

# LTE-Advanced 시스템과 기존 통신 시스템과의 Coexistence에 관한 연구

정회원 이상욱\*, 양윤오\*, 조준호\*

## A Coexistence Study between LTE-Advanced System and Current Mobile Communication System

Sang-Wook Lee\*, Yoonoh Yang\*, Junho Jo\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 진화된 LTE 시스템(LTE-Advanced)과 기존 시스템과의 coexistence에 관한 연구이다. LTE-A 시스템의 큰 특징 중 하나는 데이터 전송률을 높이기 위해 기존 대역을 결합하는 대역확장을 지원한다는 것이다. 늘어난 대역폭을 가지는 LTE-A 시스템이 동일한 지역에서 기존 시스템과 간섭에 의한 문제 없이 공존하기 위해서는 LTE-A 시스템용 기지국과 단말에 의해 대역 외로 새어 나가는 간섭의 영향이 기존 시스템의 성능을 허용된 범위까지는 열화 시키지 않아야 한다. 본 고는 40MHz로 대역 확장된 LTE-A 시스템이 간섭원(aggressor)이고 기존 10MHz 대역 LTE 시스템 혹은 40MHz LTE-A 시스템이 피간섭원(victim)인 경우의 coexistence에 관한 연구를 용어 설명, 간섭 분석, 시스템 시뮬레이션 가정, 방법 및 결과, 그리고 이를 바탕으로 다른 이동통신 시스템과의 공존에 필요한 3GPP RAN4 표준 규격에 대한 요구사항 관점에서 살펴본다.

**Key Words** : LTE-A, LTE, coexistence, system simulation, RF

### ABSTRACT

This paper focuses on the coexistence issue between enhanced LTE (LTE-Advanced) system and current system/network. One of the main features in LTE-A is that carrier aggregation (CA) is supported by aggregating individual carriers to enhance the data rate. For LTE-A to coexist with existing LTE system or newly deployed LTE-A system, the out-of-band interfering power emitted from the aggressing LTE-A system should be limited to an acceptable level not to degrade the performance of the existing systems. In this paper, we briefly introduce the terminologies used in coexistence study and provide the deterministic analysis. And then the system simulation assumptions and results are provided for the case of aggressor 40MHz LTE-A and victim 10MHz LTE/40MHz LTE-A. Based on these analysis and simulation, references of 3GPP standards in the aspect of LTE-A out-of-band TRX RF requirement are considered.

### I. 서 론

3GPP RAN은 LTE-Advanced 의 RAN1 Rel-10 핵심 표준 규격을 2010년 말에 완성한다는 목표로 진행하고 있고<sup>[1]</sup>, 이와 관련하여 3GPP RAN4에서는 RF (Radio

Frequency), RRM (Radio Resource Management) 및 기저대역의 demodulation 성능에 대한 핵심 표준 규격을 2011년 상반기에 완성한다는 목표로 진행되고 있다. LTE-A의 Rel-10 핵심 기술 중 하나인 대역폭 확장 (CA-Carrier Aggregation)은 전세계 여러 사업자

\* LG 전자 이동통신기술연구소 (lsw7263@gmail.com)

논문번호 : KICS2010-08-406, 접수일자 : 2010년 8월 18일, 최종논문접수일자 : 2010년 10월 4일

들이 관심을 갖고 있는 기술로서, 각 사업자들이 보유하고 있거나 할당 받을 예정인 대역에 대한 대역폭 확장 연구를 하기 위하여 지역별로 자기 관심 대역을 3GPP RAN4의 Rel-10 study item으로 제안한 바 있다. 3GPP에서 대역은 Rel-9 LTE 기준으로 FDD에 20개, TDD에 8개 밴드로 총 28개의 주파수 대역을 지정하고 있으며 지역별로 지역 1 (유럽, 아프리카 지역) 8개, 지역 2 (북미 지역) 8개, 지역 3 (아시아 지역) 11개가 할당되어 연구된 바 있다. 이 대역들 중에서 사업자들과의 조율을 거쳐서 Rel-10에서는 연속 대역폭 확장과 불연속 대역폭 확장을 위한 주파수 대역들이 선정되었다. 대역 내의 연속 대역폭 확장 (Intra-band contiguous CA)의 경우, FDD 지원을 위해서 지역 1과 지역 3 대역인 band 1 (UL:1920~1980 MHz, DL:2110~2170 MHz), TDD 지원을 위해서는 지역 3대역인 band 40 (UL/DL : 2300~2400 MHz)을 우선 고려하기로 하였다. 대역간 불연속 대역폭 확장 (Inter-band non-contiguous CA)의 경우, 대륙 간의 공정한 할당을 위하여 지역 1과 지역 3대역인 band 1과 지역 2 대역인 band 5 (UL:824~849 MHz, DL:869~894 MHz)를 우선 선정하여 RAN4 RF 관련 핵심 표준 규격을 결정하기로 하였다.

