

논문 2016-53-5-3

LTE-Advanced 시스템에서 소형셀 향상을 위한 새로운 사용자 오프로딩 기법

(Novel User Offloading Scheme for Small Cell Enhancement in LTE-Advanced System)

문 상 미*, 추 명 훈*, 이 지 혜*, 권 순 호**, 김 한 중***, 김 철 성****, 황 인 태****

(Sangmi Moon, Myeonghun Chu, Jihye Lee, Soonho Kwon,
Hanjong Kim, Cheolsung Kim, and Intae Hwang[©])

요 약

LTE-A(Long Term Evolution-Advanced)에서는 비용 효율적 방법으로 급증하는 무선 데이터 서비스를 대처하고 사용자의 QoS(Quality of Service)를 만족시키기 위해 소형셀 향상(SCE:Small Cell Enhancement)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 수많은 소형셀이 밀집하여 불규칙하게 배치되기 때문에 오프로딩 기법이 적용되어야 한다. 본 논문에서는 LTE-Advanced 시스템에서 SCE 위한 새로운 사용자 오프로딩 기법을 제안한다. 제안 기법은 UE(User Equipment)로부터 받은 RSRP(Reference Signal Received Power)를 비교하여 소형셀의 클러스터를 구성한다. 클러스터 내에서 셀의 사용자 수와 간섭 상황을 고려하여 사용자 오프로딩을 적용한다. 모의실험 결과, 제안한 기법에서 소형셀 사용자의 전송률 및 스펙트럼 효율이 향상되어 전체적인 셀 성능이 향상 되는 것을 볼 수 있다.

Abstract

In Long Term Evolution-Advanced (LTE-A), small cell enhancement(SCE) has been developed as a cost-effective way of supporting exponentially increasing demand of wireless data services and satisfying the user quality of service(QoS). However, due to the dense and irregular distribution of a large number of small cells, the offloading scheme should be applied in the small cell network. In this paper, we propose an user offloading scheme for SCE in LTE-Advanced system. We divide the small cells into different clusters according to the reference signal received power(RSRP) from user equipment(UE). Within a cluster, We apply the user offloading scheme with the consideration of the number of users and interference conditions. Simulation results show that proposed scheme can improve the throughput, and spectral efficiency of small cell users. Eventually, proposed scheme can improve overall cell performance.

Keywords : Clustering, SCE, User offloading

* 학생회원, **** 평생회원, 전남대학교 전자컴퓨터공학과

(School of Electronics & Computer Engineering Chonnam National University)

** 정회원, 한국항공우주연구원 나로우주센터 (NARO Space Center, Korea Aerospace Research Institute)

*** 평생회원, 한국기술교육대학 정보기술공학부 (School of Electrical, Electronics & Communication Engineering, Korea University of Technology and Education)

© Corresponding Author(E-mail : hit@jnu.ac.kr)

※ 이 논문(저서)은 2014년 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2014H1C1A1066568)

※ 이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2015R1D1A1A01059397)

I. 서론

급증하는 모바일 트래픽 용량에 대처하고 사용자의 QoS(Quality of Service)를 만족시킬 수 있는 기술 중 하나로 단위면적당 용량 증대에 기여할 수 있는 소형셀 기술이 부각되고 있다^[1~2]. 이동통신 표준화 단체인 3GPP에서도 모바일 트래픽의 폭증을 해결하고 사용자의 QoS와 QoE(Quality of Experience)를 향상하기 위한 기술로 소형셀 향상 기술(SCE: Small Cell Enhancement)과 매크로 기지국 커버리지 안에 소형셀 기지국이 중첩된 HetNet(Heterogeneous Network) 환경에 대한 연구 및 표준화를 진행하고 있다. HetNet 환경에서 소형셀은 공공장소, 인구 밀집 지역 등에서 효과적인 트래픽 수용 기술로 등장하고 있으며, 매크로셀과의 간섭제어 및 협력전송에 의하여 용량 증대 효과를 가져올 수 있다^[3~5].

