

## UWB 기술 정의 및 특성

이형수 · 신철호

한국전자통신연구원

### 요 약

본 논문에서는 수 GHz 대역폭에 이르는 매우 짧은 펄스를 이용하여 신호를 고속으로 전송할 수 있는 초광대역 통신 시스템(Ultra Wide Band system : UWB)의 특성에 대해 분석하고자 한다. UWB 시스템은 기존 시스템보다 더 낮은 비용과 전력 소비로 훨씬 넓은 주파수 대역을 이용하여, 기존 협대역 시스템과의 공유를 가능하게 하며, IEEE 802.11나 Bluetooth에 비해 월등히 높은 bits/sec/squaremeter로 정의되는 spatial capacity를 제공할 수 있어 최근 활발히 개발되고 있는 근거리 무선 통신망에 매우 적합하다. 특히 UWB 시스템은 짧은 펄스를 이용한 매우 정교한 시간 분해능을 이용한 Cm단위 위치 추적이라는 UWB만의 고유 기능도 제공할 수 있다.

### I. 서 론

UWB는 linear, time-invariant microwave structure의 특성을 파악하기 위한 time domain(impulse response)기술의 발전에 그 기반을 두고 있는 기술이며, time-domain sampling oscilloscope의 출현과, subnano-second pulse generation 기술발전은 UWB 연구에 많은 도움을 주었다. '70년대 초반에 high resolution radar에서 탐지가 어렵고, 간섭을 적게 주는 특수 목적의 통신시스템에 이르기까지 많은 분야에 impulse(baseband) 기술이 적용되었다. 미국의 경우에 UWB에 관한 연구는 1994년 이전에는 보안으로 분류되었으나, 그 이후에는 많은 분야가 보안

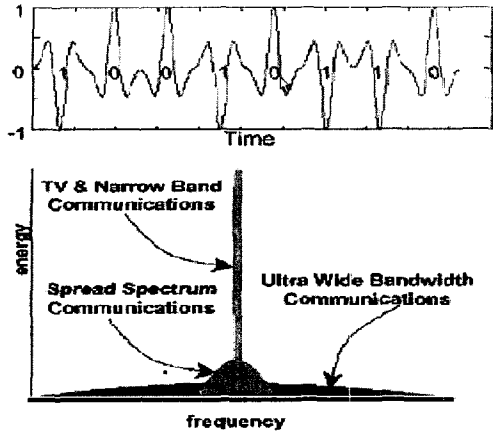
에서 해제되었고, 현재는 많은 업체와 학교에서 UWB 통신 방식을 상용 시스템에 적용하기 위한 연구를 활발히 진행하고 있다.

특히 FCC는 2002년 2월에 UWB 시스템을 3.1 GHz 이상의 주파수 대역에서 제한된 용도로 사용할 수 있도록 허가하였으며, IEEE 산하 802.15.3 working group에서는 무선 개인 통신(Wireless Personal Communication)방식으로 UWB 시스템을 사용하기 위한 표준화 작업도 활발히 진행 중이다.

본 논문에서는 주파수 제약 없이 사용 가능한 시스템으로서 새롭게 대두되고 있는 UWB 시스템에 대한 개념, 통신 특성, 기존 협대역 시스템에 대한 UWB의 장점 등에 대해 살펴보고자 한다.

### II. UWB 정의

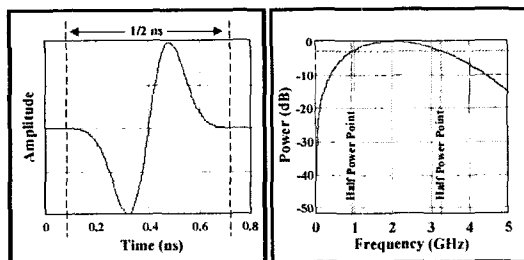
기존의 narrow band 시스템 및 3G 셀룰러 기술로 설명되는 Wide band 시스템과 구분하기 위해 중심 주파수의 25 % 이상의 점유 대역폭을 차지하는 시스템 혹은 1.5 GHz 이상의 점유 대역폭을 차지하는 무선 전송 기술 시스템을 UWB(Ultra Wide Band)라 정의하였다. 주파수 스펙트럼 상에서 [그림 1]과 같이 동일 출력을 갖는 세가지 시스템에 대해 살펴보면 UWB 시스템의 경우 매우 넓은 주파수 대역에 걸쳐 전력 스펙트럼 밀도가 존재하므로, 상대적으로 전력 스펙트럼 밀도가 낮고, 기존의 무선 통신 시스템에 간섭을 주지 않아 주파수 공유 측면에서 매우 유리함을 알 수 있다.



