

UWB 시스템과 T-DMB 시스템간의 간섭 영향에 관한 연구

A Study on the Interference Effects between UWB and T-DMB Systems

구 성 완* 김 진 영**
(Sung-Wan Koo) (Jin-Young Kim)

요 약

최근 무선통신 서비스의 급속한 증가로 인해 각 무선통신 시스템 사이의 간섭 문제가 대두되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 UWB 시스템과 지상파 방송 시스템 사이의 간섭 즉, 양립성을 분석하였고, 두 시스템 사이의 거리를 계산하여 분석하였다. UWB 시스템은 매우 넓은 주파수 특성 때문에 임펄스 전파라고도 불리고, 가장 큰 장점은 다른 시스템에 할당된 주파수를 공유 할 수 있다는 것이다. 지상파 방송의 가장 큰 장점은 L-Band에서는 DAB를 위해 이미 주파수가 할당된 반면에, 지상파 방송 서비스는 제한 없이 이용할 수 있다는 것이다. 최근에 Advanced T-DMB의 표준화 작업이 진행되고 있다. 이러한 두 시스템의 양립성을 분석한 결과 80 [m] 이상의 이격 거리에서 $C/(N0+I)$ 가 10 [dB]이상을 보였고 약 150 [m]이상에서 값이 포화됨을 보여주고 있다.

Abstract

Recently, a great variety of radio services are provided and interference problem between radio systems is being watched remarkably. Therefore, a study of interference between radio systems is needed. In this paper, compatibility between Ultra Wideband (UWB) and Terrestrial Digital Multi-media Broadcasting (T-DMB) is analyzed and then distance between them is computed. UWB systems have a very broad frequency characteristic. A big advantage is to share frequency that is already allocated to other systems. T-DMB is a good point that while L-Band is already used for DAB, T-DMB is free of charge. AT-DMB (Advanced T-DMB) is being standardized recently. The result which is analyzed for the interference effects between UWB and T-DMB Systems is 10 [dB], which is value calculated by $C/(N0+I)$, at 80 [m] and then the value is saturated at 150 [m].

Key words: Compatibility, interference, ultra wideband (UWB), terrestrial digital multi-media broadcasting (T-DMB)

* 주저자 : 광운대학교 전파공학과 석사과정

** 교신저자 : 광운대학교 전파공학과 부교수

† 논문접수일 : 2009년 9월 29일

† 논문심사일 : 2009년 11월 11일(1차), 2009년 11월26일(2차)

† 게재확정일 : 2009년 11월 27일

I. 서론

최근 통신 시장의 급성장에 인한 주파수 수요 증가와 주파수 사용 대역폭의 증가로 주파수 대역의 효율적인 이용, 주파수 사용 서비스 상호간의 영향에 대한 연구가 진행되고 있다. 주파수 사용 서비스 상호간의 영향이란 전파를 송·수신하는 서비스들 중에서 하나의 서비스가 다른 나머지 서비스에 대한 간섭 영향으로 정의할 수 있다. 이런 간섭과 관련하여 ITU에서는 전파사용에 관련된 규칙을 국제법으로 제정함으로써 상대적으로 약한 전파의 서비스 피해를 최소화 하도록 보호하고 있다. 또한 이것은 양립성(Compatibility) 이라고도 표현 할 수 있다. 다시 말하면 무선통신 시스템이 다른 무선통신 시스템과 상호 간섭을 일으키지 않고 운영될 수 있는 척도로 정의할 수 있다 [1].

UWB 시스템은 매우 낮은 전력을 이용하여 넓은 주파수 대역을 즉, 초광대역의 주파수 대역을 사용하여 반송파를 사용하지 않고 데이터를 보내는 무선 통신 기술을 적용한 시스템이다.

본 논문에서는 기존의 전파 스펙트럼을 다시 사용하는 UWB 시스템이 실제 사용될 때, 현재 사용되고 있는 지상파(T-DMB) 시스템 사이에 간섭이 일어나는데 이 영향에 대해서 분석하고자 한다.

