

# 이종 네트워크의 QoS 향상을 위한 Hybrid ABS 기반 셀 간 스케줄링 알고리즘

김명동 · 성현경<sup>1</sup>

<sup>1</sup>상지대학교 컴퓨터정보공학부

## Hybrid ABS based Inter-Cell Scheduling Algorithms for QoS Improvement of Heterogeneous Networks

Myung-Dong Kim · Hyeon-Kyeong Seong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Computer, Information, and Communication Engineering, Sangji University

**요약** 본 논문에서는 이종 네트워크의 QoS 성능 향상을 위한 멀티 셀 스케줄링을 제안한다. 제안된 알고리즘 구현을 위하여 UE 처리량에 미치는 영향을 인식하고자 분산형 구조의 매크로-피코 배치 시나리오와 중앙 집중식 구조의 매크로-RRH 배치 시나리오를 제안하여 이종 네트워크 시스템을 구성한다. 제안되는 시스템의 간섭완화를 위해 선택적 서브프레임을 적용하고 각 서브프레임 기간의 CQI 측정을 통하여 시스템 상황에 따른 제약조건을 측정하며, 시스템의 단순화를 위해서 동일한 ABS를 적용하여 뮤팅 패턴을 가정한다. ABS를 이용하는 것은 전송시간 구간의 일부를 매크로 셀이 전송하지 않게 설정하고 이 구간에서 피코 셀에서만 전송하도록 설정하기 위한 것이다.

• 주제어 : 이종네트워크, 매크로, 피코, ABS, 간섭제어

**Abstract** In this paper, for the improvement of quality of service(QoS) performance of heterogeneous networks, multi-cell scheduling is proposed. In order to implement the proposed algorithm, for the recognition of the impact on the throughput performance of users, macro-pico-cells that form distributed architecture were proposed. In operating heterogeneous networks, considering the centralized structure, a macro-RRH(Remote Radio Head) deployment scenario was proposed. For interference mitigation of the proposed system, by applying the optional sub-frame, through CQI(Channel Quality Indicator) measurement for each sub-frame period, constraint conditions were measured according to system situations. For the simplification, the pattern of the same ABS muting was assumed. In the above two multi-cell environments, the algorithm of high-speed load balancing maintenance was proposed.

• Key Words : Heterogeneous Network, Macro, Pico, ABS, Interference management

Received 4 January 2016, Revised 1 February 2016, Accepted 17 March 2016

\* Corresponding Author Hyeon-Kyeong Seong, School of Computer, Information, and Communication Engineering, Sangji University, Woosan 660, Wonju, Kangwon 220-702, Korea

## I. 서론

최근 무선 통신 시스템의 발전으로 다양한 유무선 네트워크들이 중첩되어 공존하게 되었으며, 주로 다양한 무선 접속 네트워크의 등장으로 유무선 통신 인프라가 확대 및 통합되고 있다. 이러한 환경에서 다양한 스마트 기기들을 사용함으로써 인해 현재 운용되고 있는 4G LTE 셀룰러 시스템으로는 망 수용량에 한계를 느끼고 있다[1-2]. 이로 인해, LTE-Advanced 부터 기존 매크로 셀 기지국뿐만 아니라 피코 셀, 펌토 셀 등과 같은 다양한 소형 셀 기지국들이 혼재되어 운영되는 이기종 네트워크에 대한 연구가 활발하게 연구되고 있다. 그러나 이런 저출력의 피코 셀 및 펌토 셀 무선중계기들을 이용하여 실내외의 소규모영역의 이기종 네트워크를 구성하게 되면 다양한 셀 이 혼용되어 매크로 셀과 소형 셀 간 간섭 문제가 발생하게 된다. 또한 사용자들이 핫스팟 내에서 군집화 되는 매크로 셀 지역에서의 매크로 기지국으로부터 일부 트래픽을 오퍼로드하기 때문에 여러 간섭 문제를 일으키며, 전체적인 시스템 성능의 저하가 발생하게 된다[3]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 이기종 네트워크 환경에서 수직 핸드오버의 성능을 향상시키기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 하지만, 확장 영역의 사용자들이 매크로 기지국으로부터의 강력한 간섭으로 인해 서비스 품질이 저하 될 것이기 때문에 적절한 운영 및 커버리지 처리량의 개선을 위해서는 이 문제의 완화가 필요하다 [4].

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 이기종 네트워크의 QoS 성능 향상을 위한 멀티 셀 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 매크로와 RRH 층들에서의 부하에 따라 선택적 서브프레임이 정상 서브프레임 또는 의무적 ABS로 이용되며, 매크로 eNB의 효율적 오퍼로드를 가능케 하여 전체적 성능의 개선으로 이어지게 된다.

