

## 제 출 문

본 보고서를 「UWB 무선통신 국내 도입방안 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002. 12. 31.

연구책임자 : 이근호 (광운대학교)

연구 원 : 정구희 (광운대학교)

오인열 (광운대학교)

강희훈 (광운대학교)

연구보조원 : 이종현 (광운대학교)

## 요 약 문

1. 과제명 : UWB 무선통신 국내 도입방안 연구
2. 연구기간 : 2002. 2. - 2002. 12.
3. 연구책임자 : 이근호(광운대학교)

#### 4. 계획 대 진도

##### 가. 월별 추진내용

세 부 내 용	연구자	월별 추진계획												비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
○UWB 관련자료 수집·분석	이근호 외 4명		▶▶	▶▶	▶▶	▶▶	▶▶							
○FCC의 NPRM 조사 분석			▶▶	▶▶	▶▶									
○ITU-R의 정책사항 조사			▶▶	▶▶	▶▶									
○국내도입시 고려사항 분석						▶▶	▶▶	▶▶						
○국내 무선기기 주파수 이용 현황 분석							▶▶	▶▶	▶▶					
○UWB 주파수 분배에 따른 전파법의 적용범위 분석								▶▶	▶▶	▶▶				
○UWB에 적용 가능한 기술기준 분석				▶▶	▶▶	▶▶	▶▶	▶▶						
○UWB 허가를 위한 기본정책 수립									▶▶	▶▶	▶▶	▶▶	▶▶	
○UWB 측정시스템 연구					▶▶	▶▶	▶▶							
○UWB 측정기술 연구								▶▶	▶▶	▶▶				
○국내 전파환경에 맞는 측정기준 연구								▶▶	▶▶	▶▶	▶▶	▶▶		
○다른 무선통신과의 주파수 공유기술 연구					▶▶	▶▶	▶▶							
중간보고서 작성								▶▶						
연구보고서 작성													▶▶	
분기별 수행진도(%)		20			30			30			20			

나. 세부 과제별 추진 사항

1) UWB 관련자료 수집·분석

: UWB 관련 국내외 논문과 세미나 등을 참석하여 자료를 수집하였으며 이를 바탕으로 현 개발 동향을 분석하였다.

2) FCC의 NPRM 조사 분석

: 2002년도 FCC의 발표 내용을 중점으로 분석함으로써 앞으로 UWB 무선통신의 발전방향을 예측하였다.

3) ITU-R의 정책사항 조사

: 국제기구의 활동 사항을 분석함으로써 향후 UWB 정책에 대한 각국의 동향을 조사하였다.

4) 국내 도입 시 고려사항 분석

: UWB 기술을 국내에 효과적으로 도입하기 위한 방안을 모색하기 위해 자료를 수집하였다.

5) 국내 무선기기 주파수 이용 현황 분석

: UWB 기술이 국내에 도입되었을 때 발생할 수 있는 문제점을 예측하기 위해 국내의 주파수 이용현황을 분석하였다.

6) UWB 주파수 분배에 따른 전파법의 적용범위 분석

: UWB 기술의 허가 시 요구사항들에 대해서 분석하였다.

7) UWB에 적용 가능한 기술기준 분석

: UWB 기술을 로컬라이저 시스템을 중심으로 분석하였다.

8) UWB 허가를 위한 기본정책 수립

: UWB 허가 시 발생할 수 있는 문제점 분석을 기반으로 국내 환경에 맞추어 요구되는 정책과정과 방향을 연구하였다.

9) UWB 측정시스템 연구

: UWB 신호를 측정하는데 필요한 장비와 방법에 대해서 조사·분석하였다.

10) UWB 측정기술 연구

: UWB 기술의 허가 시 요구되는 기술 기준의 마련을 위해 측정 기술에 대해 조사하였다.

11) 국내 전파환경에 맞는 측정기준 연구

: 국내 환경에 맞는 UWB 측정 기술을 조사하였다.

12) 다른 무선통신과의 주파수 공유기술 연구

: 다른 무선 통신 서비스와 주파수를 공유하기 위한 방안을 조사 하였다.

## 5. 연구 결과

- 1) 본 연구에서는 UWB 관련 국외의 기술동향을 조사·분석함으로써 UWB 기술의 국내 도입에 따른 파급효과 즉 주파수 분배, 기술기준, 기존의 무선 서비스들과의 양립성 등에 대한 분석·연구하는 것을 목표로 하고 있으며
- 2) 현재 중간 결과로서 국제기구의 정책동향, UWB 관련 기술, 측정 기술에 대한 자료 수집 및 분석하였으며, UWB와 관련된 업체의 현황을 조사하였다.
- 3) 최근 발표된 FCC 보고서의 주된 내용은 기존의 part 15의 기준보다 제한적인 방사전력 및 응용분야에 따라 사용할 수 있는 주파수 영역을 달리하는 것이다. 또한 UWB 기술은 고출력으로 사용할 수 없으므로 허가제도를 사용하지 않을 것이고, 제품의 개수에 대한 제한도 두지 않는다는 것이 FCC의 기본방침이다.
- 4) 국내 UWB 기술의 도입을 허용하는데 있어서 중요한 것 중

의 하나는 측정기술이다. 국내 무선통신 환경에 맞추어 기존의 서비스와 상호양립성을 고려할 때 UWB 신호에 영향을 미치는 변수들인 펄스폭, PRF, 펄스의 상승/하강시간에 대한 정확한 수치와 그에 대한 측정방법이 요구된다.

## 6. 기대효과

- o 부족한 전파자원을 보다 효율적으로 사용하기 위한 새로운 전파이용 기술도입으로 무선이용의 발전 촉진.
- o 광대역 및 근거리 고속데이터 통신을 위한 새로운 전파서비스 창출 가능.
- o 국내 환경에 적합한 UWB 기술 및 정책을 제시함으로써 향후 서비스의 방향 및 기술 기준 방향 제시.

## 7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규 격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
컴퓨터	펜티엄	2	자료분석 및 보고서작성	광운 대학교	보유	
노트북	펜티엄	1	"	"	"	
레이저프린터	흑백	1	"	"	"	

## 8. 기타사항

# SUMMARY

In this research we analyzed the present status of UWB(Ultra Wideband) wireless communications for adoption into the Korean industry. From our survey and analysis of the technology, the market, and the international regulation policy, we provided a technical details of UWB wireless systems, profile of current market players, compatibility issues, and regulation specifications based on FCC Part15. We also analyzed the current radio regulation and spectrum allocation in Korea in relation to UWB. Finally we presented measurement technology, which is important for assessment of compatibility between UWB systems and other wireless communication systems. We concluded with several suggestions for making adoption policy of UWB wireless communications.

# 목 차

표 목 차 .....	10
그림목차 .....	11
제 1 장. UWB 개요 .....	14
제 1 절. UWB .....	14
제 2 절. 연구 동향 .....	17
제 3 절. 응용 분야 .....	19
제 4 절. 업체별 개발 동향 .....	26
제 5 절. 정책 동향 .....	28
제 2 장. 최근 FCC의 정책 분석 .....	31
제 1 절. 개요 .....	31
제 2 절. 배경 .....	32
제 3 절. Discussion .....	33
제 3 장. UWB 기술 분석 .....	58
제 1 절. 기술적 접근 .....	58
제 2 절. UWB 시스템의 구조 .....	63
제 3 절. 기술 검토 .....	67
제 4 장. 다른 서비스와의 양립성 분석 .....	93
제 1 절. 육상 서비스 .....	94
제 2 절. 항공 서비스 .....	100



제 3 절. 인공위성 서비스 .....	108
제 4 절. 그 밖의 무선헌법/전파 탐지와 레이더 .....	110
제 5 절. 전파 천문학 .....	112
제 6 절. 비허가 서비스 .....	113
제 7 절. 아마추어 .....	114
제 8 절. 군용 시스템 .....	115
 제 5 장. 국내 주파수 이용 현황 .....	 116
제 1 절. 국내 전파 기술 기준 .....	116
제 2 절. 주파수 이용 현황 .....	119
제 3 절. 무선 LAN 주파수 할당 및 전파기술기준 ...	121
 제 6 장. 양립성평가를 위한 UWB 측정기술 .....	 127
제 1 절. 집합체 대 단일체 .....	127
제 2 절. 측정 기술 .....	129
제 3 절. EMC .....	144
제 4 절. Antennas .....	145
 제 7 장. 결론 .....	 146
참고문헌 .....	149

## 표 목 차

표 2-1. UWB 기기의 응용분야별 방사전력 한도 .....	38
표 2-2. GPS에 대한 실내용 UWB 기기의 간섭 분석을 위한 요소 .....	43
표 3-1. 다중 접속 방식의 비교 .....	76
표 4-1. 방송서비스를 위한 기존의 FCC 보호 레벨 .....	98
표 4-2. 사용 가능한 송신기의 수 .....	98
표 4-3. 분석 결과 .....	105
표 5-1. 3미터의 거리에서 측정한 전계강도 .....	116
표 5-2. 국내 기술기준에서의 주파수별 전계강도 및 EIRP .....	118
표 5-3. 전화나 호출기의 사용현황 .....	119
표 5-4. 기타 송수신기 제품 .....	120
표 5-5. 무선 LAN 방식 .....	123
표 6-1. 총 침투전력과 총 평균전력 .....	132
표 6-2. 전도측정에 대한 방출 대역폭 .....	133
표 6-3. 방사측정으로부터의 침투전력과 평균전력 .....	136
표 6-4. 방사측정으로부터의 방출 대역 .....	136

## 그 립 목 차

그림 1-1. 기존의 통신과 UWB의 대역폭 비교 .....	14
그림 1-2. UWB 신호의 파형 .....	16
그림 1-3. UWB 신호의 스펙트럼 .....	16
그림 1-4. 양방향 포켓용 UWB 트랜시버 .....	19
그림 1-5. Groundwave 통신을 위한 UWB 시스템과 전력스펙트럼 파형 .....	20
그림 1-6. 비대칭 양방향 링크의 명령과 제어 신호를 전송하기 위한 UWB 트랜시버 .....	21
그림 1-7. 비대칭 양방향 링크의 명령과 제어 신호를 전송하기 위한 UWB 트랜시버 .....	21
그림 1-8. UWB 태그와 태그 리더 시스템 .....	22
그림 1-9. UWB 무선 통신 시스템 .....	22
그림 1-10. UWB를 이용한 무선 네트워크 시스템 .....	23
그림 1-11. 정확한 위치를 측정하기 위한 UWB 트랜시버 ..	24
그림 1-12. UWB 기술을 이용한 고도계와 충돌방지 센서 ..	24
그림 1-13. 벽을 투시하는 UWB 센서 .....	25
그림 3-1. 펄스폭이 $d$ 인 가우시안 임펄스와 주파수 스펙트럼 .....	59
그림 3-2. 임펄스 간격 인 더블렛과 스펙트럼 .....	61
그림 3-3. 더블렛을 이용한 15-bit 시퀀스 .....	62
그림 3-4. Aether Wire & Location Inc. 의 UWB 시스템 구성도 .....	63

그림 3-5. 송신 안테나의 구동회로의 구성도 .....	64
그림 3-6 모노사이클 신호 파형 .....	71
그림 3-7. 두 개의 모노사이클 차에 의한 템플릿 .....	72
그림 3-8. 시간 도약 시스템의 수신기 블록도 .....	73
그림 3-9. 패킷 데이터의 구조 .....	74
그림 3-10. 공동 채널을 공유하기 위한 다중 접속 방식 .....	75
그림 3-11. ALOHA 전송 방식 .....	77
그림 3-12. 유/무선 통신망 프로토콜 구조 .....	79
그림 3-13. 데이터 유닛(Data Unit) .....	81
그림 3-14. CSMA/CD 방식의 프레임 구조 .....	82
그림 3-15. 토큰 링 방식의 프레임 구조 .....	83
그림 3-16. SDH(Synchronous Digital Hierarchy)	
프레임 구조 .....	84
그림 3-17 ATM 네트워크에서 각 계층의 역할과	
데이터의 흐름 .....	84
그림 3-18. ATM 네트워크에서 VP와 VC의 역할 .....	86
그림 3-19. THMA가 적용된 무선 통신망 프로토콜 계층 ..	88
그림 3-20. 이동 단말기 사이의 WVC와	
ATM VC/VP의 연결 .....	90
그림 3-21. 무선LAN IEEE 802.11에서 검토된 프로토콜 ..	91
그림 5-1. 무선 LAN 주파수 대역과 무선 채널의 속도 .....	121
그림 5-2. 유무선 통합의 맥내 통신망 블록도 .....	122
그림 6-1. UWB 장치 A의 전도측정 .....	130
그림 6-2. UWB 장치 B 와 D의 전도측정 .....	130
그림 6-3. 장치 A의 전도된 시간 영역의 파형 .....	131

그림 6-4. 장치 A에 대한 파워 스펙트럼 .....	132
그림 6-5. UWB 장치 C의 방사측정 .....	134
그림 6-6. UWB 장치 D의 전도측정 .....	134
그림 6-7. UWB 장치 E의 방사측정 (1500MHz와 900MHz) .....	134
그림 6-8. UWB 장치 E의 방사측정(300MHz) .....	134
그림 6-9. C 장치로부터 방사된 시간영역 파형 .....	135
그림 6-10. C 장치로부터 방사된 침투 전계강도 .....	135
그림 6-11. PRR이 일정한 UWB 송신기의 선 스펙트럼 ...	140

## 제 1 장. UWB 개요

### 제 1 절. UWB

최근 무선통신기술의 급속한 발전으로 인해 부족한 주파수 자원의 확보가 절실히 요구된다. 이에 주파수 자원의 확보가 필요 없이 기존의 무선통신 서비스와 공존하며 고속 광대역의 무선통신을 할 수 있는 UWB (Ultra Wide Band) 통신 기술은 최근 미국의 기업들을 중심으로 활발한 연구가 진행되고 있다.

UWB는 혁신적인 차세대 무선 전송 기술로 IEEE 802.11a에서 제공하는 54Mbps의 전송속도를 훨씬 능가하는 100Mbps급의 높은 데이터 전송속도를 제공할 수 있으며, 소모전력면에서도 블루투스의 소모전력보다 적다는 장점을 지니고 있다. 이는 셀룰러 폰이나 무선 LAN의 전력소모와 비교했을 때 약 10%에서 1%정도의 수준이다.

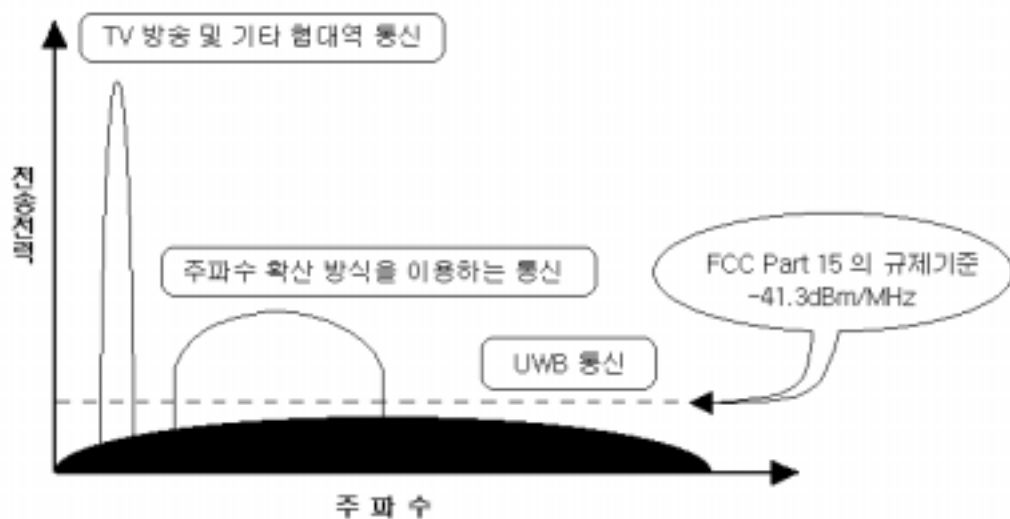


그림 1-1. 기존의 통신과 UWB의 대역폭 비교

UWB 기술은 극히 짧은 펄스의 에너지와 통신을 위해 복잡한 펄스열을 사용하는 통신의 새로운 분야이다. UWB 기술은 그 이름에서도 알 수 있듯이 수 GHz대의 넓은 주파수 대역을 사용하여 고속으로 데이터를 전송한다. 최고 데이터 속도는 100Mbps를 상회한다. 이처럼 셀룰러 폰이나 무선 LAN에 비해서 고속 전송이 가능한 것은 그림 1에서 볼 수 있듯이 기존의 통신 방식에 비해 UWB는 100배에서 최대 1000배 가량 넓은 주파수 대역을 사용한다.

UWB 신호의 특성 구분은 센터주파수에 대한 대역폭의 비율이다. 예를 들면, 일반적인 협대역 신호는 센터주파수와 대역폭의 비율이 0.01 이거나 더 작고, 광대역 신호라 해도 (예를 들면 spread spectrum signal) 비율은 0.01~0.25이다. 그러나 UWB 신호는 센터주파수에 대한 대역폭의 비율이 0.25이상이다. 즉, UWB 신호는 일반적으로 센터 주파수의 1% 보다 적게 사용하는 협대역 통신에 비해서 센터 주파수의 25%보다 훨씬 넓은 대역폭을 가지고 있는 특징이 있다. 이는 미국 FCC에서의 정의이며, 러시아의 경우는 센터주파수의 100% 대역폭으로 정의 되어있다. 최근 FCC에서는 UWB의 신호를 다음과 같이 정의하였다.

$$\text{Fractional Bandwidth} \geq 0.20$$

$$\text{Fractional Bandwidth} = 2 \frac{f_U - f_L}{f_U + f_L}$$

Where:  $f_U$  = upper 10dB down point

$f_L$  = lower 10dB down point

UWB에서 넓은 대역폭이라는 용어에는 두 가지의 의미를 가지고 있다. 첫째로 안테나로부터 방사되는 전력 스펙트럼이 넓게 분포되므로 평균 전력이 낮다는 것이다. 이는 UWB 시스템이 기존의 무선 서비스 시스템과 함께 주파수를 공유할 수 있는 가능성을 의미한다. 두 번째로 UWB 시스템이 기존의 협대역 시스템보다 전송할 수 있는 정보량보다 훨씬 크다는 것을 의미한다.

그림 1-2는 UWB 신호를 시간 영역에서 관측한 파형이며 이에 대한 주파수 영역에서의 스펙트럼은 그림 1-3에서와 같이 나타난다.

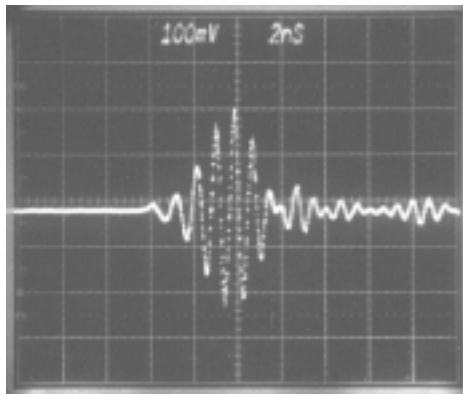


그림 1-2. UWB 신호의 파형

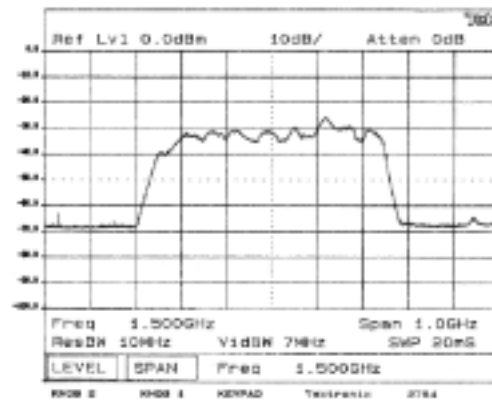


그림 1-3. UWB 신호의 스펙트럼



## 제 2 절. 연구 동향

UWB 기술은 1960년대말 캐톨릭 대학의 Harmuth와 Speery Rand Cor.의 Ross와 Robbins 그리고 USAF 로마 항공 개발 센터의 Paul Van Etten에 의해서 연구되었다. 이러한 UWB 기술은 Tektronix사의 Short-term Integrator와 HP사의 Sampling Oscilloscope의 개발로 진보를 이루었다.

1964에서 1984년 Harmuth는 UWB 송수신기를 디자인하는 책과 논문을 발간하였고 이와 비슷한 시기인 1972-1987년에는 Ross와 Robbins이 통신과 레이더 그리고 부호화를 포함한 여러 분야에 걸쳐 UWB 기술을 적용하는 연구가 진행되었다. 1977년 Van Etten의 UWB 레이더 시스템 실험이 UWB 시스템 디자인과 UWB 안테나에 대한 개념을 발전시켰다.

또 다른 응용분야로 1974년 Morey는 지구 물리학(Geophysical) 조사 시스템에 UWB 시스템 개발 프로그램을 진행하였으며 이 시기 중국과 러시아는 이미 UWB 기술에 실질적인 발전을 이미 이루었다.

한편, 1990년 이후 주로 군사용 목적으로 사용되었던 UWB 기술은 상업용으로 전환을 꾀하면서 현재는 전반적인 통신 분야와 일상의 전자 기기에 이르기까지 그 기술이 적용되고 있다. 미국의 유력지 USA Today나 뉴욕타임즈 등이 에디슨의 전구 발명과 트랜지스터 발명이래 세번째 놀라운 기술 개발이라고 극찬을 아끼지 않은 것은 이 기술의 가공할 전송속도 때문이다. 이 전송기술은 기존 무선 전송 시스템이 라디오파(Radio Wave)를 기반으로 음성, TV, 데이터 송수신을 하는데 반해 짧은 펄스 신호를 이용해 무선 신호를 보낸다.

이 기술을 이용하면 또 넓은 대역 폭(2GHz)에 비해 낮은 전력을 요구하므로 다른 주파수에 간섭을 주지 않으며, 보안 유지에 유리한 이점

이 있다. 또 제한된 지역 내에서 GPS(위치추적시스템) 단말기 없이도 위치 추적 오차 허용 한계를 센티미터 단위로 낮출 수 있는 장점도 있다.

UWB는 20년간 연구해온 기술로, 현재는 레이더, 위치 추적 등에 한정적으로 활용되고 있는데, 최근에 들어 이를 비즈니스 통신에 활용하려고 하고있다. 이는 기존의 통신기술과는 상이한 것으로 저전력, 광대역, 상대적으로 심플한 로컬 레디오 및 개인영역 인터페이스 카드와 포인트 접속이 가능하다. 지금은 근거리이지만 곧 수마일 까지 통신이 가능할 것이다.

802.11b나 Bluetooth 레디오는 궁극적으로 이 UWB에 의해 대체될 것이다. UWB는 초당 11메가바이트의 802.11b보다 무려 1,000배의 용량(a throughput capacity)을 송수신할 수 있다. 오늘날의 무선 LAN 시스템보다 속도가 빠르고 비용이 저렴하며 많은 사용자들을 지원할 수 있다.

현재 UWB 기술에 대한 주요 응용분야로는 근거리 초고속 무선 시스템 및 레이더를 들 수 있으며, 특히 근거리 초고속 무선 인터페이스에 관심이 집중되고 있다. 예를 든다면, PC와 주변장치의 사이의 연결 및 정보 단말기간 고속 영상 데이터 전송 등의 분야에 활용할 수 있을 것으로 보인다. 또한 여러 업체들이 공급하고 있는 다양한 장치들에 탑재 시킴으로서 장치들 간에 데이터 통신 기능을 제공할 수 있을 것이다. 이러한 전략적인 목표로 미국의 많은 벤처기업들을 중심으로 UWB 관련 칩셋 및 시스템 개발에 총력을 기울이고 있으며, 이들 업체 대부분이 UWB의 주요 특징인 고속 데이터 전송 및 저전력 소모라는 장점을 바탕으로 각 가정에 무선 비디오 전송기기를 공급할 계획이다. 평가보드 샘플이 2002년 말까지 장비 제조업체에 제공된다면 UWB를 탑재한 제품을 2003년 말에는 출하할 것으로 전망하고 있다.

### 제 3 절. 응용 분야

UWB 시스템은 뛰어난 보안성을 제공하므로 군 통신용으로 사용되는 LPI/D(Low Probability Intercept and Detection) 통신 시스템에 응용이 가능하며, 또한 근거리에서 매우 고속으로 데이터를 전송할 수 있다. 다중경로 환경에 많은 사용자들을 링크하기 위한 효과적인 방법으로써 Mobile Network을 구성하는 기술에도 응용할 수 있다.

UWB 장치는 원거리에서 단지 수십 센티미터 떨어진 물체를 구별할 수 있을 정도로 높은 해상도를 제공하며 정밀한 거리와 위치 측정이 가능하다. 이를 이용하여 거리측정, 물체의 위치 추적, 충돌방지나 침입 감시 같은 어플리케이션이 개발되고 있다.

또한 교량, 도로의 구조적 튼튼함, 지하에 묻혀 있는 물체의 위치 파악에 사용되며, 무너진 벽터미와 눈사태로 인해서 매몰된 사람들의 위치를 파악함에 있어서 인명 구조에 도움을 줄 새로운 형태의 이미지 시스템의 개발을 위해서 UWB 기술의 응용이 진행되고 있다.

그림 1-4는 음성과 데이터를 128kb/s와 115.2kb/s(RS232)로 전송할 수 있는 포켓용 UWB 트랜시버를 설명하는 것이다. 주파수는 400MHz의 대역폭을 가지며 중심 주파수는 L-밴드(1.5GHz)를 사용한다(27% fractional BW). UWB 트랜시버로부터의 출력은 약 2.0W 정도의 침투



그림 1-4. 양방향 포켓용 UWB 트랜시버

전력이며 이는 640  $\mu$ W의 평균전력을 갖게 한다. 이는 1.6pW/Hz의 전력

이다.(worst case 사용) 이 장치들은 그림 1-4에서와 같은 안테나로 가시거리에서 거의 1~2Km의 범위를 갖으며, 작은 이득의 안테나를 사용하면 10~20 mile의 범위로 확장할 수 있다.

그림 1-5는 지표면이나 지하로 복사하는 비가시 거리 통신에 사용할 수 있도록 설계된 UWB 시스템이다. 이와 같은 전파모드를 발생시키기 위해 동작 주파수는 100MHz 이하로 사용하는 것이 좋다. 그러므로 이 시스템은 30~50MHz의 주파수 대역(50% fractional BW)을 가지고 거의 침투전력 35W의 출력을 사용하도록 설계되었다.

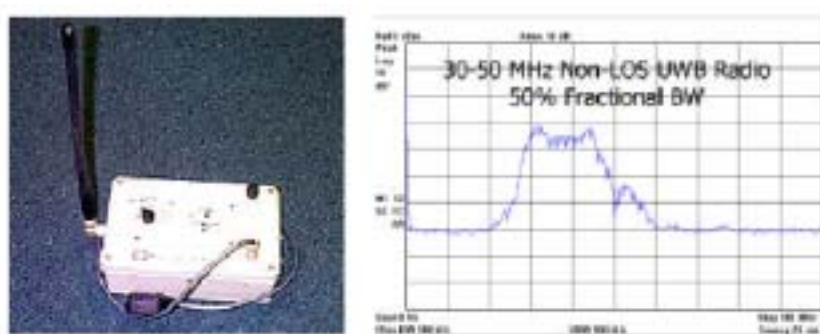


그림 1-5. Groundwave 통신을 위한 UWB 시스템과 전력스펙트럼 파형

그림 1-6은 압축된 영상이나 비대칭 양방향 링크의 명령과 제어 신호를 전송하기 위해 설계된 고속(25Mb/s) UWB 시스템이다. 이 시스템은 1.3~1.7 GHz의 주파수 범위에서(27% fractional BW) 침투전력 4W의 출력으로 사용되도록 설계되었다.

이 시스템의 궁극적인 목표는 UVA(unmanned aerial vehicle)로부터 60 해리 이상 가시거리 전송을 제공하는 것이며, 이와 같은 다양한 시스템의 예는 그림 1-7에 나타내었다.



그림 1-6. 비대칭 양방향 링크의 명령과 제어 신호를  
전송하기 위한 UWB 트랜시버

이 그림에서는 무인 자동차(로봇)으로부터 UAV(무인 헬리콥터)를 통해 지상국에 압축된 영상을 전송하기 위해 2Mb/s의 비대칭 UWB 링크를 사용한다. 압축된 영상을 로봇으로부터 UAV를 통해 지상국에 중개되는 동안(1~2Mb/s), 명령이나 제어신호(115.2kb/s)는 UAV를 통해 로봇에 중개된다. 이때 UAV나 로봇의 거리는 수 Km이다.



그림 1-7. 비대칭 양방향 링크의 명령과 제어 신호를  
전송하기 위한 다양한 UWB 트랜시버

UWB 통신 시스템의 또 다른 응용은 표지방류 장치로 그림 1-8에 나타내었다. 이 시스템은 교통사고를 자주 일으키거나 음주 운전을 위반한 운전자들의 관리 문제를 위해 미국의 수송국에 의해 제작되었다.

이 장치의 개념은 자동차에 태그를 장착함으로써 운전자의 사진과 자동차에 관련된 정보를 도로 갓길에 있는 센서에 의해 경찰차에 중개하는 것이다.



그림 1-8. UWB 태그와 태그 리더 시스템

UWB 기술은 다중경로가 쉽게 발생하는 환경에서 많은 양의 데이터를 고속의 이동체에 전송할 수 있는 능력 때문에 이러한 응용에 사용되었다. UWB 태그는 L-밴드 영역(1.4GHz~1.6GHz)에서 침투전력 250 mW의 출력으로 약 300m 밖에서 시험 동작을 실시하였다. 운전자의 사진은 JPEG 파일로 압축되어 저장하였으며 데이터는 ASCII 데이터로 EEPROM에 저장하였다. 태그는 두 개의 AAA 건전지를 사용하였다.



그림 1-9. UWB 무선 통신 시스템

그림 1-9는 해군 항공기에 탑재할 수 있는 무선 통신기를 제공하기 위해 미 해군에 의해 개발된 UWB 송신기를 나타내고 있다.

현재 무선 통신 시스템들은 비행기에서 오랫동안 사용할 수 있도록 설계되었으나 종종 무게 때문에 불편하고 승무원의 헤드셋을 시스템에 연결하여 사용해야 하며 이는 안전을 위협하는 요소가 된다. 또한 움직임 방해하고, 임무의 효과적인 수행을 감소시킨다. 이는 무선 RF 시스템이 가진 한계로서 대처가 요구된다.

WICS 송신기의 동작 주파수는 L-밴드영역(1.2~1.8 GHz)을 사용하였다. WICS의 발전된 장치의 하나는 양방향 또는 멀티유저가 FDM, TDMA 방식을 사용하는 것이다.

가장 최근 UWB 통신 기술의 응용 중에 하나는 고속의 이동, 다중 접속, 특별한 무선 통신망의 개발을 위한 것이다. 그림 1-10은 최근 개발 중인 시스템으로서 보안, 도청 방지를 위해 설계되었다. UWB ad hoc 무선망은 음성/데이터(128kb/s)를 지원하며 빠른 속도(1.544 Mb/s T1)로 영상을 전송할 수 있다.



그림 1-10. UWB를 이용한 무선 네트워크 시스템

해군 연구소 DUS&T는 인터넷 프로토콜에 바탕을 둔 신기술의 이동 ad hoc 네트워크를 개발하였다. 이러한 기술은 집과 사무실에 고속(약 20Mb/s)의 무선 어플리케이션을 가능하게 하여 앞으로 상품화될 예정이다.

통신과 레이더 사이의 갭을 연결하는 UWB 기술의 어플리케이션은 정밀한 위치 측정이다. 예를 들어 그림 1-11은 3차원 위치 정보를 제공하기 위해 고안된 것을 나타낸다.

그림 1-12의 시스템은 2.5ns, 첨두전력 4W의 UWB 펄스, 1.3~1.7 GHz 대역에서 사용하며, 가시거리에서 도달 거리는 2Km 이상이다. 또한 안테나는 작은 전방향 수직 편파나 큰 원편파 안테나를 사용한다.



그림 1-11. 정확한 위치를 측정하기 위한 UWB 트랜시버

건물 내부에서는 벽이나 장애물에 의해 거리가 제한 받게 되지만 100m 이상은 도달한다. UWB 위치 탐색 시스템은 도시 환경에서 군인들의 위치를 1피트 이내의 해상도로 감지하기 위해 개발되었으며 현재는 3차원 모델링을 위한 영상 캡처 시스템과 해군함정에 탑재된 군수품의 위치를 찾는데 사용하기 위해 개발중이다.

그림 1-12는 정밀한 높이를 측정하거나 충돌 방지 센서로서 개발된 UWB 시스템을 나타낸다. 이 센서는 250 피트의 거리에서 지름 6.35mm의 매달려있는 전선을 감지할 수 있다는 것이 증명되었다. 또한 이 센서는 침투전력 0.2W의 출력으로 C-밴드 대역(5.4GHz~5.9GHz)에서 동작하며 이때 10Kb/s에서 평균전력  $4\mu W$  이하로 동작한다.



그림 1-12. UWB 기술을 이용한 고도계와 충돌방지 센서

그림 1-13에서는 벽을 투시하기 위해 고안된 UWB 센서 레이더를 보여준다. 이 장치의 사용 주파수는 L-밴드이며 기준 주파수의 33% 대



역을 사용한다. 또한 이 시스템은 여러 개의 벽들을 통과하여 사람을 감지하기 위해 침투전력 1W의 UWB 파형을 사용한다.