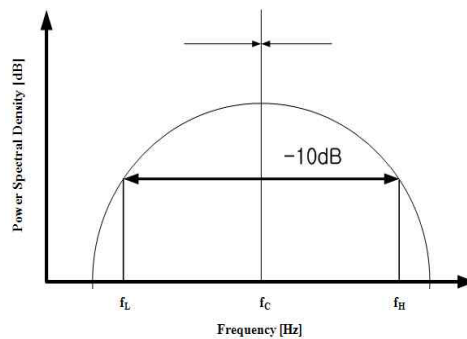
본 논문은 아래와 같이 구성되어 있다. 2장에서는 UWB 시스템과 T-DMB 시스템에 대해서 살펴보고 제 3장에서는 UWB 시스템과 T-DMB 시스템 사이의 간섭 분석을 한다. 제 4장에서는 시뮬레이션의 결과를 통한 성능 분석을 하고, 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. UWB와 T-DMB 시스템

1. UWB 시스템

UWB 통신 시스템은 일반적으로 그 사용 대역폭이 중심주파수의 25% 이상으로 광대역이며 대부분의 기존 무선기술들이 반송파(carrier)를 변조 후 전송되는 것과 달리 UWB 통신 시스템에서는 반송파

를 사용하지 않는다 [2]. 따라서 일반적으로 통신에서 요구되는 반송파 주파수 및 위상 복원 절차가 필요하지 않으며 이에 따라 보다 간단하게 구현될 수 있다. 앞에서 언급했듯이 UWB 통신 시스템은 이미 점유되어 사용되고 있는 주파수 대역을 공유하여 사용할 수 있는 장점이 있으며 일반적 통신 방식과 달리 송·수신기에서의 주파수 천이 과정이 필요하지 않으므로 비교적 저렴한 비용으로 통신 시스템을 구현할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 비교적 적은 전력 소모를 통해 원하는 전송 속도 및 전송 거리를 확보할 수 있는 장점을 가지고 있으며 고속의 데이터 전송을 지원하는 시스템에 적합한 방식으로 여겨지고 있다 [3].



<그림 1> UWB 신호 스펙트럼
<Fig. 1> UWB signal spectrum

UWB 기술은 근거리에서 100 [Mbps] 이상의 광대역 멀티미디어 정보를 송·수신할 수 있는 통신 방식으로 부각되고 있다. 초기 짧은 단일 펄스에 의해 광대역 주파수 특성을 얻을 수 있었던 UWB 신호 생성 방법은 홈 네트워크 등의 근거리 무선통신 기술의 요구사항에 맞게 현재 MultiBand -Orthogonal Frequency Division Multiplexing (MB-OFDM) 방식 등으로 발전된 상황이며, 현재 IEEE 표준화 회의에서 논의되고 있다 [2, 4].

UWB가 대중화되기 위해서는 수년 전부터 근거리 통신 방식으로 고려되어 온 Bluetooth의 경우처럼 낮은 가격으로 소형의 송·수신기를 구성하는 것이 매

우 중요하다. 한편, UWB가 대중화 되면 UWB를 장착한 모듈의 수가 급속히 증가할 것이므로 UWB간의 주파수 간섭 및 802.11a 등과 같이 5GHz 주파수 대역을 사용하는 다른 시스템들에 의한 주파수 간섭 문제가 발생할 것이다.

2. T-DMB 시스템

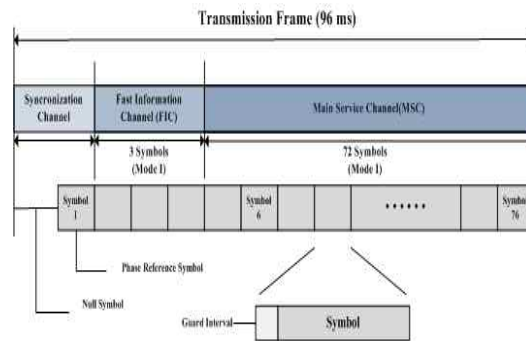
T-DMB 시스템은 국내 아날로그 TV방송대역에서 사용하는 VHF (174 ~ 216 [MHz]) 주파수 대역을 이용하여 유럽의 EUREKA-147 DAB 시스템에 멀티미디어 데이터 서비스를 부가한 것으로, 200 [km/h]의 고속 이동시에도 끊김 없는 고품질 오디오와 비디오 서비스, 그리고 데이터 서비스를 무료로 제공한다 [5, 6].

