

LTE/LTE-Advanced 시스템간 채널 간섭분석을 통한 주파수 공유 연구

Study on the Spectrum Sharing based on Analysis of Channel Interference between LTE/LTE-Advanced Systems

강영흥*

Young-Heung Kang*

요 약

3GPP의 LTE/LTE-Advanced 시스템은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술적용으로 주파수 할당에 의한 간섭분석 및 주파수 공유평가가 중요하다. 이에 본 논문에서는 LTE 두 사업자/시스템간의 인접채널 간섭 분석에 의한 주파수 공유연구를 수행하였다. 업링크 및 다운링크에서의 시스템 용량 및 스루풋(throughput) 손실에 대한 시뮬레이션 분석이 이루어져 5% 손실율의 주파수 공유기준으로 요구되는 ACIR(Adjacent Channel Interference Ratio) 값을 정의하였다. 유저(user)의 위치, 간섭 대역폭, 시스템 분리 오프셋(separation offset) 등의 파라미터들에 의해 주파수 공유를 위해 요구되는 ACIR 값에 미치는 영향이 분석되었으며, 이러한 결과 데이터 및 간섭분석 방법들은 향후 LTE RF 표준 및 주파수 유효이용에 참고자료로 활용될 것이다.

Abstract

Since OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) technology is applied into LTE(Long Term Evolution)/LTE-Advanced system, it is important to estimate the spectrum sharing and to analyze interference in LTE system based on the characteristics of frequency assignment. Therefore, in this paper, a study on the adjacent channel interference between two operators/systems to provide LTE services. For co-existence of LTE systems, the relative capacity loss and the relative throughput loss in uplink and downlink have been simulated to evaluated ACIR(Adjacent Channel Interference Ratio) values with 5% loss rate. Some parameters such as the location of user, aggressor bandwidth, and the separation offset affect the required ACIR value for spectrum sharing, and these results and interference analysis schemes in this article can provide reliable reference for LTE RF standardization and efficient frequency utilization in future.

Key words : LTE/LTE-Advanced System, Capacity, Throughput, Spectrum Sharing

I. 서 론

3G 기술의 성능을 향상시키기 위해 3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 2004년부터

* 군산대학교 정보통신공학과(Dept. of Information & Telecommunication Eng., Kunsan National Univ.)

· 제1저자 (First Author) : 강영흥

· 투고일자 : 2012년 2월 20일

· 심사(수정)일자 : 2012년 3월 14일 (수정일자 : 2012년 4월 20일)

· 게재일자 : 2012년 4월 30일

E-UTRA(Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network)이라는 3G LTE(Long Term Evolution)을 시작하였으며, 더욱 짧은 지연시간, 고속의 데이터 속도, 향상된 시스템 용량 및 서비스 커버리지의 제공과 전체 비용을 줄이는데 그 목표를 두고 있다. 3GPP에서는 LTE-Advanced를 IMT-Advanced의 superset으로 고려하고 있으며, LTE에 비해서 획기적인 기술의 진보를 예상하기는 어려우나 광대역 지원, 다중안테나 확장, 네트워크 협업 통신 등의 분야에서는 여러 가지 개량이 예상되고 있다[1][2]. OFDMA(Orthogonal frequency Division Multiplexing Access) 기술이 LTE/LTE-Advanced 시스템의 핵심기술이며 이는 셀 내의 간섭을 제거하기 때문이다[3][4].

그런데 LTE/LTE-Advanced 시스템을 독점적으로 사용하기 위한 전용 주파수 대역이 없으므로 사업자 간 인접채널에서 서비스가 진행되고 있고 향후 서비스 향상을 위한 주파수 확보노력이 치열해 지고 있다. 현재 전세계적으로 주파수 자원이 부족하여, 새로운 기술 도입을 위한 주파수 할당이 쉽지 않은 상황으로 미국, 일본 등 해외 주요국 들은 스마트 기기의 급속한 확산에 따라 모바일 트래픽 폭증에 대비하기 위해 차세대 이동통신 주파수 확보에 박차를 가하고 있다. LTE 표준은 FDD와 TDD를 모두 지원하며, 사용 주파수는 700/800MHz 대역(DTV 전환 후 여유 대역), 800/900/1800MHz 대역(2G 이동통신), 2.5-2.6GHz 대역이 핵심대역으로 주요국들은 LTE 서비스 제공을 위한 4GHz 이하 대역 주파수 확보를 중점적으로 추진하고 있다. 국내에서는 LG U+, SKT, KT 이통3사 모두 LTE 도입을 시작으로 국내 이동통신망은 LTE를 거쳐 LTE-Advanced로 진화할 전망이다[5].

