

UWB 시스템과 이동통신 시스템간의 간섭측정 분석

Analysis and Measurement of Interferences between UWB and Mobile Communication System

김명종 · 이형수 · 홍익표* · 신용섭**

Myung-Jong Kim · Hyung-Soo Lee · Ic-Pyo Hong* · Yong-Sup Shin**

요 약

UWB(Ultra Wideband) 기술은 초고속통신, 고정밀의 위치정보시스템 등을 구현하기 위하여 500 MHz 이상의 광대역 주파수 자원이 요구되고 있다. UWB 신호의 에너지는 DC로부터 수 GHz까지 광대역 특성을 갖기 때문에, 현재 사용되고 있는 통신시스템들과의 간섭에 대한 분석이 필수적이라고 할 수 있지만 아직까지 국내에서 UWB 신호와 Cellular CDMA(Code Division Multiple Access) 이동통신과 WCDMA(Wideband CDMA)와 간섭에 대한 연구가 이루어지고 있지 않다. 본 논문에서는 임펄스 방식과 DS-SS(Direct Sequence-SS) 방식의 UWB 신호원과 국내 이동통신 서비스중 Cellular CDMA와 WCDMA의 간섭에 관하여 측정을 하고 분석하였다. 본 논문의 결과로부터, 임펄스 방식에 비해 DS-SS 방식의 UWB 신호는 이동통신시스템에 간섭효과가 크지 않다는 사실을 얻었다.

Abstract

Ultra wideband(UWB) technologies have been developed to exploit a new spectrum resource in substances and to realize ultra-high-speed communication, high precision geolocation, and other applications. The energy of UWB signal is extremely spread from near DC to a few GHz. This means that the interference between conventional narrowband systems and UWB systems is inevitable. However, the interference effects had not previously been studied from UWB wireless systems to conventional mobile wireless systems sharing the frequency bands such as Korean Cellular CDMA and WCDMA. This paper experimentally evaluates the interference from two kinds of UWB sources, namely a direct-sequence spread-spectrum CDMA(DS-SS) UWB source and an impulse radio UWB source, to a Cellular CDMA and WCDMA digital transmission system. The average frame error rate degradation of each system are presented. From these experimental results, the interference effects of DS-SS UWB source is not severe compared to the Impulse UWB.

Key words : UWB System, Mobile Communication System, Interference, Power Level

I. 서 론

최근 무선통신 시장의 발전과 더불어, 초고속, 저전력, 뛰어난 위치정보, 저가의 데이터전송을 위한

기술로서 UWB 기술이 광범위하게 연구되고 있다. UWB 기술은 무선 방송파를 사용하지 않고 기저대역에서 수 GHz 이상의 매우 넓은 주파수 대역을 사용하여 통신이나 레이더 등에 응용되고 있는 새로운

한국전자통신연구원 위치인식UWB연구팀(UWB Based Location Awareness Research Team, ETRI)

*공주대학교 정보통신공학과(Information and Communication Engineering, Kongju Nat'l University)

**연세대학교 전기전자공학과(Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University)

· 논문번호 : 20040913-117

· 수정완료일자 : 2004년 10월 11일

무선 기술로서, 2002년 2월 미국 FCC(Federal Communications Commission)에 의해 UWB 시스템을 중심주파수의 20% 이상 Fractional Bandwidth 또는 500 MHz 이상의 RF 대역폭을 갖는 시스템으로 정의되었다^[1]. UWB 기술의 구현방법으로는 초기에 짧은 단일 펄스에 의해 광대역 주파수 특성을 얻을 수 있었던 임펄스 방식이 제안되었으며, 현재는 대역폭을 유연성 있게 활용할 수 있는 MB-OFDM(Multiband-Orthogonal Frequency Division Multiplexing), DS-CDMA(Direct Sequence-CDMA) 등 시스템 구현이 비교적 용이한 다중대역을 갖는 방식으로 발전되고 있으며 각각의 방식들은 IEEE 등과 같은 국제 표준화 회의에서 활발히 논의되고 있다^{[2],[3]}.