T-DMB는 Eureka-147 DAB 기술에 기반하므로 기존의 Digital Audio broadcasting (DAB) 서비스 또한 동시에 제공될 수 있다. 한국에서 상용화된 T-DMB 단말기를 이용하면 T-DMB 뿐만 아니라 DAB 오디오와 데이터 서비스까지 동시에 수신이 가능하다.

EUREKA-147 방식은 1.536 [MHz]의 대역폭을 사용하며, 다수의 CD 음질 오디오 서비스가 가능하도록 MPEG Audio Layer II에 기반한 고품질 오디오 압축 기술을 사용한다. 이동체 수신에서 다중 경로 페이딩 및 도플러 확산에 대처하기 위해 Coded OFDM (COFDM) 전송 방식을 사용하며 변조방식으로는 $\pi/4$ -DQPSK를 사용하고 오류 정정 부호화 방식으로는 1/4 길쌈 부호를 기반으로 한 Rate Compatible Punctured Code (RCPC)를 사용한다. 그리고, 오디오 및 데이터의 연접 오류를 방지하기 위한 384 [ms]의 데이터에 대해 인터리빙 기술을 적용한다. 또한, 제한된 대역폭과 주어진 채널 환경 하에서 여러 개의 오디오 및 데이터를 최적 데이터율로 전송하기 위해 Unequal Error Protection (UEP) 및 Equal Error Protection (EEP)을 두고 있으며, 오디오 데이터의 경우 오류에 대한 민감성을 고려하여 Unequal Error Protection (UEP) 을 사용한다. 전송규격은 지상 단일 주파수방송망 (SFN) 밴드 I, II, III의 지역방송에 적합한 전송모드 I, 밴드 I, II, III, IV, V와 L 밴드에 적

합한 전송모드 II와 IV 그리고, 3 [GHz] 이하의 지상 방송, 위성방송, 케이블, 지상 및 위성방송에 적합한 전송모드 III의 4가지 전송모드를 정의하고 있다. T-DMB는 현재 전송모드 I을 사용하고 있다.

T-DMB는 EUREKA-147 DAB시스템과 동일한 전송구조를 가지고 있으며, 전송 신호는 그림 2와 같이 동기 채널 (Synchronization Channel), 고속 정보 채널 (FIC : Fast Information Channel), 그리고 주 서비스 채널 (MSC : Main Service Channel)의 시간적인 병렬 배치를 통해 전송 프레임을 구성한다. 이러한 3개의 채널들은 여러 개의 송신부로부터 데이터를 제공받고, 이 데이터들을 이용해서 각 채널에 해당하는 전송프레임을 형성한다.

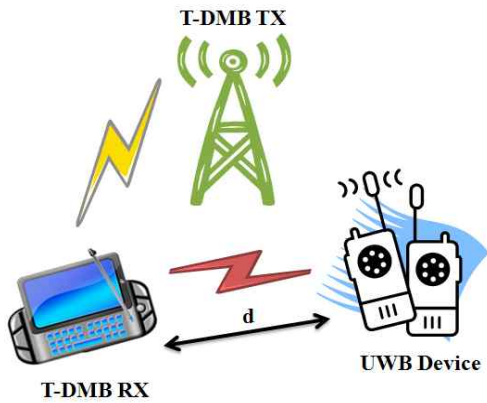


<그림 2> T-DMB 전송 구조 및 심볼 구조
<Fig. 2> Transmission mode and symbol structure for T-DMB