주파수 부족문제 해결 및 서비스간 간섭을 줄이면서 주파수를 효율적으로 관리하기 위한 방안의 하나로 이전부터 주파수 공유에 대한 연구가 진행되어 왔으며, 3GPP RAN Working Group 4, E-UTRA 시스템을 포함하는 주파수 공유연구[4], 두 E-UTRA 시스템간 또는 E-UTRA와 UTRA 시스템간의 주파수 공유연구[6], WiMax와 UTRA 시스템간의 간섭분석[7]이 이루어져 왔지만, OFDMA에 기반한 LTE/LTE-Advanced 시스템의 인접대역 채널 대역폭

등에 의한 간섭분석 및 주파수 공유에 대한 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 OFDMA에 기반한 LTE/LTE-Advanced 시스템간의 간섭분석 및 주파수 공유에 대한 연구를 수행하였다. II장에서는 업링크와 다운링크에서의 시뮬레이션 가정 및 방법, III장에서는 인접채널에서 발생하는 간섭에 대한 ACIR(Adjacent Channel Interference Ratio)[3]을 결정하기 위한 방법을 설명하였다. IV장에서는 전형적인 간섭 시나리오에 대한 Monte-Carlo 시뮬레이션을 수행하여 그 결과를 평가하였다. 마지막으로 V 장에서 결론을 내린다.

II. 시스템 시뮬레이션 가정 및 방법

이 장에서는 LTE/LTE-Advanced(이하 LTE) 주파수 공유연구를 위해 전형적인 Monte-Carlo 시뮬레이션 방법이 수행된다. 또한, Round Robin 스케줄러(scheduler), 풀버퍼(full buffer) 트래픽 모델 및 1/1의 주파수 재사용 모델이 적용된다. 더구나 LTE 시스템은 완전한 직교성(orthogonal) 시스템으로 가정할 수 있다면, 단지 업링크상의 MS(mobile station)들이 동일 서브캐리어(sub-carrier) 즉 주파수 리소스 블록(resource block)으로 할당되어 타셀(other-cell) 및 시스템간(intra-system) 간섭을 야기한다.

2-1 셀 레이아웃

두 LTE 시스템의 간섭시나리오를 그림 1에 보인다. 여기서, 19cells/57sectors 레이아웃(layout)을 고려하며, BS(base station)간 거리 ISD(inter-site distance)는 3.46km이고, 셀 반경은 2km이다. Wrap-around 기술이 경계효과(edge effect)를 제거하는데 사용된다. 실선과 점선의 셀들은 피간섭/간섭 시스템을 나타내며, 'o' 표시는 피간섭 MS '+' 표시는 간섭 MS들의 분포의 한 예를 보인다. 업링크 및 다운링크에서의 시스템 용량(capacity)은 각 MS의 C/I를 계산하여 C/I 목표치 -2.5dB의 품질을 만족시키는 음성(voice) 유저의 수로 정의된다. 단일 시스템의 용량 N_s 과 다사업자

(multi-operator) 경우의 시스템 용량 N_m 이 얻어지면, 상대 시스템 용량은 N_s/N_m 에 의해 계산된다.

$$I_{other, up}(j, k) = \sum_{l=1, l \neq j}^{N_{cell}} P_c(l, k) \times PL(MS'_{l, k}, BS_j) \quad (3)$$

$$I_{other, down}(j, k) = \sum_{l=1, l \neq j}^{N_{cell}} P_{BS}^{UE} \times PL(MS_{j, k}, BS_l) \quad (4)$$

또한, I_{intra} 는 인접채널에 놓여 있는 시스템으로부터의 간섭을 나타내며, 업링크와 다운링크에서 다음과 같이 표현된다.

$$I_{intra, up}(j, k) = \sum_{m=1}^{N_{cell}} \sum_{v=1}^K P_{c, intra}(m, v) \times PL(MS_{m, v, intra}, BS_j) \times ACIR(v) \quad (5)$$

$$I_{intra, down}(j, k) = \sum_{m=1}^{N_{cell}} P_{BS, intra}^{UE} \times PL(MS_{j, k}, BS_{m, intra}) \times ACIR \quad (6)$$

