DTV시스템과 IEEE 802.11n WLAN의 간섭분석

Interference Analysis between DTV System and IEEE 802.11n WLAN

최 재 혁*, 김 은 철*, 양 재 수**, 김 진 영*

Jae-Hyuck Choi, Eun Cheol Kim, Jae Soo Yang and Jin Young Kim

Abstract

In this paper, we analyze the effect of interference between DTV system and IEEE 802.11n. We set DTV as a victim receiver and IEEE 802.11n as an interfering system. When they exist in the same area, they can make an interference effect. Therefore, we calculate a minimum coupling loss (MCL) and compare the resulting value with a path loss for determining whether there exists a potential interference or not. The minimum separation distance is determined when the path loss is larger than the MCL.

Keywords :Interference, DTV, IEEE 802.11n

I. 서 론

급격한 주파수 사용의 증가와 함께 이용 가능한 전파는 주파수 대역이 점차 증가하고 있다. 이는 곧 고주파를 사용하는 서비스 상호간의 전파간섭 문제를 발생시킨다. 이 대 강한 전파를 송수신하는 서비스에 비하여 전파천문업무와 같은 약한 전파를 송수신하는 서비스는 상대적으로 피해가 크기 때문에 후자와 같은 서비스에 대한 적절한 보호가 필요하다. 따라서한정된 전파 자원을 상호 공존의 원칙 아래 효율적으로 사용하기 위해 국제통신연합 (ITU : International Telecommunication Union)에서는 전파 사용에 관한 규칙을 국제법으로 정하고 있으며, 국제통신연합 산하의 세계전파통신회의 (WRC : Wrold Radiocommunication Conference)에서 재반 규정을 주기적으로 제정 또는 개정하고 있다. 또한 유럽에서는 ETSI (European Telecommunications Standards Institute), ERO (European Radiocommunications Office) 등을 설립하여 주파수 관련 기술을 표준화 하고 이의 관리, 활용 및 공유기술에 대한 연구를 수행하고 있다[1-2].

이와 같이 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위해서, 새로운 시스템에 스펙트럼을 할당할 때 필요한 것이 기존 시스템과 새로운 시스템간에 영향을 분석하는 것이다. 새로운 시스템이 정상적으로 동작하지 못하면 안되기 때문이다. 이를 양립성 (Compatibility) 이라고도 하는데, 이를 양립성이란 무선통신 업무가 다른 무선통신 업무들에 간섭을 발생시키지 않으며, 다른 무선통신 업무들로부터 간섭을 받지 않고 운용될 수 있는 능력을 말한다.

본 논문에서는 DTV 시스템과 IEEE 802.11n 시스템 간의 간섭영향에 관해 분석하고자 한다. 우리는 두 시스템이 정상적으로 동작하기 위한 최소 이격 거리를 측정해보고자 하고 간섭 분석 방법은 최소 결합 손실 (MCL : Minimum Coupling Loss) 방법을 이용하였다. 실험에서 간섭원은 DTV 시스템이고 피간섭원은 802.11n 시스템으로 설정하였다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 II장에서는 간섭 분석 방법을 설명하였고, 간섭 분석에 사용되는 시스템 파라미터를 제 III장에서 제시하였다. 제 IV장에서는 간섭 시나리오를 제시하고 제 V장에서 시뮬레이션을 통한 간섭 분석 결과를 제시하였으며, 본 논문의 결론을 제 VI장에서 나타내었다.

점수일자 : 2009년 8월 07일
최종완료 : 2009년 8월 07일
*광운대학교 전파공학과
교신저자, E-mail : jinyoung@kw.ac.kr
**경기도청

II. 간섭 분석 방법

간섭 분석의 목적은 간섭원과 피간섭원 사이에서 간섭에 의한 영향이 발생하지 않도록 하기 위한 최소 이격 거리를 계산하는 것으로 최소 결합 손실 (MCL : Minimum Coupling Loss) 방법 [3]을 이용한다. MCL은 최대로 허용할 수 있는 간섭 조건을 만족시키기 위해 간섭원과 피간섭원 사이에 필요한 최소한의 전력 손실로써 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$MCL = P_{Interferer} + 10\log\left(\frac{BW_{Victim}}{BW_{Interferer}}\right) - I_{\max}. \quad (1)$$

