음향 기기 및 TV 방송 수신기의 내성 시험용 기준 신호 분석

Analysis of Reference Signal for Immunity Test of Sound System and Television Broadcast Receiver

최 수 나 · 최 성 웅 · 박 승 근

Su-Na Choi · Sung-Woong Choi · Seung-Keun Park

요 약

무선기기의 간헐적인 신호 또는 높고 낮은 진폭의 주기적인 신호 전송은 오디오 주파수에 간섭 신호를 발생시켜 근접 거리에 설치된 음향 기기에 잡음을 발생시킨다. 최근 이와 관련하여 Global system for Mobile Communication(GSM) 폰과 유사하게 간헐적인 신호 전송을 하는 Long Term Evolution(LTE) 폰에 의한 오디오 잡음 현상이 보고되었다. 현재 국내 KN20 규격에서는 잡음에 대한 내성 능력을 확보하기 위하여 음향 및 TV 방송 수신기의 내성 시험 기준 신호로 변조 주파수 1 kHz Amplitude Modulation(AM) 80 %와 Code Division Multiple Access(CDMA) 신호를 이용하고 있다. 본 논문에서는 LTE 폰의 출시에 따라 기존의 내성 기준 신호 AM과 CDMA를 GSM과 LTE 폰이 발생시키는 오디오 잡음의 수준과 비교한 후, 국내 음향 기기에 대한 내성 기준 신호의 개선을 제안한다. CDMA 신호는 음향 기기에 간섭을 거의 일으키지 않는 것으로 여겨지므로 시험 항목에서 삭제해도 무방할 것으로 판단된다. 반면, LTE는 많은 사용자가 이용하고 있으며, 음향 기기 등에 무시할 수 없는 간섭을 발생시킬 것으로 분석되므로 CDMA 신호를 대신하여 음향 기기 및 TV 방송 수신기의 내성 시험을 위한 시험 기준 신호로 규정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

Abstract

Intermittent or periodic signals with undulating amplitudes of mobile devices cause interference noise at audible frequency to the sound system which is installed nearby. In this regard, it is recently issued that the intermittently transmissions of LTE mobile phones cause the interference noises with sound systems, similar to that of GSM mobile phones. For retaining the immunity to noises, a national regulation KN20 suggests a 1 kHz AM 80 % and a CDMA modulation signal as reference signals for immunity test of sound and television broadcast receiver. In this paper, the effects of interference noises of AM and CDMA are compared with those of GSM and LTE, and the improvement of reference signal for national immunity test of sound systems is suggested. It is recommended to delete the CDMA modulation signal from reference signals for immunity test because it hardly cause interference noise with sound systems. On the other hand, it is desirable to select the modulation signal of LTE instead of CDMA as a reference signal for immunity test of sound system and television broadcast receiver because many people use the LTE service and it is analysed that the LTE signal causes considerable interference noises.

Key words : LTE, Sound System, Interference, Immunity Test

「이 연구는 방송통신위원회의 ETRI 연구개발 지원사업의 연구결과로 수행되었음(KCA-2011-08921-01303).」

한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunications Research Institute)

· Manuscript received April 24, 2012 ; Revised May 29, 2012 ; Accepted May 30, 2012. (ID No. 20120424-051)

· Corresponding Author : Su-Na Choi (e-mail : sunachoi@etri.re.kr)

I. 서 론

무선 통신 기술은 단순한 음성 신호의 무선 전송만이 가능했던 초기 단계에서 눈부신 발전을 거듭하여, 고속 데이터 전송 및 대용량 무선 서비스를 제공하는 LTE 기술을 선보이기에 이르렀다. 우리나라에서는 2011년 LTE 휴대 단말 서비스를 시작했으며, 그 수요가 폭발적으로 증가하여 LTE 서비스의 가입자가 수백만 명에 이른다.

LTE 서비스의 사용자가 증가함에 따라, LTE 휴대 단말기의 간섭 문제가 주요 이슈로 부각되었다. LTE 휴대 단말기가 스피커 등의 음향 기기에 간섭을 일으켜 원치 않는 잡음을 발생시킨다는 사실이 알려지면서 이에 대한 대책을 요구하는 목소리가 높아진 것이다. 그러나 이러한 휴대 단말기의 음향 기기에 대한 간섭 문제는 LTE에 국한된 문제가 아니다. 유럽 등에서 널리 사용되고 있는 GSM 서비스 등이 이미 음향 기기에 대해 간섭을 일으켜 잡음을 발생시키는 것으로 알려져 있다^{[1],[2]}.

