

UWB 통신 시스템의 전파 특성

최 상 성
한국전자통신연구원

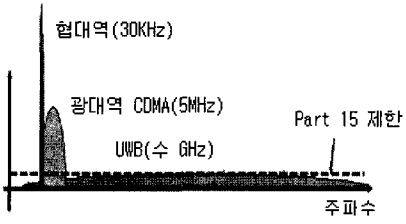
요 약

UWB 무선 기술은 매우 좁은 폭의 펄스를 기저 대역에서 직접 변조하여 전송함으로써 근거리에서 매우 높은 데이터 전송 특성과 정확한 거리 및 위치 추정을 위한 높은 해상도를 제공하며 다중경로에 따른 페이딩 영향에도 강인한 특성을 보인다. 또한 매우 넓은 대역폭에 걸쳐 기존의 무선 시스템과 비교하여 상대적으로 매우 낮은 스펙트럼 전력 밀도가 분포함으로써 기존의 협대역 및 광대역 시스템과 상호 간섭 없이 주파수를 공유할 수 있는 새로운 무선 기술로 급부상되고 있다. 본 논문에서는 UWB 신호의 스펙트럼 전력 밀도 및 다중 경로 전파 특성을 분석 고찰함으로써 향후 무선통신 시장의 새로운 변화를 가져올 UWB 무선 기술의 전파 특성을 소개하고자 한다.

I. 서 론

최근 한정된 주파수 자원의 효과적인 사용을 위해 기존의 이동통신, 위성통신, 방송 등과 같은 협대역 및 광대역 시스템과 상호 간섭 없이 주파수를 공유할 수 있는 UWB 무선 기술에 대한 관심이 높아지고 있다.

Federal Communications Commission(FCC)은 UWB 시스템을 중심 주파수의 20 % 이상의 fractional 대역폭 혹은 500 MHz 이상의 RF 대역폭을 갖는 시스템으로 정의하고 있다^[1]. 이는 기존의 협대역 및 광대역 시스템에서 사용하고 있는 대역폭



[그림 1] 주파수 스펙트럼의 비교

에 비하면 대단히 넓은 대역폭이다. [그림 1]은 동일 출력을 갖는 세 가지 시스템의 주파수 스펙트럼을 비교한 것으로 UWB 시스템이 기존의 협대역 시스템이나 광대역 CDMA 시스템에 비해 매우 넓은 주파수 대역에 걸쳐 상대적으로 낮은 스펙트럼 전력 밀도를 보여주고 있다. 그러므로 UWB 시스템은 기존의 무선 시스템에 간섭을 주지 않고 주파수를 공유하여 사용할 수 있는 매우 유리한 장점을 가지고 있다.

UWB 무선 기술은 지금까지 정현파(sinusoidal wave)를 사용하던 전형적인 협대역이나 광대역 무선 시스템과는 달리 매우 날카로운 상승 및 하강 시간을 가진 비정현파(non-sinusoidal wave)를 이용한다. 즉 임펄스(impulse)와 같은 수 nano 초 이하의 매우 좁은 폭의 펄스를 사용하여 수 giga-Hertz 이상의 매우 넓은 대역폭에 걸쳐 스펙트럼을 확산시킴으로써 기존 무선 시스템의 잡음과 같은 매우 낮은 전력을 이용한다^{[2],[3]}.

UWB 신호를 발생시키는 방법은 용도에 따라 여러 가지 방법이 사용되고 있으나 현재 UWB 통신 시스템에서는 낮은 펄스 duty cycle을 사용하는

Time-Modulated UWB(TM-UWB)와 높은 펄스 duty cycle을 사용하는 Direct Sequence Phase Coded UWB(DSC-UWB)의 두 가지 기술이 널리 알려져 있다. 본문에서는 TM-UWB를 중심으로 UWB 전파 특성을 고찰하고자 한다^{[4],[5]}.

TM-UWB는 효과적인 방사를 위해 직류 성분이 제거된 매우 좁은 폭의 모노펄스(monopulse)가 주로 사용되며 On-Off Keying(OOK), Binary Phase Shift Keying (BPSK), 펄스 위치 변조(PPM) 및 펄스 진폭 변조 (PAM) 등의 변조 기술이 사용될 수 있으며 스펙트럼의 평탄화(smoothing) 및 사용자의 다중 접속을 위해 PN 부호를 사용하는 시간 도약(Time-Hopping) 기술이 도입된 PPM 변조가 많이 사용된다^[6]. 최근 Time 변조와 Flip 변조를 혼합한 Quadrature Flip-Time(QFTM) 변조 방식과 같이 데이터 전송률을 증대시킬 수 있는 개선된 변조방법도 소개되고 있다^[7].