또한 멀티 셀 시나리오의 PF 기준은 자원을 배정하기 위해 사용자의 QoS 요건이 고려되지 않기 때문에 스케줄러의 QoS-인식 강화를 위해 GBR 인식 패킷 알고리즘을 제안하였다. 이를 바탕으로 가용한 만큼의 자원을 이용하면서 가장 높은 처리량을 달성하고 가능한 짧은 시간 내에 전송을 완료하는 지를

확인하기 위한 최선형 트래픽(BE; Best Effort traffic) 시뮬레이션을 실시하였으며, 채널 조건의 활용보다는 모든 UE에 대해 최소 요구 처리량 달성에 관한 스케줄링 결정에 대해서도 중요한 요인으로 적용되는 GBR(Guaranteed Bit Rate)트래픽 분석을 실시하였다.

## II. 이기종 네트워크 간섭회피 기법

### 2.1 enhanced ICIC(Inter-Cell Interference Coordination) 기술

이기종 네트워크 시스템에서는 다양한 기지국이 혼재되어 운영되기 때문에 각 기지국 간에 미치는 심각한 간섭에 의해 사용자 서비스의 질을 떨어뜨려 망 성능 저하를 초래한다. 이기종 네트워크 환경을 구축할 경우 매크로 셀 기지국과 다른 소형 셀 기지국의 송신전력 차이로 인한 사용자 불균형 현상이 나타나 무선 주파수 자원을 효율적으로 관리하기 어렵다. 이로 인해 망 성능이 저하될 뿐만 아니라 소형 셀 기지국을 효율적으로 사용하지 못하여 자원 낭비로 이어진다[5]. 이러한 간섭문제와 사용자 불균형 문제는 간섭완화기법인 enhanced ICIC기법과 망영역 확장 기법을 사용하여 해결할 수 있다. eICIC는 캐리어 어그리게이션(carrier aggregation)을 사용하여 주파수 측면에서 간섭을 피하는 접근법과 ABS라고 불리는 시간 측면에서 간섭을 피하는 두 가지 접근법이 있다[6-7].

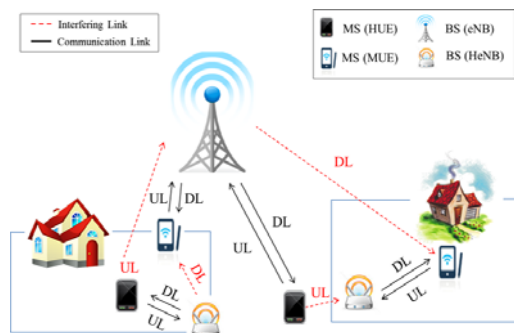


Fig. 1. Interference effects occurring in heterogeneous networks

시간 영역에서의 eICIC 기술은 몇 명의 UE들이

다른 노드들로부터의 간섭을 줄이기 위한 수단으로 전송 시간 구간의 일부분을 할당 받지 못하게 되며, 그림 2와 같이 두 가지 방법으로 나타낼 수 있다[8].

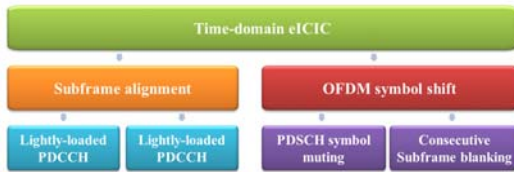


Fig. 2. Categorization of the time-domain eICIC solutions

### 2.2 eICIC 전송방식

이기종 네트워크에서 매크로-셀과 피코-셀이 공존함에 따라 제어신호와 데이터가 서로 간섭을 발생시킨다. 따라서 eICIC를 통해 매크로-셀이 특정 시간 구간에만 전송을 하게 된다면 매크로-셀로부터 받는 간섭을 줄일 수 있게 되어 피코셀의 성능을 개선시킬 수 있다[9]. 그림 3은 매크로 층에서의 ABS 전송구조를 나타낸 것이다. 전송시간 구간의 일부를 매크로 셀이 전송하지 않게 설정하고 이 구간에서 피코 셀에서만 전송하도록 설정하는 방법이다. 이렇게 전송하지 않도록 하는 구간을 ABS라고 하는데, 매크로 셀에 ABS를 적용하게 되면 ABS가 적용된 구간, 즉 매크로 셀이 전송하지 않는 구간에서 피코-셀이 전송할 때는 매크로 셀로부터의 간섭을 피할 수 있다.