일반적으로 사람이 들을 수 있는 소리는 20 Hz ~ 20 kHz 주파수 대역의 신호이다. 무선 통신 시스템에서는 전송하고자 하는 신호를 수백 MHz ~ 수 GHz의 고주파 반송파에 실어 보내는 변조 방식을 사용한다. 따라서 전송 신호의 주파수 대역은 가청 주파수 대역을 완전히 벗어나게 되어, 사람의 귀는 이 신호를 인지하지 못한다. 그러나 이러한 변조 신호가 비선형 소자를 통과하게 되면, 고주파 변조 신호의 포락선 형태의 간섭 신호가 발생하며, 이러한 간섭 신호가 가청 주파수 대역에 존재하는 경우 음향 기기 등에서 원치 않는 잡음이 발생할 수 있다.

본 논문에서는 표준 규격의 분석을 통하여 음향 기기 및 TV 방송 수신기의 내성 시험에 적용된 기준 신호의 특성을 파악하고, 국내 및 국제 규격의 차이를 분석한다. 또한, 표준 규격에 제시된 기준 신호의 크기와 동일한 조건으로 GSM, CDMA, LTE 등의 무선 통신 신호를 설정하여 시간 영역 및 주파수 영역의 간섭 신호 특성을 살펴봄으로써 음향 기기에 미치는 간섭 영향을 비교, 분석한다. 이러한 과정을 통하여 국내 표준 규격에 명시된 음향 기기의 내성 시험을 위한 기준 신호의 적합성을 판단하고, 개선 방향을 제시한다.

II. 표준 규격 동향

전자파의 간섭으로 인하여 기기의 성능이 저하되는 것을 방지하기 위하여 국제 표준 기관인 국제 전기 기술 위원회(IEC)와 국제 무선 장애 특별 위원회(CISPR)에서는 기기의 내성에 대한 실험 방법을 제안하고 있다. 전자파 내성에 대한 규제는 1996년부터 유럽 연합을 중심으로 본격적으로 시작되었다. IEC 61000-4 시리즈는 전자파 내성 측정 방법을 규정하고 있는 표준 규격이다. 이 중 IEC 61000-4-3^[3]은 전자 기기가 전자파에 노출되었을 때의 내성 평가 기준을 제시하는 대표적인 국제 표준 규격으로, 시험 절차, 간섭원의 특성, 평가 기준 등을 규정하고 있다. IEC 61000-4-3에서는 디지털 무선 전화에 대한 전자 기기의 내성 평가를 위하여 1 kHz 80 % AM 신호를 기본 시험 신호로 제시하고 있다. 또한, AM과 더불어 이용 가능한 간섭 신호로서 GSM 등의 변조 방법을 소개하고 있다.

CISPR에서는 IEC 61000-4-3의 내용을 수용한 제품별 규격을 제시하고 있다. CISPR 20^[4]에서 음향 및 TV방송 수신기와 관련 장비에 대한 내성 시험 방법을 다루고, CISPR 24^[5]에서 정보 기술 기기에 대한 내성 시험 방법을 다루고 있으며, 향후에는 CISPR 20과 24를 통합하여 대상 기기를 멀티미디어 기기로 통칭한 CISPR 35^[6]를 발간할 계획으로 있다. CISPR 20에서는 표 1과 같이 내성 시험을 안테나 입력단자, 오디오 커넥터, AC 전원 입력 단자, RF 전압, 함체 등으로 구분하여 각각에 대한 내성 기준 및 시험 방법을 정의하고 있으며, 차폐 효과, 정전기 방전 시험 등 몇몇 특정 항목을 제외한 대부분의 내성 시험 항목에서 1 kHz 80 % AM 변조 신호를 시험 기준 신호로 사용하고 있다. 특히 함체에 대한 내성 시험은 주변 기기들에서 방사되는 전자기기장에 대한 음향 기기 장치의 내성을 판단하는 중요한 항목으로, 간섭 신호로 80 % AM 변조 신호 및 900 MHz 대역의 duty 1/8 과 217 Hz의 반복 주파수를 갖는 GSM 변조 신호를 사용하여 내성 시험을 수행하도록 규정하고 있다.