여기서 $P_{Interferer}$은 간섭원의 전력이고, BW_{Victim} 및 $BW_{Interferer}$는 각각 피간섭원과 간섭원의 대역폭이며, $I_{\max}$는 최대 허용 간섭 전력이다. 식 (1)에서 BW_{Victim}가 $BW_{Interferer}$보다 크거나 같고 간섭원의 모든 전력이 피간섭 수신기에 수신되는 경우, MCL은 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$MCL = P_{Interferer} - I_{\max}. \quad (2)$$

간섭 분석 과정은 다음과 같다. 먼저 시스템간 간섭이 발생하지 않기 위해 필요한 전파 손실을 계산한다. 이 때 최대 허용 간섭 전력, $I_{\max}$, 을 이용하는데 이는 식 (3)이나 (4)와 같이 계산한다.

$$I_{\max} = K + T + B + F + I/N - G_{Victim}, \quad (3)$$

$$I_{\max} = S_{Victim} - C/I - G_{Victim} \quad (4)$$

여기서 $I_{\max}$의 단위는 dBW이고, K는 볼츠만 상수로써 그 값은 $1.38\times10^{-23}\,J/K$ 또는 $-229\,dBJ/K$이다. T는 온도이고 그 값은 $300\,K$ 또는 $25\,dBK$이다. B는 수신기 대역폭, F는 수신기 잡음 지수, I/N은 간섭 전력대 잡음 전력비이다. G_{Victim}는 수신기 주엽 안테나 이득이다. 또한 S_{Victim}은 피간섭원의 민감도이다. 간섭 전력이 수신기 안테나의 부엽에 수신되는 경우 최대 허용 간섭 전력은 식 (5)나 (6) 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} I_{\max} &= K + T + B + F + I/N - G_{VictimSidelobe} \\ &= K + T + B + F + I/N - (G_{Victim} - L_{Sidelobe}). \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} I_{\max} &= S_{Victim} - C/I - G_{VictimSidelobe} \\ &= S_{Victim} - C/I - (G_{Victim} - L_{Sidelobe}) \end{aligned} \quad (6)$$

여기서 $G_{VictimSidelobe}$는 피간섭 수신기 안테나 이득이고, $L_{Sidelobe}$는 부엽 감쇠 레벨이다.

간섭원과 피간섭원 사이에 간섭이 발생하지 않도록 하기 위해 요구되는 전파 손실, A_{req}, 을 계산해야 하는데, 이 때 수신기 보호비의 표현 방법에 따라서 다른 방법으로 전파 손실을 계산할 수 있다.

첫째, 수신기 보호비가 간섭 전력대 잡음 전력비, I/N, 로 표현된 경우, A_{req}는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$A_{req} = -\left[\frac{I}{N}\right]_{dB} + P_I + G_I + G_V - N, \quad (7)$$

여기서 G_I은 피간섭원 방향으로의 간섭원 안테나 이득이다. 또한 G_V은 간섭원 방향으로의 피간섭원 안테나 이득이고, N은 피간섭원의 수신기 잡음 레벨이다. 둘째, 수신기 보호비가 신호 전력대 간섭 전력비, C/I, 로 표현된 경우, A_{req}는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$A_{req} = \left[\frac{C}{I}\right]_{dB} - C + P_I + G_I + G_V, \quad (8)$$

여기서 C는 원하는 신호의 전력이다.

다음으로 [4]의 전파 모델을 기초로 하여, 피간섭원이 간섭원의 송신 전력에 의하여 영향을 받지 않기 위한 최소 이격 거리를 계산한다. [4]에서 제시된 전파 모델은 자유공간 경로 손실과 공기 중에 존재하는 산소와 같은 기체에 의한 손실을 모두 포함하는 모델이다. 자유공간 경로 손실, L_{FS}은 식 (9)과 같이 표현할 수 있다.

$$L_{FS} = (4\pi d/\lambda)^2 \quad (9)$$

$$L_{FS}[dB] = 10\log(\frac{4\pi d}{\lambda})^2 = 20\log\frac{4\pi d}{\lambda}$$

여기서 Z는 기체의 흡수에 의한 단위 거리당 감쇠 상수로써 f는 동작 주파수를 나타내고 단위는 Hz이며, d는 거리를 나타내고 단위는 km이다. 만약 polarization 손실이나 벽 또는 유리창의 투과에 의한 손실이 존재한다면, 식 (9)의 경로 손실에 이러한 손실을 추가하여야 한다.

