

논문 2010-2-4

# 무선 마이크에 대한 DTV 서비스 간섭 영향 분석

## The Interference Effect of DTV Service on Radio Microphone

심용섭\*, 이일규\*\*, 정연명\*\*\*

Yong-Sup Shim\*, Il-Kyoo Lee\*\*, Yan-Ming Cheng\*\*\*

요 약 본 논문은 방송통신위원회의 정책에 따라 DTV 전환시 예상할 수 있는 DTV 서비스가 인접채널에 할당될 무선 마이크에 간섭을 주는 영향을 분석하였다. 분석을 위해 DTV 서비스가 채널 51(692 MHz ~ 698 MHz)에 할당되고 무선 마이크가 채널 52(698 MHz ~ 704 MHz)에 할당되는 시나리오를 가정하였다. Minimum Coupling Loss(MCL)를 이용하여 보호 이격거리를 산출하고 몬테 칼로(Monte Carlo) 분석을 이용하여 간섭 확률 0 %를 위한 보호 대역을 산출하였다. 그 결과 실내의 경우 1.71 km의 보호 이격거리와 2.4 MHz의 보호 대역이 산출되었고 실외의 경우 18.86 km의 보호 이격거리와 5.7 MHz의 보호 대역이 산출되었다.

**Abstract** This paper analyzes potential interference effect of DTV service on Radio Microphone in adjacent channel. For analysis, we assume that DTV operates on CH 51(692 MHz ~ 698 MHz) and radio microphone operates on CH 52 (698 MHz ~ 704 MHz) according to the Korea Communications Commission policy. Minimum Coupling Loss(MCL) method is used to determine the required protection distance and Monte Carlo method is used to determine guard band to meet interference probability of 0 % below. In conclusions, protection distance of 1.71 km and guard band of 2.4 MHz are required for indoor and protection distance of 18.86 km and guard band of 5.7 MHz are required for outdoor.

**Key Words :** 간섭 분석, DTV, 무선 마이크, 보호 이격거리, 보호 대역

### I. 서 론

주파수 자원은 한정되어 있으나 새로운 서비스를 위한 수요가 급증하는 추세이다. 특히 2000년대에 들어 무선 인터넷을 중심으로 한 대용량, 초고속 데이터 서비스의 도입이 보편화되면서 주파수 자원의 희소성과 그에 따른 가치가 입증되었다. 따라서 효율적인 주파수 활용을 위한 토론 및 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 이에 우리는 효율적인 주파수 이용 방안의 예로서 아날로그 TV의 디지털(DTV) 전환에 대해 주목할 필요

가 있다. 세계적으로 미국은 DTV 전환을 끝마친 상황이고 한국을 비롯한 영국, 일본 등이 성공적인 DTV 전환을 위해 노력하고 있다<sup>[1]</sup>. 특히 한국의 DTV 전환 계획은 그림 1과 같이 주파수 채널 14 ~ 51번(38개 채널)을 DTV 주파수 대역으로 확정하고 2 ~ 6번(5개 채널)은 DTV 예비용으로 확보하되 최종 채널 배치를 보류하였으며 7 ~ 13번(7개 채널)은 지상파 DMB에 우선 사용하고 지역별 재사용이 가능한 경우에는 DTV 예비용으로도 사용하도록 계획하였다.

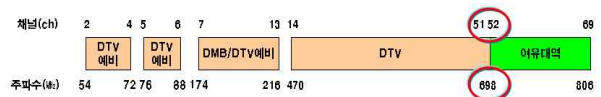


그림 1. DTV 주파수 배치 계획  
Fig. 1. DTV frequency Allocation Plan

\*심용섭, 공주대학교/정보통신공학과

\*\*교신저자:이일규, 공주대학교/정보통신공학과

\*\*\*정연명, 공주대학교/정보통신공학과 & Beihua University, Jilin, China

접수일자 2010.2.9, 수정일자 2010.4.12

또한 방송사 의견 수렴 결과를 반영하여 1,750개의 송신 채널을 배치하고 각 방송사들의 DTV 난시청 해소용 방송 보조국 신설에 대해서는 DTV 채널 배치 계획 수립 이후에도 적정성 여부를 검토하여 채널을 배치할 계획이다<sup>[2]</sup>.