국내에서는 방송통신 기술기준인 KN20^[7]에서 방송수신기 및 관련 기기류에 대한 내성 시험 방법을 규정하고 있다. KN20는 많은 부분에서 CISPR20에서 규정하는 내성 시험 방법을 따르고 있으나, 표 2

표 1. CISPR 20 내성 시험 규정

Table 1. Immunity tests of CISPR20.

적용	시험 항목	시험 기준 신호
안테나 입력단자	RF 전압 차동 모드	AM 변조 1 kHz, 80 %
	RF 전압 공통 모드	
	차폐 효과	퍼시험기기가 설계된 방송대역의 중간 채널 주파수
오디오 커넥터	RF 전압 차동 모드	AM 변조 1 kHz, 80 %
AC전원 입력단자	RF 전압 차동 모드	AM 변조 1 kHz, 80 %
	전기적인 빠른 과도 현상 공통 모드	1 kV(peak) 5 kHz
RF 전압	음성 기준 및 영상 기준	0.15~150 MHz 방해 신호 주파수
합체	RF 전자기장 진폭 변조 신호	AM 변조 1 kHz, 80 %
	RF 전자기장 Keyed carrier	900 MHz 3 V/m Duty cycle 1/8 217 Hz 반복 신호
	정전기 방전	기중 방전 8 kV 접촉 방전 4 kV

표 2 KN 20 내성 시험 규정

Table 2. Immunity tests of KN20.

적용	시험 항목	시험 기준 신호
합체	RF 전자기장 진폭 변조 신호	AM 변조 1 kHz, 80 %
	RF 전자기장 Keyed carrier	824~849 MHz (시험 가능한 중간 주파수 1채널) 3 V/m CDMA 변조
	정전기 방전	기중 방전 8 kV 접촉 방전 4 kV

에서 나타난 바와 같이 합체에 대한 내성 시험 방법은 차이를 보인다. 합체의 Keyed Carrier 시험 항목에서 GSM 변조 신호 대신 CDMA 변조 신호를 사용하여 내성 시험을 수행하도록 규정하고 있다.

III. 기준 신호의 간섭 분석 방법

고주파 변조 신호가 비선형 소자를 통과하게 되

그림 1. 80 % AM 기준 신호

Fig. 1. 80 % AM reference signal.

면, 비선형 소자는 검파기로 작용하여 고주파 변조 신호의 포락선의 형태를 따르는 간섭 신호를 발생시킨다. 따라서 간섭원의 포락선 신호의 특성 분석을 통하여 간섭 신호의 특성을 파악하고, 이에 대한 기기의 간섭 영향을 유추할 수 있다. 일반적으로 변조 신호의 진폭에 의해 잡음의 크기가 좌우되며, 주파수 성분에 의해 잡음의 음색이 좌우된다^[8].

3-1 기준 신호의 크기

IEC 61000-4-3에서는 내성 평가를 위한 기본 간섭 신호로 80 % 1 kHz AM 신호를 제시하고 있다. 이러한 AM 신호는 1.4 V의 peak 전압 V_c 와 1 V의 rms 전압을 갖는 반송파 신호를 기준으로 결정되며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{AM} = V_c[1 + m \sin(2\pi f_m t)] \sin(2\pi f_c t + \theta) \quad (1)$$

m : 변조 지수

f_m : 변조 주파수

f_c : 반송파 주파수

최대 rms 전압(V_{max_rms})은 IEC 61000-4-3에서 내성 신호의 설정 기준으로 정의된 값으로, 최대 전압값을 갖는 반송파 신호의 한 주기에서 구한 rms 값을 의미한다.

$$V_{max_rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

식 (1)과 (2)에 따라, 80 %의 변조 지수와 1 kHz의 변조 주파수를 갖는 AM 신호는 그림 1과 같이 2.52

V의 peak 전압(V_{p-p})과 1.8 V의 최대 rms 전압을 갖는 신호로 나타낼 수 있다. 간섭 신호들 간의 영향을 비교하기 위하여 GSM, CDMA, LTE 등의 간섭 신호 역시 80 % 1 kHz AM 신호와 동일한 최대 rms 값과 peak 전압을 갖도록 설정한다.

