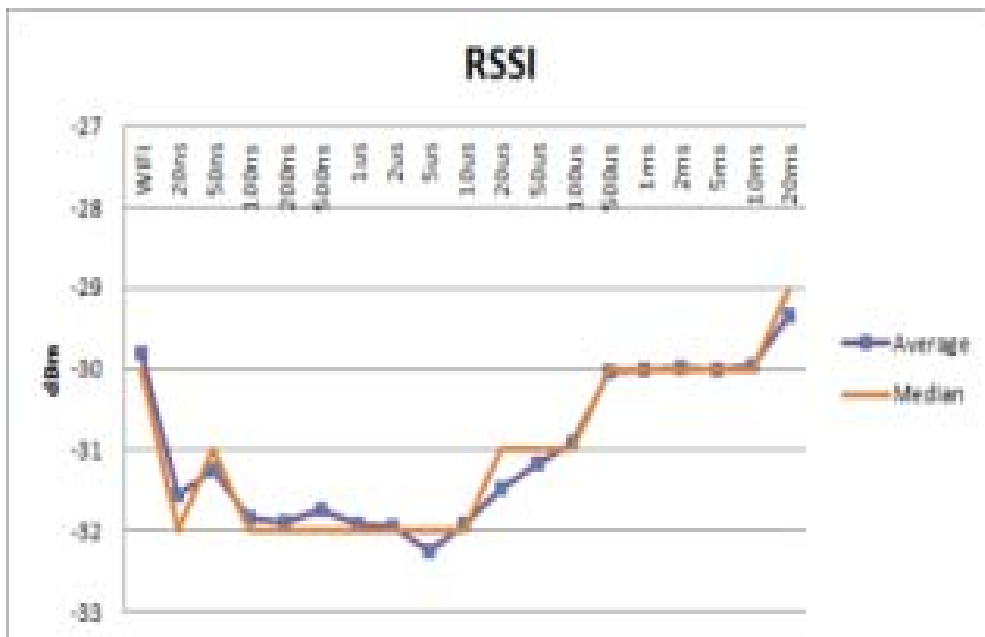
(그림 4-36) 임펄스잡음원(2.452 GHz, -43 dBm, Period : 50 ms, Width : 20 us)

나. 측정 결과

측정프로그램을 통해 노트북 단말이 유무선 공유기에 연결된 후 5분간 데스크톱 컴퓨터의 특정폴더에 저장된 데이터를 노트북으로 다운받도록 동작시킨 후 임의로 발생시킨 간섭원이 있을 때와 없을 때의 노트북 단말에서 수신되는 데이터의 성능(Throughput), 수신신호강도(RSSI : Receive Signal Strength Index)의 평균(Average) 및 중간 값(Median)을 측정하였으며 그 결과는 그림 4-37, 그림 4-38과 같이 나타났다.



(그림 4-37) 임펄스잡음원에 의한 노트북단말의 수신신호 Throughput 변화



(그림 4-38) 임펄스잡음원에 의한 노트북단말의 수신신호 세기(RSSI) 변화

데이터의 성능(Throughput), 수신신호강도(RSSI) 그래프의 가장 좌측 값은 무선랜이 정상동작 시(간섭원 없음)를 나타내며 50 ms의 주기와 펄스폭이 20 ns ~ 20 ms를 갖는

임펄스잡음 원을 발생시, 5 ms 이상의 펄스폭을 갖는 임펄스가 발생 시 정상동작시보다 Throughput이 떨어짐을 알 수 있다. RSSI는 20 ns ~ 100 us의 펄스폭을 갖는 임펄스잡음원이 발생 시 수신세기가 약 2 dBm정도 떨어짐을 알 수 있다.

실제 환경에서 발생하는 임펄스잡음은 주파수 영역에서 넓은 주파수 대역에 펼쳐져서 발생하게 되는데, 본 실험에서 만든 임펄스잡음은 장비 특성상 수십 kHz 미만의 대역폭을 갖는 임펄스를 이용하여 측정한 결과이다. 그리고 무선랜 통신에는 자동에러정정기능(FEC)이 내장되어있어 순간적으로 발생하는 임펄스잡음에 의해 에러가 발생하더라도 지정된 시간 내에 전송되는 패킷 수는 줄어들더라도 통신 자체가 두절되는 등의 현상은 발생하지 않을 것으로 판단된다. 향후에는 실 환경과 유사한 임펄스잡음을 생성할 수 있는 방법을 추가적으로 고려하여 보다 다양한 임펄스 잡음원에 의한 무선랜 신호 뿐만 아니라 3G, LTE 등 이동통신 서비스로의 영향에 대해 연구를 진행할 예정이다.

제5장 결 론

본 연구에서는 전파가 대기권을 진행할 때 전파전달에 직접적인 영향을 미치는 주요 인자를 분석하여 국내 지역별 강우강도와 유효지구반경인자와 관련한 국가표준 초안을 마련하였다. 국내 강우강도의 경우, 전국 기상관측소 88개 지점에서 최대 13년간(2000년 ~ 2012년) 측정된 강우량 데이터를 수집·분석하여 1분 누적 강우강도를 분석하였으며, 유효지구반경인자의 경우, 국내 4개 기상관측소(포항, 속초, 제주, 백령도)에서 6년간('08 ~ '13) 측정한 고층기상자료를 분석하여 지표면에서 1 km까지의 대기굴절을 기울기를 구한 후 이를 이용하여 국내 4개 지점에서의 유효지구반경인자 값을 추출하였다. 이렇게 분석한 결과를 종합하여 “무선통신망 설계를 위한 국내 전파환경 특성 정보”라는 명칭으로 국가표준 초안을 마련하였으며 2015년에 국가표준으로 최종 제정될 수 있도록 2014.12월 국가표준 제안서를 담당 부서에 제출하였다. 국내 지역별 강우강도와 유효지구반경인자 값에 대한 정확한 정보가 국가표준으로 제정되어 국내 무선통신 산업계에 제공되면 보다 신뢰성 높은 무선통신망 설계가 가능할 것으로 기대되며, 이를 통해 국내 무선통신 서비스 품질이 향상될 수 있을 것으로 예상된다.

최근 한반도 지역의 아열대 기후화로 국내 강우강도 형태가 달라짐에 따라 기존 ITU에서 제공하는 강우강도를 이용하여 설계, 운용중인 국내 무선 통신망의 서비스 가용률은 최초 설계치와 상당한 차이를 보일 것으로 예측됨에 따라 우리원에서는 2014.7.1. ~ 2014.12.15.까지 약 5.5개월간 국내 위성방송 수신 성능(S/N)을 측정하여 위성방송 서비스 가용률을 분석하였다. 이번에 분석한 위성방송 서비스 가용률은 99.995% 이상으로 상당히 높게 나타났는데 이는 금년 하반기의 강우량이 예년에 비해 상대적으로 적었기 때문으로 추정된다. 따라서 2015년에는 이번에 구축한 측정시스템을 이용하여 측정 데이터를 지속적으로 확보하여 위성방송 서비스 가용률을 재분석할 예정이다. 그리고 2015년에는 금년에 구축한 시스템을 이용하여 수신 안테나 크기별, 변조/부호 방식별, 중계기별 수신율 변화 비교·분석 연구도 계속할 예정이다.

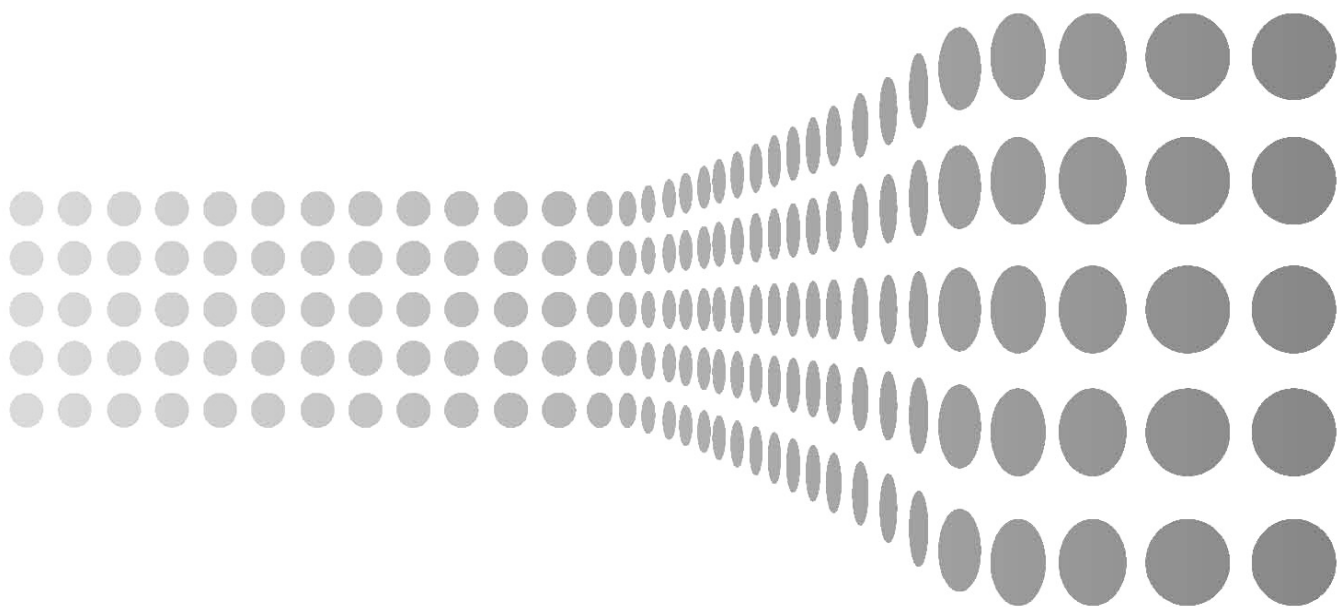
전파 잡음 연구와 관련하여 우리원에서는 나주(2), 광주(2) 지역에서 100 MHz ~ 2.2 GHz 주파수 대역의 전파환경 잡음을 측정하였는데 전파 잡음(WGN) 평균값과 임펄스 잡음 발생은 4개 지점 모두에서 주파수가 높아짐에 따라 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 금년에는 특히 임펄스 잡음 관련 연구를 중점적으로 수행하였으며, 이 연구의 일환으로 차량