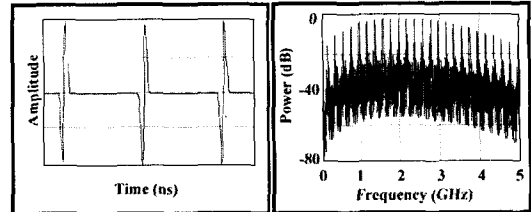
[그림 1] UWB 시스템의 스펙트럼 특성

### III. UWB 통신 특성

UWB통신의 목적은 다른 통신시스템에 영향을 주지 않기 위하여 신호에너지를 초광대역으로 분산하여 송신함으로써 다른 협대역신호에 간섭을 주지 않고 통신을 할 수 있도록 하는 것이다. 주파수 스펙트럼상의 파형은 시간축상의 신호파형의 모양과 밀접한 관계를 가진다. 정현파는 어느 특정주파수에서만 큰값을 가지지만 임펄스 신호는 비교적 넓은 주파수 대역에서 에너지가 분포한다. 최근에 발표된 FCC의 주파수 제약 조건을 따르기 위해서는 주파수 대역폭 제약에 따른 사항을 고려해 주어야겠지만 여기에서는 0.5 nsec의 펄스폭을 갖는 임펄스 신호



[그림 2] 광대역 신호 파형과 스펙트럼



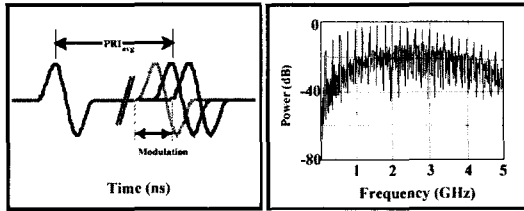
[그림 3] 규칙적 펄스 열에 의한 스펙트럼

호로 예를 들겠다. [그림 2]는 0.5 nsec의 펄스 폭을 가지는 임펄스 신호의 파형과 주파수 스펙트럼을 나타내고 있으며, 3 dB 대역폭은 2 GHz 이상이며 넓은 대역폭에서 에너지가 존재하는 것을 볼 수 있다.

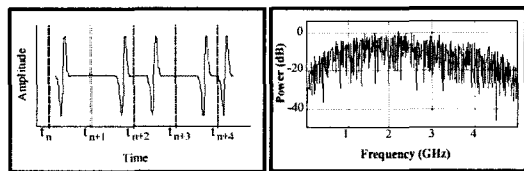
[그림 2]의 펄스를 이용하여 통신을 하기 위해서는 일정한 시간 주기로 펄스를 내보내야 한다. [그림 3]은 일정한 시간 주기를 가지는 임펄스 열과 주파수 스펙트럼을 나타내었다. 펄스가 하나만 있을 때에는 주파수 영역에서 광대역 잡음처럼 나타났으나, 일정한 시간 주기를 가지는 펄스열 신호를 주파수 영역에서 보면 규칙적인 주기 때문에 스파크 현상(Comb line)이 나타나게 된다. 주파수 영역에서 이러한 현상이 나타나게 되면 다른 통신에서 사용하는 협대역 신호에 간섭을 주기 때문에 펄스열의 규칙성을 없애야 된다.

펄스를 이용해 정보(0 또는 1)를 보내기 위해서는 기본 펄스에 변조를 시켜야 한다. 변조방법에는 여러 가지가 있겠지만 여기에서는 PPM(Pulse Position Modulation)방법을 예로 들겠다. PPM방식은 0 또는 1에 따라 기본 펄스의 위치를 변화시키는 것이다. [그림 4]는 펄스위치를 변화시키는 방법으로 변조하는 것과 그때 주파수 스펙트럼의 변화를 나타내었다.

UWB 신호는 주파수 영역에서 광대역 잡음과 같은 특성을 보이므로 코드를 이용하여 여러 사용자가 동시에 통신할 수 있다. 여러 사람이 동시에 사용할 수 있도록 다중화 하는 방법은 일정한 펄스 시



[그림 4] UWB 신호 전송을 위한 PPM 변조



[그림 5] Time-Hopping 방식에 의한 스펙트럼상의 스파크 제거

간보다 큰 시간구간(프레임)을 정해서 특별한 코드를 이용해 프레임 내에 정해진 구간에 펄스를 위치시키면 된다. 이렇게 하면 여러 사용자가 동시에 통신을 하여도 자기 신호를 구분해 낼 수 있을 뿐만 아니라 규칙적인 펄스 열로 인해 주파수 영역에서 나타났던 스파크 현상도 사라지게 된다. [그림 5]는 임의의 코드를 사용해서 펄스의 위치를 변화시켰을 경우의 주파수 스펙트럼을 나타내었다.