DTV 전환에 따른 여유 주파수 대역에 예상 가능한 서비스의 적합한 할당이 무엇보다 중요하다. 이에 본 논문은 DTV 서비스가 채널 51(692 MHz ~ 698 MHz)에 할당되고 이에 인접한 채널 52(698 MHz ~ 704 MHz)에 무선 마이크가 할당된다고 가정하였다. 그리고 실내와 실외의 경우로 구분한 후 최소결합손실(Minimum Coupling Loss : MCL)을 이용하여 DTV 송신기와 무선 마이크 수신기 사이의 보호 이격거리를 도출하고, 몬테칼로(Monte Carlo : MC) 분석을 이용하여 보호대역을 산출하였다<sup>[3],[4]</sup>.

## II. 본 론

본 논문에서는 간섭원 DTV가 피간섭원 무선 마이크에 미치는 간섭을 분석하기 위해 두 가지 경우인 실내와 실외의 시나리오를 설정하여 각각의 보호 이격거리와 보호 대역을 산출하였다<sup>[5]</sup>. 실내의 경우에는 극장이나 실내 콘서트 홀, 또는 스튜디오와 같은 장소를 나타내고 실외의 경우는 축구장이나 실외 이벤트 행사와 같은 장소를 나타낸다. 피간섭원으로서 분석에 사용 되는 무선 마이크의 특성은 다음 표 1에 나타내었다.

표 1. 무선 마이크의 특성  
Table 1. Characteristic of Radio Microphone

| 항 목    | 특 성                  |
|--------|----------------------|
| 전송 파워  | 17 dBm(50 mW ERP)[6] |
| 주파수 대역 | 698 MHz ~ 704 MHz    |
| 대역폭    | 200 kHz              |
| 커버리지   | 100 m ~ 10 km        |
| 변조 방식  | FM or QPSK           |

한국은 DTV 전송 방식에 있어 미국의 Advanced Television Systems Committee(ATSC)를 채택하였다. 간섭원으로서 분석에 사용되는 DTV-ATSC의 특성은 표 2에 나타내었다<sup>[7]</sup>.

표 2. ATSC의 특성  
Table 2. Characteristic of ATSC

| 항 목    | 특 성               |
|--------|-------------------|
| 전송 파워  | 66 dBm(4 kW)      |
| 주파수 대역 | 692 MHz ~ 698 MHz |
| 대역폭    | 6 MHz             |
| 전송 방식  | 8-VSB             |
| 변조 방식  | FM or QPSK        |

표 2에 따른 66 dBm의 DTV 전송 파워는 기준 대역폭이 6 MHz일 때의 전송 파워이므로 이를 무선 마이크에 적용하려면 무선마이크의 기준대역폭(200 kHz)으로 환산해야 한다. 다음의 식 (1)을 이용하여 환산된 DTV 전송파워를 계산하였고 이를 토대로 대역 외 방사를 포함한 DTV의 방사 마스크를 표 3에 나타내었다<sup>[8]</sup>.

$$66 \text{ dBm} + 10\log(0.2 \text{ MHz}/6 \text{ MHz}) = 51.23 \text{ dBm} \quad (1)$$

표 3. DTV 방사 마스크  
Table 3. DTV Emission Mask

| 주파수 오프셋(MHz) | DTV ERP (dBm/200 kHz)     | 감쇄(dBc)              |
|--------------|---------------------------|----------------------|
| -9 ~ -3.5    | 51.23-[11.5(Δf+3.6)-10.6] | -[11.5(Δf+3.6)-10.6] |
| -3.5 ~ -3    | 14.83                     | -36.4                |
| -3 ~ 3       | 51.23                     | 0                    |
| 3 ~ 3.5      | 14.83                     | -36.4                |
| 3.5 ~ 9      | 51.23-[11.5(Δf+3.6)-10.6] | -[11.5(Δf+3.6)-10.6] |