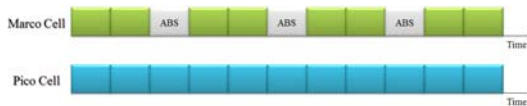


Fig. 3. Transmission mode of ABS from macro layer

확장영역은 RSRP 기반의 서브 셀 선택인 이종 네트워크 시나리오에서 피코 셀에 포지티브 옵션을 더하여 피코 셀로부터의 RSRP값을 크게 하여 피코 셀을 선택하는 UE의 수를 늘리도록 하는 기술이며, RE라고 한다. RE는 eICIC를 하지 않을 경우에 피코 셀의 낮은 SINR(Signal to Interference-plus-Noise Ratio)을 갖는 UE의 성능을 높여주게 된다. 하지만 피코 셀에 옵션을 줄 경우 매크로 셀에 큰 간섭을 줄 수 있으므로 매크로 셀로부터의 간섭을 피하기

위해 매크로 셀에 ABS를 적용하듯이 피코 셀에도 ABS를 적용하여 매크로 셀이 피코 셀로부터 받는 간섭을 없애주도록 한다[10].

그림 4는 매크로 셀과 피코 셀이 시간 영역으로 번갈아 가면서 ABS를 적용하여 전송하는 것을 나타낸다. 매크로 셀 기지국은 ABS를 적용하여 피코 셀 사용자들에게 그 구간 동안의 서브 프레임을 보장한다. 펠토 셀 기지국 또한 ABS를 적용하여 매크로 셀 사용자들에게 그 구간 동안 서브 프레임을 보장한다. 그리고 ABS를 적용할 서브 프레임을 일정 주기로 정하여 반복적인 ABS 구간을 설정할 수 있다.



Fig. 4. Transmission mode of ABS in macro cell and pico cell

## III. 이기종 네트워크의 QoS 향상을 위한 셀 스케줄링 알고리즘

본 논문에서는 이기종 네트워크의 QoS 성능 향상을 위한 셀 스케줄링을 제안한다. 제안된 알고리즘 구현을 위하여 UE 처리량에 미치는 영향을 인식하고자 분산형 구조의 매크로-피코 배치 시나리오와 중앙집중식 구조의 매크로-RRH 배치 시나리오를 제안하였다. 제안되는 시스템의 간섭완화를 위해 선택적 서브프레임을 적용하고 각 서브프레임 기간의 CQI 측정을 통하여 시스템 상황에 따른 제약조건을 측정하였으며, 시스템의 단순화를 위해서 동일한 ABS를 적용하여 무팅 패턴을 가정하였다.

### 3.1 셀 간 균형 유지 알고리즘

네트워크에서의 부하 균형유지 및 간섭 문제 관리를 위하여 RE와 eICIC 기술을 이용하는 경우가 있으나, 네트워크 내에 RE와 eICIC 기술을 위한 ABS 무팅비의 최적값 설정은 간단하지 않다. 또한 제안하는 알고리즘을 위해서는 UE 배치 시 일부 측정의 제약조건이 고려되어야 한다. CQI(Channel Quality Indicator) 측정은 정상 서브프레임 또는 의무적 ABS

기간에만 이루어지기 때문에 제약조건을 취하기 위해서는 각 프레임에서 최소 한 개의 의무적 ABS와 정상 서브프레임이라는 최소 수량이 유지되어야 한다. 이를 통해서 RRH UE는 서브프레임에서 RRH 측정을 수행하도록 올바르게 구성될 수 있다. CQI 측정법은 매크로 eNB가 사용하고 있는 서브프레임의 종류를 바탕으로 적용된다.

RRH UE CQI 측정은 정상 서브프레임과 의무적 ABS에 대해 별개로 이루어진다. 선택적 서브프레임에서는 이 서브프레임 기간에 어떠한 CQI 측정도 수행되지 않는다. 이러한 경우에 CQI 측정은 서브프레임이 정상 ABS 또는 의무적 ABS로 이용될지의 여부에 따라서 적용된다. 만일 선택적 서브프레임이 정상 프레임으로 이용되는 경우라면 정상 서브프레임의 마지막 CQI를 취하며, 만일 선택적 서브프레임이 의무적 ABS로 이용되는 경우라면 의무적 ABS의 마지막 CQI를 취하게 되고, 매크로 UE CQI 측정은 정상 서브프레임 기간에 이루어지게 된다.

각기 다른 서브프레임의 경우에는 그림 5와 같이 2개의 정상 서브프레임, 1개의 의무적 ABS, 5개의 선택적 서브프레임으로 구성된 하나의 프레임을 전송하는 매크로 eNB를 나타낼 수 있다.

그림 3.6에서 1번과 2번 서브프레임 기간에는 각각 정상 서브프레임과 ABS로 설정되기 때문에 CQI 측정이 이뤄지게 된다. 선택적 서브프레임인 3번과 4번의 경우에는 두 가지의 선택이 가능하다.

