

# 4G 휴대 단말기 송신에 의한 오디오 잡음 영향

윤혜주\*, 이일규\*\* 정회원

## The Noise Influence of 4G Mobile Transmitter on Audio Devices

Hye-ju Yun\*, Il-kyoo Lee\*\* Regular Members

### 요 약

본 논문은 4세대 이동통신인 Long Term Evolution (LTE) 단말기에 의해 발생된 간섭 신호가 음향기기에 유입되었을 때 음향기기의 잡음영향에 대해 검토하였다. 먼저, LTE 송신 신호에 대한 분석 및 측정을 바탕으로 음향기기에 간섭을 주는 LTE 간섭 신호는 송신 전력의 크기에 의해 결정됨을 확인하였다. 또한, LTE 단말기의 송신전력 및 단말기와 음향기기간의 거리를 변화시키면서 발생하는 음향기기의 잡음을 측정하였다. 측정 결과, LTE 단말기가 최대 전력(22 dBm)을 송신하더라도 단말기와 음향기기의 거리를 25 cm 이상 이격시킴으로써 음향기기에 발생하는 잡음을 방지할 수 있었다.

**Key Words** : LTE UE; Audio device; Interference; Audio noise.

### ABSTRACT

This paper deals with the interfering audio noise caused by LTE(Long Term Evolution) UE(User Equipment) which is 4th generation mobile communications on audio devices. At first, we realized that the interfering signal of the LTE UE is determined by the transmit power of the LTE UE through analysis and measurement. Then, we performed to measure audio noise level according to the variation of transmitting power level and separation distance between the LTE UE and an audio device. As a result, it is required that minimum separation distance should be 25 cm and above in order to protect audio device from the interference noise of the LTE UE with the maximum transmit power level of 22 dBm.

## I. 서 론

최근, 스마트폰과 태블릿 PC 등의 모바일 기기를 이용한 다양한 멀티미디어 서비스의 이용이 증가하고 있다. 이것은 고속의 대용량 전송이 가능한 LTE(Long Term Evolution) 시스템의 도입과 함께 기존의 3 세대로 대변되는 음성위주의 통신 시대를 넘어 본격적인 4 세대 데이터 통신 시대로의 전환을 말해주고 있다.

특히, 우리나라는 2011년 LTE 휴대 단말 서비스를 시작한 이후 그 수요가 폭발적으로 증가하여 가입자 수가 천만 명을 넘어서고 있으며 단순 통화 기능뿐만 아니라 다양한 멀티미디어 서비스의 비중이 증가하는 특징을 보이고 있다.

이와 같이 LTE 시스템을 탑재한 휴대 단말기의 사용 증가로 인해 발생하는 EMC(Electro Magnetic Compatibility) 간섭 문제로 LTE 단말기를 음향기기와 인접하여 사용할 경우 LTE 단말기의 송신 신호에 의해 음향기기에 잡음이 발생한다 [1].

이러한 현상은 TDMA(Time Division Multiple Access) 방식을 이용하는 GSM(Global System of Mobile communications) 단말기에 의해서도 보고된바 있으며 LTE 단말기에서 사용되는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiple) 방식의 송신 스위칭 특성에 의해 기인되는 것으로 보인다 [2],[3].

다양한 용도로 활용되는 LTE 단말기는 GSM 단말기보다 오랜 시간 동작하기 때문에 음향기기에 더욱더 심각한 간섭을 발생시킬 것으로 예상된다.

이와 관련하여 본 논문에서는 LTE 단말기의 송신 신호 특성을 분석하고 측정하였다. 또한 LTE 단말기송신에 의한 음향기기의 잡음발생 영향을 측정하기 위해 실험용 테스트 베드를 구성하였다. LTE 단말기의 송신 전력 변화에 따라 음향 기기에서 발생하는 오디오 잡음 레벨을 측정하였고, LTE 단말기의 최대 송신전력 레벨 조건하에서 LTE 단말기와 음향기기의 이격 거리를 변화시키면서 간섭영향을 측정하여 최소 이격거리를 도출하였다.

