

# 5G 이기종 네트워크 환경에서 머신타입통신을 위한 스몰셀 자원 분리 할당 방법<sup>☆</sup>

## Small-cell Resource Partitioning Allocation for Machine-Type Communications in 5G HetNets

반 일 학<sup>1</sup>                      김 세 진<sup>1\*</sup>  
Ilhak Ban                      Se-Jin Kim

### 요 약

본 논문은 매크로 기지국 (Macro base station, MBS) 커버리지 내 스몰셀 기지국 (Small-cell base station, SBS)이 중첩된 5G 이기종 네트워크 (Heterogeneous network, HetNet) 환경에서 머신 타입 통신 장치 (Machine-Type Communications Devices, MTC)들에게 미치는 간섭을 해결하고 성능향상을 위한 스몰셀 자원 분리 할당 방법을 제안한다. 5G HetNet에서는 다양한 타입의 MTC들이 데이터 트래픽을 생성하므로 기지국에 대한 부하가 심해진다. 따라서 이 부하를 해결하기 위해 SBS의 수신세기에 bias 값을 더해 조건에 만족하는 MTC들을 SBS에 연결하는 셀 범위 확장 (Cell range expansion, CRE) 방법이 적용된다. CRE를 통해 SBS에 연결되는 MTC들의 수가 증가하여 MBS의 부하는 줄어들지만 간섭의 영향을 받아 성능이 저하되므로 이를 해결하는 방법이 필요하다. 제안하는 스몰셀 자원 분리 할당 방법은 CRE로 SBS 내 새롭게 추가된 MTC의 간섭 완화를 위해 기존 MBS로부터의 간섭이 적은 자원을 할당하고 기존 MTC들의 성능에 따라 자원을 분리하여 할당하므로 전체 MTC들의 성능을 향상시킨다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안하는 스몰셀 자원 분리 할당 방법은 기존의 자원 할당 방법보다 MBS와 SBS에 연결된 MTC들의 시스템 용량에서 21%와 126%의 성능향상을 보인다.

☞ 주제어 : 5G, 이기종 네트워크, 스몰셀, 머신타입통신장치, 셀 범위 확장, 자원 분리 할당

### ABSTRACT

This paper proposes a small cell resource partitioning allocation method to solve interference to machine type communication devices (MTC) and improve performance in 5G heterogeneous networks (HetNet) where macro base station (MBS) and many small cell base stations (SBS) are overlaid. In the 5G HetNet, since various types of MTCs generate data traffic, the load on the MBS increases. Therefore, in order to reduce the MBS load, a cell range expansion (CRE) method is applied in which a bias value is added to the received signal strength from the SBS and MTCs satisfying the condition is connected to the SBS. More MTCs connecting to the SBS through the CRE will reduce the load on the MBS, but performance of MTCs will degrade due to interference, so a method to solve this problem is needed. The proposed small cell resource partitioning allocation method allocates resources with less interference from the MBS to mitigate interference of MTCs newly added in the SBS with CRE, and improve the overall MTC performance using separating resources according to the performance of existing MTCs in the SBS. Through simulation results, the proposed small cell resource partitioning allocation method shows performance improvement of 21% and 126% in MTCs capacity connected to MBS and SBS respectively, compared to the existing resource allocation methods.

☞ keyword : 5G, Heterogeneous network, Small-cell, Machine-type communications device, Cell Range Expansion, Resource Partitioning Allocation

## 1. 서 론

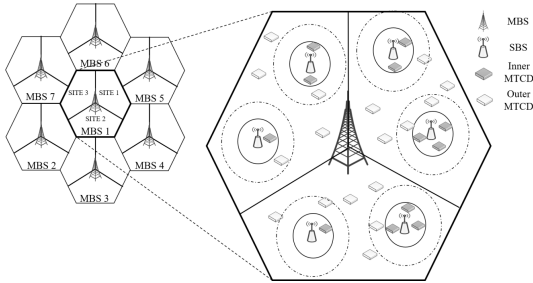
차세대 이동통신 시스템은 스마트 디바이스뿐만 아니라 수많은 사물인터넷 (Internet of things) 장치와 센서를 통해 고품질 대용량 데이터 트래픽 양이 급격히 증가하고 있다[1][2]. 이를 통해 3GPP에서는 NB(Narrow Band) IoT와 머신타입통신 (Machine Type Communications, MTC) 등의 표준화와 연구가 진행되었다[3][4]. 이러한 장

<sup>1</sup> Dept. of Computer Science and Statistics, Chosun University, Gwangju, 61452, Korea

\* Corresponding author (sjkim@chosun.ac.kr)

[Received 09 May 2023, Reviewed 25 May 2023(R2 09 September 2023) Accepted 28 September 2023]

☆ 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1F1A1060960).