그림 1-13. 벽을 투시하는 UWB 센서

## 제 4 절. 업체별 개발 동향

UWB 공급자들을 보면 Aether Wire and Location, Multi Spectral Solutions, Pulse-Link, Time Domain, 및 XtremeSpectrum 등이다. Intel 또한 UWB 랩을 운영하고 있다. 이들 The Ultra Wideband Working Group에는 150여 기업과 연구기관들이 공동으로 연구하고 있는데, Compaq, Daimler Chrysler, Intersil, Lockheed Martin, Motorola 및 U.S. Air Force 등이다.

### ▶ XtremeSpectrum

1998년 설립된 이 회사는 캠코더나 DVD 등과 같은 무선 비디오 기기에 사용할 수 있는 UWB 칩셋의 샘플을 2002년 하반기 중 관련 제조업체에 제공한다는 계획을 발표하였다. 이 샘플은 최대 데이터 전송속도 100Mbps와 200mw 수준의 소모전력을 갖는 칩셋과 안테나, 외부 부품 및 펌웨어 세트를 약 20달러에 제공할 예정이다.

### ▶ Time Domain

1987년 설립된 Time Domain사는 COMDEX fall 2000에서 UWB 기술을 활용한 무선 데이터 전송 시스템을 선보였으며, 2세대 칩셋 개발 작업 역시 마무리 단계에 있다고 발표하였다. Time Domain은 최대 데이터 전송속도 40Mbps의 성능을 지닌 PulsON 200을 2002년 말까지 출시할 계획이며, 최대 데이터 전송속도 100Mbps까지 구현이 가능한 PulsON 300은 2003년 상반기 중에 선보일 예정이다. PulsON 200의 소모전력은 4~5W 정도로 비교적 큰 전력을 소모하는데 PulsON 300의 경우 설계 초기 단계에서부터 적은 전력소모를 유지할 수 있도록 설계되었으며 약 15달러 수준에서 판매할 계획이다.

▶ Intel

인텔의 UWB 연구팀은 이미 100Mbps 수준의 전송속도를 갖는 프로토타입을 개발해 놓은 상태이며 전송거리는 2~3m 정도이다. 또한 인텔은 USB 2.0을 무선으로 연결하기 위해 UWB 시스템을 개발하고 있다.

▶ Aether Wire and Location

Aether Wire and Location사의 UWB 제품의 어플리케이션은 주로 탐색 및 무선 태그(RFID)에 초점을 두고 있다. 최대 데이터 전송속도는 수Kbps대이지만 최대 전송거리는 수백미터에서 수킬로미터까지 전송할 수 있으며 2002년 하반기에 샘플 출시 예정이다.

일본의 소니의 경우 자사의 가전 제품에 UWB 시스템을 탑재 시켜 고화질의 영상을 기기간에 전송하기 위해 준비중에 있다. 이 업체들 이외에도 국내의 삼성을 비롯해서 많은 기업들이 사업계획을 다각도로 진행하고 있어 향후 UWB 관련 제품의 시장이 빠른 속도로 성장할 것으로 보인다.

## 제 5 절. 정책 동향

### ▣ 미국의 정책 동향

최초 1998년 9월 FCC Part 15 규정에 맞추어 비허가 기반하에서 UWB 시스템 사용의 가능성에 대한 의견을 수렴할 것을 제안하였다.

[http://www.fcc.gov/Bureaus/Engineering Technology/Notices/1998/fcc98208txt](http://www.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/Notices/1998/fcc98208txt)

다음 2000년 5월 FCC는 NPRM(Notice of Proposed Rule Making)을 통해 UWB 시스템의 사용허가를 위한 계획을 발표하였다. 이는 Part 15의 규정에 따라 UWB 시스템을 허가할 수 있는 구체적인 규정 변화들에 대해 산업체로부터 의견을 수렴하기 위한 것이었다.

[http://hraunfoss2.fcc.gov/prod/edocs\\_public/attachmatch/FCC-00-163A1.pdf](http://hraunfoss2.fcc.gov/prod/edocs_public/attachmatch/FCC-00-163A1.pdf)

이러한 FCC의 정책과정에서 세 개의 보고서가 NTIA에 의해 작성되었다. 최초의 보고서는 UWB 신호의 특성에 관한 것이었으며,

<http://www.its.bldrdoc.gov/pub/ntia-rpt/01-383/>

두 번째 보고서는 선택된 연방정부 시스템과 UWB 시스템의 양립성에 관한 보고서로 아래 주소에서 찾아 볼 수 있다.

<http://www.ntia.doc.gov/osmhome/report/uwb/uwb.pdf>

세 번째 보고서는 UWB 신호와 GPS 신호 사이의 간섭현상에 대한

연구 보고서이다.

<http://www.its.bldrdoc.gov/pub/ntia-rpt/01-384/>

<http://www.its.bldrdoc.gov/pub/ntia-rpt/01-389/>

이 보고서들은 주로 UWB 신호의 특성에 대해 연구했으며, 주로 기존의 무선 통신 서비스와의 간섭 현상, 특히 GPS 수신기와의 간섭 문제와 UWB 시스템의 측정 방법 등에 대해 연구하였다.

최근 FCC의 4명의 위원들은 2002년 2월 UWB와 관련한 중대한 결정을 내렸다. 이들 위원들은 FCC의 Office of Engineering and Technology에서 지난 4년여 걸쳐 준비한 UWB 기술의 컨수머 제품에 대한 응용보고서를 제한적인 범위에서 승인한 것이다. 또한, 2002년 4월에는 보다 구체적으로 First Report & Order를 발표하였다.

이 외에도 2003년 중반까지 UWB 시스템의 표준화 완성을 목표로 2001년 11월 IEEE802.15WPAN에 전담반을 구성하는 등 정부차원에서 다각적인 추진을 진행하고 있다.

#### ■ 유럽의 동향

유럽에서도 UWB 시스템의 사용 가능성에 대한 연구가 본격적으로 착수되었다. 유럽에서 UWB에 대한 이슈는 2001년 3월 개최된 워크숍을 통해서 CEPT에 의해 발생되었다. 이 워크숍의 내용은 ERO 웹사이트에 요약되어 있다.

<http://www.ero.dk/EROWEP/SRD/UWB/Agenda-presentation.htm>

이후 세부적인 작업은 Spectrum Engineering Working Group의

SE24 프로젝트 팀에서 착수하였으며 다른 무선통신과의 양립성 문제에 대해 주로 연구하였다.

## 제 2 장. 최근 FCC의 정책 분석

이 장에서는 최근 미국 FCC에서 UWB에 관련해서 4년간에 걸쳐 연구한 내용을 바탕으로 2002년 4월에 발표된 First Report and Order의 내용을 중심으로 분석하였다. 이를 분석함으로써 UWB 시스템의 허가 기준을 알아보고 국내 도입시 필요한 기준을 마련하고자 한다.

### 제 1 절. 개요

FCC의 보고서(First Report and Order)에서 UWB(ultra-wideband)라는 새로운 형태의 기술이 상용화되는 것을 허용함과 동시에 Part 15 규정을 수정하여 UWB 소자의 동작을 규정하였다. UWB 소자는 매우 좁은 펄스폭, 즉 매우 넓은 대역폭을 갖는 펄스 신호를 이용하는 기술로서 공공 안정이나 상업용으로 상당한 응용 분야를 창출할 것으로 기대되는 기술이다. 하지만 매우 넓은 대역폭을 사용하므로 적절한 규정을 제정함으로써 기존의 무선 서비스에 간섭을 일으키지 않도록 하는 것이 시급히 요구되고 있다. 그러므로 FCC의 보고서에서는 이를 위한 세부 규정들을 주로 포함하고 있으며 특히 NTIA (National Telecommunications and Information Administration)에서 권고하는 내용을 많이 포함시켰다. 현재 제시하는 규정이 지나치게 엄격한 면이 있으나 시간을 두고 보다 유연한 규정이 되도록 수정할 계획이다.

## 제 2 절. 배경

Part 15 규정은 허가 절차를 받지 않고서도 사용할 수 있는 저전력 RF 소자의 출력규정을 담고 있다. Part 15에서 규정한 무선 송신기는 출력이 주파수에 따라 정해진 허용 방사전력(emission limit) 이하로 동작해야 하며 TV방송을 위해 할당된 대역과 같이 금지 대역에서는 spurious emission 전력만 나타나야 한다.

현행 Part 15 규정을 UWB 소자에 적용시키는데도 두 가지 문제점이 있다. 첫째는 UWB 시스템이 사용하는 펄스신호는 대역폭이 상당히 커서 Part 15에서 규정한 금지 대역으로 방사전력이 나타나게 된다. 두 번째로 현행 방사전력 측정 방식은 협대역 시스템 측정을 위해서 개발되었으므로 UWB 기술에 대한 불필요한 제한이 가해질 소지가 있다. 미 상무성의 NTIA는 안정이나 기타 중요한 용도로 사용되는 연방정부 시스템, 예를 들어 GPS(Global Positioning System), Search and Rescue satellite System, Air Traffic control System, 가상 레이더 시스템 등을 위해 할당된 사용이 제한된 주파수 구간에 대해 UWB 소자의 간섭을 최소화하면서도 상업용으로 주목을 받고 있는 UWB 기술의 활성화를 도모하기 위해 FCC와 공동으로 새로운 규정을 만들어 왔다.

2000년 5월 위원회는 Part 15 규정 하에서 UWB 시스템의 동작을 허용하는 세부 규정들을 담고 있는 Notice of Proposed Rule Making을 채택하고 여기에 대해 각계의 의견을 요청해서 80가지의 응답 및 159가지의 의견을 접수했다. 2001년 1월에는 NTIA에서 제시한 연구결과에 대한 의견을 요청하여 의견을 들었고 2001년 3월에 부가적인 연구에 대해 GPS에 대한 간섭 및 PCS에 대한 의견을 추가적으로 접수했다. 이러한 일련의 과정을 거쳐 FCC의 허가 정책 보고서가 작성되었다.



## 제 3 절. Discussion

### 1. UWB에 대한 허가과 규제

Notice에서 밝힌 것처럼 머지않아 UWB 기술에 의한 저전력 단거리 용의 응용제품이 대량 생산 될 것으로 예상되며 Part 15를 만족하도록 생산된다면 개개의 제품마다 허가를 주는 것은 번거로우며 경제적인 효과 면에서 좋지 못할 것으로 결론을 내렸다. 이러한 Notice에 대해서 각 기관에서의 응답은 찬성, 반대로 구분되었다. 찬성그룹은 Delphi, Lucent, Bosch, valeo Eletronics, Zircon등으로 UWB 소자가 47 C.F.R(Code of Federal Regulations) §15.209 방사 전력 규정을 만족한다면 허가 없이 사용할 수 있도록 하자고 주장했다.

반면에 무선서비스를 실시하고 있는 기업들은 주파수 대역을 달리 사용하도록 하거나 허가를 주는 형식으로 UWB 소자의 사용을 승인해 주어야 한다고 주장하였다. PCS 사업자들은 UWB가 6GHz 이상에서 사용할 것을 권고하였고 GPS 산업위원회(USGPSIC)는 피크 전력이 크다는 이유로 Part 15 규정만으로 허가해서는 안 된다고 주장하였다. 또한 제품화되는 UWB 소자의 개수에 대한 규제가 필요하다는 주장이 나왔다.

여러 견해들은 조합해 본 결과 FCC 위원회는 UWB 기술의 잠재력을 재확인했으며 UWB 기기의 상업용 사용에 대해 승인은 하되 기존의 무선 서비스에 간섭을 안 일으키는 엄격한 규정을 제정할 필요성을 인식하였다. 제정하고자 하는 규정의 주요내용은 기존의 Part 15 기준 보다 제한적인 허용 방사 전력 및 응용분야에 따라 사용 가능한 주파수 영역을 달리하는 것이다.

FCC는 이 두 가지의 제한이 잘 지켜질 때 기존의 무선 서비스와 UWB 기술이 상호 공존할 수 있다고 판단하였다. 또한 UWB 기술이

이동무선서비스 등에 응용할 수 있을 정도의 고출력을 사용할 수 없으므로 허가제도를 사용하지 않을 것이며 또한 UWB 제품의 개수에 대한 제한도 두지 않을 것이라 하였다. 다만 영상획득 용도의 경우는 고출력을 사용하므로 NTIA에서 요구한 대로 조정(coordination) 과정이 있을 것이다.

규정 적용의 편의를 위해서 UWB 기기를 3가지 타입 즉 GPR (ground penetrating radar)을 포함한 이미징 시스템, 차량용 레이더 시스템, 통신 및 측정 시스템으로 분류하고 각 타입의 허용주파수 및 C.F.,R §15.209에서 규정한 허용 전력을 정의하였다. 이들의 사용 주파수, 용도 및 사용주체는 다음과 같이 요약 설명할 수 있다.

#### ① 이미징 시스템

이미징 시스템의 운용은 NTIA로 부터의 조정과정을 필요로 한다. 의료영상시스템을 제외한 다른 이미징 시스템은 Part 90규정에 따라 허가를 받은 사람만이 운용할 수 있다. 사용주체는 소방서, 긴급구조대, 건축회사, 과학기관들이다. 여기에 속한 UWB 시스템은 다음과 같다.

##### ■ Ground Penetrating Radar Systems

지하에 매설된 물체의 영상정보를 획득하는데 사용되며 지표와 닿거나 지표와 아주 가까운 거리에서 동작한다. 사용주파수 대역은 -10dB기준으로 960MHz 이하 또는 3.1~10.6GHz 내에서 동작한다.

##### ■ Wall Imaging Systems

벽 내부의 물체를 탐지하는데 사용되며 GPR 시스템과 동작 주파수 대역이 동일하다.

#### ■ Through-wall Imaging Systems

벽과 같은 구조물의 반대편에 존재하는 물체를 탐지하는데 사용되며 사용 주파수 대역은 960MHz이하 및 1.99~10.6GHz이다.

#### ■ Surveillance Systems

어떤 영역을 정해놓고 그 영역으로의 침입을 탐지하는 시스템으로 사용주파수 대역은 1.99~10.6GHz이다.

#### ■ Medical Systems

인체 영상을 획득하는데 사용되며 동작 주파수는 3.1~10.6GHz이며 자격증을 가진 사람이 운용해야 한다.

### ② 충돌 방지 레이더 시스템

차량에 부착하여 충돌방지, 에어백 성능향상, 완충시스템 성능 향상 용도로 사용된다. 방향성 안테나를 사용하며 사용주파수 대역은 22~29GHz이상이어야 한다. 동작 구간이 23.6~24GHz인 위성용 적외선 센서의 동작에 영향을 주지 않도록 24GHz 이하 주파수에서는 수평선 위쪽 방향으로 전력은 충분히 감쇄되어야 한다.

### ③ 통신과 측정 시스템

홈 네트워크나 사무실용 고속 전송 네트워크를 구성하는데 사용되며 또는 측정장비 등에 사용된다. 사용대역은 3.1~10.6GHz이며 실내(indoor)에 사용되거나 포터블(hand-held)로 사용될 경우는 P2P(peer-to-peer) 용으로 사용된다.

## 2. UWB 정의

FCC는 fractional 대역폭이 0.25 이상 또는 대역폭이 1.5GHz이상이 되는 모든 기기를 UWB 소자로 정의했다. 여기서 fractional 대역폭은  $2(f_h - f_c)/(f_h + f_c)$ 로 정의되는 값으로  $f_c$  및  $f_h$ 은 방사전력이 10dB 떨어지는 상위 및 하위 주파수를 나타낸다. 이 정의에 대해서 FCC는 정의에 대한 여러 의견을 청취하였다.

의견을 준 기관들은 fractional 대역폭이나 최소 대역폭을 이용해서 UWB 시스템을 정의한 방식에서는 대부분 동의하였으나 정의에 사용된 구체적인 값에 대해서는 다양한 의견을 제시하였다. 대역폭을 정할 때 -10dB점을 기준으로 잡는데 대해서 -20dB까지 허용하자는 의견들이 있었고 최소 대역폭도 200MHz까지 낮춰 달라는 의견도 있었다. 또한 펄스 또는 임펄스 형태의 변조 외에도 stepped frequency나 swept frequency 시스템처럼 여러 가지 다른 변조 방법도 허용해야 한다는 의견도 있었다. 이와 같은 의견에 대해 다음과 같은 결정을 하였다.

-10dB를 이용해서 대역폭 및 중심주파수를 정하기로 한 것은 고수하며 이에 따라 fractional 대역폭을 0.2로 낮추고 또한 최소 대역폭도 500MHz로 크게 낮추어 여러 기관들의 의견을 대폭 수용하였다. 최소대역폭을 200MHz까지 낮추어 달라는 의견이 있으나 이 경우 금지구역이 더 폭넓게 개방될 수 있으므로 최소 대역폭을 500MHz이하로 낮추지는 않았다. 또한 고속데이터 전송시스템의 경우는 펄스폭에 의한 대역폭 정의로는 UWB 기준을 만족하지 못하나 고속데이터 전송률 때문에 UWB 규정 하에서 허용될 수 있다. 다만 이 경우 linear FM, FMCW나 stepped frequency 변조 방법들은 fractional 대역폭이나 최소 대역폭 조건을 만족하기 어려울 것 같다.

### 3. UWB 기기들의 사용주파수 대역 및 동작요구조건

Notice에서 위원회는 UWB 기기에게 대해서 주파수를 할당하는데 다음과 같은 3가지 사항을 고려하였다. 첫째는 현재 금지대역에서 운용중인 국가적인 기간서비스에 대한 간섭문제, 둘째는 UWB 기술의 다양한 응용분야 창출문제 셋째는 주파수별로 다른 전파 전송특성 등이었다. 64개의 금지구역 가운데 41개가 2GHz이하에 위치하므로 일단은 2GHz 이하에서의 UWB 기기의 사용을 크게 제한하고자 하였다. 특히 GPS에 할당된 1559~1610MHz 및 960~1210MHz은 항공운항 통제, 긴급위치 확인, 안전 등 절대적으로 중요한 정보 전송에 이용되므로 이에 대한 고려를 하였다. 하지만 UWB 기기 중 GPR의 경우는 방사방향이 지면을 향하고 있어 주파수 대역 사용에 엄격할 필요가 덜한 편이며 wall imaging이나 through-wall imaging 시스템도 감쇄가 많이 일어나며 여러 대가 동시에 동작할 가능성이 적으므로 주파수 사용 조건을 완화시키하고자 하였다. 또 하나 위원회에서 주목한 것은 사용주파수가 2GHz를 초과하며 전파가 빨리 감쇄한다는 점 및 기존의 2GHz 이상의 무선 서비스 시스템들이 지향성 안테나를 사용하므로 원하지 않는 신호는 잘 구분해 낸다는 점 때문에 2GHz 이상에서의 UWB 기기의 간섭은 크게 문제가 안될 것으로 예상했다.

#### 가. 이미징 시스템

대부분의 의견을 준 기관들은 GPR이 모든 주파수를 사용하는데 별로 문제를 삼지 않았으며 다만 작동자가 사용하지 않으면서 무심코 커 놓고 있는 일을 방지하기 위해서 스위치를 사용할 것을 권고했다. 하지만 GPR을 제외한 다른 이미징 시스템에 대해서는 서로 다른 견해를 밝혔다. GPR 기기에 대해 사전 사용 허가를 받는 의무사항을 면제해 줄 것 요구했으나 이를 보류했다. 그 밖에 이미징 시스템은 간섭의 우

려가 있으나 응용분야 따라 다른 주파수 대역의 사용이 요구되므로 GPR을 포함해서 전체 이미징 시스템을 저주파, 중주파, 고주파 대역시스템으로 분류하고 각 시스템에서 허용 방사전력 양을 지정하였다. 960MHz 이하에서 동작하는 저주파 시스템에는 낮은 PRF를 갖는 GPR 시스템이 여기에 해당되며 -10dB 대역폭인 1990~10600MHz인 중주파 시스템에는 through-wall 시스템, 감시(surveillance) 시스템이 여기에 속하고 보통의 GPR, wall imaging, medical imaging 시스템이 -10dB대역폭이 3.1~10.6GHz인 고주파 시스템에 속한다. 각 시스템의 동작대역 및 out-of-band에서의 한계 방사전력은 다음 표 2-1.과 같다.

표 2-1. UWB 기기의 응용분야별 방사전력 한도

Frequency Band(MHz)	Imaging below 906 MHz	Imaging Mid-Frequency	Imaging High Frequency	Indoor applications	Hand held, including outdoor	Vehicular rader
0.009~960	\$15.209	\$15.209	\$15.209	\$15.209	\$15.209	\$15.209
960~1610	-65.3	-53.3	-65.3	-75.3	-75.3	-75.3
1610~1990	-53.3	-51.3	-53.3	-53.3	-63.3	-61.3
1990~3100	-51.3	-41.3	-51.3	-51.3	-61.3	-61.3
3100~10600	-51.3	-41.3	-41.3	-41.3	-41.3	-61.3
10600~22000	-51.3	-51.3	-51.3	-51.3	-61.3	-61.3
22000~29000	-51.3	-51.3	-51.3	-51.3	-61.3	-41.3
Above 29000	-51.3	-51.3	-51.3	-51.3	-61.3	-51.3

이미징 시스템들은 앞에서 제시한 방사 한계전력의 설정 및 NTIA로부터의 조정과정, 가동 시스템 수량의 제한성 등으로 인해 GPS나 PCS 등의 기존 서비스에 거의 영향을 안줄 것으로 확신한다.

## 나. 그 밖의 UWB 기기

기존의 무선 서비스를 해오고 있는 업체들은 UWB 장치의 사용가능 최소주파수를 상당히 높여줄 것을 요구했다. PCS 서비스를 하는 모토롤라와 Sprint, MMDS 서비스를 하는 Cisco, PCS 및 fixed wireless 액세스 시스템 서비스를 하는 Nortel 등 여러 업체가 여기에 속한다. 이들은 크게는 6GHz 이상에서만 GPR을 제외한 USB 기기 사용을 허가해 줄 것을 요청했다. 여기에 대해 NTIA에서 발표한 연구 결과에 의하면 3.1GHz 이상에서는 적당한 제약만 가하면 UWB 기기의 간섭이 크게 문제가 안될 것이라 발표했다. NTIA 보고서에 대해서 여러 의견이 접수되었으며 USGPSIC에서는 특히 UWB 기기에 필터 등을 사용해서 GPS 대역에 대한 간섭을 막아줄 것을 요청했다.

UWB 기기 제품화를 지지하는 그룹은 일반인을 대상으로 한 UWB 제품에 더욱 관심이 있으므로 초기 단계에서는 상당히 요구 조건을 까다롭게 해서 UWB 제품을 개발하도록 하고자 하는 것이 FCC의 입장이다. 이에 대해 UWB 응용분야를 차량 레이더 시스템, 실내(indoor)응용 및 포터블 시스템으로 분류해서 각각에 대한 방사 전력 세기에 대한 조건을 규정하였다.

### ■ 차량 레이더 시스템

중심주파수는 20.075GHz 이상이어야 하며 -10dB 대역폭은 22~29GHz가 요구된다. 이 주파수 대역은 전파가 직진하고 주변 물체나 거리에 따라 감쇄률이 큰 주파수구간이다. 또한 중심주파수가 상당히 높으므로 10.6GHz 이하에서는 미약한 방사전력만 방출되어야 하며 구체적으로 out-of-band 에서 요구되는 방사전력 세기가 표.1에 나타나 있다. 수평면 위로의 간섭을 좀더 차단하기 위해서 방향성 안테나 등을 사용

해서 수평면 위 38° 이상에서는 Part 15 레벨 보다 25dB 이상 감쇄되도록 규정하였다. 차량 레이더 시스템은 향후에 승객의 안전을 위해서 대부분의 차에 장착될 예정이므로 방사전력에 대한 추가적인 규정을 제정할 예정이다.

#### ■ 실내용 UWB 시스템

여기 속한 UWB 시스템은 실내를 벗어나면 동작을 중지하는 것이 요구된다. 사용 주파수 구간은 3.1~10.6GHz 이며 주파수별 허용 방사 전력은 표 2-1.과 같다. 또 다른 요구 조건으로는 수신기가 동작할 때만 송신기가 전송을 하도록 하여 불필요한 전파 방사를 막는 것이 요구된다.

#### ■ 포터블 UWB 시스템

위치에 제약없이 P2P(peer-to-peer)형태로 동작할 목적으로 사용되는 이 시스템은 유용성으로 UWB 기기를 보편화시킬 것으로 예상되며 지나치게 사용이 확대될 것에 대비해서 가장 엄격한 방사전력 제한을 규정하고 있다.

동작 대역이 3.1~10.6GHz 이며 허용되는 주파수별 방사전력은 표.1에 나타나 있다. 또한 10초마다 수신기로부터 계속 승인을 받아 수신기와 통신이 가능할 때만 계속 통신이 가능하도록 하였다. out-of-band 에서 최대 허용 방사전력은 실내용 UWB 기기에 비해 10dB 적도록 요구했으며 이와 같은 조건을 만족하기 위해서는 통상 10~15m 내에서 통신이 이루어져야 한다.



#### 4. 간섭연구에 대한 분석

본 절에서는 UWB 기기의 사용에 의한 기존 무선 서비스 간섭 효과에 대해서 여러 기관에서 분석한 자료를 제시하고 본 위원회에서의 결론 사항을 실었다.

##### 가. GPS 에 대한 간섭분석

NTIA, DOT 및 TDC 등은 GPS 시스템에 거의 간섭을 주지않는 UWB 방사 전력의 최대 허용전력을 결정하기 위해 측정 및 분석을 수행하였다. 마찬가지로 Qualcomm은 긴급 위치 정보를 제공하는 E-911 GPS 수신기에 대해서 측정 및 분석을 수행하였다. 측정 및 분석내용은 다음과 같다.

##### ■ 측정

고려된 GPS 수신기는 coarse/acquisition (C/A) code 타입과 semi-codeless 타입을 사용하였다. GPS 수신기에 대한 간섭을 평가하는 기준으로 BL(break-lock) 및 RQT(reacquisition time)을 사용하였다. BL은 GPS 수신기와 위성간의 교신이 끊기는 상태이며 RQT는 순간적으로 연결이 끊어졌다가 다시 신호를 획득하는데 걸리는 시간이다.

다양한 형태의 임펄스 신호에 대해 측정하기 위해서 32가지 형태의 UWB 신호 구조를 사용했으며 각각은 다음과 같은 여러 파라미터에 의해 구분된다. 구분 기준은 PRF (0.1, 1, 5, 20MHz가 사용), 변조타입 (constant PRF, on-off keying, 2% dither, 50% dither), 신호 gating (100%, 20%)으로 각각의 조합에 의해 총 32가지의 신호 형태를 이용했다.

위성으로 부터 수신된 GPS 수신 전력은 실제 데이터를 분석해서 -130dBm으로 시뮬레이션 하였고 무반사실에서 UWB로 부터의 간섭신호를 측정하였다. 실제 외부 환경에서의 UWB 간섭신호는 주변환경에

의한 감쇄로 인해 훨씬 신호세기가 작을 것이지만 보다 보수적인 접근이 필요하므로 무반사실 환경에서 얻어진 데이터를 이용하였다.

NTIA는 UWB 잡음 효과를 펄스타입, CW타입, 노이즈 타입등 3가지로 분류해서 각 경우에 대한 간섭의 영향을 조사했다. ITU-R 및 RTCA에서도 GPS 수신기에 대한 잡음의 종류를 거의 유사하게 분류했으며 여기서 제안한 수치는 NTIA에서 결론 낸 수치와 거의 유사하다.

NTIA는 펄스타입의 잡음의 경우 즉 PRF가 100kHz 정도로 작은 경우 수신단에서 피크펄스 전력이 20dBm 이하이면 잡음의 영향은 펄스진폭에 무관한 것으로 나타났다. 즉, GPS는 펄스타입의 UWB 잡음에는 비교적 영향을 안 받는다. 그러므로 100kHz 이내의 PRF를 갖는 UWB 기기는 Part 15 기준에 따라 동작해도 간섭의 영향을 고려할 필요가 없다.

사실상 잡음 효과의 3가지 분류는 PRF 외에도 수신기의 대역폭에 의해 정해진다. 10MHz 대역폭을 갖는 GPS 수신기에서 PRF가 1MHz인 펄스타입의 잡음이 해석되지만 대역폭이 2MHz인 수신기에는 잡음타입이나 CW 타입의 간섭형태를 갖는다. gate가 100%인 경우는 주로 잡음타입의 효과를 갖게된다.

이 경우에 대해서 측정한 결과 -96dBm/20MHz에서 간섭 한계치를 초과했다. CW 잡음의 경우는 -99.5dBm/20MHz에서 벌써 간섭 한계치를 초과했다. 여러 보정을 한 결과 CW타입 UWB 신호는 노이즈 타입 UWB 신호에 비해서 간섭이 발생하는 전력 레벨이 8dB 적게 나타나 보다 엄격한 규정이 요구되었다.

## ■ 분석

측정 결과 최종적으로 찾고자 하는 것은 UWB 기기의 최대 허용 EIRP로 이를 결정하기 위해서 수신기의 간섭 한계치, 송신출력, 송신안

테나 이득, 전파 경로손실, 및 수신안테나 이득 등이 고려되어야 한다. 이를 위해 GPS와 USB 기기가 상호 작용하는 시나리오가 필요하며 여기서는 NTIA에서 제시한 다음과 같은 시나리오를 기준으로 그 과정을 설명한다.

여러 UWB 기기들이 건물안에 여러개 존재하며 GPS 수신기는 실외에서 동작한다. 다음표는 잡음타입의 UWB 신호를 고려하면서 최악의 조건에서 허용가능한 UWB기기의 최대 허용 EIRP를 유도하는데 사용한 파라메타 값들을 나타내고 있다.

표 2-2. GPS에 대한 실내용 UWB 기기의 간섭 분석을 위한 요소

Parameter	Value	Value
GPS Receiver Interference Susceptibility(dBm/MHz) (Performance Metric)	-102.5 (BL)	-108 (RQT)
Propagation Loss(dB) (Minimum Distance Separation(m))	55 (8.6)	55 (8.6)
GPS Receive Antenna Gain(dBi)	-3	-3
UWB Device Interference Allotment(dB) (Percentage UWB)	-3 (50)	-3 (50)
Allotment for Multiple UWB Device(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
47 C.F.R.§15.209 Emission Limit(dBm/MHz)	-41.3	-41.3
Additional Attenuation Required(dB)	18.2	17.7

결론적으로 말하면 잡음타입의 UWB 신호는 최대허용 EIRP가  $-59.5\text{dBm/MHz}$  가 되어 47 C.F.R §15.209에서 규정한 한도 보다 추가로 18dB 이상 감쇄되어야 한다. 각각의 파라메타 값이 정해진 근거는 다음과 같다.

GPS Susceptibility 값은 GPS 수신기의 BL 및 RQT를 기준으로 NTIA에서 측정에 의해 정해진 값이다. 경로 손실은 GPS 수신기와 UWB 기기가 8.6m 떨어진 것으로 가정하고 자유공간 전파 감쇄 법칙을 적용하였다. UWB 기기는 omnidirectional 안테나를 사용하는 것으로 가정하여 GPS 수신 안테나와의 off-axis alignment 효과는 무시하였다.

UWB 기기가 다수 있는 경우는 이로 인해 간섭의 세기가 더 커지므로 이를 고려해주는 방법으로  $10\log(\text{UWB 갯수})$  성분을 포함시켰다. 이외에도 다양한 종류의 GPS 수신기가 존재하므로 이를 고려하여 3dB를 할당하였고 또한 GPS 대역에서 빌딩에서의 전파 감쇠를 측정하여 평균을 취한 결과에 의해 9dB를 추가로 할당했다. 또한 GPS 수신기의 acquisition 모드는 tracking 모드에 비해 더 잡음에 민감하므로 이를 위해 6dB를 추가로 할당했다.

GPS 수신기에 대한 두 번째 시나리오로 실내에서 사용되는 E-911 GPS 수신기에 대한 UWB 기기의 간섭을 조사하여 UWB 기기의 최대 허용 전력을 조사하는 것이다. E-911 서비스는 전화연결을 통해서 미국에 정보를 제공하며 이정보를 통해서 GPS 신호 전력이 미약해도 위치 정보를 찾을 수 있는 또 다른 형태의 GPS 시스템이다. USGPSIC는 NTIA에서 수행한 것과 유사하게 E-911 GPS 수신기 동작에 허용가능한 UWB 기기의 허용전력을 분석하였다.

E-911 GPS 수신기와 UWB 기기들간의 거리에 따라 달라지지만 대략 2-3m 떨어진 경우 UWB 기기의 최대허용전력은  $-80 \sim -72\text{dBm/MHz}$

가 되어 47 C.F.R §15.209에서 규정한 허용전력보다 30dB 이상 작아야 한다.

이미징 시스템에 의한 GPS 시스템 간섭에 대해서 시나리오를 설정하고 분석한 결과 최대 허용 EIRP 가 960-1610MHz 구간에서 -60dBm/MHz 정도로 나타났다. 이미징 시스템은 사실상 짧은 시간동안에 동작하므로 실제로 더 허용전력이 완화될 여지가 있다. 더욱이 UWB 이미징 시스템이 공공의 안전등을 위해 이용될 때는 조정과정을 거쳐 -50dBm/MHz 정도로 허용치를 높일 수도 있을 것으로 판단된다.

차량 탑재 UWB 레이더의 경우는 차량 당 12개 정도로 많은 레이더들이 0.5m 정도 높이에 장착되며 주변환경에 대한 탐지를 위해서 방향성 안테나들을 사용할 예정이다. GPS 안테나 이득 등을 고려해서 분석한 결과 Part 15 규격보다 34dB 이하 즉 -70dBm/MHz 정도의 EIRP 가 허용될 수 있다.