DTV 채널과 인접한 채널에 무선마이크가 위치하고 있기 때문에 DTV의 대역 외 방사로 인한 신호가 무선 마이크에 간섭을 주게 된다. 이때 간섭원 DTV의 송신기와 피간섭원 무선 마이크 수신기 사이의 거리를 증가 시키면 간섭량을 감소시킬 수 있다. 따라서 적정 보호 이격거리의 산출을 위해 MCL 방법을 이용하였고 MCL 방식에 적용될 전파 모델은 자유 공간 모델을 이용하였으며 자유 공간 모델의 손실은 다음 식 (2)와 같다.

$$\text{자유 공간 손실(dB)} = 20\log(\text{거리}) + 20\log(\text{주파수}) - 27.56 \quad (2)$$

여기서 거리는 m 단위이고 주파수는 MHz 단위이며 보다 실제적인 분석을 위해 실내와 실외로 구분하여 보호 이격거리를 산출하였다. 첫 번째 실내의 시나리오를 그림 2에 나타내었다.

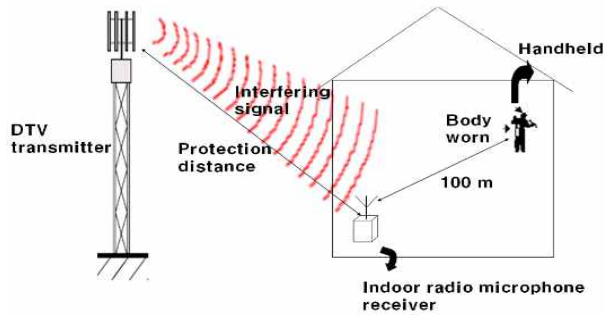


그림 2. 실내용 시나리오  
Fig. 2. Scenario in Indoor

실내용 무선 마이크의 송신 파워는 17 dBm이고 여기에 자유 공간 모델을 적용한 손실을 이용하여 무선 마이크의 송신기와 수신기간 거리 100 m, 센터 주파수 701 MHz일 때 수신 파워를 계산하면 식 (3)과 같이 -52.35 dBm이 된다.

$$\text{수신 신호} = 17 \text{ dBm} - \{20\log(100) + 20\log(701) - 27.56\} = -52.35 \text{ dBm} \quad (3)$$

무선 마이크의 안정된 통신을 가능케 하기 위해 DTV 간섭 신호는 무선 마이크 수신 신호보다 작아야 하며 상호간 불일치하는 대역폭을 보상하기 위한 12 dB의 C/I (무선 마이크의 원하는 신호 대 DTV의 간섭 신호 비)를 적용해야한다<sup>[5]</sup>. 이때 12 dB의 C/I는 무선 마이크의 기준 대역폭으로 환산한 값을 적용해야 하므로 식 (4)와 같이 환산한다.

$$12 + 10\log(6 \text{ MHz}/0.2 \text{ MHz}) = 12 + 14.8 \text{ dB} = 26.8 \text{ dB} \quad (4)$$

식 (4)에서 환산된 값으로부터 식(5)와 같이 최대간섭 신호를 구한다.

$$\text{최대 간섭 신호} < -52.35 \text{ dBm} - 26.8 \text{ dB} = -79.15 \text{ dBm} \quad (5)$$

식 (5)에서 구한 최대 간섭 신호를 이용하여 식 (6)으로부터 보호 이격거리(PD)를 구한다.

$$PD = 10^{\wedge} \{ [DTV \text{ 대역 외 방사 파워} - \text{최대 간섭 신호} + 27.56 - 20\log(\text{주파수})] / 20 \} \quad (6)$$

실내용 무선 마이크의 주파수 오프셋(698 MHz ~ 704 MHz)과 송신기와 수신기사이의 거리(100 m, 50 m, 20 m, 10 m)에 따른 DTV 송신기와 무선 마이크 수신기 사이의 보호 이격거리를 산출한 결과를 표 4에 나타내었다.

