

# IMT-Advanced 시스템을 위한 문턱 값 기반 영역 결정을 통한 셀 간섭 관리 기법

준회원 윤길상\*, 이정환\*, 서창우\*, 조인식\*, 종신회원 유철우\*\*, 황인태\*

## Interference Management Method using Threshold-Based Region Decision for IMT-Advanced Systems

Gil-sang Yoon\*, Jeong-hwan Lee\*, Changwoo Seo\*, Insik Cho\* Associate Members,  
Cheol-woo You\*\*, In-tae Hwang\* Lifelong Members

### 요 약

다가올 4세대 이동 통신 시스템은 언제 어디서나 임의의 정보기기로 고속의 네트워크에 접속을 가능하게 하는 것을 목표로 하고 있다. 셀룰러 이동통신 시스템은 이와 같은 요구에 맞춰 나가기 위해서는 주파수 재사용 문제로 인한 셀간의 간섭 문제를 해결해야만 한다. 본 논문에서는 이와 같은 셀간 간섭 문제를 해결하기 위해 문턱 값 기반 영역 결정 (Threshold-Based Region Decision: TBRD)이라는 알고리즘을 제안하고 제안된 알고리즘의 특성과 성능을 모의실험 결과를 통해 분석한다. 그 결과, 제안된 기법은 기존의 UE (User Equipment)의 측정 (measurement)만으로 구성되어 적용의 유연성이 높았으며 문턱 값 (Threshold value)의 손쉬운 조정으로 성능 향상까지 이루어 졌다.

**Key Words** : IMT-Advanced, Inter-cell Interference, Interference Management, 4G

### ABSTRACT

The aim of 4G mobile communication systems is to connect arbitrary devices to high-speed network anytime, anywhere. Cellular system must solve the problem of inter-cell interference caused by frequency reuse for meeting needs of 4G. In this paper, to solve interference problem we propose the algorithm, the so-called Threshold-Based Region Decision (TBRD) and analyze characteristics and performance of the proposed algorithm through simulation. The proposed technique has high applicability and flexibility due to simple construction using only existing UE measurement, and achieves performance improvement through the threshold that can be easily controlled.

### 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

\* 전남대학교 전자컴퓨터공학과 정보통신연구실(luckyface0410@hanmail.net, ljh8311@gmail.com, choiskhy@hanmail.net, apples021@naver.com, hit@chonnam.ac.kr)

\*\* 명지대학교 통신공학과 이동통신연구실 (cwyou@mju.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-04-148, 접수일자 : 2009년 4월 9일, 최종논문접수일자 : 2009년 7월 10일

하는 것을 목표로 하고 있다<sup>1),2)</sup>.

이와 같은 4세대 이동 통신 시스템 환경이 다가옴에 따라 셀룰러 시스템은 주어진 주파수 환경에서 효과적으로 최대의 전송량을 내야하는 과제를 안게 되었다. 그러나 셀룰러 이동통신 시스템은 개념 자체가 셀 단위로 주파수를 재사용하기 때문에 셀간의 간섭 문제가 발생하게 된다. 특히, 4세대 이동통신 환경과 같이 고용량, 고품질의 데이터 전송을 요구하는 상황에서는 주파수 재사용 및 셀간의 간섭 문제 해결이 더욱 더 핵심적인 이슈가 되고 있는 상황이다.

본 논문에서는 셀룰러 시스템에서 가장 기본적인 고도 원천적인 문제인 셀간의 간섭을 효율적으로 관리하는 방법에 대해서 살펴본다. 그리고 4세대 이동 통신 환경이 다가옴에 따라 부각된 문제인 만큼 본 논문에 제안되는 모든 방법은 기본적인 IMT-Advanced 시스템을 대비한다는 전제를 두고 있다.

