논문 2011-48TC-3-6

각 셀 영역의 사용자 분포에 따른 셀간 간섭 조정 기법의 성능 분석

(Performance Analysis of Inter-cell Interference Coordination through Zone Distribution in Cell)

윤 길 상*, 서 창 우*, 황 인 태**

(Gil-sang Yoon, Chang-woo Seo, and In-tae Hwang)

요 약

현재의 이동 통신 환경에서 셀룰러 시스템에서의 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술의 사용은 이미 보편화 되었다고 봐도 과언이 아닐 정도이다. 그러나 최근 스마트폰의 사용의 급증에서 나타난 가장 큰 문제점을 보면 알 수 있듯이 이와 같은 셀룰러 시스템 환경은 인접 셀간의 간섭 문제가 심각하게 작용한다. 본 논문에서는 기존에 제안된 알고리즘의 성능이 각 셀 영역에서 사용자 분포에 어떤 관계가 있는지 알아보고 이를 모의실험을 통해 확인하도록 한다. 그 결과, 적절한 셀 영역의 사용자 분포를 확인하였으며 이를 통해 셀간 간섭 완화 기법의 성능에도 영향을 미치는 것을 확인하였다.

Abstract

OFDM technology is already commonplace in the current mobile communication system environment. However, inter-cell interference causes many problems in the cellular system as seen from the problem caused by the surge in the use of smart phones. In this paper, we will research how user distribution influences a performance of a conventional proposed algorithm in the certain cell area and confirm it through computer simulations. As a result, we proved that there is an appropriate user distribution in the cell. In addition, it has an effect on the performance of inter-cell interference coordination.

Keywords : Inter-cell Interference, Interference Management, LTE, Zone Distribution

Ⅰ. 서 론

이동 통신 기술은 고품질의 대용량 서비스에 대해 고속 지원을 요하는 통신 시장을 만족시키기 위해 끊임없이 발전해왔다. 그 중 조만간 우리 앞에 현실로 다가올 4세대 이동 통신 환경은 이동통신 중 100Mbps 급, 정지 중 1Gbps 급의 데이터 전송 속도를 요구하는 차세대 무선 통신으로 유선과 무선, 통신과 방송 등을 통합하여 언제 어디서나 임의의 정보기기로 고속의 네트워크에 접속을 가능하게 하는 것을 목표로 하고 있다 [1~2].

또한 이와 같은 차세대 이동 통신의 요구에 맞춰나가기 위해 현재의 이동 통신 환경에서 셀룰러 시스템을 OFDM 기술을 채택하여 사용하였으며 이는 이미 보편화 되었다고 해도 과언이 아닐 정도이다. 그러나 고용량, 고품질의 데이터 전송을 요구하는 상황에서 OFDM 기술은 주파수 재사용 및 셀간의 간섭 문제를 낳아내고 있다. 이는 더군다나 최근 스마트폰 사용자의 급증에 따라 각 국내의 이동 통신 서비스 업체들이 겪는 문제

* 학생회원, ** 정회원, 전남대학교 전자컴퓨터공학과
(Chonnam National University)
※ “본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음” (NIPA-2011-C1090-1111-0008)
접수일자: 2010년11월19일, 수정완료일: 2011년3월17일

와 부합하여 더욱 더 이슈화 되고 있는 상황이다.

본 논문에서는 기본적인 셀간 간섭 완화 기법에 대해 살펴본 후, 셀간 간섭 완화 기법이 적용되었을 경우, 셀 자원 분배에서 사용자의 분포가 데이터 전송 등의 성능에 어떠한 영향을 미치고 있는지 모의실험 결과를 통해 알아본다. 그리고 4세대 이동 통신 환경이 다가옴에 따라 부각된 문제인 만큼 본 논문에 제안되는 환경들은 기본적으로 4세대 이동통신의 대비 모델인 LTE (Long Term Evolution) 시스템 환경에 기반을 두고 있다.