대역 간 불연속 대역폭 확장의 경우 Rel-10에서는 대역 별 최대 20MHz의 대역폭을 2개 합친 최대 40MHz까지의 확장대역에 대해서만 논의를 제한하기로 하였다. 대역 간 불연속 대역폭 확장은 주파수 이격이 매우 큰 서로 다른 두 대역인 800 MHz대역과 2 GHz대역에서 독립적인 RF chain이 사용될 것으로 예상되기 때문에 이미 대역폭 20MHz를 지원하는 기존 LTE 표준 규격과 크게 다르지 않을 것이다. 하지만 대역 내 연속 대역확장은 Rel-10에서의 전송대역폭이 40MHz로 증가하고 이를 지원하기 위한 RF chain은 하나일 가능성이 높다. 40MHz 전송 대역폭에 대한 규격은 기존에 없었기 때문에 이를 지원하는 새로운 RF, RRM 및 기저대역 demodulation 성능 관련 표준 규격이 만들어 져야 한다.

새로운 대역과 전송 대역폭이 결정되면, 3GPP RAN4에서 가장 먼저 이루어지는 작업은 새로 만들어지는 시스템의 기존 시스템에 대한 간섭 영향을 평가하고, 기존 시스템의 안정적인 동작을 보장하기 위해서 필요한 새로운 시스템의 RF 규격을 결정하는 일이다. 이를 위해서 3GPP RAN4에서는 대역폭 40MHz를 갖는 LTE-A 시스템과 다른 시스템과의 coexistence 연구를 2010년 상반기에 진행한 바 있다. 본 논문은 이 연구에 참여하면서 얻어진 결과를 바탕으로 LTE-A

시스템의 coexistence 연구를 이해하는 데 필요한 용어 설명, 간섭 분석, 시스템 시뮬레이션 방법과 파라미터, 시뮬레이션 결과를 소개하고, 마지막으로 coexistence 연구를 통해서 얻어진 관련 RF규격에 대한 결론을 도출한다.

## II. 본 론

### 2.1 기본 용어

여기서는 coexistence 연구에 사용되는 일반적인 기본 용어들에 대해 설명한다.

*Minimum Coupling Loss (MCL)* - 안테나 단에서 측정하는 송·수신단 간의 경로 손실 최소값으로서 안테나 이득과 케이블 손실을 포함하는 값이다.

*Out Of Band (OOB)* - 송신단에서 전송 대역폭 밖의 주파수 영역으로 ACLR(Adjacent Channel Leakage Ratio), SEM(Spectrum Emission Mask) 등이 정의된다. OOB 바깥쪽 주파수 영역은 Spurious Emission이 정의되는 영역이다.

*Spurious Emission (SE)* - OOB 주파수영역 바깥에서 정의되는 불요방사이고, 송신단에서 만들어지고 수신단에서 관측된다. 이 값에 대한 제한은 법규나 사업자의 목적에 따라 다르게 존재한다. 주로 주파수 변조 과정 및 송신단 파워 증폭기(Power Amplifier-PA)의 비선형성이 원인이 되어 나타난다.

*Adjacent Channel Selectivity (ACS)* - 수신단에서 인접 채널에 대역폭을 갖는 간섭 신호가 존재할 때 원하는 신호를 수신할 수 있는 수신 능력을 나타내는 척도로서, 수신 대역에 대한 수신 필터 값과 수신 대역 인접 주파수에 대한 수신 필터 값의 비율로 정의된다.

*Adjacent Channel Leakage Ratio (ACLR)* - 송신단에서 송신 대역에서 측정된 평균 신호 전력과 송신 대역 인접 주파수 영역에서 측정된 평균 전력 비로 정의된다. ACLR은 송신 신호가 인접 대역으로 새어나가는 전력에 의한 척도로서 인접 대역 수신기로 들어가는 송신 전력에 의한 간섭량을 표현할 수 있다.