2장에서는 기본적인 셀간 간섭 완화 기법이 무엇들이 있는지 간략하게 제시한 후 3장에서는 제안된 간섭 관리 기법에 대해서 정의하도록 한다. 4장에서는 모의실험 결과를 통해 제안된 알고리즘의 특성 및 성능에 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 UE의 성능 열화 문제를 발생 시킨다. 이러한 셀간 간섭 문제를 해결할 수 있는 셀 간 간섭 완화 기법은 크게 셀간 간섭 평균화 기법, 셀간 간섭 조정 기법, 셀간 간섭 제거 기법으로 분류되며, 현재 기본적인 방식에 대해서는 많은 방법들이 제안되었다<sup>3-8)</sup>.

각 셀들에 여러 가지 형태로 주파수를 재사용 하는 FFR (Fractional Frequency Reuse) 방식이 Qualcomm, Alcatel 등에 의해 제안되었고<sup>3, 4)</sup> 전력 자원 등을 사용하여 주파수 재사용을 좀 더 세분화한 SFR (Soft Frequency Reuse) 방식이 Huawei, Ericsson 등에 의해 제안되었다<sup>5, 6)</sup>. 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<sup>7, 8)</sup> 더 발전되어 나가고 있다.

이와 같은 셀간 간섭 완화 기법들은 자원의 할당, 전력 조정, 송수신단에 적용된 자체 기술 등을 이용하여 셀간의 간섭을 완화하려고 노력하였다. 다음 장에서 제안될 기법은 위에 언급된 기존의 방법들을 그대로 이용할 수 있으며 또는 그 자체만으로도 간섭 완화 효과를 가질 수 있는 셀간 간섭을 좀 더 유동적으로 관리할 수 있는 방법이다.

## III. 셀간의 간섭 관리 기법 제안

본 논문에 의해 제안되는 셀간 간섭 관리 기법은 4세대 시스템에 맞게 최대한 기존에 제안된 측정 (measurement) 들을 이용하고 있다. 제안된 방법을 설명하기 전에 기본적인 가정은 다음과 같다. 먼저 serving 셀은 I이고 interference로 작용하는 인접 셀은 j와 k이다. 그리고 “filtered UE measurement”를 정의한다. 이는 기존에 제안된 RSRP (Reference Signal Received Power) measurement를 이용한 것으로서 Filter<sub>1</sub>(RSRP-i), Filter<sub>1</sub>(RSRP-j), Filter<sub>1</sub>(RSRP-k)로 정의한다. 이때 Filter<sub>1</sub>(·)은 FIR이나 IIR 형태의 filter를 나타내는 임의의 함수를 의미한다. 여기서 필터를 통해 RSRP 값을 사용하는 이유는 RSRP의 값으로 빈번한 변화를 막기 위해서이다<sup>9)</sup>.

그리고 제안된 알고리즘에 사용될 개념인 Threshold와 Decision category는 표 1과 표 2와 같이 정의된다.

본 논문에서 제안하는 방식인 Threshold-Based Region Decision (TBRD) 은 UE 측정과 문턱 값들을 이용하여 UE가 위치하는 지역을 결정함으로써 지역에 따라 사용이 허락된 자원을 해당 지역에 속한 UE에게 scheduling rule에 따라 할당하는 셀간 간섭 관리 방법이다. 즉, 문턱 값의 개념 추가는 UE의 위치를 결정해주는 역할이고 그에 따른 scheduling rule은 다양한 기법들이 적용이 될 수 있는 유연성 있는 기법이라고 할 수 있다. 또한 알고리즘의 효율성 향상을 위해 추가로 필요한 UE measurement, procedure, feedback mechanism 등을 추가 고안할 수도 있다. 그러나 본 논문에서는 RSRP 기본적인 측정만을 이용할 것이며 그 외의 추가 사항에 대해서는 향후의 연구 주제가 될 것이다.

TBRD 알고리즘은 그림 1과 같은 순서도로 나타낼 수 있다.

표 1. Threshold의 정의.

Threshold	Value
Thr_1	inner cell과 outer cell의 지역 구분을 결정하기 위한 값
Thr_2	UE의 움직이는 방향을 결정하기 위한 값

표 2. Decision Category의 정의.

