

主題

UWB 무선기술 및 규제 동향

한국전자통신연구원 이형수, 김재명

차 례

- I. 서론
- II. 기술 동향
- III. 규제 동향
- IV. 결론

I. 서론

UWB(Ultra-WideBand)는 미국 국방부가 군사적 목적으로 개발한 무선 기술이다. 이 기술은 무선 데이터 전송을 위해 수 GHz 대역폭의 초광대역을 사용할 수 있을 뿐만 아니라 기존 IEEE802.11a 기술의 전송속도가 54 Mbps에 불과한데 비해 100Mbps에서 1Gbps의 초고속 전송속도를 자랑한다. 또한 빠른 전송속도에도 불구하고 전력소모량은 휴대폰과 무선랜(WLAN) 제품이 필요로 하는 전력량의 10분의 1 수준 밖에 안 된다는 장점을 갖고 있다.

FCC는 당초 이 기술이 군사적 목적으로 개발됐을 뿐만 아니라 사용주파수 대역이 넓어 다른 GPS(위성위치확인시스템)나 이동통신 네트워크 등과 충돌 현상을 일으킬 수 있다는 점 때문에 상업적 이용을 금지해 왔다. 하지만 주파수 대역이 광대역이면서도 순간적인 짧은 펄스로 데이터

를 전송할 수 있는 UWB의 특성 때문에 주파수 부족현상을 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 미국 국방연구소들과 관련 업체들이 UWB 원천 기술을 대부분 소유하고 있어 무선통신 시장에서 미국의 입지를 더욱 확대할 수 있다는 점 때문에 FCC는 2002년 2월 이 기술의 상업적 이용을 허용하기에 이르렀다.

본문에서는 주파수와 관계없이 사용 가능한 새로운 차세대 무선 기술로 급부상하고 있는 UWB 무선 기술에 대한 개요와 UWB기술을 응용한 통신분야에서의 번복조, 송수신시스템의 통신 기술 동향, 허가를 받지 않는 무선 기술로서의 FCC 기술 기준과 국내기준과의 비교 등을 분석 고찰함으로써 향후 무선통신 시장의 새로운 변화를 가져올 UWB 무선통신에 대한 연구방향을 제시하였다.

II. 기술 동향

1. 기술개발 경과 과정

UWB라는 용어는 이 기술의 스펙트럼 특성에서 인용되었으며 기본적인 원리는 임펄스라고 불리는 짧은 펄스를 발생하여 전송한 것을 수신하여 처리하는 것이다. UWB 무선기술은 1897년 마르코니(Marconi)가 보여준 최초의 무선 시스템에서 시작되었다. 마르코니의 초기 spark-gap 송신기는 매우 낮은 주파수에서부터 단파대 이상까지의 넓은 스펙트럼을 점유하였으며 이들 시스템은 수동으로 시간 도메인에서 모스 부호를 사람들이 송·수신함으로써 동작하였다. 그러나 이러한 기술은 그 당시의 기술로 1개의 시스템이 운영하면 다른 사용자들은 사용할 수 없었으며, 수신부의 안테나에서 광대역 신호를 효율적으로 모을수 있는 기술도 없었기 때문에 통신으로 발전되지 못하였다.

한동안 진전이 없었던 이 기술은 1960년대에 들어 근거리 고해상도 레이더 분야인 Sensing 분야에서 연구개발이 재개되었다. 이 분야는 적은 신호처리 과정과 간단한 전기장치에도 불구하고 통신분야 응용보다 다소 덜 주목을 받고 있지만 1974년 Morey가 매우 넓은 주파수 대역을 사용하여 수 미터 거리의 땅속을 침투할 수 있는 레이더 시스템을 특허 등록하였는데 나중에 지하 매설물 탐지 레이더(Ground Penetrating Radar : GPR)의 상업적인 성공의 기초가 되었다.

현대 UWB 기술의 기초는 1980년대에 Sperry Research Center에서 정립되었다. 마이크로파 네트워크 특성 연구와 물질의 속성을 결정하기 위하여 UWB의 사용을 강조하였는데 이는 목표물 혹은 방해물의 임펄스 응답 특성을 측정하기 위한 실내 시스템의 개발을 유도하였다.