3GPP에서 고려하는 소형셀 배치 시나리오는 그림 1과 같이 크게 4가지로 나눌 수 있다^[6]. 시나리오 1은 소형셀이 기존의 매크로셀 네트워크에 중첩되도록 배치된다. 시나리오 2a와 2b는 소형셀의 환경이 outdoor와 indoor로 나뉜다. 이 때, 매크로셀과 소형셀이 서로 다른 주파수 대역을 사용한다. 마지막으로 시나리오 3은 indoor 배치 시나리오이다. 이 시나리오는 outdoor 서비스 영역과 매크로셀이 존재하지 않고, indoor환경에서의 소형셀만 고려한다.

소형셀들은 이전 시나리오와 비교하였을 때 상당히 밀집하게 클러스터 내에 배치된다. 따라서 이와 같이 밀집한 소형셀 이중 네트워크에서는 사용자, 트래픽 분포가 더욱 비대칭하게 된다.

본 논문에서는 LTE-Advanced 시스템에서 SCE 위한 새로운 사용자 오프로딩 기법을 제안한다. 제안 기법은 UE(User Equipment)로부터 받은 RSRP(Reference Signal Received Power)를 비교하여 소형셀의 클러스터를 구성한다. 클러스터 내에서 셀의 사용자 수와 간섭 상황을 고려하여 사용자 오프로딩을 적용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서는 시스템 모델을 정의하고 III장에서 사용자 수와 간섭을 고려한 사용자 오프로딩 기법을 제안한다. IV장에서는 모의실험 결과를 통해 성능평가를 하고 마지막으로 V장에서 결론을 맺도록 한다.

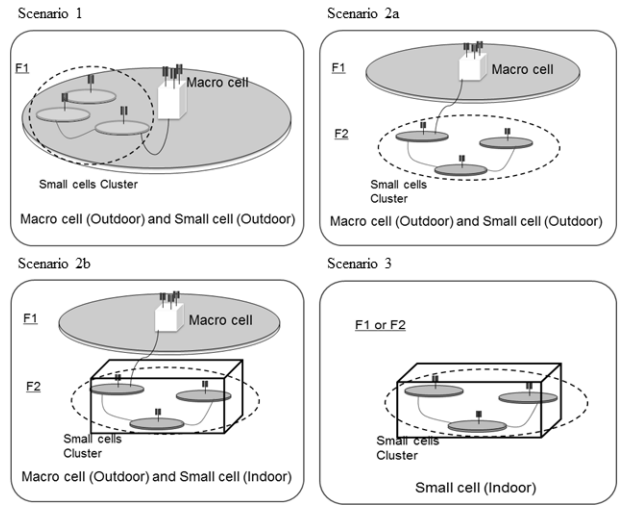


그림 1. 소형셀 배치 시나리오

Fig. 1. Small cell deployment scenario.

II. 시스템 모델

본 논문에서는 3GPP 표준화를 기반으로 하였으며 실제 응용 시스템 관점에서 연구를 수행 하였다. 그림 2와 같이 소형셀 시나리오 2a는 매크로셀과 소형셀이 서로 다른 주파수 대역을 사용하여 피크 데이터를 증가시키고 더 큰 효율을 달성시킨다. 소형 셀은 효율적으로 높은 주파수 대역을 사용하고 기존의 매크로셀 네트워크에 중첩되도록 배치된다. 이와 같은 시나리오는 Advanced C-RAN(Centralized-Radio Access Network)이라고 불리며, 광섬유와 고밀도 BDE(Baseband Digital Equipment)로부터 수많은 RRH(Remote Radio Head)를 확장하여 코어 네트워크 사이의 제어 신호를 증가시키지 않고 속도 및 용량을 증가시킬 수 있다^[7].