*Adjacent Channel Interference Ratio (ACIR)* - ACIR은 불완전한 송·수신단 특성에 의해 자신의 전송 파워에 대한 인접 채널 수신단이 받는 간섭량의 비를 나타낸다. ACIR은 송신단의 필터가 OOB 불요방사를 완전하게 제거하지 못하여 생기는 ACLR 영향과 수신단의 필터가 인접 채널 신호를 완전히 제거하지 못하여 생기는 ACS 영향을 모두 포함한다. Coexistence 연구에서 ACIR은 단말-기지국 쌍에 의

해 주어지며 식 (1)과 같다.

$$ACIR = -10 \cdot \log_{10} \left( 10^{\frac{ACLR}{10}} + 10^{\frac{ACS}{10}} \right) \quad (1)$$

**Performance Metric** - 간섭 시스템의 존재로 인한 인접 시스템의 성능 감쇠에 대한 평가 척도는 일반적으로 데이터 throughput 손실로 나타낸다. Coexistence 연구에서는 평균 throughput 손실과 5% CDF throughput 손실이 성능 척도로서 사용된다. 평균 throughput 손실은 간섭원의 간섭으로 인한 피간섭원의 평균적인 throughput 손실이다. 5% CDF throughput 손실은 throughput CDF를 구한 후, 5%에 해당하는 throughput을 기준으로, 평균 throughput 손실과 동일한 방법으로 구한 것이다.

### 2.2 간섭 분석

단말이나 기지국이 주변 주파수 대역으로 미치는 간섭에 대한 영향은 eNB 관점 혹은 UE 관점에서 바라볼 수 있다. 본 논문에서는 지형적으로 가까이 붙어 있는 LTE-A UE 송신에 의한 인접 주파수 대역의 LTE/LTE-A UE 수신인 경우에 대한 간섭 분석으로 문제를 국한하기로 한다. LTE-A UE의 송신 파워가 LTE/LTE-A UE의 수신 대역으로 간섭의 형태로 들어가면 수신기 입장에서는 들어오는 간섭신호를 제거할 방법이 없기 때문에 신호 대 간섭 잡음비 (SINR)가 열화되고 이에 따라 수신 기준감도(Reference Sensitivity) 역시 열화된다. 열화되는 기준감도의 양을 desensitization이라고 하며 기준감도 대비 dB 값으로 표현할 수 있다. 예를 들어, LTE-A UE의 인접 대역 방사 파워에 의해 지형적으로 바로 옆에 있는 LTE나 LTE-A UE의 기준감도가 열화되는 현상을 방지하기 위해 LTE-A UE의 인접대역 방사 파워에 대한 제한을 아래와 같은 간섭분석으로 할 수 있다. 간섭분석에서 간섭원인 LTE-A UE는 최대 파워인 23dBm으로 전송하고, 송신단과 수신단의 거리를 1.8m라고 가정할 자유경로 손실 35dB와 안테나 이득 및 인체 손실 (body loss) 20dB를 합친 송.수신단 안테나 단에서의 손실(antenna isolation)은 55dB, 단말의 NF(Noise Figure)를 9 dB, 그리고 허용할 수 있는 desensitization을 3dB라고 가정하였다.

$$\begin{aligned} \text{Receiver noise floor} &= -174\text{dBm/Hz} + 9\text{dB} \\ &= -165\text{ dBm/Hz} = -115\text{dBm/100kHz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interference level below noise floor} \\ &= 10\log[1/(10^{3/10}-1)] \approx 0\text{dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Acceptable interference at receiver} \\ &= -115\text{dBm/100kHz} - 0\text{dB} = -115\text{dBm/100kHz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interference level at transmitter} \\ &= -115\text{dBm/100kHz} + 55\text{ dB} = -60\text{dBm/100kHz} \end{aligned}$$

따라서 간섭원인 UE의 송신 대역에서 피간섭원인 UE의 수신 대역으로 새어 들어가는 간섭 파워에 대한 최대 허용값은 위와 같은 가정하에서는 -60dBm/100kHz 혹은 -50dBm/1MHz가 될 것이다.