3-2 주파수 스펙트럼 분석

기준 신호의 간섭 분석을 위하여, 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환하는 과정이 필요하다. 신호 $x(t)$ 가 주기적이라고 가정하면, Fourier series를 사용하여 특정한 주파수 성분을 갖는 정현파 신호들의 합으로 표현할 수 있다^[9].

$$x(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} 2|c_n| \cos(n\omega_0 t + \angle c_n) \quad (3)$$

$$c_n = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_1+T} x(t) e^{-j\omega_0 t} dt \quad (4)$$

무선 통신 서비스의 간섭 신호는 실제 환경에서 이상적인 펄스 형태가 아니며, 크기도 시간에 따라 변화할 수 있다. 그러나 본 논문에서는 내성 시험을 위한 기준 신호의 간섭 비교에 그 주된 목적이 있으므로, 음향 기기에서 발생하는 간섭 신호를 그림 2(a)와 같은 이상적인 펄스로 가정하였다. 간섭 신호의 주파수별 크기는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$c_0 = \frac{A\tau}{T}, |c_n| = \frac{A\tau}{T} \left| \frac{\sin(n\pi f_0 \tau)}{(n\pi f_0 \tau)} \right| \quad (5)$$

A: 크기

T: 주기

τ : 펄스폭

f_0 : 기본 주파수 $\left(\frac{1}{T}\right)$

따라서 이러한 펄스 신호의 주파수 스펙트럼은 그림 2(b)와 같이 $\frac{A\tau}{T}$ 크기를 갖는 DC 성분과 $f_n = nf_0 = \frac{n}{T} (n=1, 2, 3\cdots)$ 의 주파수에서 $\frac{2A\tau}{T} \left| \frac{\sin(n\pi f_0 \tau)}{(n\pi f_0 \tau)} \right|$ 의 크기를 갖는 임펄스의 합의 형태로 나타난다. 이 때 $f_m = \frac{m}{\tau} (m=1, 2, 3\cdots)$ 의 값을 갖는 주파수에서의 크기는 0이 된다.

(a) 시간 영역 신호

(a) Time-domain signal

(b) 주파수 스펙트럼

(b) Frequency spectrum

그림 2. 펄스 신호

Fig. 2. Pulse signal.

IV. 기준 신호의 간섭 특성

III장에서 제시한 주파수 스펙트럼 분석 방법을 통하여 AM, CDMA, GSM, LTE 등의 무선 통신 기준 신호의 간섭 특성을 분석한다.

4-1 AM

AM 신호는 기존에 구축된 장비를 통해 쉽게 발생시킬 수 있고, 별도의 특성 규정이 필요 없는 등의 여러 장점을 지녀, 여러 국가와 시험 환경에 적용되어야 하는 내성 시험 평가의 기준 신호로 적합한 것으로 평가되고 있다.

AM 간섭 신호는 IEC 61000-4-3에서 제시하는 80 % 1 kHz AM 기준 신호의 포락선 형태를 띠게 되므로 그림 3(a)와 같이 1.4 V의 Reference와 1 kHz 주파

(a) 시간 영역 신호
(a) Time-domain signal

(b) 주파수 스펙트럼
(b) Frequency spectrum

그림 3. AM 간섭 신호

Fig. 3. Interference signal of AM.

수를 갖는 정현파의 형태를 갖는다. 이러한 AM 간섭 신호의 주파수 스펙트럼을 살펴보면 그림 3(b)와 같이 DC 성분과 1 kHz 주파수 성분이 나타남을 알 수 있다.

4-2 CDMA

4-2-1 정상 전송 모드

CDMA는 확산 대역 기술을 사용하여 코드를 분할하여 통신하는 방식으로, 다수의 사용자들이 동시에 시간과 주파수를 공유하여 사용할 수 있는 다중 접속 방식이다. 기지국과 단말기 사이의 상향 및 하향 통신을 시간 영역으로 구분하는 TDD(Time Division Duplex) 방식과, 주파수 단위로 구분하는 FDD(Frequency Division Duplex) 방식을 지원한다^[12]. TDD 방식을 사용하면 일정한 시간 간격으로 단말기에서

(a) 시간 영역 신호
(a) Time-domain signal

(b) 주파수 스펙트럼
(b) Frequency spectrum

그림 4. 슬롯 모드에서의 CDMA 간섭 신호

Fig. 4. Interference signal of CDMA in slotted mode.