UWB는 DC로부터 수 GHz까지의 광대역 신호로 분포되기 때문에 고속과 고용량의 데이터 전송을 요구하는 근거리 통신망에 적합하며, 광대역으로 분포된 에너지를 수신하여 검출하므로 협대역 통신신호에 의한 간섭에 대하여 둔감한 특성을 가지게 된다. 또한 펄스 폭이 매우 좁고 Duty cycle이 1% 이하로 작아 다중 전파경로에 의한 신호의 퍼짐이나 중첩현상을 피할 수 있고 확산대역을 크게 하므로 장애물이 많은 장소에서도 페이딩에 강하며, 대부분의 회로를 디지털기술로 구현할 수 있어서 회로가 간단한 장점이 있다. 그러나 UWB는 넓은 대역에 걸쳐 신호가 분포되기 때문에 인접대역을 비롯하여 이미 서비스가 되고 있는 타 통신시스템에 간섭 영향을 줄 수 있으며, 평균 전력은 작아도 침투 전력이 커서 임펄스적 전자파 유기 등에 의하여 타 시스템에 장애를 일으킬 가능성이 있다^{[4],[5]}.

2002년 2월 미국의 FCC는 3.1~10.6 GHz 대역에서 UWB device의 전계 강도 마스크를 Part 15에서 설정된 현재의 미약전파기 규정 -41.3 dBm/MHz로 제안을 하였고 3.1 GHz의 각 이동통신 시스템에 대해서는 대역에 따라서 10~30 dB 정도 낮은 전계 강도 마스크를 제안하였다^{[1],[6]}. 국내에서는 비허가로 사용할 수 있는 주파수대의 미약전파 규정은 그림 1과 같이 미국보다 약 21 dB가 엄격하다.

UWB 간섭에 관하여, 현재 ITU-R TG1/8을 중심으로 UWB 시스템의 기존 서비스 시스템간의 간섭 연구가 활발히 진행 중이며 본 논문에서는 1 GHz 이하의 대표적인 이동통신 시스템으로서, Cellular CDMA

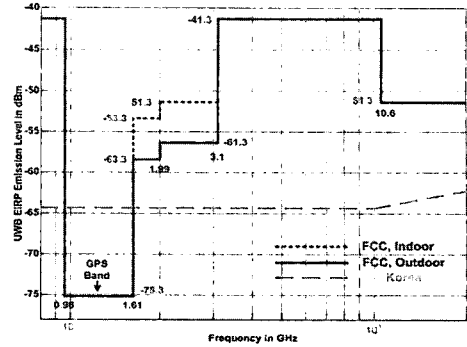


그림 1. 미국 FCC의 미약전파 방사기준과 한국의 방사기준

Fig. 1. Emission mask of FCC and Korea.

와 간섭이 우려되는 2 GHz 근방에서 서비스되고 있는 WCDMA 서비스에 대해 UWB 신호와 간섭영향을 측정 분석하였다. 실험에 사용한 UWB 신호는 초기에 제안된 Impulse 방식의 UWB 신호원과, DS-CDMA 방식을 사용한 UWB 신호를 사용하여, 각 UWB의 신호형태에 따른 간섭의 영향에 대해 분석하였다.

II. UWB 간섭 측정

2-1 UWB 신호원 특성

본 논문에서 사용한 UWB 신호원은 중심주파수 4.7 GHz 임펄스 형태의 UWB 신호와, 중심주파수 4 GHz인 DS-CDMA 방식의 UWB 신호를 사용하였다. 각 송신기의 특성을 표 1에 나타내었다.

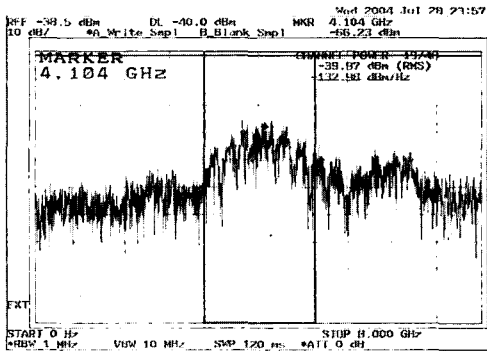
측정에 사용된 임펄스 형태의 UWB 신호원은 중심주파수 4.7 GHz로 FCC의 출력마스크를 만족하도록 설계된 일반적인 신호이다. DS-CDMA 방식의 UWB 신호원은 중심 주파수가 4 GHz이고, 주파수 대역이 3.1~5.5 GHz이며 FCC의 출력 마스크를 만족하는 신호원이다.

그림 2에 본 논문에서 사용된 각 UWB 신호원의 스펙트럼을 측정하여 나타내었다. 중심주파수 4.7 GHz를 갖는 임펄스 UWB 신호원의 경우에는 3.1~5.5 GHz 주파수대 뿐만이 아니라 다른 인접 대역에서도 신호원이 검출되는 것을 볼 수 있다. 반면에 중심주파수 4 GHz를 갖는 DS-CDMA UWB 신호원의 경우에는 3.1~5.5 GHz 주파수에서만 신호원이 검출되는 것을 확인하였다.