3중, 오토바이 2중, 가전기기 2중에서 발생하는 임펄스 잡음 발생 특성을 측정, 분석하였다. 분석결과 특정 오토바이에서는 저주파수에서 2.5 GHz까지 임펄스 잡음이 광범위하게 발생함을 확인하였다. 따라서 2015년에는 개별 기기에서 발생하는 임펄스 잡음 발생 특성 분석과 함께 임펄스 잡음이 통신시스템에 미치는 영향 연구를 계속할 예정이다.

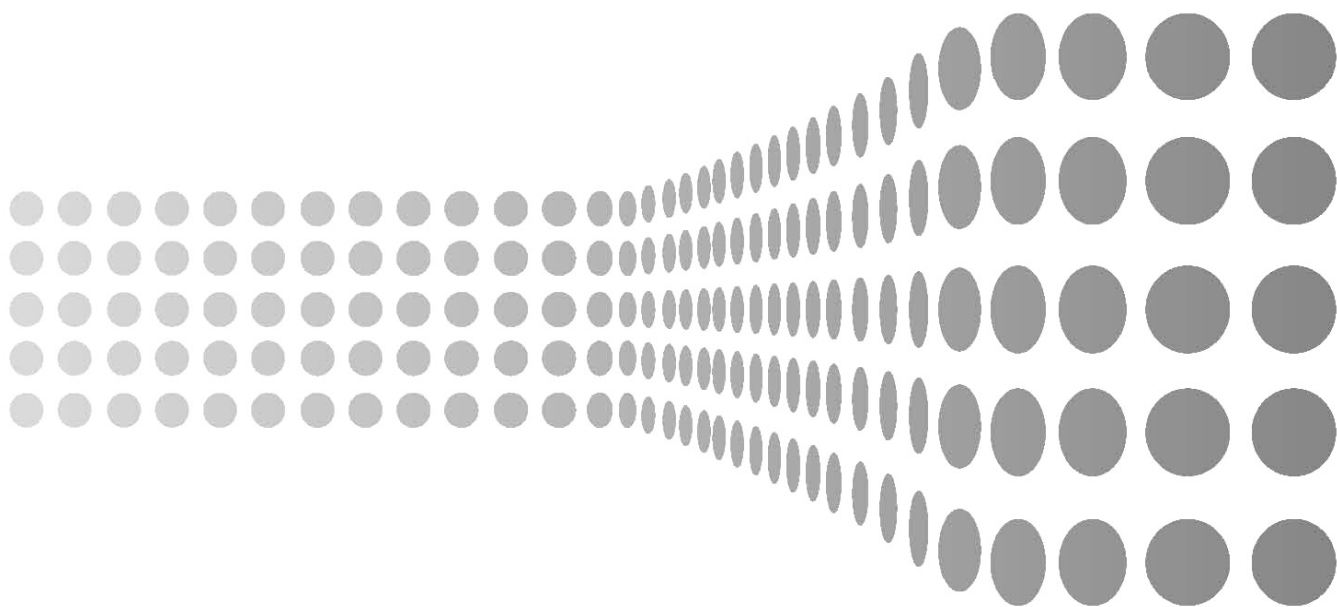
< 참고 문 헌 >

- [1] Recommendation ITU-R P.372-10, “Radio noise”, 2009
- [2] Recommendation ITU-R SM.1753-2, “Methods for measurements of radio noise”, 2010
- [3] Robert J Achatz and Roger A Dalke, “Man-made noise power measurements at VHF and UHF frequencies”, NTIA Report 02-390, 2002
- [4] Mass consultants limited, “Man-made noise measurement programme final report”, Ofcom research, 2003
- [5] IEEE Standards, “IEEE Standard definitions of terms relating to corona and field effects of overhead power line”, IEEE std. 539-1990
- [6] Technical Advise Council, “Electro-Magnetic noise environment”, FCC, 1999
- [7] 전파연구소, “전파환경종합정보시스템 구축방안 연구”, 1998.12
- [8] 정보통신단체표준(국문표준) TTAK.KO-06.0240, “전파잡음 레벨 측정 방법”, 2010
- [9] 한국방송통신전파진흥원, “전파잡음 측정 이론”, 2011.8
- [10] 한국방송통신전파진흥원, “전파자원총조사 사업 전파잡음 측정 결과 보고서(1차년도)”, 2010.2
- [11] 한국방송통신전파진흥원, “전파자원총조사 사업 전파잡음 측정 결과 보고서(2차년도)”, 2011.2
- [12] 국립전파연구원, “임펄스성 잡음 측정을 위한 분석환경 개선 연구”, 2013.12
- [13] 국립전파연구원, “전파잡음 측정결과 보고(1차 측정)”, 2011.5
- [14] 국립전파연구원, “전파잡음 측정결과 보고(2차 측정)”, 2011.11
- [15] 방송통신위원회 고시 제2009-27호, “방송구역전계강도의 기준·작성요령 및 표시방법”, 2009
- [16] Recommendation ITU-R V.573-5, “Radio communication vocabulary”, 2007
- [17] “Appendix E Tutorial on Using Amplitude Probability distributions to Characterize the Interference of Ultrawideband Transmitters to Narrowband Receivers”, Mar. 2001
- [18] 방송통신위원회 고시 제2011-45호, “대한민국 주파수 분배표”, 2011

부 록



부 록 |



[부록 1]

Korea Communications Standard	<div data-bbox="425 393 672 481"> <p>방송통신표준 KCS.KO-06.XXXX</p> </div> <div data-bbox="911 445 1273 481"> <p>제정일: 2015년 XX월 XX일</p> </div> <div data-bbox="589 701 1135 838"> <p>무선통신망 설계를 위한 국내 전파환경 특성 정보</p> </div> <div data-bbox="464 919 1265 1034"> <p>The characteristic of radio environment in Korea for designing radio communication links</p> </div> <div data-bbox="709 1669 1031 1782"> <p>미래창조과학부 국립전파연구원</p> </div>
-------------------------------	---

방송통신표준

KCS.KO-06.XXXX

제정일: 2015년 XX월 XX일

무선통신망 설계를 위한
국내 전파환경 특성 정보

The characteristic of radio environment in Korea
for designing radio communication links

미래창조과학부
국립전파연구원

본 문서에 대한 저작권은 미래창조과학부 국립전파연구원에 있으며, 미래창조과학부 국립전파연구원과 사전 협의 없이 이 문서의 전체 또는 일부를 상업적 목적으로 복제 또는 배포해서는 안 됩니다.

Copyright© Ministry of Science, ICT and Future Planning, National
Radio Research Agency 2015, All Rights Reserved.

서 문

1. 표준의 목적

본 표준은 국내 전파전달 경로를 예측하거나 무선국간 전파간섭 분석, 위성·지상·방송망 설계 시 참조할 수 있는 지역별 강우강도 분포, 유효지구반경인자 등 전파환경특성 정보를 제공함을 목적으로 한다.

2. 주요 내용 요약

본 표준은 국내 지역별 강우강도 분포와 유효지구반경인자 정보를 제공한다. 강우강도 분포는 국내 기상관측소 88개 지역에서 장기간 측정된 최근 강우량 데이터(13년-73개소, 11년-1개소, 10년-9개소, 8년-2개소, 5년-2개소, 3년-1개소)를 이용하여 1분 누적 강우강도 분포를 추출하였다. 한편 국내 4개 기상관측소(포항, 속초, 제주, 백령도)에서 6년간('08~'13) 측정한 고층기상자료를 이용하여 지표면에서 1km까지의 대기굴절률 기울기를 구하였으며 이를 통해 국내 4개 지점에서의 유효지구반경인자 값을 산출하였다.

