

3G LTE 이동통신 시스템을 위한 무선인지 시스템의 신호검출

김 승 종*, 김 진 영* 정회원

Signal Detection of Cognitive Radio System for 3G LTE Mobile Communication System

Seung Jong Kim*, Jin Young Kim* *Regular Members*

요 약

급증하는 주파수 수요를 해결하기 위해 최근 FCC(Federal Communications Commission)에서는 스펙트럼 사용 효율을 높이기 위해 주파수를 공유하는 CR(Cognitive radio)를 적용하기로 하였다. 그리고 이러한 CR 시스템을 LTE 시스템에 적용하고자 CR 기술 중 스펙트럼 센싱 이론을 LTE 환경에 적용을 시켜 실험을 하여 성능분석을 하였다. 본 실험에 있어서 LTE 하향링크 OFDMA (Orthogonal frequency division multiple access) 신호를 센싱했고, 채널은 가우시안 채널로 가정하여 실험을 하였다. 또한 실험에 필요로 한 임계값(threshold)은 5%, 10%로 달리 적용하여 성능분석을 하였다. 그리고 추후 LTE 시스템에 CR 시스템 적용을 위한 향후 연구 방향에 대하여 논의를 하였다.

Key Words : 3G LTE; Cognitive radio; OFDMA; RS signal; Signal detection; Spectrum sensing.

ABSTRACT

Recently, spectrum requirements are rapidly increasing in accordance with wireless communication development. For this reason, FCC(Federal communications commission) is considering cognitive radio system to increase spectral efficiency. In this paper, we present the performance analysis of signal detection by using RS(Reference signal) for LTE environments. Especially, we analyze the performance of detection probability in case of downlink LTE system. In the simulation, we generate OFDMA signal format which is specified in the LTE system. We assume additive white Gausssian noise channel environment. We estimate the performance by setting the threshold value of 5 % and 10 % based on CFAR(Constant false alarm rate) and false alarm rate, respectively. Finally, we discuss a future study plan on the applicability of CR to the LTE system.

I. 서 론

무선 통신의 발전 및 무선 장비의 수요가 급증함으로써 주파수 사용범위가 크게 확대되고 있으며, 수요가 급증하고 있다 [1]. 실제적으로 할당된 대역 이외에 비어있는 주파수 대역이 거의 없을 정도까지 주파수 수요가 치닫고 있다. 이를 해결하기 위해 미국 FCC(Federal Communication Commission)에서는 주파수 사용 효율을 높여 요구하는 수요를 해결 할 수 있는 CR (Cognitive Radio)기술을 도입하기로 하였다 [5].

CR 기술을 주파수 효율을 증가시킬 수 있는 기법 중 underlay 기법인 UWB 기술과 함께 overlay 기술로 나뉘어져 주목을 받고 있는 기술이다. 이는 기존 주파수 사용자, 즉 1차 사용자의 대역을 1차 사용자의 피해가 주지 않는 범위에서 2차 사용자가 해당 주파수를 사용하는 기법으로 보다 주파수 효율을 증대시키는 기술이라 말할 수 있다.

이로 인하여 CR 시스템에서 1차 사용자의 대역을 센싱, 1차 사용자의 출현으로 인하여 주파수를 이동하고자 할 때 비어있는 대역을 센싱하는 것이 중요한 기술로 작용하게 된다 [6-7].

현재 다양한 센싱 기법이 소개되었고, 연구되고 있지만,

* 광운대학교 전자공학과 유비쿼터스 통신 연구실 (sj_kim@kw.ac.kr), ** 광운대학교 전자공학과 유비쿼터스 통신 연구실 (jinyoung@kw.ac.kr)
본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었습니다 (NIPA-2010-(CI090-1011-0005)).
접수일자 : 2010년 2월 9일, 수정완료일자 : 2010년 3월 3일, 최종 게재확정일자 : 2010년 3월 15일

본 논문에서는 에너지 검출 기법인 LTE 신호의 RS 신호를 이용하여 실험하였다. LTE 시스템은 3GPP (3rd Generation Partnership Project) 에서 2004년 11월부터 최대 데이터 전송을 높이고, 진화된 서비스를 위해 표준화 지정된 시스템이다 [2].