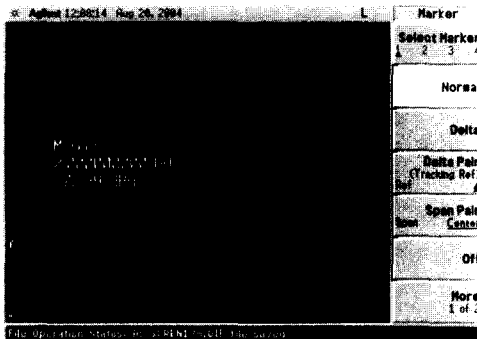
표 1. UWB 신호원 특성

Table 1. UWB source characteristics.

UWB 신호원	Impulse UWB PulseOn200	DS-CDMA XSUWBWDK
규격	Pulse Repetition frequency(PRF) 9.6 MHz Center frequency (Radiated) 4.7 GHz Bandwidth (10 dB radiated) 3.2 GHz EIRP -11.5 dBm	Center frequency 4.0 GHz Frequency range 3.1~5.5 GHz Resolution bandwidth 1 MHz EIRP -47 dBm
제조사	Time domain	Freescall



(a) Impulse 방식 UWB 신호 스펙트럼
(a) Impulse UWB signal spectral characteristics



(b) DS-CDMA 방식 UWB 신호 스펙트럼
(b) DS-CDMA UWB signal spectral characteristics

그림 2. 측정에 사용된 UWB 신호의 스펙트럼
Fig. 2. UWB signal spectrum used.

2-2 간섭실험 전체측정 구성도

그림 3에 UWB 신호원과 Cellular CDMA 및 WCDMA 이동통신과의 간섭을 측정하기 위하여 구성된 구성도를 나타내었다. 간섭대상으로는 System의 최저 감도규격(Sensitivity)을 만족하는 단말기를 사용하였으며, 기지국으로는 Cellular CDMA의 경우에 Agilent사의 8960 Mobile Communication Test Set을 사용하였으며, WCDMA의 경우에는 Anritsu사의 MT8820A Radio Communication Analyzer를 사용하였다. Cellular CDMA의 경우 기지국 파라미터로 설정된 8960의 값은 표 2와 같이 설정하였다. 타 통신시스템으로부터의 간섭을 막기 위하여, Shield Box 또는 Shield Room을 사용하였다. 구성도에서는 생략되어 있지만 Cellular CDMA와 WCDMA 수신기의 성능으로서 FER(Frame Error Rate)과 Ec/Io 측정을 위하여 DM(Diagnostic Monitor) 소프트웨어를 사용하였다.

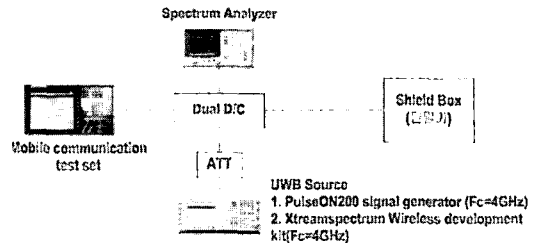


그림 3. UWB 간섭실험 전체 측정 구성도
Fig. 3. The entire measurement map of UWB interference experiments.

표 2. Cellular CDMA 기지국 설정 파라미터

Table 2. The configuration parameters of Cellular CDMA base stations.

Parameter	기지국
Sector total power(dBm)	-94 ~ -104
Pilot channel(dB)	-7
Paging channel(dB)	-16
Sync channel(dB)	-12
Traffic(dB)	-15.6
OCNS(dB)	-1.7046
PN offset	12
CDMA channel	799

III. UWB 간섭 실험결과 및 분석

UWB 시스템과 Cellular CDMA 및 WCDMA 수신 기와의 간섭을 평가하기 위해서 사용한 파라미터는 모두 수신감도(Sensitivity)를 사용하였다. Cellular CDMA의 표준규격인 IS-98E^[7]에 의하면, 기지국의 전력레벨 -104 dBm/1.23 MHz에 대하여 수신기의 FER이 0.5 % 이하를 요구하고 있다. 또한 WCDMA의 경우 표준규격인 ETSI TS 134 121^[8]에 의하면 -106.7 dBm/3.84 MHz에 대하여 수신기의 BER(Bit Error Rate)이 0.001을 초과하지 않도록 규정하고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 기준으로 각각의 수신기에 대한 간섭실험을 진행하였다. 그리고, UWB Power는 Spectrum Analyzer의 RBW=1 MHz로 하여 측정하였다. 실험결과와 신뢰도를 높이기 위하여 각 측정결과는 동일한 환경에서 5번씩 수행하여 평균값을 산출하였다.