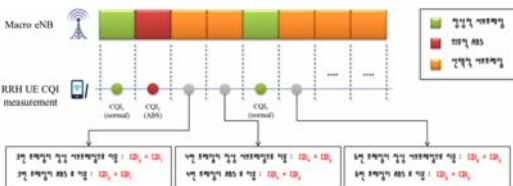


Fig. 5. Example of RRH UE CQI measurements

그림 6은 알고리즘에서 이용되는 기본 매크로 eNB 서브프레임을 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 #ns는 각 프레임의 시작시의 의무적 ABS의 수(#m)에 따라 재설정된다. 또한 각 선택적 서브프레임에서 #ns의 값은 서브프레임이 ABS로 이용되면 업데이트되며 그렇지 않으면 그대로 유지된다. 이 때, 매크로와 RRH 층간의 RSRP의 차이가 측정되는데, 특정

UE가 매크로 eNB보다 RRH로부터 더 많은 전력 신호를 수신한다면 RE RRH UE이고, 그렇지 않으면 중앙 RRH UE로 나타낼 수 있다.

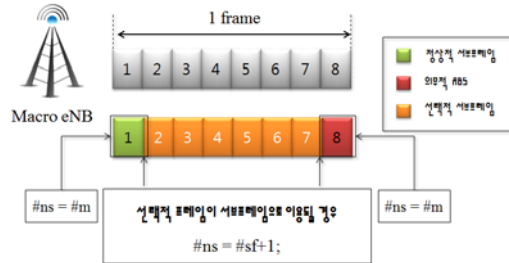


Fig. 6. Macro eNB subframe using in the proposed algorithm

### 3.2 QoS를 위한 GBR 인식 패킷 스케줄링

앞서 제안된 멀티 셀 시나리오의 PF(Proportional Fair) 기준은 자원을 배정하기 위해 사용자의 QoS 요건이 고려되지 않기 때문에 스케줄러의 QoS 인식 강화를 위해 GBR 인식 패킷 스케줄링을 제안한다. 시간 영역과 주파수 영역간의 분리를 통한 패킷 스케줄링은 GBR 인식 패킷 스케줄러를 통해 TD(Time Division)와 FD(Frequency Division) 모두에서 이용될 수 있다.

제안하는 GBR 인식 패킷 스케줄링은 한 셀 당 많은 수의 UE가 있을 수 있는 매크로 eNB만 존재하는 동종 네트워크에서와는 달리, 매크로 셀 영역 내에 작은 셀의 추가를 통해 매크로 eNB로부터 작은 셀로의 오퍼로드를 가능하게 하여 셀당 UE의 수가 매우 적을 수 있다는 점에 유의해야 한다. 셀 당 UE의 수가 적을 경우, 셀 내의 활성 UE의 수가 FD로 통과하는 UE의 수에 비해 적을 수 있기 때문에 TDPS(Time Division Packet Scheduler)의 영향은 감소하게 되며, 활성 UE의 수가 NUE보다 적을 때에는 그 영향이 사라지게 된다.

따라서 본 논문에서는 UE에 대한 GBR을 보장하기 위해서 FD를 적용하였다. GBR을 충족시킬 수 있는 FD 스케줄러 중 GBR 인식 비례확대 상수(scaling factor)인  $\omega$  GBR은 메인 스케줄링 기준에 적용된다. PF 기준을 메인 스케줄링 기준으로 할 경우, PRB (Physical Resource Block) k에서 사용자 n에 대한 GBR 인식 기준은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$M_{k,n}^{GBR} = M_{k,n}^{PF} \cdot w_{k,n}^{GBR} = \frac{\widehat{r}_{k,n}(t)}{R_n(t)} \cdot w_{k,n}^{GBR} \quad (1)$$

여기서,

- $t$  = 현재의 스케줄링 간격
- $M_{k,n}^{PF}$  = PRB k에서 사용자 n에 대한 PF 스케줄링
- $w_{k,n}^{GBR}$  = PRB k에서 사용자 n의 GBR 인식 비례 확대 상수
- $\widehat{r}_{k,n}(t)$  = PRB k에서 사용자 n의 가용한 순간 가용처리량
- $R_n(t)$  = TTI t까지 사용자 n으로 전달되는 과거 평균 처리량이다.  
이 때, TTI는 LTE에서 패킷 우선순위를 나타내기 위한 1ms의 시간 자원 단위이다.

위의 식 (1)에서  $R_n(t)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_n(t) = \left(1 - \frac{1}{N_n}\right) \cdot R_n(t-1) + \frac{1}{N_n} \cdot r_{k,n}(t) \quad (2)$$

여기서,

- $N_n$  = 필터 길이(본 논문의 모든 시뮬레이션에서 일정)
- $r_{k,n}(t)$  = TTI t 동안 UE로 전송되는 실제 확인된 처리량이다.