표 4. 보호 이격거리(실내용)  
Table 4. Protection Distance(Indoor)

| 주파수 (MHz) | 실내용 보호 이격거리(m) |       |       |       |
|-----------|----------------|-------|-------|-------|
|           | 100 m          | 50 m  | 20 m  | 10 m  |
| 698       | 1710.6         | 855.4 | 342.1 | 171.1 |
| 698.5     | 1709.4         | 854.7 | 341.8 | 170.9 |
| 699       | 866            | 433   | 173.2 | 86.6  |
| 699.5     | 446.4          | 223.2 | 89.3  | 44.6  |
| 700       | 230.1          | 115.1 | 46    | 23    |
| 700.5     | 116.6          | 59.3  | 23.7  | 11.7  |
| 701       | 61.1           | 30.6  | 12.2  | 6.1   |
| 701.5     | 31.5           | 15.8  | 6.3   | 3.2   |
| 702       | 16.2           | 8.1   | 3.2   | 1.6   |
| 702.5     | 8.4            | 4.2   | 1.7   | 0.8   |
| 703       | 4.3            | 2.2   | 0.7   | 0.4   |
| 703.5     | 2.2            | 1.1   | 0.4   | 0.2   |
| 704       | 1.1            | 0.6   | 0.2   | 0.1   |

앞서 분석 한 실내용에 이어 실외의 시나리오를 그림 3에 나타내었다.

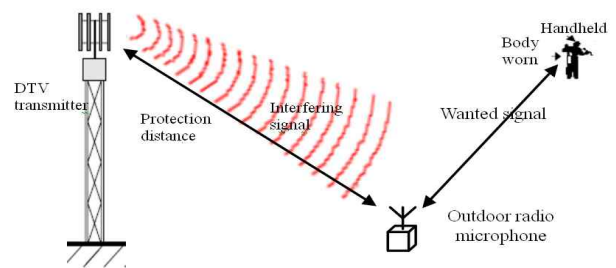


그림 3. 실외용 시나리오  
Fig. 3. Scenario in Outdoor

실외의 경우에는 실내와 달리 잡음 플로어를 적용하여 최대 간섭 신호를 계산하며 다음 식 (7)에 의해 계산 된다.

잡음 플로어 = 적정 대역폭당 열잡음 + 수신기 잡음 지수 (7)

기준 대역폭 200 kHz에서의 열 잡음은 다음 식 (8)과 같이 계산된다.

$$\text{열 잡음(dBm)} = 10\log(k.T.B) + 30(\text{milliwatt}) = -120 \text{ dBm} \quad (8)$$

여기서 k는 볼츠만 상수, T는 절대 온도, B는 대역폭이다. 앞서 구한 열 잡음에 수신기의 잡음 지수 5 dB를 적용하면 최종 잡음 플로어는 -115 dBm이 되고 여기에 12 dB의 SNR을 적용하여 최대간섭 신호 -103 dBm을 구할 수 있다. 이를 식 (9)에 대입하여 보호 이격거리(PD)를 구한다.

$$PD = 10 \wedge \{ [DTV \text{ 대역 외 방사 파워} + 3 \text{ dB(건물 페이드)} - \text{최대 간섭 신호} + 27.56 - 20\log(\text{주파수})] / 20 \} \quad (9)$$

실외용 무선 마이크의 주파수 오프셋에 따른 DTV 송신기와 무선 마이크 수신기 사이의 보호 이격거리를 산출한 결과를 표 5에 나타내었다.

표 5. 보호 이격거리(실외용)  
Table 5. Protection Distance(Outdoor)

| 주파수(MHz) | 실외용 보호 이격거리(km) |
|----------|-----------------|
| 698      | 18.8645         |
| 698.5    | 18.851          |
| 699      | 9.5504          |
| 699.5    | 4.9228          |
| 700      | 2.5375          |
| 700.5    | 1.308           |
| 701      | 0.6742          |
| 701.5    | 0.3475          |
| 702      | 0.1791          |
| 702.5    | 0.0923          |
| 703      | 0.0476          |
| 703.5    | 0.0245          |
| 704      | 0.0126          |

분석 결과 최악의 시나리오에서 실내용으로 1.71 km,

실외용으로 18.86 km의 보호 이격거리가 요구되었다.