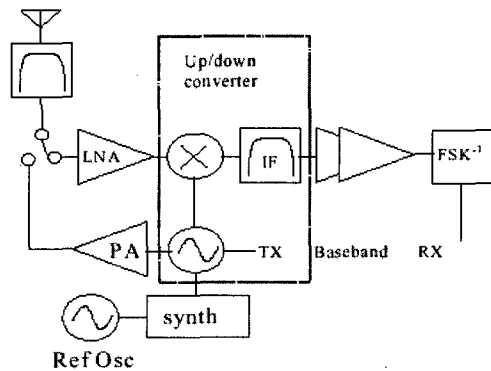
#### IV. UWB의 특징

초광대역(UWB: Ultra Wide Band) 통신 방식은 큰 대역폭에 비해 낮은 전력을 요구하므로 기존의 협대역 시스템들과 주파수 대역을 공유하여 사용할 수 있는 장점이 있으며 일반적인 Heterodyne 구조를 가지고 있는 협대역 통신 방식과 달리 송/수신기에서의 주파수 천이 과정이 필요치 않은 직접 변환에 의한 Homodyne 방식을 사용하므로 비교적 저렴한 비용으로 통신 시스템을 구현할 수 있을 것으로 예

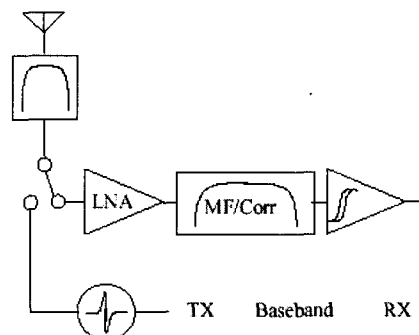
상된다. 본 장에서는 이러한 UWB의 특징에 대해 자세히 알아보려고 한다.

#### 4-1 Transceiver의 소형화, 저전력화, 저가격화

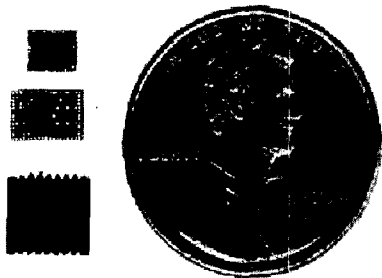
기존의 무선 통신 방식은 대부분 1918년에 Howard Armstrong에 의해 개발된 [그림 6]과 같은 Super-heterodyne 방식을 이용하고 있다. 반면에 UWB 시스템은 [그림 7]과 같은 기저대역에서의 직접 변환에 의한 Homodyne 방식을 사용하므로 협대역 통신 방식과 달리 송/수신기에서의 주파수 천이 과정이 필요치 않으므로 Super-heterodyne 구조에 비해 구성이 상대적으로 간단하여, Reference oscil-



[그림 6] Heterodyne 방식



[그림 7] Homodyne 방식

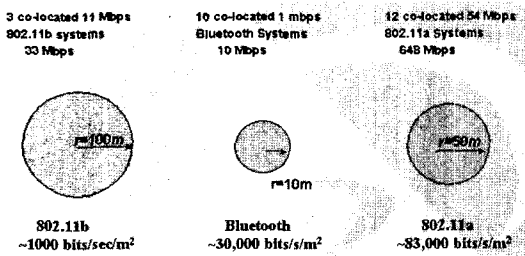


[그림 8] UWB 시스템 칩

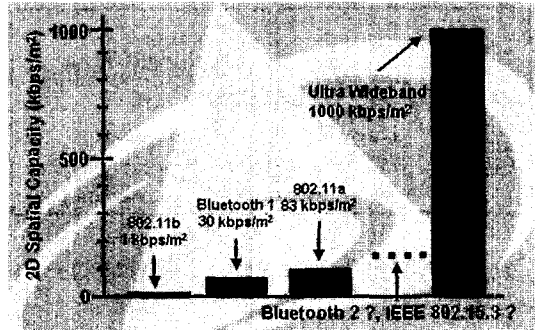
lator, Phase-Lock Loop(PLL) synthesizer, mixer, 또는 power amplifier가 필요하지 않다. 이러한 UWB 시스템의 간단한 구조는 재료비와 조립 비용을 감소시킬 수 있을 뿐 아니라 저 비용의 DSP(Digital signal Processing)사용을 용이하게 하여 [그림 8]과 같이 저전력을 사용하는 소형 칩으로 구현 가능하다.