LTE 시스템은 상향/하향 링크의 경우 각각OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 와 SC-FDMA(Single carrier - Frequency Division Multiple Access)가 적용되었다. 본 논문에선 LTE 하향링크 신호인 OFDMA 신호를 가지고 실험을 하였다.

모의 실험에 있어서는, LTE 신호를 생성을 하여 생성된 신호를 가지고 실험에 임하였으며, 채널 환경은 가우시안 채널을 적용하였다. 또한 추후 실험에 사용되는 임계값 (Threshold)는 CFAR(Constant False Alarm rate) 이론을 통해 계산하여 적용하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 3GPP LTE 표준 및 신호의 특성을 검토하고 제 III장에서는 LTE 시스템에 파일럿 검출 기법을 적용한 스펙트럼 센싱 이론을 설명하며, 제 IV장에서는 생성된 LTE 신호를 이용하여 모의실험을 통해 결과를 검증하였고, 마지막으로 제 V장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대하여 논의를 하였다.

II. 시스템모델

LTE 시스템은 기본적으로 15kHz의 부반송파 간격을 지원하지만, MBMS(Mobile Broadcasting Multimedia Service) 전용셀을 지원하기 위해 7.5kHz의 부반송파 간격을 추가적으로 지원한다.

표 1 LTE 하향링크 파라미터

Bandwidth	2.5 MHz	5 MHz	10 MHz	20 MHz
Subframe Duration	0.5 ms			
FFT size	256	512	1024	2048
Number of Occupied Subcarrier	151	301	601	1201
CP length	$(\frac{4.69}{5.21} \times \frac{6}{20}) \times 1$	$(\frac{4.69}{5.21} \times \frac{36}{40}) \times 1$	$(\frac{4.69}{5.21} \times \frac{72}{80}) \times 1$	$(\frac{4.69}{5.21} \times \frac{144}{160}) \times 1$
Sampling Frequency	3.84 MHz	7.68 MHz	15.36 MHz	30.72 MHz

부반송파의 간격에 따라 CP의 길이도 달라지는데, 기본적으로 7개의 OFDM이 한 슬롯으로 구성되며, 이 때 사용되는 CP는 한 슬롯의 길이를 0.5ms로 유지하지 위해 6개의 4.69us의 CP길이와 5.21us의 CP길이를 사용한다.

표 1은 3GPP LTE 하향링크 전송 파라미터를 나타내었다. LTE 시스템에서는 FDD (Frequency Division Duplex)와 TDD (Time Division Duplex)를 모두 지원하며, 우리는 FDD경우를 적용하여 실험을 하였다. LTE FDD에 사용되는 프레임 구조

는 그림 1과 같다. 일반적으로 한 프레임은 10ms의 길이를 갖고 20개의 슬롯으로 구성된다.

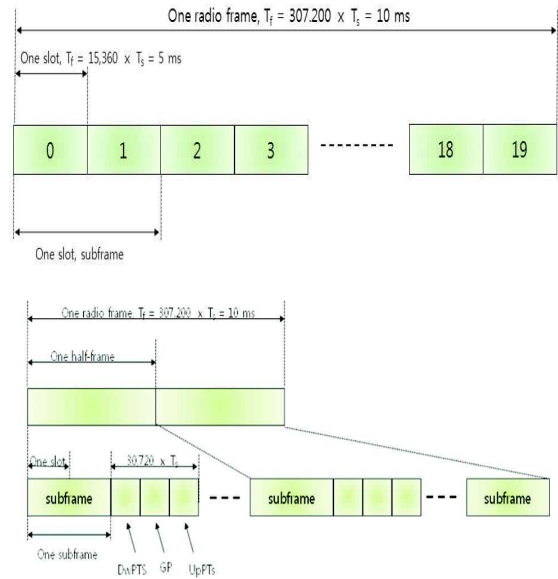


그림 1. LTE 프레임 구조

각 슬롯은 0.5ms의 길이를 갖는 구조로 이루어져 있고, 연속된 두 개의 슬롯으로 구성된 1ms의 전송 단위를 서브프레임이라 말한다.

