

http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.1.189

JIWIT 2012-1-24

DTV 전환에 따른 DTV 송신기와 LTE 기지국간 공존에 관한 연구

A Study on Co-existence between DTV Transmitter and LTE Base Station according to DTV Transition

심용섭*, 이일규**, 홍선의***

Yong-Sup Shim, Il-Kyoo Lee, Seon-Eui Hong

요약 본 논문은 DTV 전환으로 발생하는 여유 대역의 활용 방안으로 LTE 기지국용 주파수의 할당에 관한 논문이다. 확보 가능한 여유 대역 중에서 DTV 채널 51과 인접하여 LTE 기지국용 주파수 할당을 계획할 때 DTV와 LTE 상호간에 간섭이 발생하지 않는 최적의 보호 대역을 산출하였다. LTE 기지국에 의한 DTV 수신기의 간섭 영향과 DTV 송신기에 의한 LTE 기지국의 간섭 영향을 분석하여 LTE 기지국 보호를 위한 보호 대역 5.5 MHz, DTV 수신기 보호 2 MHz의 보호 대역을 제시하였다.

Abstract This paper is about frequency allocation of LTE Base Station(BS) in the spare band which is generated by DTV transition. In the case of frequency allocation of LTE BS in adjacent band with DTV channel 51 among the spare band, the guard bands that requires for no interference between LTE and DTV system were calculated. As a result, 5.5 MHz of guard band for LTE BS and 2 MHz of guard band for DTV receiver were suggested based on interference analysis between LTE BS and DTV BS, respectively.

Key Words : 간섭 분석, DTV 송신기, LTE 기지국, 보호 대역

1. 서론

전파 관련 분야에 있어 전 세계적으로 유비쿼터스 이더 스마트 시대 구현을 위한 다양한 무선 서비스가 등장하고 있다. 그 중심에서는 무선 인터넷을 기반으로 한 무선 데이터 서비스가 대표적이며 최근에는 Wi-Fi (Wireless Fidelity)를 탑재한 스마트폰이 대중화되면서 관련 무선랜 산업이 크게 발전하고 있다. 이러한 서비스

들은 고속의 대용량 데이터 전송을 목표로 광대역의 주파수 특성을 가짐에 따라 신규 주파수 수요 증가에 따른 주파수 부족현상을 더욱더 가중시키고 있다. 따라서 한정된 주파수 자원을 보다 효율적으로 사용하기 위한 노력이 절실히 요구되고 있다.

주파수 효율성은 CR(Cognitive Radio) 기반의 기술적 발전과 더불어 기존 서비스 및 신규 서비스 간에 최적화된 주파수 할당을 통해서 제고될 수 있다. 현재, CR의 적

*준회원, 공주대학교 정보통신공학과/한국전자통신연구원 스펙트럼공학팀

**정회원, 공주대학교 전기전자제어공학부

***준회원, 한국전자통신연구원 전자파공학연구팀
접수일자 2011.10.21 수정일자 2011.12.29.
게재확정일자 2012.2.10

Received: 21 October 2011 / Revised: 29 December 2011 /

Accepted: 10 February 2012

**Corresponding Author: leeik@kongju.ac.kr

Dept. of Electrical, Electronic & Control Engineering, Kongju National University, Korea

용과 관련하여 기술적 구현의 어려움으로 인해 표준화 및 상용화가 지연되고 있으며 주파수 할당과 관련하여 DTV 전환에 따른 여유 대역의 효율적 활용이 이슈화되고 있다.

최근, 차세대 모바일 통신으로 대용량 전송에 유리한 LTE(Long Term Evolution) 서비스를 2.5 GHz 대역에 할당하는 방안이 모색되고 있으나 신규 주파수 확보가 수월하지 못하는 상황이다. 이에 반해, DTV 전환 이후에 생성되는 여유 주파수에 LTE 서비스의 할당은 전파 특성이 우수하여 커버리지 확보 등에 이점을 갖고 있어 LTE 서비스 활성화 및 주파수 효율성 확보에 유리한 측면이 있다. 더불어, 주파수 할당을 위해서는 상호 서비스 간의 간섭 영향에 대한 분석이 선행되어야 하며 세부적으로 실제 환경에 가까운 간섭 시나리오의 설정 및 분석 방법의 선택이 중요하며 분석하고자 하는 지역의 전파 특성을 반영하는 모델이 요구된다.