3. 표준 적용 산업 분야 및 산업에 미치는 영향

본 표준에서 제공하는 국내 지역별 강우강도 분포와 유효지구반경인자 정보는 국내 위성·지상·방송망을 안정적으로 설계, 운용하는데 이용될 수 있다. 국내 강우강도 분포는 GHz 대역 전파를 이용하는 국내 위성·지상·방송망 설계 시 필수적으로 고려해야 하는 강우감쇠 추정 오류를 감소시킬 수 있으며 국내 유효지구반경인자는 전파의 진행경로나 전파의 회절특성 등을 정확히 예측하는데 이용될 수 있다. 따라서 본 표준을 제정함으로써 국내 10 GHz 이상 주파수 이용 활성화 및 효율화에 크게 기여할 것으로 예상된다. 한편 본 권고를 이용하여 현재 운용 중인 고주파 무선통신망의 링크 오류를 보정할 수 있어 통신망을 보다 안정적으로 운용할 수 있는 기반이 마련될 것으로 기대된다.

4. 참조 표준(권고)

4.1. 국외 표준(권고)

- ITU-R P.837-6, 'Characteristics of Precipitation for Propagation Modeling', 2012
- ITU-R P.453-10, 'The radio refractive index: its formula and refractivity data', 2012
- ITU-R P.834-6, 'Effects of tropospheric refraction on radiowave propagation', 2007

4.2. 국내 표준

- TTA, TTAS.KO-06.0122/R1, “국내 무선통신망 설계를 위한 지역별 강우강도 분포”, 2013.12.
- TTA, TTAk.KO-06.0123/R1, “누적시간에 따른 강우강도 분포변환 방법”, 2010.12.

5. 참조 표준(권고)과의 비교

5.1. 참조 표준(권고)과의 관련성

본 표준에서 제시한 국내 지역별 강우강도 분포는 2013.12월 개정된 TTA 단체표준 (TTAS.KO-06.0122/R1, “국내 무선통신망 설계를 위한 지역별 강우강도 분포”, 2013.12)을 준용하여 규정한다.

국내 유효반경인자의 경우, 이와 관련한 국내 표준은 없으며 ITU 권고에서는 유효지구반경인자 값을 일률적으로 4/3로 적용하도록 하고 있다. 따라서 본 표준에서는 국내 대기굴절률 측정 자료를 분석하여 국내 4개 지점에서의 유효지구반경인자에 관한 정확한 값을 제공한다.

5.2. 참조한 표준(권고)과 본 표준의 비교표

KCS.KO-06.XXXX	TTAS.KO-06.0122/R1	비고
개 요	1.개 요	수정
2. 표준의 구성 및 범위	2. 표준의 구성 및 범위	수정
3. 참조 표준(권고)	3. 참조 표준(권고)	수정
4. 용어 정의	4. 용어 정의	수정
5. 국내 전파환경 특성 정보		신설
5.1 지역별 1분 누적 강우강도 분포	5. 지역별 1분 누적 강우강도 분포	수정
5.2 지역별 유효지구반경인자		신설
부록 I. 지역별 측정 정보	부록 I. 지역별 측정 정보	수정
부록 II. 지역별 10분 누적 강우강도 분포	부록 II. 지역별 10분 누적 강우강도 분포	동일
부록 III. 지역별 대기굴절률 기울기 정보		신설
부록 IV. 참고 문헌		신설

6. 지식재산권 관련사항

본 표준의 ‘지적재산권 요약서’ 제출 현황은 국립전파연구원 웹사이트에서 확인할 수 있다.

※ 본 표준을 이용하는 자는 이용함에 있어 지적재산권이 포함되어 있을 수 있으므로, 확인 후 이용한다.

※ 본 표준과 관련하여 접수된 요약서 이외에도 지적재산권이 존재할 수 있다.

7. 적합 인증 관련 사항

7.1. 적합 인증 대상 여부

해당 사항 없음

7.2. 시험 표준 제정 현황

해당 사항 없음

8. 표준의 이력 정보

8.1. 표준의 이력

판수	제정개정일	제정개정내역
제1판	2015.xx.xx.	제정 KCS,KO-06,xxxx

8.2. 주요 개정 사항

해당 사항 없음

Preface

1. Purpose of Standard

The purpose of this standard is to provide information of radio environment characteristics such as the annual distributions of rain-rate and effective earth radius factor(k) in Korean Territory.

2. Summary of Contents

This standard provides information of regional rain-rate distributions with 1 minute integrated time based on long-term measurement data for 88 sites and of regional effective Earth radius factors measured by Korea weather office for 6 years('08~'13) at 4 sites(Pohang, Sokcho, Jeju, Baengnyeongdo) in Korean Territory

3. Applicable Fields of Industry and its Effect

This standard will be applicable to predict characteristic of rain attenuation statistics in designing radio communication links above especially 10 GHz frequency bands. In addition, This standard will contribute static deployment and operation of radio systems with the reduced error deviation of rain attenuation values compared with existing rain-rate distribution models such as ITU-R P.837-6 model, Crane's Global model, and so on. Also, this standard provides the regional effective earth radius factors(k) in order to predict the radio propagation path and analyze the characteristics of radio wave diffraction.

Therefore this standard will contribute to establishing a radio communication or broadcasting system such as terrestrial and Earth-space links.

4. Reference Standards(Recommendations)

4.1. International Standards(Recommendations)

- ITU-R P.837-6, 'Characteristics of Precipitation for Propagation Modeling', 2012
- ITU-R P.453-10, 'The radio refractive index: its formula and refractivity data', 2012
- ITU-R P.834-6, 'Effects of tropospheric refraction on radiowave propagation', 2007

4.2. Domestic Standards

- TTA, TTAS.KO-06.0122/R1, "Regional Rainfall-rate Distribution for Designing Radio Communication Links in Korea", 2013.12.
- TTA, TTAK.KO-06.0123/R1, "Conversion Method of Rain-rate Statistics for Various Integration Time Data", 2010.12.

5. Comparison between Reference Standards(Recommendations) and this Standard

5.1. Relevance of this standard with Reference Standards(Recommendations)

Regional rainfall-rate distribution proposed by this standard refers to the TTA standard TTAS.KO-06.0122/R1 "Regional Rainfall-rate Distribution for Designing Radio Communication Links in Korea", which is revised on Dec. 2013.

In case of regional effective earth radius factors(k), there is no national standard. Thus this value is applied to 4/3 uniformly by ITU-R recommendation. Therefore, this standard provides exact k -value of an effective Earth radius for 4 sites(Pohang, Sokcho, Jeju, Baengnyeongdo) in Korean.

5.2. A Comparative Table of Reference Standard(Recommendation) and this Standard

KCS.KO-06.XXXX	TTAS.KO-06.0122/R1	Remarks
1. Introduction	1. Introduction	Modified
2. Outline and Scope	2. Outline and Scope	Modified
3. Reference Standards (Recommendations)	3. Reference Standards (Recommendations)	Modified
4. Terms and Definitions	4. Terms and Definitions	Modified
5. Characteristics of Radio Environment in Korea		New
5.1. Regional Rain-rate Distributions with 1-min. Integration Time	5. Regional Rain-rate Distributions with 1-min. Integration Time	Modified
5.2. Regional Effective Earth Radius Factor in Korea		New
Appendix I. Measurement Information	Appendix I. Measurement Information	Modified
Appendix II. Rain-rate Distributions with 10-min. Integration	Appendix II. Rain-rate Distributions with 10-min. Integration	Same
Appendix III. Information on gradients of refractive index		New
Appendix IV. References		New

6. Statement of Intellectual Property Rights

“Written Confirmation of Intellectual Property Rights” for this standard can be referenced to the web-site of the National Radio Research Agency.

Those using this standard must confirm that whether intellectual property rights are included in this standard.

Other intellectual property rights may exist in relation to written confirmation received for this standard.

7. Statement of Conformity Testing and Certification

7.1. Object of Testing and Certification

None

7.2. Standards of Testing and Certification

None

8. Detailed History of Standard

8.1. History of Standard

Edition	Issued date	Outline
The 1st edition	2015.xx.xx.	Established KCS,KO-06,xxxx

8.2. Revision Related Details

None

목 차

1. 개 요	105
2. 표준의 구성 및 범위	105
3. 참조 표준(권고)	105
4. 용어정의	106
5. 국내 전파환경 특성 정보	107
5.1. 지역별 1분 누적 강우강도 분포	107
5.2. 지역별 유효지구반경인자	111
부록 I. 지역별 측정 정보	113
부록 II. 지역별 10분 누적 강우강도 분포	117
부록 III. 지역별 대기굴절률 기울기 정보	121
부록 IV. 참고 문헌	122

Contents

1. Introduction	105
2. Outline and Scope	105
3. Reference Standards(Recommendations)	105
4. Terms and Definitions	106
5. Characteristics of Radio Environment in Korea	107
5.1 Regional Rain-rate Distibutions with 1-min. Integration Time	107
5.2 Regional Effective Earth Radius Factor in Korea	111
Appendix I . Measurement Information	113
Appendix II . Rain-rate Distibutions with 10-min. Integration	117
Appendix III . Information on gradients of refractive index	121
Appendix IV . References	122

무선통신망 설계를 위한 국내 전파환경 특성 정보

(The characteristic of radio environment for designing radio communication links in Korea)

1. 개 요

본 표준은 국내 지역별 강우강도 분포와 유효지구반경인자 정보를 제공한다.