(그림 1) 시스템 토폴로지  
(Figure 1) System topology

치들은 인간의 개입을 최소화하여 서로 통신할 수 있는 장치들이다. 주로 e헬스케어, 스마트 시티 등 실내외 다양한 곳에 설치된다. 특히 적은 데이터 전송에 적합한 NB-IoT보다 많은 데이터 전송이 필요한 MTC기반의 장치 (MTC Device, MTC D)들이 더욱 증가할 것이다[5]. 따라서 급증하는 데이터 트래픽 발생을 해결하기 위해 5G 네트워크에서는 매크로 기지국 (Macro base station, MBS) 보다 낮은 송신전력과 커버리지를 갖는 스몰셀 기지국 (Small-cell base station, SBS)이 건물 실외/내부와 핫스팟 및 음영지역 등에 설치되어 MTC D들의 대용량 데이터 트래픽 요구 해결하기 위해 배치된다[6]. 그러나, MBS가 있는 환경에 SBS들이 설치된 5G 이기종 네트워크 (Heterogeneous network, HetNet)에서 전체 네트워크 성능을 증가시키지만, 동일 채널을 사용하는 MTC D들에게 간섭을 주어 신호 대 간섭 및 잡음비 (Signal to interference plus noise ratio, SINR)와 전체 시스템 성능을 감소시킨다. 따라서, 5G HetNet에서 MBS와 SBS 사이의 MTC D들간의 간섭 및 자원관리 방법에 대한 연구가 필요하다.

5G HetNet에서 기존의 사용자 단말보다 많은 수의 MTC D들이 RSRP (Reference signal received power)가 최대인 기지국으로부터 서비스를 받는 것을 선택할 때 MBS와 SBS들의 송신 전력 차로 인해 MBS 연결이 증가하여 부하가 많이 발생한다. 이를 위해 5G HetNet에서는 SBS의 RSRP에 양의 bias값을 더한 셀범위 확장 (Cell range expansion, CRE)을 통해 MBS의 부하를 줄이고 SBS가 더 많은 장치를 서비스하도록 한다[7][8]. 그러나 CRE를 통해 SBS에 새롭게 연결된 MTC D들은 MBS로부터 동일 채널 간섭이 발생하므로 성능이 저하된다. 이를 위해 간섭을 해결하기 위한 연구들이 진행되었다. [9],[10]에서는 HetNet 환경에서 CRE로 생기는 단말을 위해 간섭의 영향이 있는 일부 자원을 MBS에서 할당하지 않는 방법을 사용하여 간섭을 해결하였다. 그러나 이러한 방법은 MBS

에 연결된 장치들이 사용하는 자원의 양이 줄어드는 단점이 있다. [11]에서는 앞선 연구의 발전 방법으로 간섭을 해결하기 위해 MBS와 SBS가 사용하는 자원에서 각각 일부를 사용하지 않도록 하였다. 각각의 기지국으로부터 성능이 낮은 사용자들의 간섭을 효율적으로 관리하지만 각 기지국의 자원 사용 효율이 떨어진다. [12]에서는 MBS와 SBS사이의 간섭을 해결하기 위해 전체 자원을 4개의 부분으로 나누어 할당한다. 자원의 일정 부분을 MBS와 SBS가 고정적으로 사용하며 성능이 낮은 단말들을 위해 나머지 부분을 SBS에게 서로의 간섭을 회피하도록 할당한다. 마지막으로 예약자원을 두어 SBS에게 추가 자원으로 할당한다. 이 방법은 SBS 내 사용되는 자원을 분리하여 간섭을 효율적으로 제어하지만 MBS가 사용하는 자원의 감소와 방법이 복잡하다.