지금까지는 잡음타입의 UWB 신호라는 가정하에 분석한 내용이다. CW타입의 UWB 신호의 경우는 잡음타입의 UWB 신호에 비해 8dB 아래서 간섭을 야기 시켰으며 이는 ITU-R에서 발표한 10dB와 거의 유사한 수치이다. 이와 같은 수치는 측정결과 여러 타입의 GPS 수신기에 대부분 적용되는 것으로 나타났다.

#### 나. PCS 시스템에 대한 간섭분석.

여러 기관에서 1850~1910MHz 및 1930~1990MHz 대역에서 동작하는 PCS 시스템에 대한 UWB 간섭을 테스트하고 분석하였으며 다음과 같다.

##### ■ 모토롤라 분석

모토롤라는 최대허용 간섭의 기준으로 PCS 수신기의 thermal noise

floor를 1dB 높게 하는 정도의 간섭으로 규정했으며 이는 noise floor 보다 6dB 적은 UWB 신호에 해당된다. -8dBi 이득을 갖고 noise figure 가 10dB인 수신기를 가정할 때 PCS 와 GPS 기기가 13m는 떨어져야 한다고 주장했으나 이는 이상적인 조건을 가정한 것이며 보통은 기타 간섭신호도 존재하므로 이는 지나친 주장으로 판단된다.

#### ■ Sprint PCS, TDC, Telcordia 분석

Telcordia 에서는 CDMA PCS 네트워크의 순방향 링크에 UWB 기기의 영향을 분석하기 위한 수학적 모델을 제시했으며 Sprint PCS 와 TDC는 이를 규명하기 위해 무반사실에서 이를 테스트하였다. 테스트 결과 자유공간 전파 감쇄 모델이 적당하며 PCS 핸드셋의 안테나 이득은 -4.6dB 정도로 정하면 되고 프레임 에러를 내기 시작하는 E/N 값은 5dB정도라고 결론 내렸다. 핸드셋에 수신된 전력이 -92dBm~-96dBm 이고 하나의 셀만 고려할 때 UWB의 이격거리는 0.35~0.56m 정도로 나타났다으며 0.3m이내에 있을 때 전화연결이 끊어졌다. Sprint PCS는 핸드셋에 수신전력이 -100dBm이고 서로간의 이격거리가 2m일 때 UWB가 47 C.F.R §15.209 규격 이하 12dB 부터 허용 간섭 값을 넣었다. 하지만 TDC는 실제 환경에서는 이격거리가 1m 이하이어도 PCS가 UWB 신호의 영향을 안 받을 것이라 주장했다.

테스트 장소인 무반사실에서는 PCS폰 성능이 지나치게 좋기 때문에 이런 결과가 나왔으며 UWB 기기가 1.5m 이내에서 계속 동작하고 PCS 신호전력이 -95dBm 정도로 적을 경우이나 UWB 간섭영향이 있을 것이라고 주장했다.

XSI는 PCS 네트워크에 더욱 영향을 주는 것은 다른 셀로부터의 간섭이나 multi-path들이며 이들이 noise floor를 5dB 상승시킬 것이라 주장하며 UWB가 PCS 핸드셋 간의 거리가 0.3m 이내로 들어오지 않는

이상 UWB 간섭은 무시해도 된다고 주장했다.

#### ■ Qualcomm 분석

퀄컴사는 UWB가 47 C.F.R §15.209 기준에 따라 동작하는 경우 PCS와 24m 떨어져 있어야 한다고 주장했다. 하지만 퀄컴사의 주장은 PCS 수신기의 thermal noise floor 이하 6dB 보다 더 큰 UWB 방사전력은 문제가 된다는 가정 하에서 유도된 것이다. 하지만 Noise floor의 상승과 최대 허용 간섭값 사이의 관계는 정확히 규명하기 힘들다.

안테나 이득을 -4.6dBi로 하고 다시 분석한 결과 UWB가 47 C.F.R §15.209에 규정한 한계값으로 동작하면 3.2m 규정값 보다 12dB 이하로 동작하면 0.8m 이내에서 문제의 간섭이 발생하는 것으로 나타났다. 더욱이 중간에 방해물에 의한 감쇄, 안테나 편광차이, 또한 UWB 송신기의 방사 방향과 PCS 수신안테나 방향차이 등을 고려하면 앞서 규정한 것도 지나치게 엄격한 규정이다.

결론적으로 UWB 방사전력이 GPS 대역에서는 Part15 기준 보다 -12~-34dB 이하가 되도록 규정하였으므로 PCS 대역에서도 -12dB 값을 그대로 쫓아 Part 15 기준 보다 -12dB 이하로 되도록 규정했다. 이는 지나치게 엄격한 면이 있으며 어쨌든 이 규정을 준수하면 PCS 단말기와의 거리가 아주 가까워도 문제시되는 간섭은 발생하지 않을 것으로 판단한다.

#### 다. MMDS 장비에 대한 잠정적인 간섭 분석

Cisco 는 12MHz 대역폭을 갖는 MMDS 수신기에 대한 UWB기기의 피크방사와 전력과 평균 방사의 최대 허용전력을 조사했다. 허용전력은 MMDS 수신기의 thermal noise floor 이하 10dB 이하 만큼 방사를 하는 UWB 전력을 최대허용치로 하였다. 이때 20MHz의 PRF를 갖는

UWB 기기에 대해서 UWB가 허용전력을 방사한다면 20dBi 안테나 이득을 갖는 MMDS 수신기는 둘 사이 거리가 380m 이하로 이격되어 있는 경우 허용한도를 넘는 간섭이 발생한다고 분석했다.

또한 UWB 기기의 개수를 10개로 증가시키면 1.2Km 떨어져야 한다고 분석했다. 하지만 Cisco에서 설정한 최대 허용치 기준에 대해서는 근거가 없고 또한 MMDS noise floor는 noise figure 등을 고려하면 더 커져야하며 자유공간 모델을 적용하여 경로 손실을 계산한 것도 무리가 있다고 판단했다.

#### 라. DARS(digital audio radio system) 장비에 대한 잠정적인 간섭 분석

XM 은 2332.5-2345MHz 대역에서 동작하는 위성 DARS(디지털오디오 위성라디오 시스템)에 대한 UWB 기기의 간섭을 조사했다. XM은 수신기의 thermal 잡음이  $-110\text{dBm}/2\text{MHz}$  이며 UWB 방사전력이 thermal 잡음 이하가 되는 전력이 UWB 기기의 최대 허용전력으로 규정하였다. UWB 기기의 방사전력이 Part 15기준인  $-41.25\text{dBm}/\text{MHz}$  이라면 이는  $-38.25\text{dBm}/2\text{MHz}$ 가 되어 수신기에서 thermal 잡음과 같기 위해서는 71.75dB 만큼의 감쇄가 요구된다. 이는 39m의 이격거리에 해당한다. 하지만 DARS 와 UWB 기기는 주로 자동차에 같이 탑재되면서 서로 간섭을 일으키게 되며 차량용 UWB 레이더는 주로 20GHz 이상에서 동작하게 되므로 이 경우 DARS의 수신대역에서는 UWB 기기의 방사전력이 미약하다. 그 뿐 아니라 둘 사이의 방해물들을 고려하고, 또한 DARS의 수신신호는 도시 내에서는 고출력 지상파 방송신호를 수신하게 된다는 점을 고려하면 문제가 되는 간섭은 크게 없을 것이다.



## 5. 방출 제한

### 가. General

UWB 기기로 부터 해가 되는 잡음을 막기 위해서는 적당한 방사전력의 제한이 필요하다. 이 방사허용 전력은 수신기 방사 허용전력 및 수신기와 UWB 기기 사이의 거리에 따라 다르게 선택된다. 1GHz 이하 대역에서의 허용전력을 정하기 위해서 quasi-peak detector를 사용해서 측정했는데 이 detector는 피크 신호값에 적당한 weight를 하여 평균값을 정하는 방법이다.

1GHz 이상의 대역에서는 average detector를 사용한다. UWB 신호가 높은 피크값을 갖는 경우에는 수신기 특성에 따라 크게 간섭을 줄 수가 있다. 즉 UWB PRF에 비해 수신기의 대역폭이 좁으면 방사전력은 랜덤잡음 형태를 가지며 UWB의 평균전력에 비례하는 형태를 갖지만 수신기의 대역폭이 넓으면 임펄스 형태를 가지며 그 크기는 UWB 신호의 피크값에 비례하게 된다. 또한 UWB 신호는 넓은 대역폭을 가지고 있으므로 수신기의 대역폭이 큰 경우는 다른 Part 15 기기에 비해 더 많은 UWB 신호를 수신하게 된다.

Notice 에서는 UWB 기기의 방사전력을 규정할 때 1GHz 이상에서는 피크값 및 평균전력값 2가지를 규정해야 하고 1GHz 이내에서는 quasi-peak 값을 정하라고 권고하였다. UWB 신호의 수신기에 대한 영향을 조사할 때 UWB 신호의 랜덤성과 UWB 신호의 PRF 및 수신기의 대역폭을 고려해야 한다. 만약 UWB 펄스가 일정한 간격으로 방사되는 경우 이 신호의 스펙트럼을 PRF의 하모닉 주파수에서 선스펙트럼을 갖는 형태를 갖게 된다. 수신기에서 이 선스펙트럼의 영향을 줄이기 위해서 선스펙트럼의 위치를 바꾸는 방법들이 검토되었다.

즉 GPS 등의 대역폭에 위치하지 않도록 PRF 등을 조절하는 방법들

에 대한 여러 의견을 청취한 결과 GPS 위성의 도플러 등에 대한 고려나 안정된 주파수 합성기의 제작의 어려움 등으로 그러한 선스펙트럼의 위치를 조절하는 것은 번거로운 것으로 결론 내렸다. 또한 screambler 등의 사용으로 UWB 신호를 노이지 타입으로 바꾸는 방식도 규정에서 포함시키지 않았다. 대신에 기존의 무선 서비스에 해로운 간섭을 주지 않을 정도의 방사전력 한계를 설정하는 쪽으로 간섭문제를 해결하는 것으로 결론을 내렸다.

#### 나. Average and Quasi-peak Emission levels.

Part 15의 방사전력 제한 규정은 모든 종류의 간섭을 차단하기 위해 제정되었다기 보다는 이웃한 무선기기간의 간섭을 서로 막기 위해 만들어 졌으므로 여러 무선 서비스에서 사용하는 2GHz 이하 대역에서 UWB 기기의 방사전력에 대한 추가적인 제약이 규정되어야 한다. 대부분의 의견을 준 기관들은 허용 방사 전력에 대한 제약을 주는 방법으로 1000MHz 이하에서는 quasi-peak 값에 의해서, 1000MHz 이상에서는 평균값 및 피크값에 의해서 방사전력에 대한 제약을 줄 것을 선호했고 NTIA는 경계를 960MHz로 할 것을 요청했다. 허용 방사전력 크기에 대해서는 의견이 일치하지는 않았다. 차량탐재 레이더를 제조하는 일부 기관에서는 높은 주파수대역에서 전파감쇄를 고려해서 허용 방사전력을 높여 줄 것을 요구했다. 여기서 채택한 수치들은 NTIA와 미정부와의 조정에 의해 정해진 값들이다.

이미징 시스템의 경우는 허용 방사전력에 대한 제약을 완화시키는 대신에 사용전에 NTIA와 조정을 거치도록 하였다. 조정과정이란 이미징 시스템 오퍼레이터가 기기를 사용하기 전에 기기의 종류, 특성 및 사용 장소에 대한 정보를 보고해서 허가를 얻는 과정을 말한다.

#### 다. GPR을 포함하는 이미징 시스템

이미징 기기가 폭넓게 이용되는 것을 막기 위해서 GPR을 이용할 수 있는 단체를 법집행기관, 소방서, 긴급구조대, 연구기관, 광산회사, 건설 회사 등으로 제한하였다. 모든 GPR 사용자는 Part 90 규약 하에서 FCC와 최종적으로 NTIA로 부터 허가를 받아야 한다. 몇몇 기관에서는 낮은 주파수에서 동작하는 GPR의 경우 허용전력을 높여 주어야 한다는 요구가 있었으나 충분한 자료가 보장되지 않아서 요구를 수용하지 않기로 하였다. GPR 외의 이미징 시스템의 경우는 에너지가 흡수되지 않고 다른 무선기기에 영향을 줄 가능성이 더 높다. 그러므로 이런 기기를 사용할 수 있는 기관의 범위를 더욱 좁히고 Part 90에 근거한 허가 과정을 거치도록하여 UWB 기기 방사전력량을 조절하고자 한다.

#### 라. 그외의 응용분야

GPS에 관해서는 E-911 시스템을 보호하는데 특별히 관심이 있다. UWB 시스템이 47 C.F.R.15.209 에서 규정한 크기로 전파를 방사하는 경우는 GPS 수신기와의 거리가 2~3m 정도가 되었을 때 문제가 되는 간섭이 발생하므로 Part 15 규정보다 12~34dB 이하로 방사전력을 낮출 것을 요구하고 있다. 더욱이 미정부 기관에서 사용하는 DME transponder 나 ARSR-4, SARSAT 시스템들이 GPS와 같은 대역을 사용하므로 충분히 방사전력을 낮추어야 하나 사실은 12~34dB는 필요 이상으로 엄격한 규정이다.

퀄컴사의 분석에 따르면 1850~1990MHz 대역에서 동작하는 PCS 시스템에 대해서는 PCS가 E-911 응용에 이용될 수 있으므로 Part 15 의 규정보다 12dB 이하로 방사전력을 규제해야 한다고 분석했으며 우리도 Part 15 규정보다 더 낮은 방사전력 제한을 두어야 하는 것으로 결론을 내렸다. 하지만 824~849MHz 및 869~894MHz에서 동작하는

셀룰라 무선전화 서비스 대역에 놓이는 UWB 방사전력에 대해서는 Part 15 기준 이하로 규제해야 할 필요는 없다고 결론 내렸다. 그 이유는 셀룰라 대역에서 Part 15 기준은 quasi-peak 값에 의해서 정해지는데 셀룰라 수신기는 평균값에 의해 동작하기 때문이다. 둘째로 이 대역에서는 이미징 UWB 시스템만이 주로 사용되고 있고 셋째로 셀룰라 수신기는 허용되는 간섭신호의 크기가 -80dB 정도로 크기 때문이다. 그러므로 PCS 대역에서의 허용 방사전력을 Part 15 이하 12dB로 정하였고 DARS나 정부 시스템 등에서 많이 사용하는 1990~3100MHz 대역에서는 Part 15 이하 10dB로 정하였다.

차량용 레이더 시스템은 22~29GHz 대역에서 동작하여 감쇄가 빨리 일어난다. 중심 주파수에서 멀리 떨어진 10GHz 이하에서는 Part 15 기준 이하를 방사하도록 요구하고 있다. 차량용 레이더 시스템의 간섭에 가장 취약한 시스템은 23.6~24.0GHz 대역에서 동작하는 기상위성 등의 저궤도 위성 수동 센서 시스템들이다. 이들 센서들에 대한 UWB 차량 레이더 시스템의 간섭전력을 차단하기 위해서 수평면 위 30. 각도 방향으로 방사되는 전력에 대한 허용전력 크기를 정하였다. 점차 UWB 차량레이더 시스템이 확산될 것이므로 점차적으로 허용 방사전력의 한도를 낮추는 것이 필요하다. 그러므로 2005년에는 Part 15 이하 25dB를 만족도록 하였고 2014년에는 Part 15 이하 35dB 까지 방사전력을 감소시킬 것을 요구하였다.

UWB 기기의 응용시스템인 이미징 시스템이나 차량 레이더 시스템은 방향성 안테나를 사용하므로 우려되는 간섭은 별로 없지만 UWB 기기를 제작하고자 하는 사람은 궁극적으로는 통신에 응용하기를 원한다. 통신에 응용하는 경우 높은 PRF를 갖고 omnidirectional 안테나를 사용하고 낮은 주파수에서 동작하는 기기를 만들고 싶어한다. FCC는 NTIA 및 미정부와의 협상을 거쳐 1610~3100MHz 및 10.6GHz 이상의 대역에

서 실외에서 동작하는 경우는 실내에서의 허용되는 전력보다 최소 10dB 이상 낮아야 한다고 규정하였다. 또한 실외 통신 기기가 널리 퍼지는 것을 막기 위해서 실외에 안테나를 설치하거나 고정된 통신 인프라가 구축되는 것을 금지하고 있다. 그러므로 실외 통신기기로는 손에 들고 다니는 타입이 되어야 한다. 또한 UWB 기기가 수신기와 통신이 가능할 때만 통신이 되도록 하기 위해서 송신단은 10초마다 승인 신호를 수신기로부터 받도록 요구하고 있다. -10dB 대역폭은 대략 3.1GHz 이상이어야 하며 이와 같은 광대역 특성으로 인해서 가장 방사저역이 센 주파수 성분들은 기존 무선 서비스 주파수 구간에서 멀리 떨어져 위치하게 된다.

실내용 UWB 기기는 건물 외벽에 의한 감쇄 때문에 실외용 기기에 비해 상대적으로 허용 방사전력이 크다. 그러므로 그런 경우에는 실내에서만 동작되도록 하는 대비책이 요구된다.

TDC에서는 감시시스템 용도로 UWB 기기 사용을 허가해 줄 것을 요청하였다. 이 시스템은 유용성이 많아서 폭넓게 사용될 가능성이 있으므로 이미징 시스템 처럼 사용기관의 범위를 제한하고 또한 허가를 주는 형식으로 사용할 수 있는 권리를 주도록 할 것이다.

#### 마. 1990MHz 이상에서의 방출레벨

AT&T, Motorola, Lucent 등은 미래 3G 시스템이 사용할 주파수 구간인 2.6GHz 대역에서도 방사전력 한도를 크게 낮추어야 한다는 주장이 있으며 현재 1990-3100MHz 대역에서는 미정부가 사용하는 무선 시스템을 보호하기 위해서 Part15 이하 10dB의 허용 방사전력을 정하였다. 이 주파수 구간에서 예외가 되고 있는 응용시스템으로는 through-wall 이미지 시스템 및 감시시스템이며 이들은 사용기관의 범위를 좁히거나 허가제를 도입함으로써 Part 15 기준에 따라 허용 방사전력을 정

해도 문제가 없도록 하였다.

960MHz 이하에서 동작하는 이미징시스템, through-wall 이미징 시스템, 감시시스템, 차량레이더 시스템 등을 제외한 나머지 UWB 시스템은 -10dB 대역폭이 3.1~10.6GHz에 있다. 3.1GHz 이상의 주파수 구간에서 Part 15 기준에 따른 방사 전력은 기존의 무선 서비스에 장애가 되는 간섭을 주지는 않는다. 상측 주파수 값으로 10.6GHz을 사용한 것은 수동 위성 수신 시스템을 보호하는 역할을 한다.

차량 레이더 시스템의 경우는 시스템 동작 구간에서는 Part 15 기준에 따라 동작하고 29-31GHz 에서는 Part 15 이하 10dB가 허용전력이고 22GHz 이하에서는 Part15 이하 20dB가 허용 방사전력이다.

#### **바. Dithering and Other Noise-Like Emission Requirements**

GPS C/A 수신기에 장애가 되는 간섭이 발생한 CW 타입의 UWB 방사 전력은 잡음 타입의 방사전력에 비해서 8dB 낮은 크기에서 발생했다. 이 수치는 CW 타입의 방사전력은 잡음 타입에 비해 10dB 정도의 추가적인 감쇄를 주어야 한다는 국제 규격과 일치한다. CW 타입의 방사전력은 좁은 대역폭을 가지고 있으므로 RBW(resolution bandwidth)가 1kHz 이면 10kHz 이면 1MHz면 방사전력 크기는 같다. GPS 대역에서 간섭을 일으키지 않는 CW 타입의 방사전력은 잡음타입으로 1MHz RBW의 허용 전력보다 10dB 낮아야 한다.

#### **사. 피크 방출 제한**

Notice에서 위원회는 피크 출력의 크기가 기존의 협대역 무선 서비스 수신기에 영향을 주지 않을 것이고 보다 중요한 요소는 전력밀도함수와 PRF라고 판단하였다. 하지만 피크값은 1GHz이상의 무선 서비스에 영향을 미치므로 우선 피크값을 측정하는 2가지 방법을 제시하고 타당성

에 대한 의견 청취를 하였다. 첫 번째 방법은 50MHz 대역으로 수신된 UWB 신호에 대해서 피크값을 측정하는 것이고 두 번째 방법은 전체 대역에 대해서 피크값을 정하는 것이다.

위원회는 50MHz에 대해서 측정하는 경우 Part 15의 최대 허용 평균 전력의 20dB를 피크 상한값으로 정하였다. 전체 대역폭을 사용하는 경우는 50MHz를 초과하는 정도에 따라 피크값의 한도가 정해지도록 하여 다음과 같은 공식  $20 + 20 \log_{10}(-10\text{dB 대역폭}/50\text{MHz})\text{dB}$ 을 제시하였다. 이 공식에 따르면 대역폭이 50MHz인 경우는 20dB이고 UWB 대역폭이 5GHz 정도로 아주 커지면 60dB정도가 최대허용 피크값이 되도록 하였다. 위원회는 위의 두 측정 방법 중 어느 방법이 적절한지, 또는 두 방법이 모두 필요한지, 필요한 경우의 허용값은 얼마나 되어야 하는지 등에 대한 의견을 받았다. 여러 곳에서 50MHz 정도의 대역폭이면 기존 무선 서비스에서 사용하는 대부분의 수신기의 대역폭보다 크므로 전체 대역에서의 피크값은 불필요하다고 주장했다. Nttel의 경우는 미래의 SDR(Software-defined radio) 서비스를 고려하면 좀더 대역폭을 넓혀야 한다고 주장했으며, ANRO 등은 전체 대역폭에 대해서 피크값을 측정해야 한다고 주장하였다. 피크값의 크기에 대해서는 일치하는 의견이 나오지 못했다.

피크값에 대한 제약을 두는데는 두가지 이유가 있다. 첫째는 수신기의 RF front end 에서의 과부하이고 둘째는 낮은 PRF를 가지고 peak-to-average ratio가 큰 펄스 전송의 경우 수신기의 대역폭이 UWB PRF 보다 크면 수신기는 평균전력 보다 피크값에 의해 영향을 받기 때문이다. UWB 신호 전체 대역폭에 대한 피크값은 수신된 후에는 수신기의 대역폭에 따라 값이 달라지므로 수신기에는 의미가 있는 값이 아니다. 대부분의 수신기의 대역폭은 50MHz이하이므로 50MHz대

역에서 수신된 신호의 피크값을 기준으로 제약을 두는 것이 타당한 것으로 결정했다. UWB 응용분야 중 이미징 시스템 및 차량레이더 시스템은 사용 환경에서 감쇄가 일어날 소지가 많고 그 외의 응용 분야인 실내 및 포터블 무선 시스템은 PRF 값이 높으므로 주로 피크값 보다는 평균값에 영향을 받는다.

Notice 에서는 50MHz 대역에서의 피크 허용 전력치가 평균전력 보다 20dB 크도록 규정했었다. 여기에 대한 문제점으로는 현재 측정기기에서 사용가능한 최대 RBW가 3MHz정도이며 20dB값 자체도 지나치게 크다는 것이다. 가장 최악의 상황을 고려하면서 50MHz에서의 허용 피크 전력값을 3MHz에서의 허용 피크전력 값으로 계산하기 위해서는  $20\log(3/50)$ dB를 사용한다. TDC의 의견을 수용해서 허용 최대피크 전력값을 0dBm/50MHz로 규정하고자 하며 이 경우 3MHz 대역에서의 최대 허용치는 -24.44dBm/3MHz 즉  $3.6\mu\text{W}/3\text{MHz}$ 이고 피크 필드 강도는 3m에서 3MHz RBW로 측정했을 때 3.46mV/m에 해당한다. PRF가 6.7MHz 이상으로 동작하는 경우는 RBW가 3MHz 이상이 되는 스펙트럼 분석기로 측정해야 하며 이 경우 최대 허용 피크전력은  $20\log(\text{RBW}/50)$  dBm이 된다.

#### 아. 채택된 방출 제한의 요약

UWB 각 응용 분야에 따른 방사전력 한도는 표1. 에 나타난 것과 같다. 추가로 960~1610MHz대역 가운데 GPS에서 사용하는 대역에서는 10dB가 추가로 감쇄되어야 한다. 예를 들어 차량레이더 시스템의 경우 960~1610MHz 대역에서 허용 EIRP가 34dBm/MHz 이지만 GPS 대역에서는 44dBm/MHz가 되어야 한다. 방사전력 한도를 측정할 때 960MHz이하에서는 quasi-peak detector를 사용하였고 960MHz 이상에서는 1MHz RBW를 갖는 RMS average detector를 사용하였다.



## 제 3 장. UWB 기술 분석

### 제 1 절. 기술적 접근

UWB 통신과 위치 측정 기술은 가우시언 임펄스 코드열의 전송, 코릴레이션, 패턴 인식을 사용한 선택적 수신에 기초를 둔다. 전송되는 신호는 전류모드 안테나를 통해 currents steps을 적용하여 만들어진다. 임펄스는 전류가 흐르거나 혹은, 흐르지 않을 때 발생된다.

코드열(Code sequences)은 GPS와 같은 direct-sequence 주파수 확산 시스템에서 사용되는 의사-잡음 코드이다. 다른 시퀀스는 주파수대역과 대략 같은 분리된 채널들을 제공한다. 코릴레이션은 다른 신호들로부터 특별한 코드열을 구별하는데 이용된다. 코드열들은 antipodal, pulse position, M-ary codes, 혹은 이들을 혼합한 다양한 기술들을 이용하여 데이터 변조된다.

로컬라이저가 위치추정에 사용하는 기본 원리는 거리를 결정하기 위해 5개 혹은 그 이상의 로컬라이저들을 이용해 각각의 상대적 위치를 3차원으로 결정한 정보를 공유한다. 두개 로컬라이저의 거리는 신호의 round-trip transit 시간을 측정하여 빛의 속도를 곱해 결정한다. 다른 위치 추적 시스템들은 지이오이드(geoid)의 절대위치, beacon(즉, LORAN)에 고정된 상대적 위치, 혹은 출발 지점의 상대위치를 준다.

이 기술을 상용화하기 위해, 정말로 요구되는 것은 빌딩 안이나 지역의 장소 혹은, 움직이거나 고정되어 있는 다른 사람이나 물체의 상대적 위치이다. 대부분 위치추적 시스템들은 자율적인 위치 측정이 허용되나, 이런 정보가 공유되기 위해서는 분리(separate) 메카니즘에 의해 통신되어야 한다.

## 1. UWB 신호

거리를 측정하기 위해 신호의 전송시간을 이용하는 것은 신호의 도착 시간의 정확한 측정이 요구된다. 시간영역에서 보다 예리하게 신호의 윤곽이 보여야하고, 주파수 영역에서보다 넓게 확산되어야 한다. 이러한 것은 비사인곡선의 임펄스(nonsinusoidal impulse) 뿐만 아니라 전형적인 레이더에 사용되는 펄스변조된 사인 파형에서도 알 수 있다. 어느 경우에도 센티미터 레벨의 정확도를 가지고 거리를 측정하기 위해서는 대략 1GHz의 대역폭 이상이 요구된다. 차이점은 1ns 폭의 nonsinusoidal 가우시안 임펄스의 에너지의 대부분은 1GHz 이하의 주파수대역에 걸쳐서 확산되며, 이와 반대로 펄스 변조된 사인파형은 1GHz의 대역폭을 얻기 위해 적어도 30~60GHz의 캐리어 주파수가 필요하다. 충분한 대역폭을 얻는 것은 가능하며 이를 위해서는 비용이 많이 드는 마이크로웨이브 기술이 필요하다. 그러나 비사인곡선의 임펄스들은 베이스밴드 신호들이고 그것은 캐리어 주파수가 없다는 의미이다.

아래 그림 3-1에서와 같이 펄스폭이  $d$ 인 가우시안 임펄스에서  $d$ 가 1ns라고 한다면 주파수 영역에서 대부분의 에너지는 1GHz 이하에 분포하게 된다.

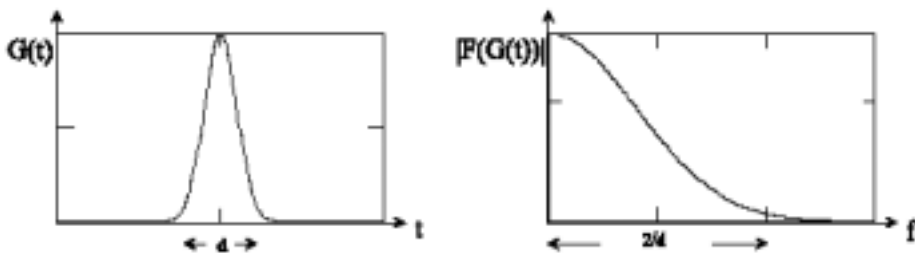


그림 3-1. 펄스폭이  $d$ 인 가우시안 임펄스와 주파수 스펙트럼

Dr.Henning Harmuth에 의한 UWB LCR (Large-Current Radiator) 안테나의 발전은 저렴한 CMOS 칩으로 비사인곡선의 임펄스를 방사하는 것을 가능케 했다. LCR은 평평하고 네모난 도체의 표면으로부터 밖으로 방출되는 전류모드 안테나이다. 단지 임펄스가 전송되는 등가폭보다 더 크게 만들 수 없는 크기 제한이 있다. LCR을 통해 전류를 단계적인 변화를 적용하면 임펄스를 발생하게된다. 왜냐하면 방사전력은 전류흐름의 도함수 제곱에 비례하기 때문이다. 임펄스는 전류가 더 빨리 변할 때 더 좁아지고 더 많은 방사 파워를 갖는다. 임펄스의 극성은 전류의 도함수의 부호에 의해 결정된다. 따라서 LCR을 통해 전류가 스위칭 될 때 발생하는 임펄스의 극성과 반대인 임펄스가 만들어진다.

## 2. Coding

가우시언 임펄스의 코드열은 전자기적 임펄스의 열을 의미하며 이들은 서로 반대되는 전계 포인팅 벡터를 가지고 있다. 상관기는 비록 신호의 진폭이 노이즈의 진폭보다 작다 하더라도 노이즈로부터 신호를 뽑아내고 하나로 모으는데 사용된다.

상관기의 출력은 두 개의 신호들 사이의 쉬프트에 관계된 함수이다. 입력신호의 쉬프트는 기준코드와 대응되고 최대 상관값이 만들어진다. 그러므로 동시에 신호의 확산 출력은 하나의 임펄스로 모아지게 된다.

이상적으로, 코드들은 자신과 반대되는 코드열과 상관관계가 하나의 피크치를 갖도록 선택할 수 있으며, 이는 특정한 열이 들어왔을 때 쉽게 결정할 수 있게 한다. 가장 효과적인 순열 코드와 보수코드들이 이 개념과 근접한다. 코드열 중 하나인 크로스 코릴레이션은 다른 부호열과 동시에 작동하는 다중 로컬라이저에서 상관피크치를 갖지 못한다.

### 3. Doublets

임펄스의 열은 송신 안테나를 통해 전류를 단계적으로 올리고 내림으로써 발생 될 수 있다. 불행히도, 같은 극성의 연속적인 임펄스는 안테나 전류를 더더욱 높게 해야 한다. 임펄스의 임의의 시퀀스를 만들어 내기 위해서는 전력의 소비가 매우 크다. 왜냐하면, (+),(-) 임펄스의 개수의 연속적인 차이는 DC전류를 결정하고, 이것은 거의 모든 코드에서 매우 크게 될 수 있기 때문이다. 최소 총 전류는 영 전류에서 출발시, (-) 임펄스가 즉시 (+) 임펄스를 따를 때 혹은 그 반대의 경우에 발생한다. 그러한 임펄스의 쌍을 "doublets"이라 부른다. 더블렛(Doublets)은 송신 안테나를 통해 전류의 방향을 조절하는 스위칭 회로를 이용함으로써 만들어 질 수 있다.

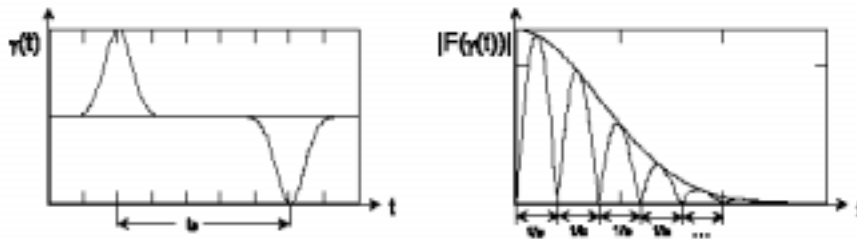


그림 3-2. 임펄스 간격  $t_0$ 인 더블렛과 스펙트럼

더블렛은 불규칙한 코드열을 정확히 제거하거나 쉽게 검파하는 방법으로 사용된다. 그림 3-2에서와 같이 어떤 코드열에서 각 비트를 예로 든다면, 양의 임펄스나 음의 임펄스로 시작하는 더블렛을 발생시키게 된다. 만약 임펄스 시퀀스에 대한 오토-코릴레이션(autocorrelation)이 단일 피크 상관치를 가지면 더블렛을 이용한 엔코딩된 같은 시퀀스의 오토코-릴레이션은 두개의 음의 피크와 중심 피크를 갖는다. 이 복잡한 패턴은 단일 피크보다 더 쉽게 인지 될 수 있고, 특히 적지 않은 잡음

이 섞인 신호를 인지할 때 더 쉽게 할 수 있다.

