

제 출 문

본 보고서를 [초광대역 통신 및 SDR를 이용한 주파수 이용 효율화에 관한 연구] 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003.1.27

연구책임자 : 김영규 (전파연구소 기준연구과)

최동훈 (전파연구소 전파자원과)

연구원 : 곽장호 (전파연구소 전파자원과)

연구원 : 권용기 (전파연구소 전파자원과)

연구원 : 안지영 (전파연구소 전파자원과)

연구원 : 염호선 (전파연구소 기준연구과)

요 약 문

[크기20, 진하게, 신명조]

1. 과제명 : 초광대역 통신 및 SDR을 이용한 주파수 이용 효율화 연구
2. 연구기간 : 2002.1.1 ~ 2002.12.31
3. 연구 책임자 : 김영규
4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용 [크기13, 보통, 신명조]

세부연구내용	연구자	월별 추진일정												비 고		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
가. 국내외 동향 분석	김영규	████████████████████														
나. 스펙트럼 이용방법 연구	최동훈		████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████						
다. 주파수 공유를 위한 요소 기술 분석	곽장호			████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████						
라. 미국 규제 동향 분석	권용기				████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████				
마. 스펙트럼 관리방법 제안	안지영		████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████							
바. 초광대역통신 전문위원회 구성 및 운영	염호선			████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████	████████████████████				
분기별 수행진도 (%)		25	50	75	100											

나. 세부 과제별 추진사항

- 1) 국내외 동향 분석

- 초광대역 통신서비스 현황조사
- SDR을 이용한 스펙트럼 효율화 방안 연구 동향

2) 스펙트럼 이용방법 연구

- 이용효율 측정방법 제안
- 기술적 요구사항 분석

3) 주파수 공유를 위한 요소 기술 분석

- 초광대역통신 전파모델 분석
- 주파수 공유를 위한 조건 및 요소기술 추출
- 주파수공유 최적화 방안 제시

4) 스펙트럼 관리방법 제안

- 스펙트럼 관리에 미치는 영향 분석
- 효율적인 관리방법 연구
- 초광대역 통신 서비스 간섭사례 분석

5). 초광대역통신 전문위원회 구성 및 운영

- 산학연 전문가 10인 위원회 구성 및 4회 회의 개최

5. 연구 결과

- 1) 미국 UWB 규제 동향 분석 자료 제시 (전파진흥 2002.10)
- 2) 미국 SDR 인증제도 동향 분석 자료 제시 (전파진흥 2002.12)

6. 기대 효과

1국내 UWB 도입 방안 마련

1국내 SDR 인증제도 정책 자료 제시

7. 기자재 사용 내역

해당 사항 없음

8. 기타 사항

해당 사항 없음

SUMMARY

This report is divided into two parts. The first part reports the US UWB regulation policy and the analysis on it, and the other part deals with the US SDR regulation policy and the analysis on it. The specific content of each part is as follows:

1. Analysis on the domestic and overseas development trends of ultrawide band and software-defined radio.
2. US UWB regulation policy
3. US SDR certification policy
4. Effective spectrum use
5. Technical factors for frequency sharing
6. Spectrum management methods

목 차

제 1 장. 서론 (UWB)	189
제 2 장. UWB 개요용	190
제 3 장 ITU의 UWB 연구 동향	192
제 4 장 미국의 UWB 규제 동향	193
제1절 미국 UWB 인증제도 분석	193
제2절 미국 UWB 기술 기준 개요	197
제 5 장 UWB 정의	200
제 6 장 미국의 UWB 기술 기준 분석	205
제1절 imaging systems	207
제2절 다른 UWB 기기	212
제3절 모든 UWB 기기에 대한 공통 규제 사항	214
제 7 장 UWB 밀집효과	217
제 8 장 UWB에 의한 간섭 영향 분석	221
제1절 GPS에 대한 NTIA, DOT 그리고 TDC의 간섭 영향 분석	221
제2절 미국방성의 SGLS에 대한 UWB의 간섭 영향 분석	230
제3절 아마추어 무선 서비스에 대한 ARRL의	

간섭 영향 분석	230
제4절 PCS에 대한 간섭 영향 분석	231
1. Motorola 분석	231
2. Sprint PCS, Time Domain Corporation, Telcordia 분석	232
3. Qualcomm 분석	233
제6절 CISCO의 MMDS에 미치는 간섭 영향 분석	234
제7절 XM의 DARS에 미치는 간섭 영향 분석	235
제 10 장 국내 UWB 기술 도입 방안	237
제 11 장. 기존 무선 서비스와의 주파수 공유에 대한 의견	238
제 11 장 서론 (SDR)	239
제 12 장 미국의 SDR 인증제도 제정 배경	241
제 13 장 FCC의 software defined radio 정의	241
제 14 장 SDR 기기의 장점	243
제 15 장 SDR 구현을 위한 필요 기술	244
제 16 장. SDR 기술의 문제점	245
제 17 장 미국의 SDR 인증제도 분석	248
제1절 Class III permissive change	248
제2절 SDR 기기로서의 인증	249
제3절 Class III permissive change 수행 기관	249
제4절 하드웨어와 소프트웨어의 복합 개조	252
제5절 하드웨어와 소프트웨어 조합의 제한	253
제6절 Radio Software의 복사	254

제7절	수수료	255
제8절	소프트웨어 개조	255
제9절	전자 꼬리표	256
제10절	전자 꼬리표의 필요성	256
제11절	디스플레이의 형태	257
제12절	디스플레이에 표시되는 정보	258
제13절	시험	258
제14절	지정시험기관에 의한 인증	260
제15절	규제 단속	260
제18장	SDR의 국내 도입 방안 검토	262
제19장	주파수 이용 효율화 방안 검토	262

제 1 장. 서론 (UWB)

UWB 통신 기술은 이미 19세기말에 전기 Arc 발생에 의한 펄스로 통신할 수 있다는 아이디어로부터 시작되었으나 짧은 펄스의 발생과 제어 기술의 부재와 대용량의 정보를 고속으로 전송시킬 수 있는 초고속 전자소자의 부재로 현재까지 이 아이디어의 실제 실현이 미루어진 상태이었다. 그러나 반도체 기술의 급격한 발달로 말미암아 초고속 전자 소자들이 개발되면서 수 nsec 펄스를 발생시키고 수신할 수 있게 되어 현재 UWB 기술이 실현되는 시대를 맞이하게 되었다. 현재 UWB 기술개발 동향을 살펴보면 일본, 한국, 유럽은 미국의 개발 동향을 주시하고 있으며, 미국이 세계적으로 UWB 기술개발에 대한 선도적 입장을 고수하고 말할 수 있다. 수 nsec 펄스폭 발생기술, 수신기술 그리고 지정된 점유 주파수 대역에서만 전파 발사하도록 하는 기술이 주요 UWB 핵심기술이 되겠다. 미국의 주요 UWB 개발 업체로서는 Time domain (TDC)과 Xtream Spectrum (XSI)들이 있고 이들 업체의 주도로 UWB 표준화 단체인 IEEE 802.15.3a가 진행되어 가고 있으며 2003년 7월에 표준안 발표를 목표로 작업 중에 있다.

본 보고서는 UWB 기술의 개발 동향 보다 미국의 UWB 규제 정책 동향에 초점을 맞추고자 한다. 미국은 UWB 기술의 연구 개발뿐만 아니라 규제 정책에 있어서도 다른 나라 보다 훨씬 앞서 나가고 있다. 본 연구를 위해 일본과 유럽의 UWB 정책 동향을 조사하였으나 이들 국가에서는 UWB에 관한 어떠한 정책도 진행되어 지지 않고 있음을 파악하였다. 여러 경로를 통해 이들 국가의 UWB 관련 규제 동향을 파악하였으나 이들 국가들이 미국의 선도적 행동을 주시하고 있음을 느끼게 되었다. ITU에서는 2002년 5월에 겨우 UWB에 대한 study question을 발표한 상태이고 ITU-R SG1에서 2002년 7월에 UWB 연구반을 결성하여 이에 대한 회원국의 기고문을 기다리는 상태이다. 이 연구반도 역시 미국의 주도로 이끌려 갈 것으로 예상된다. 결론적으로 말하면 전세계가 미국이 어떠한 UWB 정책을 펼칠 것인가를 기다리고 있는 상태이고 각국에서는 아마도 미국의 UWB 정책을 도입한 후, 자국의 환경에 맞게 다소 수정 후 자국의 UWB 정책을

수립할 것으로 예상된다. 미국은 이미 2000년 3월에 FCC가 UWB 관련 NPRM을 고시하였고 여러 업체들로부터 UWB 기술에 대한 규제관련 의견을 수렴하여 2002년 2월에 1st report and order를 발표하였고 결국에는 2002년 7월에는 47 C.F.R. part 15 개정판에 UWB 기술기준을 새로이 제정 추가하기까지 하였다.

여러 선진국의 UWB 관련 규제 동향을 분석하였으나, 우리나라의 실정과 다를 바가 없음을 파악하였고 미국의 FCC 보다 진보된 UWB 규제안을 찾을 수가 없었다. 또한 우리나라는 물론 다른 국가들도 FCC의 1ST report and order와 UWB 기술기준 제정안을 근간으로 하여 자국의 UWB 관련 정책수립을 세우는 것이 바람직하다고 판단한다. 본 보고서에서 최근에 발표한 FCC의 1ST report and order (ET Docket 98-153)와 UWB 기술 기준 (47 CFR part 15.503 (f) and (h))을 분석하였다.

제 2 장. UWB 개요

UWB는 짧은 펄스(폭 1~4 nsec)를 이용하여 정보를 송수신하는 무선통신 기술을 말한다. 일정한 시간 간격으로 짧은 펄스를 발사할 경우에 일정한 시간의 전후로 짧은 시간 Δt 만큼 변조하여 $-\Delta t$ 변조될 경우에는 0 그리고 $+\Delta t$ 만큼 변조될 경우에는 1 이라는 정보를 송신하는 새로운 무선 통신 기술을 의미한다. 매우 짧은 펄스를 이용하기 때문에 주파수 영역에서 UWB 신호를 관찰하면 대역폭이 10 GHz 정도로 넓을 수가 있다. 펄스의 duty cycle이 매우 작기 때문에 전송 속도가 매우 높고 다중접속이 가능하며 multiple path에 의한 간섭 영향을 억제할 수 있는 장점이 있다. 시간 상에서 time hopping 개념(time modulated UWB)을 도입하여 송신기와 수신기가 time hopping sequence 정보를 알고 있다면 여러 UWB 기기가 동시에 사용될 수 있는 다중접속 기술을 적용할 수 있다. 또한 반송파를 갖지 않으므로 회로의 크기가 작고 전력 소모가 작다는 장점도 있어 여러 분야에 응용될 수 있다. 또 다른 장점은 UWB의 발사 강도가 매우 낮기 때문에 기존의 무선 서비스 주파수 대역에서 사용하여도 간섭 영향이 적다는 것

이다. 현재로서 UWB가 가장 간섭을 크게 유발할 수 있는 무선 서비스는 UWB처럼 저전력을 이용하는 GPS 서비스이다. 이 GPS 서비스를 보호하기 위해 미국에서는 대부분의 UWB 응용 서비스 분야의 사용 주파수 대역을 2 GHz 이상으로 정하였고 대단히 보수적 관점에서 GPS 대역에서의 UWB의 방사 기준을 제정하였다.

UWB 기기는 크게 두 가지로 구분된다. 위에서 설명한 통신용과 탐지용으로 구분되어진다. 탐지용 UWB 기기는 오래 전부터 군사용 목적으로 사용되어 왔다. 특히, 위성에 탑재된 synthetic aperture radar를 이용하여 지표면의 지하 매장물, 농작물 풍작 관리, 지상 오염지역 파악 등의 목적으로 매우 활용범위가 넓다. 펄스의 폭이 수 nsec인 펄스는 주파수 영역에서 살펴보면 수 GHz 대역에 걸쳐서 균일한 특성을 보인다. 이러한 짧은 펄스 신호 (t)를 어느 물체에 입사 (f)하면 그 물체로부터 반사되는 반사파는 물체의 물리적, 화학적 특성에 따라 입사파와는 다른 펄스폭(t), 스펙트럼 특성(f), 펄스 강도 등을 나타내기 때문에 이들 반사파의 특성들을 분석하여 반사물체를 확인하는 기술이 탐지용 UWB 기기에 이용되고 있었다. 그러므로 탐지용 UWB 기기는 새로운 기술이라고 말할 수는 없다.

제 3 장. ITU의 UWB 연구 동향

2002년 7월에 스위스 제네바 ITU 본부에서 ITU-R SG1회의를 개최하여 20여 개국 200여 명이 참석하였고 UWB 연구 전담반을 창설하기로 하였으며 회의 내용은 다음과 같다.

- 초광대역(UWB)시스템 임시작업반(TG1/8) 구성안 채택

- 각국이 검토중인 UWB 시스템은 3~30GHz 사이에서 500MHz~ 10GHz 대역폭을 사용하므로 도입될 경우 동일 주파수 대역을 이용하는 다른 통신 업무에 영향을 줄 수 있음

- ※ 이번 회의에 지구탐사, 우주연구, 방송위성 작업반들로부터 UWB 도입에 대한 우려 표명 통신문이 접수되고, ICAO는 항공기 안전이 염려된다고 밝힘

- 2001년 UWB 시스템의 특성 및 이용 규정을 사전 정립하기 위해 연구의제를 채택하고 수행중이나, 집중적인 연구를 위해 새로운 작업반 구성의 필요성을 공동 인식함(Doc.1/95)

- ※ 이미 미국은 입법 예고(4월) 중이고, 유럽은 24GHz대 차량용 레이더를 개발 중이며, 한국과 일본도 기술개발을 검토 중이지만, 국제전파규칙의 수동업무 보호 규정(RR 5.340조)을 준수하여야 하고 다른 업무와의 양립성 검토가 필요함

- 새 작업반의 임무는 UWB와 다른 업무간의 양립성 연구, UWB 제도정립 연구, UWB신호 측정방법 연구로 하고, 의장의 요청을 받아 캐나다인 Mr. Hanna Slim(hanna.slim@ic.gc.ca)을 작업반 의장으로 추천

- ※ 시리아는 국가의 스펙트럼관리정책은 각국에서 알아서 하는 것이므로 국제 문제만 작업반의 임무로 부여할 것을 주장하였지만, 프랑스, ICAO, 미국 등이 항공기, 지구탐사 위성 등이 전세계를 이동하므로 국가 내에 국한된 문제가 아니며, 또한 통일된 주파수 이용을 위해서도 UWB의 전세계적인 이용을 함께 고려하기로 함

제 4 장. 미국의 UWB 규제 동향

현재 미국은 UWB 기술에 있어서 세계 최고의 기술을 자랑하고 있다. Time Domain Corporation과 Extreme Spectrum, Inc.에 의해서 미국의 UWB 기술 관련 지적 재산권이 잡혀 있고 FCC는 이들을 비롯한 일부 산업체의 기술력을 바탕으로 UWB 세계 시장 선점을 목적으로 2002년 2월에 세계 최초로 UWB 기술 기준을 제정하였다. 미국의 의도는 세계 최초로 UWB 기술 기준을 제정하면 다른 여타의 국가에서도 미국과 비슷한 기술 기준을 제정할 것이라는 계산이고 이로 인해 미국의 UWB 산업의 수출 장벽을 낮출 수 있어 수출 활성화로 세계 UWB 시장을 선점하려는 속셈이 바닥에 깔려 있다. 그러므로 우리나라를 비롯한 다른 나라들은 미국의 UWB 기술 기준을 분석하여 미국과 다른 UWB 기술 기준을 제정하여 자국의 UWB 산업 보호와 활성화에 노력해야 할 것이다.

제 1 절. 미국 UWB 인증제도 분석 [1]

FCC는 NPRM에서 UWB 기술이 공공 안전용, 사무용 및 개인용으로서 대단히 많은 분야에 커다란 편리를 제공할 수 있다고 인정하며, 그로 인한 경제적 파급 효과가 대단히 클 것으로 판단하고 있다. 또한, UWB 기술은 무선 간섭 없이 기존의 무선 서비스의 주파수 대역을 공유할 수 있어 주파수 부족 현상을 완화 시킬 것으로 기대하고 있다. 단기적 전망으로서 UWB 기술은 저전력 단거리 무선기기 분야에 빠르게 응용될 것이고 이들 기기의 대부분이 비허가 무선 기기로서 사무용과 개인용으로 시장에 대량 출하 될 것으로 전망하고 있다. 이러한 UWB 기술의 무선 특성에 대한 규제는 part 15의 규제를 받는 다른 비허가 무선 기기의 경우와 같을 수 있을 것이라고 FCC는 판단하였고 UWB 기술에 part 15의 규정을 적용하는 것이 적당할 것으로 결론을 내렸다.

UWB 기술의 인증과 응용 범위를 제안한 여러 업체로부터 수많은 의견들이 접수 되었

다. 대다수의 의견이 UWB 기기에 적용되는 기술기준 같은 기술적 측면을 논하지 않았지만, UWB 기술을 적용할 수 있는 수많은 응용 사례를 언급하였다. Ground penetrating radar (GPR), wall-imaging system, 차량충돌 방지기, 창고용 radar label system, 그리고 통신 시스템 등이 응용 분야로 많이 언급 되었다. Intel은 UWB 기술이 가정용 및 사무용 단거리 무선 기기로서 대단한 잠재력을 갖고 있다고 언급하였다. Fantasma는 가정, 학교, 사무실, 도서관 및 병원에서 영상, 음성, 인터넷 서비스를 동시에 공급할 수 있는 통신 응용 분야를 언급하였다. AT&T는 대학 캠퍼스 같은 구역 내에서의 고속 단거리 무선 기기로서의 응용 분야를 언급하였다. National safe skies alliance는 공항 활주로 침입 감시용 및 공항 터미널과 고용인들 사이에 정보 분배용으로서의 응용 분야를 언급하였다. Siemens Automotive ZF는 차량의 전방향 감시용, 차량충돌 방지용, 후진 감시용 및 에어 백 접근 측정용으로서의 응용 분야를 언급하였다. TDC는 그 밖의 여러 다른 분야에서의 응용 분야에 대해서도 언급 하였다.

UWB 기술의 사용을 지지하는 대부분의 업체는 UWB 기기가 part 15의 규제를 적용 받는 기기로 인증 되어야 한다고 주장하였다. Delphi, Endress Hauser, Lucent 그리고 Bosch는 UWB 기기는 사무용 및 개인용 기기로서 시장에 나와야 한다고 주장하였다. 이들 업체는 UWB 기기를 허가제로 적용하는 것은 부적절하고 소비자에게 추가적 비용을 부담시킨다고 말하였다. Valeo Electronics는 UWB 기기의 비허가제 운용을 지지하나 고출력의 UWB 기기는 허가제로 운용해야 한다고 말하였다. 마찬가지로 Zircon도 47 C.F.R. § 15.209 방사기준 적용 하에 UWB 기술을 규제하되 Class A의 UWB 기기는 최소한의 허가 조건을 적용해야 한다고 주장하였다.