1980년대와 1990년대 시간 도메인의 전자장 원리가 무선통신에 응용되었고 특히 다중경로가 밀집된 환경에서의 근거리 통신에 응용되었다.

이는 다중경로 환경에서 많은 사용자를 수용할 수 있는 UWB통신의 가능성을 보여주는 것으로 현재 매우 높은 스펙트럼 밀집 지역에서 공존할 수 있는지를 연구하고 있다.

1994년부터 UWB 무선 기술의 많은 부분이 군사 보안에서 해제되었으며 Time Domain사, Multispectral Solution사, Xtreme Spectrum사, A ether Wire & Location사 등 여러 업체에서 이 기술의 다양한 응용장비 상용화를 위해 개발을 진행 하고 있다.

2. UWB 기술의 정의

UWB는 협대역 반송파에 정보를 실어 보내는 기존 RF통신기술과는 달리, 일련의 펄스 에너지를 시간상으로 보내며 이를 수신 주파수 대역상에서 볼 때 그림 1과 같이 매우 넓은 대역에 걸쳐 에너지가 분포되는 기술을 뜻한다. 이를 기존의 협대역 시스템 및 3G셀룰러 기술로 설명되는 광대역 시스템과 구분하기 위해 중심 주파수의 20% 이상의 점유 대역폭을 차지하는 시스템 (예를 들어 중심 주파수가 4GHz라면 최소 3.2GHz 대역과 4.8GHz대역), 혹은 500MHz 이상의 점유 대역폭을 차지하는 무선 전송 기술을 UWB라고 정의하고 있다.

이와 같이 UWB 시스템의은 기존의 협대역 시스템이나 광대역 CDMA 시스템에 비해 매우 넓은 주파수 대역에 걸쳐 상대적으로 낮은 스펙트럼 전력 밀도가 되어 짐레벨 정도가 되므로 기존 RF통신과 공존할 수 있게 된다. 즉 송신신호가 1W 출력일 때, 1GHz대역의 주파수에 분산되면 1MHz당 1mW가 된다.

3. UWB통신의 변복조기술 동향

펄스를 이용해 정보(0 또는 1)을 보내기 위해서는 기본 펄스에 변조를 시켜야 한다. 변조방법에는 그림 2와 같이 여러 방식이 있으며, 현재

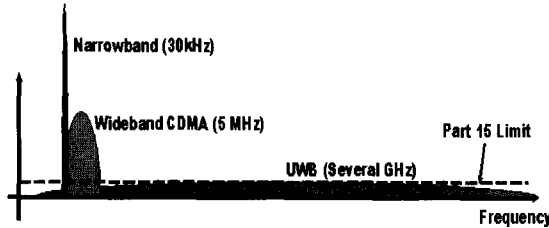


그림 1. 협대역, 광대역 CDMA, UWB 스펙트럼 비

개발업체 들도 서로 다른 변조 방식을 사용하고 있다. 가장 오래 동안 사용되고 있는 방식은 Time Domain사에서 사용하고 있는 PPM(Pulse Position Modulation)방식이다. PPM방식은 0 또는 1에 따라 기본 펄스의 위치를 변화시키는 것이다. 예를 들어 1 nsec 간격(window) 이라면 1초에 10억개의 펄스를 보내는 것이 된다. 이 때 두 개의 연속된 window를 하나의 그룹으로 하면 첫째 window내에 펄스가 있으면 0을 가르키며, 두번째 window에 있으면 1을 가르키게 된다. 또는 시간상 offset시키는 방법으로 기준 시간 보다 다소 일찍 도착한 신호는 0, 다소 늦게 도착한 신호는 1로 결정할 수도 있다

OOK(On-Off Keying) 방식은 펄스가 존재시 1, 없을 때 0으로 결정하게 하는 방식으로 multipath에 강한 장점을 가진다.

PAM(Pulse Amplitude Modulation)방식은 출력을 변화시켜 정보를 표시하게 하는데 PAM 8

은 펄스 진폭을 8단계로 사용하여 4bits정보를 보낼수 있게 한다.