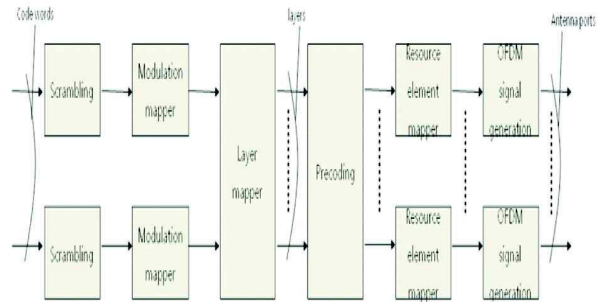


그림 2. LTE 하향링크 송신 블록도

LTE전송신호는 시간영역에서 N_{symb}^{DL} 개의 OFDM 심볼과 주파수영역 N_{sc}^{DL} 개의 부반송파로 이루어진 RB(Resource Block) 단위로 신호가 할당된다 [2]. 따라서 한 RB는 $N_{symb}^{DL} \times N_{sc}^{RB}$ 개의 Resource element로 이루어진다. 그림 2, 그림 3은 LTE 송신 블록도, 하향링크 자원할당 구조를 나타내었다.

할당된 신호는 해당되는 변조, RS 신호생성 등 여러 과정을 거쳐 전송된다. 이 때 LTE의 기준신호라 정의되는 RS신호는 채널 추정 등에 사용되는 신호이다. RS신호는 LTE 시스템에서 안테나의 개수에 따라 유동적으로 생성된다 [3].

$$r_{l,m}(m) = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m)) + j \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m + 1)) \quad (1)$$

$$m = 0, 1, \dots, 2N_{RB}^{max,DL} - 1$$

여기서 n_s 는 슬롯 번호, l 은 슬롯 내 OFDM 심볼 번호를

나타낸다. 또한 $c(i)$ 는 PN 시퀀스를 나타내며, 각 OFDM 심볼 시작시 식 (2)와 같이 초기화 된다.

$$c_{init} = 2^{13} \cdot l' + 2^9 \cdot \lfloor n_s / 2 \rfloor + N_{ID}^{cell} \quad (2)$$

우리는 안테나 개수를 1×1으로 가정하고 LTE 신호를 생성하였다. 그림 3은 생성된 LTE 신호이며, LTE신호에서 안테나 1×1일 경우 RS 신호 배치 블록은 그림 4와 같다.