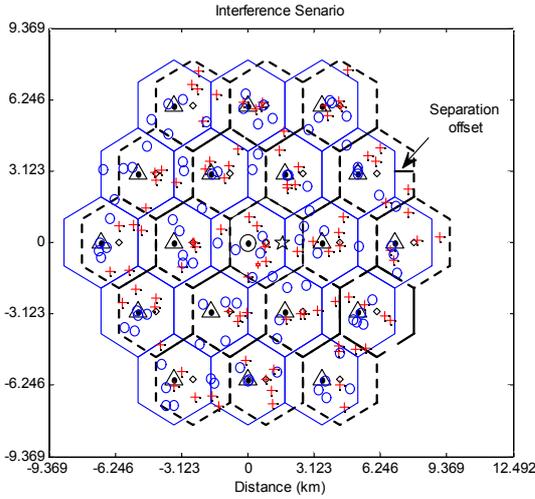


그림 1. 간섭 시나리오
Figure 1. Interference Scenario

2-2 업링크 및 다운링크 C/I

시스템 에리어상에 충분히 많은 유저들(MS)이 랜덤하게 일정분포를 하고 있다고 가정하여 각 셀내에 핸드오프 마진 3dB의 동일 K 유저들이 액티브(active) 유저로 할당된다면, 업링크 및 다운링크에서의 C/I는 각각 식(1)과 (2)로 나타낼 수 있다.

$$C/I_{up} = \frac{P_c \times PL_{MS-BS}}{I_{other, up} + I_{intra, up} + N_t} \quad (1)$$

$$C/I_{down} = \frac{P_{BS}^{UE} \times PL_{BS-MS}}{I_{other, down} + I_{intra, down} + N_t} \quad (2)$$

여기서, P_c 는 2.3절에 설명하는 업링크 전력제어 송신전력, P_{BS}^{UE} 는 다운링크 송신전력(= P_{BS}^{Max} / K , P_{BS}^{Max} 는 BS의 최대 송신전력)이며, PL_{MS-BS} 및 PL_{BS-MS} 는 2.4절에 설명하는 업링크 및 다운링크의 경로손실, N_t 는 열잡음이다.

한편, I_{other} 는 다른 셀로부터의 간섭을 나타내며, 셀 j 내의 k 유저에 대한 업링크 및 다운링크에서 다음과 같이 표현된다.

여기서, ACIR(Adjacent Channel Interference Ratio)은 인접채널에서 수신필터 후의 측정된 전력에 대한 송신전력의 비이며[4], 다음과 같이 얻어진다.

$$ACIR = \frac{1}{1/ACLR + 1/ACS} \quad (7)$$

ACLR(Adjacent Channel Leakage Power Ratio)는 인접채널상의 중심에서 수신기 후단 측정된 mean 전력에 대한 할당된 채널 주파수 중심에서의 송신기 mean 전력의 비로 정의되며, ACS(Adjacent Channel Selectivity)는 인접채널 주파수상에서의 수신기 필터 감쇄에 대한 할당된 채널 주파수상에서 수신기 필터 감쇄의 비로 정의 된다.

2-3 전력제어 기법

다운링크상에는 전력제어 메카니즘이 사용되지 않지만, 업링크상에는 다음 식의 전력제어가 적용된다[4].

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

여기서 P_{max} 는 최대 송신전력, R_{min} 은 양호한 채널을 보유한 유저에게 매우 낮은 전력레벨로 송신하는 것을 방지하기 위한 최소 전력저감 비, PL 은 경로손실, PL_{x-ile} 은 shadowing을 포함하는 x-percent 경로손실 값으로 가장 큰 경로손실에서 P_{max} 로 송신하는 유저의 x-percent를 의미한다. $\gamma(0 < \gamma \leq 1)$ 은 balancing factor이다. 본 논문에서는 $\gamma = 1$ 과 $PL_{x-ile} = 112\text{dB}$ 을 사용한다[4].

2-4 전파모델

BS와 BS간에는 Dual-slope LOS(line-of-sight) 전파 모델이 사용된다[8]. BS와 MS간에는 만일 주파수가 900MHz 이상이면, vehicular 측정환경하의 전파모델이 채택되지만, 그 이외에는 Hata 모델이 고려된다 [3],[4].