국내 지역별 강우강도 분포와 유효지구반경인자 등 전파환경 특성인자는 국내 위성·지상·방송망을 안정적으로 설계, 운용하는데 필요한 정보이다. 국내 강우강도 분포는 GHz 대역 전파를 이용하는 국내 위성·지상·방송망 설계 시 필수적으로 고려해야 하는 강우감쇠 추정 오류를 감소시킬 수 있으며 국내 유효지구반경인자는 전파의 진행경로나 전파의 회절특성 등을 정확히 예측하는데 이용된다. 따라서 본 표준은 현재 운용 중인 고주파 무선통신망의 링크 오류를 보정할 수 있어 통신망을 보다 안정적으로 운용할 수 있으며 국내 10 GHz 이상 주파수 이용 활성화 및 효율화에 기여할 것으로 기대된다.

2. 표준의 구성 및 범위

본 표준은 국내 위성·지상·방송망을 안정적으로 설계, 운용하는데 필요한 인자인 국내 지역별 강우강도 분포와 유효지구반경인자 등 전파환경 특성인자를 제공하며 세부 내용은 제5장에서 명시한다.

여기서 제공하는 지역별 강우강도 분포는 전국 88개 지점에서 최대 13년간(2000년 1월 ~ 2012년 12월) 측정된 강우 데이터를 분석하여 산출한 정보이다. 한편 전파의 정확한 진행경로를 예측하는데 필요한 유효지구반경인자는 국내 4개 지점(속초, 포항, 백령도, 제주)에서 측정된 고층기상자료를 이용하여 분석한 결과를 제공한다. 여기서 명시하지 않은 지역의 경우 가장 인접한 지점의 정보를 이용하거나 인접한 2개 지점 정보를 내삽하여 이용할 수 있다.

3. 참조 표준(권고)

- ITU-R P.837-6, 'Characteristics of Precipitation for Propagation Modeling', 2012
- ITU-R P.453-10, 'The radio refractive index: its formula and refractivity data', 2012
- ITU-R P.834-6, 'Effects of tropospheric refraction on radiowave propagation', 2007
- TTA, TTAS.KO-06.0122/R1, "국내 무선통신망 설계를 위한 지역별 강우강도 분포", 2013.12.
- TTA, TTAK.KO-06.0123/R1, "누적시간에 따른 강우강도 분포변환 방법", 2010.12.

4. 용어정의

4.1. 강우강도 (rain-rate)

일정 시간동안 내린 강수량을 60분 동안 내린 강수량으로 환산한 값으로써, 강우의 세기를 의미함.

예) 10분 동안 내린 강수량이 15 mm 였다면, 이때의 강우강도는 90 mm/hr (= 15 x 60/10)가 됨

4.2. 강우강도 분포 (rain-rate distribution)

강우강도와 연 시간율의 확률적 상관관계를 말함

4.3. 누적 시간 (integration time)

강우강도 데이터 환산 시 이용된 강수량 수집 시간

4.4. 대기굴절률(refractive index of the atmosphere)

전파가 통과하는 매질이 대기일 경우 진공에서의 전파속도에 대한 대기권에서의 전파속도의 비를 말함.($n=c/v$) 기온, 기압 및 습도를 이용하여 대기굴절률 n 을 구할 수 있음. 일반적으로

대류권에서 고도에 따른 대기의 굴절률 n 은 1.00025 ~ 1.0004범위의 값을 가짐. 무선통신에서는 대기굴절률 n 보다는 굴절도(radio refractivity) $N(=(n-1) \times 10^6)$ 을 주로 사용함

4.5. 대기굴절률 기울기(gradient of refractive index, refractivity gradients)

높이에 따른 대기굴절률 변화를 말하며 시간, 계절, 지역, 날씨 등에 따라 대기굴절률 기울기는 달라짐. 대기굴절률 기울기에 의해 전파가 휘는 정도와 진행 방향이 결정됨. 즉 대기굴절률 기울기에 의해 전파의 도달거리가 달라질 수 있으며, 특정 수신지점에서 전파의 수신 세기가 달라질 수 있음

4.6. 연 시간율 (annual time percentage)

특정 강우강도 이상의 강우가 발생하는 연중 누적 시간에 대한 시간 백분율을 의미함.

예) 2012년 1월부터 12월까지 70mm/hr 이상의 강우강도가 발생한 총 누적시간이 80분이었다면, 연 시간율은 0.015%(=100 x 80분/365일)가 됨

4.7. 유효지구반경인자(effective earth radius factor)

대기굴절률 기울기가 일정한 경우 실제 지구상에서 진행되는 전파는 휘어지는 것으로 표현되는데 이때, 실제 휘어지면서 진행되는 전파를 마치 직진하는 형태의 전파로 수정하기 위해 사용하는 인자로써 유효지구반경인자가 4/3인 경우 유효지구반경은 약 8,500km에 해당함
전파 분야에서는 유효지구반경인자를 k 인자로 표현하기도 함

5. 국내 전파환경 특성 정보

5.1. 지역별 1분 누적 강우강도 분포

국내 위성·지상·방송망 설계시 강우감쇠 특성을 반영하기 위해서는 해당 지역에서 1분 누적 강우강도 분포를 알아야 한다. 따라서 본 표준에서는 국내 지역별 연 시간율 0.01%,

0.05%, 0.1%, 0.5%, 1%에 대한 강우강도 값을 <표 5-1>과 같이 규정한다.

여기서 기술한 지역별 1분 강우강도 값은 (부록 2)에서 기술한 10분 누적 강우강도 분포와 TTA 표준(TTAK.KO-06.0123/R1, 누적시간에 따른 강우강도 분포변환 방법)에서 제공한 강우강도 변환 식을 적용하여 구한 강우강도 값이다.

무선통신 링크의 강우 감쇠량 예측에 주로 적용되는 연 시간을 0.01%에 대해서는 해당 지역별로 <표 5-1> 값을 적용한다. 다만 <표 5-1>에 주어지지 않은 지역의 무선국에 대해서는 인접 지역 데이터를 이용하거나 인접한 2지역의 데이터를 선형적으로 내삽하여 추정된 값을 적용할 수 있다.

<표 5-1> 지역별 1분 누적 강우강도 분포 데이터

단위 : mm/hr

연시간율(%)		0.01%	0.05%	0.10%	0.50%	1.00%
지 역						
서울 경기	서울	95.09	50.04	33.58	10.84	6.37
	강화	82.36	43.09	28.7	9.95	6.25
	동두천	87.82	44.92	31.27	10.6	6.39
	문산	78.34	46.83	29.92	9.08	6.12
	백령도	56.76	26.43	18.01	6.67	4.87
	수원	83.71	44.8	31.23	9.94	6.24
	양평	83.27	47.23	32.69	10.7	6.42
	이천	76.25	40.62	27.87	9.7	6.23
	인천	75.73	42.17	28.27	9.51	6.06
	용인	91.13	43.41	29.15	10.19	6.32
강원도	포천	92.34	46.18	32.58	11.36	6.5
	춘천	68.87	38.14	27.43	9.97	6.37
	속초	47.44	27.91	21.17	9.72	6.42
	강릉	69.77	32.41	22.7	9.61	6.4
	대관령	63.4	31.1	22.01	9.75	6.44
	동해	48.67	27.56	20.25	9.42	6.31
	북강릉	38.37	25.42	18.13	8.76	6.11
	영월	66.18	34.26	23.7	9.25	6.11
	원주	76.47	42.79	28.15	9.84	6.25
	인제	66.28	33.94	24.19	9.47	6.21

연시간율(%)		0.01%	0.05%	0.10%	0.50%	1.00%
지 역						
강원도	철원	75.73	38.46	27.33	9.88	6.28
	태백	54.62	28.81	21.54	9.52	6.38
	홍천	77.79	41.46	27.12	10.74	6.81
	평창	66.46	34.03	22.66	9.34	6.19
	양구	65.12	36.05	24.91	9.76	6.2
	치악산	83.88	44.33	32.11	11.15	6.86
충청북도	청주	83.65	40.44	25.58	9.25	6.08
	충주	68.49	36.21	24.84	8.93	5.91
	보은	76.15	38.57	26.58	9.54	6.24
	제천	85	40.93	28.01	10.1	6.46
	추풍령	62.85	32.71	22.84	9.17	6.08
	증평	78.19	38.04	26.13	9.32	6.08
충청남도	대전	81.98	41.68	28.65	13.42	6.25
	서산	82.23	44.79	30.4	9.73	6.08
	금산	76.3	39.03	26.81	9.56	6.19
	보령	80.61	38.99	26.76	9.21	5.98
	부여	81.35	41.41	27.89	9.79	6.26
	천안	74.99	39.55	28	9.31	6
	계룡산	62.21	30.21	21.1	8.5	5.88
경상북도	대구	64.47	31.35	21.72	8.7	5.86
	봉화	75.22	34.18	23.77	9.46	6.29
	구미	63.19	31.18	21.17	8.9	6.01
	문경	67.93	32.84	23.75	9.71	6.39
	상주	53.97	27.19	19.89	8.33	5.74
	안동	62.44	28.89	19.93	8.39	5.85
	영덕	51.65	25.79	18.93	8.54	5.97
	영주	61.12	31.77	23.36	9.82	6.44
	영천	59.59	28.36	20.35	8.56	5.89
	울릉도	52.72	29.26	22.11	9.73	6.45
	울진	46.75	24.79	18.61	8.76	6.09
	의성	73.23	32.05	20.74	8.82	5.94
	포항	54.15	28.65	20.65	8.83	6.02
	주왕산	66.1	30.83	21.82	9.25	6.15