UWB 무선 기술은 기저대역에서 직접 임펄스 신호를 전송함으로써 주위의 반사체 혹은 산란체에 의한 다중경로 신호가 발생되며 이로 인하여 신호의 확산 및 지연이 발생하게 된다. 그러나 매우 짧은 폭의 펄스를 사용함으로써 다중 경로에 의한 페이딩 영향은 거의 받지 않으며 상관기(Correlator)를 기반으로 하는 수신기의 경우 Rake 수신 기술을 이용함으로써 그 성능을 현저하게 향상시킬 수 있다^{[8],[9]}.

본 논문에서는 UWB 신호로 사용되는 모노펄스 특성을 II장에서 간략히 설명하고, 시간 도약 기술이 도입된 PPM 방식의 UWB 신호를 중심으로 스펙트럼 특성을 III장에서 다중 경로에 의한 UWB 전파 특성을 IV장에서 살펴보고 V장에서 결론을 맺는다.

II. UWB 신호 특성

2-1 모노 펄스 특성

일반적으로 주파수 영역의 스펙트럼은 시간 영역의 신호파형의 모양과 밀접한 관계를 가진다. 정현파는 어느 특정 주파수에서만 큰 값을 가지지만 임펄스와 같은 폭이 매우 좁은 펄스 신호는 비교적 넓은 주파수 대역에서 에너지가 분포하므로 UWB 무선 기술에서는 수 Nano 혹은 수 Pico 초의 극히 좁은 폭을 갖는 펄스를 반복하여 사용한다. 특히 UWB 통신 시스템에서는 직류 성분이 제거되어 효율적인 전송이 가능한 모노펄스가 널리 이용되고 있다.

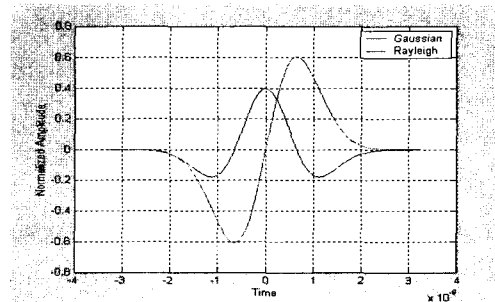
시간 영역에서 Gaussian과 Rayleigh 두 모노 펄스는 다음과 같이 표시된다^[10].

$$P_{Gaussian}(t) = \frac{1 - \left(\frac{t}{\sigma}\right)^2}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

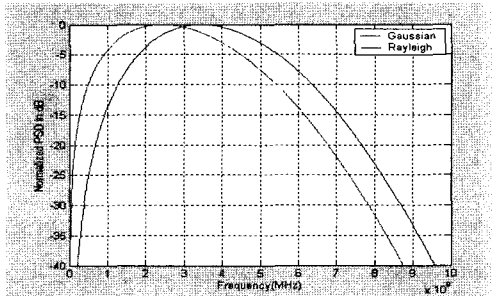
$$P_{Rayleigh}(t) = \frac{t}{\sigma^2} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

여기서 σ 는 펄스폭을 나타내는 파라미터이다.

[그림 2]는 $\sigma=0.65 \times 10^{-9}$ 을 사용한 Gaussian과 Rayleigh 모노펄스 파형이다. 신호의 크기를 나타내는 y축은 σ 로 표준화 하였다. 두 모노펄스의 유효 시간 구간은 5 ns로 이 구간에서 모노펄스 파형의 에너지 99 % 이상을 포함하고 있다.



[그림 2] 표준화된 Gaussian 및 Rayleigh 모노펄스 파형 ($\sigma=0.65 \times 10^{-9}$)



[그림 3] 표준화된 Gaussian 및 Rayleigh 모노펄스의 스펙트럼 전력밀도

Fourier 변환을 이용한 주파수 영역에서 두 모노펄스의 주파수 스펙트럼은 다음과 같이 표시된다 [10].

$$P_{Gaussian}(f) = (2\pi\sigma f)^2 e^{-\frac{(2\pi\sigma f)^2}{2}} \quad (3)$$

$$P_{Rayleigh}(f) = \frac{t}{\sigma^2} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

[그림 3]은 Gaussian과 Rayleigh 두 모노펄스의 표준화된 스펙트럼 전력 밀도를 보여준다. 두 모노펄스의 중심 주파수는 다소 다르지만 최고치로부터 -3 dB 지점의 fractional 스펙트럼 대역폭은 약 2.5 GHz로 거의 같다. 그러므로 두 모노펄스는 각각 우함수와 기함수이나 시간영역에서 유효 시간 구간과 주파수 영역에서 스펙트럼 모양은 매우 유사하다.