Ⅱ장에서는 기본적인 셀간 간섭 완화 기법이 무엇들이 있는지 간략하게 제시한 후 Ⅲ장에서는 본 연구의 기반이 되는 모의실험 환경을 정의하도록 한다. Ⅳ장에서는 모의실험 결과를 통해 셀에서 사용자 분배가 전체 성능에 미치는 영향 및 특성에 대해서 확인하고 마지막으로 결론을 맺도록 한다.

Ⅱ. 셀간 간섭 완화 기법

셀룰러 시스템에서 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 전송 방식을 사용할 경우에 인접 셀간에 간섭이 발생하게 된다. 이는 주파수 재사용 문제와 셀 경계 지역의 UE (User Equipment)의 성능 열화 문제를 발생 시킨다. 이와 같은 현상 및 피해 사례는 최근의 많은 언론 발표를 통해 익히 접할 수 있다. 이러한 셀간 간섭 문제를 해결할 수 있는 셀 간 간섭

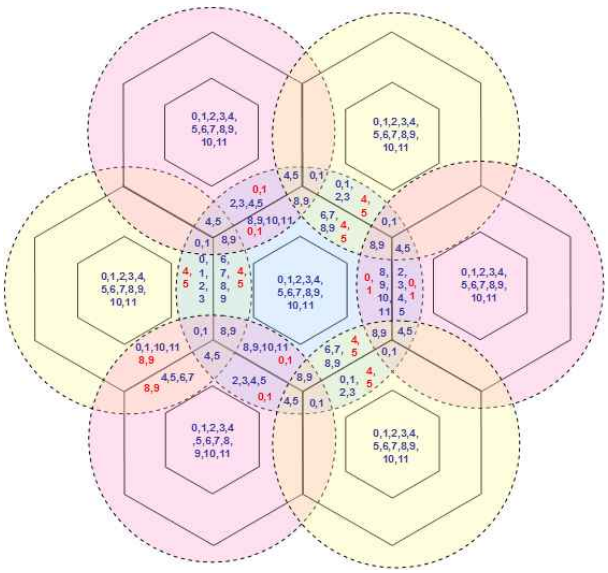

그림 1. 사용된 알고리즘의 Frequency Reuse Concept
Fig. 1. Frequency Reuse Concept of Used Algorithm in This Paper.

표 1. 셀간 자원 할당 기본 구조
Table 1. Basic Structure of PRB Allocation.

PRB	Cell1	Cell2	Cell3
0	X	O	X
1	X	O	X
2	X	O	O
3	X	O	O
4	X	X	O
5	X	X	O
6	O	X	O
7	O	X	O
8	O	X	X
9	O	X	X
10	O	O	X
11	O	O	X

* PRB: Physical Resource Block

완화 기법은 크게 셀간 간섭 평균화 기법, 셀간 간섭 조정 기법, 셀간 간섭 제거 기법으로 분류되며, 현재 기본적인 방식에 대해서는 많은 방법들이 제안되었다[3~8].

각 셀들에 여러 가지 형태로 주파수를 재사용 하는 FFR (Fractional Frequency Reuse) 방식이 Qualcomm, Alcatel 등에 의해 제안되었고[3~4] 전력 자원 등을 사용하여 주파수 재사용을 좀 더 세분화한 SFR (Soft Frequency Reuse) 방식이 Huawei, Ericsson 등에 의해 제안되었다[5~6]. 그 외에도 Cell- specific interleaving과 Cell-specific scrambling을 이용한 셀간 간섭 랜덤화 기법과 Interference Rejection Combining을 이용한 셀간 간섭 제거 기법 등 여러 가지 방법들이 제시되었으며[7~8] 더 발전되어 나가고 있다.

그리고 본 논문에서 기반으로 할 셀간 간섭 완화 기법은 FFR 기법을 기반으로 한 간섭 관리 기법으로 특정 문턱값을 통해 자원을 할당하는 구조이다. 사용된 기법의 주파수 재사용 기본 구조와 셀간의 자원 할당은 그림 1과 표 1로 정의 된다[9~10].

Ⅲ. 모의실험 환경

모의실험은 4세대 이동통신을 대비하여 3GPP LTE 표준을 따라 간략화한 시스템 레벨 시뮬레이션으로 이루어졌다. 주요 변수 값들은 표 2와 같다[11].