이와 관련하여 본 논문은 DTV 전환에 따라서 발생하는 여유 대역에 LTE 서비스를 할당하고자 DTV 채널(CH 51)과 LTE 주파수 상호간의 보호 대역에 따른 간섭을 분석하여 최적의 보호 대역을 도출하였다. 도출된 보호 대역은 여유 대역에 있어 LTE 활용을 위한 주파수 할당과 관련하여 기초 자료로 이용될 것으로 기대된다.

II. 간섭 시나리오

1. 주파수 할당

국내의 DTV 전환 계획을 살펴보면, CH 14 ~ 51(470 ~ 698 MHz)을 DTV 주파수로 확정하였고 DTV 전환에 따라 698 ~ 806 MHz의 총 108 MHz의 여유 대역이 발생함에 따라 이 여유 대역에 통신용 신규 서비스의 할당을 고려하고 있다^[1].

DTV 전환 계획에 부합하여 그림 1과 같이 DTV의 채널 51에 인접하여 LTE 기지국용 주파수 할당을 가정하여 상호 간에 간섭 방지를 위해 요구되는 보호 대역을 도출하고자 한다. 보호 대역은 사용 주파수를 이격시켜 대역 외 방사로 발생하는 간섭을 방지하기 위해 요구되며 주파수 효율성을 높이기 위한 최적화가 필요하다.

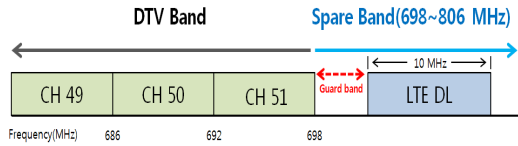


그림 1. 주파수 할당
Fig. 1. Frequency allocation

2. 간섭 환경

DTV와 LTE 기지국간의 발생하는 간섭은 그림 2와 같이 DTV 송신기에서 도달하는 커버리지 안에서 위치하는 DTV 수신기와 함께 LTE의 기지국과 통신하는 LTE 단말기로 구성된 환경이라 할 수 있다. 이러한 환경에서 DTV 송신기가 LTE 기지국에 미치는 간섭과 LTE 기지국이 DTV 수신기에 미치는 간섭으로 구분하여 분석하였다. 먼저, 그림 2에서 LTE 기지국으로부터 DTV 수신기에 미치는 간섭의 경우(①) DTV 서비스는 송신기로부터 DTV 수신기로 방송 신호를 송출하는 단방향의 Down link에 대한 간섭을 분석하였다.

또한, DTV의 송신기로부터 LTE 기지국에 미치는 간섭의 경우(②)는 LTE 단말기에서 LTE 기지국으로 통신하는 Up link에 영향을 주는 DTV 송신기의 간섭을 분석하였으며 LTE 단말기의 수신용 Down link에 미치는 간섭은 고려하지 않았다.

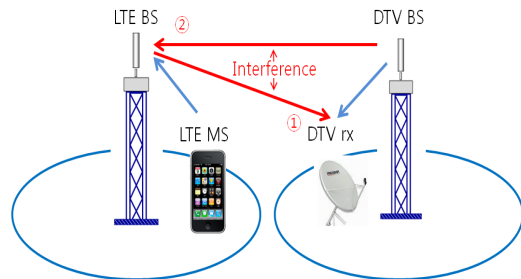


그림 2. 간섭 환경
Fig. 2. Interference environment

3. DTV 시스템 특성

DTV 시스템은 일반적으로 높은 위치에 설치된 송신기를 통해 방송 신호를 송출하고 일반 가정 내의 DTV 수신기를 통해 방송 신호를 수신하는 단방향의 고정 시스템이다. 그 사용 방식에 있어 국가별로 DVB(Digital Video Broadcasting), ATSC(Advanced Television System Committee) 등의 다른 표준을 사용하는데 국내는 미국

과 같은 ATSC를 사용하고 있다. 간섭 분석에 요구되는 ATSC의 시스템 특성을 표 1에 나타내었다^[2].