이 시나리오에서 주요 간섭은 더 이상 3GPP REL-11의 매크로셀과 소형셀 사이의 간섭이 아니라 소형셀 간 간섭이다. 또한 간섭 레벨은 outdoor 환경에서 고밀도 배치 때문에 3GPP REL-9에서와 같은 소형셀 사이보다 훨씬 더 높다. 따라서 본 논문에서는 소형셀을 중심으로 소형셀 간 간섭을 고려하여 소형셀 i 에서 소형셀 사용자 u 의 수신 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)은 다음과 같다.

$$SINR_{u,i} = \frac{p_i g_{i,u}}{N_0 + \sum_{j \in S, j \neq i} p_j g_{j,u}} \quad (1)$$

여기서 p_i 는 소형셀 i 의 전송 파워이고, $g_{i,u}$ 는 소형

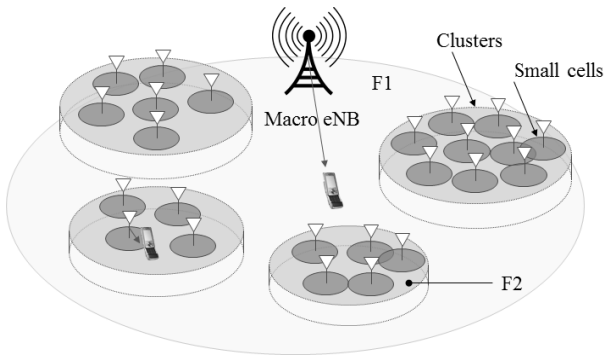


그림 2. 소형셀 배치
Fig. 2. Small cell deployment.

셀 i 와 사용자 u 사이의 평균 채널 이득이다. N_0 는 AWGN(Additive White Gaussian Noise)의 파워이다.

소형셀 i 에서 사용자 u 가 스케줄링 되었을 때 전송률은 다음과 같다.

$$t_{i,u} = f(\text{SINR}_{i,u}) \quad (2)$$

여기서 $f(\cdot)$ 는 SINR과 전송률을 매핑하는 함수이다. 이는 링크 적응과 MCS(Modulation and Coding Scheme)에 따라 결정된다.

소형셀의 전송률 $T_{total,i}$ 은 소형셀 i 에서 전체 사용자의 합과 같다.

$$T_{total,i} = \sum_{u \in U} X_{i,u} t_{i,u} \quad (3)$$

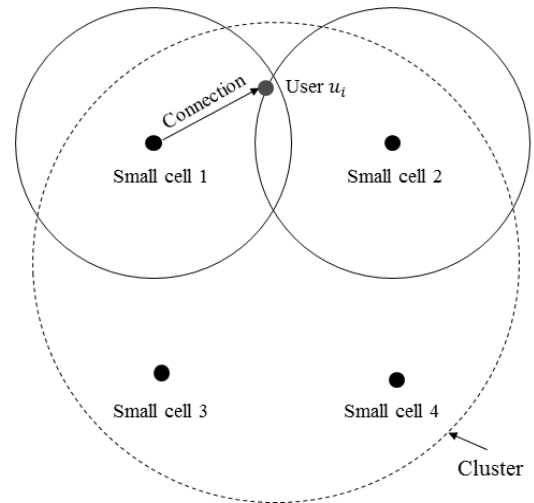
여기서 $X_{i,u}$ 는 사용자 u 가 소형셀 i 로부터 서빙 받았을 때 1로 정의된다.

III. 제안 알고리즘

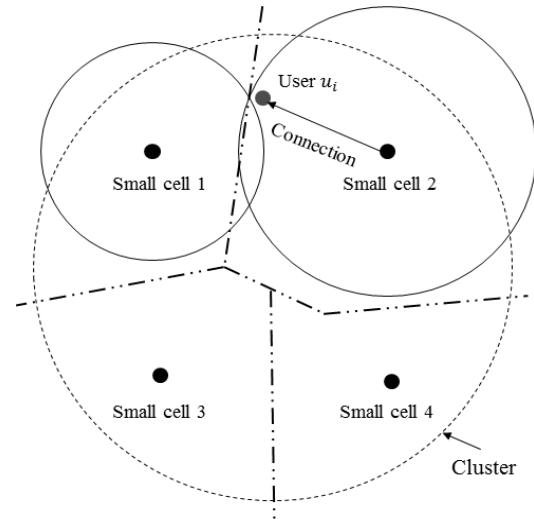
본 장에서는 사용자 오프로딩 기법을 제안한다. 제안 기법은 UE로부터 받은 RSRP를 비교하여 소형셀의 클러스터를 구성한다. 클러스터 내에서 셀의 사용자 수와 간섭 상황을 고려하여 사용자 오프로딩을 적용한다.