2-2 UWB 통신 시스템의 신호 모델

UWB 신호의 특성은 중심 주파수에 대한 대역폭의 비율인 fractional 대역폭으로 나타낸다. 중심 주파수 및 fractional 대역폭은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$F_{center} = \frac{f_H + f_L}{2} \quad (5)$$

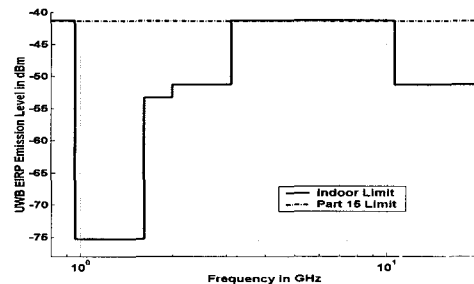
$$B_{fractional} = \frac{2(f_H - f_L)}{f_H + f_L} \quad (6)$$

여기서 f_H 와 f_L 는 신호 스펙트럼의 -3 dB 지점의 상한 주파수와 하단 주파수이다.

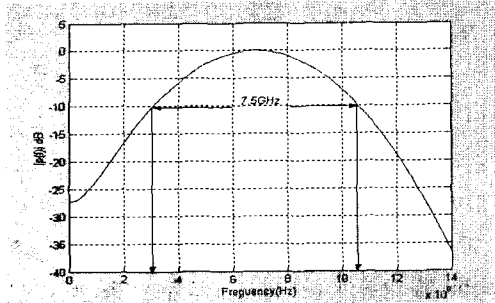
일반적으로 미국에서는 중심 주파수에 대한 대역폭 비율이 25% 이상을, 러시아에서는 중심 주파수의 100% 이상의 대역폭을 UWB로 정의하고 있으며, FCC는 UWB 시스템을 중심 주파수의 20% 이상의 fractional 대역폭 혹은 500 MHz 이상의 RF 대역폭을 갖는 시스템으로 정의하고 있다. 또한 대역폭의 상하단 주파수도 -10 dB 지점으로 보다 엄격하게 제한하고 있다.

최근 FCC가 Part-15 규정의 비허가 무선장치로 UWB 기술을 상업용으로 사용하기 위하여 비록 제한적이거나 UWB 장치의 주파수와 방사 전력을 제한하는 UWB 1st Report & Order를 채택하였다. 실내 통신 시스템의 경우 [그림 4]와 같이 GPS 시스템과의 간섭 영향을 피하기 위해 3.1 GHz 이상 10.6 GHz 미만으로 주파수 사용을 제한하였으며, 이 대역에서는 Part 15의 비의도 방사 기준에 따라 -41.3 dBm/MHz로 방사 스펙트럼 전력 밀도를 제한하고 있지만 GPS 운용 대역에서는 보다 엄격하게 방사 전력을 제한하고 있다[1].

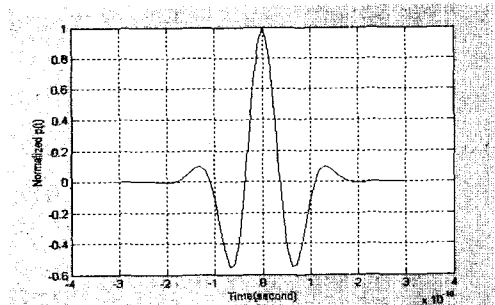
이 규정을 따르자면 통신 시스템의 UWB 신호는 마치 3.1~10.6 GHz의 7.5 GHz 통과 대역을 가진



[그림 4] UWB Emission Limit for Indoor Systems.



[그림 5] Gaussian 모노펄스의 스펙트럼
(중심주파수 6.85 GHz, fractional 대역폭 7.5 GHz)



[그림 6] Gaussian 모노펄스
(대역제한에 따른 ripple 현상이 나타남)

대역 필터를 사용한 것과 같은 현상이 나타날 것이다. 즉 [그림 5]와 같이 중심 주파수 6.85 GHz이고 스펙트럼 전력이 -10 dB 되는 지점이 주파수가 3.1 GHz와 10.6 GHz의 대역폭 7.5 GHz의 Gaussian 모노펄스를 만들면 [그림 6]과 같다. 실제로 대역 제한에 따른 ripple 들이 신호 양 끝부분에 나타남을 볼 수 있으며 fractional 대역폭이 좁아질수록 이와 같은 ripple 현상은 더욱 많이 나타날 것이다.