표 1. DTV의 특성
Table 1. Characteristics of DTV

항 목	특 성
주파수	695 MHz
송신전력	66 dBm
대역폭	6 MHz
안테나 높이	Tx : 100 m, Rx : 32 m
수신감도	-83 dBm
전파 모델	Urban Macro
보호비(C/I)	19.5 dB
Noise floor	-100 dBm
전송거리	40 km

4. LTE 시스템 특성

LTE 시스템은 2세대 GSM(Global System for Mobile communication)과 3세대 WCDMA(Wide band Code Division Multiple Access)에 이어, 4세대 이동통신 기술 방식으로 OFDMA(Orthogonal frequency Division Multiple Access)를 이용하여 사용자를 시간과 주파수에 따라 동시에 접속가능하며 MMIO(Multiple Input Multiple Output) 및 안테나 기술을 채택하여 높은 전송 속도를 제공한다. 표 2는 LTE의 시스템 특성을 나타낸다^{[3],[4]}.

표 2. LTE의 특징
Table 2. Characteristics of LTE

항 목	특 성
주파수	703 + Δf MHz
송신전력	BS : 43 dBm, MS : 24 dBm
대역폭	10 MHz
안테나 높이	BS : 32 m, MS : 1.5 m
수신감도	-86.6 dBm
MCL	70 dB
보호비(C/I)	13 dB
변조방식	OFDMA
전송거리	15 km
BS 수	19 개(2-tier)

표 1과 2의 시스템 특징을 바탕으로 DTV와 LTE 간 간섭 분석을 수행한다.

III. 간섭 분석 방법

1. 간섭 확률

간섭 확률은 Monte-Carlo 원리를 이용하여 총 시행한 횟수에서 간섭이 발생한 횟수를 계산하여 확률로 나타낸 것으로 랜덤하게 변하는 신호의 크기를 고려한 통계적인 분석에 사용된다^[5].

간섭의 발생 여부를 판정하기 위해 그림 3과 같이 dRSS(desired Received Signal Strength)와 iRSS(interfering Received Signal Strength) 전력 차이(dB)를 피간섭원에서 요구되는 보호비(Protection Ratio : C/I)와 비교한다^[6]. 즉, 각 독립적인 시행에서 산출된 dRSS와 iRSS의 비가 요구되는 보호비보다 작은 경우에 간섭의 발생하는 것으로 결정하며 시행한 횟수가 많을수록 높은 신뢰성을 갖는다.

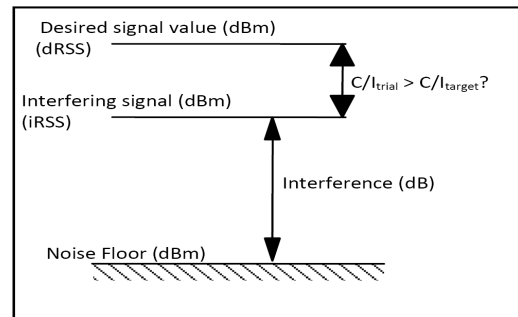


그림 3. C/I 값의 비교
Fig. 3. Comparison of C/I

각 시행에서 얻어진 dRSS/iRSS는 기준 C/I값과의 비교를 반복하여 통신이 가능할 확률(P)을 식 (1)과 같이 산출한다.

$$P = P\left(\frac{dRSS}{iRSS} > \frac{C}{I}\right) \quad (1)$$

간섭 확률(P)은 식 (2)과 같이 1에서 식 (1)에서 구한 통신이 가능한 확률(P)을 뺀 값으로 계산된다.

$$P_I = 1 - P \quad (2)$$

허용 가능한 간섭 확률은 피간섭원의 중요성에 따라 달라질 수 있고 본 분석에서 적용한 최대 허용 가능한 간섭 확률은 5 %이며 이는 LTE BS의 간섭으로부터 DTV 수신기에 미치는 영향 분석에 적용되었다.