무선 통신 시스템간 간섭에 의한 영향이 없도록 하기 위해서는 식 (9)으로 표현되는 거리에 따른 경로 손실이 식 (7), (8)로 표현되는 최대 허용 간섭 전력에 관련된 손실량보다 커야 한다. 따라서 이 조건을 이용하여 간섭원과 피간섭원 사이에 간섭으로 인한 영향이 발생하지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리를 계산할 수 있다.

III. 시스템 파라미터

1. DTV 시스템

DTV 시스템은 피간섭원으로 하고 중심 주파수는 채널 2에서 57MHz이고 대역폭은 6MHz를 갖는다. DTV 시스템의 파라미터는 표 1과 같다[5].

표 1. DTV 시스템 파라미터
Table 1. DTV system parameter

파라미터	값
주파수	57 MHz
간섭원전력	1MW
대역폭	6 MHz
수신기 대역폭 B	67.78 dB
수신기 잡음지수 F	10dB
Carrier to noise ratio C/N	19.5dB
수신기 주엽 안테나이득 G	11.65 dB
DTV receiver sensitivity	-84 dBm

2. IEEE 802.11n 시스템

표 2. IEEE 802.11n 시스템 파라미터
Table 2. IEEE 802.11n system parameter

파라미터	값
Channel Bandwidth	20 MHz, 40 MHz
Transmit pawer	200mW, 200mW
Maximum data rate	248 Mbps
Typical throughput	74 Mbps
Rf band	70MHz, 80MHz
Modulation	CCK, DSSS, or OFDM

여러 개의 안테나를 사용하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술과 대역폭 손실의 최소화를 위한 MAC 계층과 물리 계층의 변형을 통해 최대 600Mbps 속도를 지원하는 무선 LAN 표준. 직교 주파수 분할 다중(OFDM) 방식과 다중화된 예비 구성으로 신뢰성이 향상되었으며, 주위 간섭에 강하고, 보다 넓은 지역에서 동작하는 무선 LAN으

로 다중 고선명 텔레비전(HDTV), 디지털 비디오 스트리밍 등 높은 대역폭의 동영상도 처리할 수 있다. IEEE 802.11n의 파라미터는 표 2와 같다[6].

IV. 간섭 시나리오

1. DTV 시스템 피간섭원이고 IEEE 802.11n의 20MHz가 간섭원인 경우

DTV시스템에서 채널이 54MHz에서 60MHz로 6MHz의 대역폭을 가지며 20MHz의 대역폭을 가진 802.11n 시스템이 DTV 시스템 대역을 사용한다고 가정한다. 또한 802.11n 시스템은 DTV 채널 3에서 5 채널까지 4개의 채널의 대역폭을 가지고 처음과 끝에 2MHz씩의 보호 대역을 가진다고 가정하면 802.11n의 중심 주파수는 72MHz를 가진다.

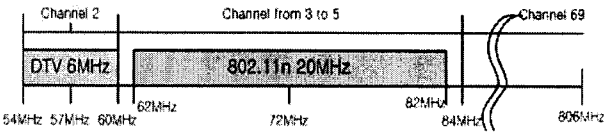


그림 1. DTV 시스템과 IEEE 802.11n 시스템간 간섭 시나리오1

Fig. 1. Interference between the DTV system and IEEE 802.11n

2. DTV 시스템 피간섭원이고 IEEE 802.11n의 40MHz가 간섭원인 경우

DTV시스템에서 채널이 54MHz에서 60MHz로 6MHz의 대역폭을 가지며 40MHz의 대역폭을 가진 802.11n 시스템이 DTV 시스템 대역을 사용한다고 가정한다. 또한 802.11n 시스템은 DTV 채널 3에서 7 채널까지 5개의 채널의 대역폭을 가지고 처음과 끝에 1MHz씩의 보호 대역을 가진다고 가정하면 40MHz의 대역폭을 가진 802.11n의 중심 주파수는 81MHz를 가진다.