Ⅲ. UWB 신호의 스펙트럼

UWB 무선 기술은 무선 반송파를 사용하지 않고 기저대역에서 임펄스를 직접 변조하여 전송한다. TM-WUB에서 일반적으로 안테나는 펄스 모양을

변화시켜 주는 필터와 같은 역할을 한다. 그러므로 송신기에서 발생한 Rayleigh 모노 펄스 형태는 송수신 안테나의 이러한 대역 제한 특성에 의하여 수신기에서는 [그림 6]과 같은 Gaussian 모노펄스 형태로 나타난다.

본 절에서는 Gaussian 모노펄스 신호를 모델로 사용하여 무 변조시 스펙트럼을 먼저 고찰하고 PPM 방식을 사용한 UWB 신호의 스펙트럼 전력 밀도와 시간 도약 기술을 적용했을 때의 스펙트럼의 변화를 분석한다.

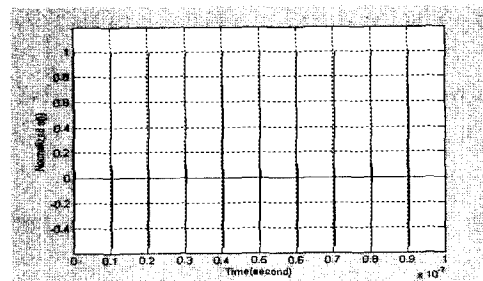
3-1 무 변조 신호의 스펙트럼

UWB 통신 시스템에서는 한 심볼을 송신하기 위하여 여러 개의 모노 펄스를 반복하여 전송하며 전송 신호 $s(t)$ 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$s(t) = A \sum_{n=-\infty}^{\infty} p(t - nt) \quad (7)$$

여기서 A 는 신호의 크기이며 $p(t)$ 는 모노펄스의 형태로 식 (1)과 같다.

[그림 7]은 200개의 Gaussian 모노펄스를 5 ns 간격으로 반복되는 펄스열 가운데 10개 펄스만 보여주고 있다. 실제로 펄스 반복 주기에 비하여 펄스폭이 대단히 좁으므로 임펄스 같이 보이지만 각각의 모노펄스는 [그림 6]과 같은 Gaussian 모노펄스이다.



[그림 7] Gaussian 모노 펄스열(A=1)

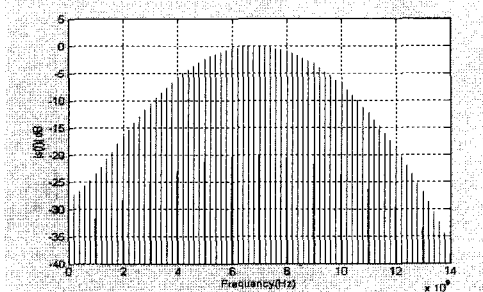
만일 A 가 평균값 0, variance σ^2 을 갖는 랜덤 변수 라면 스펙트럼 전력밀도는 다음과 같이 표현된다.

$$s(f) = \frac{\sigma^2}{T} |p(f)|^2 \quad (8)$$

여기서 T 는 펄스 반복 주기, $p(f)$ 는 펄스의 스펙트럼 파형이다. 그러므로 펄스열을 갖는 신호의 스펙트럼 모양은 사용하는 펄스의 스펙트럼 모양과 동일하며 펄스의 규칙적인 반복으로 인한 주기성 때문에 선 스펙트럼 성분을 갖는다.

[그림 8]은 $T=5$ ns의 Gaussian 모노펄스 열을 사용하는 신호의 표준화된 스펙트럼 전력 밀도 보여 주고 있다. 스펙트럼의 모양은 [그림 5]의 Gaussian 펄스 스펙트럼 모양과 같은 포락선 형태를 갖고 펄스의 규칙적인 반복으로 인한 스펙트럼 간격 $1/T = 200$ MHz를 갖는 선 스펙트럼 성분을 갖는다. 일반적으로 스펙트럼의 폭은 펄스폭에 의해 결정되며 총 전력은 펄스 반복률과 밀접한 관계를 가지고 있다.