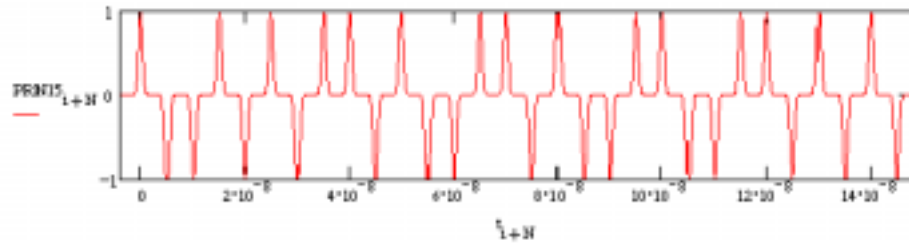


그림 3-3. 더블렛을 이용한 15-bit 시퀀스

## 제 2 절. UWB 시스템의 구조

송신기에서의 기본적인 역할은 정확한 시간에 가우시안 임펄스의 코드화된 시퀀스를 보내는 것이다. 수신에서는 제 시간에 정확한 배열로 맞추어 이미 알고 있는 코드 시퀀스와 안테나 신호를 서로 관련시키는 일을 한다. 송신기에서, 근본적인 어려움은 속도가 낮은 클럭과의 연계를 유지하면서 클럭이 안정화된 좁은 임펄스를 만들기 위해 빠르게 많은 양의 전류를 스위칭 해야 하는 것이다.

수신단에서의 근본적인 어려움은 시간 동작이 매우 정확해야 하는 빠른 디지털 로직을 구동하면서 마이크로볼트 레벨의 광대역 신호를 받아야 하는 것이다.

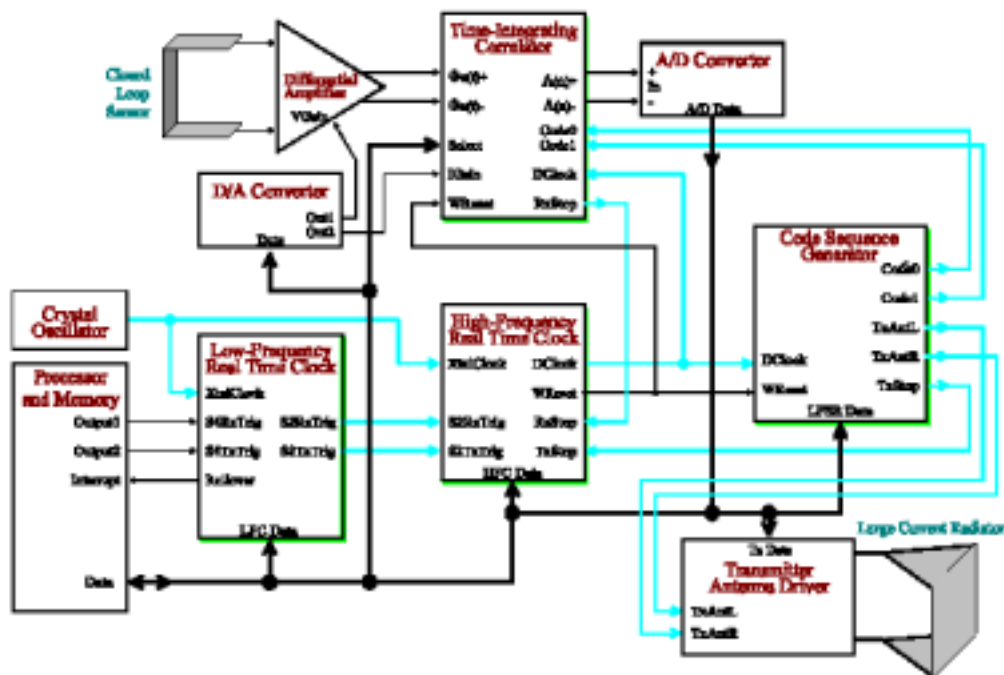


그림 3-4. Aether Wire & Location Inc. 의 UWB 시스템 구성도

## 1. Transmitter Section

송신기에서 안테나의 구동 회로는 일반적으로 스텝 모터를 구동시키는 데 사용하는 것과 같은 표준 H-bridge 같이 보인다. 아래 그림 3-5.는 송신 안테나의 구동회로의 구성도이다.

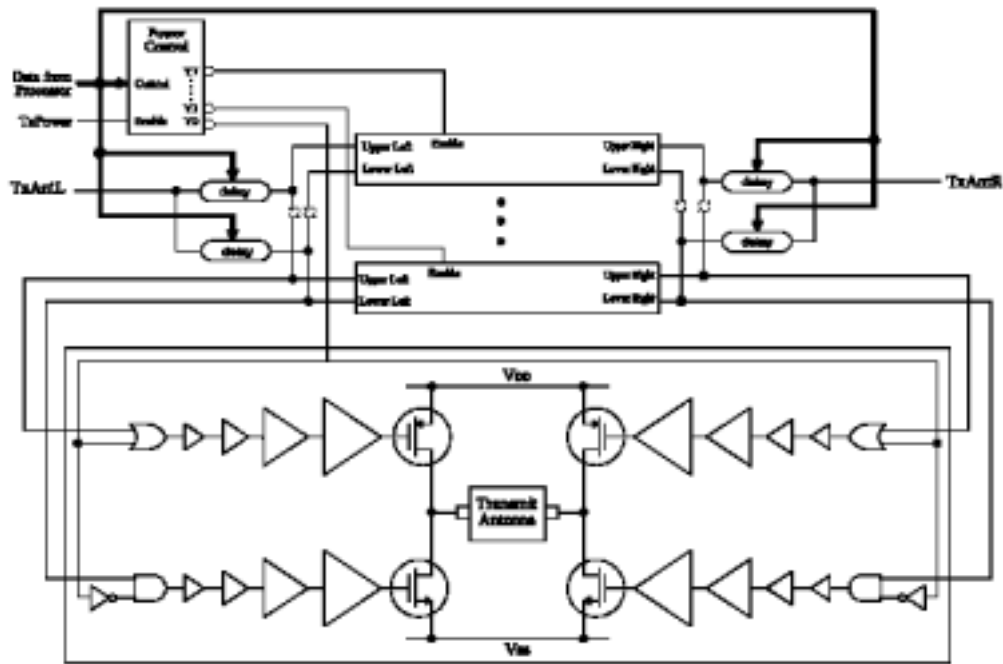


그림 3-5. 송신 안테나의 구동회로의 구성도

코드 시퀀스에서 각각의 bit는 전류를 초기에 한 방향으로 흐르게 하던지 혹은 브릿지를 통해 다른 곳으로 흐르게 하는지를 결정한다. 안테나를 통한 전류는 안테나 반대쪽과  $V_{DD}$ ,  $V_{SS}$ 를 연결함으로써 활성화된다. 또한 안테나의 양쪽과  $V_{DD}$  혹은  $V_{SS}$ 의 같은쪽과 연결되면 차단된다. 즉, 전류의 흐름이 차단된다는 것이다. 바꾸어 말하면 안테나의 voltage across에서 한 step을 바꿈으로써 송신 안테나를 통해 전류에서 한 step

을 바꿀 수 있는 것이다. 사실 "radiation resistance"는 전류가 스위칭되는 동안 송신 안테나를 resistor처럼 만들었고 임펄스 더블렛을 만들어내기 위해, 송신 안테나의 양쪽이 각각 "supply" 전압으로 먼저 선택되어지고 그런 다음 같은 "resting" 전압으로 선택되어진다.

이상적으로, resting voltage는 공급전압 사이의 중간쯤이고 그래서 송신 안테나의 평균 전압은 바뀌지 않아야 한다. 보통, 이것은 공통 접지를 갖는 양의 supply와 음의 supply를 필요로 한다. 하나의 supply를 가지고는 resting voltage는  $V_{DD}$ ,  $V_{SS}$  둘 중의 하나만 되어야 한다. resting voltage를 선택하기 위해서는 안테나 구동 회로에 4개 옵션을 결합해야 한다. 이 중 두개의 옵션은 얼마나 자주 resting voltage가  $V_{DD}$ 인지  $V_{SS}$ 인지의 균형을 조사해야 한다.

송신안테나를 통해 전류를 스위칭하기 위해서는 BJT 보다 MOS트랜지스터가 더 동작을 잘하는데, 그것은 MOS가 활성화되는 속도만큼 빠르게 차단 될 수 있기 때문이다. 그것이 단지 switching edge 속도이고 또한 중요한 것 이어서 마지막 stage를 조정하기 위해 exponentially-sized CMOS를 직렬로 cascade 연결 할 수 있다.

각각의 'H' bridge의 4개의 arm은 각각의 출력 트랜지스터에서 스위치 연결을 만들고 끊는 것을 조절하기 위해 두개의 프로그램 가능 지연 소자를 갖게 되는데 이것은 P-채널 대 N-채널 트랜지스터의 각기 다른 스위칭 지연, 그리고 다른 회로의 mismatch를 보상 할 수 있게된다.

실험들은 정렬된 스위치 연결의 활성화와 차단이 일어났을 때 안테나에서 발생하지 않으면 "ringing"을 생각 할 수 있다는 것이 입증 었다. 각각의 arm은 파워조정이 개별적으로 가능한 multiple section으로 나누어진다. Multiple bond pad들은 bond wire 인덕턴스를 줄이기 위한 driver 출력을 위해 위치된다.

P-채널과 N-채널 출력 트랜지스터들은 가이드링, 그리고 래치업 현



상을 방지하기 위한 물리적인 분할에 의해 서로 분리되어 있다. 실질적인 on-chip 캐패시터는 supply connection에서의 bond wire 인덕턴스의 영향을 개선시키기 위한 구동회로들을 함께 포함하고 있다.

## 2. Receiver section

수신기 부분은 수신안테나 증폭기, 코드열 발생기, 32개의 적분기를 가진 TIC(Time-intergration Correlator)로 구성되어 있다. 수신안테나 증폭기와 코드열 발생기는 증폭된 수신 신호와 참조코드를 각각 TIC에 공급한다.

1ns의 임펄스를 다루기 위한 충분한 밴드 폭을 갖는 높은 이득의 증폭기는 현재의 CMOS 기술로 설계하기는 힘들다. 최대 밴드 폭은 작은 양의 이득과 증폭단 마다 넓은 밴드 폭을 갖는 여러 개의 증폭단을 직렬로 연결해서 만든다.

종합적인 이득은 각 증폭단의 이득의 곱이다. 그러나 전체적인 주파수 응답 또한 각 증폭단의 주파수 응답의 곱으로 나타난다. 그러므로 시뮬레이션에 기초하면 약 2.7이 안되게 각 증폭단 마다 최적화 한 이득을 갖는다. 실제로 이러한 성능을 실리콘에서 얻기 위해서는 각각의 증폭단에서의 주파수 응답이 적당히 조정되어야 한다. 수신기 부분은 보통 100MHz chip rate에서의 부호열 생성은 송신기 부분과 같은 회로를 사용한다. 같은 부호열이 TIC의 각각의 적분기에 공급되어진다. 그러나 위상은 2.5ns를 차지하여 겹치게 된다. 부호열에 의한 곱셈은 적분기의 다른 입력을 위해 각기 다른 수신 신호의 양쪽을 다중화 함으로써 이루어진다. 적분기 전류 소스의 제한된 임피던스 때문에 적분기 출력은 드롭 효과를 줄이기 위해 부호열의 끝에서 샘플 되어야 한다.

Sample-and-Hold(S/H) 회로는 이러한 목적을 제공하며 적분기 출력의 완충 기능을 제공한다.

## 제 3 절. 기술 검토

### 1. Noise Reduction

UWB 시스템은 주로 주문된 CMOS 칩들과 PC보드에 사용되는 다른 상업용 칩들을 사용해서 만들어진다. 이러한 prototype을 토대로 한 실험에서 통신 할 수 있는 거리에 대한 가장 큰 한계는 스스로 발생하는 잡음이다. 이러한 잡음은 수신된 신호에 대한 SNR을 감소시키고, PLL과 같은 타이밍회로의 안정도에도 영향을 미친다.

시스템회로 자체에서 발생하는 잡음을 다루는 두 가지의 전형적인 방법으로는 차폐시키는 것과 잡음을 발생시키는 회로로부터 수신기의 주파수 변환 부분을 물리적으로 분리시키는 것이다. 차폐의 방법으로는 회로상에서 매우 넓은 대역의 잡음을 제거하는데 특별한 효과가 없지만, 안테나에 전치증폭기를 사용함으로써 잡음 회로를 물리적으로 분리 시킴으로서 약간의 효과를 발생시킨다.

상관기와 로직회로들이 실제로 송수신되는 신호와 같은 주파수 범위에서 edge속도와 clock rate를 가지며 동작을 해야하기 때문에 UWB 통신 시스템에서 스스로 잡음이 발생하는 것은 피할 수 없다. GPS와 같은 시스템은 캐리어 주파수보다 더 낮은 주파수에서 디지털 프로세싱을 수행하므로 이러한 문제를 피할 수 있다. 즉, 수신된 신호는 즉시 IF 혹은 baseband로 변환되기 때문이다.

전류 조정 저잡음 로직은 200MHz에서 동작되는 static CMOS 로직보다는 파워를 적게 소모한다. 그러나 Static CMOS 로직은 파워소모는 적지만 선천적으로 잡음을 가지고 있다. 이러한 장단점으로 인해 이들 두 가지를 중첩하여 사용한다.

## 2. Logic Circuits

UWB 로컬라이저 시스템에는 주로 4가지 타입의 로직을 사용한다. 전형적인 static CMOS 로직 이외에 single-ended와 차동 전류 구동 로직, 그리고 differential series pass logic이 있다.

차동 전류 조정 로직은 플립플롭을 만드는데 적합하다. Set/Reset 입력과  $Q/Q^*$  출력을 갖는 D-type 플립플롭은 단지 24개의 트랜지스터만을 필요로 한다. Static CMOS에서 플립플롭은 보통 35개의 트랜지스터를 필요로 한다. 또한, 추가적인 로직 기능들은 단지 몇 개의 트랜지스터를 더 사용하여 이러한 플립플롭에 합쳐질 수 있다. 예를 들어, D 입력을 공급하는 두개의 입력 멀티플렉서는 단지 4개의 트랜지스터만이 추가된다. static 신호에 효과적으로 일반적인 로직이 사용될 때, CMOS 로직은 차동 전류 구동 로직과 능률적으로 결합 할 수 있다. 예를 들면, 다항식 계수 값들은 프로세서에 의해 LFSR을 형성 하는 static latch로 옮겨진다. 이것들은 LFSR이 동작되는 동안에는 결코 바뀌지 않는다.

전류 구동 로직에 바이어스 전류를 가하기 위해 5-bit DAC를 사용한다. 이것은 전류 구동 로직의 성능을 결정해 주고, 각각의 섹션에서 속도/파워의 상호 교환을 맞추어주며, 처리과정의 변화들을 보상 하여준다.

## 3. 적분기의 옅셋 정정

TIC에서 적분기의 증폭기들은 입력 옅셋 에러를 갖을 수 있다. 전형적인 에러 전압은 bipolar 보다 CMOS가 더 안좋으며 어떤 큰 길이의 코드열을 갖는 적분기들의 출력은 포화 될 것이다. TIC가 연속적으로 동작하지 않기 때문에 입력 옅셋 에러는 적분기들의 각각의 동작 전에 자동으로 제로가 될 수 있다. 입력 옅셋은 적분기의 증폭기 주위의 부궤환루프를 생성 시킴으로써, 입력 옅셋 에러는 제로가 된다.

차동 보정 신호는 적분기들이 작동되는 동안 track-and-hod(T/H) 회로에 유지되어 진다. 입력 옵셋 에러 보정 회로의 가정은 차동 보정 신호가 모든 수신되는 이벤트 마다 다시 새롭게 된다는 것이다. 이때 차동 옵셋 조정 회로가 적분기의 출력에서 잡음을 발생한다.

## 제 4 절. 기존 통신망과의 연계 방안

UWB(Ultra Wide Band : 이하 UWB ) 전송은 매우 짧은 펄스 주기를 가지며, 전형적으로 나노초 정도의 펄스 주기로 거의 DC에서 수 기가 헤르츠까지 매우 넓게 에너지가 분포하는 대역 확산 전송 방식이다. 시간 도약(Time-Hopping)방식은 UWB 신호 펄스의 낮은 듀티 주기 펄스 열의 시간 위치를 일정한 도약 코드를 사용하여 확산하는 방식이다.

이 방식은 데이터 비트 당 높은 펄스율을 갖는데 이 높은 펄스율은 PPM방식을 사용한 데이터 변조를 하는 방식이다. UWB 전송을 위한 다중 접속 기술은 시간 도약 방식을 사용한다. 이는 UWB 신호의 특성상 다중 경로 환경에서도 좋은 성능을 나타낸다.

k개의 송신기 출력 신호  $s_{tr}^{(k)}(t^{(k)})$ 인 UWB 전송의 다중 접속 시스템의 시간 도약 형태는 식(3-1)과 같이 나타난다.

$$s_{tr}^{(k)}(t^{(k)}) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} w_{tr}(t^{(k)} - jT_f c_j^{(k)} - \delta d_{[j/N_s]}^{(k)}) \quad (3-1)$$

여기서  $t^{(k)}$ 는 k 번째 송신기의 클록 시간이고  $w_{tr}(t)$ 은 송신된 펄스 파형 즉 모노사이클을 나타낸다. 모노사이클은 그림 3-6에 나타나 있다.  $T_f$ 는 프레임 시간 또는 펄스 반복 시간으로 모노사이클 폭의 수 백배에서 수 천배이다. 이 결과로 낮은 듀티 사이클을 갖는 신호를 생성한다. 각 사용자는 시간 도약 부호 시퀀스  $c_j^{(k)}$ 를 할당받고 이 시퀀스가 펄스 열에서 각 모노사이클의 시간 천이를 생성시킨다. j번째 모노사이클은  $c_j^{(k)}T_c$ 초만큼의 시간 천이가 발생한다. 여기서  $T_c$ 는 시간 지연의 주기이다. 시퀀스의  $c_j^{(k)}$ 성분은 유한집합  $\{0, 1, \dots, N_h - 1\}$ 로부터 선택되고 도약 시간 천이는 0에서  $N_h T_c$ 의 범위를 갖는다. 또한  $\delta$ 는 UWB 전송 시간도약 방식의 통신 시스템의 성능을 최적화하기 위해서 선택된 변조 지수를 나타낸다.

수신기의 안테나에서 수신된 신호 UWB 시간 도약 신호는 다음 식과

같다.

$$r(t) = \sum_{k=1}^{N_u} A_k s_{rec}^{(k)}(t - \tau_k) + n(t) \quad (3-2)$$

여기서  $A_k$ 는 k번째 수신기로부터 수신된  $s_{rec}^{(k)}(t - \tau_k)$  신호의 전파 경로상의 감쇠를 나타내는 값이고  $N_u$ 는 다중 접속 시스템의 사용자수이다.  $\tau_k$ 는 송신기의 클럭과 수신기 사이의 비동기 시간을 나타낸다.  $n(t)$ 는 상관기 입력에 나타난 비-모노사이클 간섭을 나타낸다.

그림 4-1은 수신기 안테나에서 수신된 전형적인 모노사이클  $w_{rec}(t)$ 을 나타낸다.

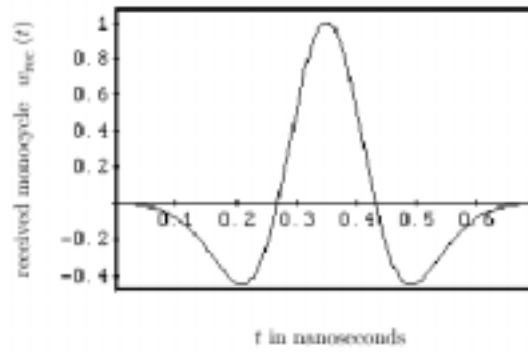


그림 3-6 모노사이클 신호 파형

그림 3-7은 0.156ns가 되도록 선택된 변조 지수  $\delta$ 을 갖는 신호 파형을 나타내고 있으며,  $\delta$ 만큼 시간 천이된 두 개의 UWB 신호 펄스의 차이이다.

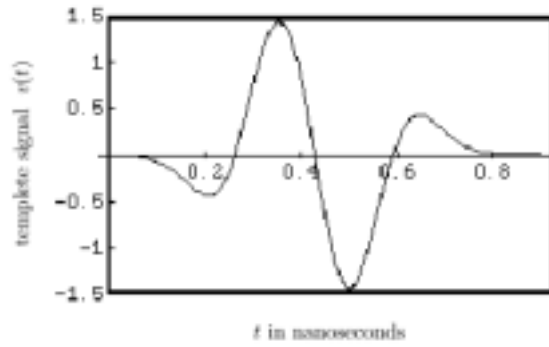


그림 3-7. 두 개의 모노사이클 차에 의한 템플릿

이렇게 송수신된 신호는 수신기의 시간-상관기에 의해서 신호가 탐지되고 신호를 복원하게 된다. 시간-상관기의 출력신호는 다음 식(3-3)과 같다.

$$\text{"decide } d_0^{(1)} = 0" \iff \underbrace{\sum_{j=0}^{N_s-1} \overbrace{\int_{\tau_1+jT_f}^{\tau_1+(j+1)T_f} r(t)v(t-\tau_1-jT_f-c_j^{(1)}T_c)dt}^{\text{pulse correlator output} \triangleq \alpha_j}}_{\text{test statistic} \triangleq \alpha} > 0, \quad (3-3)$$

상관기의 출력신호는  $v(t) \equiv w_{rec}(t) - w_{rec}(t - \delta)$ 이다. 이러한 상관 특성을 이용하여 전송된 신호를 검파하게 된다. 시험 통계(Test Statistic)  $\alpha$ 는 상관기의 상관 신호  $v(t)$ 의  $N_s$ 개의 상관값  $\alpha_j$ 의 합으로 이루어지며, 식(3-3)에 의해서 어떤 정보가 전송되었는지를 결정하게 된다. 모든 시간 도약 시퀀스를 갖는 다중 사용자 환경에서 최적화된 검파가 이루어지게 하려면 수신기의 구조가 굉장히 복잡해진다. 따라서 이동 통신과 같은 많은 사용자가 있는 다중 접속 환경에서는 UWB 전송 방식이 적합하지 않을 수 있다. 그러나 홈 네트워킹, 무선 LAN이나 ATM과 같은 환경에서는 큰 장점을 갖는다.

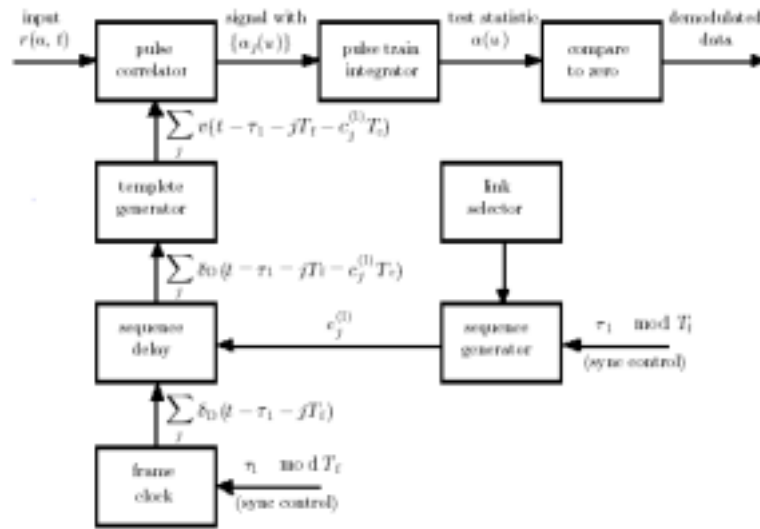


그림 3-8. 시간 도약 시스템의 수신기 블록도

그림 3-8은 시간 도약 시스템의 수신기의 블록도를 나타낸다. 수신기의 입력 신호는 펄스 상관기를 통해서 상관 신호  $a_j(u)$ 을 출력하고 이 상관 신호의 출력이 펄스 열 적분기의 입력으로 사용된다. 적분기의 출력은 시험 통계값을 나타내고 비교기에서 출력값을 비교하여 복조한 데이터를 얻게된다. UWB 전송 방식의 시간 도약 다중 접속이 다른 시스템에 적용되고 또한 연계성을 고려하려면 다른 통신망 시스템의 프로토콜과 데이터 교환 방식에 대해서 먼저 고려되어야 한다.

정보 데이터 교환 방식에는 회선 교환 방식과 패킷(Packet) 교환 방식 두 가지가 있다. 회선 교환 방식은 현재 음성 통신을 위한 유선 통신망에 많이 사용하고 있다. 회선 교환 방식은 point to point로 접속되는 형태로써 A점 통신망의 한 스테이션에서 B점 통신망의 다른 스테이션에 통신을 요구하면 A점에서 B점까지의 회선 하나를 고정 할당하여 사용하는 방식이다. 이때 사용중인 회선은 다른 사용자가 점유할 수 없으며, 다른 회선을 할당받아야 하는데 교환기에서 회선을 할당하게 된다. 이 회선 교환 방식은 오랜 시간 정보 전송에 적합하다. 회선 교환



방식에서는 FDM(Frequency Division Multiplex)이나 TDM(Time Division Multiplex)과 같은 다중화 기술이 사용된다. 패킷 교환 방식은 송신기에서 발생된 정보를 일정한 크기의 단위로 나누어 메시지 정보를 발생시키고 일정한 크기로 나뉘어진 정보에 헤더(Header)와 트레일러(Trailer)라고 하는 제어 신호를 부가하여 통신에 사용하는 방식을 말한다. 제어 신호에는 수신기의 주소와 통신망에서 수신기를 찾기 위한 경로 제어 정보가 담겨진다. 패킷의 구조를 그림 3-9에 나타내었다.

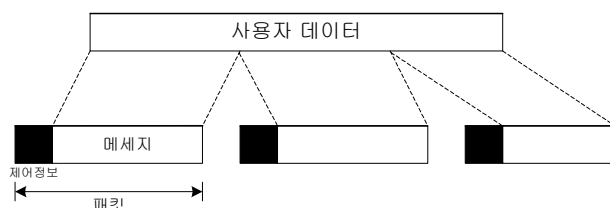


그림 3-9. 패킷 데이터의 구조

다수의 사용자가 통신 자원을 공유하기 위해서 사용되는 기술에는 다중 접속 방식이 있다. 다중 접속 기술은 다중화 기술을 기초로 하여 공동 채널을 이용한다. 이러한 다중 접속 기술에는 TDMA(Time Division Multiple Access), FDMA(Frequency Division Multiple Access), CDMA(Code Division Multiple Access), PAMA(Pulse Address Multiple Access), THMA(Time Hopping Multiple Access) 등이 있다. TDMA는 사용자가 전체 주파수 대역을 사용할 있지만 항상 제한된 시간 내에서만 정보를 전송할 수 있다. 이와 같은 시간 영역을 슬롯(Slot)이라고 한다. FDMA는 어느 시간에도 정보를 전송할 수 있지만 일정 주파수 스펙트럼 영역에서만 정보를 전송할 수 있다. 또한 타 주파수 스펙트럼에 간섭을 주지 않기 위해서 보호 영역이 필요하므로 주파수 스펙트럼의 낭비가 있을 수 있다. 부호 분할 접속 방식인 CDMA는 일정한 부호를 다수의 사용자가 분할 사용하는 방식을 말한다. 부호 분할 다중 접속 방식에는 주파수 도약 방식과 대역 확산 방식 두 가지가 있

다. 주파수 도약 방식은 제한된 주파수 대역을 더 작은 주파수 대역으로 분리하여 사용자에게 할당하는 방식이고 대역 확산 방식은 일정 길이의 부호가 갖는 확산 대역을 전력적 측면에서 공유 방식으로 사용한다. PAMA는 일종의 TDMA방식으로 채널마다 할당된 슬롯이 없으며 데이터 전송을 필요로 하는 채널을 우선적으로 사용하는 방식을 말한다. THMA는 위에서 언급한 시간 도약 다중 방식을 일컬으며 사용자에게 할당된 일정 부호에 의해서 신호가 시간상에서 도약함으로써 다중 접속하는 방식이다. 그림 3-10은 위에서 언급한 다중 접속 방식을 나타낸다.

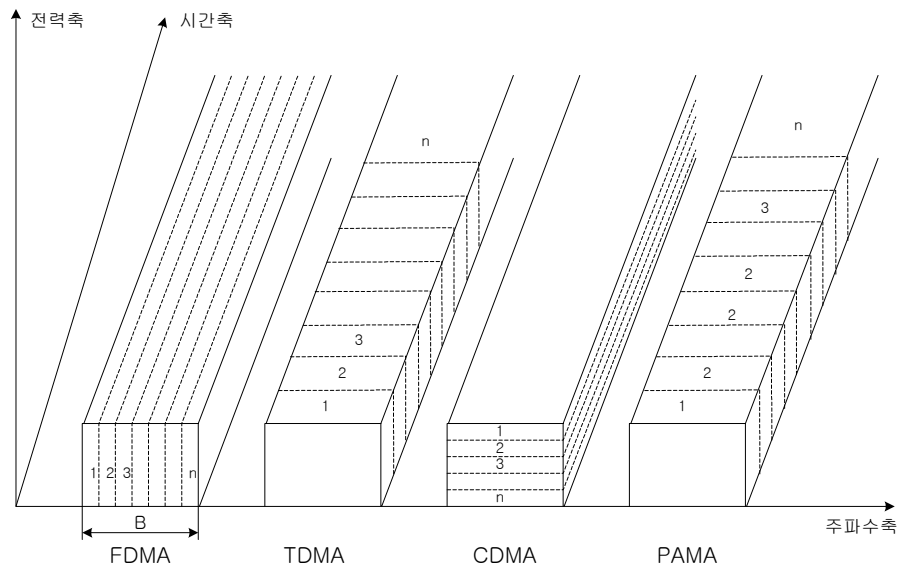


그림 3-10. 공동 채널을 공유하기 위한 다중 접속 방식

표 3-1은 다중 접속 방식의 비교표이다. UWB 적용 방식인 THMA의 비교 성능이 다른 접속 방식에 비해서 뒤떨어지지 않는다. 그러나 CDMA/TDMA 또는 CDMA/FDMA와 같은 조합 방식을 적용하기 힘들기 때문에 지금의 개인 휴대 통신에서처럼 사용자의 수가 많지 않다.

UWB 전송 방식의 THMA를 이용한 채널을 공유할 수 있는 최대 사용자 수는 펄스 반복 주파수인 PRF에 의해서 제한될 것이다. 사용자를 증가하려면 PRF를 낮게 해야하는데 이때는 정보 전송률이 저하되기 때문에 두 가지를 최적화 할 수 있는 조건이 필요하다.

표 3-1. 다중 접속 방식의 비교

	전송 효율	채널 동기	네트 동기	전송 속도	내멀티 패스 페이딩	피크 전력	전송 지연	필터 난이도
FDMA	대	용이	불요	저속	양호	저	소	곤란
TDMA	대	Burst	필요	중속	대책요	고	소	용이
CDMA	소	Code	불요	저속	대책요	저	소	용이
PAMA	소	Burst	불요	고속	대책요	고	대	용이
THMA	대	Burst	불요	고속	양호	저	소	용이

위에서 설명한 다중 접속 기술은 채널을 공유하는 다중 접속 형태이지만 또 다른 형태의 다중 접속 형태가 있다. 이는 통신망에 접속된 사용자가 랜덤하게 정보를 전송하는 통신망 접속 기술로써 경쟁적으로 정보를 전송하는 방식을 채택하고 있다. 이러한 다중 접속 기술은 Pure-ALOHA(Pure - Additive Link of Hawaiian Area : 이하 ALOHA)에서 시작되어 Slotted ALOHA, CSMA(Carrier Sense Multiple Access), CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)등의 기술로 발전하였다. ALOHA는 정보를 전송하고자 하는 사용자가 다른 사용자의 정보 전송 여부에 관계없이 정보를 전송하는 시스템으로 가장 단순한 프로토콜의 구조를 갖는다. 다수의 사용자가 동시에 정보를 전송하면 상호 충돌이 발생되어 전송이 실패했다는 의미로 송신자가 정보를 재전송을 시도하게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 시간 개념의 슬롯으로 구분하여 패킷의 충돌을 감소시키는 것으로써, 제한된 전송 시간 영역을 사용하는 방식이 Slotted ALOHA이다. Slotted

ALOHA에서 발생된 패킷은 시간 슬롯의 시작 부분에서만 패킷 전송을 할 수 있으며 패킷을 전송할 수 있는 시간이 지나면 그 다음 시간 슬롯 주기에 패킷을 전송할 수 있다. 그림 3-11은 ALOHA의 전송 방식을 설명한 것이다.