신호를 송신하므로, 일정한 주기를 갖는 간섭 신호가 발생할 수 있으나, 국내에서는 FDD 방식의 CDMA 방식을 사용하고 있다. FDD 방식에서는 시간 영역에서 연속적인 신호가 발생하므로, 가청 주파수 대역에서 간섭 신호가 나타나지 않는다.

4-2-2 슬롯 모드

CDMA 단말기는 기지국과 통신하지 않는 동안에는 지정된 시간 이외의 대부분의 전원을 off시킴으로써 배터리 소모를 절감한다. 이 때 단말기는 특정 cycle마다 깨어나 기지국의 호출 여부를 확인하는데, 이러한 상태를 슬롯 모드(slotted mode)라고 부른다^[10]. 슬롯 모드의 주기는 기지국과 단말기의 설정에 따라 결정된다. IS-95에 근거한 CDMA의 호출 채널의 경우 $128(2^7)$ 개의 호출 채널 cycle을 가지고 있으며, 이러한 호출 채널 cycle은 16개의 slot으로 구성

표 3. CDMA 간섭 신호의 전송 모드별 영향

Table 3. Effects of CDMA interference signals according to the transmission modes.

	정상 전송 모드	슬롯 모드
주기(T)	-	5.12 s
펄스폭(τ)	-	160 ms
듀티(τ/T)	-	1/32
기본 주파수(f_0)	-	0.2 Hz
최대 크기	0	159 mV
가청 주파수 대역에서의 최대 크기	-	9.3 mV (@ 20 Hz)

되어 모두 2,048개의 slot을 가지고 있다. 각 슬롯의 길이는 80 ms이며, 16개 슬롯의 길이인 1.28 s를 단위로 슬롯 모드 주기 T 는 다음과 같이 규정된다.

$$T = 1.28 \times 2^{\text{slot cycle index}} \quad (6)$$

식 (6)에서 slot cycle index는 0~7의 값을 가지며, 일반적으로 한국의 이동통신 회사들은 2의 값을 취한다. 따라서 5.12 s의 주기로 단말기가 깨어나 80 ms의 시간 동안 동작하게 되는데, 실제로는 단말기의 warm up을 위하여 한 slot 전에 깨어나므로 160 ms의 시간 동안 동작하게 된다. 그림 4는 슬롯 모드에서의 CDMA 간섭 신호의 시간 영역 신호 및 주파수 스펙트럼을 나타낸 것이다.

4-2-3 CDMA 간섭 신호의 동작 모드별 영향 분석

표 3은 CDMA 간섭 신호의 동작 모드에 따른 특성을 비교해 놓은 것이다. FDD 모드로 동작하는 CDMA의 정상 동작 모드에서는 시간 영역에서 연속적인 신호가 나타나므로, 간섭 신호가 발생하지 않는다. 이에 비해 슬롯 모드에서 발생하는 0.2 Hz의 기본 주파수를 갖는 간섭 신호는 최대 159 mV의 값을 가지나, 최저 가청 주파수로 알려진 20 Hz에서 이미 9.3 mV의 크기로 감쇄되어 가청 주파수 대역에서 별다른 영향을 미치지 못한다.

4-3 GSM

GSM은 유럽을 비롯한 전 세계의 70 %가 사용하

그림 5. GSM의 프레임 구조

Fig. 5. Frame structure of GSM.

는 이동 통신 기술이다. GSM은 여러 사용자의 동시 사용을 위하여, 동일한 주파수를 일정한 시간으로 분할하여 그 시간을 각 사용자에게 할당하는 Time Division Multiple Access(TDMA)를 사용한다. GSM 간섭 신호는 이러한 TDMA 방식으로 인한 주기적 펄스 신호에 의해 발생한다.

4-3-1 정상 전송 모드

GSM에 적용되는 TDMA 방식은 0.577 ms의 시간을 갖는 슬롯이 기본 전송 단위이다. 그림 5와 같이 8개의 슬롯이 모여 4.615 ms의 프레임을 구성하며, 26개의 프레임이 모여 120 ms의 트래픽 멀티프레임을 구성하게 된다^[11].