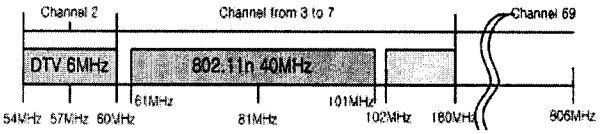


그림 2. DTV 시스템과 IEEE 802.11n 시스템간 간섭 시나리오2

Fig. 2. Interference between the DTV system and IEEE 802.11n

V. 간섭 분석 결과

1. DTV 시스템 피간섭원이고 IEEE 802.11n의 20MHz가 간섭원인 경우

우선, 식 4를 이용하여 고정 업무의 최대 허용 간섭 전력을 계산하면 식 10과 같다.

$$I_{\max} = S_{Victim} - C/I - G_{Victim} \quad (10)$$
$$= -84dBm - 19.5dB - 11.65dB = -115.15\,dBm$$

다음으로 두 시스템의 대역폭이 DTV 시스템은 6MHz, 802.11n은 20MHz 이므로 두 시스템간의 식 (1)의 MCL을 계산하면 다음과 같다.

$$MCL = 200m\,W + 10\log(\frac{6MHz}{20MHz}) - I_{\max} = 132.94[dB] \quad (11)$$

간섭원의 전력 $P_{interferer}$은 200mW로 23.01dBm을 가진다. 마지막으로 식 (9)를 이용하여 이격 거리에 따른 경로 손실을 계산하면 식 (12)와 같다.

$$L_{dB} = 20\log\frac{4\pi d}{\frac{3\times 10^{8} m/s}{72MHz}} \quad (12)$$

IEEE 802.11n의 주엽에 의한 갑섭 신호가 고정 업무의 부엽에 영향을 미치지 않기 위해서는 식 (12)에서 계산된 손실값이 식 (11)의 MCL 값보다 커야 한다. 따라서 그림 3에서 최소 이격 거리는 약 256m이다.

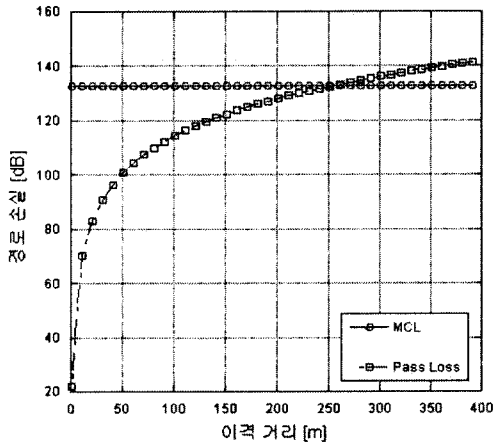


그림 3. DTV 시스템과 IEEE 802.11n 시스템간 이격 거리에 따른 경로 손실

Fig. 3. Loss path according to distance length between the DTV system and IEEE 802.11n

2. DTV 시스템 피간섭원이고 IEEE 802.11n의 40MHz가 간섭원인 경우

우선, 식 4를 이용하여 고정 업무의 최대 허용 간섭 전력을 계산하면 식 10과 같다.

$$I_{\max} = S_{Victim} - C/I - G_{Victim} \quad (10)$$
$$= -84dBm - 19.5dB - 11.56dB = -115.15\,dBm$$

다음으로 두 시스템의 대역폭이 DTV 시스템은 6MHz, 802.11n은 40MHz 이므로 두 시스템간의 식 (1)의 MCL을 계산하면 다음과 같다.

$$MCL = 200m\,W + 10\log(\frac{6MHz}{40MHz}) - I_{\max} = 129.92[dB] \quad (11)$$

간섭원의 전력 $P_{interferer}$은 200mW로 23.01dBm을 가진다. 마지막으로 식 (9)를 이용하여 이격 거리에 따른 경로 손실을 계산하면 식 (12)와 같다.

$$L_{dB}= 20\log\frac{4\pi d}{\frac{3\times 10^{8} m/s}{81 MHz}} \quad (12)$$

IEEE 802.11n의 주엽에 의한 간섭 신호가 고정 업무의 부엽에 영향을 미치지 않기 위해서는 식 (12)에서 계산된 손실값이 식 (11)의 MCL 값보다 커야 한다. 따라서 그림 4에서 최소 이격 거리는 약 196m이다.