일반적으로 무선 서비스 인증을 이미 받은 기존 업체들은 UWB 기기가 자신들의 주파수 대역에서 사용되는 것을 반대하며 UWB 기기는 허가제로 도입되어야 한다고 제안하였다. Cingular와 다른 PCS 사업체들은 UWB 기기는 6 GHz 이상에서 사용되어야 하거나 GPR의 경우에 대해서만 1GHz 미만의 주파수 사용을 국한해야 한다고 주장하였다. 미국 GPS 산업 협의회는 UWB는 높은 peak 전력을 발사하는 무선 기기이기 때문

에 UWB 기기를 part 15 기기로서 규제하는 것이 부적절 하다고 말하였다. ARINC 와 ATA는 주파수 분배를 통해 UWB 기기의 사용을 허가하되 UWB 기기에 대한 주파수 분배를 위해 또 다른 NPRM 고시가 필요하다고 주장하였다. Alloy는 UWB기기의 무간섭을 확보하기 위해서는 허가제가 필연적이라고 언급하였다. MSSSI는 UWB 기술의 사용을 옹호하지만 고출력 레벨과 제한된 시장 때문에 비허가제로 도입하는 것은 부적절 하다고 주장하였다.

Boeing은 UWB 기기를 허가제로 도입하는 새로운 규제 제정이 필요하다고 언급하였다. Boeing은 주변에 사용되고 있는 UWB 기기의 수를 적절히 규제하지 않고 UWB 기기를 허가하는 것은 매우 우려할 사항이라고 주장하였다. 또한 Boeing은 UWB 기기를 공공 안전 직원에게만 보급하는 등의 어느 특정 기술적 운용 조건 하에서 운용되도록 하고 제한된 일정 수 만큼의 UWB 기기의 제작을 FCC로부터 허가를 받도록 하는 규칙을 세워야 한다고 주장하였다. 마찬가지로 Lockheed도 FCC가 한 지역에서 사용될 수 있는 UWB 기기의 수를 제한하는 규제가 필요하다고 하였다. FCC가 UWB 기기의 사용 허가권을 발급하고 매년 생산되는 UWB 기기의 수를 제한해야 한다고 Prof. Peha는 주장하였다. 그는 FCC가 UWB 기기의 사용을 추적하고 그들의 수를 감시해야 한다고 하였다. SIA와 Sirius 또한 한 장소에서 사용되는 UWB 기기의 수를 제한하는 허가제도를 확립해야 한다고 하였다. Sirius는 UWB 기기에 대한 허가제도는 UWB 기기로부터 영향을 받을 수 있는 서비스에 사전에 UWB 기기의 사용을 통보하도록 해야 한다고 주장하였다. 그러나 Kohler는 FCC가 이러한 허가제도를 운영해 본 경험이 없기 때문에 이 같은 허가제도 도입에 반대한다고 말하였다. Kohler는 UWB 기기의 인증되는 수를 제한 함으로서 상호 배제성을 유발하고 47 U.S.C. 309 (j)에 위배된다고 설명하였다.

FCC는 제시된 모든 의견들을 종합하여 UWB 기술은 공공안전, 사무용 및 개인용 무선 기기로서 일반생활에 커다란 혜택이 있을 것으로 결론을 내렸다. FCC는 UWB 기술의 인증이 경쟁과 경제를 향상시켜서 제조업체, 사업자 등에 많은 기회를 제공할 것이라고 생각하였다. UWB 기술은 간섭을 유발하지 않고 다른 서비스와 주파수를 공유 함으로

서 주파수 이용 효율화를 이룰 수 있을 수 있다고 믿고 있다. UWB의 인증이 FCC는 새로운 기술의 사용을 장려해야 한다는 1934년 통신법 7절에 부합한다고 생각하고 있다.

UWB 기기가 기존 무선 서비스와 간섭을 일으킬 것이라고 생각한다면 UWB 기술에 대해서 과대평가 혹은 오해를 하고 있다고 할 수 있다. 제시된 의견과 여러 기술적 조사들을 분석한 결과 적절한 기술적 기준과 운용 조건을 수립하면 다른 기기와 간섭 없이 UWB 기기 운용될 수 있다고 FCC는 결정하였다. 이런 관점에서 FCC는 UWB의 응용 대상에 따른 기술기준과 운용 조건을 수립하였다. UWB 기술의 응용 대상 분야별 발사 강도는 part 15 기기 보다 강화하였고 이들 대상에 따라 서로 다른 주파수 범위도 정하였다. 이러한 기술 기준이 UWB 기기가 다른 무선 서비스와 상호 간섭 없이 공존할 수 있을 것이라고 FCC는 확신하였다.

현 시점에서 UWB 기기를 part 15 기기처럼 비허가제로 운용하는 것이 가장 적절하다고 FCC는 판단하였다. UWB 기기는 허가를 필요로 하지 않으며 저전력으로 운용될 것이다. 이런 관점에서 FCC는 UWB 기기가 고전력을 발사하거나 광역 이동무선 서비스 용으로 응용되는 것을 허가하지 않기로 하였다. 대신에 기존 무선 서비스에 최소한의 간섭을 일으키는 (UWB 기기의 밀집 효과 포함) 발사 강도를 허락 하였다. UWB 기기가 최소한의 간섭을 일으키도록 운용되는 운용제한 조건도 정하였다. 허가를 요구하는 것은 부적절 하다고 판단하였다. 그러나 imaging system에 대해서는 NTIA와의 상호협정 요구사항을 준수하기로 하였다. 제조업체가 생산하는 UWB 기기의 수를 제한하는 것도 부적절 하다고 판단하였다. 많은 UWB 기기는 크기가 작으며 휴대용일지라도 생산되는 기기의 수를 제한하는 것이 한 장소에 UWB 기기가 집중하는 현상을 방지할 것이라고 믿지 않았다. 출력 및 다른 기술 조건으로 UWB 기기를 규제하는 것으로 간섭 억제효과가 충분함을 다른 part 15 기기에서도 경험한 바 있다. 따라서 UWB 기기에 대한 허가제를 도입하거나 생산 기기의 수를 제한하는 어떤 이유도 타당하지 않다고 하였다. 그리하여 part 15 규제 하에 UWB 기기의 사용을 선포하였다.

FCC는 세가지 응용분야의 UWB 기기에 대한 규제를 정하였다. 1) imaging systems (GPR 포함), 2) 차량 radar systems, 3) 통신 및 측정 시스템. 이들 카테고리가 향후 개발될 UWB 기술의 새로운 응용 분야에 대한 기술 조건도 해결하는 방안을 제시할 수 있을 것으로 FCC는 확신하였다. Imaging system은 발사 방향에 놓인 물체가 모두 흡수하는 전파 에너지를 방사한다. GPR은 매장된 물체를 탐지하기 위해 지면에 접촉 혹은 근접하여 발사한다. Imaging system은 벽 속에 혹은 벽 반대편에 있는 물체를 탐지하는 기기이다. Wall imaging system은 벽 속의 물체 확인, 다리교각 내부의 결함을 탐지하는 기기이다. 감시 시스템은 전자 범위를 정하고 그 전자 범위 내에서 물체의 움직임을 탐지하는 정지 radar system이다. 차량 radar system은 차량 주변의 물체 움직임을 감지하고 충돌방지 기능을 하며 개선된 에어 백 작동을 하고 도로조건에 맞는 서스펜션 기능을 하도록 한다. 통신/측정 시스템은 초고속 네트워킹에 사용되는 다양한 분야에서의 휴대용 기기, 즉, 노트북 컴퓨터나 PDA를 말한다.

제 2 절 미국 UWB 기술기준 개요

FCC는 이들 기기의 특성과 잠재적 간섭 가능성을 고려하여 응용분야별로 서로 다른 기술기준을 정하였다. 응용범위, 동작주파수 범위 및 발사강도에 대한 이러한 제한이 또 다른 UWB 응용 분야 개발을 저지할 수 있다고 FCC는 말하고 있으며 이번 기술기준 발표에 대한 외부로부터의 의견 입력을 받으면 보다 개선된 기술기준을 개정 발표할 것이라고 하였다. FCC는 허용 주파수 범위에서 동작하는 UWB 기기는 47 C.F.R. § 15.209의 발사 기준을 따르도록 하였다. 이들 세가지 카테고리에 대한 응용분야별 용도는 다음과 같다.

1. **imaging systems:** imaging system은 GPR, wall imaging system, through-wall imaging system, 감시 시스템 그리고 의료용 영상 시스템들을 포함한다.

가 GPR

- 1 주파수 대역 : 960 MHz 이하 또는 3.1 ~ 10.6 GHz
- 1 지표면에 근접해서 운용
- 1 법단속용, 화재 및 재난구조용, 과학연구용, 광산업체용, 공사업체용

나 Wall imaging systems

- 1 주파수 대역: 960 MHz 이하 혹은 3.1~10.6 GHz
- 1 벽 내부의 물체 확인용, 콘크리트 구조물 내부 조사용, 지하 매장 물체 확인용
- 1 법단속용, 화재 및 재난구조용, 과학연구용, 광산업체용, 공사업체용

다 Through-wall imaging systems

- 1 주파수 대역: 960 MHz 이하 혹은 3.1~10.6 GHz
- 1 벽구조 반대편의 인체나 물체의 위치 및 움직임 탐지용
- 1 단속용, 화재 및 재난구조용, 과학연구용, 광산업체용, 공사업체용

라 감시 시스템

- 1 주파수 대역: 1.99~10.6 GHz
- 1 담장 감시용, 침입감시용
- 1 법단속용, 화재 및 재난구조용

마 의료용 영상시스템

- 1 주파수 대역: 3.1~10.6 GHz
- 1 생체 내부의 물체 위치 및 움직임 탐지용
- 1 의료전문가의 감독 하에서 운용

2. 차량 radar system : 중심주파수와 최대 발사 전력 주파수가 24.075 GHz 이

상인 방향성 안테나를 사용하는 차량용 radar system

- 1 주파수 대역: 22~29 GHz
- 1 차량 주변의 물체 위치 및 움직임 탐지용, 도로 상황에 맞는 suspension 용
- 1 에어백 활성화용, 비행선 탑재 23.6~24 GHz 대역의 보호를 위해서 수평선 이상으로 24GHz 이상에서의 방사는 억제

3. 통신/측정 시스템: 고속전송 가정용 및 사무용 네트워킹 기기 혹은 유사 다양한 분야의 UWB 기기

- 1 주파수 대역: 3.1~10.6 GHz
- 1 실내용 휴대용 기기 이외의 기기에 대해서는 보다 강화된 불요발사 강도 적용

제 5 장 UWB 정의

NPRM에서 FCC는 발사전파의 fractional bandwidth이 0.25 이상이거나 대역폭이 1.5 GHz 이상인 기기를 UWB 기기로 정의하자고 제안하였다. Fractional bandwidth을 $2(f_H - f_L)/(f_H + f_L)$ 으로 정의 하였고 f_H 는 상향 주파수대의 10 dB 지점이고 f_L 는 하향 주파수대의 10 dB 지점을 의미한다. 중심주파수는 $(f_H + f_L)/2$ 으로 정의하였다. 10 dB에 근거하여 UWB 기기를 정의한 이유는 part 15에서와 같이 20 dB로 정의하면 UWB 신호가 noise floor에 근접하여 측정이 어렵기 때문이라고 하였다. 대역폭은 UWB 기기에 장착된 안테나를 이용하여 결정해야 한다. FCC는 다음과 같은 사안에 대해서 업체의 의견을 요구하였다. 1) FCC가 제안한 UWB의 정의 2) fractional bandwidth를 10 dB로 정의하는 것이 타당한지 3) 다른 bandwidth 측정법에 대한 제안 4) UWB를 pulse 발사 기기라고 정의해도 되는지 5) UWB bandwidth 조건을 만족하는 초고속 시스템들도 UWB 기기라고 정의해도 좋은지. FCC는 UWB에 대한 더 많은 경험을 얻을 때까지 보수적인 관점에서 UWB 기술에 접근하기로 결정하였다.

업체들은 fractional bandwidth 혹은 최소 발사 대역폭으로 UWB를 정의하는 것에 대해서 대체적으로 동의하였다. 그러나 어느 특정한 수치로 UWB를 정의하는 것에 대해서는 반대하는 입장을 취하였다. 또한 변조를 펄스 변조만으로 국한하거나 bandwidth을 규정할 때 data rate 대신에 narrow pulse width만을 이용하는 것에 대해서도 반대입장을 취하였다. UWB 송신기로 설계된 안테나를 이용하여 bandwidth를 측정하는 것에 대해서는 반대하지 않았다.

대다수의 업체들은 fractional bandwidth 측정 시, 10 dB 개념을 도입하는 것에 대해서 지지 입장을 취하였다. Bosch는 UWB의 정의 시, -10 dB법 만을 이용해야 한다고 주장하였고 20 dB법은 noise floor에 너무 근접해서 신뢰성 있는 측정이 어렵다고 말하

였다. 또한 20 dB 법에 의한 측정 시, 20 dB 지점이 fundamental lobe과 side lobe 모두에서 나타난다고 전하였다. Valeo, Kohler 그리고 많은 업체가 20 dB에 의거한 측정법은 부적절 하다고 언급하였다.

NTAA는 10 dB 측정법에 대해서 반대 입장이다. 10 dB 법은 임의적이고 수백 watt 의 peak 전력 성분을 간과하기 쉽다고 전하였다. NBAA는 UWB 기기의 대역폭은 발사전파의 중심주파수의 5 % 이상이어야 한다고 주장하였다. AOPA도 방사레벨이 너무 많이 변화하기 때문에 10 dB법을 이용하기 어렵고 20 dB법이 채택되어야 한다고 전하였다. ARRL은 스푸리어스에 대한 FCC의 규정에 입각해서 23 dB법이 유효하다고 주장하였다.

일부 업체는 20 dB에서 10 dB법으로 채택되었기 때문에 0.25 fraction bandwidth와 1.5 GHz최소 대역폭을 축소 시켜야 한다고 주장하였다. SME와 Valeo는 0.17 fractional bandwidth와 1.0 GHz 대역폭을 제안하였다. Siemens는 0.15 fractional bandwidth와 1 GHz 대역폭을 요구하였다. Bosch는 0.15-0.20 fractional bandwidth와 1.5 GHz 대역폭을 요구하였다. ANRO와 Kohler는 0.20 fractional bandwidth 그리고 Daimler Chrysler은 1 GHz 이상의 대역폭을 요구하였다.

Delphi는 중심주파수와 상관 없이 최소 500 MHz 대역폭으로 UWB를 정의해야 한다고 요구하였고 모든 타입의 변조를 허용해야 한다고 주장하였다. M/AQ-Com은 Delphi에 반대 입장이었다. M/AQ-Com은 FCC는 금지 대역에서의 UWB 발사를 금지할 것이기 때문이라고 하였다. 한편 MSSSI는 UWB 기기는 20~30 MHz 대역에서도 신호를 발생할 수 있기 때문에 대역폭을 200 MHz로 축소해야 한다고 주장하였다.

pulse 혹은 impulse 형태 이외의 변조를 포함하는 것에 대해서 AOPA는 UWB의 정의를 확대 시키는 결과를 초래하여 다른 형태의 무선기기 개발을 초래할 수 있다고 언급하

였다. 다른 형태의 무선기기는 또 다른 간섭 효과를 발생시킬 수 있다고 언급하였다. 마찬가지로 TDC도 UWB의 최대 장점은 low duty cycle이기 때문에 규정된 fractional bandwidth와 최소 대역폭을 초과하는 기기에 대해서만 UWB 기기로 규정하는 것에 대해서 반대하였다. TDC는 또한 주파수 sweeping system에 대한 간섭효과 및 측정방법이 이미 알려져 있기 때문에 주파수 sweeping system도 UWB 기기에 포함되어야 한다고 주장하였다. Endress Hauser와 USGPSIC 또한 linear sweep system 을 UWB 기기의 특성으로 인정할 것을 요구하였다. ARRL은 Delphi와 마찬가지로 peak치, 평균전력, 전력주파수밀도가 기준에 적합하면 모든 형태의 변조타입을 UWB 기기에 포함해야 한다고 주장하였다. CSSIP, Krohner, Siemens 그리고 Valeo는 주파수 sweeping system을 UWB 기기로 인정해야 한다고 주장하였다. Kohner는 이러한 기기에 대한 측정방법과 발사강도 기준에 대한 충분한 정보도 확보하고 있다고 언급하였다.

Bosch는 UWB를 narrow pulse width로 규정하는 것은 초고속 전송을 가능케 하는 새로운 변조 방식의 기술 개발을 방해할 수 있다고 진술하였다. XSI는 narrow pulse width이 아니라 초고속 data rate을 수행하는 초고속 data system을 UWB 기기에 포함시켜야 한다고 주장하였다. XSI는 간섭은 peak 방사나 평균방사 그리고 한 지역에 밀집한 주파수 밀도에 의해서 간섭 효과가 크게 변화하지만 변조 특성에 의해서는 큰 영향을 미치지 않는다고 하였다. AOPA는 chirping과 같은 특별한 변조기술은 간섭효과에 크게 영향을 미치지 않기 때문에 UWB 기술에 포함시키는 것을 반대하였다.

FCC는 원래 제안한 10 dB 방사 측정방법을 이용하여 bandwidth와 중심주파수를 측정하기로 결정하였다. Bosch가 지적하였듯이, -20 dB 측정법은 noise floor에 너무 가까워서 신호의 정확한 측정이 불가능하다. 마찬가지로 ARRL도 20 dB 법을 같은 이유로 반대하였다. FCC는 fractional bandwidth과 최소 대역폭을 10 dB법을 이용한다면 축소시켜야 한다고 하였다. 이에 따라 FCC는 10 dB fractional bandwidth을 0.25에서 0.2로 감소하였다. 최소 대역폭은 500 MHz로 감소하였다. 500 MHz 대역폭

결정에 대부분의 업체는 만족하나 몇몇 업체들은 fractional bandwidth와 최소 대역폭에 대한 제한을 철폐해야 한다고 한다. 그러나 FCC는 이를 거부하였다. 금지대역에서 방사하는 UWB 기기가 제작될 수 있기 때문이라고 하였다.

MSSI가 주장하는 대로 200 MHz로 최소 대역폭을 줄이는 것에 대해서도 반대 입장이다. FCC가 다뤄야 할 규제 사항은 47 C.F.R. 15.205에 기술된 금지대역에서의 part 15기기의 운용이다. FCC는 1st Report and Order에서 이 규제를 수정하여 광대역 신호 특성을 갖는 UWB가 금지 대역에서도 방사할 수 있도록 하는 것이다. 한 개 이상의 금지 대역을 통과하지 않고 UWB를 방사 시키는데도 어려움이 있으나 금지대역 밖에서 200 MHz 대역폭을 찾는 것은 어렵지 않다고 하였다. 예로서 1722.2-2200 MHz, 2900-3260 MHz, 3359-3600 MHz, 5150-5350 MHz, 5460-7250 MHz의 주파수 대역 (금지대역 밖의 주파수 대역들)에서 방사기준 이상의 강도로 UWB 방사가 가능하다. Part 15 기기도 역시 UWB에 대해서 채택된 기준을 만족하지 않아도 이들 대역에서는 어느 목적에 무관하게 방사가 허용된다. 즉, UWB의 최소 대역폭을 200 MHz로 정한다면 part 15 규정의 개정할 필요가 없다는 결론에 도달하였다. 또한 현재 금지 대역 밖에서 만족스럽게 운용되는 part 15 기기의 운용 주파수 대역을 금지 대역 안으로까지 확장 시킬 이유도 없다. 따라서 FCC는 최소 대역폭을 500 MHz로 정하였다.