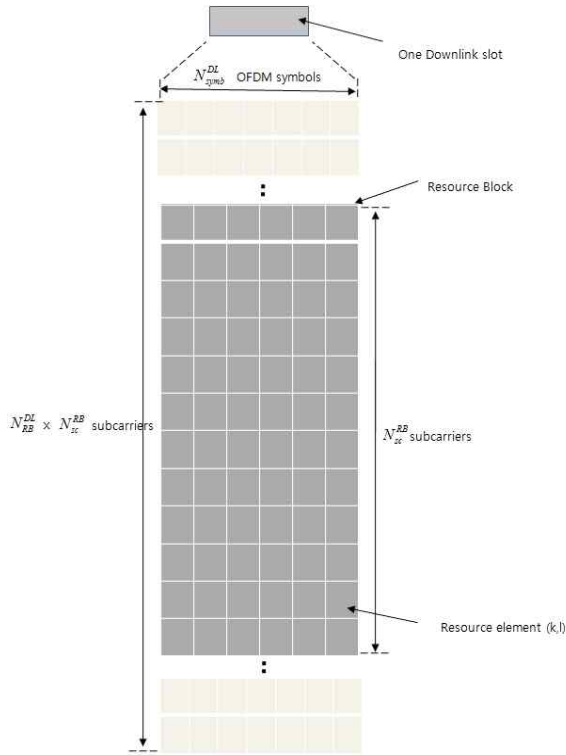


그림 2. LTE 신호 할당 구조

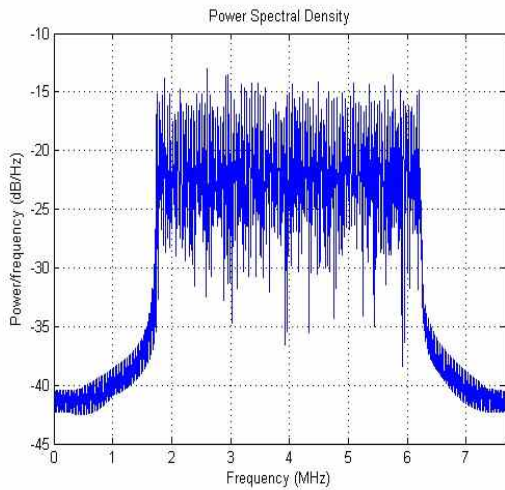


그림 3. 생성된 LTE 신호

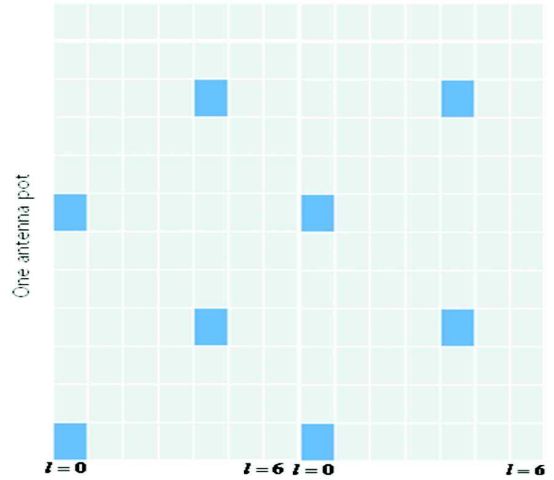


그림 4. LTE RS 배치 블록도 (1×1 경우)

III. RS신호를 이용한 스펙트럼 센싱 기법

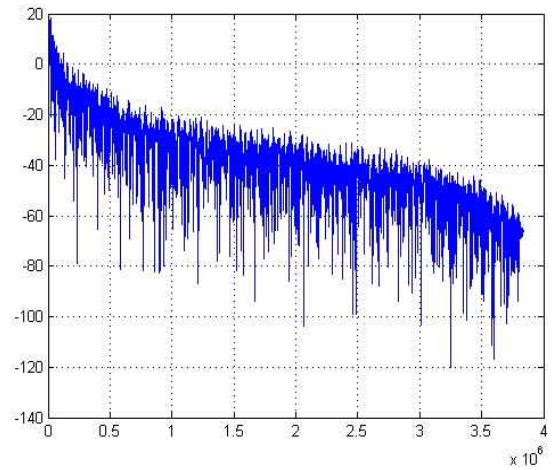


그림 5. Baseband로 주파수 이동 후 BPF (Band Pass filter)를 거친 신호

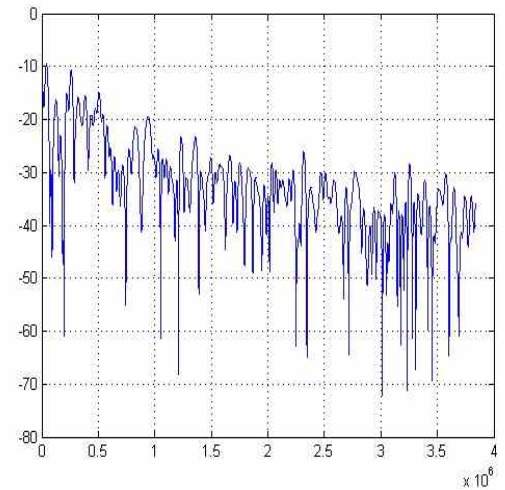


그림 6. 다운샘플링 과정을 거친 신호파형

FFT(Fast Fourier Transform) 기반 파일럿 검출 기법은 일정한 대역의 신호 중에 파일럿 신호를 이용하여 검출하는 기법으로 스펙트럼 검출 기법 중 feature 검출기법에 속하는 방식이다[4].

이 검출 기법은 해당 대역의 LTE 신호를 RS 신호 주변 일정범위를 대역통과필터(Band Pass Filter)를 사용하여 필터링 시켜주고, 필터링 된 RS신호를 기저대역으로 주파수 이동을 시켜준다. 그림 6은 필터링 된 신호를 주파수 이동시킨 모습을 보여준다.

필터링 된 신호는 다운샘플링 과정을 거쳐 데이터의 양을 줄일 수 있다. 다운 샘플링 된 신호는 다시 LPF(Low Pass Filter)를 이용하여 신호를 다시 필터링 하게 된다.