다음으로 본 연구의 모의실험 결과 및 분석에 필요한 정의가 Zone naming이다. 이는 각 셀의 부분들을 좀 더 세부적으로 나누어 이름을 부여함으로써 셀 간섭 관

표 2. 시스템 레벨 시뮬레이션 파라미터
Table 2. The System Level Simulation Parameters.

Parameter	Value
Cell Structure	Hexagonal grid, 3-tier, 19 cell sites, 3 sector per site
Antenna	BS: 1, MS: 1
PRB	Freq. BW=900 kHz Time Duration=1 msec
Center Freq.	2.0 GHz
Bandwidth	10.8 MHz
Cell Radius(R) =ISD/$\sqrt{3}$	$500/\sqrt{3} \cong 289$ m → Interference limited Micro Cell
Path Loss	L=128.1+37.6log10(R), R in kilometers

* ISD: Inter Site Distance

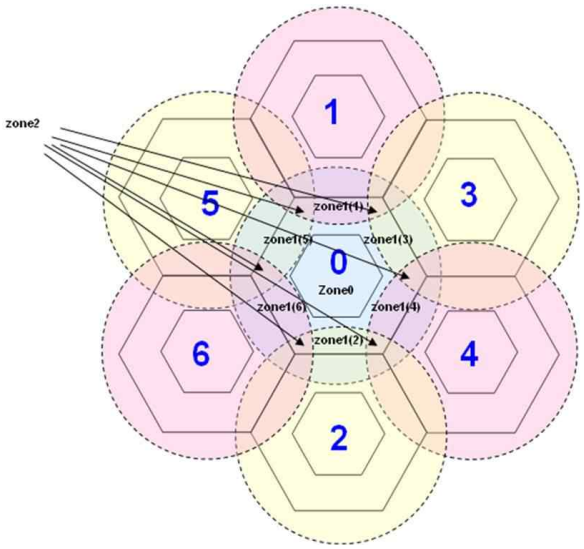

그림 2. Zone naming의 설정 방법
Fig. 2. The method of Zone naming.

리 및 결과 분석의 용이함을 제공한다. Zone naming의 개념은 그림 2와 같이 정의된다.

Ⅳ. 모의실험 결과 및 분석

본 논문은 최종적으로 특정 셀간 간섭 기법을 사용했을 때 사용자의 분포가 성능에 어떠한 영향을 미치느냐가 분석하고자 하는 것이 관건이다. 이를 위해 이 장을 통해 모의실험 결과를 먼저 살펴본 후 그에 따른 결과를 분석 및 논의하도록 한다. 또한 성능 분석에 있어서 5% cell edge capacity를 사용하도록 한다. cell edge를 성능 분석의 요소로 선택한 이유는 서론 및 본 논문의 전체적으로 나타나 있듯이 셀간의 간섭에 따른 문제점을 해결하기 위함이 본 논문의 주안점이고 또 cell edge 부분에서 셀간의 간섭이 주로 발생하기 때문이다. 또한 5% cell edge capacity는 일반적으로 사용되는 5% CDF (Cumulative Distribution Function) user 관점이 아닌 실질적으로 cell edge에 위치하는 수신 환경이 열악한 경우를 적용함으로써 좀 더 성능 분석에 있어 적합하다고 판단되기 때문이다.

첫 번째로 zone0과 zone1의 사용자 분배가 좋은 성능을 갖는 환경 하에 zone2에 할당 되는 사용자의 수에 따른 capacity 성능을 보도록 하자. 앞에서 언급된 좋은 성능을 갖는 환경은 모의실험을 통해 확인이 된 다음 수행되었다. 다음으로 zone2에는 사용자가 할당되지 않는다는 가정 하에 zone0에 할당 되는 사용자의 수에 따른 capacity 성능을 보도록 하겠다. 이에 대한 결과는 그림 3과 그림 4를 통해 나타나 있다.