#### 4-2 높은 주파수 전송량

UWB 시스템은 기존 시스템보다 더 낮은 비용과 전력 소비로 훨씬 넓은 주파수 대역을 이용하여, bits/sec/square-meter로 정의되는 spatial capacity를 제공할 수 있다. 최근 활발히 개발되고 있는 근거리 무선 통신망과의 비교를 위해 사용 환경과 계산된 spatial capacity를 [그림 9]와 [그림 10]에 도시하였다. 물론 [그림 10]에서 알 수 있듯이 Bluetooth



[그림 9] 근거리 무선 통신망 응용 예

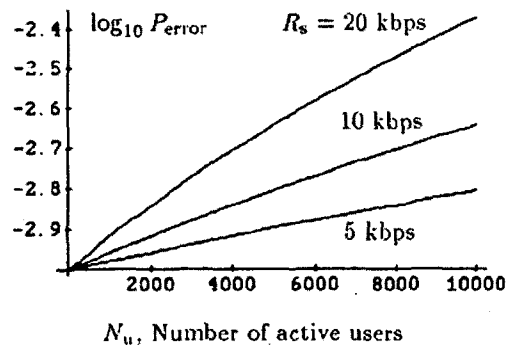


[그림 10] 근거리 무선 통신망들의 Spatial Capacity 비교

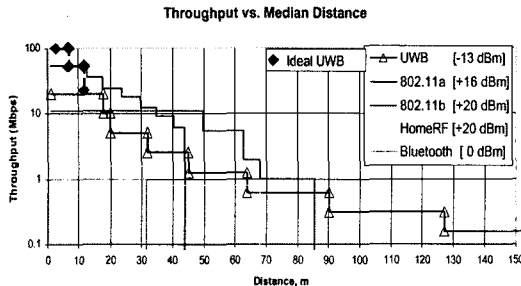
Group과 IEEE802에서 향상된 표준을 개발하고는 있지만 제한 주파수 폭 때문에 이러한 시스템들은 spatial capacity 향상에 한계를 가질 수 밖에 없으며, 그에 비해 매우 넓은 주파수 대역폭을 이용하는 UWB 시스템은 높은 spatial capacity를 제공할 수 있는 잠재성을 가지고 있다.

#### 4-3 채널용량과 거리와의 상관 관계

UWB 시스템은 기본적으로 기존 협대역 시스템들과 주파수를 공유하여야 하기 때문에 상호 간섭을 고려하여 사용 주파수 대역과 송신 출력이 제한될 수 밖에 없다. 펄스의 형태와 펄스 폭에 의해 사



[그림 11] 채널용량 및 데이터율간의 상관 관계



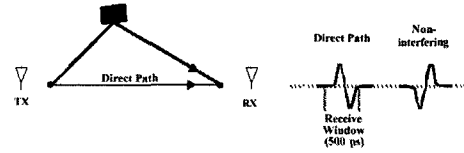
[그림 12] 근거리 무선 통신 시스템들의 거리에 따른 전송 데이터율 관계

용 주파수 대역이 결정될 수 있으며, 일단 사용 주파수 대역이 결정되면 전송 가능한 데이터율이 결정되기 때문에 일정 거리에서 보았을 경우 한 채널이 전송할 수 있는 데이터율과 User에게 할당 가능한 채널 수는 [그림 11]과 같은 trade-off 관계를 갖는다.

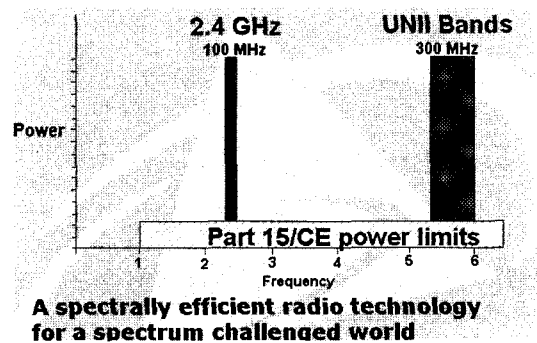
또한 UWB 시스템에 대한 전력에 제한이 있기 때문에 일정 S/N비를 유지하기 위해서는 거리가 멀어질수록 processing gain을 높여야 하며, processing을 높이기 위해서는 Duty Cycle과 한 bit를 전송하기 위한 반복 주기를 길게 하여야 하므로, 전송 거리가 멀어질수록 전송 가능한 데이터율은 감소하게 된다. 이러한 trade-off 관계를 다른 무선데이터 통신 시스템과 비교하여 [그림 12]에 도시하였다.