주파수 영역에서 이와 같은 선 스펙트럼 현상은 기존의 협대역 신호에 간섭 영향을 줄 수 있다. 그러므로 TM-UWB에서는 신호 펄스를 시간상으로 불규칙하게 배열하도록 하여 전송하는 시간 도약 기술을 통해 저전력의 스펙트럼으로 확산시키고 채널화를 통해 사용자의 다중접속도 가능하게 하고 있다.



[그림 8] 무 변조 신호의 스펙트럼 전력 밀도

3-2 PPM 변조 신호의 스펙트럼

펄스를 이용해 정보를 보내기 위해서는 기본 펄스를 변조시켜야 한다. 변조방법에는 기본적으로 On-Off Keying(OOK), 펄스 진폭 변조(PAM), 펄스 위치 변조(PPM) 등의 여러 가지가 방법을 사용하고 있으나 본문에서는 0 또는 1의 2진 정보를 전송하는 PPM 신호의 스펙트럼을 분석한다.

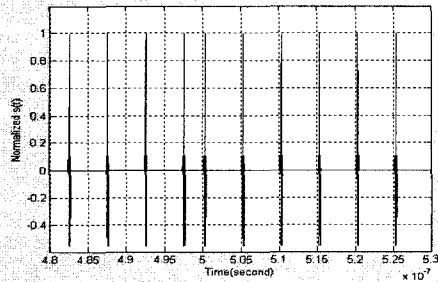
시간 영역에서 PPM 모노펄스 신호 파형은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$s(t) = A \sum_{n=-\infty}^{\infty} p(t - nT - n\delta) \quad (9)$$

여기서 δ 는 PPM 변조를 나타내는 dithering이다.

PPM은 기준 시간보다 다소 일찍 도착한 신호는 "0", 다소 늦게 도착한 신호는 "1"로 결정하는 변조 방법으로 UWB 통신 시스템에 가장 널리 사용되고 있다.

[그림 9]는 2진 신호 1010으로 구성된 PPM 신호의 일부를 보여주고 있다. PPM 변조를 쉽게 이해하기 위하여 신호 "0"은 기준 신호 위치와 변동이 없으며 신호 "1"은 기준 신호보다 45% 지연된 위치에 있다. 즉 [그림 9]에서 앞의 3번째 펄스까지는 1을,



[그림 9] PPM Gaussian 모노 펄스열

(50 ns이전 까지는 기준 신호에서 45% 지연 시킨신호로 "1"을 나타내며 이후는 신호의 위치변화가 없는 "0"을 나타낸다.)

나머지는 0을 나타내는 펄스로 펄스 반복률은 앞에서와 같이 5 ns 이며 한 심벌은 각각 50번 반복한다.

수학적으로 2진 PPM을 사용하는 펄스열에 대한 스펙트럼 전력 밀도를 구하면 다음과 같이 연속 성분 및 불연속 성분으로 구분된다.

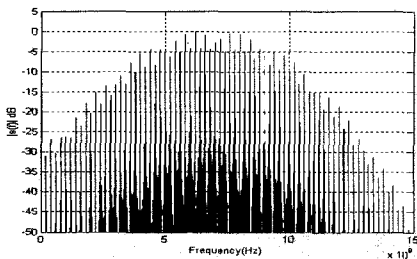
$$s_c(f) = \frac{|b(f)|^2}{T} \left(1 - \frac{1 - \cos(2\pi f T)}{4(1 - \cos(\pi f T))} \right) \quad (10)$$

$$s_d(f) = \frac{1}{T^2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left| b\left(\frac{2n}{T}\right) \right|^2 \delta\left(f - \frac{2n}{T}\right) \quad (11)$$

여기서 $\delta(f)$ 는 unit impulse function이다. 그러므로 PPM 변조 신호의 스펙트럼은 식 (10)과 (11)의 합으로 나타낼 수 있다.

[그림 10]은 PPM Gaussian 모노펄스 신호의 스펙트럼 특성을 보여 준다. 스펙트럼 성분은 Gaussian 모노펄스의 스펙트럼과 같은 포락선을 가지며 펄스의 규칙적인 반복으로 인한 400 MHz 간격의 선 스펙트럼을 갖는다.