필터 길이  $N_n$ 은 사용자의 세션 시간을 바탕으로 적절하게 설정되어야 하며 특정 사용자가 연결되지 않고 존재할 수 있는 최대 시간과 관련된다. 본 논문의 시뮬레이션을 위해서 400 TTI (즉 0.4초)에 해당하는  $N_n$ 의 고정 값이 설정되었으며 이는 앞서 언급된 두 가지 고려사항을 만족시키는 것으로 나타났다. 또한 사용자 n에 대한 과거 평균 처리량의 초기 값은 특정 GBR 요건을 가진 사용자들이 있는지의 여부에 따라 설정되었다. 또한 사용자의 스케줄링을 위해서는 채널 조건 및 과거에 달성된 처리량 이외에도, 비례확대 상수도 고려해야한다. 사용자 k에 대한 비례확대 상수가 높을수록 사용자가 스케줄링 될 가능성이 높아지게 된다. 따라서, 본 논문에서는 다양한 FD GBR 인식 패킷 스케줄러 중에서 배리어

(Barrier) 함수군을 가진 PF 스케줄러(PF-B)가 선택되었다.

## IV. 시뮬레이션 및 결과분석

이 장에서는 본 논문에서 제안된 시나리오들 통하여 결과를 분석하였다. 또한 시뮬레이션 대상 시나리오에 대해 고속 부하균형 유지 알고리즘을 위한 서브프레임의 수, RE 값의 최적의 설정 확인 및 고려된 트래픽 모델은 물론 주요 시뮬레이션 모델들을 바탕으로, 최선형 트래픽 및 GBR 요건을 가진 트래픽에 대한 결과를 확인하였다.

### 4.1 시스템 모델

본 논문에서는 앞 장에서 언급한 바와 같이 매크로-피코 시나리오와 매크로-RRH 배치 시나리오를 적용하여 이기종네트워크 시스템의 QoS를 향상시키기 위한 시뮬레이션을 실시 하였다. 그림 7은 제안된 시나리오의 시뮬레이션 모델을 나타낸 것이다. 시나리오의 네트워크 토폴로지는 7개의 매크로-셀 영역에 위치하는 3구역 매크로 eNB에서 6각형의 토폴로지로 형성되고 각각의 LPN은 경우에 따라 4개의 피코 eNB 또는 RRH으로 구성하였으며, 트래픽 핫스팟을 위해 사용자 밀도를 최대치로 설정하였다.

또한 영역내에서 선택형 서브프레임과 이러한 서브프레임을 정상 또는 의무적 ABS로 이용할지의 여부를 고속 부하 균형유지 알고리즘을 이용해 결정하며, 제안된 시나리오 기반의 이기종 네트워크 시스템 성능을 더욱 우수하게 만들기 위한 구성을 위해서 선택형 서브프레임과 RE의 여러 값이 이용될 수 있다. 또한 고정된 수의 풀 버퍼 UE를 가진 BE 트래픽이 시뮬레이션 시에 고려된다.



Fig. 7. Macro-pico scenario increasing RE extended area

표 1은 논문에서 사용되는 시뮬레이션 매개변수를 나타낸 것이다.

Table 1. System simulation parameter

구분	파라미터	설정/설명	
셀환경	주파수	2.6GHz	
	대역폭	20MHz	
	셀 선택 절차	RSRP 기반 오프셋	
	패킷 트래픽 모델		풀버퍼
			유한버퍼
	트래픽 분포	셀 영역 내	50%
		RE 영역	50%
서브캐리어 간격		15KHz	
서브캐리어 수		600	
매크로 셀	출력 파워	60W	
	안테나 높이	30m	
	안테나 이득	16dBi	
	안테나 각도	5,15o	
	Tx/Rx	2 Tx/ 2Rx	
	다이버시티 결합		MRC in uplink
	출력 파워		5W
피코 셀	안테나 높이	5m	
	안테나 이득	12dBi	
	안테나 각도	63o	
	Tx/Rx	2 Tx/ 2Rx 지향성 안테나	
	다이버시티 결합		MRC in uplink