#### 4-4 멀티패스에 강한

UWB 시스템은 매우 짧은 펄스(수십 pico~수 nano)를 이용하여 통신을 하기 때문에 [그림 13]과 같이 직접파와 반사파의 경로 도달거리가 조금만 차이가 나도 두 신호는 서로 구분될 수 있다. 이론적으로 500 ps의 폭을 갖는 펄스를 이용하는 UWB 시스템의 경우 경로 차 15 Cm 이상이면 두 펄스신호는 서로 구분될 수 있고, 상호 간섭을 야기하지 않게 된다.



[그림 13] UWB 시스템의 다중경로 현상



[그림 14] UWB 시스템의 초 광대역 스펙트럼 특성

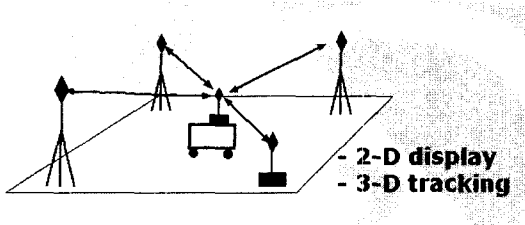
#### 4-5 기존 협대역 시스템과의 공유

저 전력의 송신전력을 넓은 대역에 걸쳐서 송신하기 때문에 협대역 시스템 관점에서 UWB 전력 스펙트럼을 보면 [그림 14]에서와 같이 기저 대역 잡음과 같이 보일 수 있고, 이러한 이유 때문에 기존 협대역 시스템에 심각한 장애를 야기하지 않고 동일 대역을 공유할 수 있게 된다.

물론, 기존 협대역 시스템으로부터 UWB 신호가 간섭을 받을 수도 있기 때문에 UWB를 기존의 무선 시스템과 주파수 공유를 하기 위해서는 주의 깊은 망 설계가 필요할 것이다.

#### 4-6 정밀한 위치 인식 및 추적이 가능

UWB 시스템은 매우 짧은 펄스를 이용한 radar 시스템에서 진화하여 통신에 적용된 방식으로 짧은 펄스에 의한 분해능을 이용하여 centimeter level의



[그림 15] UWB 정밀한 위치 인식 방법

정밀도를 구현할 수 있다.

#### 4-7 장애물 투과 특성이 우수

Low frequency에서 매우 큰 대역폭을 갖고 있기 때문에 투과 특성이 우수하여 빌딩 내부, 도심지, 삼림지역에서도 운용이 가능하다.

### V. 결 론

최근 UWB 시스템은 미국 FCC에서 제한적 사용을 허가하고, IEEE에서 WPAN의 Alt-PHY로 표준화를 진행하고 있는 등 미국, 유럽, 일본 등에서 관심이 증폭되고 있다. UWB 시스템은 기본적으로 매우 넓은 주파수 대역폭에 매우 낮은 전력을 이용하여 통신을 하므로 기존 협대역 시스템과의 공유가

≡ 필자소개 ≡

이 형 수

1980년: 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1995년: 성균관대학교 정보공학과 (공학박사)

1983년~현재: 한국전자통신연구원 전파자원연구팀장 책임 연구원

[주 관심분야] 전파전파특성, 스펙트럼 관리기술, 무선망 설계, 새로운 무선기술연구

용이하고, 현재 개발되고 있는 다른 무선데이터용 통신 시스템에 비해 월등히 높은 데이터 전송율을 제공할 수 있다. 특히 UWB 시스템은 매우 높은 시간 분해능을 이용하여 Cm단위의 위치추적이 가능하다. 이러한 UWB 시스템만의 고유한 특성인 위치 추적 능력과 매우 높은 데이터 전송율의 결합은 앞으로 UWB 시스템의 전망을 매우 밝게 할 것으로 기대되며, 국내에서도 이러한 UWB 기술의 발전 추세를 감안하여 UWB 시스템 도입에 대비한 연구용 서투를 필요가 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] R. A Scholtz, "Multiple Access with Time-hopping Impulse Modulation", *Milcom'93*, Bedford, MA, 11-14, Oct. 1993.
- [2] Jeff Foerster, etc, "Ultra-Wideband Technology for Short-or Medium-Range Wireless communications", *Intel Technology Journal Q2*, 2001.
- [3] Time Domain, "UWB Applications, Demonstration & Regulatory Update", *Cept 2001 workshop*, March 20, 2001.
- [4] Time Domain, "PulsOn Technology Overview", July 2001.

신 철 호

1994년 2월: 전남대학교 전자공학과 (공학사)

1996년 2월: 전남대학교 전자공학과 (공학석사)

1996년 2월~현재: 한국전자통신연구원 전파기반연구부

[주 관심분야] 이동통신채널, 전파간섭 및 주파수 관리