그림 3은 zone2 영역에서 사용자 할당에 따른 capacity 성능 변화를 나타내는 그래프이다. 먼저 셀간 간섭 조정 기법을 적용함으로써 기본적으로 셀간 간섭 조정 기법을 적용하기 전보다 셀 경계 영역에서 성능이 향상됨을 확인 할 수 있다. 그 결과는 약 50% ~ 20%로 나타났다. 그러나 zone2 영역에 사용자의 할당량이 늘어나면서 그 성능을 저하됨을 알 수 있다. 이는 직관적으로 알 수 있듯이 셀간 간섭이 2개로 중첩되는 부분에 사용자가 늘어나면 셀간 간섭 조정 기법으로도 성능 향상이 줄어듦을 확인할 수 있다. 그림 4은 zone0 영역에서 사용자 할당에 따른 capacity 성능 변화를 나타내

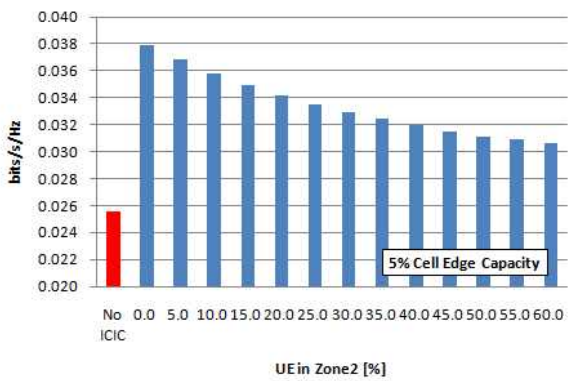

그림 3. Zone2 UE 할당에 따른 Capacity 성능
Fig. 3. Capacity Performance by Zone 2 UE Allocation.

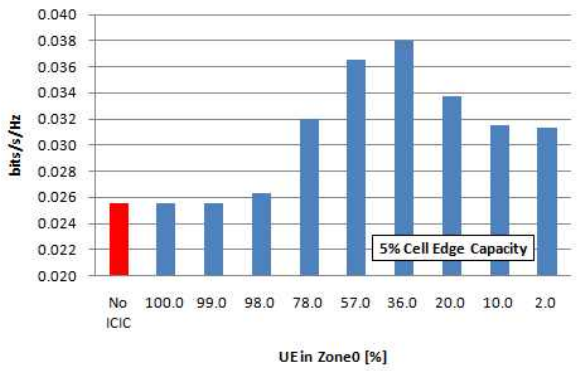

그림 4. Zone0 UE 할당에 따른 Capacity 성능
Fig. 4. Capacity Performance by Zone0 UE Allocation.

는 그래프이다. 이 또한 기본적으로 셀간 간섭 조정 기법을 적용함으로써 성능 이득이 생김을 확인할 수 있다. 그러나 사용자의 할당에 따라 성능 변화가 생김을 확인할 수 있다. zone0에 100% 할당은 셀간 간섭 조정 기법이 적용되지 않는 것과 같은 의미를 갖는다. 그 이유는 간섭 부분이 없다고 판단하여 셀간 간섭 조정 기법을 수행하지 않기 때문이다. 그리고 적정 수준을 넘어 가면 또한 성능 향상의 감소를 보였다. 본 논문에 적용된 셀간 간섭 조정 기법에서는 36%의 사용자가 zone0에 분포 되었을 때 가장 좋은 성능을 보였다.

그림 3과 그림 4의 성능 분석을 통해 셀간간섭 조정 기법을 통해 셀간 간섭을 줄일 수 있음을 확인하였다. 이뿐만 아니라 셀간 간섭 조정 기법만을 적용한다고 해서 완벽하게 셀간 간섭을 줄이기는 기대하기 어렵다는 사실 또한 확인하였다. 본 논문의 경우는 사용자가 zone2에는 최소한으로 위치하고 zone0에는 36% 일 때 셀간 간섭 조정 기법을 통한 이득이 컸다. 셀간 간섭 조정 기법 적용과 동시에 사용자의 zone 할당과 같은 스케줄링 등, 이와 같은 기법이 적극적으로 적용된다면 현재 적용된 셀간 간섭 조정 기법의 성능을 최대한 이용할 뿐만 아니라 적정 성능 향상도 기대할 수 있다고 판단된다.