1. RSRP 기반 클러스터링

본 절에서는 RSRP를 기반으로 소형셀을 서로 다른 클러스터로 구분한다. UE로부터 받은 이웃셀의 RSRP 값을 서빙셀과 비교하여 문턱값과 보다 크다면 간섭 셀로 고려하여 같은 클러스터로 생각한다. 따라서 아래



(a) Original user connection



(b) User connection after offloading

그림 3. 사용자 오프로딩의 예
Fig. 3. Example of user offloading.

기준에 따라 소형셀을 클러스터로 구분하며 그림 2와 같다.

$$\text{Cluster}_c = \begin{cases} 1, & \text{if } \text{RSRP}_i \geq \text{Threshold}_c \\ 0, & \text{if } \text{RSRP}_i < \text{Threshold}_c \end{cases} \quad (4)$$

여기서 i 는 소형셀의 인덱스이고 c 는 클러스터의 기준이 되는 소형셀을 나타낸다. 본 논문에서는 문턱 값은 6dB를 적용하였다.

2. 사용자 오프로딩

본 절에서는 클러스터 내에서 셀의 사용자 수와 간섭 상황을 고려하여 사용자 오프로딩을 적용한다. 클러스

Algorithm

1. Calculate the number of users in each small cell (n_i) and average number of users (n_{avg})
 2. Let O_i be the set of offloading users in i th small cell.
 3. **while** $i \leq size(I)$ **do**
 4. $i \leftarrow 1$
 5. **if** $n_i > n_{avg}$ **then**
 6. **for** $u \leftarrow 1$ to U_i **do**
 7. Calculate the SINR of SUE ($SINR_{u,i}$)
 8. **if** $SINR_{u,i} < SINR_{THR}$ **then**
 9. update O_i
 10. **end if**
 11. **end for**
 12. **end if**
 13. **while** O_i is not empty **do**
 14. $Target \leftarrow \operatorname{argmax}_{1 \leq j \leq I, j \neq i} SINR_{u,j}$
 15. **end while**
 16. $i \leftarrow i + 1$
 17. **end while**
 18. Adjust target small-cell
-

터 내의 소형셀의 사용자 수와 평균값을 계산하여 각 소형셀의 오프로딩 사용자를 결정한다. 소형셀의 사용자 수(n_i)가 평균값(n_{avg})보다 크다면 오프로딩 할 사용자를 선택한다. 사용자의 SINR($SINR_{u,i}$)을 계산하여 오프로딩 문턱값과 비교한다. 만약 문턱값($SINR_{THR}$)을 만족시키지 못하면 그림 3과 같이 클러스터 내의 주변 셀에서 가장 큰 SINR 값을 갖는 셀로 오프로딩한다.

IV. 모의실험 결과 및 성능 분석

본 장에서는 기존 및 제안한 사용자 오프로딩 기법에 대하여 성능 분석이 이루어졌다. 이에 대한 모의실험 모델 및 파라미터와 모의실험 결과는 다음과 같다.

표 1. 모의실험 파라미터

Table1. Simulation Parameters.