전송프레임의 구조와 길이는 전송 모드에 따라 다르며, 고속 정보블록 (FIB : Fast Information Block)과 공통 인터리브 프레임 (CIF : Common Interleaved Frame)은 그림 2와 같이 각각 FIC 및 MSC와 관련해서 독립적인 데이터 전송 패키지 전송 모드를 제공하기 위한 것이다. 전송 프레임의 일반적인 특성을 살펴보면 구성하는 12개의 FIB가 4개의 그룹으로 나누어지고, 각각의 그룹은 같은 전송 프레임을 구성하는 CIF 중 하나에 할당된다. 처음 3개의 FIB에 포함된 정보는 첫 번째 CIF를 가리키고, 네 번째, 다섯 번째 및 여섯 번째 FIB에 포함된 정보는 두 번째 CIF로 나타내어진다.

III. UWB 시스템과 T-DMB 시스템 사이의 간섭 분석 방법

그림 3은 UWB 시스템과 T-DMB 시스템 사이의 간섭 모델을 나타낸 것이다. 이 시스템 사이의 거리를 d 라고 정의한다. 간섭 분석에 필요한 T-DMB 시스템의 파라미터를 표 1에 정리하였고 이 파라미터를 가지고 분석을 하도록 하겠다 [7]. EUREKA 147 관련 문서에서 측정값들을 알 수 있다. 측정값들은 10^{-4} 의 BER과 $C/I=14[dB]$ 으로 가청 임계치를 가진다.



<그림 3> 간섭 모델
<Fig. 3> Interference model

<표 1> T-DMB 시스템 파라미터
<Table 1> System parameters of T-DMB

파라미터	값
등방성 안테나 이득 G	-3.9 [dBi]
기준 잡음 온도 T_0	290 [K]
수신단의 잡음 지수 F	7 [dB]
시스템 대역폭 Δf	1.536 [MHz]
볼츠만 상수 k	$1.38E^{23}$
주파수 f	216 [MHz], 1.5 [GHz]
반송파 대 잡음비 C/N	14 [dB]

UWB의 방사 한계 E_u 는 FCC에 의해서 제정되었는데 그 값은 -65.3 [dBm/MHz]이다 [8]. 분석을 위해 경로 손실을 자유 공간으로써 가정한다면 UWB 경로 손실은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$L_u [dB] = 20 \log \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) + 20 \log(d), \quad (1)$$

여기서, $\lambda = \frac{c}{f}$ 이다. 거리 d 에 의해서 경로 손실이 변함을 알 수 있다.

T-DMB 시스템에서 UWB 간섭 신호의 전력 밀도는 아래 식과 같다.

$$\begin{aligned} S_u &= E_u [dB] - L_u [dB] + G [dB] \\ &= -125.3 [dBm/Hz] - (36 - 20 \log(d)) [dB] + 2.15 [dBi] \\ &= -159.15 - 20 \log(d) [dBm/Hz] \end{aligned} \quad (2)$$

UWB 간섭은 T-DMB에서 잡음으로 가정하면 방사된 UWB 신호는 매우 낮은 전력을 가지고 있기 때문이다. 따라서, UWB 신호 전력은 T-DMB의 잡음 지수에 더해 질 수 있다. T-DMB의 전체 전력 밀도를 구하기 위해서, $S_u = kT_u$ 라 하면, 다음과 같다.

$$kT_u = 10^{-159.15} \times d^{-20}, \quad (3)$$

여기서, k 는 볼츠만 상수이고 $T_u = 8812942.034/d^2$, 는 UWB의 잡음 지수로써 거리에 의존한다 [9].