방사 대역폭이 짧은 펄스 폭에 의한 것이 아닌 고속 data에 의한 것이라 하여 초고속 전송 시스템을 UWB 기기라고 인증하여서는 안 된다는 Bosch와 XSI의 의견에 FCC도 동의하였다. FCC는 여러 변조 기술도 UWB의 정의와 기술기준을 만족한다면 UWB 기기로 인증해야 한다는 ARRL과 Delphi의 의견에는 동의하였다. 그러므로 어느 무선기기가 UWB의 fractional bandwidth와 최소 대역폭 조건을 만족시키면 UWB 기기로 인정해야 한다. 그러나 FCC는 주파수 sweeping (예, FMCW)이나 hopping같은 기술을 이용한 기기에 대해서 UWB 기기로 인증하지 않기로 하였다. 현재의 주파수 sweeping system에 대한 측정 방법에서는 측정 시 sweeping을 중지하고 측정을 실행한다. 주파수 sweeping 상태에서 시험 측정은 없으며 주파수 sweeping 기기에 의한

간섭은 sweeping 상태에서 측정한 결과에 의해서 계산되지 않기 때문에 측정 시 sweeping이 중단된다. 마찬가지로 주파수 호핑 변조기술을 사용하는 기기도 호핑을 정지한 상태에서 측정을 실시한다. Sweeping (혹은 호핑)이 정지된 상태에서는 이러한 변조에 의한 방사가 UWB의 fractional bandwidth와 최소 대역폭을 만족시키지 못한다고 하였다.

제 6 장 UWB 기술 기준 분석

NPRM에서 FCC는 UWB에 적당한 주파수 대역을 할당하는 여러 가지 요인들을 고려하였다. 먼저 GPS와 같은 금지 대역에서 운용되는 중요한 안전시스템을 간섭으로부터 보호하는 것이었다. 둘째, UWB의 다양한 응용 분야들에 대한 합리적인 주파수 할당이였다. 이들 각각의 응용 분야는 고유의 주파수 특성과 조건을 갖고 있다고 하였다. 셋째, 주파수 스펙트럼의 대역 마다 고유의 전파전파 특성을 갖고 있다는 사실이었다. UWB의 이로운 점을 최대한 살리기 위해서는 FCC는 간섭 억제를 위한 노력 외에는 UWB 주파수에 대한 제한을 최소화 하였다.

FCC는 2 GHz 이하에서 UWB를 운용하는 것에 대해 대단히 우려를 표명하였다. 2 GHz 이하의 대역은 공공 안전용, 해상 항공용, AM, FM, TV 대역, 이동 통신용, 의료용, 아마추어 통신, GPS 등 여러 서비스가 이미 점유하고 있기 때문이다. TV 대역을 고려하지 않아도 64개 금지 대역 중 41개 대역이 2 GHz 이하에 분포하고 있다. 1559-1610 GHz 대역의 GPS에 대한 간섭은 특별한 우려 대상이다. FCC는 GPS 용으로 특별히 할당된 대역, 즉, 960-1215 GHz의 L2 주파수를 이용하는 GPS에 대한 간섭 또한 심히 우려하였다. GPS는 항해용 및 안전용으로 사용이 증가하고 있고 공중 교통시스템의 효율을 높이는데 매우 중요한 역할을 하고 있다. GPS는 또한 경찰과 소방서가 긴급한 위치를 파악하는데 사용되기도 한다. 차량, 선박, 자전거, 지적 측량용으로 GPS의 용도가 증가하고 있다. 그러므로 GPS에 대한 간섭은 공공안전과 산업 분야에 큰 피해를 줄 수 있기 때문이다.

이러한 요소들을 고려해볼 때 FCC는 GPR과 through-wall imaging system 용도 외에는 UWB를 2 GHz 이하에 운용하는 것을 심각히 우려하고 있었다. UWB를 2 GHz 이하에서 운용하여야 하는지, 그리고 그에 수반된 제한 요소가 UWB 기술 발전에 어떠한 영향을 미칠런 지에 대한 의견 조회를 실시하였다. UWB의 운용 주파수에 대한 정

확한 대역을 요구하였다. 예를 들어서, GPS 대역인 1610 MHz 이하, 1718.8-1722.2 MHz 혹은 PCS 대역인 1850-1990 MHz 및 다른 금지 대역에서 UWB 방사를 금지 시켜야 하는지?

위에서 논의한 우려사항을 고려하지 않아도 FCC는 지하매장 물체 탐지를 위해서 GPR은 2 GHz 이하에서 운용되어야 한다는 것을 인지하고 있다. 그러나 GPR이 방사하는 에너지의 대부분이 지표면에 흡수되기 때문에 GPR에 의한 간섭 영향은 작을 것이라고 하였다. GPR은 또한 대량 생산되지 않으며 사용 빈도 또한 작다고 하였다. 따라서 FCC는 GPR에 대해서 어느 주파수 대역에서도 운용되어도 좋다는 결론을 내렸다. GPR은 지하 매장 물체 탐지를 위해서 지표면에 근접해서 방사하는 UWB 기기로 인식해야 한다고 하였다. GPR은 전문가에 의해서 운용되어야 하고 지표에 근접 방사할 때만 동작하는 스위치가 장착되어야 한다고 하였다.

FCC는 NPRM에서 GPR에 대해서 논의하였던 요소들을 다른 through-wall imaging system에도 적용해야 되는지에 대한 의문을 제기하였다. 예를 들어서 지표면에 근접 방사하는 GPR과는 달리 다른 wall imaging system은 어느 방향으로도 방사할 수 있기 때문이다. 벽에 의해서 전파가 감쇄 되더라도 감쇄 정도가 벽의 특성에 따라 감쇄량이 크게 달라질 수도 있다. 그러나 FCC는 그러한 기기들도 대량 생산되는 제품이 아니고 사용 빈도도 작다고 하였다. 다른 imaging system들도 GPR의 경우처럼 다루어야 하는지 아니면 다르게 다루어야 하는지에 대한 의견을 요구하였다. 다음과 같은 사안에 대해서 의견을 요구하였다. 1) GPR과 다른 imaging system에 대한 처리 방법 2) 이들 기기가 항상 근접 방사를 하도록 하는 방법 3) part 90의 주파수 대역을 사용하는 공공 안전용 기기에 대한 규제처럼 다른 imaging system에 대해서도 허가를 해야 하는지 4) 다른 imaging system에 자동 전력제어 기능을 장착하도록 해야 하는지

FCC는 그 밖의 다른 응용분야의 UWB 기기는 2 GHz 이상 대역에서 운용된다면 여러 주파수 대역에서 문제 없이 만족스럽게 운용될 수 있다고 확신하였다. FCC는 다음과

같은 이유로 UWB가 2 GHz 이상에서 운용된다면 기존의 무선 서비스에 간섭영향을 작게 준다고 확신하였다. 1) 2 GHz 이상에서는 높은 전파전파 손실로 인해서 쉽게 감쇄함. 2) 2 GHz 이상의 기존 서비스는 불요파 수신을 억제 하기 위해 방향성 안테나를 이용함. 따라서 FCC는 아래에서 논하게 될 기술 기준을 만족시키면 2GHz 이상에서 모든 형태 UWB의 운용을 허락하였다.

2 GHz 이하에서 운용은 대단히 우려할 사항이지만 매우 낮은 전력으로 방사한다면 운용 가능할 수 있음을 업체들에게 상기시키면서 FCC는 2 GHz 이하에서 imaging system 외의 UWB의 운용 가능성에 대해서도 신중히 고려하였다. 매우 낮은 전력을 방사하는 이들 UWB 기기의 운용을 2 GHz 이하에서도 허가한다면 심각한 간섭 문제를 유발하지 않을 수도 있기 때문이었다. GPS 대역 내에서는 UWB에 대해서 보다 강화된 방사기준을 설정한다면 2 GHz 이하에서도 UWB의 운용이 가능할 수 있음을 FCC는 인식하고 있었다. 미국의 여러 무선 분야 제조업체, 연구기관, 학교 등에서 다른 무선 기기에 미치는 UWB의 간섭영향을 분석하였다. GPS 수신기에 대한 간섭영향이 가장 관심이 많았고 심도 있는 연구가 수행되었다. CDMA PSC 수신기, 각종 미연방정부 무선국 및 레이더 시스템, 디지털 위성 라디오 (DARS), MMDS 등 다양한 무선 기기에 대한 UWB의 간섭영향 연구도 이들에 의해서 수행되었으며 연구 결과는 FCC의 1st report and order (ET Docket 98-153)에 자세히 기술되어 있다. FCC는 이들 업체 및 기관으로부터의 의견 간섭 영향 연구 결과를 분석하여 매우 보수적 관점에서 다음의 3가지의 UWB 기술 응용 분야 대해서 기술기준을 세계 최초로 수립하여 2002년 7월 part. 15 개정판에 새로이 추가 고시하였다.

제 1 절 Imaging Systems

의견을 제시한 대부분의 업체들은 의도된 목적 이외의 사용을 금지하거나 근접방사를 보장할 수만 있다면 모든 대역에서 GPR 운용을 허락하는 것을 지지하였다. 그러나 다른 imaging system에 대해서는 다른 견해를 표시하였다. 몇몇 업체들은 imaging

system을 여러 물체의 내부를 탐지할 수 있도록 여러 주파수 대역에서 운용될 수 있도록 허락해야 한다고 언급하였다. 또 다른 업체들은 imaging system이 기존 허가 서비스에 간섭영향을 미칠 수 있다고 우려하였고 어느 특정 대역을 할당해야 한다고 하였다.

ARRL은 GPR이 방사기준을 만족시키면 어느 주파수 대역에도 이를 운용하는데 반대하지 않는다고 하였다. 왜냐하면 근접방사를 하고 사용되는 기기의 수가 제한되어 있기 때문이라고 하였다. ARINC, ARRL, ATA는 UWB를 GPR 전용으로 국한 시켜야 다른 무선 서비스에 간섭 영향을 최소화할 수 있다고 하였다. Nortel은 방사 에너지가 매우 작고 근접 방사를 하기 때문에 다른 서비스에 영향을 크게 미치지 않는다고 하였고 전문가에 의해서 운용되고 지표면에 근접방사만이 가능케 하는 특별한 장치를 GPR에 장착해야 한다고 하였다. Sirius는 DARS 대역을 피해서 2 GHz 이하에서만 운용해야 한다고 하였다. Aether Wire는 1 GHz 이하 대역이 적당하다고 하였고 Colorado school of mines은 벽, 아스팔트, 토양, 물, 눈의 내부 탐지를 위해서는 200 MHz-2 GHz 대역의 주파수가 최적이라고 하였다. USGPSIC는 GPR을 3GHz 이상에서는 금지하는 아무런 이유가 없다고 하였다.

AOPA는 GPR은 지표면으로부터 1 m 내에서 운용해야 한다고 주장하였고 1 m는 150 MHz의 반파장 이어서 150 MHz 이상의 주파수 대역에서 결합누설과 지표반사로 인하여 상당량의 에너지가 외부로 유출될 수 있다고 하였다. Alloy는 금속 물체는 전파를 반사 시킬 수 있기 때문에 GPR은 지표로부터 1 foot 이내에서 방사해야 한다고 주장하였다. GPR은 지하 물체 탐지에만 사용되지 않고 절벽면 이나 경사면 혹은 굴곡면 등에서도 사용 가능하기 때문에 Peter Annan은 GPR을 항상 지표면을 향하도록 설계하는 것을 반대하였고 동작 시에 항상 눌러야 하는 스위치 (override switch)를 GPR에 장착해야 한다고 하였다.

TDC는 trough-wall imaging system의 중심주파수가 2 GHz이어야 건축물을 투과할

수 있다고 하였다. TDC는 또한 붕괴지역 같이 굽은 지역에서 탐지가 가능하도록 표면 자동접촉장치 조건이 불필요하다고 하였다. Zircon은 UWB는 200 MHz~4 GHz 대역에서 운용하되 imaging system은 2 GHz 이하에서 운용되어야 한다고 하였다. 접촉 스위치의 표면 자동장착에 반대하지 않았으나 굽은 지역에서 탐지가 가능케 하는 장치 또한 장착되어야 한다고 하였다. XM은 imaging system이 DARS에 큰 영향을 줄 것이라고 생각하지 않는다고 하였다.

Nortel은 trough-wall imaging system이 건물 내의 통신 시스템에 영향을 줄 수 있기 때문에 각별한 주위가 필요하다고 하였다. Alloy는 이들 imaging system이 CMRS 안테나에 영향을 줄 수 있다고 하였고 자동전력제어 장치를 갖추어야 한다고 하였다. USGPSIC는 이들 장치의 대량 유통을 막기 위해서 이들 기기를 공공 안전용 혹은 재난 구조용으로 국한시켜야 한다고 하였다. USGPSIC는 또한 imaging system은 UWB 기기에 대한 NTIA의 모든 요구조건을 만족해야 한다고 하였다. TDC는 imaging system을 법 단속용 및 공공 안전용으로만 국한 시켜서는 안 된다고 하였다. TDC는 유사기술이 상용 및 거주용 보안 센서 개발에 응용될 수 있다고 하였다. Zircon도 또한 FCC는 imaging system이 여러 부류의 사람에 의해서 사용될 수 있기 때문에 공공안전용이나 재난 구조용으로 국한시켜서는 안 된다고 하였다.

NTIA의 보고서를 분석하여 FCC는 imaging system이 적절한 기술기준을 만족시키면 모든 주파수 대역에서 다른 서비스에 큰 간섭영향 없이 사용될 수 있다고 결론을 내렸다. FCC는 GPR은 적당한 투과거리와 해상도를 확보하기 위해서 2 GHz 이하 대역을 포함하는 넓은 대역에서 운용될 수 있다고 하였다. FCC는 GPR에서 방사되는 에너지가 작고 대부분이 지표 혹은 접촉면에 의해서 흡수되기 때문에 GPR이 다른 서비스에 간섭영향을 미칠 가능성이 낮다고 결론을 내렸다.

GPR은 지표 접촉 시 혹은 지표면으로부터 1 m 범위 내에서만 동작 가능하도록 해야 한다고 FCC는 결정하였다. 이는 누설이나 반사를 방지하기 위해서 라고 하였다. FCC는

금속물체에 의한 GPR 신호의 반사가 간섭을 일으킬 것이라는 Alloy의 주장에 반대하였다. 그런 물체는 매우 작고 반사되어도 지표에 의해 다시 흡수되기 때문이라고 하였다. GPR이 지표면 근접 방사하도록 사용자가 사용하기 쉬운 스위치가 필요하다고 하였다. 이 스위치는 수동 동작해야 하고 운용자가 이 스위치를 해제하면 10초 이내에 기기동작이 중단 되도록 설계되어야 한다.

through-wall system이나 medical imaging system은 지표면을 향해 방사하지 않기 때문에 다른 서비스에 심각한 간섭영향을 줄 수 있다. 그러나 이들 기기는 여러 종류의 물체를 탐지할 수 있도록 여러 주파수 대역에서 운용되도록 해야 한다는 의견도 부분 하였다. FCC는 적당한 운용 조건과 기술기준을 수립하면 이들 imaging system 기기에 의한 간섭 영향을 최소화할 수 있다고 하였다. FCC는 아래와 같은 운용조건과 기술기준을 만족하도록 imaging system을 설계한다면 간섭영향을 최소화할 수 있다고 하였다.

저주파수 imaging system

- 1 주파수 범위: 960 MHz 이하
- 1 방사기준

대역 MHz	eirp dBm/1MHz
960 MHz 이하	§15.209 방사기준 적용
960 1610	-63.3
1610 1990	-53.3
1990 이상	-51.3

대역 MHz	eirp dBm/1kHz
1164 - 1240	-75.3
1559 1610	-75.3

- 1 최대 방사 레벨 주파수(fM)를 중심 주파수로 포함하는 50 MHz 대역폭 내의

첨두 레벨 기준: 0 dBm (eirp)

고주파수 imaging system

- 1 주파수 대역 : 3.1 10.6 GHz
- 1 방사 기준

대역 MHz	eirp dBm/1MHz
960 이하	§ 15.209 적용
960 1610	-65.3
1610 1990	-53.3
1990 3100	-51.3
3100 10600	-41.3
10600 이상	-51.3

대역 MHz	eirp dBm/1kHz
1164 - 1240	-75.3
1559 - 1610	-75.3

- 1 최대 방사 레벨 주파수(fM)를 중심 주파수로 포함하는 50MHz 대역폭 내의 첨두 레벨 기준: 0dBm (eirp)

중간 주파수 imaging system

- 1 주파수 대역 : 1990 10600 MHz
- 1 방사 기준

대역 MHz	eirp dBm/1MHz
960 이하	§15.209 적용
960 1610	-53.3
1610 1990	-51.3
1990 10600	-41.3
10600 이상	-51.3

대역 MHz	eirp dBm/1kHz
--------	---------------

1164- 1240	-63.3
1559 - 1610	-63.3

- 1 최대 방사 레벨 주파수(fM)를 중심 주파수로 포함하는 50 MHz 대역폭 내의 첨두 레벨 기준: 0 dBm (eirp)

제 2 절 다른 UWB 기기

FCC는 imaging system 외의 UWB 기기에 대해서 간섭효과를 최소화 하기 위해서 아래와 같이 기술기준을 정하였다.

차량 레이더 시스템

- 1 중심 주파수 : 24.075 GHz 이상
- 1 최대방사전력 주파수 : 24.075 GHz 이상
- 1 주파수 대역 : 22 29 GHz
- 1 방사 기준

대역 MHz	eirp dBm/1MHz
960 이하	Part 15.209 적용
960 1610	-75.3
1610 22,000	-61.3
22,000 29,000	-41.3
29,000 31,000	-51.3
31,000 이상	-61.3

대역 MHz	eirp dBm/1kHz
1164 1240	-85.3
1559 - 1610	-85.3

- 1 최대 방사 레벨 주파수(fM)를 중심 주파수로 포함하는 50 MHz 대역폭 내의 첨두 레벨 기준: 0 dBm (eirp)

- 1 방향성 안테나 등을 이용해서 수평면으로부터 38 이상 각도에서 23.6 ~ 24.0 GHz 대역에서의 방사를 part 15 방사기준 보다 25 dB 감쇄 시킬 것. 2005년 1월 이후에는 30 이상 각도에서 25 dB 감쇄 시킬 것. 2010년 1월 이후에는 30 이상 각도에서 30 dB 감쇄 시킬 것. 2014년 1월 이후에는 30 이상 각도에서 35 dB 감쇄 시킬 것.

실내용 UWB 기기

- 1 주파수 대역 : 3.1 ~ 10.6 GHz
- 1 동작조건
 - AC 전력선을 이용하여 반드시 실내에서 운용
 - 의도적으로 창 밖의 건물을 향하지 말 것
 - 옥외 설치용 안테나를 장착하지 말 것
- 1 방사 기준

대역 MHz	eirp dBm/1MHz
960 이하	Part 15.209
960 ~ 1610	적용
1610 ~ 1990	-75.3
1990 ~ 3100	-53.3
3100 ~ 10600	-51.3
10600 이상	-41.3
	-51.3

대역 MHz	eirp dBm/1kHz
1164 - 1240	-85.3
1559 - 1610	-85.3

- 1 최대 방사 레벨 주파수(fM)를 중심 주파수로 포함하는 50MHz 대역폭 내의 첨두 레벨 기준: 0 dBm (eirp)
- 1 수신기와 함께 송신기가 실내에 존재할 때 전파 발사할 것. AC 전력 공급은 이 전력을 절약하는 목적이 아니라 옥외에서는 발사중단을 하여 불요파 발사 억제하기

위함.