그리고 최근 Xstream사에서 사용하고 있는 BPSK(Binary Phase Shift Keying)방식은 신호의 위상(0, 180)에 따라 0과 1을 표시하는 방식으로, PPM보다 S/N비에서 3dB이점과 전송 용량면에서도 2배의 이점을 가지나, multipath에 의한 위상변화 문제점을 가지므로 보완기술이 진행되고 있는 상태이다.

그리고 펄스가 하나만 있을 때에는 주파수 영역에서 광대역 잡음처럼 나타났으나, 일정한 시간 주기를 가지는 펄스열 신호를 주파수영역에서 보면 규칙적인 주기 때문에 스파크 현상(Comb line)이 나타나게 된다. 주파수 영역에서 이러한 현상이 나타나게 되면 다른 통신에서 사용하는 협대역신호에 간섭을 주기 때문에 펄스열의 규칙성을 없애야 된다.

또한 여러 사람이 동시에 사용할 수 있도록 다중화하는 방법도 필요하다. UWB신호는 주파수영역에서 광대역 잡음과 같은 특성을 보이므로 그림 3과 같이 Time Hopping방식을 이용하여 여러 사용자가 동시에 통신할 수 있다. 즉 일정한 펄스 시간보다 큰 시간구간(프레임)을 정해서 특별한 코드를 이용해 프레임 내에 정해진 구간에 펄스를 위치 시키면 된다.

이렇게 하면 여러 사용자가 동시에 통신을 하

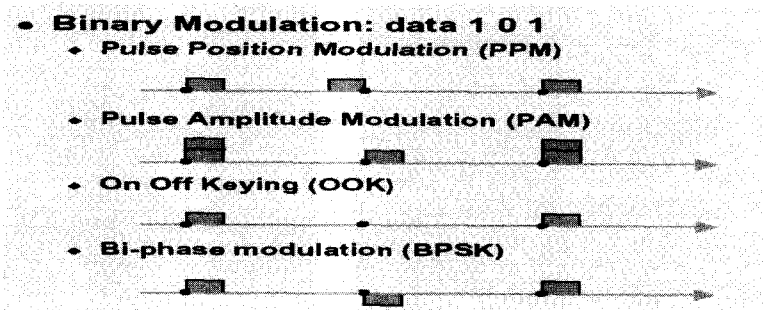


그림 2. UWB에서 사용되는 여러가지 변조 방식

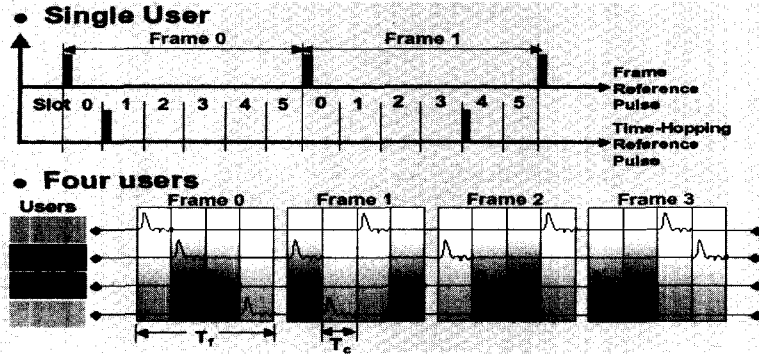


표 3. Time-Hopping방식에 의한 다중역세스 예

여도 자기 신호를 구분해 낼 수 있을 뿐만 아니라 규칙적인 펄스 열로 인해 주파수 영역에서 나타났던 스파크 현상도 사라지게 된다.

최근에는 CDMA와 같은 DS방식도 연구되고 있으나 회로가 복잡해지는 문제점을 가지고 있다.

그리고 신호의 오류를 강화시키기 위해 오류 정정부호 방식도 도입되어야 하나, 이를 위한 overhead는 거리가 증가시 커지며 이에 따라 페이딩도 증가 될수 있으므로 이를 감안한 코드방식을 선정하여야 할 것이다.