T-DMB의 잡음 전력 식은 다음과 같다:

$$N = kT_o F' \Delta f, \quad (4)$$

여기서, N 은 잡음 전력, F' 은 선형 잡음 지수, Δf 은 T-DMB 시스템 대역폭, 그리고 T_o 은 기준 잡음 온도이다. 그러므로 수신단의 잡음 지수가 4 [dB] 일 때, 전체 T-DMB 잡음 온도는 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} T &= T_{DMB \text{ Noise temp.}} + UWB \text{ Noise temp.} \\ &= 438.447 + 8812942.034/d^2 \end{aligned} \quad (5)$$

따라서 UWB 간섭이 포함된 T-DMB는 식 (6)으로 표현된다.

$$N_{total} = 10\log\left(\frac{T_{total} \cdot k}{10^{-3}}\right) + 10\log(\Delta f) \quad [\text{dBm}].(6)$$

그러므로 T-DMB 수신단에서 입력 신호 전력은 간섭이 없는 T-DMB에서 C/N이 14 [dB]일 때, 수신단의 잡음 지수에 의해서 -92.18 임을 계산할 수 있다. 따라서 $C/(N_0 + I)$ 은 다음과 같다:

$$\frac{C}{(N_0 + I)} = -92.18 - \left[10\log\left(\frac{T_{total} \cdot k}{10^{-3}}\right) + 10\log(\Delta f) \right] \quad [\text{dB}].(7)$$

IV. 분석 결과

본 실험에서는 L-Band대역과 VHF 대역 주파수를 고려하였다. 그림 4는 주파수와 거리 값에 의해서 결정되는 UWB 간섭 신호의 전력 밀도를 나타낸 것이다. 앞 장에서 분석한 식에서 알 수 있듯이 주파수가 증가할수록 전력 밀도는 감소하고, 거리가 늘어날 때에도 전력 밀도가 내려감을 알 수 있다.

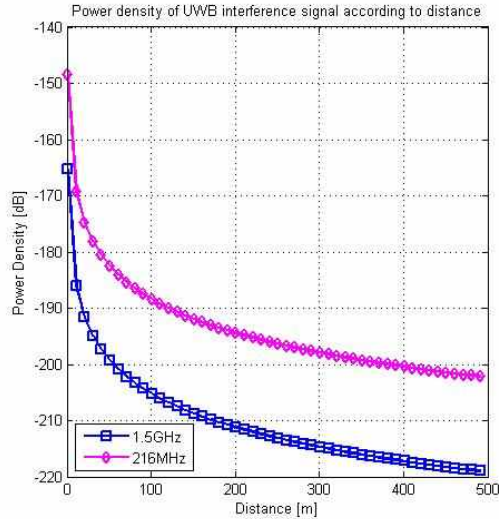
그림 5는 T-DMB에서 UWB 신호를 간섭 신호로 보는데 안테나에서 온도와 전력 밀도의 관계식으로 계산한 값을 dBm 으로 보여준다. 이격 거리가 늘어날수록 UWB 간섭 신호 레벨도 내려간다.

그림 6은 216 [MHz]에서 입력신호가 -92.19 [dBm]일 때, 신호 대 간섭 잡음비 C/(N0+I)을 보여준다. 약 80 [m] 이상의 이격 거리에서 10 [dB]이상의 C/(N0+I)를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 그리고 이격거리 약 150 [m]이상에서 값이 포화됨을 보여주고 있다.

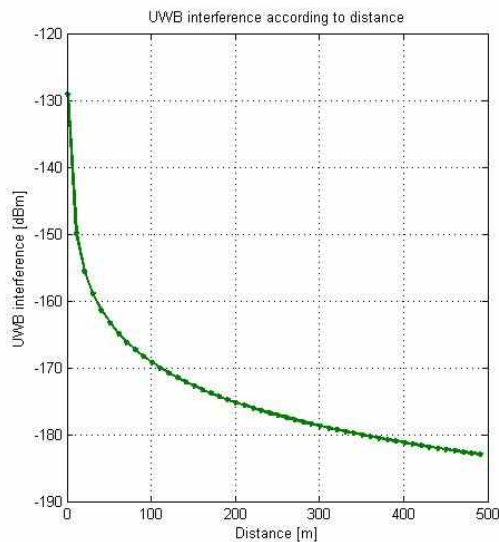
V. 결 론

본 논문에서는 UWB 시스템과 T-DMB 시스템간의 간섭의 영향을 분석하였다. 간섭 분석 과정은 UWB시스템을 간섭원으로 설정하고 분석하였다. 간섭을 분석하기 위해 잡음 전력을 통해, 신호 대 간섭