무 변조 신호의 스펙트럼과 비교하면 RF 에너지가 전 대역에 걸쳐 더욱 균일하게 분포되어짐을 알 수 있다. 그러나 PPM 방식은 단지 펄스폭의 극히 일부분만 움직여 변조를 행하므로 앞에서 설명한 일정한 주기성을 갖는 펄스열의 스펙트럼과 유사한 모양을 보인다. 이는 스펙트럼을 균일하게 다소 완화시킬 수는 있지만 선 스펙트럼의 제거에는 그다지 큰 영향을 끼치지 못함을 나타낸다. 그러므로



[그림 10] 2진 PPM Gaussian신호의 스펙트럼

TM-UWB에서는 PN 시퀀스를 사용하는 시간도약 기술을 사용하여 스펙트럼을 백색잡음과 같이 확산시킨다.

3-3 시간도약 PPM 변조 신호의 스펙트럼

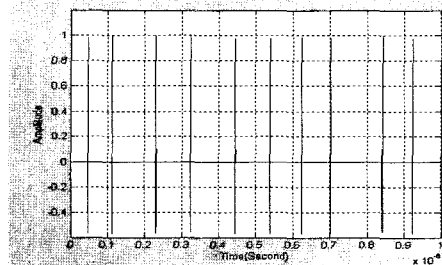
PPM 신호에서 시간도약 기술은 PN 코드를 사용하는 신호 펄스를 시간적으로 불규칙하게 전송하는 것이다. 즉 일정한 펄스 시간보다 큰 시간구간(프레임)을 정해서 특별한 코드를 이용해 프레임 내에 정해진 구간에 펄스를 위치시킨다. 이렇게 하면 여러 사용자가 동시에 통신을 하여도 자기 신호를 구분해 낼 수 있을 뿐만 아니라 규칙적인 펄스열로 인해 주파수 영역에서 나타났던 에너지 스파크 현상도 사라지게 된다.

PN 시퀀스를 사용하여 시간 도약 기술을 사용한 PPM 신호는 다음과 같이 표현할 수 있다.

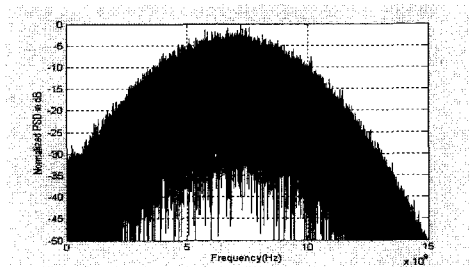
$$s(t) = \sum_{k=0}^{N-1} b(t - jT_f - c_k T_c - \delta d_k) \quad (12)$$

여기서, C_k 는 Hopping Code, T_f 는 프레임 시간(모노펄스 반복시간)으로 펄스폭의 수백 혹은 수천 배의 값을 이용함으로 매우 낮은 duty cycle을 갖는다. T_c 는 시간 도약 시간으로 펄스간의 충돌을 예방하기 위해 $nT_c \leq T_f$ 을 조건을 만족해야 한다.

[그림 11]은 시간 도약 부호를 사용한 모노 펄스



[그림 11] 시간 도약된 PPM 신호



[그림 12] 시간 도약된 PPM 신호의 스펙트럼 전력 밀도

열을 나타낸다. 신호는 시간축에서 불규칙적으로 위치한 펄스열로 구성되어 있다.

스펙트럼 전력 밀도를 구하는 식은 여러 논문에서 자세히 설명되고 있다^[8]. 그러나 본 논문에서는 PPM에서의 dither는 time hopping에 의한 dither에 비하면 아주 적으므로 대략적인 스펙트럼 형태를 관찰하기 위해 신호가 매 프레임에서 0에서 45 % 사이의 위치에 균일하게 분포한 경우의 신호에 대한 스펙트럼 밀도를 FFT를 사용하여 구하였다. [그림 12]에서 보는 바와 같이 에너지 스파크가 제거된 신호의 스펙트럼을 보여주고 있는데 마치 백색 잡음과 같이 보인다. 즉 시간 도약에 의해 스펙트럼이 더욱 확산되고 사용자의 다중접속도 가능하게 한다.