2-5 BS 안테나 특성

본 논문에서 각 셀당 3 섹터를 위해 사용되는 기지국(BS) 안테나 방사특성을 그림 2에 보이며, 다음과 같이 정의 된다[4].

$$A(\theta) = -\min \left[12 \left(\frac{\theta}{\theta_{3dB}} \right)^2, A_m \right] \quad \text{where } -180 \leq \theta \leq 180 \quad (9)$$

여기서, θ_{3dB} 는 65도에 해당되는 3dB 빔폭, $A_m = 20\text{dB}$ 는 최대 감쇠값이다.

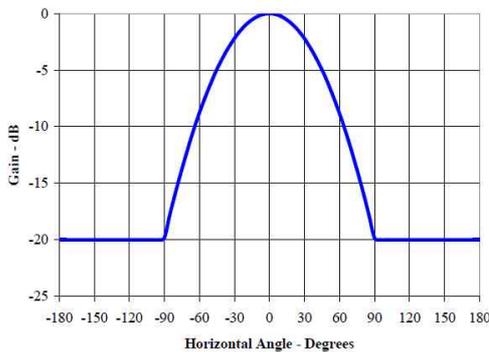


그림 2. 3 섹터를 위한 안테나 패턴
Figure 2. Antenna pattern for 3-sector cells

III. ACIR 모델

두 LTE 시스템이 동일지역에서 서비스가 이루어질 때 인접채널에서의 주파수 공유문제를 분석하기 위해 기존의 E-UTRA 시스템에서 수행되어 온 ACIR 모델[4]을 이용한다. 다운링크에서 모든 주파수 리소스 블록(RB)에 대해 동일한 ACIR이 사용된다. 업링크에서 ACIR은 MS ACLR에 의해 지배된다고 가정한다. 예를 들어, 5MHz LTE 피간섭 시스템 (victim system)에 대한 모델은 <표 1>에 주어진다. 만일 간섭 유저가 피간섭 시스템의 대역 가장자리 (edge)에 인접하고 있다면, $30 + x \text{ dB}$, 그렇지 않으면 $43 + x \text{ dB}$ 를 취한다.

표 1. 5MHz 피간섭 시스템에 대한 ACLR 모델
Table 1. ACLR model for 5MHz interfered system

E-UTRA	Number of RBs per UE	Bandwidth (B _{aggressor})	ACLR dB/ B _{aggressor}	
			Adjacent to edge of victim RBs	Non Adjacent to edge of victim RBs
5 MHz	4	4 RB (4 × 375 kHz)	30 + X (less than 4 RBs away)	43 + X (more than 4 RBs away)
10 MHz	8	8 RB (8 × 375 kHz)	30 + X (less than 8 RBs away)	43 + X (more than 8 RBs away)
15 MHz	12	12 RB (12 × 375 kHz)	30 + X (less than 12 RBs away)	43 + X (more than 12 RBs away)
20 MHz	16	16 RB (16 × 375 kHz)	30 + X (less than 16 RBs away)	43 + X (more than 16 RBs away)

X serves as the step size for simulations, X = ... -10, -5, 0, 5, 10... dB

예를 들어 20MHz E-UTRA UE(user equipment) 간섭 시스템이 10MHz E-UTRA UE 피간섭 시스템에 주는 인접채널 ACLR의 모델을 그림 3에 보인다. 10MHz 피간섭 시스템에 있어 두 개의 UE는 $30 + X$ 의 ACLR에 영향을 받지만, 하나의 UE는 $40 + X$ 의 ACLR에 의해 영향을 받는다.

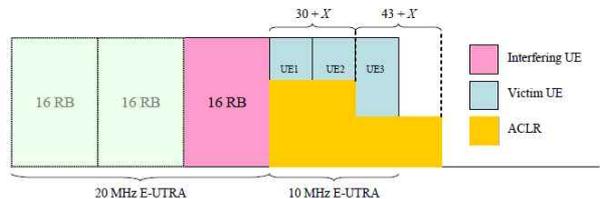


그림 3. 10MHz E-UTRA UE에 미치는 20MHz E-UTRA 간섭 시스템
Figure 3. 20MHz E-UTRA UE aggressor to 10MHz E-UTRA UE victims

IV. 시뮬레이션 결과 및 검토

이 장에서는 전형적인 간섭 시나리오에서 동일지

역에서 인접채널로 운용되는 LTE 시스템의 성능열화를 계산한다. 두 시스템간의 거리 오프셋(offset), 주파수 대역에 의한 시뮬레이션 결과를 나타내며, 업링크 및 다운링크에서의 상대 시스템 용량 및 상대 스�루풋(throughput) 손실 결과들이 비교되고 분석된다. 주파수 공유분석을 위한 시스템 파라미터는 <표 2>와 같다.