4. 송수신시스템 동향

기존의 무선 통신 방식은 대부분 그림 4-1과 같은 Super-heterodyne방식을 이용하고 있다. 반면에 UWB 시스템은 그림 4-2와 같은 기저대역에서의 직접 변환에 의한 Homodyne 방식을 사용하므로 협대역 통신 방식과 달리 송/수신기에서의 주파수 천이 과정이 필요치 않으므로 Super heterodyne 구조에 비해 구성이 상대적으로 간단하다. 즉 Reference oscillator, Phase-Lock Loop(PLL) synthesizer, mixer 및 power amplifier가 필요하지 않다. 이러한 UWB 시스템의 간단한 구조는 재

료비와 조립 비용을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 저 비용의 DSP사용을 용이하게 하여

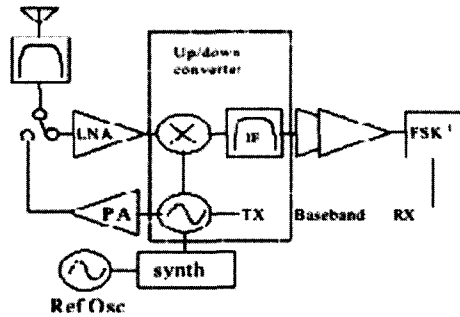


그림 4-1. Heterodyne 방식

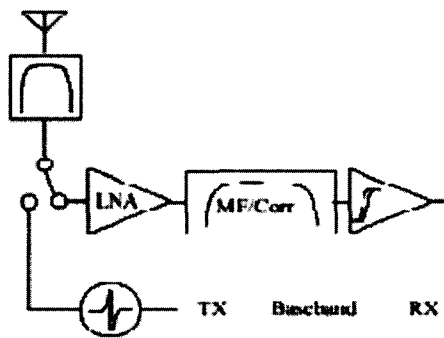


그림 4-2. Homodyne 방식

표 1. 미국의 UWB Chipset 개발 동향

회사	Time Domain	Intel	Xstream
전송 속도	100/200Mbps (2003)	100Mbps (2005)	100/200Mbps (2003)
변조 방식	PPM	PAM	Bi phase
Process	Si/Ge, CMOS	CMOS	Si/Ge, CMOS
칩 개수	3 (PulsON200/300)	1	3 (Trinity chip)
응용 분야	WPAN/position track	WPAN	WPAN

저전력을 사용하는 소형 칩으로 구현이 가능하다. 또한 연속신호가 아닌 임펄스신호이므로 전력의 소모가 적게 되며, 저전력은 배터리의 소모와 관계되므로 배터리를 오래 사용할 수 있는 장점이 된다.

그러나 송수신시스템에서 해결해야 될 문제점으로는 3장에 서술된 주파수의 제한(통신은 3.1GHz -10.6GHz대역)에 맞는 펄스 파형의 정형방법과, 전체 대역(7GHz대역폭)에 걸쳐 1개의 신호로 할 것인지 아니면 여러 개의 대역으로 멀티 대역화 할 것인지에 대한 논란도 제기되고 있다. 그리고 수신부에서 시간축에 RANDOM하게 나타나는 매우 짧은 펄스를 정확하게 잡아내는 correlation기술도 해결해야 할 과제이다. 그리고 또 다른 문제로는 보드상에서 발생하는 임펄스 잡음을 제거 또는 억압시키는 기술도 요구된다.

또한 UWB 안테나 기술도 해결해야 할 주요 기술 중 하나이다. 즉 광대역특성을 가지기 위해 쌍추형 안테나, 디스크 안테나, 바이코니컬 안테나처럼 굽은 소자를 활용하거나, Time Domain사의 보타이(bow-tie) 안테나처럼 삼각형 구조로 퍼져 가는 구조를 갖춘 형태가 있다. 그리고 TEM 혼 안테나 혹은 롬빅 안테나처럼 전송선로 자체가 퍼져 가는 구조를 갖거나, 대수주기 안테

나처럼 크기가 다른 소자를 배열하거나, 나선형 안테나처럼 소자를 둥글게 퍼져가는 구조를 갖춘 안테나들이 검토되고 있다.

이러한 구조를 지닌 안테나는 크기면에서 문제점을 지니고 있어 이를 휴대하거나, 실장할 수 있는 작은 크기로 하는 기술개발과 UWB시스템 자체에 일체형으로 하는 연구가 진행되고 있다.