그림 6(a)는 이러한 프레임 주기에 따라 발생하는 펄스 신호를 나타낸 것이다. GSM 단말기가 프레임에서 1개의 슬롯을 주기적으로 사용하여 통신하는 경우, 0.577 ms의 펄스폭과 4.615 ms의 주기를 갖는 펄스 신호가 발생하게 된다. 한편, 멀티프레임을 구성하는 26개의 프레임 중 25개의 프레임 동안 단말기는 신호를 전송하지만, 마지막 26번째 프레임 동안은 비활동 상태로 들어간다. 따라서 120 ms의 주기로 26번째 펄스가 나타나지 않는다. 그림 6(b)는 이러한 프레임으로 인한 217 Hz 및 멀티프레임으로 인한 8.33 Hz 기본 주파수와 하모닉 주파수를 갖는 주파수 스펙트럼을 나타낸다. 프레임 및 멀티 프레임의 주기로 발생하는 펄스 형태의 간섭 신호의 크기는 식 (5)에 의하여 구할 수 있다.

4-3-2 비연속 전송 모드

음성 통화시에 한 번에 한 사람씩만이 말하는 경

(a) 시간 영역 신호
(a) Time-domain signal

(b) 주파수 스펙트럼
(b) Frequency spectrum

그림 6. 정상 전송 모드에서의 GSM 간섭 신호

Fig. 6. GSM interference signal in the normal transmission mode.

우가 대부분임에 착안하여, 전송되는 정보가 없는 경우에 비연속 전송 모드로 전환되어 송신기의 작동을 중단시키는 방식이다^[12]. 이는 배터리 파워를 절약하기 위하여 도입된 것으로, 모든 GSM 폰에 적용된다. 비연속 전송 모드에서는 통화 연결을 유지하기 위하여 그림 7(a)와 같이 4개의 멀티프레임, 즉 480 ms의 주기로 배경 잡음이 샘플링되어 8개의 연속된 버스트로 전송되게 된다. 따라서 이러한 비연속 전송 모드의 영향으로 그림 7(b)와 같이 2.08 Hz의 기본 주파수와 하모닉 주파수를 갖는 주파수 스펙트럼이 나타날 수 있다.

4-3-3 GSM 간섭 신호의 동작 모드별 영향 분석

표 4는 GSM 간섭 신호의 동작 모드에 따른 특성을 비교해 놓은 것이다. 정상 동작 모드에서 프레임

(a) 시간 영역 신호
(a) Time-domain signal

(b) 주파수 스펙트럼
(b) Frequency spectrum

그림 7. 비연속 전송 모드에서의 GSM 간섭 신호

Fig. 7. GSM interference signal in the discontinuous transmission mode.

표 4. GSM 간섭 신호의 전송 모드별 영향

Table 4. Effects of GSM interference signals according to the transmission modes.

	정상 전송 모드		비연속 전송 모드
	프레임 영향	멀티프레임 영향	
주기(T)	4.615 ms	120 ms	480 ms
펄스폭(τ)	0.577 ms	0.577 ms	4.615 ms
듀티(τ/T)	1/8	1/208	1/832
기본 주파수(f_0)	217 Hz	8.33 Hz	2.08 Hz
최대 크기	620 mV	24 mV	49 mV

의 주기를 갖는 펄스 신호는 기본 주파수인 217 Hz에서 가장 큰 620 mV 크기의 간섭 신호를 발생시킨다. 이에 비해 멀티프레임의 주기를 갖는 8.33 Hz의

주파수 성분은 간섭 신호의 크기가 24 mV로 217 Hz의 주파수에서 발생하는 신호의 3.8 % 정도로 그 영향이 미미하다. 또한, 비연속 모드에서 발생하는 2.08 Hz의 간섭 신호는 217 Hz의 주파수 성분에 비해 7.7 % 정도의 크기로, 정상 전송 모드에서의 간섭 신호에 비해 비연속 모드에서의 간섭 영향은 상대적으로 작다고 할 수 있다.

4.4 LTE

4.4.1 정상 전송 모드

LTE 서비스는 하향 링크 및 상향 링크에서 Orthogonal Frequency Division Multiple Access(OFDMA) 및 Single-Carrier Frequency Division Multiple Access(SC-FDMA)을 사용하는 데, 이는 다수의 이용자를 수용하기 위하여 시간 및 주파수 자원을 분할하여 사용하는 방식이다^[13].

LTE 역시 TDD 및 FDD 방식을 지원하는 데, 국내에서는 FDD 방식이 사용된다. FDD LTE는 그림 8과 같이 0.5 ms의 시간을 갖는 슬롯 2개가 모여 최소 전송 단위인 1 ms의 서브 프레임을 구성하며, 10개의 서브프레임이 한 프레임을 구성하는 구조를 갖는다.