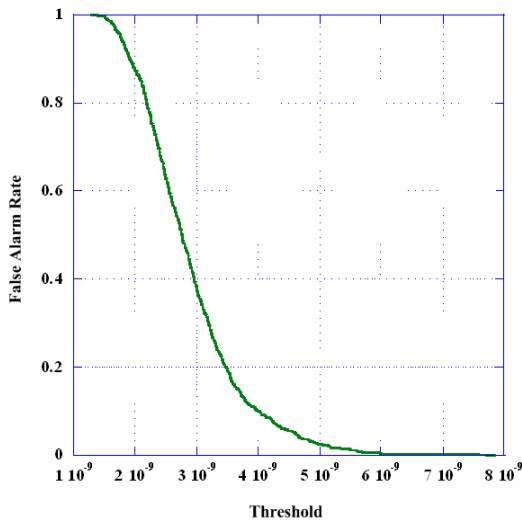


그림 7. 임계값에 따른 False Alarm rate

이 후 필터링 된 신호는 FFT 연산 및 연산된 FFT 값에 대한 제곱 값을 구하게 된다. 제공된 값은 임계값과 비교를 하여 주파수 유무를 판단하게 된다.

주파수 판별에 필요한 임계값 결정은 앞서 언급한 바, CFAR 방식을 적용하여 계산하였다. 그림 7은 False alarm rate에 따른 임계값 레벨을 나타내었다.

IV. Simulation Results

우리는 LTE 신호를 생성하여 RS신호를 이용하여 FFT 기반 파일럿 검출 기법을 적용하였다.

실험에 앞서 필요로 하게 되는 LTE 신호는 시뮬레이션을 통해 생성하였다. 실험에 앞서, LTE 하나의 세그먼트를 가지고 실험을 하였으나, 성능 분석을 하기에 많은 어려운 점이 존재하였다. 이는 하나의 세그먼트는 지니고 있는 에너지 양이 미비하여 검출을 제대로 못하는 결과를 얻어 최소 3 세그먼트부터 실험을 하였다. 실험은 각각 3, 4, 5 세그먼트일 경우 검출성능을 분석하였으며, 검출 성능 실험을 하기에 앞서 임계값을 결정짓기 위하여 별로 임계값 결정을 위한 실험을 하였다. 임계값 결정시 관련 있는 false alarm rate를

5%, 10% 각각 적용하여 비교 분석하였으며, 채널 환경은 Gaussian 채널로 가정하였다.

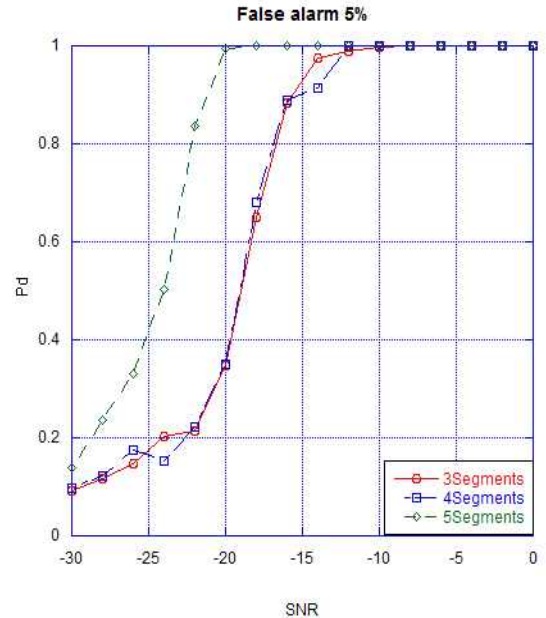


그림 8. 세그먼트에 따른 검출 성능 분석 (5% 적용)

실험결과 그림 8과 그림 9에서 확인할 수 있듯이 우리는 세그먼트 수가 증가할수록 검출성능이 좋아지는 것을 알 수 있었다. 이는 세그먼트 수가 증가할수록 PSD(Power Spectrum Density)가 높아짐에 따라 임계값과 비교 시 높아져 검출성능이 증가하는 것으로 판단하였다.