### 2.3 시스템 시뮬레이션

3GPP RAN4에서 coexistence 연구는 사용자 단말 (User Equipment-UE)과 기지국 (eNB-evolved Node B) 간의 간섭 분석 외에 정적인 시스템 시뮬레이션 (Static System Level Simulation)을 통해서 수행되었다. 시스템 시뮬레이션이 필요한 이유는 UE가 다른 UE 혹은 eNB로부터 고정된 위치에 있지 않고 넓게 퍼져 있어서 송·수신단간의 경로 손실이 일정하지 않으며 상향링크의 경우 전력제어가 적용되어 대부분의 시간에서 UE가 최대 전력으로 송신하지는 않기 때문이다. 이번 섹션에서는 LTE-A 와 LTE, LTE-A와 LTE-A 사이의 coexistence 시스템 시뮬레이션에 대

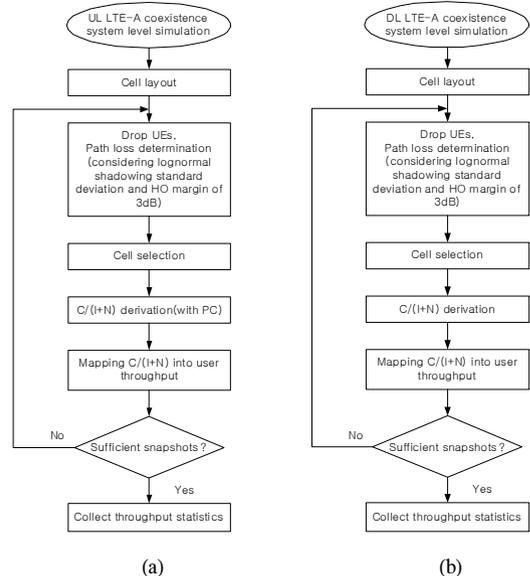


그림 1. 시스템 시뮬레이션 순서도 (a) 상향링크 (b) 하향링크

한 전반적인 내용들을 기술한다. 우선 시물레이션 가정들과 변수들의 의미를 설명한 후, 해당 변수들에 대한 시물레이션 결과를 제공한다.

그림 1은 coexistence 연구에 사용되는 시스템 시물레이션의 순서도를 나타낸다. 순서도에서 보듯이 기본적으로 먼저 셀을 배치하고, UE들을 셀 내에 무작위로 위치 (Drop)시킨 후, eNB와 UE 사이의 경로손실을 계산하여 UE가 속한 셀을 결정한다. 다음으로 UE에게 가해지는 ACIR에 의한 간섭을 고려하여 신호 대 간섭잡음 비인  $C/(I+N)$ 을 계산한다.  $C/(I+N)$ 은 throughput과 신호 대 간섭잡음 비 맵핑 테이블을 이용하여 throughput으로 전환한다. 여기에서 C는 데이터가 할당된 자원 (Resource Block - RB)의 전력이다. 상향링크의 경우 전력제어 알고리즘이 적용되어 단말의 송신전력을 제어한다. 이 과정은 충분한 통계값을 얻기 위해서 독립 반복 시행한다.

셀 배치

Coexistence 시스템 시물레이션은 인접 주파수에 위치하는 2개의 시스템을 가정한다. 위치적으로는 uncoordinated 셀 배치를 기본으로, 간섭원인 LTE-A 셀 영역의 가장자리에 피간섭원인 LTE/LTE-A 셀이 위치하는 최악의 inter-system site shifting 경우를 가정한다. 이것은 LTE-A 시스템이 LTE-A나 LTE 시스템에 미치는 간섭의 영향이 최대인 경우 (worst case scenario)를 고려하기 위한 것이다. 그림 2는 uncoordinated cell layout을 나타낸다. 섹터간 거리인 ISD (Inter Sector Distance)는 셀 반경의 세 배 (3R)로 정의하고 셀 반경 (R)은 250m로 가정한다.

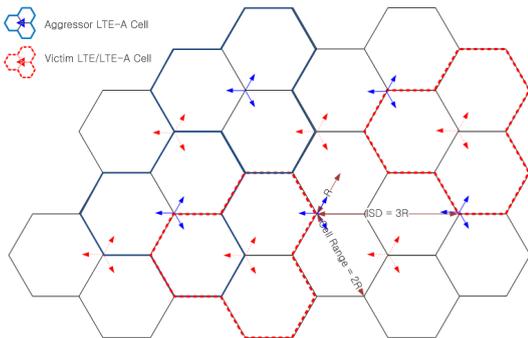


그림 2. Uncoordinated LTE-A/LTE, LTE-A/LTE-A 셀 배치

안테나 방사 패턴

UE 안테나 방사 패턴은 무지향성, eNB 안테나 방사 패턴은 각 섹터를 기준으로 식 (2)와 같은 지향성

을 갖는다고 가정한다.

$$A(\theta) = -\min \left[ 12 \left( \frac{\theta}{\theta_{3dB}} \right)^2, A_m \right] \quad (2)$$

여기에서,  $-180 \leq \theta \leq 180$ 이고 3dB 빔폭을 갖는 각도  $\theta_{3dB}$ 는  $65^\circ$ 이며 최대 감쇠값  $A_m$ 은 20dB이다.