Region	Value
D1	Inner of serving (No or Low interference region)
D2	Cell-i → Cell-j (One cell interference region)
D3	Cell-i → Cell-k (One cell interference region)
D4	Cell-i → Cell-j & Cell-k (Two cell interference region)

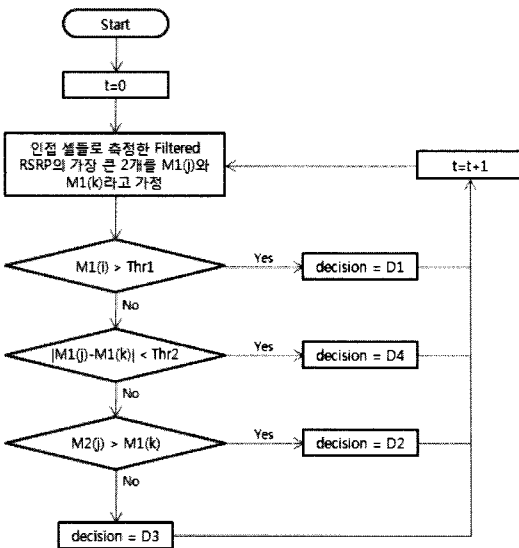


그림 1. Threshol-Based Region Decision 알고리즘 순서도

여기서  $M1(i)$ ,  $M1(j)$ ,  $M1(k)$ 는 앞에서 정의된  $Filter\_1(RSRP-i)$ ,  $Filter\_1(RSRP-j)$ ,  $Filter\_1(RSRP-k)$ 이다. 그리고  $t$ 의 단위는 영역 결정 (regions decision) 주기이다.

이와 같은 문턱 값에 따라 쉽게 알고리즘을 적용함으로써 셀간의 간섭을 효율적으로 관리할 수 있

으며 어디든 적용할 수 있는 강점을 가지고 있다. 각 시스템에 적용할 경우에는 각 상황에 맞는 문턱 값 설정으로 셀간의 간섭을 관리할 수 있다. 알고리즘에 대한 성능 분석은 모의실험 결과를 통해 이루어진다.

### V. 모의실험 결과

모의실험은 4세대 이동통신을 대비하여 3GPP LTE (Long Term Evolution) 표준을 따라 간략화한 시스템 레벨 시뮬레이션으로 이루어 졌다<sup>10)</sup>. 주요 변수 (parameter) 값들은 표 3과 같다. 제한된 TBRD 알고리즘은 시스템 레벨 시뮬레이션 상에서 전송용량 측면으로 average cell capacity와 5% cell edge capacity를 통해 전체적인 성능 분석을 한다. 여기서 5% cell edge capacity는 일반적으로 사용되는 5% CDF (Cumulative Distribution Function) user 관점이 아닌 geometry 상에 하위 5% user로써 실질적으로 cell edge에 위치하는 수신 환경이 열악한 경우라고 볼 수 있다. 5% cell edge capacity를 적용한 이유는 이와 같은 경우가 좀 더 cell edge 성능을 분석하는데 적합하다고 판단되기 때문이다.

그림 2는 TBRD 알고리즘을 적용하여 Thr\_1에 따라 나타나는 Geometry 성능 변화 결과이다. 이와 같은 성능 변화는 Threshold 값의 조절을 통해 쉽게 각 셀의 Geometry 성능을 조절할 수 있음을 나타낸다. 첫 번째 Threshold 값인 Thr\_1은 성능을

표 3. 시스템 레벨 시뮬레이션 파라미터.

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/√3	500/√3 ≈ 289 m → Interference limited Micro Cell
Path Loss	L=128.1+37.6log10(R), R in kilometers [10]

\* PRB: Physical Resource Block  
\* ISD: Inter Site Distance

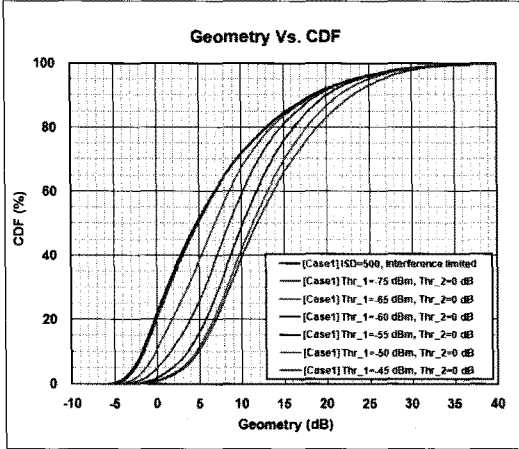


그림 2. Thr\_1에 따른 Geometry 성능

최우하는 핵심적인 값으로 셀 간섭이 존재하는 부분과 존재하지 않는 부분으로 나눠주는 역할을 한다. 이를 통해 나눠진 다음 Thr\_2를 통해 셀 간섭이 하나일지 둘일지를 결정해 준다.