휴대용 UWB 기기

1 주파수 대역 : 3.1 ~ 10.6 GHz

1 방사 기준

대역 MHz	eirp dBm/1MHz
960 이하	Part 15.209
960 ~ 1610	-75.3
1610 ~ 1900	-63.3
1900 ~ 3100	-61.3
3100 ~ 10600	-41.3
10600 이상	-61.3

대역 MHz	eirp dBm/1kHz
1164 ~ 1240	-85.3
1159 ~ 1610	-85.3

1 최대 방사 레벨 주파수(fM)를 중심 주파수로 포함하는 50 MHz 대역폭 내의 최대 두 레벨 기준: 0 dBm (eirp)

1 이들 기기도 항상 수신기와 통신 중에만 방사해야 함. 송신기는 수신기로부터 인식 신호를 받지 못하면 10초 이내에 송신 중단을 해야 함. 이들 기기는 건전지로 동작하며 통신 거리는 10~15 m 일 것. 대역외 방사기준은 GPS 대역을 제외한 다른 대역에서 실내용 기기 보다 10 dB 낮을 것.

제 3 절 모든 UWB 기기에 대한 공통 규제 사항

- 어떠한 UWB 기기도 다음 사항에 적용됨. a) 장난감용으로서는 사용될 수 없음. b) 비행기나 선박에 탑재하여 사용될 수 없음. c) 위성에 탑재되어 사용될 수 없음.

음.

2. UWB 기기의 제조자와 사용자는 part 15.203과 15.204 조건을 만족할 것.
3. UWB 송신부 내부회로에서 발생하는 전파 신호가 UWB 기기의 송신 안테나로 전송되는 신호가 아니라면 이 전파 신호에 대한 방사 규정은 part 15.209를 따른 것.
4. 위에서 기술한 방사 레벨은 960 MHz 이하에서는 CISPR quasi 측정값을 적용하고 960 MHz 이상에서는 RMS 평균값을 적용할 것. RMS 평균값 측정 시, RBW는 1 MHz이고 평균 시간은 1 msec 이하로 할 것. 펄스 반복 시간 보다 오래 동안 송신기가 대기 상태를 유지하는 pulse gating 기술을 이용하는 기기에 대해서는 pulse train을 켜놓고 측정을 수행할 것.
5. 최대 방사 주파수 (fM)가 UWB 대역폭 내에 존재할 것.
6. imaging system UWB 기기는 part 15.503에서 규정한 정보 교환용으로 사용될 수 있으나 꼬리표 (tag) 검출이나 데이터/음성 교환용으로의 사용을 금할 것.
7. 피크값 측정 시, RBW는 1 MHz에서 50 MHz 사이의 값을 취해야 하며 최대 방사 주파수 (fM)를 RBW의 중심 주파수로 할 것. RBW가 50 MHz와 다를 경우에는 $20 \cdot \log[\text{RBW}(\text{MHz})/50]$ 로 환산할 수 있다. 3 미터 측정법 전계 강도로 표현하고자 한다면 $E(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) = P(\text{dBm eirp}) + 95.2$ 환산식을 이용한다. RBW가 3 MHz와 다를 경우에는 형식 등록 시, 측정정차서, 측정기의 교정 내역 그리고 측정기 명세서를 제출해야 한다.
8. 주파수 범위 측정 시, 측정 범위는 [9 kHz]부터 [중심주파수(fC) + 3/(펄스폭)]까지 측정할 것. 다만 $10 \text{ GHz} > fC$ 일 경우에는 측정 상한 주파수는 40 GHz, $10 \text{ GHz} < fC < 30 \text{ GHz}$ 일 경우에는 측정 상한 주파수는 100 GHz 그리고 $fC > 30 \text{ GHz}$ 일 경우에는 측정 상한 주파수는 200 GHz으로 할 것.
9. Class B에 대한 규제 사항은 UWB 방사기준에 적용되지 않는다.
10. part 15.505의 규정을 따른 것.

FCC는 UWB 안테나의 변형으로 대역폭과 동작 주파수가 바뀌거나 손상 시에도 기기를

계속 사용할 수 있도록 요구하는 USGPSIC의 의견에 반대하였다. Impulse 기기는 안테나의 변형에 따라 펄스 폭, 대역 폭, 공진 주파수가 변화되며 UWB 안테나의 변형은 수신기가 감지할 수 없는 주파수를 발사하는 결과와 심각한 위상 변화를 초래한다고 하였다. 따라서 제조업체는 안테나가 손상되지 않도록 UWB를 설계하도록 FCC는 요구하였다.

제 7 장 UWB 밀집효과

UWB 기기는 신호의 특성이 레벨 크기가 매우 낮고 광대역이기 때문에 여러 개의 UWB 기기가 한 지역에 밀집하여 위치할 경우에는 이 지역의 noise floor를 상승시키는 효과를 초래할 수 있다. 이러한 현상을 UWB 기기의 밀집효과라고 한다. FCC가 이 이슈에 대해서 보다 많은 시험과 분석이 요구된다고 하였지만 NPRM에서 단일 이동통신 송신기에 의한 간섭 레벨에 비해서 UWB의 간섭 레벨이 작기 때문에 잠정적으로 UWB의 밀집효과를 무시할 수 있다고 하였다. FCC는 수신기에 아주 근접한 UWB 기기에 대해서만 우려를 하고 밀집효과를 보상하기 위한 추가적 시도를 포기하였다. FCC는 UWB 기기의 밀집효과는 기기 각각의 방사특성에 따라 다를 수 있다고 하였다. 예를 들어서 선 스펙트럼을 방사하는 UWB 기기의 밀집효과와 random pulse positioning 혹은 dithered 신호를 방사하는 UWB 기기의 밀집효과는 서로 다를 수가 있다. 또는 서로 다른 PRF를 갖는 UWB 기기들 사이의 밀집효과도 다를 수 있다. Part 15 방사기준도 단일 기기에 의한 잠재적 간섭효과를 근거로 하여 제정되었고 수 많은 기기가 밀집하였을 경우의 밀집효과에 의한 간섭효과는 무시된 채 제정 되었었다. FCC는 UWB 기기는 광대역에 걸친 신호를 방사하기에 밀집효과에 대한 우려를 하였고 이에 대한 의견과 실험 자료를 요구하였다.

여러 의견들이 서로 분분하였다. UWB 기기가 밀집할 경우에는 분명 noise 레벨이 상승한다는 것은 확실하다. UWB 기기의 방사 특성은 noise-like하기 때문에 이들 기기가 밀집할 경우에는 noise 신호의 합성 특성과 같이 UWB 기기의 수 만큼 noise 레벨도 증가하게 된다. 이런 현상이 university of Texas 연구팀에 의해서 시험 입증되기도 하였다. 다른 연구 기관에서는 간섭 영향이 가장 근접한 UWB 기기에 의해서 발생하는지 혹은 주변에 모인 모든 UWB 기기가 간섭영향을 증가 시키는지를 수학적으로 분석 연구하기도 하였다.

XSI는 UWB 기기가 좁은 공간에 밀집해 있어도 UWB 기기의 밀집 효과는 작다고 하였다. XSI는 UWB 기기가 10 m 이상 이격 되어 있을 경우 UWB 신호의 나쁜 전파전파 특성 때문에 UWB 밀집효과가 더더욱 무시될 수 있다고 하였다. XSI는 10 m 범위 내에 위치한 UWB 기기들은 서로 같은 RF 채널을 사용하기 때문에 출력 혹은 duty cycle 혹은 이들 둘 모두가 감소되기에 상호 간섭효과를 피할 수 있다고 하였다. Aether Wire는 UWB 기기 LAN 망 내에서 각각의 UWB 기기는 어느 한 순간에 하나의 UWB 기기하고만 통신을 하기 때문에 밀집효과 무시론을 지지하였다. Sprint PCS도 밀집한 여러 UWB 기기가 동시에 연속적으로 신호를 발사하지 않고 필요 시에만 발사한다고 하였고 밀집한 모든 UWB 기기가 동시에 연속적으로 전파 발사하는 것으로 간주하여 이들 기기 모두가 간섭효과에 영향을 준다고 결정하는 것은 부적절 하다고 하였다.

Motorola도 가장 근접한 UWB 기기가 수신기에 가장 큰 영향을 미칠 것이라고 하였다. Motorola는 Monte Carlo 분석을 통해서 간섭현상의 90 % 이상이 가장 근접한 UWB 기기로부터 기인한다고 하였다. 또한 Motorola는 1000 개의 UWB 기기에 의한 밀집 효과 보다 가장 근접한 UWB 기기에 의한 간섭 효과가 더 크다고 밝혔다. Motorola는 근접한 UWB 기기가 존재하지 않을 경우에 비로서 밀집효과가 간섭효과에 크게 영향을 미칠 수 있다고 하였고 어느 수신기로부터 600 m 떨어진 지점에 존재하는 UWB 기기들에 의해서 그 수신기의 간섭 한계 전력의 90 %을 발생시키기 위해서는 무수히 많은 UWB 기기가 필요하다고 하였다. AT&T도 연속 전파 발사하는 UWB 기기가 가산적인 간섭 효과를 일으키려면 몇 개의 UWB 기기가 요구되는지를 먼저 분석해야 한다고 하였다.

NTIA는 수학적 분석을 통해 원주 위에 동일 간격으로 이격된 UWB 기기를 위치시키고 중앙에 수신기를 배치하였을 경우에 수신기에 밀집 간섭 효과를 미칠 수 있다고 하였다. 그러나 XSI는 원 내부에 다른 UWB 기기가 위치할 경우에는 이 UWB 기기가 수신기에 가장 큰 간섭 영향을 미친다고 하였다.

DOD도 수치 해석적 분석을 통해 3.15 GHz와 3.25 GHz에서 운용되는 SEEK Skyhook 레이더 시스템에 UWB의 밀집효과를 연구하였다. SEEK Skyhook는 3600 m 고도에서 278 km의 범위를 감시하는 감시 레이더 이다. 1.5 경사진 협대역 40 dBi 안테나를 이용하여 Cudjoe Key, Florida에서 마약 밀수 감시용 저궤도 비행선 감시용으로 이용되고 있다. DOD는 이러한 레이더 안테나에 의해서 방사되는 지표상의 면적과 그 면적의 중심까지의 거리를 계산하여 평방 킬로미터당 몇 개의 UWB 기기가 3 dB와 10 dB 사이의 I/N 비를 나타낼 수 있는가를 결정하였다. DOD는 UWB 기기의 발사 강도는 최대 53 dBm까지 허용될 수 있고 UWB 안테나의 패턴, 동작조건, 건물 감쇄 그리고 장애물 감쇄를 고려하면 강도를 다소 더 강하게 할 수도 있다고 하였다.

ARRL은 UWB 기기를 멀리 위치하여 noise 레벨을 낮출 수 있지만 멀리 떨어진 만큼 수신기는 더 많은 UWB 기기를 볼 수 있기 때문에 noise 레벨 감쇄 효과를 상쇄 시킨다고 하였다. ARRL은 한 지역에서 운용되는 UHF 아마추어 안테나도 밀집효과를 일으킨다고 하였고 UWB의 간섭 영향 범위가 수십 미터에서 수백 미터까지 될 수도 있다고 하였다. TDC는 먼 거리에 위치한 UWB 기기의 신호의 세기가 noise floor 속으로 감추어지기 때문에 가장 근접한 UWB 기기가 간섭의 중요 요인이라고 하였다.

FCC는 이미 UWB 기기의 간섭 영역이 수십 미터 범위임을 입증하였고 수신 감도가 noise floor 레벨 정도이고 높은 이득 안테나를 사용하는 ARSR-4 system 같은 수신기에게는 UWB의 간섭 범위가 더 넓어질 수도 있음을 보였다. 따라서 UWB의 밀집 효과를 크게 받을 수 있는 기기는 높은 이득 안테나를 사용하고 지표에서 높은 위치에서 사용되는 수신기일 것이다. 예를 들면 비행선이나 궤도위성에 설치된 안테나 일 것이다.

FCC는 밀집효과를 방지하기 위해 UWB 기기의 기술 및 동작 조건에 엄격한 제한을 두었다. FCC는 이를 위해 imaging system과 차량 레이더 시스템에 대해서만 옥외용으로 사용 허가하였다. Imaging system이나 차량 레이더 시스템에 설치된 방향성 안테

나가 최대 출력으로 다른 기기를 향해 방사할 가능성은 매우 낮다. 그래서 이들 방향성 UWB 안테나들이 동시에 한 수신기에 방사하여 밀집효과를 일으킬 가능성은 희박하다고 결론을 내렸다. 또한 대부분의 UWB 기기는 지표를 향하거나 수평선 이하로 겨냥해서 방사하기 때문에 비행기나 위성 수신기에 간섭영향을 주기 쉽지 않을 것으로 결정하였다. 또한 UWB 기기의 방사를 지표에서만 하도록 정해서 이들의 방사가 쉽게 감쇄되도록 하고 다른 UWB 기기 혹은 다른 무선 수신기에 미치는 간섭 영향을 감소시킬 수 있다고 하였다. 대부분의 imaging UWB 기기는 매우 간헐적으로 사용되기 때문에 이들 기기가 밀집효과를 유발할 가능성도 희박하다고 하였다. FCC는 주파수 대역에 대한 규제를 취하여 UWB가 다른 기기에 밀집효과를 일으키는 것을 방지하는 조치를 취하였다. 그로 인해 UWB는 960 MHz와 1990 MHz 이상의 주파수 대역에서는 특별히 낮은 강도로 방사하도록 규제하였다. FCC는 UWB 기기의 기술적 및 동작상의 규제와 주파수 대역을 정하여 밀집효과가 최소화 될 수 있음을 확신하였다. FCC는 실내에서 여러 개의 전방향 안테나를 장착한 UWB 기기가 밀집할 경우에 밀집효과가 발생할 수 있음을 우려하고 있으나 이들 기기가 동시에 모두 방사하지 않기 때문에 큰 우려를 하지 않기로 하였다. 한 지역에 UWB 기기가 밀집할 경우에는 duty cycle을 낮추어서 상호 간섭을 줄일 수 있음을 FCC는 주지시켰다.

제 8 장 UWB에 의한 간섭 영향 분석

제 1 절. GPS에 대한 NTIA, DOT 그리고 TDC의 간섭 영향 분석

NTIA, DOT, TDC 그리고 Qualcomm은 GPS에 대한 UWB의 간섭 영향을 측정하고 분석하였다. 특히, Qualcomm은 E-911 서비스 위치 정보 파악을 위한 GPS 수신기에 대한 UWB 간섭 시험을 하였다. 아래의 사항은 측정 보고서를 정리한 것이다.

측정: NTIA는 2 가지 GPS 수신기에 대해서 간섭영향 시험을 하였다. 첫번째 GPS는 대부분의 GPS 수신기를 대표하는 coarse/acquisition (C/A) code 추적 수신기 구조이고, 두번째 GPS는 감시용 semi-codeless 수신기 구조이다. NTIA는 C/A code 수신기 구조를 갖는 FAA TSO C129a를 만족하는 GPS 수신기에 대한 간섭 시험도 하였다. 수신기에 대한 성능 평가기준 요소는 break-lock (BL)과 reacquisition time (RCT) 증가량 이용하였다. NTIA는 UWB 방사 환경을 결정하는 impulse waveform 파라미터를 개발하였다. 이 파라미터는 4 개의 PRF (0.1, 1, 5, 20 MHz), 균일한 PRF를 나타내는 변조타입, on-off keying, 2 % 상대기준 dithering, 50 % 절대 dithering 그리고 100 %와 20 %의 신호 gating이다. 이들 파라미터들은 모두 32 개의 UWB 신호 타입을 만들 수 있다. 이들 32 개의 신호타입을 이용하면 모든 UWB신호 구조를 구분할 수 있다. NTIA는 다중 UWB 기기가 GPS 수신기에 미치는 영향 분석을 위한 추가적인 5 가지 UWB 신호구조를 만들었다.

NTIA와 DOT 는 GPS 수신기에 대한 간섭 threshold 시험을 하였다. GPS수신기 동작 상태를 만들기 위해 GPS 시뮬레이터를 이용하였다. 시뮬레이터의 전력을 C/A code에 대해서 GPS 입력 단에서 130 dBm이 되도록 설정하였고 Semi-codeless 수신기에

대해서는 133 dBm으로 설정하였다.

전도측정은 GPS 수신기에 대한 간섭 레벨을 평가하였고 방사 측정은 무반사실에서 GPS 안테나가 UWB신호를 변화시키는지를 평가하였다. 방사측정은 GPS 대역에서 UWB 신호는 변하지 않는다는 결과를 나왔다. 그러나 이 실험은 무반사실에서 이루어졌기 때문에 실제 옥외에서의 많은 잡음 및 간섭 요소를 고려하지 않은 결과를 도출하였다는 FCC의 비판을 받았다.

NTIA와 DOT는 GPS 수신기에 대한 UWB 신호의 간섭효과를 3가지 분류로 구분하였다. Pulse-like, CW-like 그리고 noise-like으로 분류하였다. Pulse-like는 독립적이고, low duty cycle이며 GPS BL을 발생시키지 않는 UWB신호이다. CW-like는 C/A code GPS 수신기에 불요파를 야기시키는 주요 선 스펙트럼(dominant spectral lines)을 갖는 UWB 신호이다. Noise-like는 선 스펙트럼 대역은 없으나 GPS의 acquisition threshold를 갖는 UWB 신호이다. UWB 신호와 GPS noise 신호는 1575.42MHz에 중심을 둔 20MHz 대역으로 나타내고 전력은 RMS로 표시하였다. 측정은 5가지 UWB 신호 형태와 32개의 UWB 신호 타입에 대한 BL과 RQT threshold를 이용하여 RMS 전력 레벨로 결과를 나타내었다.

NTIA의 UWB 신호 분류는 RTCA (pulse, CW, broadband 잡음)와 ITU-R (CW, broadband 잡음)의 신호 분류와 유사하다. ITU-R과 RTCA는 이들 각각의 신호에 따른 방사기준을 설정하였다. RTCA는 1ns 보다 짧은 펄스폭과 10 % 보다 작은 펄스 듀티 사이클을 갖는 pulse-like UWB 신호는 대역내 펄스 간섭잡음 기준으로 피크전력 +20dBm 정하였다 C/A tracking mode GPS에 대한 RTCA와 ITU-R은 대역내 CW 간섭잡음 기준으로 120.5 dbm 정하였다. 대역내 광대역 noise 간섭에 대해서 RTCA와 ITU-R의 기준은 110.5 dBm 이다. 이들 기준은 NTIA의 것과 같다.