현재 주요 UWB 개발회사에서 진행중인 시스템 개발동향은 Intel 및 Xtreme Spectrum에서는 100Mbps 급의 근거리 통신 시스템을 개발하여 시연하였다. 그리고 chipset개발에서는 Time Domain사가 전송 속도 40 Mbps 급의 PulseOn 200 chipset을 개발하였으며 현재 100Mbps 급의 통신전용 chipset을 개발중이며, Xtreme Spectrum에서는 FCC 규정에 따른 100Mbps급의 Trinity chipset를 개발하여 2003년 말에 시판될 예정이다<표 1참조>.

III. 규제 동향

1. FCC 동향

미국에서는 1998년 9월 FCC는 UWB 사용자의

표 2. UWB 기술기준

응용분야	주파수 운영 대역 (Part 15 Limits)	사용자 제한사항
Imaging	3.1 to 10.6GHz (GPR(960 MHz))	Yes
Through-wall and Surveillance	1.99 to 10.6 GHz	Yes
Communications (indoor & outdoor)*	3.1 to 10.6 GHz	No
Vehicular	24 to 29 GHz	No

요청으로 UWB 장비의 사용 가능성에 대한 정보를 수집하기 위하여 질의서(Notice of Inquiry :NOI)를 보냈으며 많은 의견들이 접수되었다. NOI에 의해 수집된 정보는 2000년 5월 NPRM(Notice of Proposed Rule Making)으로 발표하였는데 가장 중요한 규제 문제는 UWB 시스템이 기존의 무선 시스템에 간섭을 발생시키는지 여부이다. 특히 GPS, 항공기 등과 같이 연방정부에서 사용하는 중요한 시스템에 사용되는 특정한 주파수 대역에 출력을 얼마나 더 낮게 제한하여야 하느냐 하는 것이었다. 2002년 2월 14일 FCC는 UWB 시스템에 대하여 제한적으로 사용을 허용하는 UWB 1st Report & Order(R&O)를 채택하였

다. 이 R&O에서는 UWB 장치를 표 2와 같이 5가지(통신은 실내와 실외 2가지로 구분)로 분류하여 제시하였다.

각각의 장치는 3가지 제한 조건이 있다. 첫째 제한은 장소나 사용처의 제한 여부인데, 제한없이 사용할 수 있는 분야는 통신과 차량 충돌방지 분야이다. 그리고 두번째 제한은 사용하는 주파수 대역에 관한 것으로 용도에 따라 서로 다른 상태이다. 통신은 GPS, PCS등과의 간섭을 피하기 위해 3.1-10.6 GHz (대역폭 7.5GHz)에 허가되었다. 그리고 세번째 제한은 출력으로 FCC part 15(허가를 필요로 하지 않는 소출력장비 규정)의 기준에 적용시키기 위해 방사 전력 스펙트럼 밀도를 -41.3dBm/MHz로 한 점이다.

이 기술기준중 특히 통신시스템은 그림 5와 같이 실내 및 실외 UWB 통신 장치는 서로 다른 out-of-band 방사 제한을 가지고 있는데, GPS 대역 및 공공 안전에 관련된 대역에서는 보다 엄격한 제한을 하고 있다. 그러나 이 규정은 제조업체에서 더 완화시켜야 한다는 주장에 따라 검토를 계속하고 있으며 2003년 2월에 Imaging 분야와 Vehicular분야에서 약간 완화된 기준을 제시하고 있다.