앞서 분석한 실내용과 실외용의 시나리오를 바탕으로 몬테 카를로 분석을 적용하여 각각의 간섭 확률을 계산하고 최종적으로 보호 대역을 산출하였다. 분석을 위해 시뮬레이션에 필요한 간섭원의 송신기 파라미터를 표 6에 나타내었다.

표 6. 간섭 링크(DTV)  
Table 6. Interferer Link(DTV)

| 항 목       | 특 성          |
|-----------|--------------|
| 주파수       | 695 MHz      |
| 전송 파워     | 4 kW(66 dBm) |
| 안테나 높이    | 100 m        |
| 안테나 최대 이득 | 0 dBi        |
| 불요 방사 마스크 | 표 3          |
| 커비리지      | 50 km        |
| 전파 모델     | 자유공간         |
| 시뮬레이션 반경  | 50 km        |
| 간섭원 수     | 1 개          |

피간섭원의 수신기에서 대역 외 신호 제거 특성을 나타내는 것이 블러킹 응답이고 이는 수신 필터의 특성에 의해 결정된다. 무선 마이크의 블러킹 응답은 그림 4와 같이 주파수 오프셋에 따라 150 kHz일 때 30 dBc, 250 kHz일 때 40 dBc, 350 kHz일 때 60 dBc, 800 kHz일 때 73 dBc, 1 MHz일 때 90 dBc의 제거를 보인다<sup>[9]</sup>.

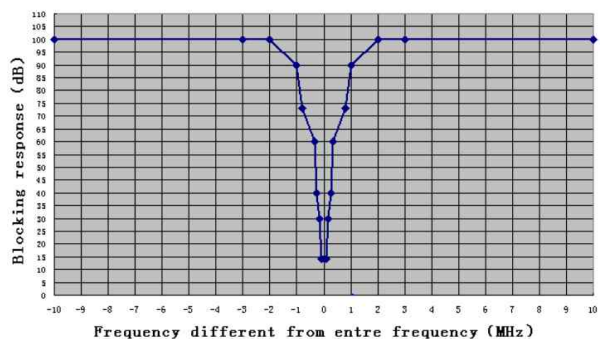


그림 4. 무선 마이크의 블러킹 응답  
Fig. 4. Blocking response of Radio Microphone

피간섭원의 수신기 파라미터를 표 7에 나타내었다.

표 7. 피간섭 링크(무선 마이크)  
Table 7. Victim Link(Radio Microphone)

| 항 목     | 특 성               |
|---------|-------------------|
| 주파수     | 695 MHz ~ 704 MHz |
| 수신 대역폭  | 200 kHz           |
| 안테나 높이  | 1.5 m             |
| 안테나 이득  | 0 dBi             |
| 잡음 지수   | 4 dB              |
| 잡음 플로어  | -116 dB           |
| 민감도     | -68 dBm           |
| C/I     | 26.8 dB           |
| C/(I+N) | 23.8 dB           |
| 블러킹 응답  | 그림 4              |

모든 파라미터 설정을 완료하고 시뮬레이션을 실행하여 실내용의 경우, 무선 마이크의 주파수 오프셋과 무선 마이크 각각의 송신기 커버리지(100 m, 50 m, 20 m, 10 m)에 따른 간섭 확률을 실내의 경우에 표 8에 나타내었다. 실외용의 경우에는 앞서 분석한 실내용의 파라미터와 동일하되 무선 마이크의 송신기 커버리지를 오직 10 km로 설정하여 분석하였으며 그 결과를 표 9와 같이 나타내었다.