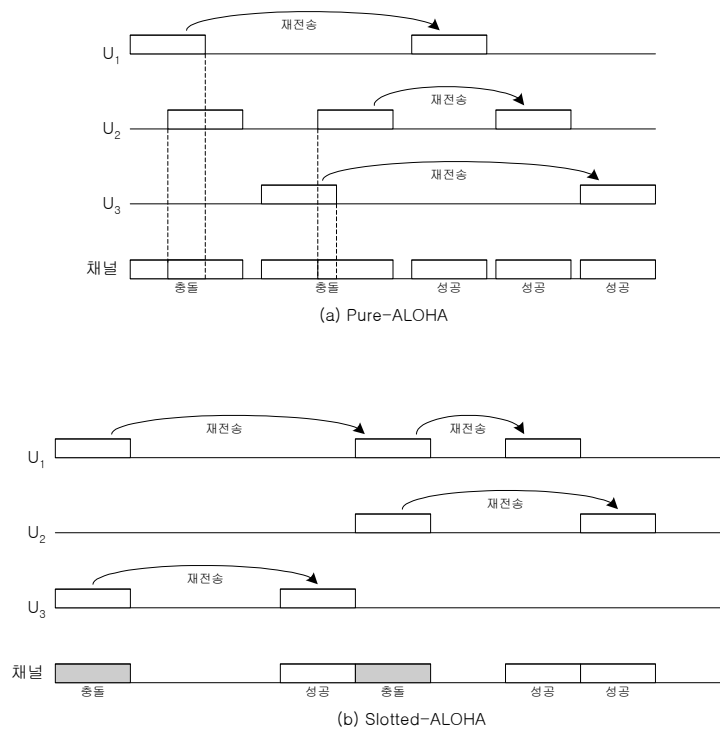
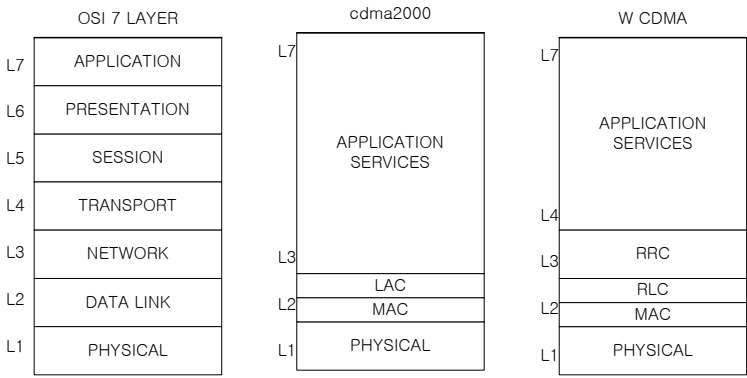


그림 3-11. ALOHA 전송 방식

최근 관심이 되고 있는 지능 교통망(ITS)은 Slotted ALOHA 전송 방식과 직접 대역 확산 방식을 사용하고 있다. UWB 전송 방식의 THMA 방식이 지능 교통망에 적용이 가능할 것이다. CSMA(Carrier Sense Multiple Access) 방식은 시간 슬롯이나 주파수 대역 등을 미리 할당하지 않고 정보를 전송하기 전에 채널 상태를 검사하는 방식으로 채널이 휴지 상태이면 정보를 전송하고, 채널 상태가 사용중이면 정보를 전송하지 않는다. 그러나 채널의 전파 지연에 의한 충돌이 발생할 수 있다. 원거리에 위치한 스테이션이 정보를 전송한 상태에서 근거리 스테이션

이 채널을 검사할 때 전파 지연에 의해서 채널이 휴지 상태라고 간주하고 정보를 전송한 경우 충돌이 발생한다. 이러한 충돌을 방지하기 위해서 보완된 CSMA가 CSMA/CD방식이다. 이렇게 전송 방식과 데이터 교환 방식에는 정확한 송수신과 데이터 처리에 필요한 제반 사항을 규정하는 규약이 있는데 이를 프로토콜(Protocol)이라고 한다. 통신 시스템이 사전에 약속된 방식 즉 프로토콜을 준수하지 않으면 전기적인 신호 즉 정보가 올바르게 전송될 수 없다. UWB 전송 방식을 사용한 통신 시스템은 타 통신 시스템에 적용되거나 연계되기 위해서는 각 통신망 시스템에서 사용되는 프로토콜을 준수하여야 한다. 이런 이유로 타 통신망과의 연계에는 다른 인터페이스 장치들이 필요하며 여러 통신 시스템의 프로토콜을 분석하여야 한다.

그림 3-12는 표준화된 OSI 참조 모델 7계층 구조와 여타 유/무선 통신망의 프로토콜 구조를 나타낸다.



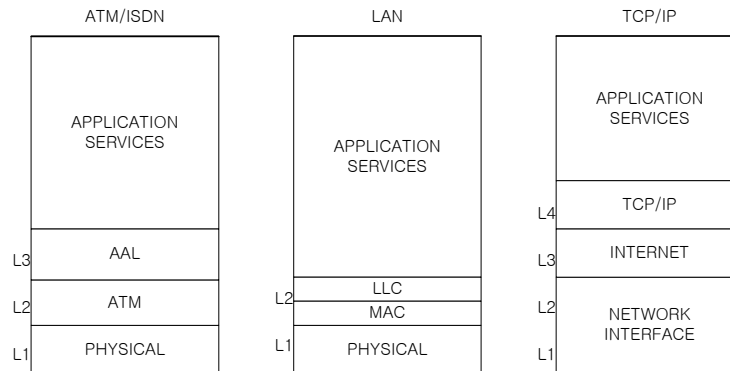


그림 3-12. 유/무선 통신망 프로토콜 구조

통신망 시스템에 적용될 수 있는 UWB 전송 방식의 통신망으로는 주로 정보 통신 네트워크인 무선 LAN 시스템, Bluetooth 시스템, ITS망 시스템 등이 있고 무선 LAN이나 Bluetooth 시스템은 유선 네트워크, 예를 들어 ATM(Asynchronous Transfer Mode)나 ISDN(Integrated Services Digital Network), WAN(Wide Area Network), LAN(Local Area Network)등에 연계가 가능하고 직접적으로 프로토콜을 교정함으로써 통신망 사이의 호환이 가능하다. 따라서 타 통신망과의 호환이나 연계를 하기 위해서 여러 통신 시스템의 프로토콜과 데이터 프레임에 대해서 먼저 알아야 한다. 1977년에 모든 통신망을 개방하기 위한 ISO에서 발표한 표준화된 OSI 참조 7계층 구조의 프로토콜이 있으나 현 사용하고 있는 여러 통신망 시스템은 이러한 표준화된 프로토콜을 사용하지 않고 각 통신망에 더 효율적인 형태의 교정된 프로토콜을 사용하고 있다.

그림 3-13에서 나타낸 것처럼 다른 통신망과 연계하기 위해서는 통신망에서 채택한 프로토콜에 부합하는 데이터 형태를 전송하면 각 통신망 시스템은 자신의 프로토콜에 맞는 전기적인 신호를 수신한다. 이러한 프로토콜은 일반적으로 세 가지 요소인 형식(Syntax), 의미(Semantics), 타이밍(Timing)으로 구성된다. 형식은 데이터의 사양과 부호화 방법 그

리고 전기적인 신호 전압의 레벨 등을 정의하고 의미는 오류 제어, 동기 및 흐름 제어 등의 각종 제어 절차에 관한 제어 정보 등을 정의하고 타이밍은 송수신단간 또는 통신 시스템과 교환망과의 통신 속도 및 시퀀스 등에 대한 정의를 한다. 구체적인 프로토콜의 기능은 정보의 분할 및 조립, 정보의 캡슐화, 연결 제어, 흐름 제어, 오류 제어, 동기화, 순서 지정, 주소 지정, 이름 지정, 다중화 및 역다중화 그리고 전송 서비스이다. OSI RM(Open Systems Interconnection Reference Model)은 7개의 계층으로 구성되고 각각의 계층은 독립적인 개념으로 사용된다. 각 계층에는 엔터티(Entity)로 정의된 통신 기능의 집합체가 존재한다. 이 엔터티는 서브루틴과 프로세스를 나타내고 동등 엔터티(Peer Entity)사이에는 SAP(Service Access Point)로 정의되는 인터페이스 점이 존재한다. 이러한 엔터티와 SAP으로 접속된 엔터티 사이에 전송되는 데이터 유닛(Data Unit)은 인터페이스 데이터 유닛(Interface Data Unit)과 프로토콜 데이터 유닛(Protocol Data Unit)으로 구성되어 있다. 실제 통신 시스템에서는 데이터 유닛들이 전기적인 신호로 변환되어 물리적인 전송 매체를 통해서 전송된다. 동등 엔터티 사이에서 전송되는 사용자 데이터를 서비스 데이터 유닛(SDU : Service Data Unit)라 하며 서비스 제공자는 SDU에 프로토콜 제어 정보(PCI : Protocol Control Information)라고 하는 헤더를 부가하여 전송한다. PDU는 서비스 사용자가 요구하는 데이터 전송을 위한 것으로 동등 엔터티간에 전송되는 데이터 유닛이지만 SAP을 통해서 연결된 하위 계층의 서비스를 제공받아 상대방 통신 시스템의 동등 엔터티로 전송한다. 이때 서비스 사용자인 상위 계층에서 서비스 제공자인 하위 계층으로 전달되기 위해서 부가되는 필요한 정보를 인터페이스 정보(ICI:Interface Control Information)라고 하며 ICI는 PDU의 앞에 부가된다.

그림 3-13은 프로토콜 데이터 유닛과 인터페이스 데이터 유닛을 나타낸다.

PCI:Protocol Control Information	SDU:Service Data Unit
----------------------------------	-----------------------

(a)프로토콜 데이터 유닛의 구조

ICI:Interface Control Information	PDU:Protocol Data Unit
-----------------------------------	------------------------

(b)인터페이스 데이터 유닛의 구조

그림 3-13. 데이터 유닛(Data Unit)

OSI 참조 모델 7계층 구조에서 물리 계층은 최하위 계층으로써 정보 전송을 위한 물리적 전송 선로의 기능을 제공하고 정의하는 계층이다. 데이터 링크 계층은 두 번째 계층으로써 전송 선로 상에서의 정보 전송을 담당한다. 물리계층에서 제공받은 데이터를 물리적 전송 선로를 통해 오류 없이 정보를 전송하는 기능을 담당한다. 네트워크 계층은 세 번째 계층으로써 호의 성립과 해제, 데이터 경로의 설정 및 데이터 흐름 제어 등의 수순적인 기능을 제공한다. 투명한 데이터 전송기능을 제공하는 전송계층은 고신뢰성, 저가의 통신 서비스를 제공한다. 세션(Session) 계층에서는 통신 시스템간의 대화 기능을 제공한다. 대화 제어를 위해서 전송하는 정보의 일정한 부분에 체크점을 두고 수신단에서 체크점을 수신하여 정보의 수신 상태를 측정하는 동기 서비스가 이용된다. 이러한 체크점을 동기점이라고 한다. 세션계층에서는 데이터의 교환 절차, 특정 사용자 대화의 해제와 동기 등의 지원 기능을 제공한다. 표현 계층은 응용 계층 프로세서들의 서로 다른 데이터 표현에 독립성을 부여한다. 응용계층에서 발생하는 데이터들을 전송할 할 수 있는 데이터 형태로 변화시키고 전달받은 데이터를 응용계층이 해석할 수 있는 데이터 형태로 전달하는 기능을 제공한다. 마지막으로 응용계층은 매우 광범위한 정의가 이루어진다. 각 통신망의 프로토콜에 대해서 간단하게 알아보자.

그림 3-12에 LAN에 대한 프로토콜 구조를 나타내었다. 매체 접속 제



어 계층(MAC : Media Access Control)과 논리 링크 제어 계층(LLC : Logic Link Control)사이의 관계는 독립적이지만 MAC의 기능은 LLC 계층에서 전달된 프레임을 다른 LLC계층에 전달하는 것이다. 이렇게 전달된 데이터는 MAC 절차에 따라서 MAC 헤더(Header)와 MAC 트레일러(Trailer)를 붙여 하나의 프레임으로 전송함으로써 이루어진다. LAN방식에는 여러 가지 전송 방식이 사용되고 그에 따른 MAC의 프레임도 달라지지만 여기에서는 두 가지 전송 방식을 위한 MAC의 프레임 구조만을 나타내었다. 첫 번째로 CSMA/CD의 MAC 계층의 프레임 구조는 그림 3-14와 같다.

프리앰블	시작 구별자	송신기 주소	수신기 주소	길이	데이터	패드	프레임 체크 시퀀스
------	--------	--------	--------	----	-----	----	------------------

그림 3-14. CSMA/CD 방식의 프레임 구조

프레임을 구성하는 각각의 기능별 단위는 다음과 같다.

- 프리앰블 : 7바이트로 구성되며 수신단 측에서 동기를 맞추기 위해 사용된다.
- 시작 구별자 : 1 바이트로 구성되며 프레임 시작을 나타낸다.
- 송/수신기 주소 : 2 또는 6 바이트로 구성되며 통신망의 어느 점의 주소를 나타낸다.
- 패드(Pad) : 가변 길이이고 송신측이 전송을 끝내기 전에 충돌 발생을 감지할 수 있게 해준다.
- 프레임 체크 시퀀스(FCS : Frame Check Sequence) : 4바이트로 구성되며 프레임의 오류 발생 여부를 검사한다.

두 번째로 토큰 링 LAN 프로토콜은 CSMA/CD와는 다르게 토큰 전달 방식을 통해 우선 순위와 유한한 지연 시간을 보장하는 통신망으로써 프레임 전달 시 충돌이 발생하지 않는다. 그림 3-15은 토큰 링 프로토콜의 MAC 계층의 프레임 구조를 나타낸다.

시작 구별자	접속제어	프레임제어	수신자 주소	송신자 주소	데이터	FCS	종료 구별자	프레임 상태
--------	------	-------	--------	--------	-----	-----	--------	--------

그림 3-15. 토큰 링 방식의 프레임 구조

프레임을 구성하는 각 단위의 기능은 다음과 같다.

- 시작/종료 구별자 : 1바이트로 구성되며 토큰 프레임의 시작과 종료를 나타낸다.
- 접속제어 : 1바이트로 구성되며 토큰 비트가 1로 되어 있으며 이 비트가 수신되어야 토큰 프레임임을 판별할 수 있다.
- 프레임 제어 : 1바이트로 구성되며 프레임을 구분하는 2비트는 MAC이나 LLC프레임을 나타내고 제어 비트는 MAC프레임의 종류를 나타낸다.
- 송/수신자 주소 : 송/수신기의 주소를 나타낸다.
- FCS : 4바이트로 구성되며 프레임의 오류 발생 유무를 검사한다.
- 프레임 상태 : 1바이트로 구성되며 프레임 수신에 대한 두 가지 정보를 나타낸다.
  - + A 비트 : 프레임내의 목적지 주소가 스테이션에 의해서 인식되었는지 판별한다
  - + B 비트 : 수신 스테이션이 프레임을 복사하였는지 유무 판별한다.

ATM 프로토콜은 AAL(ATM Application Layer)인 3번째 계층에서 송신측에서 보낸 데이터를 48바이트로 분할하는 계층이다. ATM 계층은 48바이트의 사용자 정보에 5바이트의 헤더(수신자 정보)를 추가하는 계층이고 물리층은 ATM계층에서 오는 ATM셀에 빈 셀을 추가하여 SDH 프레임에 집어넣는다.

그림 3-16은 SDH(Synchronous Digital Hierarchy) 프레임 구조를 나타낸다.

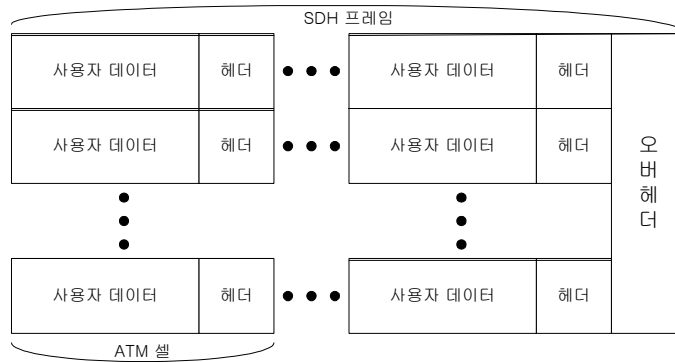


그림 3-16. SDH(Synchronous Digital Hierarchy) 프레임 구조

ATM의 표준 프로토콜의 각 계층의 역할과 데이터의 흐름을 그림 3-17에 나타내었다.

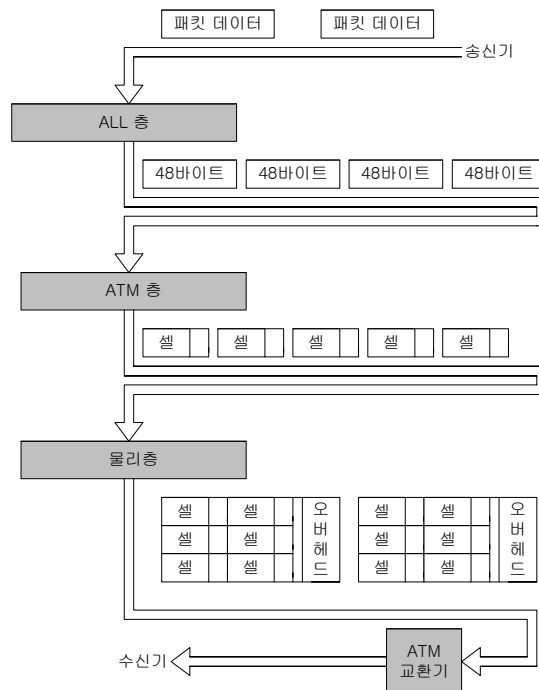


그림 3-17 ATM 네트워크에서 각 계층의 역할과 데이터의 흐름

그림 3-17에서 알 수 있듯이 패킷 데이터는 AAL(ATM Adaptation Layer)이라고 하는 계층에서 48바이트로 분할되고 ATM층에서 상대방의 수신처 정보 등을 포함하는 5바이트가 부가되어 ATM의 기본데이터 단위인 53바이트의 셀을 형성하게 된다. 또한 물리층에서 비어있는 셀이 셀에 부가시켜 필요한 수만큼의 SDH 프레임 내를 채운다. 예를 들면, 156Mbps의 전송속도를 갖는 ATM의 경우 SDH 프레임을 1초간 8,000프레임 정도 전송할 수 있으며 ATM 교환기를 경유해서 데이터를 상대방의 컴퓨터에 송신할 수 있다.

53바이트 셀을 처리하는 계층이 ATM층이다. ATM셀의 헤더 부분에는, 사용자-망 인터페이스(UNI : User Network Interface)의 경우 사용자의 국부망(LAN, ISDN등)내의 단말간 데이터 흐름 제어에 사용되는 GFC(Generic Flow Control) 필드가 있는데 비해, 네트워크 노드 인터페이스(NNI : Network Node Interface)에는 망 안에서 사용될 많은 가상 경로 식별자(VPI : Virtual Path Identifier)의 지원에 대응되는 필드가 가상 경로 식별자 필드가 있다. NNI에서 가상 경로 식별자 필드는 12비트로 되어있다. 채널을 여러 가닥 다발 지은 것을 가상 경로라 하고 데이터를 실제로 운반하는 회선을 가상 채널이라고 한다. 가상 채널을 조작하는 장치는 종래의 교환기에 해당하고 가상 채널 핸들러(VCH : Virtual Channel Handler)라 하며 이를 통칭 ATM 교환기라 하고 가상 채널 핸들러 간에 설정되는 가상 패스의 통신 채널(VPC : Virtual Path Connection)을 중계하는 종래의 크로스 커넥터에 상당하는 장치를 가상 경로 핸들러(VPH : Virtual Path Handler)라 하고 통칭 ATM 크로스 커넥터라 한다. 실제로 VP는 대역 용량을 가변 시킬 수 있으며 VC는 실제로 데이터가 전송하는 통신로이다. 네트워크 통신에서는 계절이나 주야로 통신량이 가변하므로 트래픽이 심할 경우, 가상 경로를 통하여 용량을 자유롭게 가변 할 수 있다. 또한 통신 채널이 중복되는 경우, 데이터를 일시적으로 저장할 수 있는 버퍼를 가지고 있고 이 버퍼에도 셀이 충분하게 되면 우선 전송할 셀과 폐기할 셀을 구분하여 따

로 취급하고 있다. 그림 3-18은 ATM 네트워크의 물리적 대역에 따른 VP와 VC를 나타낸다.

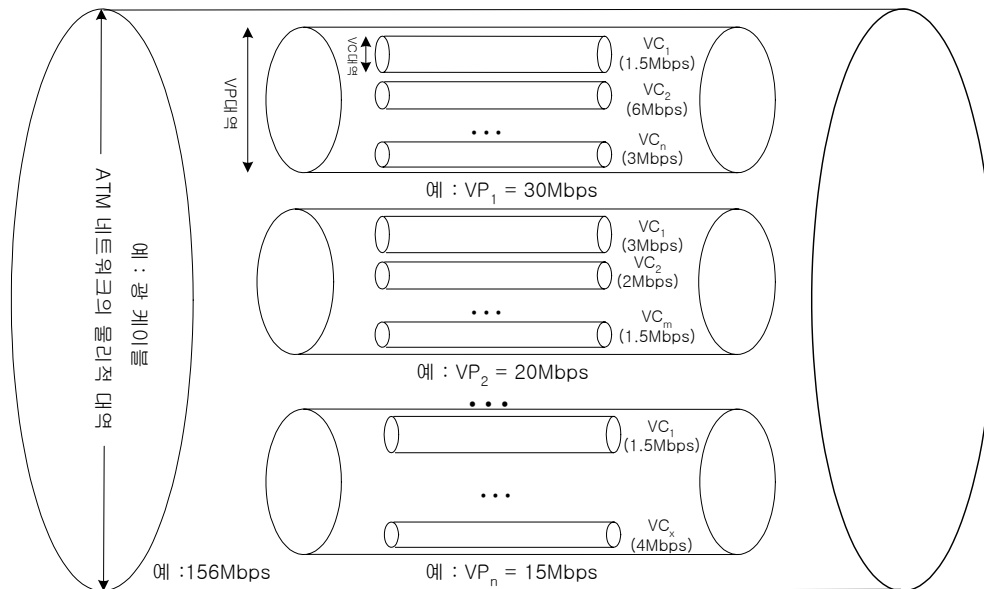


그림 3-18. ATM 네트워크에서 VP와 VC의 역할

가상 경로 식별자와 가상 채널 식별자는 ATM 라우터 필드이다. 즉 ATM 셀이 어떤 경로를 선택하는가를 결정하는 필드이다. UNI에서는 가상 필드 식별자가 8비트, 가상 채널 식별자가 16비트씩 갖추어져 있지만, 실제로 사용되는 필드의 길이는 가입하는 망에 따라 제한되고 있다.

UWB 전송 시스템은 낮은 전송 전력을 갖는 극히 넓은 전송 대역을 필요로 하기 때문에 군사 통신망에 고려되어 질 수 있으며 그 이유는 UWB 전송 방식은 타 수신기의 낮은 검파 특성과 타 수신기에 대한 간섭성을 갖기 때문이다. 상업적인 분야의 적용은 무선 LAN이나 공장 자동화의 네트워크와 같은 짧은 커버리지 영역 통신망 시스템이나 홈 네트워크에 적절하다. 나아가 ATM에 기반을 둔 네트워크와 같은 셀을

기반 전송을 위한 광대역 무선 ATM 네트워크나 고속 UWB 하부 시스템 등에 UWB 전송 방식이 적용될 수 있다. 고속 하부 시스템에 대한 언급은 아래 부분에 기술하였다. UWB기술이 PCS 이동 단말기를 사용한 통신 시스템의 구성에 ATM 망을 사용할 경우, 이동 단말기에서 무선 네트워크 사이와 기지국에서 ATM 망사이에 인터페이스가 필요하게 된다. UWB 전송 방식을 ATM 망 기반 이동 통신 시스템에 적용하기 위해서는 세 가지 요소가 필요하다. UWB 전송 시스템의 하부 시스템으로 필요로 하는 구성 요소에는 EMSC(Enhanced Mobile Switching Center)와 무선 기지국(Radio Station) 그리고 이동 단말기(Portable Communication Unit)가 있다. EMSC는 한 지점의 ATM 네트워크에서 다른 지점의 기지국에 접속할 수 있는 교환국이다. 기지국은 무선 네트워크와 이동 단말기사이의 인터페이스로써 서비스를 제공한다. 이동 단말기는 사용자와 통신 시스템 사이의 인터페이스로 사용자 발생 신호를 적절한 형태로 변환하여 무선 채널상에서 전송되게 한다. 위에서 언급한 ATM은 실제 고정(Fixed) 통신 시스템으로 구성되어 있다. 따라서 기지국 사이의 높은 데이터 전송율과 잦은 핸드오프를 지원하기 위해서는 무선 개념에서의 ATM 개념을 일반화하여야 할 필요성이 있다.

ATM은 위에서 언급한 것처럼, 기본적인 전송 메카니즘으로 가상 경로(VP : Virtual Path)와 가상 채널(VC : Virtual Circuit)이 있다. 이는 접속 초기와 접속이 유지되는 동안 그리고 접속 끊어지는 순간에 이루어져야 한다. 일단 접속이 이루어지면, QoS(Quality of Service)를 보장하기 위해서 어느 정도의 자원(Resource)은 통신 근원지에서 목적지까지의 경로를 따라서 보존된다. 사용자가 고정적이기 때문에, 접속된 상태와 이에 부합하는 자원 할당은 접속이 차단될 때까지 고정적으로 남아있다. 그러나 접속 시간대에서 이동 통신망에서는 채널 조건의 변화와 사용자의 이동성 때문에 사용자의 네트워크 접속점이 변하게 된다. 또한 사용자의 접속은 핸드 오프(Handoff)가 발생 시에 새로운 기지국에 접속하기 위한 채널을 재설정하여 할 필요가 있으며 여기에는 한가지 규칙이 필요한데, 새 기지국이 재설정되면 주파수 대역도 재할당되

어져야 한다는 것이다. 만약 마이크로 셀이나 피코 셀 시스템에서 접속과 재접속이 네트워크 호(Call) 프로세서(Processor)와 잦은 핸드오프에 의해서 이루어진다면, 호 프로세서는 단일 접속에 의해서 소비되는 시간이 굉장히 많아질 것이다. 이러한 문제를 완화하기 위해서, 계층 구조 네트워크와 무선 VC 개념이 적용된다. 이러한 시스템에서는 EMSC가 무선 하부 시스템을 고정 ATM네트워크로부터 분리한다. 무선 통신망에서는 VC의 개념을 일반화한 두 가지 개념이 있다. 무선 가상 채널(WVC : Wireless Virtual Circuit)로써 무선 단말기를 EMSC에 접속하는 VC와 고정 네트워크에 접속을 제공하는 ATM 원래의 VC(ATM VC) 두 가지 VC가 사용된다. 사용자가 로밍(Roaming)할 때 동일한 EMSC 서비스 영역에 남아있는 한 고정VC/VP는 교환시키지 않고 사용자가 새로운 영역으로 이동할 때 무선 부분만 업데이트한다.

그림 3-19는 무선 하부 시스템에 대한 프로토콜 계층을 나타낸다.

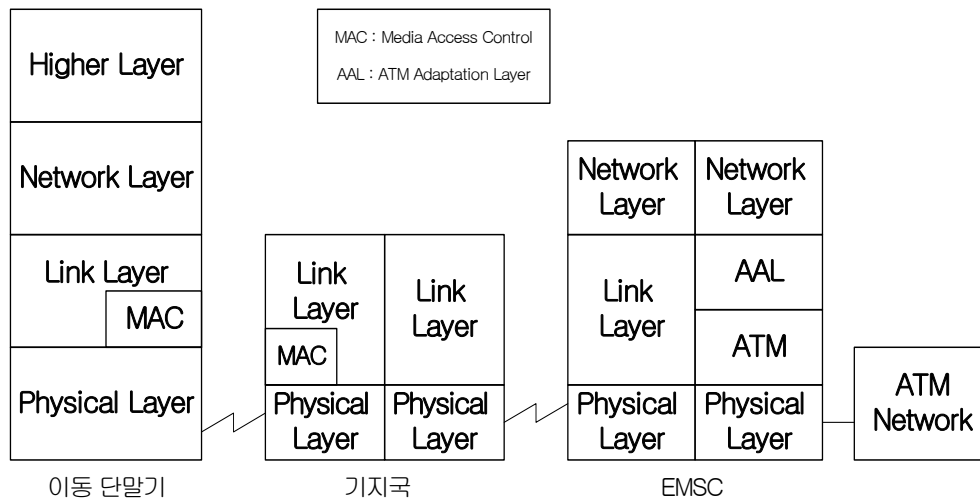


그림 3-19. THMA가 적용된 무선 통신망 프로토콜 계층

UWB 전송 방식을 이용한 ATM 통신망의 연계는 그림 4-14에서처럼 기지국과 ATM 망을 연결할 수 있는 기지국 사이에 EMSC라는 인터페이스가 필요하다. 이 EMSC는 이동 단말기를 사용하는 UWB 통신

망에서의 프로토콜과 ATM 통신망에 연계가 가능한 프로토콜 기능을 가져야 한다.

ATM에서 가변 용량 채널을 위해서 VC와 VP의 개념을 사용한다고 하였다. 이러한 개념은 무선 하부 시스템에서 일반화되어 사용된다. 따라서 무선 하부 시스템에서의 이것에 대한 일반화한 개념을 알아보아야 한다. ATM 네트워크 망에서의 VC와 VP 개념은 고정 통신이지만 UWB에 적용되는 경우는 단말기가 이동성을 갖기 때문에 End to End 접속을 두 부분으로 나눈다. 기존의 유선 ATM 부분과 무선 Hop으로 나눈다. 유선 부분은 가능한 유지되고 무선 부분은 사용자의 이동성에 따라 변하게 한다. 이러한 구분의 장점은 EMSC에서 오류 제어가 실현 되게 한다는 것이다. 무선 채널은 유선 채널에 비해서 채널 조건이 좋지 못하기 때문에 BER(Bit Error Rate)이 좋지 못하기 때문에 EMSC에서 이러한 오류를 정정할 수 있는 기능을 가지도록 설계된다. 무선 채널의 채널 조건의 악화는 잦은 재전송을 야기하고 이 경우 기존의 유선 전송 채널에 있어서 사용하지 않는 대역이 존재하여 주파수 스펙트럼 효율이 떨어지게 된다. 문제를 해결하기 위한 한가지 해결 방안이 EMSC에 오류 정정 부화기를 장착하는 것이다. 이러한 방법이 오류가 유선 채널에 전송되기 전에 대부분 EMSC에서 정정되어지도록 한다. 이러한 시스템의 연결을 통하여 ATM 기반 UWB 전송 방식의 THMA 통신망이 이루질 수 있다. 그림 3-20은 AMT 통신망 기반 UWB THMA 방식을 적용한 이동 통신 시스템의 전체적인 구조를 나타낸다.



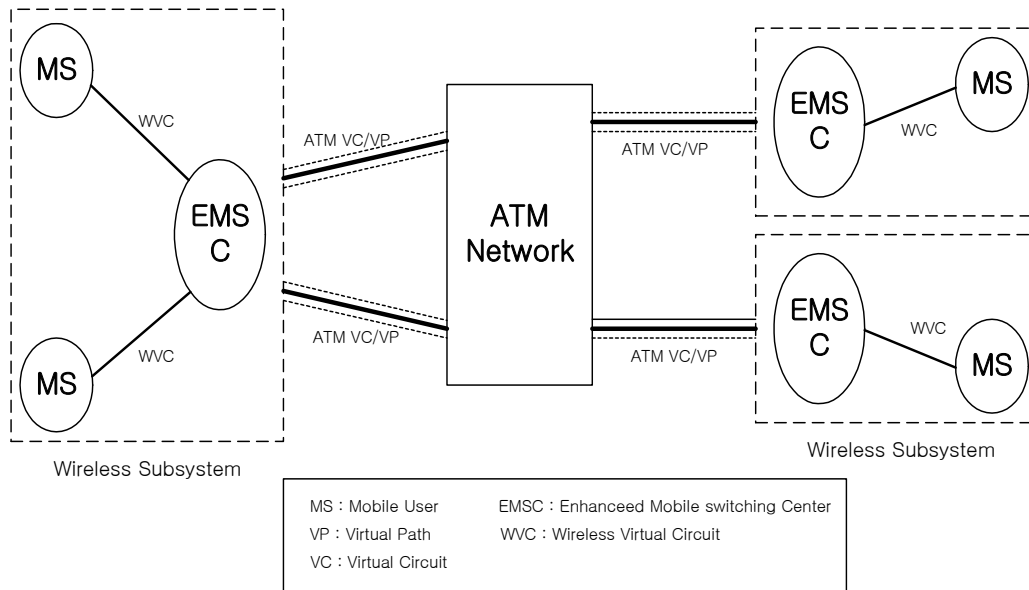


그림 3-20. 이동 단말기 사이의 WVC와 ATM VC/VP의 연결

무선VC와 ATM VC/VP에 대해 그림3-21에 나타내었다. 이 예는 두 명의 이동기 사용자가 있는 경우 접속을 보여준다. 초기 이동 단말기에서 EMSC로의 WVC들과 EMSC에서 지정된 이동 단말기는 ATM VC/VP에 의해서 연결된다. 만약 단말 이동기와 연결된 기지국이 바뀌게 되더라도 EMSC와 ATM VC/VP는 바뀌지 않는다. 단지 핸드오프가 발생하였을 때 WVC는 유지되거나 재 설정되어질 필요가 있다. 이러한 네트워크 구조와 WVC의 장점은 대부분의 핸드오프가 EMSC에서 빠르고 쉽게 수행된다는 것이다. 이상과 같이 ATM 네트워크를 기반으로 하는 UWB전송 방식의 적용을 알아보았다.

다음은 간략하게 유선 LAN(Local Area Network)과 무선 LAN의 연계와 적용 방안에 대해서 알아보자. 유선LAN과 무선LAN은 기본적으로 프로토콜을 사용하지만 무선 LAN은 유선 LAN과의 다른 점이 데이터가 전송되는 물리계층과 매체 접속 제어 계층인 MAC계층이 교정되어 사용되고 있다. 물리계층은 유선의 경우 광섬유 선로, 광케이블, 트

위스트 쌍 동선 등이고 무선인 경우 물리계층은 무선채널이 된다. 유선 채널과 무선 채널은 상당히 다른 특성을 가지므로 물리 계층의 교정과 매체 접속 제어 층에서 어떤 방식으로 접속을 할 것인지를 나타낸다. 유선 LAN의 경우, ATM 기반 이동 통신 시스템과 같은 장거리 통신은 아니지만 ATM 통신망과의 연계방식과 유사하게 인터페이스 장치를 구성하면 기존의 유선 LAN 통신망과의 연계는 가능하리라 생각한다. 그림 3-21은 무선 LAN IEEE 802.11 프로토콜을 나타낸다.