2. ITU 및 유럽의 규제동향

ITU-R에서는 2001년 11월부터 시작하여 2003

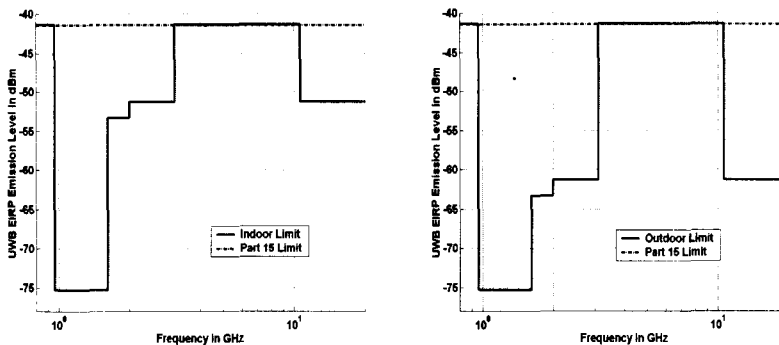


그림 5. UWB 통신 장치의 방사제한

년 안에 초기 연구 결과를 내는 것을 목표로 하여 SG 1A (study group for spectrum engineering techniques) 에서는 Draft New Question[UWB-1]/1 Compatibility between short-range radio devices using UWB technology and radiocommunication services를 의제로 하여 하나의 UWB 기기 및 다수의 UWB 기기에 의한 전파환경 및 다른 무선기기에 미치는 영향 평가방법, 다른 무선기기와 양립성, 다른 무선기기에 간섭을 주지 않을 UWB 기기의 요구조건 등을 연구토록 하였다. 그리고 SG 1B (study group for spectrum management methodologies)에서는 Draft New Question [UWB-2]/1 Administrative provisions related to the introduction of short range devices using UWB technology를 의제로 하여 UWB 기술 도입시 RR S5.340(수동업무용 주파수 대역에 대해 어떠한 의도적 전파발사를 허용치 않음)의 해석에 관한 연구를 수행토록 하였다. 이와 관련하여 SG 4A에서는 UWB 기기에 의한 Fixed Satellite Services(FSS) 수신에의 영향, 6E에서는 UWB 기기에 의한 Terrestrial Broadcasting Services 수신에의 영향, 7C 및 7D에서는 UWB 기기에 의한 Earth-exploration Satellite System 및 Radioastronomy 수신에의 영향, 8A, 8B 및 8F에서는 UWB 기기에 의한 Mobile Communication Services 수신에의 영향 등 상호 협력을 위한 Liaison Statement를 보내 공동연구를 추진하고 있는 중이다.

유럽에서는 CEPT의 ECC에 SRDMG(Short Range Device Maintenance Grope)를 설치 ETSI의 ERM(EMC & Radio Spectrum Matters)/TG31와 협력하여 WGPT(Working Group Project Teams) SE(Spectrum Engineering) 21에서는 UWB 규제 관련 일반적 문제 및 24 GHz Automotive Radar 관련 불요파 문제를 SE 24에서는 다른 무선통신과의 양립성 문제, 1-10 GHz 대역 측정방

법, GSM, UMTS, DVD-T, T-DAB, Bluetooth에 대한 전파간섭 측정에 관한 연구를 수행중이다. 이러한 연구결과를 바탕으로 2002년 12월에 나온 보고서 초안을 보면 FCC의 기술기준과 유사하나 3.1GHz이하의 mask기준이 미국보다 더 엄격한 방향으로 제시되고 있다.

3. 국내 기준과 비교

국내에서 허가받지 않고 사용할 수 있는 무선국(미약전파)에 대한 규정인 전파법 시행령 30조가 있다. 전파법 시행령 30조는 무선기기의 사용 주파수 대역별로 하여 전계강도에 관한 사항을 제시하고 있는데 이 기준은 현재 높이 1.5 m, 이격거리 3 m, 임피던스 50, 안테나 이득은 0 dBi로 가정한 것이다,

국내와 FCC의 규정을 비교하면 표3-1과 3-2와 같이 3 GHz 이상이 되는 주파수 대역에서는 국내의 규격이 매우 엄격하여 UWB 신호가 사용되고 있는 대역에서는 출력을 UWB 신호를 일반적으로 사용하는 대역(3 ~ 10 GHz)에서의 전력밀도의 차이는 국내기준이 FCC기준에 비해 약 23dB 정도가 더 낮은(엄격한) 상태이므로 이 기준을 향후 어떻게 다른 나라와 기준과 조정해 나가야 할지 중요한 연구 분야이다.