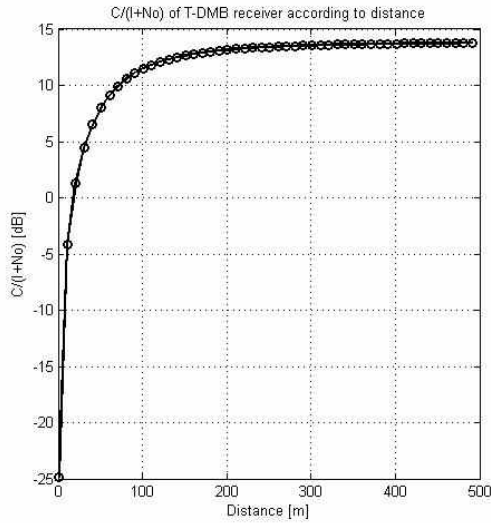
잡음비를 구하였다. 이걸로 최소 이격 거리 또한 알 수 있었다. 다양한 무선 이동통신 시장이 급격하게 증가할수록, 앞으로도 시스템 사이의 간섭분석에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.



<그림 4> UWB 간섭 신호의 전력 밀도
<Fig. 4> Power density of UWB interference



<그림 5> UWB 간섭 신호의 잡음 전력
<Fig. 5> Noise power of UWB interference



<그림 6> 거리에 따른 T-DMB 수신단의 C/(N0+I)
 <Fig. 6> C/(N0+I) of T-DMB receiver

참 고 문 헌

[1] J. Y. Kim, *Interference Analysis of Wireless Communication Systems*, Hongreung Science Publishers, Seoul, Korea, 2010.

[2] G. R. Aiello and G. D. Rogerson, "Ultra-wideband wireless systems," *IEEE Microwave Mag.*, pp. 36-47, June. 2003.

[3] J. Y. Kim, *Ultra WideBand Wireless Communication Systems*, GS Intervision Publishers, Seoul, Korea, 2009.

[4] S. Plimmer and D. Barker, "Impact of UWB on third-generation telecommunications (3G)," M19_50R0_SE24_UWB_UK-report-UWB, CEPT SE24 M19, Copenhagen, Mar. 2003.

[5] R. K. C. Tan, "Eureka-147 digital audio broadcasting," *Sound Works Magazine*, pp. 22-26, Jan/Feb. 1998.

[6] G. Lee, S. Cho, K. T. Yang, Y. K. Hahm, and S. I. Lee, "Development of terrestrial DMB transmission system based on Eureka-147 DAB system," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 51, no. 1, pp. 63-68, Feb. 2005.

[7] ETSI, *Digital Audio Broadcasting (DMB); Targets for typical operation*, ETSI TS 101 758, July 2000.

[8] Federal Communication Commission (FCC), *Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems*, First report and Order, ET Docket 98-153, FCC 02-8, adopted/released February 14/April 22, 2002.

[9] D. Landi and C. Fischer, "The effects of UWB interference on GSM systems," *Proc. Int. Zurich Seminar*, pp. 86-89, Feb. 2004.

저자소개



구 성 완 (Koo, Sung-Wan)
 2008년 광운대학교 전파공학과 (공학사).
 2008년 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 석사과정 재학중.



김 진 영 (Kim, Jin-Young)
 1998년 : 서울대학교 전자공학과 공학박사
 1998년 ~ 1999년 : 미국 Princeton University
 2000년 ~ 2001년 : SK텔레콤 중앙연구원
 2001년 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 부교수
 2009년 ~ 현재 : 미국 M.I.T 공대 Visiting Scientist