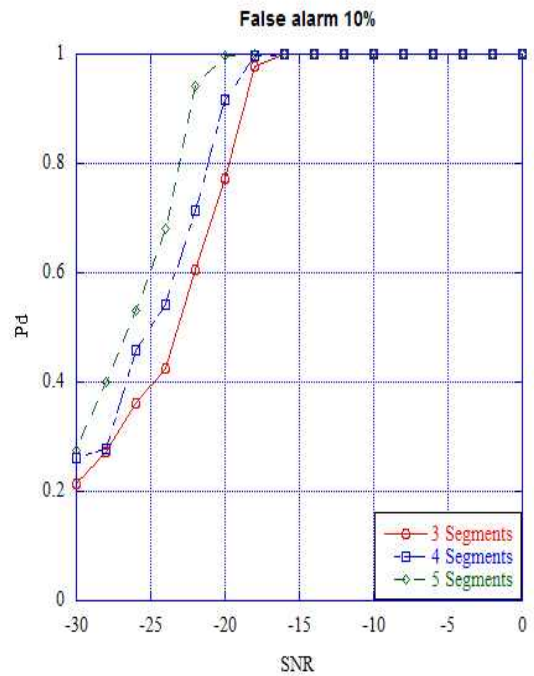


그림 9. 세그먼트에 따른 검출 성능 분석 (10% 적용)

또한 false alarm rate 변화를 주어 실험을 하였는데, 이는 5%의 경우보다 10% 경우가 임계값이 낮아져 검출성능에

있어 약 6dB 차이로 좋아지는 것을 알 수 있었다.

V. Conclusions

본 논문에서는 3GPP LTE 신호를 검출하기 위하여 신호를 생성하여 FFT 기반 파일럿 검출기법을 적용하여 LTE RS 신호를 이용하여 LTE 신호 검출성능을 분석하였다. 모의실험을 통해 임계값이 낮을수록 또는 LTE 신호의 세그먼트 수가 증가할수록 검출성능이 높아지는 것을 알 수 가 있었다. 임계값은 랜덤성을 띄게 하여 검출 성능 실험을 할 때마다 실험을 하여 얻어 보다 신뢰적인 값을 얻도록 하였으며 또한 본 논문의 결과는 추후 LTE 시스템을 적용되는 곳에서 신호 검출기법을 적용한 시스템을 구현하는데 활용될 수 있으며, 실제 환경에서 적용할 수 있도록 다양한 파라미터를 적용하여 실험을 하는데 중요한 기반이 되었다.

References

- [1] J. Y. Kim. Cognitive Radio Communications, Seoul, Gyobo Publisher, 2008.
- [2] 3GPP TS 36.201, LTE physical layer - general description, ver 1.0.0, Dec 2008.
- [3] Y. S. Cho, J. K. Kim and Y. Y Yang, MIMO-OFDM Wireless Communication with MATLAB, Seoul, HongReung Publisher, 2008.
- [4] M. Ghosh, "Text on FFT-based pilot sensing," IEEE 802.22, doc. no. 22-07-0298-01-000, July 2007.
- [5] J. Mitola and G. Q. Maguire, "Cognitive radio : Making software radios more personal," *IEEE Pers. Commun.*, vol 6, no. 4, pp. 13-18, Aug. 1999
- [6] Federal Communication Commission, "Spectrum policy task force," *Rep. ET Docket no. 02-135*, Nov. 2002.
- [7] F. K. Jondral, "Software defined radio: Basics and evolution to cognitive radio," *EURASIP J. Wireless Commun. Netw.*, vol. 5, no. 3, pp. 275-283, Aug. 2005

저자

김 승 중(Seung Jong Kim)

정회원



2009년 2월 : 청주대학교

정보통신학과 공학사

2009년 ~현재: 광운대학교

전파공학과 석사과정

<관심분야> 디지털 통신, ATSC DTV, LTE, Cognitive Radio

김 진 영(Jin Young Kim)

정회원



1998년 2월 : 서울대학교 전자공학과
공학박사

2000년 : 미국 Princeton Uni. Research
Associate

2001년 : SK 텔레콤 네트워크연구소
책임연구원

2009년~2010년 2월 : 미국 M.I.T 공대 Visiting Scientist

2001년~현재 : 광운대학교 전파공학과 부교수

<주관심분야> 디지털통신, 무선통신, 채널부호화