4.2 시뮬레이션 결과

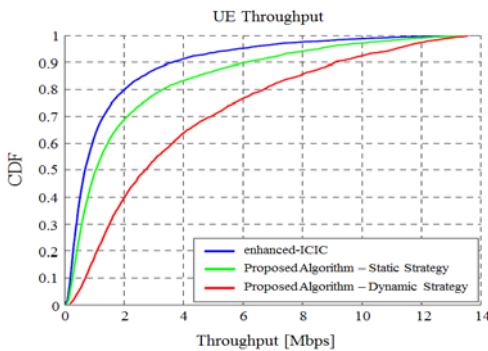


Fig. 8. UE processing amounts using proposed algorithm

풀 버퍼를 가진 UE가 고려될 경우, 앞의 표 1과 같이 전체 시뮬레이션 기간 동안 UE의 고정된 양이 시스템 내에서 유지된다. 그러므로 매크로-셀 영역 내의 매크로와 RE EU의 수는 일정하기 때문에 매크로 eNB에서의 뮤팅비 또한 일정하게 나타난다. 또한 표 1을 통하여 정적인 계획과 동적인 계획에서

UE 처리량을 극대화시킬 수 있는 의무적 ABS, 정상 서브프레임과 선택적 서브프레임의 개수, RE 설정을 확인할 수 있다. 그림 8은 제안된 알고리즘을 사용하였을 경우 UE 처리량을 나타낸 것이다. UE 처리량의 전체적 성능은 동적알고리즘을 사용하였을 때 가장 큰 개선이 나타났다. 이는 시스템에서 처리 속도에 따른 뮤팅이 발생할 때 각각의 서브프레임을 선택적으로 설정할 수 있기 때문에 뮤팅비율이 조절되어 전체 시스템 성능이 개선되는 것이다.

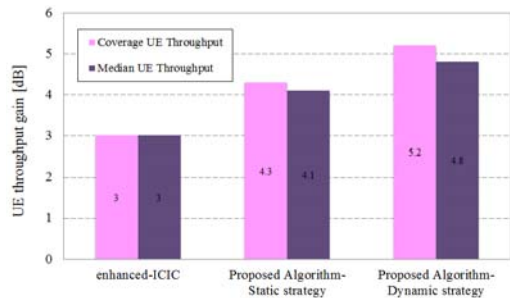


Fig. 9. Normalized UE processing amount performance by use of proposed algorithm

그림 9는 제안된 알고리즘 사용별 정규화 된 UE 처리량 성과를 나타낸 것이다. 기존의 eICIC에서는 커버리지와 중간값의 이득이 각각 3dB로 나타나 개선의 차이가 없었다. 제안된 알고리즘을 이용하였을 경우 커버리지와 중간값의 이득이 정적계획에서 4.3dB, 4.1dB, 동적계획에서는 5.3dB, 4.8dB로 1.5배 이상 상승하였다. RE의 이용을 통해서 더욱 많은 UE들이 피코 층으로 연결되어, RE를 이용하지 않은 경우에 비해 매크로 eNB의 더욱 높은 오퍼로드가 달성된다.

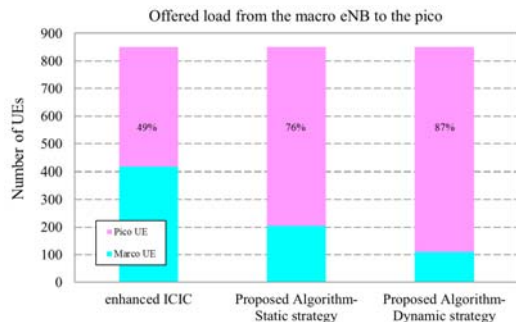


Fig. 10. Offered load from the macro eNB to the LPN

그림 10은 3가지 경우에 대한 매크로 eNB로부터 피코로의 오퍼로드 비율을 나타낸 것이다. eICIC의 경우 UE의 수에 따라 간섭이 발생할 경우 매크로와 피코에서 49%의 오퍼로드가 발생하였으나, 논문에서 제안한 알고리즘을 사용할 경우 정적 계획에서 76%, 동적계획에서 87%의 오퍼로드가 나타나 전체 38% 이상의 오퍼로드가 발생하였다. 이는 시스템에서 간섭이 발생할 경우 오퍼로드를 통한 시스템의 성능 개선이 나타나는 것이다.