연시간율(%)		0.01%	0.05%	0.10%	0.50%	1.00%
지 역						
경상남도	부산	86.95	43.05	29.91	10.7	6.46
	울산	58.14	32.27	23	9.25	6.13
	거제	77.93	46.15	32.23	12.73	7
	거창	63.21	34.73	25.11	10.16	6.47
	남해	82.74	47.57	33.88	13.48	7.06
	밀양	61.93	33.8	23.63	9.3	6.09
	산청	77.17	45.78	31.25	11.78	7.5
	진주	75.93	41.09	28.81	10.62	6.46
	창원	77.41	40.63	28.9	11.24	6.99
	통영	71.73	39.04	27.23	10.33	6.45
	합천	75.52	39.55	27.24	9.78	6.28
	가야산	69.22	37.57	26.68	10.7	7
전라북도	전주	82.19	43.23	28.47	9.39	6.11
	군산	80.02	42.69	28.38	9.35	6.02
	장수	76.15	41.11	28.55	10.48	6.52
	부안	77.43	40.79	26.83	9.59	6.19
	임실	77.07	43.58	28.58	9.83	9.81
	정읍	82.83	43.4	29.4	9.63	6.2
	덕유산	75.99	37.12	24.59	9.41	6.21
전라남도	광주	82.66	46.65	30.97	9.85	6.22
	여수	75.68	40.14	28.34	10.12	6.37
	고창군	95.96	51.15	34.35	8.71	5.78
	고흥	86.49	44.77	30.43	10.61	6.43
	남원	80.46	42.72	28.87	10.05	6.34
	목포	68.47	35.78	24.56	8.83	5.89
	완도	73.1	41.66	30.72	11.99	7.09
	장흥	83.13	43.42	31.59	11.81	6.64
	주암	86.93	43.75	30.5	10.57	6.5
	진도	73.54	35.9	24.86	9.62	6.18
	해남	75.18	39.34	27.62	9.75	6.23
	흑산도	73.72	36.65	24.4	8.12	5.61
제주도	제주	74.39	41.61	29.51	9.86	6.32
	고산	67.74	34.65	23.91	8.76	5.88
	서귀포	81.33	47.77	35.97	13.44	8.27
	성산	71.85	40.67	30.38	10.45	6.61



(그림 5-1) 시간율 0.01%에 대한 국내 지역별 강우강도

5.2. 지역별 유효지구반경인자

국내 무선국간 전파간섭 분석이나 위성 및 지상·방송 통신망의 효율적인 망 설계를 위해서는 전파의 정확한 진행경로를 예측할 수 있어야하며 전파 경로 상에 위치한 건물이나 장애물이 전파의 진행경로를 방해할지 여부를 판단할 수 있어야 한다.

대기권에서 전파의 정확한 진행경로는 대기굴절률 기울기에 의해 결정되는데 이는 아래의 수식에 의해 유효지구반경인자로 기술한다.

$$\frac{1}{ka} = \frac{1}{a} + \frac{dn}{dh} = \frac{1}{R_e}$$

여기서 k : 유효지구반경인자
 a : 실제 지구반경(6400km)
 dn/dh : 대기굴절률 기울기
 R_e : 유효지구반경

따라서 본 표준에서는 국내 지역별 유효지구반경인자 값을 <표 5-2>와 같이 규정한다. 최악월을 기준으로 전파진행경로를 분석할 때는 <표 5-2>에서 규정한 월 단위의 유효지구반경인자 값 중 가장 큰 값을 적용할 수 있다. 다만 <표 5-1>에서 주어지지 않은 지역의 경우 인접 지역 데이터를 선형적으로 내삽하여 추정한 값을 적용한다.

<표 5-2> 국내 지역별 유효지구반경인자

구분	포항	속초	제주	백령도	평균
1월	1.29	1.26	1.28	1.30	1.28
2월	1.28	1.24	1.32	1.33	1.29
3월	1.30	1.29	1.41	1.35	1.33
4월	1.33	1.31	1.41	1.34	1.35
5월	1.40	1.36	1.46	1.33	1.38
6월	1.40	1.42	1.43	1.46	1.43
7월	1.40	1.38	1.57	1.49	1.45
8월	1.44	1.44	1.50	1.51	1.47
9월	1.41	1.42	1.47	1.48	1.44
10월	1.36	1.35	1.46	1.44	1.40
11월	1.30	1.28	1.30	1.33	1.30
12월	1.28	1.27	1.28	1.30	1.28
평균	1.35	1.33	1.40	1.38	1.36

[부록 1]

지역별 측정 정보

1. 강우강도 분포 산출을 위한 측정 데이터

지역		측정년수	측정기간
서울 경기	서울	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	강화	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	동두천	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	문산	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	백령도	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	수원	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	양평	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	이천	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	인천	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	용인	10년	2000.01.01.~2009.12.31
강원	포천	10년	2000.01.01.~2009.12.31
	춘천	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	속초	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	강릉	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	대관령	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	동해	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	북강릉	5년	2008.01.01.~2012.12.31
	영월	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	원주	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	인제	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	철원	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	태백	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	홍천	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	평창	10년	2000.01.01.~2009.12.31
	양구	10년	2000.01.01.~2009.12.31
	치악산	10년	2000.01.01.~2009.12.31

지역		측정년수	측정기간
충북	청주	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	충주	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	보은	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	제천	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	추풍령	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	증평	10년	2000.01.01.~2009.12.31
충남	대전	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	서산	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	금산	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	보령	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	부여	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	천안	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	계룡산	10년	2000.01.01.~2009.12.31
경북	대구	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	봉화	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	구미	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	문경	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	상주	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	안동	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	영덕	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	영주	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	영천	10년	2000.01.01.~2009.12.31
	울릉도	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	울진	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	의성	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	포항	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	주왕산	8년	2001.10.02.~2009.12.31
경남	부산	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	울산	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	거제	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	거창	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	남해	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	밀양	13년	2000.01.01.~2012.12.31
	산청	13년	2000.01.01.~2012.12.31

지역		측정년수	측정기간
경남	진주	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	창원	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	통영	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	합천	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	가야산	8년	2001.09.26.~2009.12.31
전북	전주	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	군산	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	장수	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	부안	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	임실	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	정읍	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	덕유산	10년	2000.01.01.~2009.12.31
전남	광주	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	여수	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	고창군	3년	2000.01.01.-2012.12.31
	고흥	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	남원	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	목포	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	완도	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	장흥	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	주암	11년	2000.01.01.-2010.12.31
	진도	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	해남	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	흑산도	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	제주	13년	2000.01.01.-2012.12.31
제주	고산	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	서귀포	13년	2000.01.01.-2012.12.31
	성산	5년	2008.01.01.-2012.12.31

2. 유효지구반경인자 산출을 위한 측정 데이터

측정 지점	측정년수	측정기간
속초	5	2008.01.01.~2009.12.31. 2011.01.01.~2013.12.31.
포항	6	2008.01.01.~2013.12.31.
백령도	6	2008.01.01.~2013.12.31.
제주	6	2008.01.01.~2013.12.31.

[부 록 II]

지역별 10분 누적 강우강도 분포

단위 : mm/hr

연시간율(%)		0.01%	0.05%	0.1%	0.5%	1%
지 역						
서울 경기	서울	72.50	39.97	27.61	9.67	5.91
	강화	63.46	34.79	23.86	8.93	5.81
	동두천	66.92	36.16	25.84	9.47	5.92
	문산	60.57	37.59	24.80	8.20	5.69
	백령도	44.92	22.11	15.49	6.17	4.61
	수원	64.42	36.07	25.81	8.92	5.79
	양평	64.10	37.88	26.92	9.55	5.95
	이천	59.07	32.93	23.22	8.73	5.79
	인천	58.70	34.10	23.53	8.57	5.64
	용인	69.70	35.03	24.21	9.13	5.87
	포천	70.56	37.10	26.85	10.10	6.02
강원도	춘천	53.75	31.07	22.89	8.95	5.91
	속초	38.04	23.25	18.00	8.74	5.95
	강릉	54.40	26.71	19.20	8.65	5.93
	대관령	49.78	25.71	18.65	8.76	5.96
	동해	38.95	22.98	17.27	8.49	5.86
	북강릉	31.24	21.32	15.59	7.94	5.68
	영월	51.80	28.12	19.98	8.34	5.68
	원주	59.23	34.57	23.44	8.84	5.81
	인제	51.88	27.88	20.37	8.53	5.77