LTE는 데이터의 전송량에 따라 반송파의 수 혹은 슬롯의 개수를 가변하여 사용할 수 있으나, 1개의 서브 프레임을 주기적으로 사용하여 통신하는 경우를 가정하면 그림 9(a)와 같이 1 ms의 펄스폭과 10 ms의 주기를 갖는 펄스 신호가 발생하게 된다. 그림 9(b)는 이러한 펄스의 주파수 스펙트럼으로, 100 Hz의 기본 주파수를 갖는다.

4.4.2 비연속 송수신 모드

LTE 단말기의 배터리 파워를 절약하기 위한 기능

그림 8. LTE의 프레임 구조

Fig. 8. Frame structure of LTE.

(a) 시간 영역 신호

(a) Time-domain signal

(b) 주파수 스펙트럼

(b) Frequency spectrum

그림 9. LTE의 간섭 신호

Fig. 9. Interference signal of LTE.

으로, 비연속 송수신 모드에서 단말기는 대부분의 전원이 off되어 전력 소모를 최소화하는 RRC_IDLE 상태에서 양방향 송수신이 가능한 RRC_CONNECTED 상태로 주기적으로 변화한다. 비연속 송수신 주기 및 RRC_CONNECTED 상태에서의 신호 전송 시간은 기지국에 의해 결정되는 데, 단말기에서는 이에 따라 비연속 송수신 주기를 갖는 펄스 신호가 발생하게 된다. 국내 통신사에서는 수 초 정도의 각기 다른 비연속 송수신 주기를 갖는 것으로 알려져 있다. 따라서 이에 따라 비연속 송수신 모드에서 발생하는 펄스 신호는 1 Hz 이하의 낮은 기본 주파수 성분을 가지며, 주파수가 높아짐에 따라 그 크기가 감쇄되어 4.3-2의 경우와 같이 가청 주파수 대역에서의 간섭 영향은 미미할 것으로 판단된다.

그림 10. 간섭 신호의 스펙트럼 비교

Fig. 10. Comparison of spectra of interference signals.

표 5. 간섭 신호의 특성 비교

Table 5. Comparison of characteristics of interference signals.

	AM	GSM	CDMA	LTE
신호 형태	정현파	펄스	-	펄스
주기(T)	1 ms	4.615 ms	-	10 ms
펄스폭(τ)	-	0.577 ms	-	1 ms
듀티(τ/T)	-	1/8	-	1/10
기본 주파수(f_0)	1 kHz	217 Hz	-	100 Hz
최대 크기	1.12 V	0.62 V	0	0.50 V

4.5 간섭 신호간 비교

그림 10을 통해 동일한 최대 rms 전압과 peak 전압을 갖는 정상 동작 모드에서의 무선 통신 간섭 신호의 주파수 스펙트럼을 비교해 보면, AM 간섭 신호의 경우 1 kHz의 주파수에서 국한되어 나타나는 하나, 간섭 신호의 크기가 가장 큰 것을 알 수 있다. GSM나 LTE 간섭 신호의 경우에는 AM 간섭 신호에 비해 신호의 크기가 작게 나타난다.

표 5는 AM, CDMA, GSM, LTE 간섭 신호의 특성을 비교하여 정리한 것이다. AM의 경우, 1 kHz, GSM은 217 Hz, LTE는 100 Hz의 기본 주파수를 가지며, 이들 주파수에서 신호의 최대 크기는 AM의 1.12 V에 비해 GSM의 경우는 55 % 수준인 0.62 V, LTE의 경우는 44 % 수준인 0.5 V이다. CDMA의 경우에는 간섭이 발생하지 않는다. 따라서 AM 간섭 신호가 인가된 경우에 음향 기기에서 발생하는 간섭이 가장 클 것으로 예상할 수 있다. 또한, GSM 신호

는 LTE 간섭 신호에 비해 간섭 신호의 크기가 크며, 실제 환경에서는 GSM의 경우 최대 30 dBm, LTE의 경우 최대 23 dBm으로 GSM이 더욱 큰 전력을 사용하므로 LTE에 비해 GSM의 간섭 영향이 더욱 클 것이라고 예상할 수 있다. 그러나 GSM이나 LTE 신호의 경우, AM 간섭 신호에 비해 주파수 스펙트럼이 넓게 분포되어 있으므로, AM 간섭 신호가 주파수 성분을 갖지 않는 주파수 대역에서 간섭을 일으킬 수 있는 가능성이 있다.