V. 결 론

본 논문에서는 4세대 셀룰러 시스템을 대비하여 셀 영역의 사용자 분포에 따른 셀간 간섭 조정 기법의 성능 분석을 실행하고 가장 우수한 성능을 보이는 분포를 찾고자 하였고 그 결과가 주는 의미를 파악하였다. 결과적으로 영역의 분할 및 영역에 따른 사용자 할당이 기존의 셀간 간섭 조정 기법의 성능 향상과 사용의 용이함을 제공하였다. 또한 사용자의 할당에 따라 성능의 열화가 생김을 확인하였다. 즉, 셀 영역에 사용자를 어떻게 할당하느냐에 따라서도 셀간 간섭 조정 기법의 성능에 큰 영향을 가져오는 것이다. 간략한 사용자 분포에 따른 성능을 분석함으로써 많은 향상 기대할 수 있다.

이와 같은 결과는 스마트폰 사용자의 갑작스런 증가에 따라 현재 겪고 있는 성능 열화를 해결하는데 큰 도움이 되리라 판단되고, 4세대 셀룰러 시스템에도 적용이 문제없이 가능하리라 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 3GPP, “Requirements for Further Advancements for E-UTRA (LTE-Advanced),” TR 36.913.
[2] 3GPP, “IMT Advanced Technical Requirements —An India Perspective,” REV-080050, Shenzhen, China, April 7-8, 2008, CEWiT.
[3] 3GPP, “Description and simulation of interference management technique for OFDMA based E-UTRA downlink evaluation,” R1-050896, London, United Kingdom, August 29-September 2, 2005, Qualcomm.
[4] 3GPP, “Interference Coordination for Evolved UTRA Uplink Access,” R1-050695, London, Great Britain, August 29-September 2, 2005, Alcatel.
[5] 3GPP, “Soft Frequency Reuse Scheme for UTRAN LTE,” R1-050507, Athens, Greece, May 9-13, 2005, Huawei.
[6] 3GPP, “Downlink and uplink inter-cell interference co-ordination/avoidance impact on the specifications,” R1-060586, Denver, USA, February 13-17, 2006, Ericsson, NTT DoCoMo.
[7] 3GPP, “Interference Mitigation by Partial Frequency Reuse,” R1-060670, Denver, USA, February 13-17, 2006, Siemens.
[8] 3GPP, “Inter-cell Interference Handling for E-UTRA,” R1-050764, London, UK, August 29-September 2, 2005, Ericsson.
[9] 윤길상, 이정환, 서창우, 조인식, 유철우, 황인태, “IMT-Advanced 시스템을 위한 문턱 값 기반 영역 결정을 통한 셀 간섭 관리 기법”, 한국통신학회 논문지, Vol.34, No. 7, pp. 548-553, July 2009.
[10] 윤길상, 이정환, 조인식, 서창우, 유철우, 황인태, “OFDM 기반의 4G 셀룰러 시스템을 위한 인접

셀간의 간섭 조정 기법", 대한전자공학회논문지, 46권, 8호, 16-21쪽, 2009년 8월.
[11] 3GPP, "Physical layer aspects for evolved Universal Terrestrial Radio Access (UTRA)," TR 25.814.

저 자 소 개

윤 길 상(학생회원)
2008년 전남대학교
전자컴퓨터공학부 학사
2011년 전남대학교
전자컴퓨터공학과 석사
2011년~현재 전남대학교
전자컴퓨터공학과
박사과정
<주관심분야 : 이동통신, MIMO>

황 인 태(정회원)
1990년 전남대학교
전자공학과 학사
1992년 연세대학교
전자공학과 석사
2004년 연세대학교
전기전자공학과 박사
1992년~2006년 LG전자 책임 연구원
2006년~전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수
<주관심분야 : 디지털통신, 무선통신시스템, mobile terminal system for next generation, physical layer software for mobile terminal, efficient algorithms for AMC, MIMO and MIMO-OFDM, Relaying scheme for wireless communication>

서 창 우(학생회원)
2009년 상명대학교
정보통신공학과 학사
2011년 전남대학교
전자컴퓨터공학과 석사
2011년~현재 전남대학교
전자컴퓨터공학과
박사과정
<주관심분야 : OFDM, MIMO 시스템>