NTIA는 강력한 진폭을 갖는 pulse-like UWB 신호는 GPS의 입력 한계를 초과할 수

있다고 하였다. Pulse 폭이 짧고 impulse 응답 특성을 보이고 저 duty cycle을 나타내는 pulse는 GPS 성능을 저하 시키지 않는다는 결과를 얻었으며 펄스의 피크 값이 20 dBm 이하이면 펄스 진폭에 관계없이 간섭효과가 작다고 하였다. NTIA는 pulse-like UWB 신호에 의한 GPS의 성능 저하는 무시될 수 있다고 하였다. NTIA는 100 kHz이하의 PRF를 갖는 UWB 신호는 저 duty cycle, pulse-like 간섭효과를 나타내며 GPS의 성능을 저하시키지 않는다고 하였다.

NTIA는 semi-codeless GPS에 대한 간섭 실험도 하였다. RQT 성능 평가 기준에 의거하여 다양한 UWB 특성에 대한 기준 값을 얻었다. 10 초 이상의 수신 장애를 일으키는 신호에 대해서 RQT는 급격한 증가를 보였다. 이 급격한 RQT 증가는 높은 PRF (5, 20 MHz) UWB 신호에 대해서는 더욱 더 확실하였음을 보였다.

DOT는 NTIA의 100 kHz PRF UWB 신호에 대한 간섭효과와 같은 결과를 얻었다. UWB신호가 PRF가 100 kHz 보다 낮고 GPS의 수신기 입력단에 과부하를 주지않는다면 GPS 수신기에 간섭 영향이 적다는 결론을 도출하였다. UWB 기기는 100 kHz 보다 낮은 PRF 신호를 방사한다면 간섭영향 없이 part 15 기기의 방사 레벨에서도 운용될 수 있다고 하였다. 100 kHz 보다 낮은 PRF를 갖는 GPR에 의한 간섭도 무시될 수 있다고 하였다.

NTIA의 C/A code 수신기에 대한 측정에서 32개의 UWB 신호 분류 중에 19개가 pulse-like 신호라고 하였다. 8 개의 100 kHz PRF, 7 개의 1 MHz PRF, 2 개의 5 MHz PRF(2 % relative and 50 % absolute dither with 20 % gate) 그리고 1 개의 20 MHz PRF (2 % relative dither with 20 % gate)이 pulse-like UWB 신호 특성을 보였다. NTIA는 간섭효과와 수신기 대역폭 사이에 관계가 있음을 보였다. 광대역 GPS 수신기 (10 MHz C/A code and 16 MHz narrowly-spaced correlator)에 pulse-like 간섭 효과를 보이는 1 MHz PRF UWB 신호는 협대역 GPS 수신기(2 MHz TSO-C129a)에 noise-like 혹은 CW-like 간섭 효과를 발생시킨다는

것을 밝혔다. UWB의 PRF가 1MHz를 초과하면 협대역 GPS 수신기에 미치는 간섭 효과는 noise-like 혹은 CW-like가 된다고 하였다. Noise-like UWB 신호들은 5 MHz와 20MHz의 PRF이고 2 % 상대 dithering과 50 % 절대 dithering된 100 % gate 된 신호이다. 이들 4 개의 noise-like 신호 중에 가장 큰 간섭효과를 나타내는 신호는 50 % 절대 dithering된 20 MHz PRF 신호로서 C/A code 수신기에 95dBm/20MHz의 잡음을 유발한다고 하였다. 32 개의 UWB 신호 타입 중에 9개의 신호가 CW-like 이라고 하였다. 이들 신호들 중에서 C/A code 수신기에 가장 큰 간섭효과를 미칠 경우 잡음 레벨이 99.5dBm/20MHz. Don-off keying의 discrete spectral lines과 연속 스펙트럼 사이의 전력 분할에 대한 3 dB 감쇄, 20 msec에 대한 20 % gate-on 시간에 대한 7 dB 감쇄 그리고 sinc 함수의 gating 주기 변조에 대한 7 dB 감쇄 고려 시, 수신단에서의 잡음은 116.5dBm으로 줄어 든다고 하였다. C/A code 수신기에 나타나는 UWB 잡음의 측정 값은 CW-like 일 경우가 noise-like일 경우 보다 8 dB 작다고 하였다. 이 차이는 RTCA와 ITU-R 기준에서의 차이 10 dB와 거의 같음을 보였다.

분석 : FCC는 UWB 기기의 eirp를 계산하려면 소스-경로-수신기 분석도 해야 한다고 하였다. 이러한 분석에서 요구되는 변수들은 수신기 간섭 threshold, 소스출력과 안테나 게인, 송수신 사이의 전파경로 그리고 소스 방향의 수신안테나 게인 이다. NTIA의 실험은 GPS 입력단에서의 간섭 threshold를 UWB 신호 구조 (전력, PRF, 변조방식)의 함수로 나타낸다고 하였다. UWB의 eirp는 UWB에 적용하고 있는 part 15의 방사 기준에 의해 계산된다고 하였다. 그러나 계산된 eirp는 대부분의 경우 과대 평가되었으나 GPS 수신기의 대역폭이 UWB 대역폭 보다 좁은 경우에는 더더욱 과대 평가되었다고 비판하였다. UWB 신호의 최대 전계 강도 값도 GPS 대역에 걸쳐서 측정되었기에 특정 방향으로 특정 주파수 대역에서 방사되는 UWB 신호의 실제 값과 비교할 경우 역시 과대 평가되었다고 비판하였다.

FCC는 이들의 의견을 종합 분석한 후 아래와 같이 여러 경우의 GPS에 대한 WB의 간

섭 기준을 정하였다.

NTIA, RTCA 그리고 USGPSIC는 GPS에 영향을 주는 최대 허용 UWB의 eirp를 계산 하였다. 이들이 제안한 동작 시나리오에 사용되는 GPS는 육상용, 해상 항해용, 철도 운용용, 감시용 그리고 항공 항해용이 있다.

실내용 UWB 기기의 방사기준을 수립하는데 두 가지 시나리오를 적용하였다. 1) 실내에 설치된 UWB 기기들과 옥외용 GPS 시나리오 2) 실내에 설치된 UWB 기기들과 실내용E-911 동작 시나리오

첫번째 시나리오는 NTIA에 의해서 수행되었다. 실내에 여러 개의 UWB 기기가 있고 옥외에 GPS 수신기가 있을 경우 GPS 수신기에 미치는 간섭 영향을 분석하였고 이에 따른 UWB 방사기준을 제시하였다. 이 분석을 위해 수행한 실험에 고려된 여러 기술적 요인들을 표1에 요약하였다.

표1. Technical factors considered for indoor UWB interference to GPS

parameters	values	values
GPS receiver interference susceptibility (dB/MHz) (performance metric)	-102.5 (BL)	-108 (ROT)
Propagation loss (dB) (minimum distance separation (m))	55 (8.6)	55 (8.6)
GPS receiver antenna gain (dBi)	-3	-3
UWB device interference allotment (dB) (percentage UWB)	-3 (50)	-3 (50)
Allotment for multiple UWB devices (dB) (number of devices)	-6 (4)	-6 (4)
Manufacturer variation (dB)	-3	-3
Average building attenuation (dB)	9	9
Allowance for acquisition (dB)	-6	0
Maximum allowable eirp (dBm/MHz)	-59.5	-59
Part 15.209 emission limit (dBm/MHz)	-41.3	-41.3
Additional attenuation required (dB)	18.2	17.7

옥외용 C/A code GPS에 대한 실내용 UWB 기기의 방사기준

UWB 신호: noise-like

주파수 대역 : 960-1610 MHz

기준 : part 15.209 기준 보다 18 dB 낮을 것

실내용 GPS 수신기인 E 911은 Qualcomm이 실내에 위치한 GPS 신호를 외부 GPS 수신기 기지국에서 수신 및 신호 처리하여 위성에서도 실내에 위치한 GPS 수신기의 위치를 확인할 수 있도록 개발한 실내용 GPS 이다. 기지국에서는 실내용 GPS로부터 수신한 신호의 Doppler effect와 phase shift의 정보를 이용한다. E 911 GPS에 대한 간섭 분석은 USGPSIC에 의해서 수행되었다

USGPSIC의 실험에서 고려되었던 기술적 factor들은 표2에 나타나 있다.

표2 USGPS analysis of UWB indoor interference to E-911 indoor system

Parameters	values
Receiver susceptibility mask (dB/MHz) (broadband noise)	-111.5
Public safety margin (dB)	-6
Multiple system allotment (excluding MSS) (dB)	-3
Single emitter allotment	-6
GPS antenna gain in direction of RFI source (dBi)	0
Propagation loss (dB) (Minimum distance separation (m))	46 (3)
Noise-like RFI emission limit (dBm/MHz)	-80.5
Part 15.209 emission limit (dB/MHz)	-41.3
Additional attenuation required (dB)	39.2

E-911 C/A code GPS에 실내용 UWB기기의 방사기준 (USGPSIC)

UWB 신호: noise-like

주파수 대역 : 960-1610 MHz

기준 : part 15.209 기준 보다 39 dB 낮을 것

위의 경우에서 다른 소스에 의한 간섭을 무시하고 최소 이격거리를 3 m에서 2 m로 수정하였을 경우 (USGPSIC) 고려된 기술적 factor들

표 3 analysis of indoor E-911 using revised conditions

Parameters	values
GPS receiver interference susceptibility (Bm/MHz) (broadband noise)	-114.5
Propagation loss (dB) (minimum distance separation (m))	49.5 (4.5)
GPS receive antenna gain (dBi)	0
Maximum allowance eirp (dBm/MHz)	-65
Part 15.209 emission limit (dBm/MHz)	-41.3
Additional attenuation required (dB)	23.7

위의 경우에서 다른 소스에 의한 간섭을 무시하고 최소 이격거리를 3 m에서 2 m로 수정하였을 경우 (USGPSIC)

UWB 신호: noise-like

주파수 대역 : 960-1610 MHz

기준 : part 15.209 기준 보다 31 dB 낮을 것

위의 경우에서 다른 소스에 의한 간섭을 무시하고 최소 이격거리를 3 m에서 2 m로 수정하였을 경우 (Qualcomm)

NTIA의 결과와 비슷하나 측정 불확도를 고려하여 34 dB 낮을 것

imaging system, 차량 radar system, 휴대용 UWB가 GPS에 미치는 영향 분석 고려되었던 기술적 factor들

C/A code GPS 보호를 위한 UWB imaging system의 방사 기준

UWB 신호: noise-like

주파수 대역 : 960-1610 MHz

기준 : part 15.209 기준 보다 24 dB 낮을 것

C/A code GPS 보호를 위한 공공 안전용 UWB 기기의 방사기준

UWB 신호: noise-like

주파수 대역 : 960-1610 MHz

기준 : part 15.209 기준 보다 12 dB 낮을 것

표 3 outdoor analysis for imaging system interference to GPS

parameters	values
Receiver susceptibility mask (dB/MHz) (broadband noise)	-114.5
GPS antenna gain in direction of RFI source (dBi)	0
Propagation loss (dB) (minimum distance separation (m))	42.4 (2)
Noise-like RFI emission limit (dBm/MHz)	-72.1
Part 15.209 emission limit (dBm/MHz)	-41.3
Additional attenuation required (dB)	30.8

C/A code GPS 보호를 위한 차량용 radar UWB 기기의 방사기준

UWB 신호: noise-like

주파수 대역 : 960-1610 MHz

기준 : part 15.209 기준 보다 34 dB 낮을 것

C/A code GPS 보호를 위한 CW-like UWB 기기에 대한 방사기준

noise-like UWB 기기에 대한 방사기준 보다 10dB 낮을 것

semi-codeless GPS 보호를 위한 UWB 기기의 방사기준

C/A code GPS에 대한 기준 보다 3 dB 낮을 것

광대역 간섭조건

C/A code GPS에 대한 기준 보다 6 dB 낮을 것

제 3 절 미국방성의 SGLS에 대한 UWB의 간섭영향 분석

미국 국방성 (DOD)는 space-ground link subsystem (SGLS) (2.2-2.3 GHz) 에 대한 UWB의 간섭 영향을 분석하였으나 FCC는 실험결과의 불충분으로 DOD의 간섭분석 결과를 인정하지 않기로 하였다. 또한 SGLS 수신기는 UWB의 간섭 영향을 받을 정도로 근접 위치하기가 어렵다고 판단 내렸다. FCC는 SARSAT와 FSS 의 수신기 방향도 위성을 향하고 있기 때문에 UWB의 영향이 무시될 수 있을 것이라고 결론을 내렸다.

요약

US DOD analysis of interference to the SGLS

UWB: Noise-like

SGLS ant gain: 6 26 dBi

Free space

Separation: 19 m 1522 km

FCCs reaction

Inappropriate to use free space assumption

Unlikely that the SGLS Rx will be located near an UWB

Ignored the DOD analysis

제 4 절 아마추어 무선 서비스에 대한 ARRL의 간섭영향 분석

아마추어 무선 서비스 대역인 420-450 MHz와 2400-2450 MHz 대역에서 UWB 기기에 의한 noise floor의 상승에 의한 간섭 영향 연구를 ARRL에 의해 수행되었다. UWB 송신기가 80 dB/MHz (0 dBm/100 MHz)의 eirp로 발사할 경우 UWB 기기로부터 30 m 떨어진 지점에서 1 kHz의 대역폭과 20 dBi 수신 안테나 계인을 갖는 450

MHz 아마추어 무선 수신기는 56.5 dB의 noise floor 상승을 보인다고 하였다. ARRL은 같은 계산 방법으로 90 dBm/Hz (0 dBm/GHz) eirp를 발사하는 UWB 기기에 의해서 0 dBi와 20 dBi 수신 안테나 계인을 갖는 2450 MHz 아마추어 무선 수신기는 11.4 dB와 31 dB의 noise floor 증가를 보였다. 또한 수신기의 대역폭을 변화하여도 noise floor의 변화는 없었다고 하였다.

FCC는 ARRL의 계산을 부정하였다. FCC는 ARRL의 계산 모델에서 설정한 UWB의 eirp 전력을 너무 높게 잡았다고 하였다. NPRM에 기술된 UWB 방사 기준 (part 15 기준)을 적용하여 420 MHz에서는 100 dBm/Hz를 2450 MHz에서는 101.25 dBm/Hz를 설정하고 계산을 수행했어야 하였다. 또한 part 15 기기들도 이미 아마추어 무선 서비스의 대역인 2400-2450 MHz에서 서로의 간섭영향 없이 운용되고 있고 part 18 기기들도 같은 주파수 대역에서 아마추어 무선 서비스에 영향을 주지 않고 있기에 FCC는 part 15의 방사 기준을 적용한 UWB 기기의 방사에 의한 아마추어 무선 서비스에 미치는 간섭영향을 무시한다고 하였다.

제.5 절 PCS에 대한 간섭 영향 연구

많은 기관 혹은 업체에서 UWB 기기에 의한 1850-1910 MHz 대역에서 운용되는 PCS에 미치는 간섭 영향 연구를 수행하였다.

1. Motorola 분석

Motorola는 UWB가 PCS에 미치는 간섭 영향을 수학적 분석을 통해서 연구하였다. 모토로라는 PCS 수신단에 thermal noise floor 보다 1 dB 높을 경우에 해로운 간섭이 발생한다고 가정하였고 이 정도의 잡음은 UWB 신호가 PCS 수신단에서 thermal noise floor 보다 6 dB 낮은 레벨을 유지하고 있는 상태를 의미한다. 수신기의 noise figure가 10 dB 이고 안테나 계인을 8 dBi를 가정하였을 경우에 UWB 기기와 수신기

사이의 거리는 13 m 이상되어야 하냐고 하였다. 또한 수신기의 안테나 게인을 6dBi로 증가 시켰을 경우에는 이 거리는 65m로 증가한다고 하였다.

FCC 는 모토로라의 분석을 불신하였다. PCS 수신단에서 UWB의 신호가 thermal noise floor 보다 훨씬 높아도 간섭 영향을 받지 않는다고 하였다. Thermal noise floor 보다 6 dB 이하로 유지시키는 것은 비현실적이며 실제로는 6 dB 보다 훨씬 높은 신호 레벨에서 수신할 수 있도록 설계되어있다.

2. Sprint PCS, Time Domain Corporation and Telcordia 분석

이들은 공동 연구를 통해 수치 해석적 분석과 무반사 실험실에서 UWB와 CDMA PCS phone 사이의 간섭영향 연구를 수행하였다. 이들은 자유공간 전파 감쇄모델을 이용하였고 PCS 단말기의 안테나 게인을 4.6 dB 그리고 frame error 시작 E/N값을 5 dB라고 가정하여 최소 이격 거리가 0.36~0.56 m 됨을 계산 하였고 0.3 m 보다 작을 경우에는 통화 중단이 발생한다고 하였다. part 15.247의 기준 보다 12 dB 낮은 발사 강도로 방사하는 UWB는 PSC 수신기에 100 dBm의 강도를 발생시킨다고 하였고, 이에 따라 PCS 단말기가 UWB 기기와 2 m 거리 내에 위치할 경우에는 PCS의 출력을 50 % 더 강화 시켜줄 것을 요구하였다. 또한 UWB 기기로부터 2 m 범위 내에 존재하는 PCS 단말기는 호출의 2~7.9 % 정도가 call block될 수 있다고 하였다.

TDC는 무반사실은 전파장애 요소가 전혀 없기 때문에 이들의 계산 결과에 신빙성을 두지 않았다. 실제 옥외에서는 장애물에 의한 감쇄가 있기 때문에 UWB와 PCS가 1 m 범위 안에 위치하여도 통화 중단이 발생하지 않는다고 하였다. TDC는 또한 무반사 실에서는 장애물이 없기 때문에 105 dBm의 낮은 신호라도 2% 이하의 frame error rate(FER)을 얻을 수 있다고 하였고 옥외에서는 신호의 크기가 85 dBm으로 증가하면 FER이 8 % 정도로 증가한다고 하였다. TDC는 옥외에서 PCS의 신호가 95 dBm이고 UWB 기기와 1.5 m 범위 내에 위치할 경우 간섭영향을 받을 수 있다고 하였고 PCS 단

말기가 -92~ 95 dBm의 UWB신호 레벨을 받더라도 1 m 범위 안에 위치할 때까지는 간섭영향이 무시될 수 있다고 하였다.

XSI는 UWB 기기가 PSC 기기에 결정적 간섭 영향을 미치지 않는다는 Sprint PCS와 TDC의 연구 보고서에 동의를 하였다. XSI도 무반사 실내에서는 외부의 모든 잡음 (다른 PCS 단말기/기지국 혹은 multipath 효과)이 차단되기 때문에 이들의 연구 결과에 이들 잡음 효과가 포함되지 않았다고 하였다. XSI는 이들 잡음 효과가 PCS 망에 가장 심각한 간섭영향을 유발하며 실제로 이들 잡음 효과에 의해 PCS 수신기에 5 dB 정도의 noise floor를 상승 시킨다고 하였다. 또한 이러한 간섭 및 잡음 그리고 Rayleigh fading 효과 때문에 UWB 기기가 PCS 단말기로부터 0.3 m 범위 내로 접근할 때 까지 UWB에 의한 간섭 영향은 무시될 수 있다고 하였다.

FCC는 TDC와 XSI의 의견에 동의하였다. 무반사실에서의 실험은 PCS 수신기의 감도를 thermal noise floor 까지 내릴 수 있으나 옥외에서는 다른 잡음 요소로 인해 같은 감도로 수신할 수 없고 UWB 기기가 1 m 범위 내로 접근 할 때 까지는 UWB의 간섭영향이 미치지 않는 결론을 내렸다. 또한 UWB와 PSC 수신기가 1 m 범위 내에 위치하는 경우도 매우 드물 것이라고 하였다.