표 2. 시뮬레이션 파라미터
Table 2. Simulation parameters

주파수 대역	2MHz
셀반경	2km
주파수 대역폭	5/10/15MHz
BS 최대송신전력	43dBm
MS 최대/최소 송신전력	24/-30dBm
BS/MS 안테나 이득	15/0dBi
BS/MS C/I 임계치	-2.5dB

4-1 다운링크 주파수 공유 분석

대역폭이 5MHz로 동일한 두 LTE 시스템간의 세가지 분리거리에 대한 다운링크에서의 상대 시스템 용량(capacity) 손실의 시뮬레이션 결과를 그림 4에 보인다. 분리 오프셋(separation offset)에 따라 한 LTE 기지국(BS)이 타 LTE 이동국(MS)에 미치는 간섭 시나리오에 다르게 영향을 준다는 점을 알 수 있으며, 다운링크의 상대 시스템 용량이 두 시스템의 분리거리가 증가함에 따라 감소한다. 예를 들면 5%의 상대 손실을 가정할 때, 두 시스템이 동일위치, 즉 offset = 0km에서 필요한 ACIR 값은 -12dB이다. 두 시스템 오프셋이 1.73km일 때, 즉 한 LTE 기지국이 타 LTE 시스템의 셀 경계(edge)에 놓일 때, 필요 ACIR은 -7.5dB로 높아진다. 이 결과는 셀 경계에 놓이는 대부분의 유저들이 열악한 채널을 갖고 있어 두 시스템의 오프셋이 증가하면 열악한 채널의 이 유저들이 타 LTE 기지국 근처에 놓이게 되어 더욱 심한 간섭을 받게 된다. 비교적 셀 중심에 놓여 양호한 채널을 갖는 다른 유저들은 시스템에 의한 간섭에 덜 영향을 받게 된다. 그러므로 셀 경계에서의 유저 성능이 평균 시스템 성능

에 강한 영향을 주므로 그 결과 두 시스템간의 오프셋이 증가함에 따라 다운링크에서의 시스템 용량이 발생하게 된다.

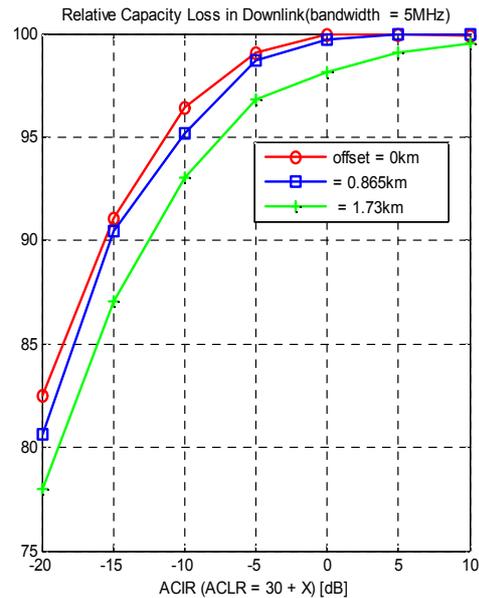


그림 4. 분리거리에 따른 다운링크 상대 시스템 용량 손실
Figure 4. Relative capacity loss in downlink due to the separation offset.

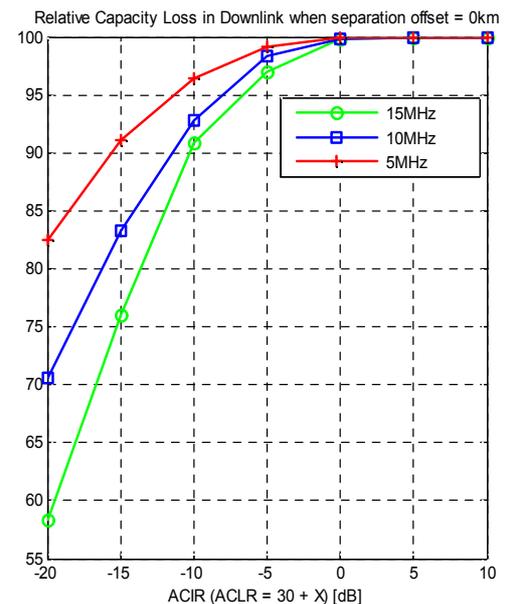


그림 5. 간섭 대역폭에 따른 다운링크 상대 시스템 용량 손실
Figure 5. Relative capacity loss in downlink with the aggressor bandwidths.