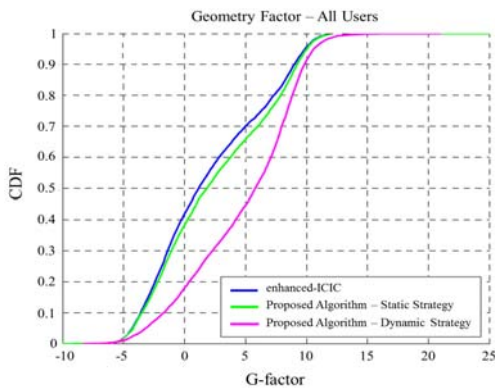


Fig. 11. G-Factor for the cases with proposed algorithm

그림 11은 제안된 알고리즘 사용별 G-factor을 나타낸 것이다. G-factor는 하나의 UE의 셀 내 수신 전력과 고속 fading에 대해 평균 계산된 셀 간 간섭+노이즈의 비로 정의되며, 이 경우에 간섭 셀들로부터의 평균 수신 전력은 또한 ABS 서브프레임 기간의 간섭을 고려하기 때문에 시뮬레이션에서 중요한 요인이 된다. G-factor의 CDF(Cumulative Distribution Function)는 각 경우의 UE를 모두 나타낸 것으로 사용자의 조건은 각기 다른 G-factor 값으로부터 추측될 수 있으며 G-factor가 낮을수록 사용자의 조건은 좋지 않게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 시뮬레이션을 통하여 기존의 eICIC보다 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용할 경우 성능 개선이 이루어지게 된다.

다음으로는 제안된 멀티 셀에 최적의 계획을 확인하기 위하여 정적 계획과 동적 계획의 비교를 실시하였다. 그림 12는 정적과 동적계획에서 제안된 알고리즘을 적용하였을 때 UE 처리량 성능을 나타낸

것이다. 그림 12에서 커버리지는 정적계획과 동적계획에서 각각 5.7Mbps, 6.9Mbps로 나타나 동적계획에서의 처리량이 21%가 높게 나타났고, 중간값의 처리량의 경우에도 동적계획에서 12.1Mbps로 정적계획의 9.7Mbps보다 24%가 높게 나타났다.

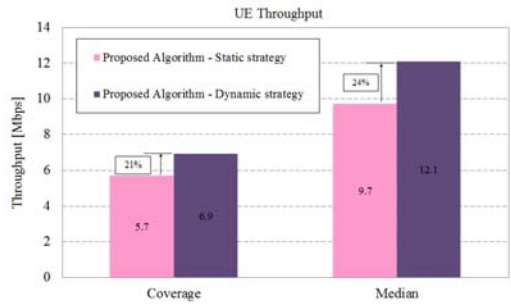


Fig. 12. UE processing amount performance during using proposed algorithm in static and dynamic strategy

그림 13은 매크로셀과 피코셀에서 정적계획 및 동적계획을 적용하였을 경우에 각 셀 커버리지에 대한 UE처리량을 나타낸 것이다. 매크로셀에 속해있는 UE들은 정적계획을 적용하였을 때 4.7Mbps, 동적 계획을 적용하였을 때 5.1Mbps의 처리량을 나타내었다. 또한 피코셀에 속해 있는 UE들은 정적계획과 동적계획에서 각각 5.5Mbps, 7.9Mbps로 나타나 동적계획의 성능이 정적계획보다 우수한 것으로 나타났다.

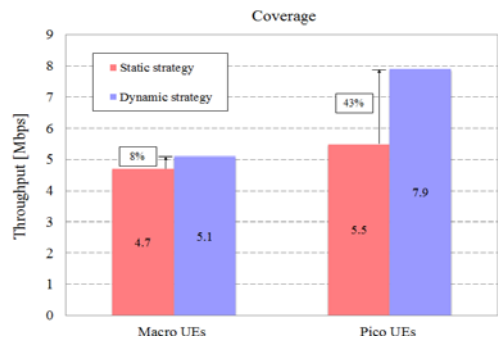


Fig. 13. Coverage value UE processing amount for static and dynamic strategy in macro cell and pico cell

그림 14는 매크로 셀과 피코 셀에서 정적계획 및 동적계획을 적용하였을 경우에 중간값에 대한 UE처리량을 나타낸 것이다. 이 경우에도 정적계획을 적용

하였을 때 보다 동적계획을 적용하였을 때, 매크로 셀에서는 21%, 피코 셀에서는 42% 높은 처리량이 나타났다.

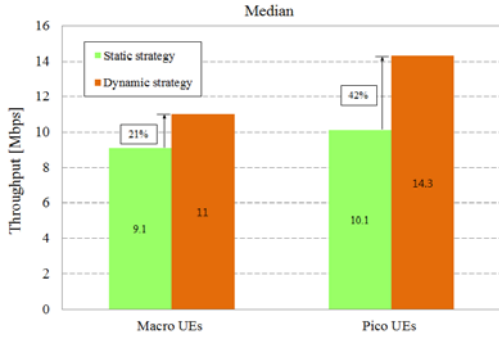


Fig. 14. Median value UE processing amount for static and dynamic strategy in macro cell and pico cell