3. Qualcomm의 분석

UWB 기기가 part 15.209 기준에 따른 방사를 한다면 Qualcomm은 UWB와 PCS 사이의 이격 거리가 최소 24 m 이상이어야 한다고 하였다. FCC는 Qualcomm의 결과를 motorola의 경우에서와 같은 이유로 불신하였다. PCS 수신기 안테나 게인을 4.6 dBi로 저감할 경우에는 UWB기기는 part 15.209의 방사기준으로 발사하면 UWB와 PCS와의 이격거리는 최소 3.2 m이고 part 15.209의 방사기준 보다 12dB 낮게 발사하면 이격거리는 3.2 m 라는 결론이 FCC의 주장이다. 또한 PCS 수신기의 S/N 비를 6 dB라하고 수신기에서 UWB의 신호가 96 dBm/1.25MHz 라고 가정한다면, part 15.209

의 방사기준으로 발사하면 UWB와 PCS와의 이격거리는 최소 7.2 m이고, part 15.209의 방사기준 보다 12 dB 낮게 발사하면 이격거리는 1.8 m 라는 결론이 FCC의 주장이다.

FCC는 여러 업체들의 간섭연구를 분석한 결과 UWB에 의한 PCS에 미치는 간섭영향은 심각하지 않다고 하였다. 그러나 보수적 관점에서 GPS 대역내에서 12 dB 감소한 발사 결정을 PCS 대역인 1990 MHz까지 확대 추진하기로 하였다.

요약

Qualcomm analysis

UWB at part 15.209 limit

Interference as UWB greater than 6 dB below RXs TNF

At least 24 m from UWB

FCCs reaction

Test result unbelievable

Compared to Sprint analysis

- 0.2m with UWB at part 15.209 limit

- 0.8 m with UWB at 12 dB below part 15.209 limit

Ignored

제 6 절 CISCO의 MMDS에 미치는 간섭영향 연구

Cisco는 UWB와 MMDS 사이 간섭 연구를 수치 해석적으로 분석하여 MMDS 수신기에 심각한 noise floor 상승 영향을 받을 것이라고 하였다. NPRM에서 제안한 peak 전력, 1ns의 펄스폭 그리고 1.5 GHz 대역폭을 갖는 UWB는 total peak 방사가 평균 전력 보다 49.4dB 높아야 한다고 계산하였다. 49.9 dB peak-to-average 비를 만족 시

키기 위해서는 UWB의 PRF가 11.5 kHz이어야 한다고 하였다. 이것은 12 Mhz 대역 폭을 갖는 MMDS 수신기의 peak power가 평균 UWB 수신 전력보다 44.1 dB 높다는 것을 암시하였다.

FCC는 Cisco의 계산에서 문제점을 지적하였고 그들의 결과를 불신하였다. Cisco는 perfect antenna를 사용하였고 실제 안테나는 대역통과필터 역할을 하기 때문에 UWB의 모든 에너지를 방사 시킬 수 없다고 하였다. 또한 Cisco는 peak-to-average 비를 유지하려고 하였으나 NPRM에서 FCC는 UWB 기기는 평균 전력 혹은 peak 전력의 기준을 따라야 한다고 하였다. NPRM에서 FCC는 PRF가 낮으면 peak 전력 기준을 적용하고 PRF가 높으면 평균전력 기준을 적용하기로 하였다.

Cisco의 계산에서 Cisco는 20 MHz PRF와 중심주파수 2.5 GHz인 UWB 신호를 이용하여 20 dBi의 MMDS 안테나를 향하도록 하였고 MMDS 수신기에서의 UWB 신호의 세기를 thermal noise floor 보다 10 dB 낮게 설정하였다. 계산 결과로서 Cisco는 UWB와 MMDS 수신기는 380 m 이상 이격 되어야 한다고 하였고 10~100 개의 UWB기 존재할 경우에는 이격거리가 1.2~3.9 km로 늘어 난다고 하였다.

FCC는 MMDS 수신기에서의 UWB신호의 크기를 thermal noise floor 보다 10 dB 낮게 하는 것은 비현실적이라고 비판하였고 UWB 안테나가 MMDS 수신기를 지향하도록 설치하는 것도 비현실적이며 UWB와 MMDS 사이의 장애물에 의한 감쇠 효과를 전혀 고려하지 않았다고 하였다. 이런 이유가 FCC로 하여금 Cisco의 연구 결과도 불신케 하였다.

제 7 절 XM 사의 DARS에 미치는 간섭영향 연구

XM사는 41.25 dBm/MHz의 발사 강도를 갖는 UWB가 2332.5-2345 MHz 대역에서 운용되는 DARS (digital audio radio system)에 영향을 주지 않으려면 이들 두 기기

는 최소한 35m 이상 이격 되어야 한다고 하였다. XM은 1.2 dB의 noise figure, 110 dBm/2MHz의 thermal noise floor, S/N 비 3 dB, 그리고 I/N 비 67 dB를 갖는 DARS 수신기를 가정하였고 UWB의 신호는 DARS 수신기의 thermal noise floor보다 낮아야 DARS에 간섭영향을 주지 않는다는 가정을 하고 계산을 하였다. 41.25 dBm/MHz의 발사 강도를 갖는 UWB 기기는 DARS로부터 35 m이상 이격 되어야 한다는 결론을 얻었고 이에 따라 XM은 2332.5-2345 MHz 대역에서 UWB의 발사 강도는 70 dBm으로 제한해야 한다고 하였다.

위에서 논하였듯이, 수신기의 thermal noise floor 보다 낮은 UWB 신호는 해로운 간섭을 유발하지 않는다. 41.25 dBm/MHz의 발사 강도를 갖는 UWB 기기가 110 dBm/2MHz의 thermal noise floor를 갖는 DARS 수신기에 영향을 주지 않으려면 발사 강도를 71.75 dB 만큼 감소시켜야 한다. 이 감쇄에 대한 이격거리는 39 m 이다. 원형 편광된 DARS 수신 안테나와 선형 편광된 UWB 안테나 사이의 감쇄 3 dB를 고려하면 이 거리는 27.9 m 이다. UWB 방사 감쇄 10 dB를 고려 하면 이 거리는 8.8 m 이다. DARS와 UWB 사이의 장애물 감쇄를 고려하면 이 거리는 더욱 더 줄어들 수 있다. 또한 DARS와 UWB가 근접하여 위치할 경우가 매우 희박하다. 차량 레이더 시스템은 DARS를 장착한 차량에 동시에 위치할 수 있으나 차량 설계자들은 이들의 안테나가 서로를 향하도록 하지 않게 할 것이기에 FCC는 XM의 분석을 심각히 고려하지 않기로 하였다.

제 10 장 국내 UWB 기술 도입 방안

UWB는 서론에서 논하였듯이 미국을 제외한 모든 국가에서 미국의 UWB 개발상황과 규제정책 수립 과정을 주시하는 상황이다. 2002년 2월에 UWB에 대한 1st report and order를 발표하고 곧 이어 2002년 7월에 UWB 기술기준을 제정한 미국의 의도를 면밀히 보면 UWB는 분명한 차세대의 새로운 통신으로 받아드려야 한다는 결론을 낼 수 밖에는 없는 상황이다. 본 연구를 통해 UWB가 새로운 통신 기술로서 뿌리를 내릴 수 있도록 정부에서도 이 기술의 활성화를 위해 최선을 다 해야 할 것이다. 현재 국내에서도 UWB 기술에 대단한 관심을 갖고 삼성, LG, 전자부품연구소, 전자통신연구원 및 여러 학계에서 연구를 활발히 시작하고 있는 단계이나 개발의 수준은 미미한 상태이다. UWB 기기는 미국 제품의 수입으로 인해 처음 접하게 될 것으로 판단되고 그 후에 국내 업체들에 의한 개발 품이 그 뒤를 이어 시장에 출시될 것으로 예상된다. UWB 기기의 수입품이 국내에 상륙에 앞서 국내 기술 기준을 수립하기 위해서는 2002년 2월에 발표된 FCC의 1st report and order나 2002년 7월에 고시된 미국의 UWB 기술기준을 분석하여 이를 기초로 국내 현실에 부합하는 기술기준을 작성하는 것이 바람직하다고 사료된다. 이미 FCC에서 UWB에 대한 기술 기준이 고시한 상태이기에 우리나라의 UWB 연구 및 산업 동향과 UWB 기기의 수입 요구량에 맞추어 국내 UWB 기술기준 수립 작업에 착수하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

UWB 기술을 국내 도입하기에 앞서서 신중히 고려해야 할 사항이 한가지 또 있다. UWB 기술의 응용 분야가 광범위하여 그 응용분야가 기존의 무선서비스 분야와, 사용 주파수의 중복은 물론, 중복이 될 수 있다. 기술 기준 입안기관은 기존의 무선 기준에 UWB 방식에 의한 기술 기준을 추가할 것인지 아니면 미국에서와 같이 part 15에 UWB 통신 방식 이라는 하나의 커다란 기술 기준 체계를 별도로 만들 것인지를 사전에 관련 기관 및 업체 그리고 전문가들과의 충분한 검토 과정이 필요할 것이다.

제 11 장 기존 무선 서비스와의 주파수 공유에 대한 의견

현재 무선 서비스를 사용하는 주파수는 고갈되어가고 있으며 이를 해결하고자 사용 주파수가 나날이 상향 되어 가고 있다. 이러한 상황에서 낮은 레벨의 신호를 방사하여 기존 무선 서비스의 주파수 대역에서 간섭 없이 상용할 수 있는 UWB 기술의 활성화가 현재의 주파수 자원 고갈 문제를 다소나마 완화 시킬 수는 있을 것으로 판단된다. 그러나 이 기술의 사용이 현재 초기 단계이고 지금 당장 기존 주파수관리 기법 상에 획기적인 변화를 가져올 것으로는 기대하지 않는다. 향후 보다 더 많은 UWB 기기에 대한 경험을 토대로 이 이슈에 대한 연구가 필요한 상태이다.

제 11 장 서론 (SDR)

SDR이란 software defined radio를 의미하며 송수신기의 주파수 대역, 변복조 방식, 출력전력 및 그 밖의 다른 무선 특성을 하드웨어의 교체 없이 새로운 소프트웨어를 무선 기기를 사용하는 현장에서 즉시 설치 혹은 다운로드하여 소프트웨어에 의해서 제어하는 무선 통신 기술을 의미한다. 기존의 무선 통신은 이들 무선 특성을 바꾸기 위해서 하드웨어를 교체해야 하였고 새로운 기능을 발휘하기 위한 하드웨어 교체 작업은 긴 time-to-market을 요구하였다. 현재 3G 무선통신의 국제 표준 기구인 3GPP에서도 여러 표준들을 제안하여 각국에서 이들을 채택할 것을 제안하고 있으나 서로 다른 표준을 채택한 3G 기기들 간에는 통신이 불가능하다. 만약에 주파수 대역, 변복조 방식 등의 전파 특성을 제어할 수 있는 소프트웨어의 설치 혹은 다운로드에 의해서 제어 가능하다면, 어떠한 3G의 표준 (cdma2000, wcdma, edge 등)을 채택한 기기들을 사용하더라도 이러한 소프트웨어의 탑재에 의해서 서로 다른 무선 표준을 사용하는 단말기/기지국 사이에 통신이 가능할 수가 있다. 또한 이러한 SDR 기기를 소지하고 어느 지역을 방문하여도 언제든지 다른 지역에서 다른 표준을 채택한 기기를 소지하고 있는 사람과 통신이 가능할 수 있다.

현재 국제 SDR 표준은 미국에 근거를 둔 SDR forum을 통해 미국의 주도하에 활발하게 SDR 국제 표준안이 개발되고 있다. SPEAKeasy 프로젝트가 성공적으로 수행된 직후인 1996년 SDR 기술을 상용화하기 위한 목적으로 MMITS(Modular Multifunction Information Transfer System) 포럼을 결성하였으며, 1998년 12월에 명칭을 SDR 포럼으로 변경하였다. SDR 포럼은 비영리 단체로 회원은 군, 정부, 산업계 및 학계로 구성되며 현재 세계각국의 120여 회원이 가입을 하고 있으며, 국내 기관 으로서는 DXO 텔레콤, 전자통신연구원, 전자부품연구원, LG전자 기술원, 전파연구소, 삼성종합기술원, SK 텔레콤 등이 활동하고 있다.

FCC는 SDR 기술이 일반 생활과 산업 발전에 커다란 이익을 가져오는 것은 물론 무선 통신 기술의 새로운 혁명으로 인식하고 있으며, 2000년 12월에 notice of proposed rule making (NPRM)을 발표하여 SDR 기기를 새로운 무선 통신 기기로 정의하였다. SDR 기기는 지역과 시간에 따라서 송신기와 수신기를 재구성하여 multi-service, multi-standard, multi-mode, 그리고 multi-band의 기능을 수행하기 때문에 SDR 기기에 대한 인증 규칙은 매우 복잡하다. FCC는 2001년 9월 1st report and order (ET Docket No. 00-47)를 발표하여 SDR 기기에 대한 새로운 인증 규칙을 제정하였고, 이를 반영하여 FCC 인증 규칙 part 2에 개정하기로 하였다. SDR 기기 개발 기업들이 1st report and order에 기술된 새로운 SDR 기기 인증 규칙을 따를 것을 제안하였다. 현재 우리나라에서도 SDR 관련 연구가 삼성, LG, ETRI 그리고 각종 연구소 및 학계에서 활발히 진행되고 있으며 국내에서도 SDR 기술 도입이 가시권에 진입되어 가고 있음을 확실하게 인식되어지고 있다.

이에 따라, 향후 전개될 국내 SDR 시대를 대비하여 미국의 SDR 인증제도 동향을 면밀히 분석하여 SDR 기술 도입을 대비하는 것이 필요하다. SDR 기기에 대한 명확한 구분이 어렵다는 점을 고려한다면 미국의 SDR 인증제도 제정은 SDR을 도입하려는 많은 나라에게 자국의 SDR 인증제도 수립 시, 훌륭한 참고 자료가 될 수도 있다. 본 보고서에서는 최근에 FCC에서 SDR 인증제도 제정에 관련하여 발표한 1st report and order (ET Docket No. 00-47, FCC 01-264)를 집중 분석·보고하였다.

제 12 장. 미국의 SDR 인증제도 제정 배경

무선국이 주파수, 출력전력과 변조방식이 변화할 때에는 새로운 형식 시험과 형식 등록 받아야 하고 이 무선국에 대한 새로운 인증을 신청해야 한다. 소프트웨어의 재구성에 따라 이들 무선 특성을 무선국이 사용되는 현장에서 즉각적으로 변화시킬 수가 있어 사용자에게 대단한 융통성을 부여하는 SDR 기기의 장점을 고려하여 FCC는 기존의 인증제도를 개정하여 SDR 기기를 수용할 수 있도록 해야 한다는 결론에 도달하였다. 이러한 기술적, 시대적 추세에 따라 FCC는 2000년 3월에 notice of inquiry (NOI)를, 2000년 12월에는 notice of proposed rule making (NPRM)을 발표하였고 2001년 9월에 1st report and order를 발표하여 FCC의 인증제도 규칙 part 2를 개정하여 SDR 기기에 대한 인증제도를 수립하기로 하였다. 1st report and order에 기술된 SDR 인증제도의 주요 사항은 새로운 유형의 기기 개조 (class III permissive change)의 허용, 하드웨어 개조에 대한 제한, 불법적인 소프트웨어 개조 방지방안, SDR 기기에 대한 하드웨어/소프트웨어 제조자 확인을 전자 표식 (electronic labeling)제도 도입 등을 들 수 있다. 아래에서 이들의 세부 사항에 대해서 논하기로 하자.

미국은 단연 SDR 기술 개발에 있어서 세계 최고의 구술을 자부하고 있다. 미국이 자국의 SDR 기술 활성화를 위해서 세계 최초로 SDR 인증제도를 제정하였지만 세계 최초로 SDR 인증 제도를 제정하여 다른 나라에서도 이를 인용하여 비슷한 인증제도를 제정할 것이라는 의도라 있음을 주지해야 한다.

제 13 장 FCC의 Software defined radio 정의

NPRM에서 FCC는 SDR을 다음과 같이 정의하였다. 주파수 범위, 변조방식, 출력전

력을 포함하는 무선 특성을 하드웨어 교체 없이 소프트웨어의 교체를 통해 변화시킬 수 있는 송신 무선국을 SDR 이라고 한다. FCC는 수신기에 대한 SDR의 정의를 하지 않았다.

여러 SDR 관련 업체 (혹은 기관)는 FCC의 SDR에 대한 정의를 올바르게 생각하지 않았다. Hypres, SDR Forum 그리고 AirNet는 주파수 범위, 변조방식 그리고 출력이 software-programmable한 무선국을 SDR 이라고 주장하였다. Motorola와 SDR Forum은 이러한 무선 특성은 현장에서 programmable해야 한다고 하였다. SDR Forum은 또한 firmware와 hardware 로직이 software에 의해서 재구성될 수 있는 기기도 SDR이라고 하였다. Cingular는 전력이나 주파수가 설정된 서로 다른 hardware 들 사이의 스위칭 기능을 하는 software는 SDR이 아니라고 하였다. Motorola는 새로운 소프트웨어를 내장한 메모리 모듈의 교체도 SDR의 범주에 속한다고 하였다. Nortel은 software firmware 그리고 middleware 사이의 구분이 명확해야 한다고 하였다.

여러 의견을 분석한 후, FCC는 NPRM에서 제안한 것과 같이 주파수범위, 변조방식 그리고 출력전력 중 어느 한가지 특성이 software-programmable하다면 SDR이라고 정의하였다. Motorola가 제안하였듯이 새로운 software가 내장된 메모리 모듈의 교체도 SDR의 범주에 속한다고 하였다. Nortel의 software, firmware, middleware 사의 명확한 구분은 거절되었다. 또한 현장에서 radio가 programmable 해야 한다는 요구도 거절하였다. FCC는 수신기 대한 SDR 정의 요구도 거절하였다 이유는 수신기는 제조자 자체인증을 받으며 다른 기기에 간섭 영향이 적어 송신기에 대한 SDR 규제를 받을 필요가 없기 때문이다.

제 14 장 SDR 기기의 장점

하드웨어에 한정되어있던 송수신기의 특성을 소프트웨어의 다운로드만으로 변경이 가능하므로 생산자 및 서비스 제공자, 사용자에게 다양한 이점을 제공한다.

생산자의 입장에서의 SDR 이점

- 다른 통신방식을 이용하는 단말기를 생산하는데 있어서 소프트웨어의 변경만으로 가능하므로 개발비용이 줄어든다.
- 하드웨어를 일일이 설계하지 않음으로 개발해서 시장에 출시하기까지의 시간 (Time to Market)이 단축됨.

서비스 제공자 입장에서의 SDR 이점

- 무선을 통해 단말기의 수리와 업그레이드가 가능
- 보다 효율적인 알고리즘을 채택하여 계획적이고 점진적으로 데이터 전송율과 사용자 밀도를 높일 수 있음

사용자 입장에서의 SDR 이점

- 고가의 단말기를 교체하지 않고도 여러 서비스를 이용할 수 있음
- 무선을 통해 편리하게 업그레이드 및 오류에 대한 서비스가 가능함.