그림 2를 통해 Thr\_1이 커질수록 Geometry 성능이 향상됨을 알 수 있다. Geometry 성능 측면만을 본다면 Thr\_1을 커지게 할수록 좋겠지만 실제 사용 시스템에서의 성능은 이것만으로는 만족시킬 수 없다. 실질적으로는 전송량을 얼마나 확보할 수 있는지가 중요한 것이다. 이에 대한 Capacity 성능은 그림 3과 그림4를 통해 분석을 한다.

그림 3은 Thr\_1의 변화에 따른 capacity 성능 결과를 나타낸다. Thr\_1이 -75dBm 이하 일 경우는 cell edge capacity가 거의 존재하지 않다가 -55dBm에서 최대값을 갖고 이후 차츰 감소하였다. 이는 Thr\_1이 너무 작게 되면 대부분이 inner cell에 할

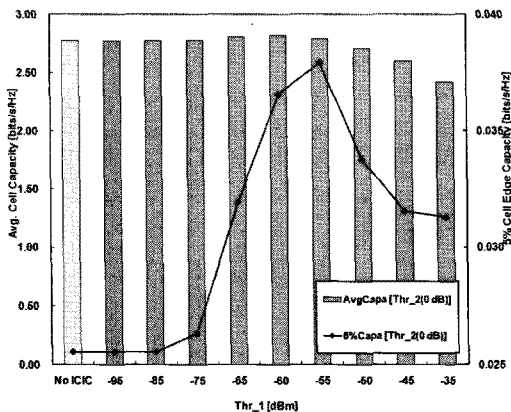


그림 3. Thr\_1에 따른 Capacity 성능

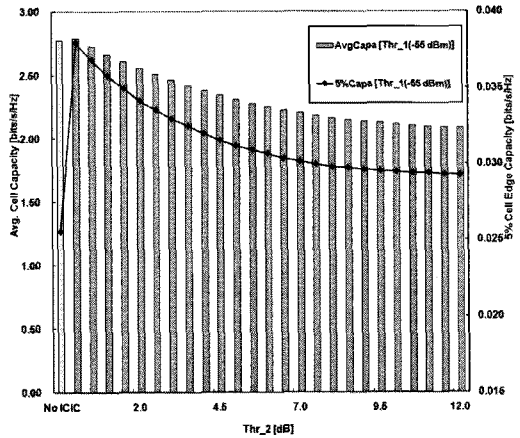


그림 4. Thr\_2에 따른 Capacity 성능

당이 되어 cell edge의 capacity가 작아지는 것이다. 그리고 Thr\_1이 일정 이상 커지게 되면 한계량을 넘어 cell edge의 interference 등의 증가로 인해 capacity가 줄어들게 된다. Average capacity의 경우는 -55dBm 보다 클 경우에 차츰 감소하기 시작하였다. 이 또한 cell edge 지역에 성능 열화가 발생할 정도로 많은 할당이 되었기 때문이다.

그림 4는 Thr\_2의 변화에 따른 capacity 성능 결과를 나타낸다. Thr\_2와 같은 경우는 Thr\_1에 의해 간섭 지역으로 결정된 부분만으로 조절하기 때문에 Thr\_1과 같이 크게 영향을 미치지 못하는 것이다. 그러나 직관적으로 알 수 있듯이 2개의 간섭 영역으로 갈수록 성능 열화를 보인다. 즉 Thr\_2가 커질수록 성능 열화를 보이는 것이다. 이런 이유로 인해 그림 2와 그림 3에서 Thr\_2의 기준이 0dB인 것이다.