\* 이 논문은 2013년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음

\*공주대학교 전기전자제어공학과 (hyeju4413@kongju.ac.kr), \*\*공주대학교 전기전자제어공학부(교신저자, leeik@kongju.ac.kr)

접수일자 : 2013년 2월 8일, 수정완료일자 : 2013년 2월 18일, 최종 게재확정일자 : 2013년 2월 25일

## II. LTE 단말기 송신 신호 특성

LTE 단말기는 SC(Single-Carrier) - OFDM 방식을 채택하여 단말기의 PAPR(Peak to Average Power Ratio)을 줄이기 위해 짧은 단위로 시간을 분할하여 전송한다. 전송 시 최소 시간 단위는 0.5 ms의 slot으로 구성된 10 ms의 주기 및 100 Hz의 기본 주파수를 사용하여 펄스폭 1 ms를 기본으로 하여 다양하게 펄스폭을 가변하여 송신한다 [4].

LTE 단말기의 펄스 신호는 시간 영역에서 주기적이라고 가정하면 푸리에 변환(Fourier transform)을 이용한 주파수 변환을 통해 그림 1과 같이 1 kHz에서 첫 번째 Null 주파수를 갖는 무수한 주파수 성분으로 구성된 정현파 신호들의 합으로 나타낼 수 있다 [5]. 따라서 LTE 단말기의 신호는 광대역에 걸쳐 하모닉 성분이 분포됨을 확인 할 수 있다.

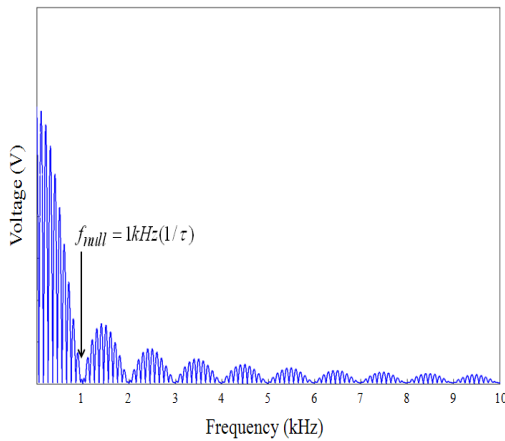


그림 1. 주파수 영역의 LTE 신호

LTE 신호 분석에 이어서 음향기기로 유입되는 LTE 신호를 측정하기 위해 그림 2와 같이 4-port TEM(Transverse Electromagnetic) 셀 안에 음향기기를 설치하고 LTE 신호를 인가하였을 때 음향기기로 유입되는 LTE 간섭 신호를 측정하였다.

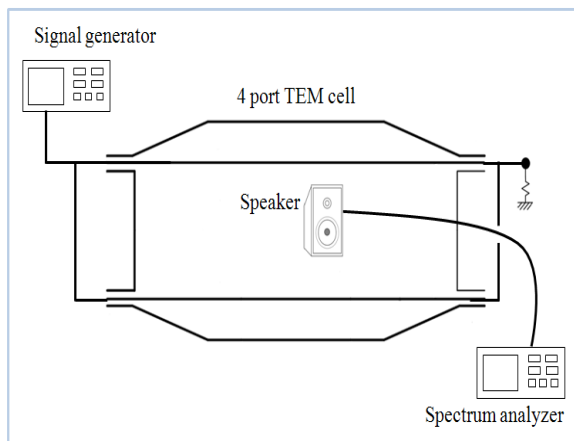


그림 2. LTE 간섭 신호의 측정

그림 2의 측정에서 신호 발생기를 조정하여 LTE 송신 전력을 0 ~ 22 dBm으로 가변 하였을 때 측정된 간섭 신호 레벨은 그림 3과 같다.

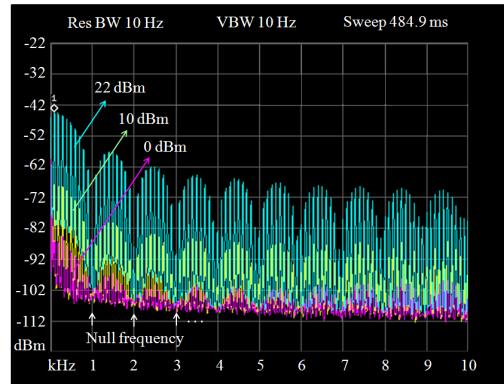


그림 3. 송신 전력에 따른 LTE 간섭 신호

측정 결과 LTE 단말기의 송신 신호가 클수록 음향기기에 유입되는 높은 레벨의 간섭 신호가 측정되었다. 이로부터 LTE 단말기의 신호 크기가 음향기기에 발생하는 간섭 신호에 영향을 주는 중요한 요인임을 확인할 수 있었다.