그림 3-21. 무선LAN IEEE 802.11에서 검토된 프로토콜

물리계층에서는 물리 매체로 주파수 대역과 변조방식 등의 전송 매체 기술로 특징지어지는데 무선LAN의 매체는 일반적으로 주파수 대역이 1GHz에서 3GHz이고 변조 방식은 대역 확산 방식이나 협대역 변조방식을 사용한다. 또한 무선 LAN의 통신 거리가 대략적으로 100m이내이고 주파수 할당에 있어서 허가가 필요한 대역인지 아닌지 까지를 규정한

다. 물리계층에서 UWB 전송 방식은 주파수 대역 설정과 시간 도약 확산 방식을 사용한 기술들이 적용되어야 한다.

MAC 계층의 경우, 일반적인 유선 LAN과의 차이는 없지만 유선 채널의 베이스밴드 LAN과 같이 적용되는지 아니면 여러 개의 주파수나 코드를 할당받아 다 채널로 구분된 통신을 하는 광대역(Broadband) LAN으로 적용하는지가 문제가 될 것이다. 실제 UWB 전송은 임펄스(Impulse)성 무선 전송 방식이므로 THMA방식의 적용을 어떻게 정의하는가는 따라서 MAC층에서 해결해야 할 문제이다. 유선 LAN에서 베이스밴드 방식인 경우, 한 채널상에서 많은 스테이션 중 어느 것과 공유하는지를 MAC에서 해결하여야 한다. 무선 방식에 적용되는 채널의 공유 문제는 단일 채널을 더해 복수 채널의 관리까지가 MAC에서 규정되어야 한다. 이런 무선 LAN은 더 나아가 통신의 보안성까지 프로토콜에서 규정되어야 한다. 보안 문제에 있어서도 CDMA방식이 적용된 대역 확산 방식과 더불어 UWB 방식이 다른 전송 방식에 비해서 장점을 갖는다.

## 제 4 장. 다른 서비스와의 양립성 분석

UWB 신호의 본래 광대역 특성은 모든 종류의 무선 서비스를 위해 만들어졌던 주파수 분배에 대해 효과적으로 동작하는 UWB 장치를 의미하므로, 매우 광대역 시스템 상에서 동작하는 UWB 장치의 잠재적인 영향을 고려해 주어야 한다. 이를 위해 다음과 같이 기존의 무선 통신 서비스를 분류하고 이 시스템들과 UWB 시스템간의 상호 양립성에 대해서 알아보자.

### ■ 주된 육상 서비스 :

고정국(Point-to-Point & Point-to-MultiPoint), 이동국(시스템이 다양함)과 방송국(TV 와 Audio)

### ■ 공중 서비스 :

통신을 지원하는 지상장비와 항공기 및 네비게이션 서비스(GPS 포함)

### ■ 위성 서비스(GSO, MEO, LEO) :

고정국과 이동국을 지원하는 통신 링크(TT&C), 방송서비스, 원거리 센싱(Active and Passive 무선 센서 )

### ■ 위에 언급한 공중서비스 외의 Radio-Navigation/Radio-Location 및 무선 서비스

### ■ 전파 천문학(Radio-Astronomy)

### ■ Licence-Exempt 서비스

### ■ 아마추어 무선 통신

### ■ 위의 항목 대부분을 포함하는 군용시스템

## 제 1 절 육상 서비스

### 1 고정국(Fixed)

SE24 Draft Report는 셀룰러 이동통신 시스템의 기지국과 관련하여 P-MP 고정무선 접속형 시스템들과 관련된 중앙국들을 분석하였다. 또한, 높은 이득의 안테나로 동작하고 있는 수신기들의 더 넓은 환경조건에서 점대점(Point-to-Point) 고정 서비스 시스템을 분석하고 있다. 처음으로, 1km에서 10 km사이의 간섭 소스가 수신기에 극히 근접한 소스보다 심각하게 높은 간섭 위험을 일으키는 것을 증명하였다. 그것은 이득의 변화가 주 빔 영역의 변화에 의해 보상되므로 안테나의 이득은 중요도가 낮다는 것을 나타내고 있다. 결론적으로 중요한 것은 간섭이라는 것을 보여주고 있으며, 높은 위치의 안테나가 낮은 위치의 안테나보다 간섭을 적게 받는다는 것을 보여주며, 가장 높은 간섭 위험성은 간섭의 밀도에 의한 것이라는 결론이다.

그러나 이러한 결과들과 UWB 장치의 허용된 전력 스펙트럼 밀도 레벨의 정의 과정 사이에 명백한 연관성이 없다. UWB 장치들에 의한 간섭으로부터 적절하게 기존 서비스들을 보호하기 위해서는, 높은 이득 안테나로서 동작하는 무선 서비스 응용분야들의 격리 거리는 1 m 미만이나 그 이하로서 적용해야 한다.

SE24 Draft 보고서 후반부에는 3400 ~ 4200 MHz 대역에서 동작하는 44dBi 점대점 수신 터미널 상에 단일 UWB 장치의 영향을 고려하는 후속 분석이 있다. 이 분석은 구형태의 지구 전파[ITUR P.526-7 권고안]에 근거하고 있으며, 반사 영향과 초점을 맞추는 영향에 대한 6dB 마진을 포함하고 있다.

이러한 결과물들은 -90 dBW/MHz로 방사되는 UWB 장치가 3km 거리까지 허용할 수 있다는 것을 보여주고 있으며, -50 dBW/MHz의

EIRP 는 50km까지 허용 가능하다. 그러나 간섭을 갖는 여러 소스의 집합체가 더 중요한 요구조건이라는 것을 주의해야 한다.

## 2. 이동국(Mobile)

Multiple Access Communications Limited의 양립성 연구 보고서에서는 셀룰러 이동 수신기에서의 UWB 전송 영향을 조사하였다. 이 보고서에서는 평균 송신기 밀도와 경로 손실기능으로서 동일 간격에 위치한 UWB 수신기들로부터 간섭을 총계하는 분석표현법을 사용하였다.

이 표현은 주어진 마진에 의해 셀룰러 수신기의 노이즈 파워를 증가시키는 최대 UWB 전력 스펙트럼 밀도 레벨을 계산하는데 사용된다. 노이즈 한계와 간섭 한계 환경을 모두 고려해야 한다. 900MHz 및 1800MHz에서 동작하는 셀룰러 수신기에 있어서 송신기 밀도 대 최대 파워 스펙트럼 밀도 형식으로 결과를 나타낸다. 이 곡선들은 기존의 Part 15 한도 내에서 UWB 동작을 허용하는 송신기 밀도를 결정하는데 사용된다. 예를 들어, 분석결과가 만일 Part 15의 방출 제한을 충족한다면 시골지역에서 평방 킬로미터 당 최고 50대의 송신기를 사용할 수 있다는 것을 나타내고 있다. 도시 지역 CDMA 시스템 배치의 경우, 동일 전송 대역폭으로 평방 킬로미터 당 최고 100대의 송신기들이 동작할 수도 있다. 도시지역의 FDMA/TDMA 시스템 배치의 경우 최대 밀도는 평방미터 당 2,500대의 송신기로 계산된다.

Time Domain Corporation에서는 100×100m 지역을 몬테카를로 (Monte Carlo) 해석을 사용하여 하나의 UWB 시스템과 다수의 UWB 시스템의 간섭 차이를 조사하였으며, 1m 거리에 위치한 송신기로부터의 단일 시스템은 다수의 시스템보다 더 영향을 받는다는 결론을 내었다.

Multiple Access Communications의 연구에서는 이러한 분석법을 비

교하였다. 만일 1대의 UWB 송신기가 항상 1 미터의 거리에 있으면, UWB 시스템의 밀도가 증가하더라도 총 간섭에 중요한 영향을 주지 않는 것으로 결론 내렸다. 송신기의 밀도가 평방미터 당 1에서 10,000까지 증가할 때 총 간섭은 5dB 증가하는 것을 보여주고 있다. Multiple Access Communication의 연구에서 중요한 것은 수신기와 가장 근접한 UWB 송신기 사이의 최소 거리가 UWB 시스템의 밀도에 따라 변화한다는 것이다.

SE24 Draft 보고서는 셀룰러 네트워크 기반 또는 모바일 네트워크 뿐만 아니라 고정된 무선 응용분야들 안에 존재한다는 것으로 볼 수도 있는 중앙국에서의 UWB 장치 밀도차이에 대한 영향을 분석하였으나, 현재의 형태 안에서 분석 방법론과 결과들은 다소 명확하지 않다.

가시선 조건에서, 대략 2km의 거리까지 거의 격리도가 일정하다는 것을 초기에 증명한 것이다. 이것은 간섭하는 송신기와 간섭받는 송신기사이의 거리는 덜 중요하다는 것을 보여준다. 밀도가 증가함에 따라, 변화량은 감소하고 평방 킬로미터 당 대략 1,000개 이상의 장치의 밀도에서 거의 일정하게 된다.

다시 한번, 이러한 결과들과 UWB 장치들의 허용된 전력 스펙트럼 밀도 레벨 정의 과정에서 기지국과 중앙국을 보호하기 위해, 기지국과 중앙국을 1m 또는 그 이하거리(0dBi gain base/central station)로 격리 거리를 적용해야한다는 결론 사이의 명백한 연관성이 없다.

이후에 SE24 Draft 보고서에서는 구형의 지구 전파[ITU-R 권고안 P.526-7]에 근거한 IMT-2000 기지국에 단일의 UWB 디바이스의 영향에 관련성과 반사 및 초점을 맞추는 영향에 관한 6dB 마진을 포함하는 분석이 더 있다. 이 결과들은 -110dBW/MHz로 방사하는 UWB 장치는 10m를 허용할 수 있고, -50dBW/MHz의 EIRP는 10km 까지 허용할 수 있다는 것을 나타내고 있다. 그러나 이것은 여러 간섭 소스의 총합이

더 중요한 요구조건의 원인임을 나타내고 있다.

이것은 또한 CDMA 셀룰러 시스템이 빠른 응답시간을 필요로 하기 때문에 일부 데이터 비트를 사이에 끼워 넣어 사용할 수 없는 무선 인터페이스 상에서 일반적으로 신호를 보내는 빠른 전력 제어에 의존하는 것을 지적하고 있다. 이들 비트들이 간섭에 더 영향을 받기 쉬울 것이라는 것을 암시하고 있으며, 지시된 이상의 허용 전력 스펙트럼 밀도는 UWB 방사에 침투 전력에 근거해야 한다.

### 3 방송국(Broadcast)

Time Domain사는 공인된 방송 서비스에 UWB 방사에 의한 누적 간섭 영향을 고려하였다. 이 모델은 여러 가지 항공 수신기에 복수의 UWB 방사체의 영향을 결정하는데 사용한 모델이다.

모델의 3가지 환경 :

- 도시환경에 대한 UWB 옥외 장치
- 낮은 공장 빌딩에서의 UWB 옥내 장치
- 25층 사무실용 빌딩에 대한 UWB 옥내 장치

UWB 방사체는 약 1961MHz 중심 주파수에서 476MHz 대역폭으로 1mW 나 1μW로 전송한다고 가정하였다. 이 밴드 내에서는 벤치마크 보호 레벨이 필요할 정도인 방송서비스는 없었다. Part 15 타입의 장치와 함께 다른 밴드내의 방송서비스를 위한 기존의 FCC 보호 레벨을 다음 표 4-1.에 나타내었다.



표 4-1. 방송서비스를 위한 기존의 FCC 보호 레벨

Service	Protected Field Intensity(dBμV/m)	Frequency(MHz)	Receive Power (dBμW)
FM	60	100	-25.45
VHF-Lo	47	88	-37.34
VHF-Hi	56	216	-36.14
UHF	64	776	-39.25
Part 15 at 3m	54	1961	-57.30

위의 표 4-1은 방송 서비스를 보호하기 위해 선택된 임의의 -60dBμW 레벨을 기초로 하였다. 비록 FCC에서는 약 40dB 보호(-80dBμW)를 택할 지라도, 이것은 최소한 대역 내의 방송 서비스에 20dB 정도를 보호할 수 있도록 한다. 부가적으로 -60dBμW 레벨은 대략 Part 15 장치로 3m까지 전달할 수 있는 파워와 같다. 그러므로 만일 복수 장치의 Noise Power가 -60dBμW 정도 이면, 단지 단일 UWB Device를 점증적으로 간섭한다. 위에서 다른 환경에 대한 윤곽을 적용한 것에 대해서, 벤치마크를 초과하지 않고 동작할 수 있는 장치 수는 다음 표 4-2에 나타내었다.

표 4-2. 사용 가능한 송신기의 수

	1mW per Transmitter		1μW per Transmitter	
	-60	-80	-60	-80
Cumulative Noise(dBμW)	-60	-80	-60	-80
Urban Area	4,077	29	>1,000,000	36,178
Factory	0	0	89	0
Tall Building	0	0	35	0

결과들은 복수의 UWB 방사체가 1961MHz 대역에서 동작할 수 있다는 것이다. 또한 복수의 UWB 방사체는 787MHz 대역에서 공인된 방송 서비스와 공존할 수 있으며, Radio Wave 전파가 더 유리하다고 결론이지만 실제 방송대역 내에서의 상황은 테스트가 필요하다.

Multiple Access Communications는 공동 연구에서 셀룰러 수신기의 경우에서 사용한 동일한 분석 모델을 이용하여 UWB 수신기가 기존 TV 수신기들 내에서 일으키는 총 간섭의 관련성을 조사하였다. 최대값이 수신기의 Noise Floor 가 1dB 감쇄를 허용한다고 가정할 때, UWB 밀도 곡선은 송신기 대역폭의 수 대비 최대 UWB 수신기 Power 함수로서 유도된다. 만일 Part 15 Class B 방사한계에 준하고, 송신기의 밀도가  $1/\text{km}^2$ 에 제한되었다면, TV 수신기의 간섭 문제는 존재하지 않는다고 주장했다.

또한, 단순한 분석적인 모델은 UWB송신기 Power 대 옥내의 UWB 송신기가 지붕에 장착된 TV 안테나에 간섭을 일으키는 것에 관한 UWB 송신기 밀도 곡선을 유도하여 발견하였다. 이것은, 만일 각 층의 공간이  $200\text{m}^2$ 인 건물이라고 가정하여 UWB 송신기 수를 5개로 제한한다면, Part 15 Class B 방사 제한은 충분한 보호역할을 제공한다고 결론짓고 있다.

마지막으로 디지털 TV 수신기에서, UWB 간섭은 아마도 디지털 TV 수신기가 더 민감할 것 같으므로 더 문제가 될 것이라고 제안하고 있다. 이는 더 많은 조사가 요구되는 것으로 인지되었다. MAC 보고서가 작성된 이래, Radiocommunication Agency는 DVB-T 뿐만 아니라 T-DAB 수신기의 잠재적 간섭 관계를 측정하는 일을 담당하고 있다. 이러한 측정 결과가 SE24에 제출되었으나 어떤 문제가 중요한지를 평가하는 데에는 아직 사용하지 않고 있다.

## 제 2 절. 항공 서비스

현재 미국의 관리 절차의 일환으로 NTIA에서는 UWB 장치와 GPS 수신기의 호환성 연구 보고서를 출판했다. 이 보고서에서, 연구 목적은 GPS 수신기에서 허용할 수 있는 최대 UWB EIRP 레벨을 결정하는 것이라고 언급하고 있다. 산출된 EIRP 레벨은 GPS 수신기를 적절히 보호해 줄 수 있는 제한인지를 결정하기 위해 Part 15 방사 제한과 비교하였다.

GPS 수신기 간섭 한계(Threshold) 레벨의 성능 기준은 Break-Lock (위성과 GPS 수신기사이에서 Lock 신호를 못 찾는 경우)과 Reacquisition (UWB 수신기가 일반 포착시간이 갑자기 증가하는 경우)의 두 가지로 나타낸다. 측정은 다양한 펄스반복 및 변조 그리고 게이팅을 갖는 32개의 대표적인 UWB 신호로 수행하였다. 측정된 수신기의 간섭 한계 레벨을 근거로, 레벨이 다양한 육상통신 및 해양 네비게이션, 철도 운영, 측량, 그리고 항공응용 분야들에 사용되는 GPS 수신기에서 허용할 수 있는 최대 UWB EIRP 레벨을 결정하기 위하여 간섭 분석을 수행하였다.

보고서는 일부 UWB 신호 구조를 고려하여 측정된 GPS 수신기의 간섭 한계 레벨은 EIRP 레벨에서 Part 15 방사 한계 아래로 상당히 초과하였다고 결론을 내렸다. 최대 허용 EIRP 레벨은 Dithering이 GPS 대역에서는 스펙트럼 라인을 감소시키지만 Non-Dithered 신호에 반응하는 것 보다 높이 Dithered 신호에 대하여 계산하였다. 또한 Dithering UWB 신호를 고려했을 때, 총 간섭은 개개의 신호의 합이라고 제안하였다. 안정된 신호의 경우 총 간섭은 단일 UWB 신호에 의해 크게 좌우되고, GPS 수신기 대역에서 나타나는 UWB spectral line 결과이다.

NTIA는 UWB 장치가 GPS 수신기에 주는 간섭에 관련된 추가적인

정보를 제공하는 보고서를 출간하였다. 이 보고서에서는 GPS 수신기 성능 상에 영향을 주는 UWB 신호특성(On-Off Keying, Dithering, Pulse Repetition Rate & Gating)을 조사하였다.

On-Off Keying은 GPS 수신기에 중대한 영향을 주며, 또한 선스펙트럼의 결과로 나타난다. Dithering 은 UWB 간섭 영향을 줄일 수 있으며, 높은 Pulse Repetition Rates는 각 선 스펙트럼에 모여서 보다 큰 파워를 유발하고, 또한 펄스가 존재하는 동안 보다 많은 시간 비율이 나타나게 된다. 그리고 Gating 은 각 개개의 선스펙트럼 파워가 multiple line에 펼쳐질 때 간섭 영향이 줄고, 펄스가 존재하는 동안은 시간 비율도 감소한다.

Multiple Access Communications 의 UWB 공유 분석은 UWB 밀도 함수로서 분석적인 경로손실 예측곡선 유도에 근거한다. 경로손실 예측 모델은 셀룰러 이동통신 간섭 분석에 사용되었던 것과 동일하다. 이 곡선은 최대 허용할 수 있는 송신기 밀도를 결정하기 위해 규정된 격리도에 반하여 비교하였다. 이 곡선은 필요 격리도에 대한 최대 허용 전송 밀도를 결정하기 위해서 대조된다. 경로 손실 예측 모델은 균일 간격의 UWB 송신기가 피해 수신기와 간섭하고 있는 것을 기본으로 한다는 점에서 주목할 만한 가치가 있다. 가장 가까운 UWB 송신기와 피해수신기 사이의 거리는 송신 밀도에 따라 변한다.

UWB 밀도가 도시지역에서 100km와 전원(田園)지역에서 300Km의 영역으로 제한되면, GPS 수신기는 (1 GHz의 대역폭으로 Part 15의 안테나 방출 제한 내에서 동작하는) UWB 송신에 영향을 받지 않을 것이라는 것을 나타낸다. 최대 허용 가능한 UWB 밀도는 셀룰러 모바일의 경우에 계산되었던 것들보다 더 크다고 결론 내려졌다.

UWB-GPS 상호 양립성 분석에 대한 보고서는 3월 1일에 존스 홉킨스 대학에 의해 발표되었다. 이 연구는 텍사스 대학의 Applied

Research Laboratories에 의해 측정되고 모아진 데이터에 통계분석처리법을 적용한 것을 기초로 한다. 측정치는 6개의 GPS 수신기와 2개의 UWB 장치를 사용하여 얻어졌다. 보고서에 있는 이론적인 분석과 통계 데이터 평가는 적절하게 시간 부호화된(time coded) UWB 신호가 GPS 수신밴드에서 백색잡음과 비슷한 스펙트럼을 만들 낼 수 있다는 것을 시사한다. 이것은 텍사스 대학이 UWB 실험 장치에서 얻어낸 측정치에 의해 확인된다. 그러나, 몇몇 부호화 기법은 GPS 수신기 성능에 큰 영향을 끼치는 비 백색잡음(non white noise) UWB 신호들을 만들어 낸다. 고려된 GPS 수신기와 UWB 송신기에 의하면, 격리거리가 3미터 미만일 때 GPS 수신기 성능은 심한 성능저하가 되기 쉬운 것으로 나타났다.

NTIA가 여러 연방 통신 시스템에 대한 UWB 간섭성 관계를 조사하였다. 분석적 간섭 모델링 도구들이 단일(single entry) 간섭과 집합적인(aggregate) 간섭을 조사하기 위해 개발되었다. 이때, 고려된 피해 수신기는 항공로 감시 레이더, 항공 교통 관제 무선 표지 시스템, 마이크로파 착륙 시스템, 공항 감시 레이더, 거리 측정 장치, S-밴드 선박용 레이더와 SARSAT 페이로드가 포함된다.

하나의 UWB 송신기의 경우, 최대 허용 EIRP 레벨과 최소 필요 격리 거리(송신기는 Part 15 방출 제한 하에서 운영될 경우)가 계산되었다. 최대 EIRP 계산은 송신기와 수신기 사이의 상대적인 높이 차이, 수신기 안테나 이득 패턴, 수신기 간섭 임계치와 패스 손실을 고려하여야 한다. EIRP 레벨은 200m 부터 15 km 거리범위에서 10m 증가할 때마다 계산되었다. 계산된 가장 낮은 EIRP는 수신기의 간섭 임계치를 넘지 않는 최대 허용 EIRP로 생각된다. 최대 허용 EIRP외에도 UWB 장치가 Part 15 EIRP 한계 레벨로 방사할 때 필요한 격리도가 결정된다.

집합 간섭을 모델링하기 위해서, 단순 해석 모델이 개발되었다. 이 분

석에서, UWB 송신기는 지리적으로 균일하게 분산되었고, 동일한 유효 전력이 피해 수신기의 방향으로 전송되는 것으로 가정된다. 누적되는 영향은 수신기 잡음에 더하여지는 것으로 추정된다. 집합적 간섭은 UWB EIRP, 밀도와 송신기 활동 요소에 따라 직접적으로 변화한다.

(모든 다른 요소들은 고정된) UWB 송신기 밀도 그림이 있다면 거기에는 집합 간섭이 한 개의 UWB 송신기 간섭을 초과할 것이다. 그래서, 집합 간섭이 한 개의 간섭 레벨보다 크지 않다는 주장은 한 개의 UWB 송신기와 피해 수신기 사이에 비현실적으로 가까운 거리에 의한다고 입증된다.

단일 간섭 해석에서, 경로 손실을 계산하기 위해 평탄한 지구 근사법(smooth Earth approximation)이 사용된다. 또한, 수신기 안테나의 방사 형태와 송신기/수신기의 높이가 고려된다. Part 15 방출 제한의 현격한 감쇠(20dB 순으로)는 지상 호출기에 사용되는 거리 측정 장치, 항공로 감시 레이더와 SARSAT 지상 사용자 단말기(대역 960-1610 MHz에서 운영되는 모든 단말기)를 보호하기 위해 필요한 것이라는 것을 보인다. (2900-3100 MHz 대역에서 운영되는) 해양 레이더는 UWB 방출에 민감하다. 그래서 Part 15 제한 이하로 UWB EIRP를 제한하는 것이 필요할 것이다. 더구나, (대역 5030-5091 MHz에서 운영되는) 마이크로파 착륙 시스템은 dithering되지 않은 UWB 신호에 매우 민감하다는 점에서 주목된다.

집합 간섭 해석에서, 최대 EIRP 곡선은 능동 UWB 송신기의 함수로 도면상에 표시된다. 게다가, 제곱 킬로미터 당 몇 대의 송신기만 있을 만큼 적은 전송밀도에서는 집합간섭이 단일 간섭레벨보다 클 것이다. 고려될 필요가 있는 부가 요소는 초목의 잎, 자연 지역의 불규칙성, 장애가 되는 사람, 건물 침투 손실과 UWB 안테나 지향성 등이다.

분석접근에 더하여, 측정은 계산된 최대 허용 EIRP 레벨을 비교하기

위해 항공로와 공항 감시 레이더 상에서 수행되었다. 측정된 EIRP 레벨이 계산된 것보다 몇 dB 적다. 이것은 지역 영향과 가정된 것의 차이, 실제 레이더 안테나 고도 패턴을 포함하기 때문이다.

Time Domain Corporation사는 이하를 포함하면서, 항공 전자 공학 수신기가 사용되는 항공기기들을 범위에 넣었다.

118 MHz로 동작하는 25 kHz 대역폭의 음성  
962 MHz로 동작하는 300 kHz 대역폭의 DME  
108 MHz로 동작하는 20 kHz 대역폭의 VOR  
190 kHz로 동작하는 12 kHz 대역폭의 NDB, ADF  
108 MHz로 동작하는 10 kHz 대역폭의 ILS Localizer  
329 MHz로 동작하는 34 kHz 대역폭의 ILS Glide Slope  
1.6 GHz로 동작하는 2 MHz 대역폭의 GPS

물론, 음성, DME과 GPS는 감도와 대역폭, 감도 또는 대역폭등 세 가지 최악의 경우들을 기준으로 한 분석을 위해 선택되었다. 두 가지 환경이 900피트의 고도에서 날고 있는 항공기 내에서 위의 세 가지 최악 상황의 수신기에 대해 모델 되었다.

- 8000미터 반지름과 높이 50미터의 도시 환경에서의 옥외 UWB 장치
- 25 층 오피스 빌딩에서의 옥내 UWB 장치

전파는 Okamura(VHF와 UHF)의 측정을 사용하여 모델되었고, 오피스 빌딩의 경우, 층계와 지붕의 차폐 유효도는 Owen과 Pudney가 조사하고 보고하였다. 추가적으로, 두 개의 서로 다른 방출(emitter) 전력이 고려되었다. 2Ghz 대역에서 50  $\mu$ W와 200 $\mu$ W 방출. 이것은 클래스 B(소비

자)와 클래스 A(산업) 제한과 일치한다.

동시 동작하는 방출기 수의 향으로 나타낸 요약 결과가 Time Domain의 설명에서 보여진 것처럼 아래 표 4-3.에 나타난다.

표 4-3. 분석 결과

Emitter Environment	Class of UWB Emitter	Voice Receiver	DME Receiver	GPS (Using C/A Code) Receiver
개방된 도시영역	A (200 uW)	9,397	>106	23,899
	B (50 uW)	36,946	>106	100,000
25층 빌딩	A (200 uW)	5,367	>106	12,434
	B (50 uW)	23,899	>106	50,432

Time Domain 사는 측정 결과가 FCC 측정에 의해 비준되었다고 공인했다. 그리고 그 측정을 위해 FCC는 레이더 방출로부터 분리 거리가 1 피트 미만일 때 GPS 수신기의 트래킹을 방해했고, 이격 거리가 10 피트 미만일 때 포착을 방해했다는 것을 시험했다. 비슷한 GPS 간섭이 휴대용 무선 호출기와 모토롤라의 민간 위키토키와 같은 시험 장치에서 보여질 것이라고 주장한다.

GPS 장치는 초기에 5개의 인공위성을 포착할 수 있고 동시에 3개의 인공위성과 락(lock)이 유지되지 될 수 없을 때 이상 발생으로 간주된다. 락(lock)은 UWB 장치가 10피트 떨어져 있을 때 다섯 번째 인공위성과 놓쳤으며 4피트 또는 6피트 떨어져 있을 때 세 번째 인공위성을 놓쳤다.



이론적인 추정범위는 UWB 장치(Class B)로부터 포착을 위한 경우 19.8 m (64 feet) 와 7.1 m (23 feet)가 GPS를 보호하기 위해 필요했다. 이것은 3개의 인공위성을 추적하기에 필요한 측정된 1.8/1.2 m (6/4 feet)와 비교된다. 측정과 이론적인 결과의 차이는 다음에 의해 설명된다.

- 인공위성은 처음 동작하면서부터 정의된 것보다 3에서 7 dB 많은 전력을 전송하고 있다.
- GPS 수신기는 추적하는데 8 dB 더 적은 전력으로 필요한 신호를 얻어오고 있다.
- UWB 레이더 방출은 전계 측정 오차를 인정하기 위해 Part 15 클래스 B 제한 아래로 1.8 dB를 두고 있다.

Aiello는 동작하는 인공위성으로부터 신호를 수신하면서 제어 및 조정된 UWB 송신기와 GPS 수신기 사이의 상호작용에 대한 임시 측정치에 대해 보고하였다. 측정 프로그램은 펄스파형, 펄스 반복 주파수, 펄스 디더링(dithering)과 펄스 버스팅(bursting)과 같이 변화하는 UWB 신호 특성에 대한 영향을 주목했다. 몇몇 대표적인 GPS 수신기가 검사에 사용되었다. 간섭기준은 어떤 한 인공위성의 손실이 UWB 전송을 받은 인공위성의 개수에 관련되어진다고 생각된다.

검사에서 사용되는 GPS 수신기와 UWB 신호들의 모든 조합을 고려하여, 광범위의 결과를 얻었다. 1 미터와 100미터 사이의 격리 거리가 얻어졌다. 그러나, 이 거리는 3미터 마다 구하여지고 가시거리 손실( $1/r^2$ )을 사용하여 추정된 측정치에 기초하였다는 점에 주목해야된다.

유해한 간섭이 발생하는 범위를 정확히 지적하는 것은 어렵다. 그러나, 결과는 GPS가 Part 15의 의도되지 않은 레벨로 공급되는 것보다

많은 보호가 필요할 것이라는 점이다.

CEPT UWB Workshop(2001)에서 Eurocontrol은 2 미터의 높이에서 동작하는 한 UWB 장치에 대한 1차 레이더는 최소한 5.5km의 지리적 거리 필요할 것이고, 만일 그 장치가 30 미터 높이에서 동작한다면 15km가 필요할 것이라고 했다.

<http://www.ero.dk/EROWEB/SRD/UWB/Agenda-presentations.htm>

<http://www.ero.dk/EROWEB/SRD/UWB/Pelmoine.ppt>

하나의 UWB 장치에 의한 위험이 지적되고 있고, 또한 여러 장치로부터의 집합 방사가 위험을 더 많이 증가시킬 것이라는 점이 주목된다. 또한 간섭이 다른 항공 시스템(예컨대 DME, SSR과 다른 곳에서 주지된 GPS에 대한 간섭 가능성)에서 발생할 것이다. 또한 UWB가 Galileo를 포함한 새로운 RNSS 개발에 간섭할 것이라고 추정된다. 어떤 기술적 자료도 제시된 필요 거리조건을 뒷받침하기 위해 제공되지 않았다. 더 많은 정보와 연구가 이들 거리가 얼마나 적당한지 결정하는 데 필요하다.

### 제 3 절. 인공위성 서비스

여기에는 광범위의 수신기가 존재한다.

#### 1. 위성통신 링크

많은 연방의 전기 통신 시스템에서의 UWB 간섭의 관련성에 대한 NTIA 연구에 3750 MHz로 동작하는 FSS 지구 국 수신기가 포함되었다. 단일 간섭 해석에서, 최대 허용 UWB EIRP 레벨은 UWB 신호 (0.001에서 500 Mhz 범위의 디더(dither) 되거나 되지않은, 펄스 반복 인자)의 범위에 대해서 계산하였다. 감도 해석은 수신기 안테나의 고도, 순간과 평균 전송 전력과 송신기와 수신기 안테나의 높이 관련성을 조사하기 위해 수행하였다. 또한 현재의 Part 15 제한을 만족하는 단일 분리 거리는 각각의 간섭 조정에 대해 계산하였다.

FSS 지구 국 수신기 근처에서  $-41.3$  dBm/MHz로(Part 15 제한) 동작하고 있는 UWB 장치는 대부분의 경우 간섭 임계치를 초과하였다. 집합간섭 해석에서, 단순 해석 모델이 균일하게 분포된 UWB 송신기의 (각각이 균일한 유효 전력을 FSS 수신기의 방향에 방사하고 있다고 가정하였다.) 집합 간섭에 사용된다. 결과는 최대 EIRP 대 능동 UWB 방사 밀도의 형태로 보여진다. 그들은 평방 킬로미터당 최고 100개의 유효 UWB 방사에 대하여, 5도 고도에서 동작하는 FSS 수신기는 최대 허용 EIRP가  $-49$  dBm/MHz이고 20도 높이에서 동작하는 FSS 수신기는  $-34$  dBm/MHz임을 제안하였다.

상기의 NTIA 분석은 별개로 하고 위성 통신 시스템 영역에서 소수의 연구가 발견되었다. SE24 연구가 Mobile Satellite Service(MSS) 안전 서비스를 위한 가입자를 가졌다는 점이다. 그럼에도 불구하고 이것은 보고서의 가장 최근의 드래프트(draft)에 더이상 나타나지 않는다.

## 2. Broadcast 서비스

문헌 조사에서 TVRO 단말기가 제기해온 어떤 증거도 존재하지 않는다.

## 3. 원격 검출

문헌 조사에서 우주선 내부에 관한 능동 또는 수동 검출기가 제기해온 어떤 증거도 존재하지 않는다. 그러나 그것은 드래프트(draft) SE24 보고서에 있었던 지구 탐사 위성 서비스를 위한 가입자라는 것에 주목될 수 있다. 그럼에도 불구하고 이것은 가장 최근의 드래프트(draft)에서 사라졌다.