IV. 다중 경로 전파 특성

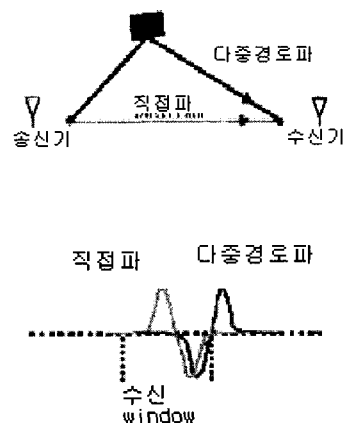
이동통신과 같이 정현파를 사용하는 기존의 통신 시스템은 건물 안에서 다중경로에 의한 페이딩 현상을 피할 수 없다. 즉 송신 신호는 여러 가지 복잡한 장애물에 반사되어 신호의 확장 및 지연에 의한 destructive cancellation이 발생하게 된다. 이러한 페이딩 영향을 줄이기 위해서는 송신기의 전력을 증대시키거나 보다 정교한 수신기 구조와 신호 처리를 사용해야 한다. 그러나 펄스를 사용하는 TM-UWB 시스템은 상관기(correlator)를 사용하는 Rake

수신기를 사용함으로써 다중경로에 의한 페이딩 영향을 거의 받지 않는다.

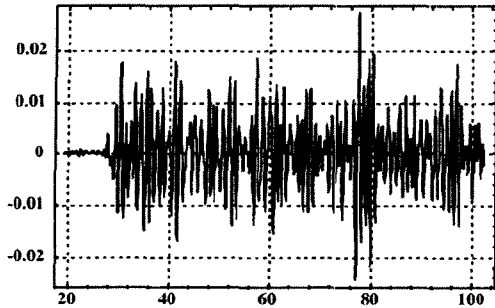
UWB 신호는 기본적으로 자유공간 법칙에 의해 전파되며 건물 매질을 통과하는 신호는 협대역 신호와 유사하다. 모노펄스 길이의 1/2 이상인 상이한 전파 경로의 다중 경로 반사파는 일반적으로 수신 신호에 추가된다. 그러나 긴 지연 시간의 반사파는 부가적인 수신 전력으로 Rake 수신기를 사용하여 수신할 수 있다.

[그림 13]과 같이 송신기에서 전송되는 신호가 두 가지 다른 방향으로 수신기에 전파되는 경우를 고려해 보자. 즉 첫 번째 신호는 아무런 방해 없이 송신기로부터 직접 수신된 경우이고, 두 번째 신호는 물체에 반사되어 도달한 다중경로 신호이다. 그러므로 두 번째 다중경로 신호는 첫 번째 직접 수신된 신호보다 늦게 수신기에 도달될 것이다.

수신기에서는 이 두 신호 가운데 한 신호를 취하게 되며 강한 신호를 수신할 것이다. 만일 두개의 상관기로 두 신호를 취한다면 두 신호로부터의 에너지는 합해질 수 있으며 그 결과 수신되는 신호의 신호 대 잡음비는 증대될 것이다. 즉 펄스열이 전송되었을 때 주어진 한 펄스가 다중경로로 인하여 앞



[그림 13] 다중경로 UWB 신호



[그림 14] 실제 환경에서의 다중경로 반사파
(참고문헌[11]에서 인용)

쪽의 펄스가 늦게 도착함으로 인하여 간섭을 받을 수 있다. 그러나 TM-UWB 시스템에서는 각각의 펄스는 시간 변조되어 시간 도약되므로 약간의 에너지가 한 펄스 이상에 걸쳐 확산되더라도 이와 같은 간섭펄스는 상관관계가 없어지므로 대부분 무시된다. 실제로 복잡한 환경에서 수신된 신호 파형은 수많은 반사파 때문에 매우 복잡하다. [그림 14]는 다중 경로 환경의 한 상업지구 사무실에서 측정된 신호 파형이다. 이는 실제 환경에서는 신호가 대단한 다중 경로 환경에 있음을 보여 준다.

펄스 신호를 기저대역에서 직접 전송하는 UWB 시스템은 송신기 주위의 반사체 혹은 산란체에 의해 다중경로가 발생하게 되고 상관기를 사용하는 수신기에서는 수신기에 저장된 기준 신호와 수신 신호간의 상관관계를 계산하게 되므로 다중경로 성분은 상관값 계산에 영향을 미치게 될 것이다. 현재 실내외 환경에서 임펄스 신호의 전파 특성을 측정하는 연구 및 다중 경로 채널에서 이상적인 레이크(Rake) 수신기를 사용한 성능 분석 등의 연구가 활발히 진행되고 있다^{[11][12]}.

V. 결 론

UWB 무선 기술은 기존의 무선 기술에 비해 상

대적으로 많은 장점을 가지고 있으므로 새로운 차세대 무선 기술로 급부상하고 있다. 특히 저전력, 광대역성 및 높은 전송 특성으로 근거리 통신망에 획기적인 영향을 끼칠 것으로 예상된다.