연시간율(%) 지 역		0.01%	0.05%	0.1%	0.5%	1%
강원도	철원	58.70	31.31	22.81	8.88	5.83
	태백	43.35	23.95	18.29	8.57	5.92
	홍천	60.18	33.57	22.65	9.59	6.28
	평창	52.01	27.95	19.16	8.42	5.75
	양구	51.03	29.49	20.93	8.77	5.76
	치악산	64.54	35.72	26.49	9.92	6.32
충청북도	청주	64.38	32.81	21.45	8.35	5.66
	충주	53.47	29.61	20.87	8.08	5.51
	보은	59.00	31.39	22.23	8.59	5.80
	제천	65.34	33.17	23.33	9.06	5.99
	추풍령	51.46	26.95	18.78	11.28	5.66
	증평	60.47	30.99	21.88	8.41	5.66
충청남도	대전	63.18	33.73	23.82	11.79	5.80
	서산	63.36	36.06	25.17	8.75	5.66
	금산	59.11	31.74	22.41	8.61	5.75
	보령	62.20	31.71	22.37	8.31	5.57
	부여	62.73	33.53	23.24	8.80	5.81
	천안	58.17	32.13	23.32	8.40	5.59
	계룡산	48.92	25.03	17.94	7.72	5.48
경상북도	대구	50.56	25.91	18.43	7.88	5.47
	봉화	58.34	28.06	20.03	8.53	5.84
	구미	49.63	25.77	18.00	8.06	5.60
	문경	53.07	27.04	20.02	8.74	5.92
	상주	42.88	22.70	16.98	7.57	5.36
	안동	49.08	24.01	17.02	7.63	5.46

지 역 \ 연시간율(%)		0.01%	0.05%	0.1%	0.5%	1%
경상북도	영덕	41.16	21.61	16.22	7.75	5.56
	영주	48.12	26.22	19.71	8.83	5.96
	영천	47.00	23.60	17.34	7.77	5.49
	울릉도	41.95	24.30	18.73	8.75	5.97
	울진	37.53	20.84	15.97	7.94	5.67
	의성	56.90	26.44	17.66	7.99	5.53
	포항	43.00	23.83	17.58	8.00	5.61
	주왕산	51.74	25.50	18.51	8.35	5.72
경상남도	부산	66.73	34.76	24.79	9.56	5.98
	울산	45.93	26.60	19.44	8.35	5.70
	거제	60.28	37.07	26.58	11.23	6.45
	거창	49.64	28.48	21.08	9.11	5.99
	남해	63.73	38.13	27.84	11.84	6.50
	밀양	48.71	27.77	19.93	8.39	5.67
	산청	59.73	36.80	25.83	10.45	6.87
	진주	58.84	33.29	23.95	9.49	5.99
	창원	59.91	32.95	24.02	10.00	6.44
	통영	55.82	31.74	22.73	9.25	5.97
	합천	58.55	32.13	22.74	8.79	5.83
	가야산	54.00	30.64	22.30	9.55	6.45
전라북도	전주	63.33	34.90	23.69	8.46	5.68
	군산	61.78	34.49	23.62	8.43	5.60
	장수	59.00	33.31	23.75	9.37	6.04
	부안	59.92	33.06	22.42	8.63	5.75
	임실	59.67	35.16	23.77	8.83	8.81

연시간율(%)		0.01%	0.05%	0.1%	0.5%	1%
지 역						
전라북도	정읍	63.79	35.03	24.41	8.66	5.76
	덕유산	58.89	30.30	20.91	8.48	5.77
전라남도	광주	63.67	37.45	25.61	8.85	5.78
	여수	58.67	32.58	23.59	9.07	5.91
	고창군	73.12	40.79	28.19	7.89	5.39
	고흥	66.40	36.05	25.19	9.48	5.96
	남원	62.09	34.52	24.00	9.01	5.88
	목포	53.46	29.28	20.65	8.00	5.50
	완도	56.81	33.72	25.42	10.62	6.52
	장흥	64.00	35.04	26.09	10.47	6.14
	주암	66.71	35.29	25.25	9.45	6.02
	진도	57.13	29.37	20.88	8.66	5.74
	해남	58.31	31.98	23.03	8.77	5.79
	흑산도	57.25	29.94	20.53	7.40	5.25
제주도	제주	57.73	33.68	24.49	8.85	5.86
	고산	52.93	28.42	20.15	7.94	5.48
	서귀포	62.72	38.28	29.43	11.81	7.52
	성산	55.91	32.97	25.16	9.35	6.11

[부록 Ⅲ]

지역별 대기굴절률 기울기(dN/dh) 측정 정보

	포항	속초	제주	백령도	평균
1월	-35.1	-32.73	-33.85	-35.82	-34.37
2월	-34.62	-30.65	-38.12	-38.93	-35.58
3월	-35.93	-34.76	-45.11	-40.25	-39.01
4월	-38.51	-37.21	-45.52	-39.5	-40.18
5월	-44.35	-41.31	-49.19	-38.39	-43.31
6월	-44.58	-46.14	-46.94	-48.99	-46.66
7월	-44.26	-43.07	-56.6	-51.43	-48.84
8월	-47.47	-47.72	-52.29	-52.79	-50.06
9월	-45.24	-46.26	-49.8	-50.38	-47.92
10월	-41.24	-40.13	-49.06	-47.78	-44.55
11월	-35.89	-34.31	-36	-38.64	-36.21
12월	-33.95	-32.88	-33.93	-35.68	-34.11
평균	-40.095	-38.93	-44.70	-43.21	-41.73

※ dn/dh 값은 다음 식으로 구함 : $dn/dh = dN/dh * 10^{-6}$

[부록 IV]

참고 문헌

- [3] ITU-R P.837-6 'Characteristics of precipitation for propagation modelling', 2012
- [2] ITU-R P.453-10 'The radio refractive index: its formula and refractivity data', 2012
- [3] ITU-R P.834-6 'Effects of tropospheric refraction on radiowave propagation', 2007
- [4] TTAS.KO-06.0122/R1 '국내 무선통신망 설계를 위한 지역별 강우강도 분포', 2013
- [5] TTAK.KO-06.0123/R1, '누적시간에 따른 강우강도 분포변환 방법', 2010

방송통신표준

클라우드 서비스 제공자의 개인 정보 보호 지침
(Personal Information Protection Guidelines
of Cloud Service Providers)

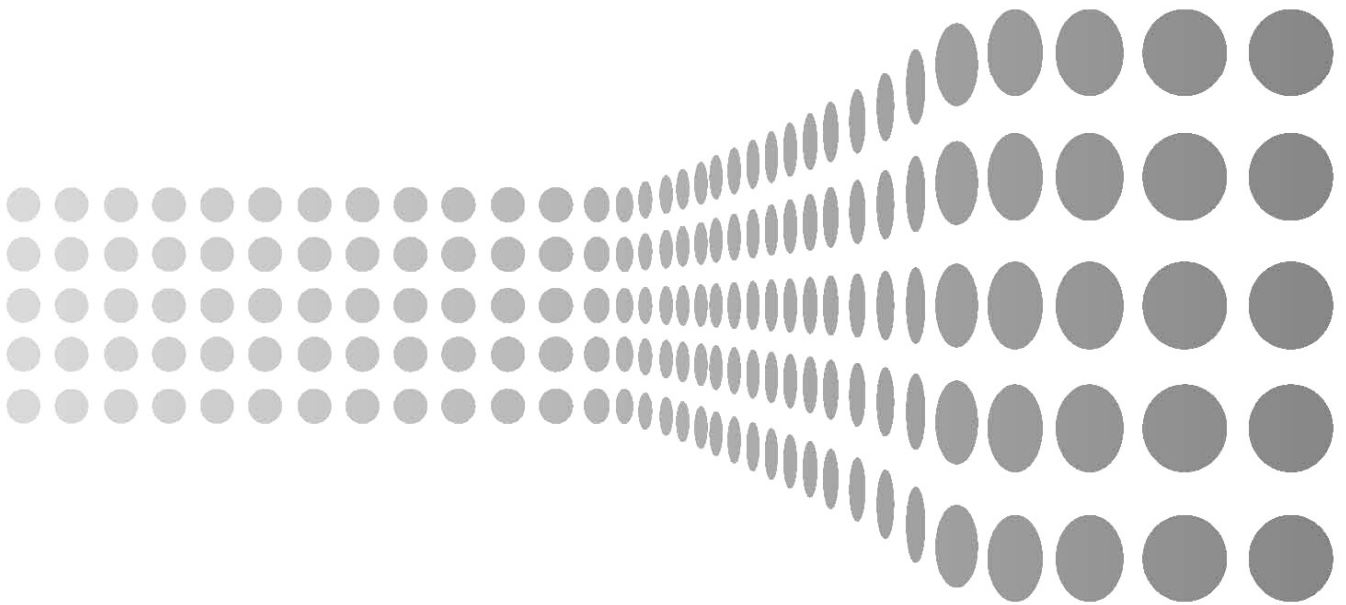
발행인 : 미래창조과학부 장관

발행처 : 미래창조과학부 국립전파연구원
520-833, 전라남도 나주시 빛가람로 767

발행일 : 2015..