그림 5에 두 시스템이 동일지역에서 서비스가 이루어질 때(즉,거리 오프셋이 0km), 간섭 시스템의 대역폭에 따른 다운링크에서의 상대 시스템 용량 손실에 대한 시뮬레이션 결과를 보인다. 여기서 피간섭 시스템은 5MHz 대역폭으로 고정할 때 <표 1> 및 그림 3에서의 대역폭 간섭효과에 의해 대역폭이 넓은 시스템이 강한 간섭영향을 준다는 점을 알 수 있다.

그림 5로부터 5%의 상대 손실율을 감안할 때 두 시스템이 동일지역에서 인접대역 주파수 공유를 위해서는 대역폭이 5, 10, 15MHz로 증가함에 따라 -12, -8, -7dB의 ACIR 값이 필요하다. 그림 1의 간섭 시나리오에 별표(☆)로 나타낸 기준유저(reference user)의 두 극단적인 위치, 즉 가장자리 및 기지국에 놓일 때의 상대 스루풋에 대해 시뮬레이션을 수행하여 그 결과를 그림 6에 나타내었다. 유저가 셀 경계에 가까이 있으면 스루풋에 대한 성능열화가 상당히 크게 나타나고 특히 간섭 시스템의 기지국이 셀 경계에 놓이는 경우(즉 분리 오프셋 = 1.73km)가 더욱 열화가 심하다. 유저가 기지국 가까이 있다면 반대로 동일지역에서(즉 분리 오프셋 = 0km) 스루풋 성능열화가 심하다는 것을 알 수 있다.

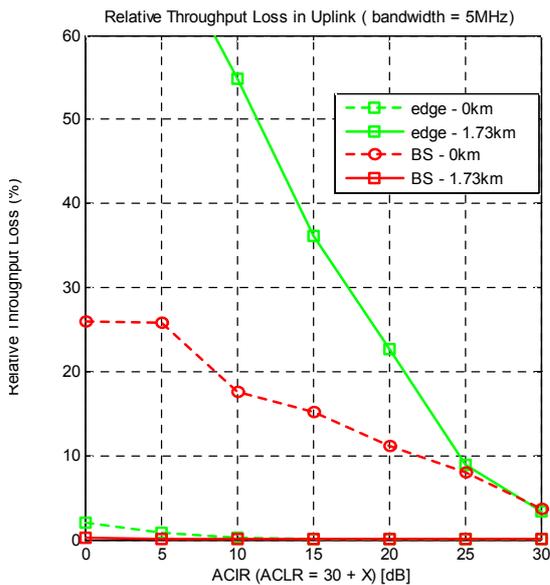


그림 6. 유저의 위치에 따른 스루풋 성능
Figure 6. Relative throughput loss with the victim user location.

그림 7은 유저가 셀 경계에 놓일 때의 대역폭과

분리 오프셋에 따른 스루풋 성능에 대한 시뮬레이션 결과를 비교해 나타내었다. 이 결과로부터 5%의 스루풋 손실을 고려하여 주파수 공유를 위한 ACIR 값은 최저 0dB에서(간섭 대역폭 5MHz, 분리 오프셋 = 0km) 30dB이상(간섭 대역폭 15MHz, 분리 오프셋 = 1.73km)의 분포를 보이면서 대역폭이 넓을수록, 분리 오프셋이 클수록 스루풋 성능 열화가 크게 증가함을 알 수 있다.