## V. 결론

본 논문에서는 이기종 네트워크의 QoS 성능 향상을 위한 셀 스케줄링을 제안한다. 제안된 알고리즘 구현을 위하여 UE 처리량에 미치는 영향을 인식하고자 분산형 구조의 매크로-피코 배치 시나리오와 중앙집중식 구조의 매크로-RRH 배치 시나리오를 제안하였다. 제안되는 시스템의 간섭완화를 위해 선택적 서브프레임을 적용하고 각 서브프레임 기간의 CQI 측정을 통하여 시스템 상황에 따른 제약조건을 측정하였으며, 시스템의 단순화를 위해서 동일한 ABS를 적용하여 무팅 패턴을 가정하였다. 최선형 트래픽의 측정 결과, UE의 처리량은 기존의 시스템보다 약 2.5배까지 상승하였으며, 매크로 eNB로부터 피코 eNB으로의 오퍼로드 비율 또한 40% 이상 증가하였다. 또한 피코영역의 UE 처리량 면에서 커버리지는 물론 중간값에서도 정적계획에 비해 30% 더 우수한 성능을 달성하였다. 본 논문의 연구 결과를 활용하여 LTE 기반 시스템의 QoS 향상을 통해 양질의 서비스를 제공할 수 있을 것으로 판단되며, 본 연구 결과에서 제시한 시뮬레이션 방법을 이용하여 이기종 네트워크 구축을 위한 네트워크 최적화 모델 제시 및 최적화 알고리즘 연구가 가능할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- [1] M. U. Sheikh, J. Lempiainen, "Performance comparison of dual-cell HSDPA and long term evolution in macro cellular network," In Proc. of the 35th IEEE Sarnoff Symposium (SARNOFF), Vol. 1, Issue 1, pp. 1-5, 2012.
- [2] E. Mellios, Z. Mansor, G. S. Hilton, and A. R. Nix, "Impact of antenna pattern and handset rotation on macro-cell and pico-cell propagation in heterogeneous LTE networks," In Proc. of IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI), Vol. 1, Issue 1, pp. 1-2, 2012.
- [3] P. T. Hoa, T. Yamada, "Performance of dynamic logical macro cell and parallel polling to support smooth handover to fast movers in microcellular Networks," In Proc. of the IEEE International Conference on Communications, Vol. 1, Issue 1, pp. 4788-4881, 2008.
- [4] O. E. Falowo, H. A. Chan, "Joint call admission control algorithm for fair radio resource allocation in heterogeneous wireless networks supporting heterogeneous mobile terminals," In Proc. of the 7th IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), Vol. 1, Issue 1, pp. 1-5, 2010.
- [5] S. Bu, F. R. Yu, and Q. Yi, "Energy-efficient cognitive heterogeneous networks powered by the smart grid," In Proc. of INFOCOM, Vol. 1, Issue 1, pp. 980-988, 2013.
- [6] S. K. Lee, K. Sriram, K. S. Kim, and Y. H. Kim, "Vertical handoff decision algorithms for providing optimized performance in heterogeneous wireless networks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 58, Issue 2, pp. 865-881, 2009.
- [7] X. Kong, B. Cao, and P. S. Yu, "Multi-label classification by mining label and instance correlations from heterogeneous information networks," In Proc. of the 19th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, Vol. 1, Issue 1, pp. 614-622, 2013.
- [8] P. S. Jatinder, T. Alpcan, P. Agrawal, and V. Sharma, "A markov decision process based flow



- assignment framework for heterogeneous network access,” *Wireless Networks*, Vol. 16, Issue 2, pp. 481-495, 2010.
- [9] K. Matrouk, B. Landfeldt, “Prolonging the system lifetime and equalising the energy for heterogeneous sensor networks using RETT protocol,” *International Journal of Sensor Networks*, Vol. 6, Issu 2, pp. 65-77, 2009.
- [10] A. L. Ramaboli, O. E. Falowo, and A. H. Chan, “Review: Bandwidth aggregation in heterogeneous wireless networks: A survey of current approaches and issues,” *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 35, Issue 6, pp. 1674-1690, 2012.

### 저자소개



#### 김 명 동 (Myung-Dong Kim)

2009년 상지대학교 컴퓨터정보공학부(공학사)  
2011년 상지대학교 컴퓨터정보공학부(공학석사)  
2011년~현재 상지대학교 컴퓨터정보공학부 박사과정 (수료)  
2011년 3월~2012년 6월 인하공업 전문대학 외래교수  
2012년 8월~현재 인하공업전문대학 겸임교수  
※ 관심분야: 이동통신, USN, T-DMB, AT-DMB 등



#### 성 현 경 (Hyeon-kyeong Seong)

1984년 2월 인하대학교 전자공학과(공학석사)  
1991년 2월 인하대학교 전자공학과(공학박사)  
1991년~현재 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수  
※ 관심분야: Multiple-Valued Logic Design, Computer Architecture Design, Information & Coding Theory, Cryptography Theory & Security, RFID/WSN 설계 및 응용 등