Simulation Parameters	Macro Cell	Small Cell
System Bandwidth	10 MHz (50 PRBs)	
Carrier frequency	2.0 GHz	3.5 GHz
Total BS Tx power	46 dBm	30 dBm
Channel Model	UMa	UMi
Pathloss [dB] (R in km)	128.1 + 37.6log ₁₀ (R)	140.7 + 36.7log ₁₀ (R)

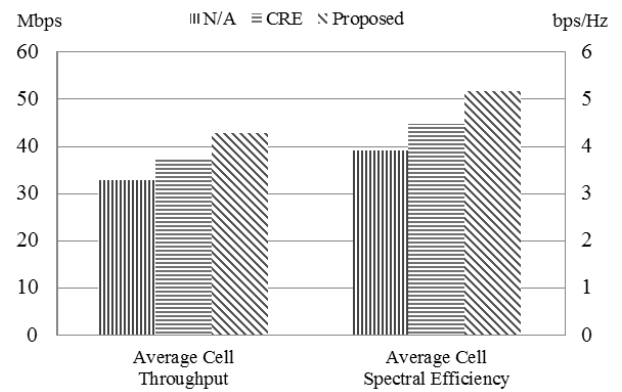


그림 4 소형셀의 전송률 및 스펙트럼 효율

Fig. 4. Throughput and Spectral Efficiency of Small Cell.

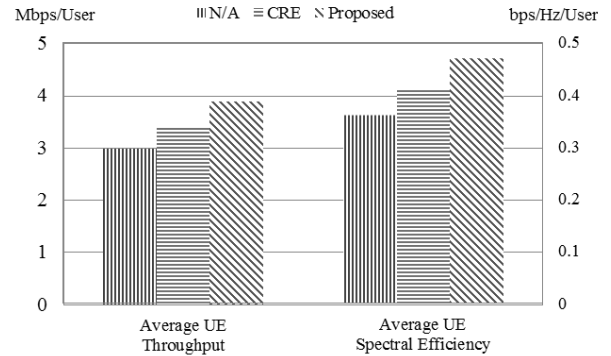


그림 5 소형셀 사용자의 전송률 및 스펙트럼 효율

Fig. 5. Throughput and Spectral Efficiency of Small Cell User.

1. 모의실험 모델 및 파라미터

모의실험은 LTE-A 표준에 따라 소형셀 시나리오 2a에서 간략화한 시스템 레벨 모의실험이 이루어졌다. 매크로셀과 소형셀에 대한 주요 파라미터 값들은 표 1과 같다.

2. 성능분석

제안한 기법의 성능 향상 평가를 위해 다음과 같은 기법들과 비교 분석한다. N/A는 어떤 오프로딩 알고리

즘이 적용되지 않은 기법이고, CRE(Cell Range Expansion)은 오프셋 값을 적용하여 셀의 커버리지를 확장하여 오프로딩 시키는 기법이다^[8].

그림 4와 5는 각각 소형셀과 소형셀 사용자의 전송률 및 스펙트럼 효율을 나타낸다.

모의실험 결과 제안 알고리즘이 사용자 및 셀의 성능을 향상시킨 것을 알 수 있다. CRE와 비교하였을 때 제안 알고리즘이 약 11% 성능 이득을 얻을 수 있다. CRE를 적용했을 때, 타겟 셀은 사용자의 수신 전력을 기반으로 선택된다. 따라서 많은 사용자들이 소형셀로 오프로딩 되더라도 소형셀 간 간섭이 증가한다. 또한, CRE는 소형셀간 간섭을 고려하지 않지만 제안 알고리즘은 SINR를 기반으로 소형셀간 간섭을 고려하여 타겟 셀을 선택한다. 따라서 오프로딩된 사용자를 제어할 수 있고 셀 및 사용자 전송률 및 스펙트럼 효율이 증가 될 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 LTE-Advanced 시스템에서 SCE 위 한 새로운 사용자 오프로딩 기법을 제안하였다. 제안 기법은 UE로부터 받은 RSRP를 비교하여 소형셀의 클러스터를 구성한다. 클러스터 내에서 셀의 사용자 수와 간섭 상황을 고려하여 사용자 오프로딩을 적용한다. 모의실험 결과, 제안한 기법에서 소형셀 사용자의 전송률 및 스펙트럼 효율이 향상되어 전체적인 셀 성능이 향상 되는 것을 볼 수 있다.