#### 제 4 절. 그 밖의 무선항법/전파 탐지와 레이더

기상 레이더와 고도계에서의 UWB 간섭 효과는 NTIA 연구의 일부로써 많은 연방 전기통신 시스템에서 UWB 간섭 관련성을 조사해왔다. 일찍이 설명되었던 것처럼, 이 연구에서, 단일 간섭과 집합 간섭 간섭 해석은 여러 가지 시나리오로 수행되었다.

단일간섭을 위해, 대역 2.7-2.9 GHz 에서 작동하고 있는 차세대 기상 레이더가 안테나 높이, 반복율. 그리고 펄스 위치 랜덤화가 적용되거나 적용되지 않거나에 따라 변화하는 UWB EIRP 레벨의 (-76 dBm/MHz 에서 -39 dBm/MHz) 범위를 견딜 수 있다고 보인다. 또한 그것은 200m 의 최소 격리가 최대 허용 EIRP를 계산하는 과정에서 사용된다라는 점에 주목할 만한 가치가 있다. 이 레벨은 -41.3 dBm/MHz에서의 Part 15 제한과 비교된다. Part 15 EIRP 한계가 초과되는 시나리오에서, 최소 필요 격리 거리는 1.4 km와 7.9 km 사이로 계산되었다. 또한, 200 미터에서 5.6 GHz로 동작하는 단말 도플러 기상레이더를 위해 최대 허용할 수 있는 EIRP 레벨이 -35 dBm/MHz와 -63 dBm/MHz 사이로 계산되었다. 최대 허용 EIRP가 -63 dBm/MHz인 시나리오에서 Part 15 한계를 만족시키기 위한 필요격리가 6 km로 계산되었다. 동일한 접근을 이용하여, 14 dBm/MHz와 25 dBm/MHz 사이를 변화하는 최대 허용 EIRP 레벨이 대역 4.2-4.4 GHz에서 동작하는 CW와 펄스 변조 레이더 고도계를 위해 계산되었으나 고도계에서 간섭은 문제될 것 같지 않다.

집합 간섭 해석을 위해 개발된 해석적 모델을 사용하여, 차세대 기상 레이더와 펄스 변조 레이더 고도계를 위한 최대 EIRP 대 UWB 밀도 그림이 유도되었다. 기상 레이더에서, 그 결과는 밀도가 평방 킬로미터 당 1에서 10,000대의 능동 송신기까지 증가되었을 때 최대 허용할 수

있는 EIRP가  $-39 \text{ dBm/MHz}$ 에서  $-75 \text{ dBm/MHz}$ 까지 감소되는 것을 나타낸다. 고도계의 경우, EIRP 범위가  $18 \text{ dBm/MHz}$  와  $-40 \text{ dBm/MHz}$  사이에 있다.

## 제 5 절. 전파 천문학

더 민감한 부문 중의 하나로써 전파 천문학에 대한 관련성이 언급되지 않았던 것은 다소 놀랄만한 것이다. 드래프트(draft) SE24 보고서에서 필요한 보호에 대한 몇 가지 자료가 도입되었으나 이에 대한 어떠한 분석도 없었다.

## 제 6 절. 비허가 서비스

SE24 드래프트(Draft) 보고서에서 추진되었던 사용자 구내 장치를 위한 비허가 서비스는 옥내 시나리오로 고려할 문제이다. 평방 킬로미터 당 100,000대의 UWB 장치가 설치된 5층 50m x 50m 오피스 빌딩으로 구성된 옥내 시나리오를 분석을 위해 몬테 카를로 결과가 제시되었다. 이것은 서로 다른 층계와 그들 집합에서의 간섭을 보인다.

또한 라디오 통신국(Radiocommunication Agency)이 블루투스와의 간섭 가능성에 관해서 측정할 책임을 진다는 것은 주목될 수 있다. 이들 측정결과는 SE24에 제출되었다. 그러나 그들은 아직 얼마나 중요한 문제가 있는지의 평가에는 사용하지 않았다.



## 제 7 절. 아마추어

아마추어 활동에서 대한 UWB 배치의 관련성은 어떤 언급도 발견되지 않았다.

## 제 8 절. 군용 시스템

군대 조직과 정부 기관은 이미 여러 형태로 UWB를 사용한다. 군사 시스템에서의 UWB장비의 광대역 공개 사용에 대한 관련성은 조사되었으나, 공공범위의 증거물은 없다.

## 제 5 장. 국내 주파수 이용 현황

### 제 1 절. 국내 전파 기술 기준

UWB 시스템을 사용하기 위해서는 현재 국내에서 허가받지 않고 사용할 수 있는 무선국에 대한 규정을 살펴보고 이 규정에 맞추어 UWB의 최대출력, 커버리지, 전송 속도등을 분석 할 수 있을 것이다. 우선 국내 전파법에 나타난 규정을 살펴보면 다음과 같다.

제30조(신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국) 법 제19조제4항에서 대통령령이 정하는 무선국 이라 함은 다음 각호의 1에 해당하는 무선기기를 사용하는 무선국을 말한다.

1. 법 제46조의 규정에 의하여 형식등록을 한 무선기기로서 당해 무선국의 무선기기로부터 3미터의 거리에서 측정한 전계강도가 다음 표 5-1.에 의한 기준에 적합한 무선기기

표 5-1. 3미터의 거리에서 측정한 전계강도

주파수대	전계강도
322MHz 미만	1미터마다 500마이크로볼트( $\mu V/m$ 라 한다. 이하 이 호에서 같다) 이하
322MHz 이상 10GHz 미만	$35\mu V/m$ 이하
10GHz 이상 150GHz 미만	$3.5f\mu V/m$ 이하(다만, $500\mu V/m$ 를 초과하는 경우에는 $500\mu V/m$ 로 한다). 이 경우 f는 GHz를 단위로 한 주파수로 한다.
150GHz 이상	$500\mu V/m$ 이하

2. 법 제46조의 규정에 의하여 형식등록을 한 무선기기로서 당해 무

- 선기기로부터 500미터의 거리에서 측정된 전계강도가 1미터마다 200마이크로볼트 이하이고, 정보통신부장관이 용도·전파형식·주파수 기타 필요한 사항을 정하여 고시한 무선기기
3. 표준전계발생기·헤테르다인방식 주파수 측정장치 기타 측정용 소형발전기
  4. 전기통신기본법 제33조의 규정에 의하여 형식승인을 얻은 코드없는 전화기
  5. 법 제46조의 규정에 의하여 형식등록을 한 무선기기로서 개인의 일상생활에 자유로이 사용하기 위하여 정보통신부장관이 정한 주파수를 이용하여 개설하는 생활무선국용 무선기기
  6. 법 제46조의 규정에 의하여 형식등록을 한 무선기기로서 공중선전력 10밀리와트 이하인 특정소출력무선국용 무선기기
  7. 제28조제1항제2호 및 동항제3호의 무선기기외의 수신전용 무선기기
  8. 전기통신기본법 제2조제7호의 규정에 의한 전기통신역무를 제공하기 위한 무선국으로서 지정주파수마다의 공중선전력이 10밀리와트 이하인 무선기기중 지하 또는 건물 등의 옥내에 설치되는 무선기기 (기간통신사업자외의 자가 설치하는 경우에는 당해 지역내에서 전기통신역무를 제공하기 위하여 무선기기를 설치한 기간통신사업자와 사전에 합의한 것에 한한다)

UWB 무선기기 관련 국내 규제 규정으로는 허가받지 않고 사용할 수 있는 무선국에 대한 규정인 전파법 시행령 30조를 기반으로 그 법적 기반을 만들어 가야 할 것이다. 전파법 시행령 30조는 무선기기의 사용 주파수 대역별로 하여 전계강도에 관한 사항을 제시하고 있으며, 만약 UWB 기기들을 이 기준에 적용시키기 위해서는 사용주파수 대역의 대역폭과 대역폭당의 에너지를 알 수 있어야 한다. 현재 국내에서 측정하는 측정방법을 적용하여 안테나 높이 1.5m, 이격거리 3m, 임피던스 50 Ω, 안테나 이득은 0 dBi로 가정하고, 주파수 분석기의 분해대역폭은 ITU-R SM.329-7에서 제시된 규정을 이용하면 국내 전파법 시행령 30조의 규정에 대한 주파수별 EIRP는 다음과 같다.

표 5-2 국내 기술기준에서의 주파수별 전계강도 및 EIRP

주파수대	전계강도 [uV/m]	전계강도 [dBuV/m]	RBW	EIRP [dBm]
322MHz 미만	500	53.98	1kHz (9kHz ~ 150kHz) 10kHz (150kHz ~ 30MHz) 100kHz (30 ~ 322 MHz)	-43.48
322MHz 이상 10GHz 미만	35	30.88	100kHz (322MHz ~ 1GHz) 1MHz (1GHz 이상)	-66.58
10GHz 이상 150GHz 미만	$3.5 \times f$ . (f는 GHz 단위) (단 500 이하)	$10.88 + 20 \log(f)$	1 MHz	$-86.58 + 20 \log(f)$
150GHz 이상	500	53.98	1 MHz	-43.48

## 제 2 절. 주파수 이용 현황

최근 무선 통신 기술의 혁신적인 발달과 함께 다양한 무선 통신 기술과 다양한 용도의 제품들이 등장하고 있으며, 사용 가능한 주파수 대역 전체에 걸쳐 분배되어 사용되고 있어 한정된 전파 자원이 점차 부족하게 되고 있다. 따라서 UWB의 기술은 주파수를 공유한다는 점에서 큰 이점을 제공한다. 그러나 UWB 통신 방식은 넓은 대역에 걸쳐서 사용되므로 기존의 서비스와 주파수 공유 시 발생할 수 있는 문제에 대한 예측을 위해 3GHz 이하의 주파수 이용 현황과 3~30GHz의 이용 현황을 조사하였다. 3GHz 이하의 주파수 대역에는 수십 가지의 송수신기가 존재하며 이들을 이동통신과 그 밖의 그룹으로 분류하여 표 5-3과 표 5-4에 나타내었다. 3~30GHz 대역의 무선 통신 시스템의 종류를 살펴보면 WLAN, ITS-DSRC, MMDS, BWLL, LMDS, LMCS, 위성통신 시스템 등의 다양한 용도의 시스템을 볼 수 있다.

표 5-3. 전화나 호출기의 사용현황

Standard	RF Frequency	Channel Bandwidth
AMPS	824 - 894 MHz	30 kHz
USDC	824 - 894 MHz	30 kHz
GSM	890 - 960 MHz	200 kHz
DECT	1880 - 1990 MHz	1.728 MHz
CT2	864 - 868 MHz	100 kHz
DCS-1800	1710 - 1880 MHz	200 kHz
PHS	1895 - 1907 MHz	300 kHz
IS-95	824 - 894 MHz	1.25 MHz
J-STD-018	1750 - 1870 MHz	1.25 MHz
IMT-2000	1885 - 2200 MHz	5 MHz
시티폰	910.050 - 913.950 MHz	100 kHz
호출기	138 - 174 MHz	25 kHz
	278 - 284 MHz	
	420 - 470 MHz	
	929 - 932 MHz	
무선 전화기	902.2 - 927.8 MHz	100 kHz
TRS	360 - 400 MHz	12.5 kHz
	806 - 869 MHz	25 kHz
생활무전기	448 MHz	

표 5-4. 기타 송수신기 제품

제품	RF Frequency	송수신 반경	용도
Contactless RF Card	13.56 MHz	10cm	RF Flap Gate, etc.
Bus Validator	2400 - 2425 kHz		
보안카메라	2400 - 2483.5 MHz		
원격 시동기	447.60 - 447.850 MHz		
R/C 자동차, 보트	26.995 - 75.790 MHz	300 - 500m	
R/C 비행기	40.715 - 72.7990 MHz	2km	
UHF AM 송수신기	433.92 MHz	70m	무선 보안 시스템, 자동차 경보, 원격 도어 컨트롤, 원격 감시 센서
UHF FM 송수신기	433.92 MHz	50 - 200m	무선 보안 시스템
비디오 송수신기	2.45 GHz		Video/Audio 기기의 연결
원격 측정용	173.225 MHz		
UHF 500mW 송수신기	456.50 - 456.95 MHz	야외 : 20km 실내 : 1 - 3 km	무선 데이터 송수신
멀티채널 송수신기	447 MHz	300m	무선 데이터 터미널, 무선 원격제어, 보안 시스템, 원격측정 시스템, 바코드 스캐너
Wireless Home Security Alram System	310 - 312 MHz	30 - 50m	PIR Sensor, Door/Window Sensor, GAS Leakage Alram Sensor, Fire Alram Sensor, External SIREN, BEACON Light
WLL	2300 - 2400 MHz		
Bluetooth	2.402 - 2.408 GHz		Mobile Phones, PDA, Modems, Laptop Computer, etc.

### 제 3 절. 무선 LAN 주파수 할당 및 전파 기술기준

#### 1. 서비스 정의

오늘날은 맥내 통신기기와 가전을 무선 제어하여 편리성을 추구하고자 하고 있다. 케이블 배선을 없앴으로써 이동성 유연성을 확보할 수 있도록 하며, 덕트 및 배선 공사등이 필요 없게 되었다. 망 구조 변경 및 설치 및 유지보수가 용이하나 여러 사람이 공동 이용함으로 인한 네트워크 식별, 정보의 보호 문제 등 신뢰성, 보안성에 대한 고려가 필요하다. 이에 유선망과 대립되는 개념이 아니라 보완되는 개념으로 유무선 통합의 맥내 통신망으로 사용하는 것이 바람직하다.

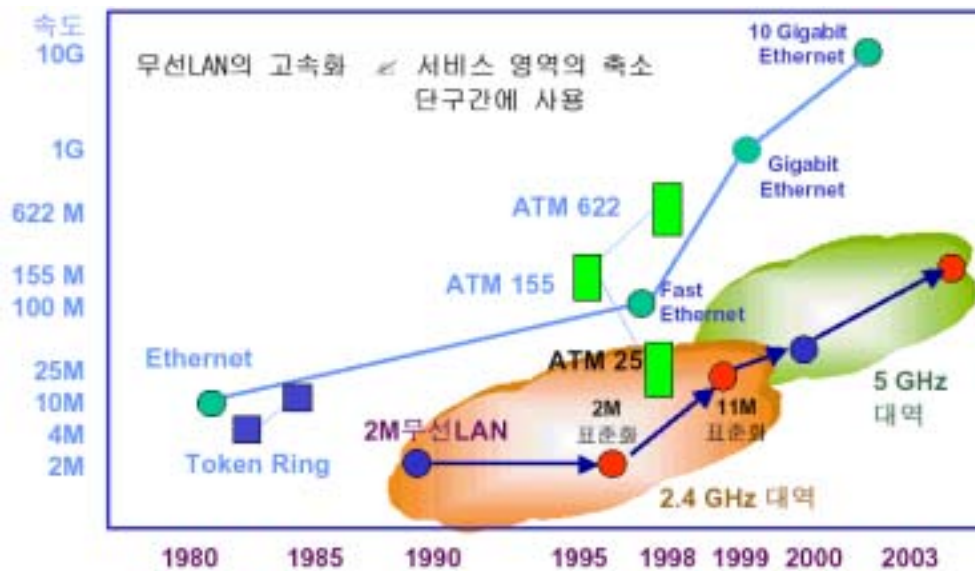


그림 5-1. 무선 LAN 주파수 대역과 무선 채널의 속도

#### 2. 시스템 개략도

무선 LAN을 이용한 많은 서비스가 대두될 것으로 예상되어 많은 업



체가 무선 LAN 시장에 뛰어들고 있다. 특히 대내 통신망을 구축하여 사용자에게 편리함을 제공하는 Home LAN의 사용은 급증할 것으로 여겨진다. 특히 UWB가 가까운 거리에서 광대역 서비스를 쉽게 구현한다는 측면에서 Home LAN과 밀접한 관계를 이루고 있다. 차후 UWB 시스템이 전파 규격으로 정해져 상용화된다면 Home에도 많은 일조를 이룰 것으로 판단된다. 현재 가전제품 시장에서 UWB를 장착한 제품 개발이 활발히 진행되고 있으며 곧 출시될 것으로 예상된다. 그러나 모든 사용 기기가 서로의 통신 프로토콜과 연계되어 무리 없이 사용되기까지는 많은 시간이 소요될 것으로 판단된다.

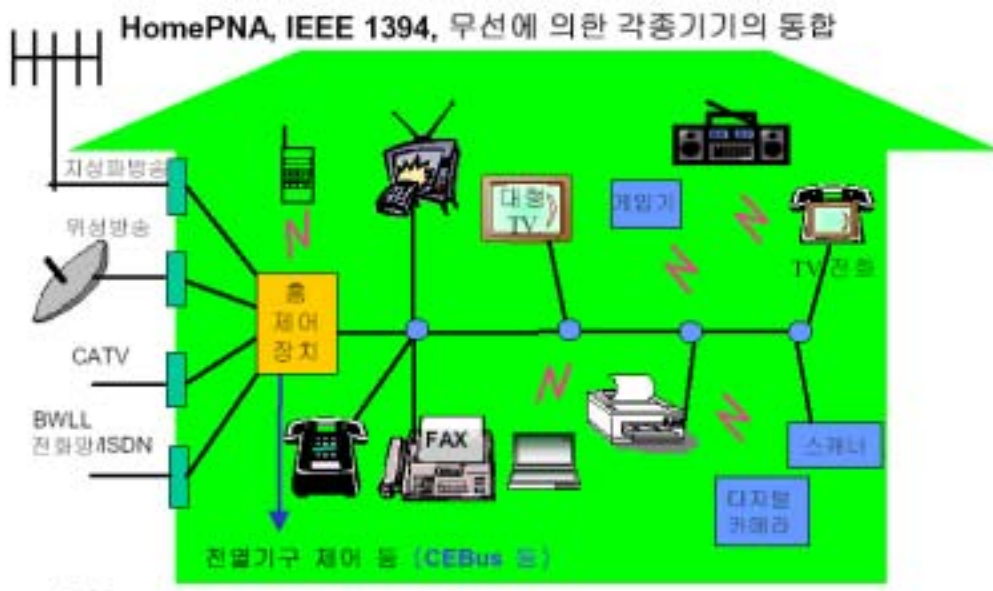


그림 5-2. 유무선 통합의 대내 통신망 블록도

### 3. 시스템 사양

Home LAN을 구성할 수 있는 방법은 많이 있다. 요즘은 각광 받으며 개발되고 있는 Bluetooth와 무선 LAN이 대표적이라 하겠다. 이의 무선 LAN 방식을 표 5-5에 정리하였다.

표 5-5. 무선 LAN 방식

	Bluetooth	HomeRF	TGb 무선 LAN
Physical	FFHSS, 1600Hops/sec	FHSS, 50Hops/sec	DSS/FHSS/IR
Channel Access	Master-Slave, TDMA	Hybrid fo TDMA & CSMA/CA	CSMA/CA
Raw Data Rate	1Mbps	1.2Mbps	2.11Mbps
Range	?10m	?50m	?50m
Power Consumption	10mWatt	100mWatt	100mWatt
Traffic	Voice, Data	Voice + Data	Data
Error Robustness	1/3, 2/3rate FEC and ARQ Type 1	CRC/ARQ Type 1	CRC/ARQ Type 2
Energy Conservation	Yes	Yes	Directory based
Guaranteed Latency	?	?20msec for Voice	None
Energy Conservation	1:N	N:N	1:N
Speech Coding	64Kbps with CVSD/log PCM	32Kbps with ADPCM	64Kbps Key & RC4
Security	Minimal built-in PHY	Blowfish encryption	64 bit Key & RC4
Communication Topology	Master to multi-slave Ad Hoc 개념	Peer to Peer, MS to BS PC 기반	Peer to Peer, Ms to BS
Price Point(estimate)	\$20/1999, \$10/2000	\$30/1999, \$18/2000	\$99/1999, \$25/2001
규격	V1.0('99.7)	SWAP V1.1('99.6)	IEEE802.11, TGb('99.6)

#### 4. 무선 LAN 설비기준

무선데이터통신시스템 및 무선LAN용 특정소출력무선기기(제3호 및 제7호의 기기를 제외한다)

가. 용도, 주파수, 전파형식

용도	주파수(MHz)	전파형식	비고
무선데이터통신시스템용	2,400 ~ 2,483.5	F(G)1D F(G)2D D7W	2400MHz~2410MHz 대역의 주파수를 사용하는 경우에는 2390MHz~2400MHz 대역의 주파수를 사용하는 가입자회선(WLL)용 설비와 혼신이 발생할 가능성이 있으므로 사용상 주의가 필요함
무선LAN용	5,725 ~ 5,825	F7W G7W	
	17,705 17,715	F(G)1D F(G)2D	
	17,725 17,735		
	19,265 19,275		
	19,285 19,295		

나. 2400~2483.5MHz 및 5725~5825MHz 주파수대에서 직접확산방식(DS)의 스펙트럼 확산방식을 사용하는 것(주파수호핑방식(FH)과 직접확산방식을 복합적으로 이용하는 것을 포함한다)

- (1) 송신공중선은 그 절대이득이 6데시벨(dBi) 이하일 것. 다만, 고정형 점대점 통신용 무선설비는 이를 초과할 수 있으며, 이 경우에는 3dB 증가마다 그 공중선전력을 1dB씩 저감할 것
- (2) 주파수허용편차는  $50 \times 10^{-6}$  이하일 것
- (3) 송신공중선계의 급전선에 공급되는 전력밀도는 1MHz 분해대역폭으로 측정하였을 때 10mW 이하일 것

- (4) 점유주파수대폭은 83.5MHz 이하 일 것
  - (5) 프로세싱 이득은 10 이상일 것
  - (6) 불요발사는 가목의 규정에 의한 주파수대외의 주파수에서 100kHz 분해대역폭으로 측정하였을 때 -30dBm 이하일 것
- 다. 2400~2483.5MHz 및 5725~5825MHz 주파수대에서 주파수호핑방식의 스펙트럼확산방식을 사용하는 것
- (1) 나목의 (1), (2) 및 (6)의 조건을 만족할 것
  - (2) 송신공중선계에 급전선에 공급되는 전체 전력을 주파수호핑대역으로 나눈 값이 3mW 이하일 것
  - (3) 호핑채널당 점유주파수대폭은 5MHz 이하일 것
  - (4) 호핑채널은 중첩되지 않는 15개 이상일 것
  - (5) 호핑순서는 의사랜덤이고 전체 호핑채널에 대하여 균등하게 호핑하는 것일 것. 다만, 반송파감지 기능을 부가한 설비로서 반송파감지에 의해 호핑하지 않은 채널에 대하여는 예외로 한다.
  - (6) 하나의 호핑 채널에서의 체류시간(Dwell Time)은 0.4초 이내 일 것
- 라. 5725~5825MHz 주파수대에서 스펙트럼 확산방식을 사용하지 않는 것
- (1) 중심주파수는 5,775MHz일 것
  - (2) 무지향성 공중선을 사용하고 내장시킬 것
  - (3) 주파수허용편차는  $100 \times 10^{-6}$  이하일 것
  - (4) 점유주파수대폭은 70MHz 이하일 것
  - (5) 스퓨리어스발사강도의 허용치는 기본주파수의 평균전력보다 43데시벨 이상 낮은 값일 것
- 마. 17GHz 및 19GHz 주파수대의 전파를 사용하는 것
- (1) 무지향성 공중선을 사용하고 내장시킬 것
  - (2) 주파수허용편차는  $50 \times 10^{-6}$  이하일 것
  - (3) 점유주파수대폭은 10MHz 이하일 것
  - (4) 스퓨리어스발사강도의 허용치는 기본주파수의 평균전력보다 40데시벨 이상 낮은 값일 것
  - (5) 반송파의 주파수로부터 20MHz 이격된 주파수에서  $\pm 8.5$ MHz 대역

내에 복사되는 전력은 반송파전력보다 30데시벨 이상 낮은 값  
일 것

## 제 6 장. 양립성평가를 위한 UWB 측정기술

특정의 라디오 서비스에 관련된 상호 양립성의 이슈에 추가하여, 앞에서 언급된 것처럼, 또 다른 여러 논쟁들이 있다. 이것들의 중요성에 대해서 알아보자.

### 제 1 절. 집합체 대 단일체

여기에는 피해 수신기에 대한 UWB 장비의 영향이 근처의 단일 장비 또는 부근의 집단적인 장비에 의해 지배되어지는 경향이 있는지 없는지에 관한 몇 가지 견해가 있다.

Time Domain 사는 UWB 방사를 제한하는 여러 가지의 요소가 있으며 이들의 잠재적인 영향에 대해 고려하지 않았다.

#### 1. 전파(Propagation)

초목의 잎(foliage) 감쇠, 흡수 토양, 프레즈넬(Fresnel) 감쇠, 벽과 사람과 구조에 의한 손실 등이 있다. 또한 건물과 구릉으로부터의 방해는 집합체의 합계에 영향을 준다. 여러 형태의 장애 환경에서 3.25에서 4까지의 전파지수가 고려되어야 할 것이다.

#### 2. 사용자 듀티 사이클

어느 한 UWB장치가 동작될 시간비율(percentage of time)이 방출의 크기를 제한하며, 실제로 매우 적은 수의 제품이 동시에 작동하고 있을 것이다.

몬테 카를로 모델링 연구의 결과가 제시된다.(사용자 밀도는 고려되었으나 자유공간 손실에 추가된 전파효과나 사용자 듀티 사이클은 고려되지 않았다.) 이 연구는 주로 한 UWB 장치의 영향에 대한 집합적 영

향을 보여주기 위해 디자인되었다.

사용자 수(UWB 장치)는 공간에 불규칙적으로 분산되었으며, 표본점으로 부터 1미터 안에는 1대의 송신기가 있다고 가정한다. 자유 공간 전파가 고려되었고 어떠한 송신기도 1미터보다 가까울 수 없다.

대부분의 사용자는 100m x 100m의 공간에 분산되었고 UWB 장치가 분산된 중간 50 m x 50 m영역의 정규 그리드(grid) 표본점에서 각 스텝당 81개의 누적 전계 강도가 계산되었다. 각 단계는 81개의 전계 강도 샘플을 주고 1000 단계가 실행된다. 그러므로 81,000개의 데이터 값을 주는 것이다.

산출된 데이터로부터, 모두 1000번의 몬테카를로 시뮬레이션을 위해 81개 표본점에서의 결과는 RMS 전계 강도의 평균치 형식으로 제시된다. 즉, 81,000 데이터 값의 평균값이다. 또한, 1000개의 랜덤한 분포 각각에 대해, 81번째 sampling point로 부터의 가장 큰 RMS 값이 선택되어진다. 그때 이 1000 sample의 평균값은 결정된다.

이 결과를 바탕으로 100개의 UWB 장치에 대해 81 측정 포인트에서의 RMS 전계 강도가 개인 사용자보다 단지 1.2 dB 크게 나타난다. 그리고 RMS의 최대치는 6 dB 보다 작다.

## 제 2 절. 측정 기술

### 1. 측정 장비와 계산 방법

UWB 시스템의 성능 평가를 위해서 UWB 방식에 적합한 측정 방식이 요구된다. 주기가 매우 짧은 펄스들의 시간 영역 특성을 알아보기 위하여 두 가지의 환경에서의 측정이 요구되는데 첫 번째로 전도측정(Conducted Measurements)을 실시하여 전파의 감쇄 요인 없이 수신되는 신호의 시간 영역의 파형을 관측하며 두 번째로 방사측정(Radiated Measurements)을 실시함으로써 수신기의 특성을 관측할 수 있다. 이 관측을 통하여 총 첨두전력과 총 평균전력을 계산할 수 있으며 그 방법은 다음과 같다.

측정 장비로는 펄스의 주기가 빠른 만큼 샘플링을 할 수 있는 샘플링 오실로스코프가 필요하다. 이 장비로는 PRR(Pulse Repetition Rate)가 일정한 경우에 사용하며, 일정하지 않은 경우에는 Single-Event Transient Digitizer를 사용한다. 이러한 장비로 얻을 수 있는 것은 총 첨두전력(Total Peak Power)과 총 평균전력(Total Average Power)이다. 이 값은 다음과 같이 구할 수 있다.

#### i) 총 첨두전력(Total Peak Power)

$$Power_i = \frac{x_i^2}{50} \quad (6-1)$$

여기서  $x_i$  : 전력 벡터의 최대 i번째 값,

$x$  : i번째 샘플링 점에서 값

#### ii) 총 평균전력(Total Average Power)

$$Average Power = \frac{1}{pri} * \sum_i \left( \frac{x_i^2}{50} \right) * \Delta t \quad (6-2)$$

여기서  $x_i$  : i번째 시간 영역 샘플,  $t$  = 샘플 간격,

$pri$  : 펄스 반복 간격으로 두 펄스사이의 가장 짧은 시간 간격.



## 2. 전도측정

전도측정 실험을 위해 UWB 장치 A와 B, D를 그림 6-1과 같이 다른 두 개의 테스트 셋업으로 구성한다. 장치 A는 PRR(Pulse Repetition Rate)이 일정하게 발생하는 UWB 장치이고, 장치 B와 D는 PRR이 일정하지 않은 장치이다. 그림 6-1은 UWB 장치의 RF출력을 coaxial cable을 사용하여 감쇄기에 연결되어있다. 또한, 감쇄기는 큰 신호 레벨로부터 측정기의 과부하나 충격을 방지하기 위해 연결되며 다음 스프리터는 샘플링 스코프의 트리거 포트와 시그널 포트에 같은 크기의 레벨로 공급하기 위해 사용된 것이다. 이 셋업은 장치 A의 전도측정을 실행하는데 사용되는 구성이다. 그림 6-2는 처음 구성에서 샘플링 스코프 대신에 Single-Event Transient Digitizer를 사용해서 펄스의 반복 주기가 일정하지 않은 두 개의 장치에 대한 전도측정을 실행하는데 사용된다.

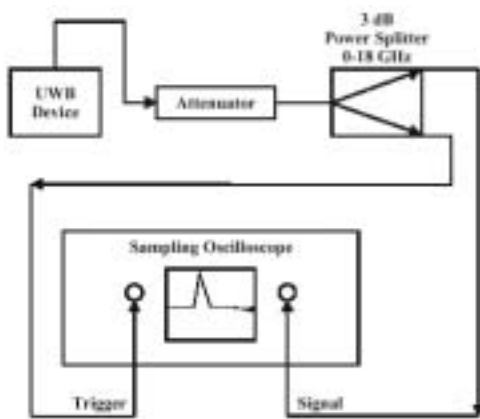


그림 6-1. UWB 장치 A의 전도측정

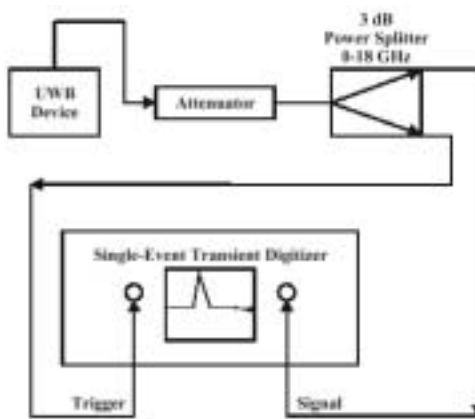


그림 6-2. UWB 장치 B 와 D의 전도측정

그림 6-3은 장치 A에 대한 시간 영역 측정 파형이다. 수직 축은 UWB장치의 RF출력을 전압으로 나타내었다. 정확한 주파수 영역의 파

위 스펙트럼은 이 시간 영역의 파형으로부터 계산되며, 그림 6-4에 나타나 있다. 그림 6-4의 수직 축은 UWB 장치의 RF출력을 dBm으로 나타내고 있다.

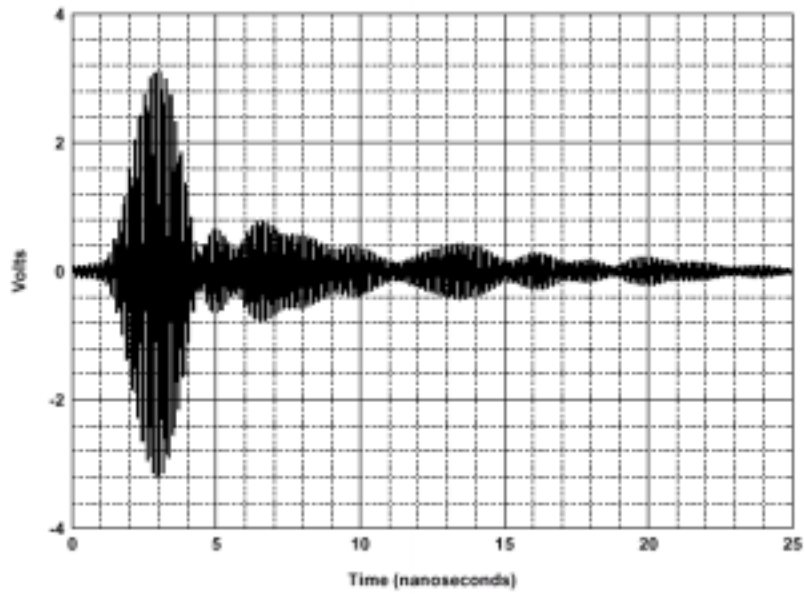


그림 6-3. 장치 A의 전도된 시간 영역의 파형

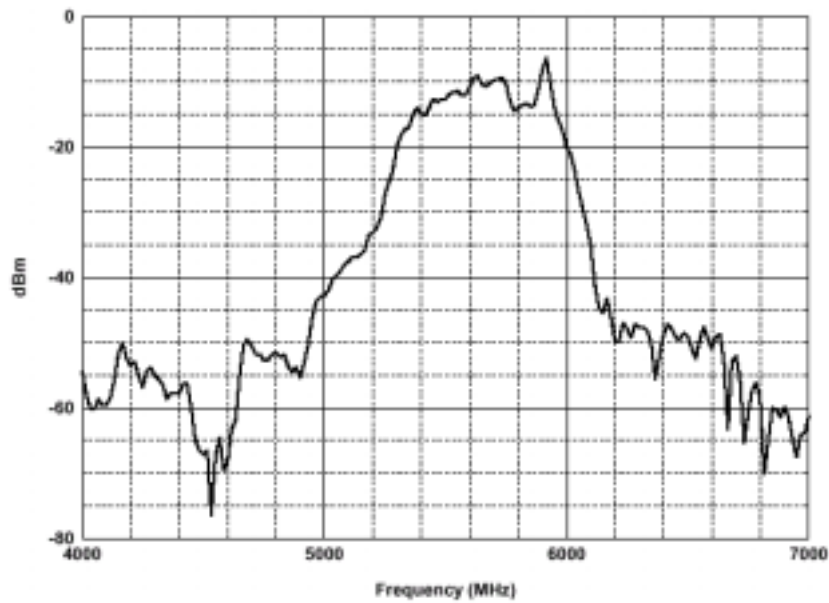


그림 6-4. 장치 A에 대한 파워 스펙트럼

표 6-1과 표 6-2는 전도측정 결과 장치들의 총 침투전력과 총 평균 전력, -10dB와 -20dB의 대역폭을 요약한 것이다. PRF가 일정하지 않은 경우 즉, Dither가 있는 경우의 침투전력이 크지만 평균전력은 매우 작아지며 전도 방출 대역폭도 작아지는 것을 볼수 있다.