인간의 청력으로 느껴지는 잡음은 음향기기에 유입되는 LTE 간섭 신호 중에서 가청 주파수대역(20 ~ 2000 Hz)이므로 실험을 통하여 LTE 송신전력변화에 따라 발생하는 오디오 잡음 레벨을 가청주파수 대역에서 측정하였다.

## III. 음향기기의 잡음 측정

LTE 단말기로부터 야기된 간섭신호에 의해 음향기기에 발생되는 잡음을 측정하기 위해 그림 4와 같이 구성하였다. 또한 외부로부터 유입되는 신호를 차단하기 위해 전자파 무반사실에서 실험을 수행하였다. LTE기지국 대신 Emulator를 이용하여 단말기와 통신링크를 설정한 후 음향기기에에서 발생하는 잡음 레벨을 측정하였다.

LTE 단말기는 제조사별로 A, B, C의 모델을 각각 사용하였으며 음향기기와 잡음 측정기의 간격을 1 cm로 고정하고 단말기의 송신 전력을 0 ~ 22 dBm으로 변화시키면서 잡음 레벨을 측정하였다. 또한 단말기와 음향기기와와의 간격(d)은 5 ~ 25 cm로 가변 하면서 발생하는 오디오 잡음 레벨을 측정 하였다.

잡음의 레벨은 음압레벨(Sound Pressure level)로 나타내는 Audio level meter를 사용하였으며 그 단위는 주파수별로 반응하는 정도가 다른 인간의 청력을 고려하여 가중치 A를 적용한 dBA로 표현하였다 [6].

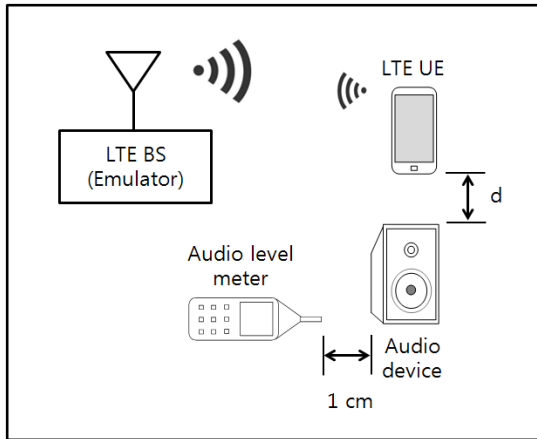


그림 4. 음향기기의 잡음 측정 실험

잡음 레벨을 비교하기 위해 LTE 단말기가 동작하지 않을 때의 배경 잡음 레벨인 42.2 dBA를 기준으로 정하고 LTE 단말기의 송신 전력 변화에 따라 측정된 잡음을 표 1에 나타내었다. 측정 결과에서 알 수 있듯이 LTE 단말기의 송신 전력이 증가할수록 음향 기기에서 심한 잡음이 발생하였고 0 dBm의 송신 전력에서는 잡음이 발생하지 않았다.

표 1. 단말기 송신 전력 변화 따른 오디오 잡음레벨

LTE Model	LTE UE power (dBm)			
	0	10	15	22
A	42.2 dBA	42.3 dBA	48.1 dBA	67.0 dBA
B	42.2 dBA	44.7 dBA	49.7 dBA	70.8 dBA
C	42.2 dBA	44.3 dBA	47.7 dBA	62.4 dBA
Mean	42.2 dBA	43.8 dBA	48.5 dBA	66.7 dBA

LTE 단말기의 송신 전력을 최대값인 22dBm으로 고정하고 단말기와 음향기기 사이의 이격 거리를 변화시켰을 때 발생한 음향기기의 잡음을 표 2에 나타내었다. LTE 단말기와 음향기기 사이의 이격거리를 증가시킬수록 낮은 레벨의 잡음이 측정되었으며 이격 거리가 25 cm 일 경우 잡음이 발생하지 않았음을 확인하였다.