3-1 간섭실험 전체측정 구성도

UWB와 Cellular CDMA 및 WCDMA의 간섭실험을 하기 전에 각 시스템에 대한 간섭 Link Budget을 표 3과 같이 분석하였다. Link Budget의 분석은 여러 가지의 변수를 이용할 수 있으며, 이러한 변수의 사용에 따라 결과값의 차이가 나게 된다.

본 논문에서는 간섭 시스템의 잡음에 대한 UWB 잡음레벨(I_{uwb}/N_{rec}), 즉 간섭여유도(Interference Margin)를 6 dB로 가정하였으며, 간섭기기의 잡음지수를 8 dB, 수신기의 안테나 이득과 경로손실을 각각 0 dBi와 2 dB로 가정을 하고 Link Budget을 계산하였다^{[9]~[11]}.

표 3으로부터 자유공간 1 m에서 Cellular CDMA와 WCDMA와 같은 간섭수신기의 성능에 UWB 신호가 영향을 주지 않기 위해서 UWB의 전력레벨은 각각 -80.9 dBm/MHz와 -72.8 dBm/MHz로 주어진다 것을 확인할 수 있다.

3-2 Cellular CDMA 간섭실험 측정 결과

실험에 사용된 임펄스 형태의 UWB 기기에 의한 Cellular CDMA 간섭실험에서 측정된 결과를 표 4에 나타내었다. UWB와 간섭 기기 사이의 경로 손실 모

표 3. Cellular CDMA와 WCDMA 시스템에 대한 link budget 분석

Table 3. Link budget analysis on the Cellular CDMA & WCDMA system.

항 목	값		단위
	Cellular CDMA	WCDMA	
주파수	850	2,100	MHz
열잡음 밀도	-174	-174	dBm/Hz
기준 대역폭	1	1	MHz
간섭기기 대역폭	1.23	3.84	MHz
간섭기기 잡음지수	8	8	dB
잡음 기준	-105	-100	dBm
간섭기기 대역폭에서 최대 허용 가능한 간섭레벨	-111	-106	dBm
기준대역폭에서 최대 허용 가능한 간섭레벨	-111.9	-111.8	dBm/MHz
자유공간 경로손실@1 m	31	39	dB
간섭수신기 안테나이득	0	0	dBi
간섭수신기 경로손실	2	2	dB
UWB 전력@1 m	-80.9	-72.8	dBm/MHz

델로는 가장 엄격한 값을 갖는 식 (1)과 같은 자유공간 손실 L이 사용되었다.

$$L = -27.55 + 20\log(d) + 20\log(f) \quad (1)$$

Cellular CDMA의 경우에 수신전력 -104 dBm/1.23 MHz에서 FER 0.5 %를 만족하기 위해서는 UWB의 출력레벨이 -111 dBm/MHz 이하로 주어져야 한다는 사실을 확인할 수 있으며, 이 값을 1 m

표 4. 임펄스 UWB 신호원에 의한 간섭측정 결과
Table 4. Interference measurement results of impulse UWB source.

UWB jamming level[dBm, Peak]	Cellular 수신전력 level [dBm]	Cellular 단말기 FER [%]	Cellular 단말기 pilot E _s /I ₀	
			UWB off	UWB on
-96	-94	1	-	-
-106	-103	4	-9.8	-11.4
-108	-104	7	-10	-11.6
-111	-104	0.5	-9.7	-10.6

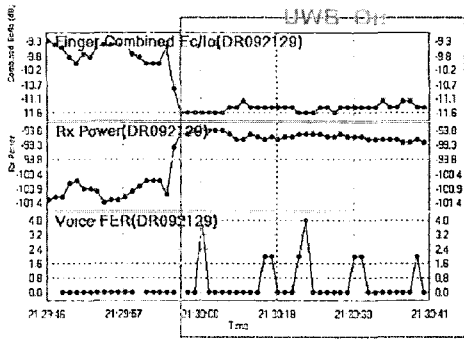


그림 4. 임펄스 UWB에 의한 Cellular CDMA 시스템의 간섭특성

Fig. 4. Characteristics of the impulse UWB based Cellular CDMA system.