V. 결 론

간섭 신호의 주파수 스펙트럼을 살펴보면, 1 kHz 80 % AM, GSM, LTE의 순으로 신호의 크기가 나타난다. 따라서 음향 기기 및 TV 방송 수신기 등에 미치는 간섭 영향 또한 AM이 가장 클 것으로 예상되므로, 내성 시험을 위해 AM 신호를 기준 신호로 사용하는 것이 합리적이다.

현재 국내 규격의 경우 AM 신호와 더불어 CDMA 변조 신호를 내성 시험을 위한 기준 시험 신호로 사용하고 있으나, CDMA 신호는 음향 기기에 간섭을 거의 일으키지 않는 것으로 여겨지므로 시험 항목에서 삭제해도 무방할 것으로 판단된다.

LTE는 GSM에 비하여 상대적으로 영향이 작지만 음향 기기 등에 무시할 수 없는 간섭을 발생시킬 것으로 분석된다. 또한, 국내에서 사용하지 않는 GSM 서비스에 반해 많은 사용자가 이용하고 있으므로 CDMA를 대신하여 LTE 신호를 음향 기기 및 TV 방송 수신기의 내성 시험을 위한 시험 기준 신호로 규정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] M. Skopec, "Hearing aid electromagnetic interference from digital wireless telephones", *IEEE Trans. Rehab. Eng.*, vol. 6, pp. 235-239, Jun. 1998.
- [2] R. E. Schlegel, F. H. Grant, "Modeling the electromagnetic response of hearing aids to digital wireless phones", *IEEE Trans. on EMC*, vol. 42, no. 4, pp. 347-357, Nov. 2000.
- [3] IEC 61000-4-3 : IEC Standard, Electromagnetic Compatibility(EMC), Part 4 : Testing and Measurement

- Techniques, Section 3 : Radiated, Radio-Frequency, Electromagnetic Field Immunity Test, 2010.
- [4] CISPR 20 : Sound and Television Broadcast Receiver and Associated Equipment - Immunity Characteristics - Limits and Methods of Measurement, IEC, 6th Edition, 2006.
- [5] CISPR 24 : Information Technology Equipment - Immunity Characteristics-Limits and Methods of Measurement, IEC, 2nd Edition, 2010.
- [6] CISPR/I/380/Committee Draft(CD), EMC of Information Technology, Multimedia Equipment and Receivers, 1st Edition, 2011.
- [7] KN20 - 방송 수신기 및 관련 기기류 내성 시험 방법, 방송통신위원회 고시 제2008-38호 전자파 보호기준 제 8조 - 방송수신기기류의 내성 기준, 2008년.

- [8] 강경모, 전환표, 김재평, *Introduction to Sound System*, 비전 21, 2000년.
- [9] C. R. Paul, *Introduction to Electromagnetic Compatibility*, Wiley Interscience, 2nd Edition, 2006.
- [10] 옥윤철, *All That's CDMA*, 진한도서, 2002년.
- [11] ETSI. GSM Recommendations 05.05, Version 5.8.0, Dec. 1996.
- [12] G. F. Pedersen, J. B. Andersen, "RF and ELF exposure from cellular phone handsets : TDMA and CDMA system", *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 83, no. 1-2, pp. 131-138, 1999.
- [13] 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Physical Channels and Modulation, 3GPP Std. TS 36.211 V.10.3.0, 2011.

최 수 나

2001년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학사)
2004년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
2004년 3월~2005년 12월: 매그나칩 연구원
2006년 1월~현재: 한국전자통신연

구원 선임연구원

[주 관심분야] EMI/EMC

박 승 근

1991년 2월: 고려대학교 응용통계학과 (이학사)
1993년 2월: 고려대학교 응용통계학과 (이학석사)
2004년 2월: 충북대학교 정보통신과 (공학박사)
1993년 8월~현재: 한국전자통신연

구원(ETRI) 책임연구원

[주 관심분야] 디지털통신, 스펙트럼공학, EMC

최 성 응

1997년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1999년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
1999년 3월~2000년 6월: LG 정보통신 무선망연구실 연구원
2000년 7월~현재: 한국전자통신연

구원 선임연구원

[주 관심분야] 전파전파, EMI/EMC