국립전파연구원 고시 제 2015-XX호

부 록 Ⅱ



[부록 2]

위성방송 수신 성능 개선 방안 (1차 보고서)

I. 배 경

- 최근 한반도 지역의 기후변화(아열대성 기후화)로 강우량 증가, 국지적 집중호우 발생이 증가함에 따라 국내 강우특성을 반영한 위성방송의 강우감쇠 예측모델 및 링크설계 기준 등에 대한 검토 및 개선 필요
- 방송서비스의 경우 최근에는 표준화질(SD)를 넘어, 고화질(HD), 초고화질(UHD) TV 및 3DTV 실감방송 서비스에 대한 요구 증가로 광대역 이용 가능한 기술적 방안 및 새로운 주파수 개발 등에 대한 검토 필요
- 장마철 강우감쇠에 의한 위성방송 수신 끊김 현상을 개선하기 위하여 기술적, 제도적 방안을 검토하고 이를 개선하기 위한 방안 마련 필요

II. 목 표

- 국내 지리적 환경과 최근 강우특성 변화를 반영하여 위성방송의 강우감쇠 예측모델 및 위성방송 링크설계를 위한 기준을 제시
- 국내 위성방송 서비스를 위한 관련 기관의 강우감쇠 대응 운용실태 등을 조사·분석하여 위성방송 서비스 품질향상을 위한 제도적 기술적 방안 제시
- 장마철 강우감쇠에 의한 위성방송 수신 끊김 현상 개선 방안을 제시함으로써 국내 위성방송 서비스 품질 향상에 기여

III. 위성방송 수신 성능 개선 방안

- 강우감쇠에 의한 위성방송 신호의 수신 성능을 개선하기 위해서는 출력 조정 및 적응형 변복조 방식 등 다양한 기술적 개선방식과 함께 중형 안테나를 통한 공동 수신방식 등에 관한 검토 필요

구분	세부 구분	수신성능 개선 방안	주요 내용	비고
기술 특성 개선	정적 대응 방식	실효복사전력 증대	○ 높은 강우강도에 견딜 수 있도록 고출력으로 상향/하향 출력을 유지	○ 비경제적 대처방식
		수신설비 G/T 개선	○ 수신 안테나를 크게 하여 G/T를 개선	○ 안테나를 0.55m→1.2m로 할 경우 약 4.8dB G/T개선
		강우에 강한 변복조/에러 정정 부호 방식 이용	○ 높은 강우강도에 견딜 수 있도록 상대적으로 낮은 변복조방식과 에러정정부호 방식을 채용하는 방식	○ 가용률은 높일 수 있으나 데이터 전송률 낮아져 방송채널수 축소됨
	동적 보상 방식	상·하향 링크 전력 제어방식 (UPC, DPC)	○ 강우강도에 따라 상향/하향 출력세기를 가변적으로 운영 ※ 하향링크 출력을 높이는 경우, 인접국에 영향을 주므로 각국은 하향링크 전력제어(DPC) 방식은 적용하지 않음	○ 국내에서 상향링크전력제어(UPC) 이용중임
		공간 다이버시티 방법	○ 일정거리 이격된 지점에 지구국을 이중으로 설치한 후 강우영향이 적은 지구국을 선택하여 위성으로 데이터를 송신하는 방식	○ 강우에 따라 지구국, 단말기 간의 스위칭 필요하며 지구국간 동기 유지 필요
		VCM+동시전송 방법 ※ VCM : Variable Coding & Modulation	○ HD 급 및 SD 급 영상을 동시 전송(simulcasting)하여 수신 지역의 채널 환경에 따라 셋탑박스(STB)에서 최적의 방송을 선택하도록 하는 방식	○ HD/SD급 동시 전송으로 데이터 전송효율 낮음 ○ 수신 STB의 복잡화로 투자비용 증가
		VCM+SVC 전송 방법 ※ VCM : Variable Coding & Modulation ※ SVC : Scalable Video Coding	○ HD 급의 영상 소스를 계층적으로 부호화(SVC)하여 전송하는 방식 - 기저 계층(base layer): 표준 화질의 영상을 강우 환경에 강한 변조·코딩방식으로 전송 - 확장 계층(enhancement layer): HD 확장 영상을 높은 변조·코딩방식으로 전송 ○ 수신기는 맑은 날에 기저 계층과 확장 계층 영상을 동시에 수신하여 HD급 화면을 제공하고, 강우시엔 기저 계층 영상을 수신하여 SD급의 영상 제공	○ HD/SD급 지원 SVC 코덱이 필요함 ○ 수신 STB의 복잡화로 투자비용 증가
		주파수 다이버시티 (Ku+Ka 대역 이중(Dual) 채널 전송 방법)	○ 현재 방송 중인 Ku 대역 위성과 새로운 Ka 대역 위성을 상호 결합하여 방송 서비스 가용도를 개선하기 위한 방식	○ 복수 위성중계기 이용, 수신안테나/이중튜너 등이 필요하여 투자비용 및 가입자 서비스 이용료 증가
		공동수신방안	○ 1.2m~2.4m 안테나로 위성방송 공동 수신 후 케이블을 통해 여러 가정에 위성방송 신호를 전송하는 방식	○ 법적, 제도적 정비 및 관련 사업체 등과 의견조율 필요
	기타	공동수신방안	○ 1.2m~2.4m 안테나로 위성방송 공동 수신 후 케이블을 통해 여러 가정에 위성방송 신호를 전송하는 방식	○ 법적, 제도적 정비 및 관련 사업체 등과 의견조율 필요

1. 강우감쇠 대응 정적 보상 방법(높은 링크마진을 고정적으로 할당하는 방식)

- 높은 강우강도에서도 위성방송 수신이 가능하도록 하기 위하여 높은 실효복사전력(EIRP), 수신 설비의 G/T 개선, 잡음에 강한 변복조 방식의 채용, 강력한 에러 정정부호의 채택 등을 채용하여 위성방송 가용률을 향상시키는 방식

가. 실효복사전력(EIRP) 증대

- 높은 강우강도에서도 위성방송 서비스가 가능하도록 지구국 및 위성국의 상향/하향 출력을 고출력으로 유지
- 위성통신에 이용하는 고출력 증폭기(HPA)의 최대출력은 약 63 dBm 정도이며 현재 국내 위성방송 서비스를 위하여 최대출력으로 운영 중임
- 문제점 및 한계
 - 강우감쇠가 발생하는 연중 시간율이 매우 낮기 때문에 낮은 시간율의 높은 강우감쇠에 대비하여 상·하향 출력을 항상 매우 높게 설정·운영하는 것은 비효율적, 비경제적인 방식임

나. 안테나 직경 확대를 통한 수신설비 G/T 개선

- 위성방송 수신용 안테나의 크기를 크게 하여 G/T를 개선함으로써 높은 강우강도에서도 위성방송 서비스 수신 성능을 개선
 - 위성방송 수신용 안테나 직경을 0.55 m에서 0.7 m로 확대할 경우 약 1.6 dB 의 G/T를 개선할 수 있으며 1.2 m로 확대할 경우 약 4.8 dB 의 G/T 개선 가능
- 문제점 및 한계
 - 수신용 안테나의 직경이 커질 경우, 풍압 증가에 따른 안테나 설치비용 증가, 건물 외부에 설치될 안테나와 건물과의 미관 등에 대한 고려 필요
 - 개별 가입자의 가정에 적정 크기 이상(직경 1.2 m)의 수신용 안테나를 설치하는 것은 위성방송 사업자뿐만 아니라 다수의 위성방송 서비스 가입자들도 선호하지 않을 것으로 판단됨

다. 강우에 강한 변복조 방식 및 에리정정부호 적용

- 전송률이 높은 고차의 변복조 방식으로 데이터를 전송하는 경우 데이터 전송률은 높일 수 있으나 높은 SNR(또는 E_b/N_0)가 요구되므로 강우에 취약함
- 따라서 낮은 SNR(또는 E_b/N_0)이 요구되는 낮은 변복조방식을 이용함으로써 상대적으로 높은 강우강도에 견딜 수 있도록 개선
- 동일한 변복조 방식에서도 낮은 에리정정부호율 방식을 채용함으로써 강우감쇠에 대응 가능
- 문제점 및 한계
 - 강우감쇠에 대비하여 낮은 변조방식이나 에리 정정부호를 채용하는 방식은 데이터 전송 용량을 줄여서 위성방송 가용률을 높이는 방식이므로 비경제적임

2. 강우감쇠 대응 동적(적응형) 보상 방법

가. 상향링크 전력제어(UPC) 방법

- 상향 링크 상에서 강우로 인한 신호 감쇠가 발생하면 송신 지구국에서 출력을 보상하여 송신함으로써 하향 링크상의 전력을 일정하게 유지시키는 방식
- 현재 국내 KU 대역 위성방송 링크에서 이용 중인 방식으로 강우감쇠 시 송신전력을 최대 10 dB 자동 조정되도록 운영
- 위성중계기로부터 비콘(Beacon) 신호를 수신하여 채널상태를 추정하고 전력 제어 정보를 생성하여 직접 상향 링크 전력을 제어하는 방식
- 문제점 및 한계
 - KU 대역 위성통신에서 이용하는 고출력 증폭기(HPA)의 출력조정 가능 범위는 현재 최대 10 dB 정도이므로 Ku 대역 이하의 주파수를 사용하는 경우에는 유효한 방법임. 따라서 Ka 대역에서는 더 높은 증폭기 마진이 요구되며 송출국 시스템의 가격상승 요인이 됨