2. 용량 손실

LTE 시스템은 다수 기지국에 의한 셀 구조로 구성되어 있으며 셀 내 원활한 통신 여부는 셀이 수용 가능한 용량으로 나타낼 수 있다. 용량 손실은 DTV의 송신기로부터 LTE 기지국에 미치는 간섭 영향 분석에 사용된 지표로서 간섭이 발생함에 따라 LTE의 단말기에서 LTE BS로의 전송 속도 변화율을 말한다. 즉, 간섭 유무에 따라 발생하는 용량 손실율을 나타내며 각 기지국에서 발생한 용량 손실율의 평균으로써 계산된다. 분석에 사용된 LTE 시스템은 그림 4와 같이 2-tier 구조를 갖는 19개 기지국으로 구성되어 있다.

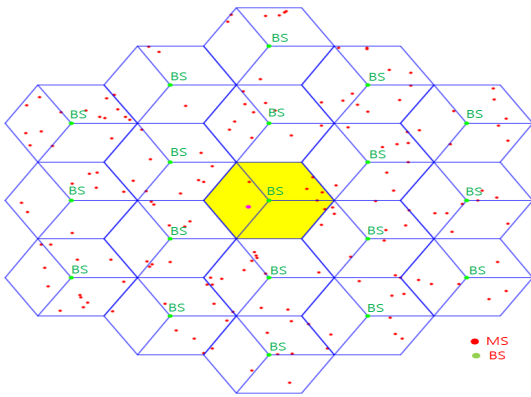


그림 4. LTE의 기지국 구조
Fig. 4. LTE BS structure of LTE

각 기지국에서의 전송 속도는 식 (3)을 이용하여 산출한다.

$$Throughput = (N_S / N_T) \cdot X_{SINR} \cdot BW \quad (3)$$

여기서, Throughput : 전송 속도, N_S : 사용 Subcarrier의 수, N_T : 총 Subcarrier의 수, X_{SINR} : SINR에 따른 전송 속도, BW : 대역폭

식 3으로부터 산출된 전송 속도를 식 (4)에 적용하여 용량 손실(T_L)을 산출한다.

$$T_L(\%) = \frac{Throughput_R - Throughput_I}{Throughput_R} \times 100\% \quad (4)$$

여기서, $Throughput_R$: 간섭이 없을 때의 전송 속도,

$Throughput_I$: 간섭이 있을 때의 전송 속도

LTE 기지국 셀에서 허용 가능한 용량 손실을 5%로 설정하여 DTV 송신기의 간섭으로부터 LTE 기지국에 미치는 영향 분석에 적용하였다.

IV. 간섭 분석 결과

1. LTE 기지국에 의한 DTV 수신기의 간섭

DTV 시스템의 사용주파수와 인접하여 LTE 기지국을 할당할 때 상호 간의 보호 대역을 변화시켜 보호 대역에 따라 산출된 간섭 확률을 표 3과 그림 5에 나타내었다. 보다 넓은 보호 대역의 설정을 통해 DTV 수신기는 LTE 기지국으로부터 낮은 수준의 방사 파워를 수신하게 되어 낮은 간섭 확률이 도출된다.

표 3. 간섭 확률
Table 3. Interference probability

주파수(MHz)	703	704	705	706	707
보호 대역(MHz)	0	1	2	3	4
간섭 확률(%)	6.29	5.62	4.76	2.96	2.25

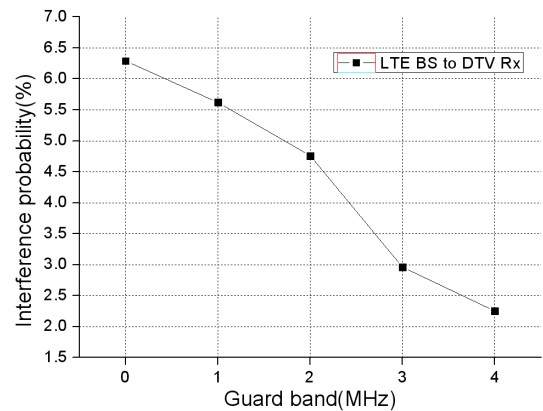


그림 5. 보호 대역에 따른 간섭 확률
Fig. 5. Interference probability according to guard band

그림 5에서 보듯, LTE 기지국의 간섭으로부터 DTV 수신기 보호를 위해 간섭 확률 5% 이하를 나타내는 약 2 MHz의 보호 대역이 요구된다.

2. DTV 송신기에 의한 LTE 기지국의 간섭

마찬가지로 LTE 사용주파수의 이격에 따라 산출된 LTE 기지국의 용량 손실을 표 4와 그림 6에 나타내었다.