자유공간손실 31 dB를 적용하면 1 m에서 UWB의 최대 허용 출력레벨을 -80 dBm/MHz로 얻을 수 있고, 이 값을 앞서 계산한 Link Budget의 결과 -80.9 dBm/MHz와 대략적으로 일치하는 것을 확인할 수 있다.

그림 4에는 UWB가 Off 상태에서 On이 되었을 때 발생하는 E_c/I_0 의 변화를 나타낸 것으로 임펄스 신호원의 경우 E_c/I_0 는 0.9 dB가 저하되는 것을 확인할 수 있다.

3-3 WCDMA 간섭실험 측정결과

UWB 신호원과 WCDMA 단말기의 간섭 실험결과를 그림 5와 그림 6에 나타내었다. 그림 5는 앞서 Cellular CDMA에서 사용한 임펄스 UWB 신호원을 사용하였고, 그림 6은 DS-CDMA 방식을 가진 UWB 신호원을 사용한 경우 측정된 간섭측정 결과이다. WCDMA 하향링크 주파수로는 2,130 MHz(10650CH)를 사용하였다. 임펄스 UWB 신호원의 경우 WCDMA 기지국 전력 -106.7 dBm/3.84 MHz에서 수신감도 BER 0.001을 만족하기 위한 최대 허용가능한 UWB 전력레벨은 -101 dBm/MHz로 주어진다. 이 값은 1 m에서 자유공간손실 38 dB를 고려하면 UWB의 전력레벨이 -63 dBm/MHz로 주어지게 되어 앞서 Link Budget으로 얻은 -72.8 dBm/MHz와 비교하면 약 10 dB 정도의 여유를 가지고 있음을 확인할 수 있다. 그림 1의 미국의 FCC에서 제안된 UWB 출력 마스크인 WCDMA 대역에서 실외일 때 -61.3 dBm

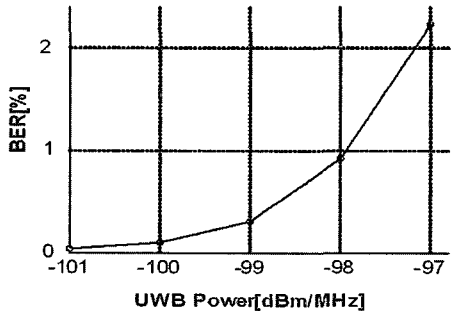
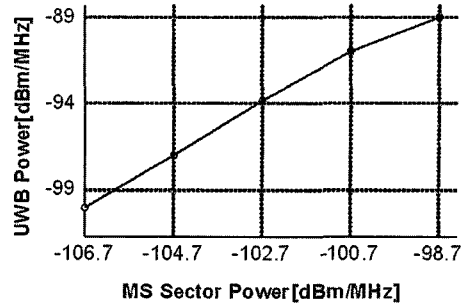


그림 5. Impulse 방식 UWB 신호원에 따른 WCDMA 시스템의 간섭측정 결과

Fig. 5. Results of the interference measurement of WCDMA system according to the impulse UWB signal source.

/MHz일 때와 비교하면 제안된 규격에 만족하고 있음을 확인할 수 있다. 물론 여기에 UWB의 갯수라던지, 안테나의 지향성이라던지를 고려하게 되면 이 값에 대해서는 바뀔 가능성이 있다.

그림 6에는 DS-CDMA 방식을 사용한 UWB 신호원에 따른 WCDMA 단말기의 간섭정도를 나타낸 것으로 위쪽 그림의 경우에는 WCDMA 기지국의 전력이 변함에 따라 요구되는 BER을 만족하는 UWB 출력을 측정한 것이며, 아래쪽 그림의 경우에는 UWB 출력을 변화시키면서 WCDMA 단말기 BER의 변화를 측정한 것이다. WCDMA에서 요구하는 수신감도 규격을 만족하기 위해서는 UWB의 출력이 -85 dBm/MHz이면 가능하고, 이를 1 m 자유공간손실 38 dB를 고려하게 되면 -47 dBm/MHz의 값을 가지게 되어 앞서 실험한 임펄스 방식의 UWB 신호원에 비하여 간섭효과가 16 dB 정도 개선이 된 것을 확인할 수 있다. 이는 DS-CDMA 방식의 UWB 신호원이 3.1 GHz 이하에서 급격한 Cutoff 특성을 갖는 필터를 사용하여, WCDMA 주파수 대역에서 발생하는 잡음을