표 8. 간섭 확률(실내용)  
Table 8. Interference Probability(Indoor)

| 주파수 (MHz) | 간섭 확률(%) |      |      |      |
|-----------|----------|------|------|------|
|           | 100 m    | 50 m | 20 m | 10 m |
| 698       | 86.2     | 53.6 | 21.2 | 10.5 |
| 698.5     | 2.1      | 1.0  | 0.2  | 0.03 |
| 699       | 1.0      | 0.3  | 0.02 | 0    |
| 699.5     | 0.4      | 0    | 0    |      |
| 700       | 0.1      |      |      |      |
| 700.5     | 0        |      |      |      |

표 9. 간섭 확률(실외용)  
Table 9. Interference Probability(Outdoor)

| 주파수(MHz) | 간섭 확률(%) |
|----------|----------|
| 698      | 100      |
| 698.5    | 96.9     |
| 699      | 88.5     |
| 699.5    | 61.2     |
| 700      | 32.1     |
| 700.5    | 16.5     |
| 701      | 8.6      |
| 701.5    | 4.2      |
| 702      | 2.0      |
| 702.5    | 0.8      |
| 703      | 0.4      |
| 703.5    | 0.1      |
| 704      | 0        |

표 8의 실내용 간섭 확률 결과와 표 9의 실외용 간섭 확률 결과에서 볼 수 있듯이 주파수 오프셋이 커질수록 간섭의 확률이 작아지는 것을 볼 수 있다. 이는 보호대역이 커짐에 따라 간섭 확률이 작아짐을 나타낸다. 결론적으로 간섭 확률이 0%가 되기 위해서는 실내 2.4 MHz, 실외 5.9 MHz의 보호 대역이 요구되었다.

### III. 결 론

본 논문에서는 향후 DTV 전환시 예상 할 수 있는 간섭원 DTV가 피간섭원 무선 마이크에게 미치는 간섭을 분석하기 위해 MCL과 몬테 카를로 분석을 이용하였다. 분석 결과 실내의 경우 1.71 km의 보호 이격거리와 2.4 MHz의 보호 대역이 산출되었고 실외의 경우 18.86 km의 보호 이격거리와 5.7 MHz의 보호 대역이 산출되었다. 본 논문은 향후 DTV 서비스와 여타 업무간 간섭 분석에 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] Digital Dividend Review, "Derivation of Power Flux Density Spectrum Usage Rights", 2008.5
- [2] 방송 통신 위원회, "미래 방송서비스를 위한 주파수 확보 방안 연구", 2006. 12
- [3] 한국 전파 진흥 협회, "WiBo용 주파수 연구", 2004.12
- [4] <http://www.ero.dk/seamcat>, <http://www.seamcat.org>
- [5] SAGENTIA, "PMSE Spectrum Usage Rights & Interference Analysis", 2008.6
- [6] ERC Report 88, "Compatibility and Sharing Analysis between DVB-T and Radio Microphones in Bands IV and V", 2002.2
- [7] 한국방송기술인연합회, "방송과 기술 제 76호", 2001.1-2
- [8] ATSC Recommended Practice, "Transmission Measurement and Compliance for Digital Television", 2008.3
- [9] ERC Report 96, "Compatibility between UMTS 900/1800 and Systems Operating in Adjacent Bands", 2007.3

※ 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임  
(No. 2009-0075474)

저자 소개

심 용 섭(준회원)



- 2005:공주대학교 정보통신공학부 전  
기전자정보공학과(공학사)
- 2010:공주대학교 대학원 정보통신공  
학과(공학석사)

<주관심분야 : RF 시스템, 전파 간섭>

이 일 규(정회원)



- 1994:충남대학교 대학원 전자공학과  
(공학석사)
- 2003:충남대학교 대학원 전자공학과  
(공학박사)
- 1997~2004:ETRI 선임연구원
- 2004~현재:공주대학교 정보통신공학  
부 조교수

<주관심분야 : RFID/USN 기술, 이동무선통신, 안테나 및 전  
파전파, 통방융합기술, 전파 간섭>

정 연 명(준회원)



- 2000:Jilin Institute of Technology  
Electric Engineering(공학사)
- 2007:공주대학교 대학원 정보통신공  
학과(공학석사)
- 2008~현재:공주대학교 대학원 정보통  
신공학과(공학박사과정)

<주관심분야 : UWB 통신, 전파 간섭>