표 4. 용량 손실

Table 4. Throughput loss

주파수 (MHz)	703	704	705	706	707	708	709
보호 대역(MHz)	0	1	2	3	4	5	6
용량 손실(%)	15.0 5	14.8 4	13.5 9	10.5 7	8.62	7.71	3.45

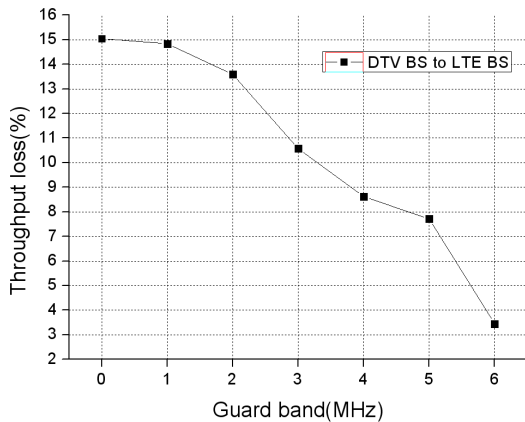


그림 6. 보호 대역에 따른 용량 손실

Fig. 6. Throughput loss according to guard band

그림 6에서 보듯, DTV 송신기의 간섭으로부터 LTE 기지국 보호를 위해 용량 손실 5% 이하를 나타내는 약 5.5 MHz의 보호 대역이 분석되었다.

V. 결론

본 논문은 DTV 전환 이후에 발생하는 여유 대역에 LTE 기지국용 주파수 할당에 관한 것으로 DTV 서비스와 LTE 기지국 사이의 간섭이 발생하지 않는 적정 보호 대역을 도출하였다.

DTV 송신기의 간섭에 의한 LTE 기지국의 용량 손실

과 LTE 기지국에 의한 DTV 수신기의 간섭 확률을 분석하여 DTV 송신기로부터 LTE 기지국 보호를 위한 5.5 MHz의 보호 대역과 LTE 기지국으로부터 DTV 수신기 보호를 위해 2 MHz의 보호 대역이 산출되었다.

산출된 보호 대역은 효율적인 여유 대역 활용 방안 마련에 기여할 것으로 사료되며 추가적으로 LTE 시스템의 Up link 뿐만 아니라 Down link에 대한 간섭 영향 분석이 요구된다.

참고 문헌

- [1] 통신학회, "한국의 주파수 정책, 2009년 6월
- [2] Advanced Television Systems Committee, "ATSC Recommended Practice : Transmission Measurement and Compliance for Digital Television", Advanced Television Systems Committee Inc, May. 2008
- [3] 3GPP TS 36.101, "User Equipment (UE) radio transmission and reception", 3GPP, 2011. 04
- [4] 3GPP TS 36.104, "Base Station (BS) radio transmission and reception", 3GPP, 2011. 04
- [5] CEPT Administrations, "Monte-Carlo Simulation methodology for the use in sharing and compatibility studies between different radio services or systems", ERC within the CEPT, Feb. 2000
- [6] ECO, "SEAMCAT Handbook", CEPT, p.21, January. 2010

저자 소개

심 용 섭(준회원)



- 2005 : 공주대학교 정보통신공학부 전기전자정보공학과(공학사)
- 2010 : 공주대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)
- 2010 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 스펙트럼공학팀 위촉연구원
- 2011 ~ 현재 : 공주대학교 대학원

정보통신공학과(박사과정)

<주관심분야 : RF 시스템, 전파 간섭, EMC>

이 일 규(정회원)



- 1994 : 충남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2003 : 충남대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1997 ~ 2004 : ETRI 선임연구원
- 2007 ~ 2008 : Georgia Institute of Technology 교환교수

• 2004 ~ 현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부 부교수

<주관심분야 : RF 부품 및 시스템, 안테나 및 전파전파, 전파 간섭>

홍 선 의(준회원)



- 1997 : 충남대학교 전파공학과(공학사)
- 1999 : 충남대학교 대학원 전파공학과(공학석사)
- 1999 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 전자과공학연구팀 선임연구원

<주관심분야 : 전파 간섭, 전자파 노출량 해석>