제 15 장 SDR 구현을 위한 필요기술

SDR 기술의 구현을 위해서는 다양한 안테나 및 하드웨어 및 소프트웨어 기술들이 필요하며, 이러한 기술들의 적절한 융합을 통해 구현이 가능할 것이며, 그 기술들은 다음과 같다.

안테나 기술 : 안테나 패턴의 동적인 적응

RF 기술 : 선형, 광대역, 다중 캐리어 송신기(다중채널 저전력 증폭기, 광대역 저잡음 증폭기, 믹서 등)

A/D, D/A 변환기 : 선형, 광대역 및 높은 동작범위를 갖는 변환기(스플리어스에 자유로운 높은 동작범위, 낮은 상호변조 왜곡)

베이스밴드 모뎀 : Modular, 다중채널, 다중 데이터 율의 프로그램 가능한 디지털 프로세서 (캐리어 당, 타임슬롯 당, 코드슬롯 당)

모듈러 소프트웨어 : RF와 베이스밴드, 응용, 서비스 및 네트워크 기능을 제어 및 인터페이스하고 정의하기 위한 모듈화되고 검증된 소프트웨어

소프트웨어 제어 : 주파수 및 필터특성, 전파의 출력을 변화하고 제어하는데 프로그램 가능한 소프트웨어를 사용

제 16 장 SDR 기술의 문제점

기술이 발전되어감에 따라 목적에 적합한 기능을 수행하기만 하면 되면 장비들이 좀더 사용하기 편리하고, 하나의 장비로 향상된 다양한 기술들을 수용할 수 있는 형태이기를 사용자나 서비스 제공자들에 의해 바래어 졌다. 사용자에게는 사용의 편리함과 빠르게 출시되는 새로운 기능의 장비를 고가로 새로 구입함 없이 쉽게 저렴하고 쉽게 업그레이드할 수 있기 때문이며, 장비의 서비스 제공자의 입장에서든 마찬가지로 현존하는 다양한 표준에 대해 각각의 장비를 사용할 경우 비용부담과 사용되지 않게 되는 장비의 처리 문제 때문에 이러한 유연한 장비를 갈망하고 있다.

현존하는 유연한 가장 대표적인 장비는 아마도 개인용 PC일 것이다. PC의 경우 공동의 하드웨어에 기본적인 OS(Operating System)을 탑재한 후에는 사용자가 필요한 작업의 종류에 따라 새로운 소프트웨어를 탑재하기만 하면 다양한 작업을 수행 할 수 있다. 그야말로 만능 장비이다.

그러면, 만능이 다 좋을 것인가? SDR을 컴퓨터와 같은 만능의 장비로 생각하는 경우에 있어서 만능의 다른 측면에 대해 생각해 보아야 할 것이다. 컴퓨터를 통해 간단한 경우를 생각해 볼 수 있다.

컴퓨터는 해마다 지속적으로 기능이 급속히 향상되고 있다. 처리속도 또한 놀라운 기능 향상을 일으키고 있다. 10여년 전에 대형의 Workstation에서나 가능하던 처리 속도를 현재에는 개인용 PC에서 구현이 가능하다. 하지만, 컴퓨터가 개발된 이후에 현재까지, 더 나아가 가까운 미래까지는 비용이나, 처리속도 측면에서 한정된 작업을 수행하는 프로세서는 특화된 다른 프로세서가 사용되고 있다. 이것은 컴퓨터가 만능의 프로세서로의 역할을 수행하기 위해 그 만큼 가격적으로 비싸졌으며, 다양한 기능을 수행하기 위한 공통의 플랫폼을 유지하기 위해 설계에 많은 제약을 받고, 공통의 기능에 프로세서의 많은 부분을 사용함으로써 실질적인 데이터 처리속도가 저하되는 문제를 가지고 있기 때문이다.

일반적으로 생각하는 만능의 SDR도 마찬가지이다. 하나의 하드웨어로 어떠한 통신방식과 주파수도 사용 가능한 장비를 구현하기 위해서는 현재의 소자기술 및 프로세서기술만을 따져서는 안될 것이다. 공통의 플랫폼 구현에 따르는 설계상의 제한과 부가적인 처리과정을 포함함으로써 나타나는 실제 데이터의 처리속도 감소 등이 전체적으로 고려되어야 할 것이다. 또한, 비용적인 측면에서도 아직 고비용의 문제점을 가지고 있다.

SDR 기술은 21세기 들어 무선통신 장비 발달사에서 디지털화 이후의 하나의 큰 획을 그을만한 획기적인 기술일 것이다. 다양한 목적에 맞도록 따로 표준화되고 개발되어오던 통신방식을 하나의 단말기를 통해 서비스가 가능함으로써 아무런 무리 없이 여러 기술들을 통합하는 매개체 역할을 할 것이다.

미국, 유럽 등이 이러한 기술의 잠재성을 인식하고 기술개발에 먼저 뛰어들어, 현재 많은 연구결과들을 발표하고 있으며, 최근들어 일본은 표준화기구인 ARIB (Association of Radio Industries and Business)와 IEICE(Institute of Electronics, Information and Communication Engineers)를 중심으로 적극적인 SDR 연구에 나서고 있는 형편이다. 국내에서는 여러 대학과 연구소에서 산발적으로 모뎀 기술 등의 일부에 국한되어 연구가 수 년 전부터 이루어지고 있으나, 아직 조직적이고 체계적인 연구활동을 이루어지는 못하고 있는 실정이다.

SDR 기술의 상용화는 곧 규제제도의 개선을 수반하게 될 것이다. 현재의 무선통신장비 인증제도에서는 최초로 허가 받은 기술적 사양에서 사용 주파수 대역과 전파형식 및 출력 주파수의 변경을 엄격하게 규제하고 있으며, 이러한 파라메타가 변경될 경우에는 새로운 장비로 간주하여 형식등록 및 형식검정과 같은 인증을 새로 신청해야 한다. 이는 곧 RF 파라메타를 소프트웨어의 변경만으로 쉽게 변경이 가능하다는 SDR 기술의 장점과 대치되는 것이며, 기술의 발전에 있어서 규제제도가 장벽이 되는 것이다.

규제를 담당하는 기관에서는 이러한 문제에 대한 정확한 이해를 통해 기술 발전과 융화되

도록 수시로 제도의 개선을 위한 노력이 필요하며, 이 보고서는 기술적인 세부 사항을 배제하고 규제 기관이 SDR 기술을 보다 쉽고 정확하게 이해할 수 있도록 하는데 목적이 있다.

제 17 장. 미국의 SDR 인증제도 분석[2]

모든 무선기기는 시장에 출하되기 전에 무선국 인증기관으로부터 인증을 받아야 한다. 현행 FCC 제도 하에서 인증을 받은 무선국의 주파수, 출력전력, 변조방식을 변화시키면 인증기관으로부터 다시 새로이 인증을 신청하도록 되어 있다.

현행 인증제도는 신규 인증 신청 없이 사용할 수 있는 두 부류의 허용 가능한 기기 개조(class I and class II of permissive change)가 정해져 있다. Class I permissive change은 처음 인증 받을 때의 무선 특성을 유지하는 경우에 해당되고 신규인증 신청이 요구되지 않는다. Class II permissive는 처음 인증 받을 때의 무선 특성을 변화시킬 수 있으나 주파수 범위, 변조방식 그리고 출력전력의 특성은 유지하는 경우에 해당되며 신규신청을 하지 않아도 되나 변화된 무선 특성과 측정결과를 기술한 문서를 제출해야 한다.

송신기에 대한 인증규칙은 송신기가 하드웨어라는 관점에서 제정되었다. 주파수, 변조방식, 출력전력을 변화시키려면 송신기의 하드웨어 회로 일부를 개조해야 한다. 그러한 하드웨어 상의 변경은 새로운 기기로 인정되어 기기에 대한 모든 정보를 기술하여 신규 인증 신청을 해야 한다. 그러나 SDR의 경우에는 이러한 무선 특성을 변화 시키기 위해서 소프트웨어를 이용하기 때문에 하드웨어 상에 아무런 변화를 초래하지 않는다. 소프트웨어에 의해 변화된 무선 특성을 갖는 기기를 다시 신규 인증 신청하는 작업은 제조자에게 매우 번거로운 일이다. 이에 따라 FCC는 신규인증신청이 필요 없고 융통성 있는 새로운 인증제도를 수립하기 위해 class III permissive change라는 새로운 기기 개조 제도를 도입하였다..

제 1 절 Class III permissive change

FCC는 주파수, 출력, 변조방식을 소프트웨어에 의해서 제어 가능한 무선기기에 대해 class III permissive change 라는 인증을 부여하기로 하였다. Class III permissive change를 행한 기기는 기존의 인증 신청 절차를 따라야 하나 새로운 ID를 신청할 필요는 없다. Class III permissive change 인증 신청자는 기기의 서비스 요구 조건과 FCC의 기술 기준을 만족한다는 것을 입증해야 한다. 신청자가 class III permissive change 인증을 부여 받으면 그 기기는 소프트웨어에 의해서 무선 특성이 제어되고 그 소프트웨어는 언제 어디서든지 그 기기가 다운로드 받을 수 있어야 한다고 하였다. 인증 받은 기기에 대한 기록에는 승인된 주파수, 출력전력, 변조방식을 개정해야 한다. 또한 새로운 소프트웨어 개발에 따른 새로운 무선 특성이 추가 시킬 수도 있다고 하였다.

FCC가 제안한 class III permissive change에 대해서 업체와 관련 기관에서는 대체적으로 지지하는 입장이다. SDR Forum은 class III permissive change의 신설은 현행 규칙 보다 SDR 기술 수용을 위해 훨씬 개선되어졌다고 하였고 Motorola와 API는 처음에 예상하였던 것 보다 더 활성화된 SDR 개발 환경을 제공할 수 있을 것이라고 하였다. 한편 Nortel과 AirNet는 SDR은 상무성으로부터 승인을 얻어야 하고 class III permissive change의 인증절차를 따르는 것이 매우 복잡해질 것이라고 생각하였다.

일부 업체에서 class III permissive change 제도에 대한 반대가 있어도 FCC는 class III permissive change가 제조자에게 이익이 될 것으로 결론을 내렸고 이를 채택하기로 하였다. 따라서 제조자는 신규 인증 신청 시에 요구되는 기기에 대한 모든 정보, 기록, 사진, 회로도들 작성하는 작업이 더 이상 필요 없게 되었고, 이에 따라 class III permissive change에 대한 인증 처리는 신규 인증 신청 보다 더 빠르게 처리할 수 있다고 FCC는 결론을 내렸다.

SDR 기기에 대한 제조자 자체 인증은 부적절 하다고 FCC는 결론을 내렸다. FCC가 제조자의 제품이 기술기준에 적합하다는 보증을 인정하면 제조자는 그 제품에 대한 자체 인증을 수행할 수 있다. 그러나 SDR 기술이 초기 단계라는 점을 고려한다면 SDR 기기

를 제조자 자체 인증을 하기 전에 FCC는 SDR에 대한 경험이 더 필요하기 때문에 SDR 기기에 대한 자체 인증을 배제하였다. FCC는 향후에도 지속적으로 SDR 기기에 대한 제조자 자체 인증 부여에 대한 적합성을 논하기로 하였다.

제 2 절 SDR 기기로서의 인증

NPRM에서 FCC는 최초 신규 인증 신청 시, SDR 기기로 확인 된 송신기에 대해서만 class III permissive change를 허가하는 것을 제안하였다. 그러나 모토로라는 SDR이라는 초기 선언을 요구하지 않고 어떠한 기기에 대해서도 class III permissive change 인증을 신청할 수 있어야 한다고 주장하였다. Nortel은 어떠한 기기든지 초기에 SDR 인증을 받지 않아도 후에 SDR 기기로 인증 받을 수 있는 제도를 수립하도록 FCC에 요구하였다.

NPRM에서 제안한 대로 무선 기기가 class III permissive change 인증을 받기 위해서는 최초 기기 인증신청 시, 그 무선 기기가 SDR 기기임을 확인 받을 것을 FCC는 요구하였다. FCC는 기기가 만족해야 할 요구조건을 결정하고 만족해야 할 모든 기술 기준과 적합성을 확인할 것이다. 또한 FCC는 이미 인증 받은 (SDR 기기가 아닌) 기기에 대한 class III permissive change 인증 신청제도를 금지하기로 하였다. 이유는 그러한 제도는 인증절차를 더욱 복잡하게 만들 우려가 있기 때문이라고 하였다. 그러나 이러한 제도를 채택하지 않는 것이 이미 인증 받은 (SDR 기기가 아닌) 기기를 SDR 기기로 신규 인증 신청하여 class III permissive change 허가를 획득하는 것을 금지하는 것이 아니라고 하였다.

제 3 절 Class III permissive change 수행 기관

FCC는 SDR 인증을 부여 받은 제조자만이 class III permissive change 신청할 수

있도록 제한하였다. 이것에 대한 이유는 모든 SDR 기기 인증은 ID 번호로 식별되고, 그런 인증을 부여 받은 기관이 기기가 기술 기준 적합성을 만족한다는 것을 책임을 져야 하기 때문이라고 하였다. 따라서 Class III permissive change가 기기에 발생하였다면 ID 번호를 참조하여 SDR 인증을 부여 받은 기관이 Class III permissive change된 기기가 기술기준을 만족한다는 것을 책임져야 한다. 이러한 제도를 채택하여 FCC ID를 부여 받지않은 다른 기관에서 SDR 기기에 class III permissive change를 행하여 기기가 기술 기준을 만족하지 않는다면 그것을 책임질 기관이 불확실해질 경우를 방지할 수 있다고 FCC는 확신하고 있었다.

Hypres, Nortel, Intel Clearwire 그리고 SDR Forum는 FCC ID를 부여 받지않은 다른 기관 (이하 제3기관)도 class III permissive change를 할 수 있도록 해야 한다고 하였다. Hypres는 제3기관들에게 class III permissive change를 허용하여 많은 소프트웨어 개발자들이 그들의 소프트웨어를 탑재하기 위해 초기 하드웨어 개발자들을 찾아갈 필요가 없도록 해야 한다고 하였다. 인텔은 class III permissive change의 가장 큰 장점은 기기의 초기 개발자에 대한 제한 요소를 경감 시키는 것이 아니라 많은 소프트웨어 개발자들 (즉, 제3기관)이 자유 경쟁 하에서 보다 편리한 소프트웨어 개발하도록 유도할 수 있다는 것이라고 하였다. SDR Forum도 FCC가 제3기관이 class III permissive change 신청하는 것을 제한하지 말아야 하고 제3기관에 의한 class III permissive change 허가 여부는 시장 경쟁 원리에 맡겨야 한다고 하였다. 그러나 모토로라는 제3기관 도입은 초기 기기 제조자가 제3기관의 소프트웨어 변경 시간과 다른 시간에 소프트웨어를 변경할 경우에 큰 혼란을 초래할 수 있다고 하였다. AT&T도 불법적인 소프트웨어 변경을 방지하기 위해서 초기 SDR 인증 (즉, FCC ID 보유자) 수여자에게만 계속적인 class III permissive change를 하도록 해야 한다고 하였다.

FCC는 여러 의견을 분석한 후, 당초 NPRM에서 제한하였듯이 class III permissive change에 대한 책임 문제를 명확히 하기 위해 SDR 인증 (FCC ID)을 부여 받은 기관만이 class III change를 허가 받기로 하였다. 그러나 다음과 같이 2 가지의 접근 방법

으로 제3기관도 이러한 제도를 구현할 수 있도록 하였다. 첫번째 방법은 FCC ID 보유 기관이 제3기관과 협약하여 제3기관이 class III permissive change를 신청할 수 있으며, class III permissive change를 한 기기에 대한 기술기준 만족 보장은 초기 FCC ID보유자가 책임지도록 하는 것이다. 두번째 방법은 제3기관이 직접 기기에 대한 FCC ID를 획득하여 class III permissive change를 신청하고 기기에 대한 기술 기준 적합성도 책임지도록 하는 것이다. 두 가지 방법 모두 기기의 전자 표시기에 FCC ID를 표시해야 한다.

제 4 절 하드웨어와 소프트웨어의 복합 개조

NPRM에서 FCC는 하드웨어 상의 변화를 하지 않는 기기에 대해서만 class III permissive change를 부여하기로 제안하였다. 그러나 NPRM에서 하드웨어 상에서의 변화도 class III permissive change로 인정해야 하는지에 대한 의견요구를 하였다.

일부 업체 (혹은 기관)은 하드웨어와 소프트웨어의 복합적 개조를 허용해야 한다고 하였다. 모토로라는 하드웨어가 요구 신호를 저하시키지 않거나 불요방사를 증가시키지 않는다면 class III permissive change를 하드웨어와 소프트웨어에 모두 적용해야 한다고 하였다. 모토로라는 또한 하드웨어 상에 class II permissive change를 행한 무선기기에 class III permissive change를 허용해야 한다고 하였다. Nortel은 class III permissive change와 함께 하드웨어 상의 개조를 허용하여 초기 개발 단계에 SDR 기기가 최상의 효율성을 발휘하도록 해야 한다고 하였다. 그러나 대부분의 업체들은 최초 인증을 받은 후에는 하드웨어에 개조를 허용하지 않은 범위 안에서 class III permissive change를 부여하는 것이 바람직하다고 하였다. API는 알 수 없는 위험 요소를 억제하기 위해서는 하드웨어와 소프트웨어의 복합적 개조 허용하지 않는 class III permissive change 제도가 바람직하다고 하였다. FLEWUG와 AirNet도 NPRM에서 같은 FCC 제안이 하드웨어와 소프트웨어의 복합 개조에 대한 애매함을 해소 시킬 수 있다고 하였다. NTIA도 역시 FCC가 하드웨어와 소프트웨어의 복합 개조에 대한 충분한

경험을 얻을 때까지 class III permissive change에 하드웨어와 소프트웨어의 복합 개조를 허용해서는 안 된다고 하였다.

여러 업체의 의견을 분석하여 FCC는 class III permissive change와 class I permissive change의 복합 개조를 허용하기로 하였다. Class I permissive change는 기기 무선 특성을 변화시키지 않기 때문에 class III permissive change와 class I permissive change의 복합 개조가 기기에 대한 적합성 평가 시 발생할 수 있는 애매성이나 복잡성을 야기시킬 것이라고 FCC는 생각하지 않았다. 그러나 class III permissive change와 class II permissive change의 복합 개조를 허용하지 않을 것이라고 FCC는 결론을 내렸다. 이유인 즉, 이러한 개조는 기기의 무선 특성 변화가 class II permissive change에 의한 것인지 아니면 class III permissive change에 의한 것인지 명확하지 않아 전파 법규 단속을 어렵게 하고 애매모호함을 가중시키기 때문이라고 하였다.

제 5 절. 하드웨어와 소프트웨어 조합의 제한

FCC는 NPRM에서 인증부여 시, 허용되는 소프트웨어와 하드웨어 조합의 수를 제한해야 하는 것에 대한 의견을 요구하였다. 일부 송신기는 다중 안테나를 사용하기 때문에 이들 안테나의 모든 조합에 대해서 기술기준 적합성 시험을 실시하고 있다. 소프트웨어의 변화는 소프트웨어와 하드웨어의 조합의 수를 증가시킬 수가 있다. 모토로라와 Clearwire는 기술기준 시험 시 이들 조합의 수를 제한하지 말아야 한다고 하였다. 한편, API는 class III permissive change의 수를 제한하는 것이 FCC의 SDR 기술 기준 적합성 정책 수립에 도움이 될 것이라고 하였다.