전파 모델

전파 모델은 경로 손실을 결정하는데 중요한 부분이며, 현재 3GPP TR36.942에 기술된 도심 지역 모델을 기준으로 LTE-A coexistence 연구에 사용된다. 이를 바탕으로 한 전파 모델은 식 (3)과 같다. 여기에서, R은 eNB와 UE 사이의 거리[km], Dhb는 eNB 안테나 높이[m], f는 반송파 주파수[MHz]를 나타낸다.

$$L(R) = 40 \cdot (1 - 4 \cdot 10^{-3} \cdot Dhb) \cdot \log_{10}(R) - 18 \cdot \log_{10}(Dhb) + 21 \cdot \log_{10}(f) + 80dB \quad (3)$$

eNB 안테나 높이 15m와 반송파 주파수 2GHz를 고려하면, 전파 모델 식 (3)은 식 (4)와 같이 간단히 표현된다.

$$L(R) = 37.6 \cdot \log_{10}(R) + 128.1 \quad (4)$$

여기에 shadowing과 송·수신단 안테나 이득을 포함하면 최종적인 도심 지역 경로손실은 식 (5)와 같이 표현된다.

$$Pathloss = \max(L(R) + \text{Log}F - G_{Tx} - G_{Rx}, L_{fs}(R) + \text{Log}F - G_{Tx} - G_{Rx}, MCL) \quad (5)$$

식 (5)에서 LogF는 log-normally 분포된 shadowing을 나타낸다.  $G_{Tx}$ 와  $G_{Rx}$ 는 각각 송·수신단의 안테나 이득이고, 송·수신단의 안테나 패턴과 케이블 손실을 모두 포함한다.  $L_{fs}(R)$ 은 자유공간 경로 손실로서 식 (6)과 같다.

$$L_{fs}(R) = 20 \log(R) + 20 \log(f) - 27.6 \quad (6)$$

상향링크 ACIR 모델

상향링크의 경우, ACIR은 UE의 ACLR과 eNB의

ACS의 함수이며, 일반적으로 eNB의 ACS값이 UE ACLR보다 크기 때문에 UE의 ACLR로 근사화할 수 있다. ACIR 대역폭은 LTE-A UE 전송대역폭과 동일하게 가정하며 간섭원 UE와의 주파수 이격 거리에 따라 ACIR1/ACIR2/ACIR3로 나눈다. 상향링크에서 간섭원과 피간섭원은 동일한 16RB의 대역폭을 갖는다고 가정한다. 표 1은 상향링크 시스템 시뮬레이션에 사용되는 ACIR 값을 주파수 영역에 따라 구분하여 나타낸다. X는 시뮬레이션의 변수로서  $X = \dots, -10, -5, 0, 5, 10, \dots$  dB의 값을 갖는 ACIR 오프셋이다. 그림 3은 표 1에 상응하는 상향링크 ACIR 모델을 도시하고 있으며 그림 3에서 ACIR1, ACIR2 밖의 주파수 영역은 모두 ACIR3로 정의한다.

표 1. 상향링크 ACIR

간섭원과 피간섭원 사이의 주파수 오프셋	ACIR 값 [dB]
0 RBs (ACIR1)	$30 + X$
16 RBs (ACIR2)	$43 + X$
$\geq 32$ RBs (ACIR3)	$50 + X$

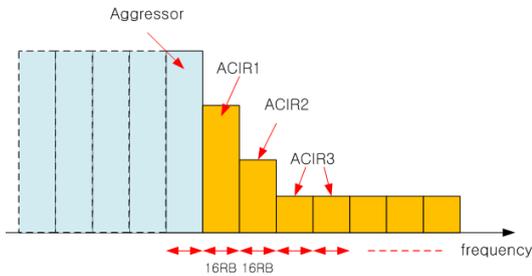


그림 3. 상향링크 ACIR 모델

하향링크 ACIR 모델

하향링크 경우, ACIR은 eNB ACLR과 UE ACS의 함수이며 eNB의 ACLR이 UE ACS보다 크기 때문에 UE ACS로 근사화할 수 있다. 상향링크의 경우와는 달리, 하향링크에서는 ACIR를 영역에 따라 나누지 않고 전체 영역에 대한 평균값으로 가정한다. 수학적으로는  $ACIR = Average + X$  [dB]로 나타낼 수 있다. 여기에서 Average는 UE ACS 요구사항인 ACS1, ACS2 그리고 ACS3로 결정될 수 있다. 예를 들어 피간섭원이 LTE일 경우, Average는 그림 4와 식(7)로부터 표 2와 같이 구해진다. 표 2에서, ACS1 33dB는 UE ACS 요구사항<sup>[2]</sup>, ACS2 34.3dB와 ACS3 46.3dB는 기준감도인 -95dBm과 UE ACS 요구사항