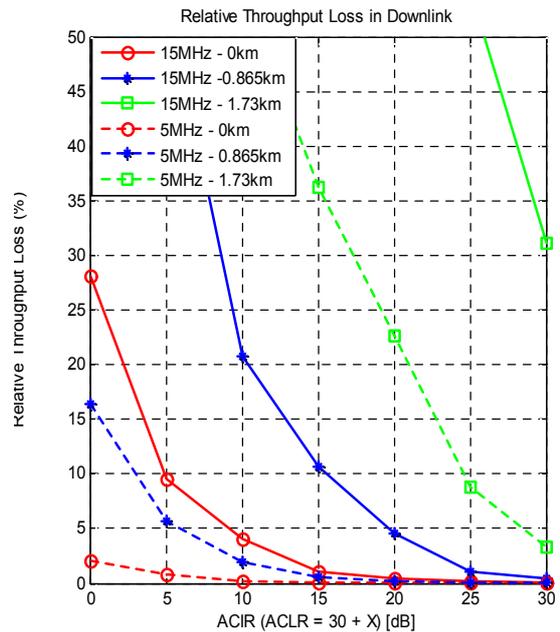


그림 7. 대역폭과 분리 오프셋에 따른 다운링크 상대 스루풋 성능
Figure 7. Relative throughput loss in downlink with aggressor bandwidth and separation offset.

4-2 업링크 주파수 공유 분석

그림 8은 두 시스템이 동일지역에 놓일 때(즉, 분리 오프셋 = 0km), 간섭 대역폭에 따른 업링크에서의 시스템 용량 손실을 나타낸다. 5%의 시스템 용량 손실을 고려할 때, 대역폭이 5, 10, 15MHz로 증가함에 따라 주파수 공유에 필요한 ACIR 값은 -8, -5.5, -3dB로 증가하며, 그림 5의 다운링크에서의 ACIR 보다 4dB 정도 큰 값이 요구된다. 그림 9는 간섭 대역폭과 두 시스템간의 분리 오프셋에 따른 업링크에서의 상대 스루풋 성능 손실을 나타낸다.

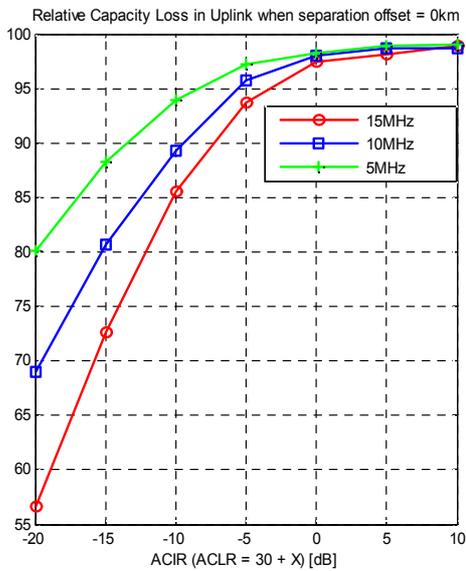


그림 8. 간섭 대역폭에 따른 업링크 상대 시스템 용량 손실
Figure 8. Relative capacity loss in uplink with the aggressor bandwidths.

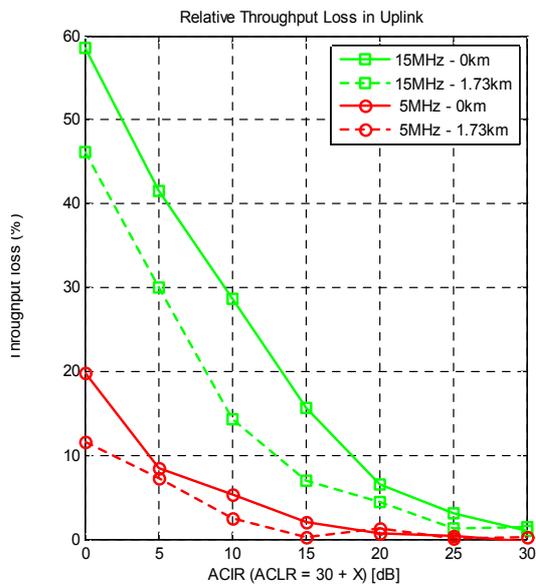


그림 9. 대역폭과 분리 오프셋에 따른 업링크 상대 스루풋 성능
Figure 9. Relative throughput loss in uplink with aggressor bandwidth and separation offset.

시스템 분리 오프셋에 대해서는 다운링크와 반대로 분리거리가 클수록 스루풋 성능열화가 오히려 줄어들고 있으며, 두 시스템이 동일지역에 놓을 때(즉, 분리 오프셋 = 0km)가 최악의 성능열화를 보인다. 간섭 주파수 대역폭에 대해서는 다운링크와 마찬가지로 대역폭이 넓을수록 스루풋 성능열화가 증가함을 알

수 있다. 5% 손실율을 주파수 공유조건이라 가정하면, 분리 오프셋이 0km일 때, 대역폭이 5MHz에서 15MHz 넓어짐에 따라 필요한 ACIR 값은 10dB에서 23dB로 증가하며, 이는 다운링크 보다 약 10dB 이상의 ACIR이 큰 값을 가져야 함을 보여준다.