FCC는 소프트웨어와 하드웨어의 조합의 수를 제한하지 않기로 하였다. 그러한 제한 요소가 다중 소프트웨어를 지원할 수 있는 공통 하드웨어의 다양성을 제한할 수 있기 때문이라고 하였다. 또한 이러한 제한을 철폐하는 것이 기술 기준 적합성 시험을 복잡하게

만들지 않을 것이라고 하였다. 최초 인증 후에 무선 특성을 변화시키는 하드웨어 상의 개조를 허용하지 않기로 함으로서 자동적으로 소프트웨어와 하드웨어 조합의 수를 제한할 수 있다고 하였다.

제 6 절 Radio software의 복사

NPRM에서 SDR 인증 신청 시, radio software의 복사 본을 제출해야 하는지에 대한 의견을 요구하였다. API와 Clearwire는 시청자는 소프트웨어의 복사 본을 제출하는 것에 찬성하였다. Hypres, Motorola, Nortel 그리고 AirNet는 소프트웨어의 복사본은 제출하는 경우에는 신청 제품의 비밀이 누설될 우려가 있고 FCC 또한 제품의 비밀을 유지해야 하는 부담이 있기 때문에 소프트웨어 제출에 반대하였다.

FCC는 소프트웨어를 제출하게 되면 검토자가 이들 검토하기에는 너무 어렵고 시간 낭비성 작업을 수행할 우려가 있기에 이를 제출하는 것을 반대하기로 하였다. 그러나 검토자가 기술기준 적합성 결정시 소프트웨어 제출을 요구할 경우에는 제출해야 한다고 하였다.

제 7 절 수수료

NPRM에서 class III permissive change 신청 시, 이에 수반되는 추가적 업무를 수행하는 것에 대한 추가 수수료를 지불하는 것에 대한 의견을 요구하였다. AirNet는 인증 신청의 일부로 간주하여 추가 수수료 지불은 부적절 하다고 하였다. Nortel은 인증신청의 일부분일지라도 class III permissive change을 검증하는 추가적인 작업이 동반되기 때문에 추가적 수수료 지불은 합당하다고 하였다.

Class III permissive change 신청처리 과정이 기존의 처리 방법에서 크게 다르지 않지만 FCC는 class III permissive change에 대한 기술기준 적합성 평가를 위한 추가

적 작업이 수반되기 때문에 추가 수수료 지불을 원칙으로 하는 것을 결정하였다. Class III permissive change 검토에 따른 수수료를 지불해야 하고 여러 기술 기준이 적용되는 class III permissive change를 신청할 경우에는 그에 상응하는 수수료는 증가될 것이라고 하였다.

제 8 절 소프트웨어 개조

FCC는 기술기준 적합성에 영향을 주는 소프트웨어의 불법적인 개조를 방지하기 위한 방법을 마련해야 한다고 NPRM에서 주장하였다. SDR Forum이나 ETSI 같은 단체들이 암호화나 디지털 서명의 표준화 작업을 진행 중에 있기에 소프트웨어 인증을 위한 특별한 방법을 수립하기를 부정하였고 대신에 SDR 기기에 인증받은 소프트웨어만이 다운로드될 수 있는 방법을 제조자 스스로가 마련하도록 하는 보다 완화된 요구하였다. FCC는 사용자가 승인된 무선 특성 범위를 벗어나는 주파수, 변조 방식, 전력을 사용하는 것을 명백히 금지하기 때문에 이러한 FCC의 불법 소프트웨어 변조 방지 방안에 대한 의견을 요구하였다.

SDR Forum은 불법적인 소프트웨어 다운로드 방지 방법 마련을 FCC가 제조자에게 요구하는 것을 지지하였다. 인텔도 FCC는 소프트웨어 인증에 대한 특별한 요구사항 수립을 거절하고 시장이 무선 네트워크 통합을 형성하는 솔루션을 스스로 개발하도록 유도해야 한다고 하였다. Clearwire도 제조자가 불법적인 소프트웨어의 변조 방지 보장을 해야 한다고 하였다. Cingular는 제조자가 불법적인 소프트웨어 개조 방지를 보증할 경우에만 FCC가 인증을 부여해야 한다고 하였고 지속적인 네트워크 통합과 보안 체계를 유지해야만 인증이 유효하다는 조건을 명시해야 한다고 하였다. NTIA는 FCC는 산업체와 공동으로 불법적인 소프트웨어 변조를 방지하는 인증 프로토콜 같은 보안 특성을 감시해야 한다고 하였다.

FCC는 불법적인 소프트웨어의 변조로 인해 허용된 기술 기준 범위 밖에서의 주파수, 출

력 및 변조 방식이 사용되는 것을 방지하기 위한 방안을 마련하는 것이 시급함을 인식하나 이를 위해 현 시점에서 특정한 보안 및 인증 요구 사항을 설정하지 않기로 하였다. 불법 소프트웨어 변조 방지에 대한 세세한 요구사항을 수립하는 것이 제조자의 개발 융통성을 제한할 소지가 있기 때문이라고 하였다. FCC는 이런 불법 소프트웨어 변조 관련 이슈에 대해서 활발히 연구가 진행되고 있음을 인지하고 있고 또한 제조 업계에서의 활발한 연구를 통해 나온 결과로 형성되는, 즉 시장에 의해서 형성되는 일반적인 보안 및 인증 요구 조건에 보다 큰 무게를 두기로 하였다. 따라서 FCC는 NPRM에서 제안하였듯이 제조자 스스로가 불법적 소프트웨어 방지 방안을 개발하도록 유도하는 방침을 굳혔다.

제 9 절 전자 꼬리표

SDR의 주요 장점은 제 3기관에 의해서 무선 특성을 제어 가능한 소프트웨어가 개발될 수 있으며 이를 탑재한 무선기기가 multi-service, multi band, multi-standard 그리고 multi-mode의 기능을 수행하는 것이라고 할 수 있다. 이렇게 개발되는 소프트웨어의 효율적 관리차원에서 SDR 기기에 FCC 인증 ID 번호를 기기에 장착된 LCD 디스플레이 판에 표시해야 하는 필요성을 NPRM에서 제안되었다. 이러한 FCC ID 번호 표시의 근본 목적은 제3기관에서 새로운 소프트웨어에 대한 새로운 인증을 받을 경우 이 소프트웨어가 현장에서 다운로드 받을 경우에 즉시 새로운 번호를 표시하여 소프트웨어 개발자 (FCC ID)가 기술 기준 적합성에 대한 책임자임을 신속히 확인할 수 있도록 하기 위한 것이다. FCC는 이러한 FCC ID 전자 꼬리표 제도에 대한 의견을 요구하였다

제 10 절 전자 꼬리표의 필요성

SDR Forum과 API는 전자 꼬리표는 기존의 고정 부착형 꼬리표 보다 편리하기 때문에 FCC의 전자 꼬리표 제도를 지지하였다. 모토로라도 전자 꼬리표는 현장에서 사용 중인

소프트웨어의 FCC ID를 빠르게 바꿀 수 있고 소프트웨어 대한 보다 많은 정보를 표시할 수 있기 때문에 신제품의 시장 전달과정을 신속 단순화 시킬 수 있다고 하였다. 일부 업체들은 복수의 FCC ID를 표시 할 수 있어야 하고 SDR 기기 외에도 전자 꼬리표 부착을 의무화해야 한다는 주장도 하였다. Clearwire는 복수의 FCC ID 번호를 표시할 수 있는 전자 꼬리표 시스템을 도입하는 것이 어떤 모드가 인증 받은 동작 모드인지를 쉽게 확인할 수 최상의 방법은 아니라고 하였다. Clearwire는 각각의 하드웨어에 대해서는 단일 FCC ID가 표시되어야 하고 전자 꼬리표는 FCC ID 외에도 소프트웨어 버전, 무선 특성, 제조업체명 (제3기관명) 등을 표시해야 한다고 하였다.

전자 꼬리표에 대한 의견을 분석한 후, FCC는 NPRM에서 제안한 대로 전자 꼬리표 제도를 고수하기로 하였다. 이에 따라 초기 제조자 이외의 제 3기관에서 소프트웨어를 변경하였을 경우에 고정 부착형 꼬리표의 사용을 피하게 되었다. FCC는 이 FCC ID 번호에 의해서 기술기준 적합성 책임자를 표시 및 추적할 수 있고 이 번호를 부여 받은 기관만이 소프트웨어 변경하여 SDR 기기의 무선 특성을 변화시킬 수 있다고 하였다.

제 11 절 디스플레이의 형태

일부 업체들은 LED나 LCD 디스플레이 판 외의 다른 표시 장치도 사용할 수 있도록 허가해야 한다고 하였다. 모토로라 전자 꼬리표 디스플레이를 기기에 부착하거나 터미널을 장착하여 기기에 대한 정보를 표시할 수 있어야 한다고 하였다. Nortel은 웹 기반에서 꼬리표 정보를 유출할 수 있는 장치도 허가 되어야 한다고 하였다. 한 시스템이 SDR 기능을 하는 여러 유닛들로 구성되어 패쇄 캐비닛 안에 설계되어 있다면 Hypres은 패쇄 캐비닛을 대표하는 단일 꼬리표 디스플레이를 장착해야 한다고 하였고 중앙 스크린에 혹은 공중선 (즉, 무선 접속)을 통해서도 ID 번호가 표시되어야 한다고 하였다. AirNet은 LED나 LCD 디스플레이 판 없이도 ID 번호를 표시할 수 있는 다른 방법도 강구해야 한다고 하였다. NTIA는 기기의 파워가 나가도 디스플레이 판에는 ID 번호를 표시하고 있어야 한다고 하였다.

원격 (무선 혹은 웹 기반) 터미널이나 그 밖의 다른 장치를 사용한다면 꼬리표 정보를 관리하기가 매우 어려울 것으로 판단하기 때문에 FCC는 LED나 LCD 디스플레이 판을 사용하여 꼬리표 정보를 표시하기로 결정하였다. 전자 꼬리표 디스플레이 판은 쉽게 정보를 조사할 수 있는 메뉴 옵션이나 hotkey 기능을 갖고 있어야 한다. 유저 매뉴얼은 전자 꼬리표를 액세스할 수 있는 설명을 포함해야 한다. FCC는 기기의 파워가 나가도 꼬리표 정보가 표시되어야 한다는 조건을 요구하지 않기로 하였다.

제 12 절 디스플레이에 표시되는 정보

Cingular는 전자 꼬리표에는 FCC ID 번호를 표시되어야 하고 디스플레이는 하드웨어나 소프트웨어의 업그레이드 정보를 자동적으로 표시해야 한다고 하였다. SDR Forum은 FCC ID에 대한 정보는 절대 변화시켜서는 안 된다고 하였다. NTIA는 ID 번호는 항상 표시되어야 하고 ID 번호와 관련된 부수적 정보도 표시될 수 있어야 한다고 하였다.

FCC는 Cingular의 의견에 동의하며 기기에 설치된 소프트웨어를 확인할 수 있는 FCC ID 번호를 디스플레이에 나타내도록 하였다. 그러나 NTIA가 제안한 ID 번호 외의 다른 정보도 표시하는 것에 대해서는 반대하였다. FCC는 ID 번호에 연관된 정보는 FCC의 데이터베이스에 모두 수록되어있고 인터넷을 통해서 정보를 다운로드할 수 있다고 하였다.

제 13 절 시험

FCC는 현재의 SDR 기기의 무선 특성의 정확하게 예측될 수 있을 정도로 SDR 기술이 발전한 단계가 아직 아니라는 결론을 내렸다. FCC는 하드웨어와 소프트웨어가 조합된

상태에서 기술기준을 만족하기 때문에 이들의 조합에 대해서 시험을 수행해야 한다고 하였다. FCC는 이들의 각각에 대한 시험보다 이들의 조합에 대해서 시험을 수행하는 것이 타당하다는 의견을 내놓았다.

모토로라는 현재 하드웨어나 소프트웨어 각각에 대해서 형식 시험을 하고 있기 때문에 이들의 각각에 대해서 시험을 해야 한다고 하였다. NTIA, Cingular 그리고 Elite는 소프트웨어/하드웨어 조합에 대한 시험을 지지하였다. NTIA는 FCC가 가능한 모든 조합에 대해서도 시험을 수행해야 하는지 그리고 어떻게 설치된 소프트웨어를 제거하는 지에 대한 분명한 입장을 표명할 것을 요구하였다. Hypres 소프트웨어/하드웨어 각각의 조합에 대한 시험 수행이 합리적인 초기 접근 방식이나 소프트웨어와 하드웨어가 발전해감에 따라 이러한 접근 방식을 바꾸어야 한다고 하였다. Vanu도 모든 조합에 대한 시험은 비효율적이라고 하였고 SDR 기기는 RF 신호를 발생하는 송신기와 송신기에 베이스밴드 신호를 보내는 하드웨어로 나누어야 한다고 하였다. 또한 송신을 제어하는 소프트웨어에 대해서만 시험을 해야 하고 신호처리를 담당하는 소프트웨어에 대해서는 시험을 하지 않아야 한다고 하였다.

FCC는 기기를 작동시키는 각각의 소프트웨어에 대해서 시험을 요구하기로 하였다. 그러나 시험에 있어서 아래의 두 가지 경우를 구분하여 소프트웨어에 대한 시험을 수행해야 한다고 하였다. 하드웨어가 여러 개의 소프트웨어를 지원할 수 있다면 이들 소프트웨어를 조합한 상태에서 기기를 수검할 것을 요구하지 않기로 하였다. 이들 소프트웨어 각각이 기술 기준을 만족한다면 다른 소프트웨어가 기기 내에 존재하여도 기기의 무선 특성을 변화시키지 않을 것이라는 가정하였기 때문이다. 그러나 여러 개의 소프트웨어가 동시에 다중 대역에 걸쳐서 다중 신호를 발사하는 기기에 대해서는 모든 소프트웨어의 조합에 대한 다양한 기술 기준 적합성 시험을 해야 한다고 하였다. 예를 들어서 동시에 여러 반송파를 발사하는 경우에는 전파 발사 강도가 강해져서 전자파 인체안전 시험을 추가해야 한다고 하였다.

제 14 절 무선 지정시험 기관 (telecommunication certification body (TBC))에 의한 인증

FCC와 같은 인증시험을 하는 지정시험기관 (TBC)에 대한 규정은 Docket 98-68에 기술 되어 있다. FCC는 여러 종류의 기기에 대한 시험을 TBC에서 수행하도록 요구하지만 일부 시험 기능에 대해서는 FCC에서 수검 받도록 하였다. 그 기능은 규제 사항이 정해져 있지 않은 새로운 기기에 대한 시험 기능이다. SDR이 이러한 경우에 해당하며 새로운 기술이기 때문에 이 기술에 대한 규제에 많은 문제가 발생될 소지가 있기에, SDR 인증제도 제정 후 최소 6개월 동안 FCC는 TBC에서 SDR 기기를 인증하거나 class III permissive change 인증하는 것을 허가하지 않기로 하였다.

Elite도 이번 SDR 인증제도 제정 후, 최소 6개월 동안 TBC가 SDR 인증을 할 수 없도록 해야 한다고 하였다. NTIA는 SDR 인증제도 제정 후 최소 2년 동안 TBC의 인증시험 금지를 요구하였다. AT&T는 FCC가 상당 기간 동안 직접 SDR 인증을 수행해야 한다고 하였다.

제 15 절 규제 단속

NPRM에서 기술기준에 미달하는 SDR 기기에 의해서 타 기기가 전파 간섭 영향을 받을 우려가 있음을 시사하였다. FCC는 SDR 기술의 발전과 그에 따른 규제 개정 일환으로 규제 단속 강화에 대한 의견을 요구하였다.

대부분의 업체들은 FCC의 규제 단속에 아무런 변화가 필요 없다고 하였다. SDR Forum은 기존의 단속 기준으로도 SDR 기기에 대해서 충분히 적용할 수 있다고 하였다. AirNet도 SDR 기기가 다른 기기 보다 더 많은 간섭영향을 미칠 것이라고 생각하지 않으며 기존의 FCC 규제 단속이라면 충분하다고 하였다. 그러나 API는 적합성 평

가 기준을 만족 못하는 SDR 기기가 중요한 무선 기기에 간섭을 일으키지 않도록 규제 단속을 강화 해야 한다고 하였다. Elite와 Cingular도 SDR 기기가 멀티 대역에서 운용되어야 하기 때문에 SDR 기기에 대한 규제 단속을 강화해야 한다고 하였고 규제 위반 시에는 벌금을 강화해야 한다고 하였다.

FCC는 SDR 기술에 대한 충분한 경험이 없는 현재 상태에서는 SDR에 의한 간섭 영향을 구체적으로 논할 수 있는 단계가 아직 아니기 때문에 SDR에 대한 규제 단속을 강화할 필요가 없다고 판단하였다. FCC에서 수행되고 있던 등록 및 인증 신청처리 업무가 점점 더 TCB 쪽으로 이동하고 있는 상황이며 이러한 업무 이동으로 인해 FCC의 사후관리 업무 또한 축소 되어가고 있다고 하였다. FCC는 SDR 기기에 대한 사후관리 시험에서 불합격되었을 경우에 부과되는 벌금도 강화하지 않기로 하였다. FCC는 SDR의 시장 전개 과정을 보면서 규제 단속을 강화할 것인지 비적합 SDR 기기의 신속한 소환 결정제도 수립을 논하기로 하였다.

제 18 장 SDR의 국내 도입 방안 검토

SDR의 정확한 경계는 없다. 현재에도 software 제어에 의한 무선특성의 일부를 변화시킬 수 있는 기기가 존재한다. 그러나 위에서 논한 class III permissive change에 해당하는 기능을 하는 SDR 기기가 개발되기까지는 아직 먼 길이 앞에 놓여 있다. 이는 4세대 이동통신의 한 방향으로서 추진되고 있으며 아직 기술적으로 해결해야 할 과제가 많이 남아있다. 그러므로 SDR의 국내 도입에 따른 국내 정책 및 인증제도 정립은 매우 복잡할 것으로 예상된다. 이 복잡함은 다른 신기술에 대한 새로운 정책 수립과는 큰 차이가 있을 것이다. 국내에서 주도적으로 SDR 정책을 수립하는 것보다 SDR 기술 개발과 정책 수립에 선도적 역할을 하는 미국의 방향을 주시한 후에 국내 실정에 맞는 정책을 펼치는 것이 바람직하다고 한다. 일본과 유럽에서도 SDR 정책 수립에 관한한 우리의 입장과 큰 차이가 없을 것으로 생각된다.

제 19 장 주파수 이용 효율화 방안 검토

SDR 기술은 분명 주파수 이용을 효율화시킬 수 있는 기술로 평가한다. 그러나 SDR에 의한 주파수 이용 효율화를 논하기 전에 어떠한 SDR 기기가 출현할지 그리고 이에 대한 더 많은 경험이 필요하다. 현재 위에서 논한 기능을 발휘하는 SDR 기기의 출현을 기다리고 있는 상태이다. 그러므로 주파수 이용 효율화에 대한 논의를 위해서 SDR에 대한 더 많은 경험과 시간이 요구된다.