표 6-1. 총 침투전력과 총 평균전력

Device Letter	Total Peak Power(dBm)	Total Average Power(dBm)
A	23.1	-27.8
B	32.0	-4.5
D	17.4	-16.0

표 6-2. 전도측정에 대한 방출 대역폭

Device Letter	-10dB Bandwidth(MHz)	-20dB Bandwidth(MHz)
A	616.6	799.9
B	479.9	539.9
D	1349	2597

### 3. 방사측정

방사측정을 하기 위해서는 네 개의 테스트 셋업이 이 요구되며, 이 셋업들은 모두 무반사 챔버에서 측정해야 한다. UWB 장치 C, D, E는 서로 다른 시스템을 측정하기 위해 두 가지의 UWB 장치를 사용한다. 그림 6-5는 C 장치에 대한 셋업이며 1GHz에서 4GHz까지 주파수 수신 범위를 갖는 ridged horn 안테나를 사용하여 UWB 장치로부터 방사된 출력을 수신한다. 또한 측정기에 충분한 신호를 제공하기 위해 2단 증폭기를 사용하며 3dB 스프리터를 이용하여 같은 레벨의 진폭을 갖는 신호를 Single-Event Transient Digitizer의 트리거 포트와 시그널 포트에 연결한다. 두 번째로 그림 6-6은 D 장치에 대한 방사측정을 위한 셋업으로 처음과 다른 점은 강한 UWB 장치의 신호를 방사함으로 한 단의 증폭기만을 사용해도 된다는 것이다. 그림 6-7에서 장치 E(1500MHz와 900MHz 모드)에 대한 세 번째 셋업은 이전의 셋업과는 수신안테나가 다르다. 이 수신안테나는 최소의 파형 왜곡을 제공하기 위해 주파수 측정 범위가 0.2GHz에서 4GHz인 30Cm TEM horn 안테나를 사용한다. 그림 6-8은 장치 E의 300MHz 모드와 B장치를 측정하기 위한 구성이다.

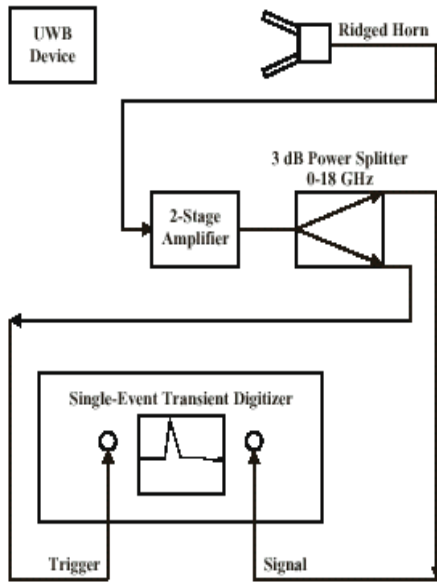


그림 6-5. UWB 장치 C의  
방사측정

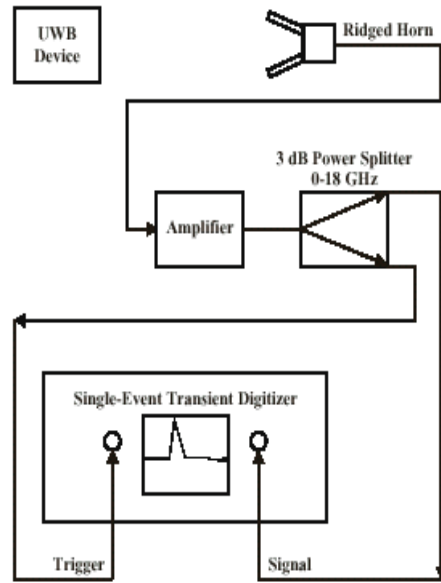


그림 6-6. UWB 장치 D의  
전도측정

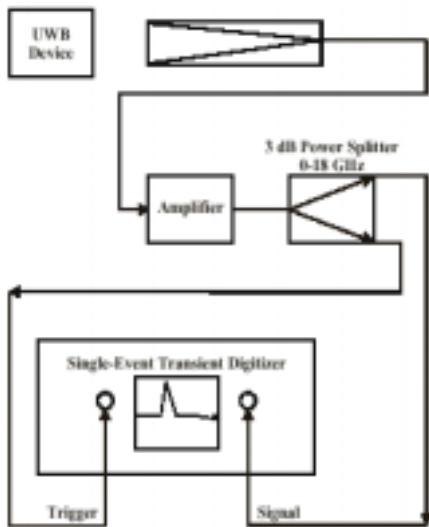


그림 6-7. UWB 장치 E의 방사  
측정(1500MHz와 900MHz)

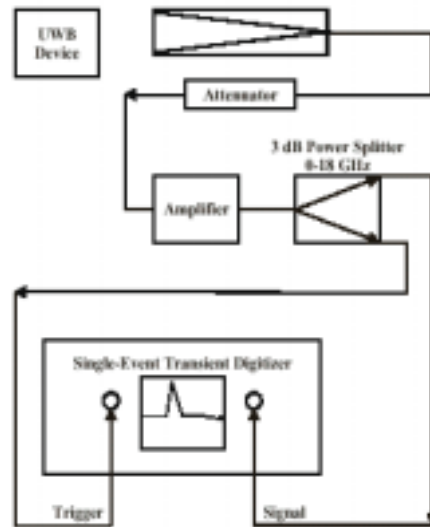


그림 6-8. UWB 장치 E의  
방사측정(300MHz)

그림 6-9는 C 장치를 측정 한 시간 영역 파형이다. 송신안테나와 수신안테나 사이의 거리는 1미터이고, 이 파형으로부터 계산된 주파수 영역 스펙트럼은 그림 6-10과 같다.

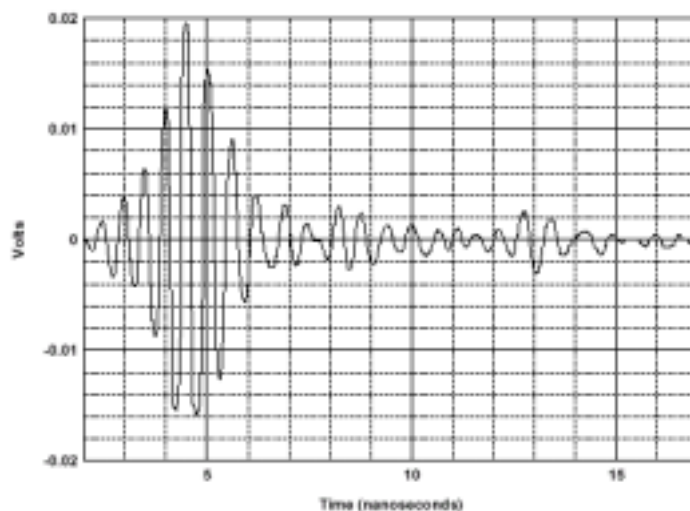


그림 6-9. C 장치로부터 방사된 시간영역 파형

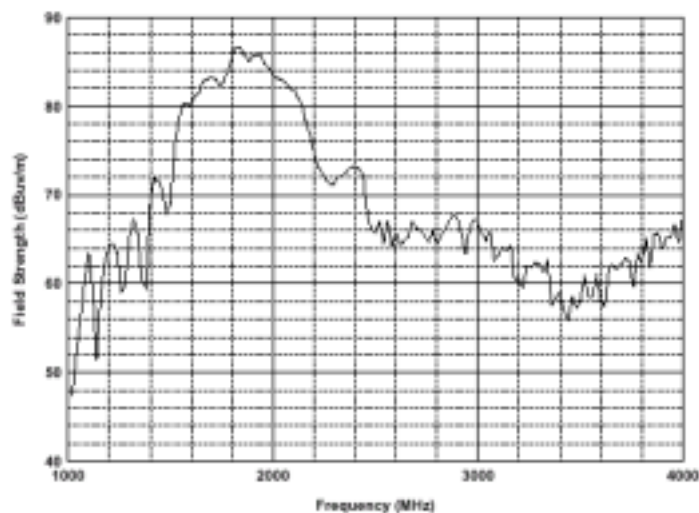


그림 6-10. C 장치로부터 방사된 침투 전계강도

표 6-3은 방사측정 결과로부터 계산된 총 침투전력과 총 평균전력을

나타낸 것이다.

표 6-3. 방사측정으로부터의 첨두전력과 평균전력

Device Letter	Total Peak Power (dBm)	Total Average Power (dBm)
B(maximum PRI)	-3.2	-39.8
B(minimum PRI)	-3.2	-33.7
C	-21.1	-48.6
D(maximum PRI)	-20.5	-51.8
D(minimum PRI)	-20.5	-41.8
E(1500MHz)	-7.9	-55.6
E(900MHz)	-3.7	PRI unknown
E(300MHz)	12.5	PRI unknown

방사측정 결과로부터 얻은 방출 대역을 요약하면 표 6-4와 같다.

표 6-4. 방사측정으로부터의 방출 대역

Device Letter	-10dB Bandwidth(MHz)	-20dB Bandwidth(MHz)
B	319.9	539.9
C	659.8	1080
D	NA	NA
E(1500MHz)	2799	NA
E(900MHz)	1650	NA
E(300MHz)	NA	NA

#### 4. 대역폭이 제한된 경우의 UWB 신호 측정

대부분의 경우에서, UWB 신호들의 특성은 대역폭을 제한하는 방식을 사용하여 측정해야 한다. 즉, 다시 말하면 측정 대역폭은 UWB 방출 대역폭보다 적다. 대역폭을 제한하여 측정하는 이유는 다음과 같다.

- 일반적으로 UWB 방출과 여러 가지 형태의 전파 수신 방식 사이의 결합은 수신기의 RF 주파수 변환기나 IF 부분의 대역폭 특성에 의해 대역폭이 제한될 것이다.
- 특별한 주파수에 있어서는 규제의 표준이 규정되어 있으므로 측정은 요구되는 대역폭에서 측정되어야 한다.
- 매우 넓은 대역폭을 측정하기 위한 시스템을 갖추기는 불가능하며 만약 가능하다 해도 모든 측정 목적을 만족할 만한 출력을 얻기가 어렵다.

측정 방법은 시간 영역이나 주파수 영역에 있어서 측정 장치의 임펄스 응답과 입력 신호의 컨볼루션 처리과정을 거친다. UWB 장치의 방출에 있어서, 일반적으로 측정 컨볼루션 대역폭은 장치의 방출보다 좁다. UWB 신호의 특성은 다음 측정 이론들이 고려되어야 한다.

##### 가. 대역 제한된 시간 영역 측정 이론

시간 영역 측정의 컨볼루션 대역폭은 RF 주파수 변환기와 디지털 양자화기에 의해서 제한된다. UWB 신호의 특성을 연구하기 위해 펄스폭의 정확한 측정은 어렵지만, 펄스 반복율(PRR)과 펄스 열, 그리고 게이팅에 대한 측정은 가능하다.

광대역 시간 영역 측정 시스템 사용은 펄스를 이산화 하기 위해 사용하고 푸리에(Fourier) 변환을 사용함으로써 파형을 광대역 스펙트럼으로 변환한다.



#### 나. 대역 제한된 주파수 영역 측정 원리

주파수 영역 측정의 경우에서 컨볼루션 대역폭은 RF 주파수 변환기나 측정 장비의 IF 대역에 의해서 제한될 것이다. 측정기는 스펙트럼 분석기라고 가정하고 스펙트럼 분석기 컨볼루션 함수는 기본적으로 IF 필터 형태라고 하자. 만약 IF 대역 곡선이 측정될 스펙트럼보다 좁은 경우라면, 두 함수의 컨볼루션이 거의 입력 스펙트럼 함수와 동일하다. 이 경우, 스펙트럼 측정은 분석기의 입력에 인가된 스펙트럼 함수와 동일하다.

측정된 스펙트럼에서 보이는 특징은 IF 필터 폭보다 낮게 분해될 것 이란 것이다. 필터보다 더 좁은 대역의 특징들은 IF 필터 형태를 발생 하기 위해서 컨볼루션 된다. IF 필터링의 폭은 가능한 희생 수신기의 특별 형태로써 같은 대역을 갖는 스펙트럼을 결정할 필요성에 의해서 결정된다. 만약 측정된 스펙트럼이 잡음 형태와 같지 않은 경우, 컨볼루션된 측정된 전력은  $10\log_{10}(IF \text{ bandwidth})$ 보다 빠른 비율로 변할 것이다. 이러한 경우는 펄스 송신기에 의해서 발생된 스펙트럼의 경우에 발생한다.

펄스폭  $t$ , 펄스 반복 간격  $T$ , 기본 주파수에서 스펙트럼 분석기 침두치 감지기로 측정된 정규화된 전압을  $A$ 라 하고, 송신된 전력의 대부분을 포함하는 스펙트럼은  $\frac{1}{T}$ 만큼의 간격을 갖는 선스펙트럼으로 구성되어 있다면, 전력 계산은 다음 식을 이용한다.

기본 주파수에서 선스펙트럼 내에서 측정된 전력은

$$P_{Line} = A^2 \quad (6-3)$$

이며, 이를 단위 데시벨내 선 전력으로 나타내면 아래와 같다.

$$P_{Line} = 10\log_{10}(A^2) \quad (6-4)$$

또한, 평균전력은

$$P_{ave} = A^2 \left( \frac{t}{T} \right) \quad (6-5)$$

이며, 데시벨에서 평균전력은

$$\begin{aligned} P_{ave} &= \left[ 10 \log_{10} \left( A^2 \right) - 10 \log_{10} \left( \frac{t}{T} \right) \right] \\ &= [P_{Line} - 10 \log_{10} (duty\ cycle)] \end{aligned} \quad (6-6)$$

이다. 여기서  $(t/T)$ 는 듀티 사이클이다.

첨두전력은 각 펄스 동안에 전송된 에너지에서 비율이다. 그러므로 이는 펄스 폭과 펄스 반복 간격 비의 선형 함수이고 첨두전력은 다음 관계식에 의한 평균전력과 선스펙트럼 전력과 관계가 있다.

$$\begin{aligned} P_{peak} &= [P_{ave} - 10 \log_{10} (duty\ cycle)] \\ &= [P_{Line} - 20 \log_{10} (duty\ cycle)] \end{aligned} \quad (6-7)$$

측정 대역에서  $n$ 개의 선 스펙트럼들에 대해서, 측정된 첨두전력은  $n$ 에 따라서 변한다.

$$P_{peak} = 10 \log_{10} (nA)^2 = 20 \log_{10} (n) + P_{line} \quad (6-8)$$

컨볼루션 대역에서 선스펙트럼의 수가 대역에 비례하기 때문에, 선스펙트럼에 대해서 측정된 대역의  $20 \log_{10}$ 에 따라서 첨두전력이 변한다.

그림 6-11.은 PRR이 일정하며, 펄스 폭은  $1\mu s$ 이고 PRR은 10KHz(펄스 반복 간격은  $100\mu s$ )인 UWB의 송신기의 선스펙트럼을 나타낸 것이다.

여기서 듀티사이클은  $10 \log(1/100) = -20dB$ 이다. 또한 송신기의 첨두 출력은  $-20dBm$ 이고 RMS 평균 출력은  $-40dBm$ 이다. 측정된 선 출력은

-60dBm이다. 식 6-6을 이용하면 RMS 평균 출력은  $-60\text{dBm} + 20\text{dBm} = -40\text{dBm}$ 으로 측정된 결과와 같다.

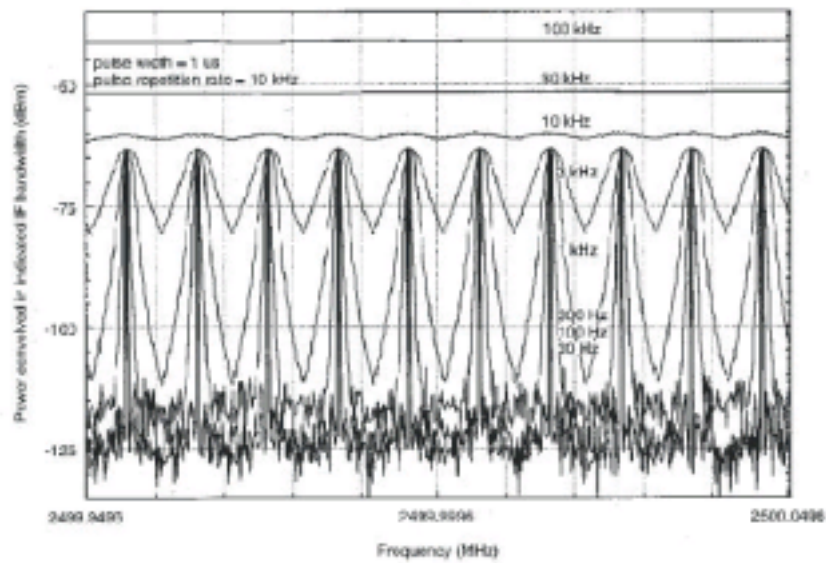


그림 6-11. PRR이 일정한 UWB 송신기의 선 스펙트럼

## 5. UWB 신호 측정의 문제점

측정기술은 UWB 기술의 도입을 허용하는 중요한 역할을 할 것이다. 다른 시스템과의 상호 양립성을 고려할 때 어느 매개변수(예를 들면 펄스 폭, PRF, 침투전력, 상승/하강 시간)가 UWB 전송을 제한하기 위해 사용되어야만 하는가, 어떤 수치가 적용해야만 하는가, 어느 기술이 한계를 측정하기 위해 사용되어야만 하느냐 정하는 것은 중요하다.

NTIA 보고서에는 UWB 신호를 시간영역에서 직접 관찰하기 위해서 고속의 트랜시언트 디지털라이저를 사용하였으며, 어떤 경우에는 샘플링 오실로 스코프를 사용하였다. 대역폭이 최대 20 MHz 까지 변화하는 UWB 신호 전력의 측정은 스펙트럼 분석기를 사용하여 얻을 수 있다. 스펙트럼 분석기를 이용하여 협대역 신호의 일반적인 형태와 침투치 방사 주파수에서의 절대 진폭등에 대한 전계강도를 측정하는 것과 펄스를 전대역에 걸쳐 FFT를 사용하여 전계강도를 구하는 것이 유사하다는 것은 입증되었다. 그러므로 스펙트럼 분석기나 다른 측정기를 이용하여 협대역 스펙트럼 측정은 UWB 신호에 대한 RF 스펙트럼의 총체적인 모양과 절대 진폭등 특성에 대한 정확한 정보가 요구된다.

같은 보고서에서 UWB 신호의 분포에 대한 측정이 신호가 가우시안 노이즈를 닮거나 혹은 임펄스 노이즈와 유사하든 간에 평가하는 것이 매우 중요한 것으로 주목되었다. 가우시안 신호의 분포 함수를 비교해보면 예를 든 UWB 신호와 다른 것을 알 수 있다.

MACL의 보고서에는 UWB 장치로부터 방사를 측정하는 방법이 간단하게나마 제시되었다. 보고서에서 UWB의 전송특성을 나타내는 최상의 방법은 방사 신호의 전력 스펙트럼 밀도를 측정하는 것이다. 제안된 방법들 중의 하나는 시간영역에서의 특성을 측정하는 것이다. 시간영역에서의 측정은 UWB 시스템이 임펄스나 짧은 펄스기술을 사용했을 때 적당한 방법이라는 것이 입증되었다. 그러므로 주파수 영역에서의 측정

이 모든 UWB 기술에 대해 다양한 융통성을 가진다.

하나의 고정된 대역폭에 대한 전력 스펙트럼 밀도를 측정하는 것으로 UWB 시스템에 잠재한 간섭의 영향을 나타내는 것은 적당하지 않다. 전력 스펙트럼 밀도 측정은 스펙트럼 분석기의 분해능을 다양하게 하여 이루어져야 한다. 이는 전력 스펙트럼 밀도는 펄스 반복율과 스펙트럼 분석기의 분해능에 의존한다는 것을 나타내는 것이다. 또한, 스펙트럼 분석기의 비디오 대역폭을 조절함으로써 침투 전력 스펙트럼 밀도와 평균 전력 스펙트럼 밀도 측정이 가능하다고 MACL 보고서에서 제안하였다. 만약, 비디오 대역폭이 스펙트럼 분석기의 분해능보다 크다면 분석기는 피킹(peaking) 효과를 보여 줄 것이다. 반대로 비디오 대역폭이 분해능보다 작다면, 스펙트럼 분석기의 IF 출력을 평균화시킬 것이다.

Barrett, T.W.의 논문에서는 UWB 기술의 기술 개발 역사에서 전력 스펙트럼 밀도의 개념은 하모닉 해석에 기초하고 있으며, 만약 샘플율이 충분히 크지 않다면 과도적인 결과들을 적용하지 않았다고 하였다. 또한, 전력 스펙트럼 밀도가 주파수의 우함수이고 신호에 대한 위상 정보가 없이 진행되었다고 기록하였다. 그러나, 펄스 신호들은 주파수의 우함수가 아니고 정확한 침투 전력 측정은 신호의 위상에 의해 결정되어진다.

스펙트럼 분석기는 개개의 UWB 펄스의 침투 전력을 캡처하기 위한 샘플 속도가 빠르지 못하다. 따라서 UWB 펄스 열에 대한 에너지와 전력이 정확한 것이 못되며, 디터링된 펄스는 UWB 전력을 평탄한 스펙트럼으로 낮추지 못한다. 20GHz보다 큰 샘플율을 가진 샘플-홀드 오실로스코프는 반복되는 개개의 UWB 펄스의 침투 전력을 잡아낼 수 있을 것이다. 그러나 다른 방사기로부터 방사되는 집합적인 펄스들은 계속 변화하고 불규칙한 신호들이므로 캡처하지 못한다. 이러한 집합 방출은 단지 실시간 오실로스코프에 의해서만 관찰할 수 있다. 예를 든다면, 실

시간 디지털 포스퍼 오실로스코프(real time digital phosphor oscilloscope)이다. 일반적으로 사용하는 수신기로 공통된 UWB 신호나 펄스(상승시간과 하강시간, 고조파 변조된 성분들)가 없고, 펄스 반복 주파수와 펄스 디더링 코드가 없이 UWB 방출 효과를 테스트하는 것은 어렵다. 최근 평균전력과 침투전력 사이의 관계와 관련된 논문들이 나오고 있으며 보다 많은 연구와 진행이 요구된다.

### 제 3 절. EMC

Part 15의 규칙과 일치된 전력레벨에서 UWB 장치의 운용에 관련된 일반적인 EMC는 언급된 것이 없다. 단지 항공기 외부에서 UWB 장치를 사용했을 때 항공기에 UWB의 강한 파워가 미치는 영향에 관련된 언급만이 있을 뿐이고, 이러한 것들은 높은 고도의 전자기 펄스, 고출력의 마이크로파, 그리고 UWB에 대해 주목할 것을 언급하였다. UWB의 경우는 100에서 4~20kV까지 최고의 전계를 일으키는 수GW에서 20GW 안테나의 침투전력에 근거하여 고려되어야 한다. 외부적인 요소와 비행기 내부에 둘러싼 내부 전압들 사이에서 기대할 수 있는 모든 감쇄는 약 -80dB~-50dB로 추정된다.

UWB 장치의와 다른 장치들로 부터의 방사를 비교한 참고자료가 있다. 첫 번째로 타임도메인사의 부록 E의(7 December 1998) 내용들은 펜티엄PC의 마더보드로부터 방사 시간영역 플롯을 포함하고 있다. 원문으로부터 명확하지는 않지만 클럭펄스가 나타내는 플롯이 있다는 것을 가정할 수 있다. 그렇다면, 비록 명확하지 않더라도 컴퓨터를 구성하는 부품으로부터의 방출은 존재할 것이며, 또한 이 펄스의 모양이 UWB 파형의 한 형태와 매우 유사한 것은 분명하다. 그러나 전력레벨을 직접 비교한 것은 없다.

두 번째로 UWB 장치의 방출과 다양한 전자 장치의 방출레벨들을 비교한 주파수 영역 플롯이 있다. 타임도메인사의 부록 C는 Sun 워크스테이션의 마더보드, a Norelco razor, a CONAIR hairdryer and a Time Domain RadarVision UWB 장치에 대해 1미터에서 1GHz 부터 3GHz에 걸쳐 측정한 침투 전계 강도와 평균 전계강도를 보여 준다. 이러한 측정들은 UWB의 방출 레벨이 이미 광범위하게 사용하는 전기 장치들 보다 유사하거나 작다는 것을 보기 위해 설계되어야 한다.

## 제 4 절. Antennas

향후 UWB 기술의 발달에 있어서 중요한 도전 부분이 남아 있는데 바로 안테나 설계이다. 이는 안테나가 대역통과 필터처럼 작용하고, 전송 대역폭을 제한한다는 사실 때문이라고 생각된다. 경험적으로 볼 때 최대와 최소 주파수의 비가 2보다 큰 대역폭을 가진 안테나를 만든다는 것은 실제로 쉽지 않다. 1 MHz 에서 10 GHz 까지의 주파수 범위를 갖는 UWB 신호의 비는 10,000이다. 그러므로 이러한 대역폭을 제공하는 안테나를 제작하기가 매우 어렵다.

양립성의 관점으로부터 UWB 안테나와 관련된 방사패턴에 대한 정보는 매우 유용하다. 많은 양립성에 대한 연구에서 UWB 장치가 전방향으로 방사되거나, 혹은 최대 방사 전력이 희생수신기 쪽으로 유도된다고 가정하였다. 이에 대한 약간의 정보는 확보된 참고 문헌에서 찾을 수 있다.



## 제 7 장. 결론

최근 무선기술과 수요의 급증으로 인해 부족함을 느끼는 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위한 방안으로 UWB 기술의 연구가 활발히 진행되고 있다. UWB 기술의 특징으로는 100 Mbps 급의 높은 데이터 전송속도를 제공할 수 있으면 소모 전력이 블루투스보다도 작다는 것이다. 이를 바탕으로 각 가정에 무선 비디오 전송기기 등과 같은 가전 제품에 장착시키는 것을 주된 목표로 개발을 진행하고 있으며 현재 발표된 계획이 순조롭게 진행된다면 2003년 말에는 UWB를 탑재한 제품이 출하될 것으로 전망된다.

현재 가장 무선업계에 화제가 되고 있는 것은 UWB 통신이 기존의 다른 무선통신과의 양립성에 대한 분명하고 정확한 진단이 요구된다. 아직 간섭 영향에 대해서 불분명한 상태이지만 4년여에 걸친 연구와 각계의 의견을 수렴하여 미국의 FCC에서는 2002년 4월 First Report and Order를 발표하였다.

이 발표의 주된 내용은 기존의 part 15의 기준보다 제한적인 방사전력 및 응용분야에 따라 사용 가능한 주파수 영역을 달리하는 것이다. FCC는 이 두 가지의 제한이 잘 지켜질 때 기존의 무선 서비스와 UWB 기술의 상호 공존할 수 있다고 판단하였다. 또한 UWB 기술은 고출력으로 사용할 수 없으므로 허가제도를 사용하지 않을 것이며, 제품의 개수에 대한 제한도 두지 않을 것이다. 다만, 고출력을 사용하는 이미징 시스템의 경우 향후 약간의 조정과정을 거칠 것으로 정책을 발표하였다.

국내 UWB 기술의 도입을 허용하는데 있어서 중요한 것 중의 하나는 측정기술이다. 국내 무선통신 환경에 맞추어 기존의 서비스와 상호양립

성을 고려할 때 UWB 신호에 영향을 미치는 변수들인 펄스폭, PRF, 펄스의 상승/하강시간에 대한 정확한 수치와 그에 대한 측정방법이 요구된다.

UWB 신호의 전력스펙트럼의 측정 시 스펙트럼 분석기는 펄스 개개의 첨두전력을 잡아내지 못한다. 따라서 효율적인 방법은 시간영역에서 측정하여 이를 FFT의 과정을 통해서 전력 스펙트럼 밀도를 얻을 수 있을 것이다. 이를 위해서 최소 20GHz 이상의 샘플율을 갖는 샘플-홀드 오실로스코프가 요구된다.

현재 국내에서도 UWB 기술 개발 및 활성화를 위하여 다각도로 노력하고 있으며, 따라서 개발의 활성화를 위해서는 여러 방면에서의 고려가 필요하다. 첫 번째로 서비스측면에서 본다면 현재 근거리 무선통신은 LAN, Bluetooth, HomeRF, 기타 ISM band를 이용한 소출력 무선 기술들이 제공되고 있으며, 이러한 기술들과의 경쟁 또는 보완방안에 대한 고려가 필요하다.

두 번째로 기술적인 측면에서의 고려사항은 아직까지도 타 서비스와의 간섭영향에 대한 평가가 완전하지 않다는데 있으며, 따라서 되도록 실내에서 사용하는 것으로 의견이 모아지고 있다. 이를 위해서 UWB의 원천기술을 확보하고 확보된 기술을 바탕으로 국내 무선환경에 적합한 기준을 마련하는 것이 중요하다.

세 번째로 UWB의 도입과 활성화를 위해서는 정부와 연구소 및 업체의 역할을 분담하여 진행하여야 하며 정부는 현행 법규에서 보완되어야 할 사항 등을 고려하고, 산하연구소등에서 제시하는 전파 환경 영향 등을 고려하여 이를 정책에 수렴해야 한다. 또한 연구소에서는 여러 개발 업체에서 용이하게 개발하기 위해 통신기기에서 표준이 되는 통신 프로토콜을 연구하고 제정하는 것이 요구되며, 광대역의 주파수를 사용하는

UWB에 대한 시험방안 및 시험 기준등을 제시하여야 한다

## 참 고 문 헌

- [1] James D. Taylor “Ultra-Wideband Radar Technology” , CRC Press, 2001
- [2] Simon Haykin “Communication systems” , John Wiley, 1994
- [3] Lawrence K. brunson 외 8명, “Assessment of Compatibility between ultrawideband devices and selected federal systems” , NTIA special publication 01-43, Jan.2001.
- [4] William A. Kissick, “The temporal and spectral characteristics of ultrawideband signals” NTIA special publication 01-383, Jan.2001.
- [5] R. J. Fontana, "An Ultra Wideband Synthetic Vision Sensor for Airborne Wire Detection", Report of Multispectral Solutions, Inc.
- [6] Robert Fleming, “ Rapid UWB Signal Acquisition” , Aether Wire & Location Inc., may.2000
- [7] “Low-Pawor, Miniature, Distributed Position Location and Communication Devices Using Ultra-Wideband, Nonsinusoidal Communication Technology” , Semi-Annual Technical Report, Aether Wire & Location Inc., July.1995
- [8] “Revision of part 15 of the Commission’s Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission System” , NPRM FCC00-163, May. 2000
- [9] “Revision of part 15 of the Commission’s Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission System” , NPRM FCC02-48, Feb. 2002
- [10] Jeff Foerster 외 3명, “Ultra-Wideband Technology for Short- or Medium- Range Wireless Communications” , Intel Technology, Journal Q2.2001
- [11] Terence W. Barrett, “History of UltraWideBand (UWB) Radar

- & Communications: Pioneers and Innovators<sup>††</sup> , Progress In Electromagnetics Symposium 2000, July, 2000
- [12] Robert J. Fontana, "RECENT APPLICATIONS OF ULTRA WIDEBAND RADAR AND COMMUNICATIONS SYSTEMS<sup>††</sup> , Multispectral Solutions, Inc.
- [13] Robert J. Fontana, "An Ultra Wideband Communications Link for Unmanned Vehicle Applications<sup>††</sup> , Multispectral Solutions, Inc.
- [14] Moe Z. Winy, "Impulse Radio: How it works<sup>††</sup> , IEEE communications letters, Vol 2, NO. 1, JAN. 1998
- [15] William A. Kissick, "The temporal and spectral characteristics of ultrawideband signals<sup>††</sup> NTIA special publication 01-383, Jan.2001.
- [16] Harmuth, H.F. ., "Synthetic Aperture Radar Based on Nonsinusoidal Functions. VI. Pulse Position and Pulse Shape Coding". IEEE Trans. Electromagn. Compat., EMC-22, 93-106, 1980.
- [17] Harmuth, H.F. ., "Nonsinusoidal Waves for Radar and Radio Communication", Academic, New York, 1981.
- [18] Harmuth, H.F. ., "Antennas and Waveguides for Nonsinusoidal Waves", Academic, New York, 1984.