V. 결 론

본 논문에서는 OFDM에 기반한 LTE/ LTE-Advanced 시스템간의 인접채널 영향에 의한 간섭분석을 통해 주파수 공유연구를 수행하였다. 업링크 및 다운링크에서의 시스템 용량 및 스루풋(throughput) 손실을 분석하여 5% 손실율의 주파수 공유기준으로 요구되는 ACIR 값을 분석하였다. 다운링크에서는 시스템 분리거리가 클수록, 간섭 대역폭이 넓을수록 시스템 용량 손실 및 스루풋 성능 열화가 증가한 반면, 업링크에서는 간섭 대역폭이 넓을 때는 다운링크와 유사하나 시스템 분리 거리에 있어서는 다운링크와 반대의 현상이 일어났다. 한편, 다운링크에서도 유저의 위치가 셀 경계에 있는 경우와 기지국 근처에 놓이는 경우에 따라 반대의 결과가 얻어진다. 이는 시스템의 분리 오프셋이 1.73km일 때, 즉 간섭 기지국의 위치가 셀 경계에 놓일 때 채널 환경이 열악한 경계면에 있는 유저들에 미치는 간섭영향이 매우 크게 되어 시스템 성능을 열화시키기 때문이다. 따라서 대역폭 및 시스템 분리 오프셋 뿐만아니라 그 이외의 파라미터들을 고려한 FDD 또는 TDD 주파수 분배 등이 이루어져야 두 LTE 사업자간의 간섭회피를 통한 효율적인 주파수 관리가 가능하게 될 것이다. 본 논문의 결과 데이터 및 간섭분석 기법들은 향후 LTE RF 표준화 및 주파수 유효이용 등에 중요한 참고 자료로 활용될 것이다.

참 고 문 헌

[1] 이현우, "LTE 및 LTE-Advanced 표준화 동향," *TTA Journal*, No. 124, pp. 75-79, July, August 2009.
[2] 강영홍, "MIMO SDMA에 기반한 IMT-Advanced 시스템과 FWA 시스템간의 주파수 공유," *한국향향*

학회 논문지, 제 14 권 제6호, pp.808-816, 2010.12.

- [3] 3GPP TR 25.814 V7.1.0, "Physical layer aspects for evolved Universal terrestrial Radio Access (UTRA)," *3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Networks, Technical Report*, 2006.
- [4] 3GPP TR 36.942 V8.1.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio access(E-UTRA); Radio Frequency (RF) system scenarios (Release 8)," *3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Networks, Technical Report*, 2008.
- [5] 이경실, 석왕현, 송영근, "LTE 시장현황 및 전망" *전자통신동향분석 제26 권 제4호*, pp.152-164, 2011년 8월.
- [6] C. Xiang, J. Xianowi, P. Moorut, R. Love, S. Yakun, X. Weimin, A. Ghosh, and E. Fernandes, "Coexistence analysis involving 3GPP Long Term Evolution," in *Vehicular Technology Conference, 2007. VTC-2007 Fall. 2007 IEEE 66th*, pp.225-229, 2007.
- [7] Z. Ruiming, Z. Xin, L. Xi, H. Yang, and Y. Dacheng "Coexistence study in the 2500-2690MHz band between WiMAX and WCDMA systems," in *Vehicular Technology Conference, 2008. VTC-2008 Spring. 2007 IEEE 68th*, 2008, pp.1-6.
- [8] ITU-R M.1225, "Guidelines for evaluation of radio transmission technologies for IMT-2000," *International Telecommunication Union, Report*, 1997.

강 영 흥 (姜榮興)



1984년 2월: 한국항공대학교 통신공학과(공학사)

1986년 2월: 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1993년 2월: 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1988년 3월~1990년 2월: 한국항공대 통신공학과 조교

1995년 8월~1996년 8월: 일본 오사카대학 개원교수

2003년 8월~2005년 2월: 영국 York대학 방문교수

1990년 4월~현재: 군산대학교 전자정보공학부 교수

관심분야: 위성통신공학, 통신공학, 이동통신공학
정보통신 표준화, USN