REFERENCES

- [1] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2010-2015. White Paper, Feb 2011.
- [2] Insoo Hwang; Bongyong Song; Soliman, S.S., "A holistic view on hyper-dense heterogeneous and small cell networks," Communications Magazine, IEEE, vol.51, no.6, pp. 20,27, June 2013.
- [3] Sangmi Moon, Bora Kim, Saransh Malik, Daejin Kim, and Intae Hwang, "Interference Management with Cell Selection using Cell Range Expansion and ABS in eterogeneous Network based on LTE-Advanced," Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol.50, NO.8, August 2013.
- [4] Bora Kim, Sangmi Moon, Saransh Malik,

- Cheolsung Kim, and Intae Hwang, "Performance Analysis of Coordinated Multi-Point with Scheduling and Precoding schemes in LTE-Advanced System," Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol.50, NO.7, July 2013.
- [5] Bora Kim, Sangmi Moon, Saransh Malik, Cheolsung Kim, and Intae Hwang, "Performance Analysis of CoMP with Scheduling and Precoding Techniques in the HetNet System," Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol.50, NO.8, August 2013.
- [6] 3GPP TR 36.872 v12.1.0, "Small Cell Enhancements for E-UTRA and E-UTRAN - Physical Layer Aspects," December 2013.
- [7] N. Umeda, "Growth and Mission of Mobile Communication," NTT DOCOMO Technical Journal, Vol.15, No.2, pp.1, Oct 2013.
- [8] ElSawy, H., Hossain, E., Dong In Kim, HetNets with cognitive small cells: user offloading and distributed channel access techniques, Communications Magazine, IEEE Vol.51 No.6, June 2013.

저 자 소 개



문 상 미(학생회원)
 2012년 2월 전남대학교 전자컴퓨터공학부 학사
 2014년 8월 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사
 2014년 9월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정

<주관심분야: 이동통신, ICIM, MIMO-OFDM, D2D, SCE, V2X>



추 명 훈(학생회원)
 2015년 8월 전남대학교 전자컴퓨터공학부 학사
 2015년 9월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정

<주관심분야: 디지털통신, 무선통신시스템, 차세대이동통신, V2V Channel estimation & tracking>



이 지 혜(학생회원)
 2016년 2월 전남대학교 전자컴퓨터공학과 학사
 2016년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정

<주관심분야: 디지털통신, 무선통신시스템, 차세대이동통신, 3D-MIMO>



권 순 호(정회원)
 2002년 2월 전남대학교 컴퓨터공학과 학사
 2004년 8월 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사
 2004년 7월~현재 한국항공우주연구원 선임연구원

2016년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정

<주관심분야: 디지털통신, 무선통신시스템, D2D, 차세대이동통신>



김 한 종(평생회원)
 1986년 2월 한양대학교 전자공학과 학사
 1988년 8월 연세대학교 전자공학과 석사
 1988년 9월~1994년 2월 연세대학교 전자공학과 박사

1994년 9월~현재 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수

<주관심분야: 디지털통신, 무선통신시스템, 방송시스템, 신호처리 및 마이크로 프로세서 응용>



김 철 성(평생회원)
 1987년 Univ. of Arizona (박사)
 1987년~1989년 한국전자통신연구원
 1989년~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수

<주관심분야: 이동통신, 디지털통신, MIMO, OFDM, RFID>



황 인 태(평생회원)
 1990년 2월 전남대학교 전자공학과 학사
 1992년 8월 연세대학교 전자공학과 석사
 1999년 9월~2004년 2월 연세대학교 전기전자공학과 박사

1992년 8월~2006년 2월 LG전자 책임 연구원
 2006년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수

<주관심분야: 디지털통신, 무선통신시스템, 차세대이동통신, MIMO, OFDM, MIMO-OFDM, Relay, ICIM, CoMP, D2D, SCE, MTC>