표 2. 단말기와 음향기기의 거리에 따른 잡음

LTE Model	Separation distance (cm)		
	5	15	25
A	67.0 dBA	48.1 dBA	42.3 dBA
B	70.8 dBA	51.9 dBA	42.2 dBA
C	62.4 dBA	45.0 dBA	42.2 dBA
Mean	66.7 dBA	48.3 dBA	42.2 dBA

또한, 주파수별 음압분포를 측정하여 그림 5와 같은 결과를 얻었다. 발생한 음향기기의 잡음은 가청 주파수대역 중에서 음성 주파수 대역(300 ~ 3000 Hz)을 포함하여 상대적으로 높은 주파수 대역에서 높은 레벨로 분포하는 것으로 분석되었다.

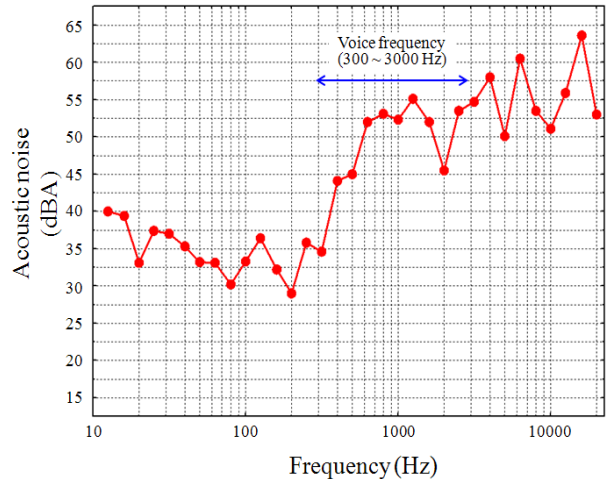


그림 5. 주파수대역에 대한 음압레벨 분포

#### IV. 결론

본 논문에서는 LTE 단말기에 의한 간섭 신호가 음향기기에 유입되었을 때 발생하는 잡음 신호의 크기를 검토하였다. LTE 송신 신호에 대한 분석과 측정을 통해 송신 전력의 크기가 간섭 신호의 크기를 결정함을 확인한 후 LTE 단말기의 송신 전력에 따라 음향기기에서 발생하는 잡음을 측정하였다.

측정 결과, LTE 단말기의 송신 전력이 0 dBm 이하로 감소하는 경우 음향기기에서 잡음이 발생하지 않았으며 LTE 단말기가 최대 전력(22dBm)을 송신하더라도 단말기와 음향기기의 거리를 25 cm 이상 이격시킬 경우 음향기기내에서 잡음이 발생하지 않았음을 확인하였다.

분석 및 측정결과를 통해서 LTE 단말기의 송신 전력 0 dBm 이하 값 혹은 LTE 단말기의 최대 송신전력 하에서 이격 거리 25 cm 이상 요구 값은 LTE 단말기에 의해서 발생하는 음향기기 내 잡음을 방지하기 위한 기준으로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

#### 참고 문헌

[1] 강민구, "LTE 폰 커먼, 유선전화 잡음", MBC뉴스, 2011.12.03.  
 [2] R.E. Schlegel, and F.H. Grant, "Modeling the Electromagnetic Response of Hearing Aids to Digital Wireless Phones", IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 42, no. 4, Nov. 2000, pp. 347-357.

- [3] I. Claesson, and A. Rossholm, "Notch Filtering of humming GSM mobile telephone noise", Proc., IEEE-ICICS2005, 2005, pp. 1320-2323.
- [4] 3GPP Std. TS 36.211 V.10.3.0, "Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation", 2011.
- [5] C.R. Paul, Introduction to Electromagnetic Compatibility, Willey interscience, second edition, 2006
- [6] A.D. Pierce, Acoustic : An Introduction to its Physical Principles and Applications, the Acoustical Society of America. 1989.

## 저자

---

### 윤 혜 주(Hye-Ju Yun)



**정회원**

- 2013년 2월 : 공주대학교 전기전자제어 공학부 나노정보공학과 졸업
- 2013 ~ 현재 : 공주대학교 대학원 전기전자제어공학과 석사과정
- <관심분야> : RF 시스템, 전파 간섭 분석

### 이 일 규(Il-Kyoo Lee)



**정회원**

- 1994년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 석사
- 2003년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 박사
- 1997~2004 : ETRI 선임연구원
- 2007~2008 : 조지아텍 교환교수
- 2004 ~ 현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부 부교수
- <관심분야> : 이동통신시스템, 전파 간섭, 스펙트럼공학