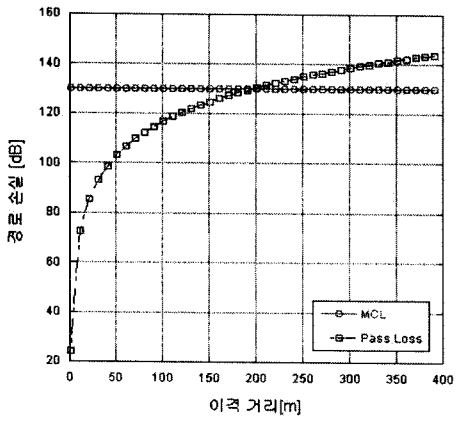


그림 4. DTV 시스템과 IEEE 802.11n 시스템간 이격 거리에 따른 경로 손실

Fig. 4. Loss path according to distance length between the DTV system and IEEE 802.11n

VI. 결 론

본 논문에서는 DTV 시스템 주파수 대역에서 동작하는 동안 IEEE 802.11n이 동일 주파수 대역에서 동작하는 경우, 두 시스템 사이의 간섭의 영향에 대하여 분석하였다. 간섭 분석 방법은 MCL 방법을 이용하였고 이격 거리에 따른 경로 손실을 계산한 후 이를 MCL과 비교하여, 두 시스템이 서로 간섭을 받지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리를 산출하였다.

간섭 분석 결과, 두 시스템이 간섭으로부터 영향을 받지 않기 위하여 두 시스템 사이에 256 m, 196m 이상의 이격 거리를 유지하여야 한다. 따라서 DTV와 IEEE 802.11n이 간섭에 의한 영향 없이 정상적으로 동작하기 위해서는 이격 거리 이외에 간섭 제거 기술, 간섭 회피 기술 등이 필요하다.

본 논문의 결과는 DTV 시스템을 서비스하는데 있어서 타 시스템과의 양립성을 분석하고 관련 정책을 결정하는데 활용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-S-029-03, 가정용/기업용 WiBro 시스템 기술 개발.

[참 고 문 헌]

[1] ITU website; Available at http://www.itu.int.

[2] ERO website; Abailable at http://www.ero.dk.

[3] ERC Report 101, A comparison of the minimum coupling loss method, enhanced minimum coupling loss method, and the Monte-Carlo simulation, May. 1999.

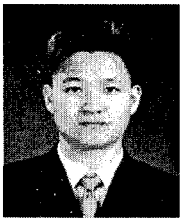
[4] Recommendation ITU-R P.676-7, Attenuation by atmospheric gases, Feb. 2007.

[5] Recommendation ITU-R 11C/19-E, Planning parameters and allotment plan for DTV service in canada, Mar. 1998.

[6] IEEE P802.11n/D11.0, "Draft standard for information technology telecommunications and information exchange between systems local and metropolitan area networks specific requirements" Jun. 2009.

최 재 혁

2008년 광운대학교 전파공학과 졸업 (공학사)
2008년 현재 광운대학교 전파공학과 석사과정
<관심분야> 가시광 통신 시스템, 위치인식 시스템, 이동 통신, 디지털 통신,
<e-mail> jae0011@kw.ac.kr



김 은 철

2003년 광운대학교 전자공학부 졸업 (공학사)
2005년 광운대학교 전파공학과 졸업 (공학석사)
2005년 현재 광운대학교 전파공학과 박사과정
<관심분야> 이동 통신, 디지털 통신, 채널 부호화, 동기화
<e-mail> eun6210@kw.ac.kr

양 재 수

1993년 미 NJIT 전기및컴퓨터공학 박사 졸업
1991년 서울대 MBA 수료
1981년 1981년 MIC 통신사무관
1982년 2006년 KT 인터넷시설부장, 인터넷 사업국장, 월드컵통신팀장, 중앙지사장
2006년 현재 광운대 교수
2007년 현재 경기도 정보화보좌관
<관심분야> 디지털통신, RFID/USN, 차세대이동통신 등
<e-mail> jyang1@paran.com

김 진 영

1998년 서울대 전자공학과 졸업 (공학박사)
2000년 미국 Princeton University, Research Associate.
2001년 SK텔레콤 네트워크 연구원 책임연구원
2001년 현재 광운대학교 전파공학과 부교수
2009년 현재 미국 M.I.T 공대 Visiting Scientist
<관심분야> 디지털 통신, 신호처리, 채널 부호화
<e-mail> jinyoung@kw.ac.kr