TM-UWB를 사용하는 통신 시스템은 매우 좁은 펄스열을 펄스 확산 부호를 사용하여 부호화 시키거나, PPM과 같은 시간변조 신호를 시간도약 시킴으로 펄스 사이의 간격을 불규칙하게 전송함으로써 넓은 대역에 걸쳐 신호의 에너지를 확산시키게 된다. 그러므로 기존의 협대역이나 광대역 시스템과 상호 간섭을 일으킬 가능성이 매우 낮으며 만약 간섭을 일으킬 가능성이 있는 시스템이 있더라도 적절한 펄스를 선택하거나 대역 필터를 사용하여 간섭을 일으키는 주파수 영역을 제거함으로써 문제를 해결할 수 있다.

UWB 시스템의 상업적인 사용을 위한 주파수 및 방사 전력의 제한을 2002년 4월 FCC가 발표하였다. 그러나 UWB 시스템의 동작 주파수 대역 안에 수많은 주파수 사용자와 주파수를 공유해야 한다는 점을 고려한다면 국내에서도 UWB 시스템 도입에 대비하여 이들 시스템과의 간섭 영향 분석이 필요하다. 또한 UWB 무선 기술을 근거리 실내 통신에 응용하기 위해서 다중경로에 의한 전파특성 분석이 필요하며 레이크 수신기를 통한 페이딩 영향의 제거 및 UWB 성능 분석 연구가 요구되고 있다.

참 고 문 헌

- [1] FCC Notice of Proposed Rule Making, "Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission System", ET-Docket, pp. 98-153.
- [2] Alan Petroff and Paul Withington, "PlusON Technology Overview," *Time Domain Corporation*, July, 2001.

-
- [3] Jeff Foerster, Evan Green, Srinivasa Somayazulu and David Leeper, "Ultra-Wideband Technology for short-or Medium-Range Wireless Communication", *Intel Technology Journal* 2nd Quarter, 2001.
- [4] Moe Z. Win and Robert A. Scholtz, "Impulse Radio;How it Work", *IEEE Communications Letter*, vol. 2, no. 1, January 1988.
- [5] Kazimierz Siwiak, Paul Withington and Susan Phelan, "Ultra-Wide Band radio: The Emergence of an Important new technology", *Conference Proceedings of the IEEE VTC- 2001*, Rhodes, Greece, May 2001.
- [6] R. A. Scholtz, "Multiple Access with Time-hopping Impulse Modulation", *IEEE MILCOM '93*, Boston, MA., pp. 11-14, October 1994.
- [7] Time Domain, "The Pulse of the Future", *An Introduction to Ultra Wideband*, Huntsville, AL. January 2001.
- [8] 이정석, 김종한, 김유창, 김정선, 김원후, "초광대역 통신 시스템의 전력 스펙트럼 밀도 분석", *전자공학회논문지*, 38(10) TC, 2001. 10.
- [9] Moe Z. Win, "On the Power Spectral Density of Digital Pulse Streams Generated by M-ary Cyclostationary Sequences in the Presence of Stationary Timing Jitter", *IEEE Transactions on Communication*, vol. 46, no. 9, pp. 1135-1145, Sep. 1998.
- [10] J. T. Conroy, J. L. LoCicero, and D. R. Ucci, "Communication Techniques using Monopulse Waveforms", *MILCOM*, vol. 2, pp. 1181-1185, 1999.
- [11] J. M. Cramer, R. A. Scholtz and M. Z. Win, "Evaluation of an Ultra-Wideband propagation Channel", *Proceedings of PIMRC, 1998*.
- [12] Kazimierz Siwiak and Alan Petroff, "A Path Link model for Ultra Wide Band Pulse Transmission", *Conference Proceedings of the IEEE VTC-2001*, Rhodes, Greece, May 2001.
- [13] Dajana Cassioli, Moe Z. Win and Andreas F Molish, "A Statistical Model for the UWB Indoor Channel", *Conference Proceedings of the IEEE VTC-2001*, Rhodes, Greece, May 2001.

≡ 필자소개 ≡

최 상 성



1977년 2월: 한양대학교 무선통신학과 (공학사)

1979 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)

1991년 6월: Ohio University (이학석사)

2000년 5월 University of Wyoming (공학박사)

2000년 11월~현재: ETRI 무선방송연구소 전파자원연구팀
[주 관심분야] UWB 통신 시스템, 신호처리, 스펙트럼 공학
전파 간섭 분석