표 2. 하향링크 ACIR

	피간섭원	
	10 MHz LTE	40 MHz LTE-A
ACS1[dB]	33.0	-
ACS2[dB]	34.3	-
ACS3[dB]	46.3	-
ACIR[dB]	$39 + X$	$30 + X$

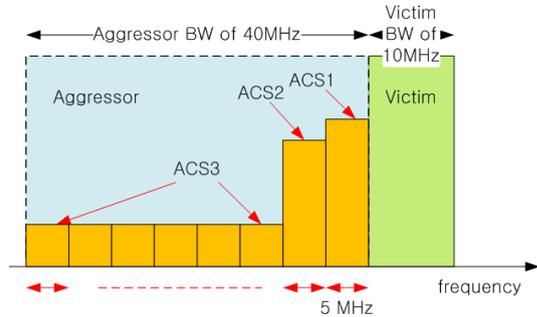


그림 4. 하향링크 ACIR 모델

으로부터 유도 된다. X는 상향링크에서와 같이 Average에 대한 ACIR 오프셋이다.

$$\frac{1}{10^{0.1 \cdot Average}} = \frac{1}{40} \cdot \left( \frac{5}{10^{0.1 \cdot ACS1}} + \frac{5}{10^{0.1 \cdot ACS2}} + \frac{30}{10^{0.1 \cdot ACS3}} \right) \quad (7)$$

전력제어(Power Control) 모델

전력제어는 상향링크에만 적용되고, 하향링크에는 RB당 전송전력이 일정하다고 가정한다. 상향링크 전력제어 시 UE의 전송파워는 식 (8)과 같이 설정된다.

$$P_i = P_{max} \times \min \left\{ 1, \max \left[ R_{min}, \left( \frac{PL}{PL_{x-ile}} \right)^\gamma \right] \right\} \quad (8)$$

$P_{max}$ 는 최대 전송 전력,  $R_{min}$ 은 좋은 채널 상황에 있는 UE가 너무 낮은 전력으로 전송하지 못하도록 하는 최소전력감쇠 비,  $PL$ 은 해당 UE의 경로손실,  $PL_{x-ile}$ 는 shadowing을 포함하는 x 퍼센트의 경로손실, 그리고  $\gamma$ 는 좋은 채널을 갖는 UE와 나쁜 채널을 갖는 UE에 대한 balancing factor로서 0과 1사이의 값이다. 이 전력제어식의 의미는 최대의 경로손실을 갖는 전체의 x 퍼센트에 해당하는 UE들은 최대 전송파워  $P_{max}$ 로 전송한다는 의미이다. 시스템 시뮬레이션에 실제로 사용

표 3. 전력 제어 알고리즘 관련 파라미터

전력제어 Set	$\gamma$	$PL_{e-ile}$ for 10/40MHz (LTE/LTE-A)
Set 1	1	112 - $\Delta$
Set 2	0.8	129 - $\Delta$

※  $\Delta = 21 \cdot \log_{10}(f_i/2.0)$ ,  $f_i$ [GHz]는 반송파 주파수로 여기서는 2GHz를 가정한다.

된 전력제어 관련 파라미터가 표 3에 정리되어 있다.

시물레이션 파라미터

표 4에는 시스템 시물레이션에 이용된 파라미터가 요약되어 있다. 앞에서 이미 언급한 파라미터들은 표에서 제외하였다.