IV. 결 론

UWB 무선 기술은 기존의 협대역 및 CDMA 기술과 같은 광대역 통신과 상호 간섭 없이 주파수를 공유하며 사용할 수 있는 큰 장점을 가지고 있을 뿐만 아니라 높은 보안성 유지, 정확한 거리 및 위치 측정이 가능한 높은 해상도를 제공하며, 기존의 무선 시스템과는 달리 무선 반송파를 사용하지 않고 기저대역에서 통신이 이루어 지므로 송수신기의 구조가 간단해짐으로써 낮은 비용

표 3-1. 국내 미약전파 규정

Frequency	Field strength	Distance	Measurement Bandwidth	EIRP(dBm)
~322MHz	500	3	1KHz 10KHz 100KHz	-41.25
322MHz ~ 10GHz	35	3	100MHz 1MHz (1 GHz)	-64.35
10GHz ~ 150 GHz	$3.5 \times f(\text{GHz})$ Maximum :	3	1MHz	$-84.35 + 20\log(f)$

표 3-2. 미국 FCC Part15(미약전파) 규정

Frequency	Field strength	Distance	Measurement Bandwidth	EIRP(dBm)
30~88	100	3	100	-55.3
88~216	150	3	100	-51.7
216~960	200	3	100	-49.2
Above	500	3	1000	-41.25

으로 송수신기를 제작할 수 있는 장점도 가지고 있다.

UWB 무선 기술은 최근 주파수 대역이 광대역이면서도 고속 데이터 전송이 가능한 UWB 특성을 이용하여 초고속 무선 인터페이스를 사용하는 WLAN 이나 WPAN과 같은 근거리 광대역 통신에 대한 응용에 많은 관심이 집중되고 있다.

UWB 무선 기술은 기존의 무선 기술에 비해 상대적으로 많은 장점을 가지고 있으므로 새로운 차세대 무선 기술로 급부상하고 있다. 현재 ETRI를 비롯한 기업체, 학계에서 기술 개발이 시작되고 있으며 기술 발전 상황을 고려한다면 곧 우리나라에도 UWB 무선 기술을 사용하는 응용 제품의 도입도 예상되고 있다.

국내 기술의 초보 단계성이나 IEEE의 표준화 활동에 뒤 늦은 참여 등을 감안할 때 국내 산학연이 공동으로 기술개발을 할 필요성이 더 커지고 있으며, 이러한 요구에 따라 향후 국내 UWB 포럼과 같은 공동 협력체가 결성되어 국내 기술을 한층 더 발전시킬 수 있기를 바란다.

참고문헌

- [1] Kai Siwaik, Mike Franklin, Advanced in Ultra-wide Band Technology, Radio Solutions 2001, London, November, 2001
- [2] Robert J. Fontana, Recent Application of Ultra Wideband Radar and Commun

- ications System, EuroEM 2000, Edinburgh, Scotland, May 2000
- [3] Alan Petroff , Paul Withington, PlusON Technology Overview, Time Domain Corporation, July, 2001
- [4] Jeff Foerster, Evan Green, Srinivasa Somayazulu, David Leeper, Ultra-Wideband Technology for short-or Medium-Range Wireless Communication , Intel Technology Journal 2nd Quarter 2001
- [5] Moe Z. Win, Robert A. Scholtz, Impulse Radio; How it Work , IEEE Communications Letter, Vol. 2, No. 1, January, 1988
- [6] R.A. Scholtz, Multiple Access with Time-hopping Impulse Modulation, IEEE MILCOM93, Boston, MA., October 11-14, 1994.
- [7] FCC Notice of Proposed Rule Making, Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-wideband Transmission System, ET-Docket 98-153.
- [8] J. Proakis, Digital Communication, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1989

김재명

1974년 2월 : 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1981년 8월 : Univ. of Southern California 전기공학과(석사)
 1987년 8월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학박사)
 1974년-1979 : 한국과학기술연구소(한국통신기술연구소)
 1982년-현재 : 한국전자통신연구원 무선방송연구소장

관심분야 : 위성통신시스템, 디지털방송, 근거리 통신시스템



이형수

1980년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1996년 2월 : 성균관대학교 정보공학과 졸업(공학박사)
 1983년- 현재 : 전자통신연구원 전파자원연구팀 팀장

관심분야 : 전파전파특성, 전파관리기술, UWB시스템