나. 공간 다이버시티(Site Diversity) 방법

- 일정거리 이격된 지점에 지구국을 이중으로 설치하여 상대적으로 강우영향이 적은 지구국을 선택하여 위성으로 방송신호를 송출하는 방식
- 공간 다이버시티 방식은 강우에 대응할 수 있을 뿐 아니라 장비의 이중화로 안정적인 시스템 유지, 관리가 가능하므로 국내 위성방송에서도 현재 운영중임 (주 송신국 : 금산, 부송신국 : 용인)
- 문제점 및 한계
 - 강우 발생량에 따라 지구국, 단말기 간의 잦은 스위칭이 필요하고 데이터 저장 장치 및 지구국간 동기 유지 필요

다. 가변 부호·변조(VCM) + 동시전송(simulcasting) 전송 방법

- 동일한 위성방송 서비스를 HD급 영상과 SD급 영상으로 이중화하여 동일한 채널 및 중계기를 통해 가변 부호·변조(VCM) 방식으로 위성방송 서비스를 제공하고 수신 지역의 강우 등 채널 환경에 따라 셋탑박스(STB)에서 최적의 방식을 선택하여 위성방송 영상 서비스를 제공하는 방식
 - SD급 영상 : 저차변조 방식, 낮은 에러정정부호율 적용
 - HD급 영상 : 고차변조 방식, 높은 에러정정부호율 적용
- ※ VCM : Variable Coding & Modulation(가변 부호·변조)
- 수신기는 맑은 날에는 HD급과 SD급 영상을 동시에 수신하여 HD 급의 화면을 제공하고, 강우 시 SD급 신호만 수신하므로 SD 급 영상을 제공
- 문제점 및 한계
 - HD 영상과 SD급 영상을 동시에 전송함으로 위성체 및 위성 중계기를 비효율적으로 이용
 - 수신 셋탑박스(STB)의 회로 복잡화 등으로 투자비용 및 서비스 이용료 증가



〈 VCM + 동시전송(simulcasting) 개념도 〉

라. VCM + SVC 전송 방법

- HD 급의 영상 소스를 계층적으로 부호화(SVC, scalable video coding)하여 전송하는 방식
 - 기저 계층(base layer) : SD급 표준 화질의 영상을 강우 환경에 강한 부호·변조 방식으로 전송
 - 확장 계층(enhancement layer): HD 확장 영상을 높은 부호·변조 방식으로 전송
- 수신기는 맑은 날은 기저 계층과 확장 계층 영상을 동시에 수신하여 HD급 고화질 영향 화면을 제공하고, 강우 시 기저 계층 영상 신호만 수신하므로 SD급의 영상 서비스 제공
- 문제점 및 한계
 - 송신기에 HD/SD급 지원 SVC 부호화기에 의해 SVC 부호화가 필요
 - 수신 셋탑박스(STB)에 SVC 복호기가 필요하고 회로 복잡화 등으로 투자비용 및 서비스 이용료 증가

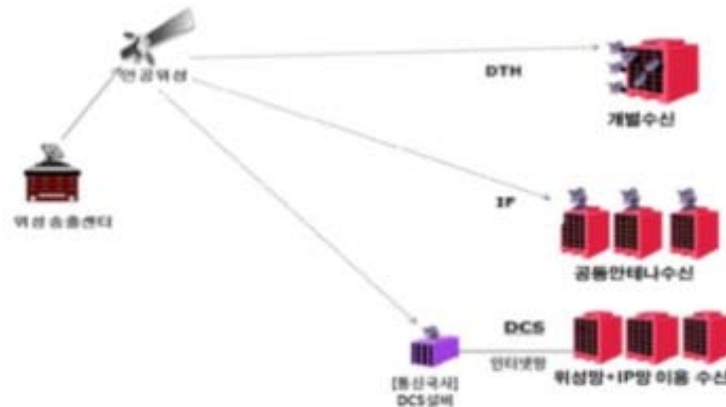
마. 주파수 다이버시티(Ku+Ka 대역 이중 채널전송) 방법

- 현재 방송 중인 Ku 대역 위성과 새로운 Ka 대역 위성을 상호 결합하여 방송 서비스 가용도를 개선하기 위한 방식
 - Ku 대역 : SD급 표준 화질의 영상을 강우 환경에 강한 부호·변조 방식으로 전송

- Ka 대역 : HD급 고화질 영상을 높은 부호·변조 방식으로 전송
- o 미국 DirecTV의 경우 Ku 대역과 Ka 대역을 포함하여 4개의 위성을 동시에 수신
- o 문제점 및 한계
 - 복수의 위성중계기(Ku, Ka)를 이용해야하며 수신안테나 및 이중튜너를 활용하여 Ku 대역과 Ka 대역의 신호를 동시에 수신해야 하므로 투자비용 및 가입자 서비스 이용료 증가

3. 대형 안테나를 통한 공동 수신 방식

〈위성방송 수신형태 구분 : DTH, IF, DCS〉



※ DTH : Direct To Home(가정에서 직접수신)

IF : Intermediate Frequency(중간 주파수 수신)

DCS : Dishless Communication Service(접시없는 위성방송 서비스)

가. 공동주택에서 중간 주파수(IF) 수신방식

- o 아파트, 연립주택, 주상복합건물 등의 공동주택에서는 관리실 및 통신실에서 1.2 ~ 2.4 m의 중·대형 공동 안테나로 위성방송을 수신하여 공시청망(MATV망)을 통해 각 세대 내로 위성방송 신호를 전송하는 방식을 중간 주파수(IF) 수신방식이라 함
- o 이 방식은 가정에서 직접수신(DTH : Direct To Home) 방식에 비해 효율적이고, 신호품질 또한 매우 우수하며, 폭우 시 위성신호의 끊김이나 수신미약 등의 위성방송서비스 장애 대처에 유리

○ 문제점 및 한계

- 중간주파수(IF) 수신방식의 경우, 관리실 또는 아파트 각 동마다 마스터 안테나를 설치하여 각 댁내에 공시청망을 통해 위성 RF 신호를 전송하는 방식으로, 안테나에서 거리가 가까운 세대는 위성방송 신호 품질이 우수하나, 안테나에서 거리가 먼 세대는 동축케이블의 감쇠특성과 여러 분배기, 분기기의 경로를 거치기 때문에 RF(QPSK 변조신호) 신호의 열화가 발생하여 신호품질 저하 발생

나. 공동주택에서 DCS 수신방식

- 1.2 ~ 2.4m급 중형 수신 안테나를 통해 위성방송을 공동 수신하여 여러 가정에 위성방송 신호를 전송하는 방식으로, 중형 안테나의 높은 G/T에 의해 가입자에게 전달되는 신호는 높은 S/N을 유지하도록 함
- 중형 안테나로 공동 수신 후 동축 케이블을 통해 각 가정까지 신호를 전송하는 중간 주파수(IF) 수신방식과는 달리, DCS 방식은 RF신호를 IP신호로 변환하여 인터넷망을 통하여 전송하므로 신호열화 없이 방송신호 전송 가능
- 기존 전통적인 위성수신방식(DTH, IF)에 비해 DCS방식이 보다 우수한 전송품질을 유지할 것으로 위성통신 사업체에서는 예측
- 수신 방식별 신호품질 비교

수신 방식	안테나 사이즈	연간 가용율(%)	수신불능 시간(년)	비 고
DTH	55cm	99.96	약 4시간	-
IF	1.2m	99.97	약 3시간	-
DCS	1.2~2.4m	99.99	약 1시간	수신품질 가장 우수

○ 주요 장점

- 대형 안테나(1.2 ~ 2.4m)로 수신하므로 위성 수신품질(G/T) 향상
- 수신 단말 단 설치방법 간소화 및 시설관리 및 유지보수 용이
- 기존 방식(DTH, IF)에서 발생할 수 있는 기술적·인위적 음영지역 해소
- 가입자마다 개별 수신 안테나가 필요치 않아 미관 해치지 않음

○ 문제점 및 한계

- 관련 서비스 제공을 위한 법적 제도적 정비 필요
- 이해 당사자(케이블방송 사업자 등)와의 의견조율 필요

강우감쇠/전파잡음 측정분석 및 제도개선 연구



주 소 : 58217 전남 나주시 빛가람로 767(빛가람동)

발 행 일 : 2014.12

발 행 인 : 최영진

발 행 처 : 미래창조과학부 국립전파연구원

전 화 : 061) 338-4567

인 쇄 :  장애인생산품판매지원협회
인쇄사업소
02)2269-5523~4



주 의

1. 이 연구보고서는 국립전파연구원에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 국립전파연구원 연구결과임을 밝혀야 합니다.