표 4. Coexistence 시스템 시물레이션 파라미터

공통 파라미터	파라미터 값
Environment	Urban Macro
Carrier frequency	2 GHz
eNB antenna gain	15 dBi
eNB antenna height	15 m
MCL	70 dB
Log-normal fade shadow	10 dB
Handover margin	3 dB
White noise power density	-174 dBm/Hz
eNB noise figure	5 dB
UE noise figure	9 dB
Scheduling algorithm	Round Robin
시스템 관련 파라미터	LTE/LTE-A 값
System bandwidth	10 / 40 MHz
eNB max Tx power	46 / 49 dBm
UE max Tx power	23 dBm
UE min Tx power	-40 dBm
Traffic model	full buffer
Resource Block (RB) size	16 RBs (UL) 50/200 RBs(DL)
Number of active UEs	3/12 UEs (UL) 1 UE (DL)

시물레이션 결과

지금까지 앞에서 설명한 시물레이션 가정과 방법들을 이용하여, 간섭원이 40MHz 대역폭을 갖는 LTE-A 시스템이고, 피간섭원이 10MHz 대역폭 LTE 그리고 40MHz 대역폭 LTE-A 시스템인 경우에 관해 coexistence 시스템 시물레이션이 수행되었다. 상향링크 throughput 손실 경우는 전력제어 알고리즘 Set1과

Set2가 모두 사용되었다.

그림 5와 그림 6은 각각 간섭원 40MHz LTE-A 시스템의 eNB와 UE의 간섭으로 인하여 발생한 피간섭원 10MHz LTE/ 40MHz LTE-A 시스템의 하향링크와 상향링크에서의 throughput 손실(평균throughput 손실과 5% CDF throughput 손실)을 나타낸다. 그림 5와 그림 6에서 중요하게 살펴볼 지점은 ACIR 오프셋 값이 '0 dB'인 지점이다. 만약, 평균 throughput 손실과 5% CDF throughput 손실이 ACIR 오프셋 '0 dB'인 지점에서 모두 피간섭원의 손실 허용치인 5%보다 작으면, 기존 TS 36.101의 ACLR과 ACS 규격을 새로 deploy 되는 시스템에서 UE의 RF규격으로 재사용해도 무방하다는 의미를 갖기 때문이다<sup>[2]</sup>. 그러나 이 지점에서 피간섭원의 throughput 손실이 허용치 5%보다 크면 상응하는 규격을 해당하는 값에 준하여 수정해 주어야 한다.

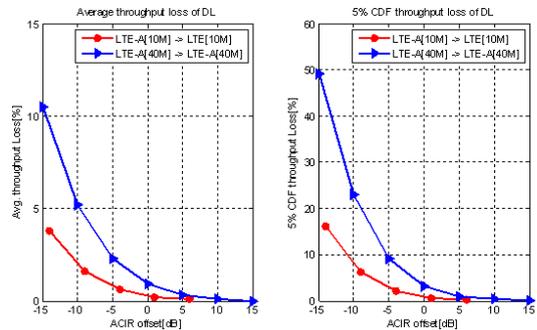


그림 5. 40MHz LTE-A eNB 간섭에 의한 ACIR에 따른 10MHz LTE/40MHz LTE-A 시스템 하향링크 throughput 손실 (a)평균 throughput 손실(b) 5% CDF throughput 손실

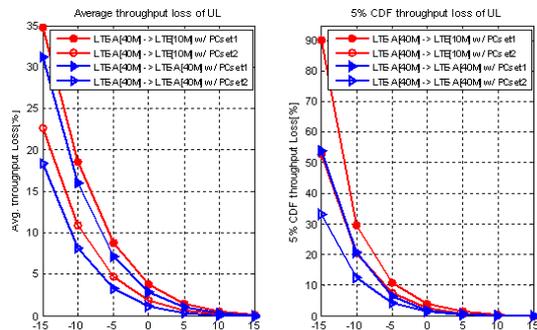


그림 6. 전력제어 Set1,2를 적용한 40MHz LTE-A UE 간섭에 의한 ACIR에 따른 10MHz LTE/40MHz LTE-A 시스템 상향링크 throughput 손실 (a)평균 throughput 손실(b) 5% CDF throughput 손실

먼저 간섭원이 40MHz LTE-A이고, 피간섭원이 10MHz LTE의 결과를 살펴본다. ACIR 오프셋 값이 '0 dB'인 지점에서, 하향링크의 평균 throughput 손실과 5% CDF throughput 손실은 각각 0.3%와 0.9%이다. 그리고 동일한 ACIR 오프셋 값에서 상향링크의 평균 throughput 손실과 5% CDF throughput 손실은, 전력제어 Set 1의 경우 각각 3.8%, 4%이고, 전력제어 Set 2 경우 각각 1.9%와 2.7%이다. 즉 coexistence 시스템 시뮬레이션으로부터 10MHz LTE가 피간섭원일 경우, 하향링크와 상향링크의 모든 관련된 throughput 손실치가 최대 허용 손실인 5%보다 작은 것을 확인할 수 있다.