모든 결과를 통해 알 수 있듯이 TBRD 알고리즘을 적용한 결과, 알고리즘이 적용되지 않은 경우 (즉, No ICIC)에 비해 비슷한 average cell capacity를 가짐과 동시에 5% cell edge capacity 상에서 현저한 성능 향상을 가져왔으며 또한 Threshold 조절을 통해 손쉽게 관리 할 수 있음을 보였다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 4세대 셀룰러 시스템인 IMT-Advanced 시스템을 대비한 셀간 간섭 관리 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 기존에 제안된 UE measurement만을 이용하여 구성된다. 그리고 간단한 Threshold 조절을 통해 셀간 간섭을 손쉽게 관

리할 수 있으며 물론 우수한 성능 향상까지도 나타낸다.

이러한 알고리즘은 유연성 및 성능은 4세대 셀룰러 시스템에 적용이 문제없이 가능하리라 판단된다. 또한 본 알고리즘 뿐 만 아닌 다른 기법들과의 결합 또는 알고리즘의 향상을 통해 더욱 발전을 기대할 수 있다.

### 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] 3GPP, "Additional RSRP reporting trigger for ICIC," R1-081536, Shenzhen, China, March 31-April 4, 2008, Ericsson.
- [10] 3GPP, "Physical layer aspects for evolved Universal Terrestrial Radio Access (UTRA)," TR 25.814.

윤길상 (Gil-sang Yoon)

준회원



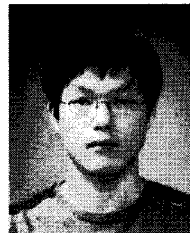
2008년 2월 전남대학교 전자컴퓨터공학부 학사

2008년 3월~현재 전남대학교전자컴퓨터공학과 석사과정

<관심분야> 이동통신, 무선통신

이정환 (Jeong-hwan Lee)

준회원



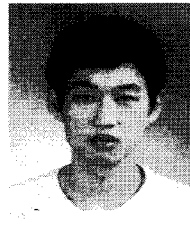
2008년 2월 전남대학교 전자컴퓨터공학부 학사

2008년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정

<관심분야> 이동통신, MIMO 시스템

서창우 (Chang-woo Seo)

준회원



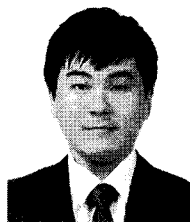
2009년 2월 상명대학교 정보통신공학과 학사

2009년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정

<관심분야> OFDM, MIMO 시스템

조인식 (In-sik Cho)

준회원



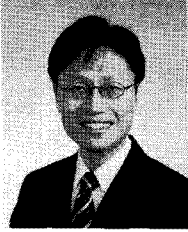
2009년 2월 전남대학교 전자컴퓨터공학부 학사

2009년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정

<관심분야> OFDM, MIMO 시스템

유철우 (Cheol-woo You)

종신회원



1993년 2월 연세대학교 전자공  
학과 학사  
1995년 2월 연세대학교 전자공  
학과 석사  
1999년 2월 연세대학교 전자공  
학과 박사  
1999년 1월~2003년 4월 LG전

자 책임 연구원

2003년 9월~2004년 6월 EoNex 책임 연구원  
2004년 7월~2006년 8월 삼성전자 책임 연구원  
2006년 9월~현재 명지대학교 통신공학과 교수  
<관심분야> New Multiple Access schemes, Adap-  
tive Resource Allocation, AMC, MIMO systems,  
advanced FEC, Relay schemes for 4G communi-  
cation systems.

황인태 (In-tae Hwang)

종신회원



1990년 2월 전남대학교 전자공  
학과 학사  
1992년 8월 연세대학교 전자공  
학과 석사  
1999년 9월~2004년 2월 연세  
대학교 전기전자공학과 박사  
1992년 8월~2006년 2월 LG전

자 책임 연구원

2006년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수  
<관심분야> 디지털통신, 무선통신시스템, mobile ter-  
minal system for next generation, physical layer  
software for mobile terminal, efficient algorithms  
for AMC, MIMO and MIMO-OFDM, Relaying  
scheme for wireless communication.