간섭원이 40MHz LTE-A이고 피간섭원이 40MHz LTE-A인 경우의 결과를 보면, 하향링크에서 ACIR 오프셋 값이 '0dB'인 지점의 평균 throughput 손실과 5% CDF throughput 손실은 각각 0.9%와 3.2%이다. 상향링크의 경우 전력제어 Set 1의 평균 throughput 손실과 5% CDF throughput 손실은 각각 2.9%와 1.9%이고, 전력제어 Set 2 경우는 각각 1.2%와 1.4%이다. 즉 coexistence 시스템 시뮬레이션에서 40MHz LTE-A가 피간섭원일 경우에도 역시 10MHz LTE가 피간섭원인 경우와 동일하게 하향링크와 상향링크의 평균 및 5% CDF throughput 손실은 모두 최대 허용 손실보다 작은 것을 확인할 수 있다.

### III. 결 론

본 논문에서는 3GPP RAN4에서 2010년 상반기에 이루어진 LTE-A 시스템과 LTE / LTE-A 시스템과의 coexistence 연구에 대한 전반적인 내용을 다루었다. 특히 이 연구에 참여하면서 수행한 간섭 분석 및 coexistence 시뮬레이션 관점에서 LTE-A 시스템이 기존 LTE 시스템이나 새로운 LTE-A 시스템과 같이 망에 설치될 경우 미치게 될 간섭에 의한 기존 시스템의 성능 열화를 살펴보았다. 결론적으로 본 연구를 통해서 우리는 40MHz 대역확장을 갖는 LTE-A 시스템이 기존의 LTE 시스템이나 LTE-A 시스템과 같은 지역에 설치되더라도 간섭에 의한 영향이 적어서 LTE-A용 UE의 ACLR과 ACS와 같은 인접대역 관련 송수신 RF 규격의 일부는 대역 내 연속 대역 확장의 경우, 기존 LTE 규격을 재사용 해도 된다는 것을 기존 시스템의 최대 허용 손실 측면에서 확인할 수 있었다. 추가적으로 본 연구를 통해서 이동통신사업자들이 새로운 주파수 대역이나 전송대역폭을 이용해서 이동통신 서비스를 제공할 경우 기존 시스템에 대한 간섭

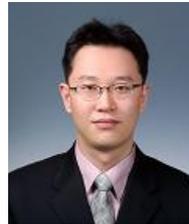
의 영향을 최소화 하기 위한 coexistence 연구가 우선적으로 수행되어야 하고 이를 통해 검증된 송·수신 RF관련 규격을 표준에 반영하는 절차로 표준제정이 진행된다는 점을 이해하기 바란다.

### 참 고 문 헌

- [1] 윤영우, "LTE-Advanced 주요 표준화 동향", 한국통신학회지 (정보와 통신), 제26권 제12호 2009.11, pp.3-18
- [2] 3GPP TR36.942, "Radio Frequency(RF) System Scenarios", v8.2.0, May 2009.
- [3] 3GPP TS36.101, "E-UTRA: UE Radio Transmission and eception", v9.3.0, Mar.2010.
- [4] 3GPP TS36.213, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA): Physical layer procedures", v9.1.0, Mar.2010.
- [5] 3GPP R4-102225, RAN4 #55, May, 2010

이 상 욱 (Sang-Wook Lee)

정회원



1994년 2월 서울대학교 전자공학  
학과  
1996년 2월 서울대학교 전자공  
학과 석사  
2001년 2월 서울대학교 전기·  
컴퓨터공학부 박사  
2001년 3월~현재 LG 전자  
책임연구원

<관심분야> 3GPP UMTS/LTE/LTE-A 이동통신 시스템, 차세대 이동통신 시스템

양 윤 오 (Yoonoh Yang)

정회원



1996년 2월 고려대학교 전자공  
학과  
1998년 2월 고려대학교 전자공  
학과 석사  
1998년 3월~현재 LG 전자 책  
임연구원

<관심분야> 3GPP UMTS / LTE / LTE-A 이동통신 시스템, 차세대 이동통신 시스템

조 준 호 (Junho Jo)

정회원

1999년 2월 고려대학교 전자공학과

2001월 5월 Polytechnic Institute of NYU ECE 석사

2008월 1월 Polytechnic Institute of NYU ECE 박사

2008년 1월~현재 LG전자 책임연구원

<관심분야> Cognitive Radio, 차세대 이동통신 시스템