앞에서의 연구들은 주로 SBS의 CRE와 사용자 단말간의 간섭관리 방법을 적용하였다. 자원을 사용하지 않거나 분리하여 간섭을 해결하였다. 그러나 MBS에 연결되는 장치들의 성능이 저하되는 단점이 있다. 본 논문에서는 5G HetNet에서 SBS의 CRE를 통해 MBS에 연결된 장치들의 부하를 줄이고 간섭을 줄이는 자원 분할 방법으로 각 기지국에 연결된 MTC D들의 성능을 증가시키기 위해 스몰셀 자원 분리 할당 방법을 제안한다. 많은 MTC D들이 연결된 MBS의 부하를 줄이기 위해 SBS의 CRE를 적용하여 MTC D들이 SBS에 연결되도록 한다. 그리고 CRE를 통해 SBS에 연결된 MTC D들과 기존의 MTC D들의 성능을 증가시키기 위해 스몰셀 자원 분할 할당 방법을 적용한다. 제안하는 방법에서 CRE를 통해 SBS에 연결된 장치들의 SINR을 증가시키기 위해 MBS로부터 간섭이 없는 채널을 부여하며 SBS 내 기존 MTC D들의 SINR에 따라 분리된 채널을 할당한다. 제안하는 방법을 적용하여 전체 MTC D들의 성능을 향상시킨다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 5G HetNet 시스템 모델을 소개하고, 3장에서는 제안하는 스몰셀 자원 분리 할당 방법을 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션 결과를 분석하고, 마지막으로 5장은 결론으로 구성된다.

## 2. 시스템 모델

### 2.1 시스템 토폴로지

그림 1은 5G HetNet에서 MTC D들에게 미치는 간섭을 고려하기 위한 OFDMA 다운링크 모델의 시스템 토폴로지를 나타낸다. 육각형으로 구성된 7개의 셀로 가운데 중

심 셀 기준으로 1-tier의 셀로 구성된다. 각 셀 중심에는 지향성 안테나를 갖는 MBS가 위치하며 3 섹터로 나누어진다. 중심 셀 MBS와 이웃한 MBS 사이의 거리는  $D_m = 500\text{m}$ 이다. 섹터 내 셀 반경으로부터 0.6배 거리로 떨어져 있는 위치에 SBS이 4개가 존재한다. MBS의 커버리지 내  $O$ 개의 Outer MTCD (OMTCD)와 전 방향 안테나를 사용하는 SBS들 커버리지 내  $I$ 개의 Inner MTCD (IMTCD)가 랜덤하게 존재한다. MBS의 부하를 줄이기 위해 OMTCD들 중 SBS의 RSRP에 bias값을 더한 값이 MBS보다 크다면 IMTCD로 전환된다. MBS는 전체 채널  $K$ 의  $1/3$ 의 크기를 OMTCD들에게 겹치지 않는 하나의 채널을 할당하고 섹터내 각각의 SBS는 전체 채널  $K$ 를 커버리지 내 IMTCD들에게  $K/I$ 의 크기로 할당한다.

## 2.2 모델과 환경변수

성능분석을 위해 IMTCD와 OMTCD의 SINR을 식으로 나타낸다.  $m$ 번째 MBS가  $k$ 번째 서브 채널을 이용하여  $o$ 번째 OMTCD에게 서비스를 제공하는 SINR,  $\gamma^{k_{mo}}$ 는 다음과 같다.

$$\gamma_{mo}^k = \frac{G_{mo}^k A(\theta) \omega_{mo}^k}{N_0 + \sum_{\hat{m} \in M, \hat{m} \neq m} G_{\hat{m}o}^k A(\theta) \omega_{\hat{m}o}^k + \sum_{s \in S} G_{so}^k \omega_{so}^k}, \quad (1)$$

여기에서  $G_{mo}^k = P_{mo}^k PL_{mo}$ 과  $G_{so}^k = P_{so}^k PL_{so}$ 이며 각각  $m$ 번째 MBS와 이웃한 섹터로부터  $s$ 번째 SBS로부터  $k$ 번째 서브 채널을 이용하여  $o$ 번째 OMTCD 사이의 채널 이득이며,  $P_{mo}^k$ 과  $P_{so}^k$ 는  $m$ 번째 MBS와  $s$ 번째 SBS가  $k$ 번째 서브 채널을 이용하여  $o$ 번째 OMTCD에게 오는 송신 전력이고  $PL$ 은 경로 손실로  $PL_{mo} = 128.1 + 37.6 \log_{10}(d)$ 와  $PL_{so} = 140.7 + 37.7 \log_{10}(d)$ 으로 계산되며 경로 손실에는 새도우페이딩이 포함된다.  $A(\theta) = A_g - \min[12(\frac{\theta}{\theta_{3dB}}), A_m]$ 은  $m$ 번째 MBS와  $o$ 번째 OMTCD사이의 안테나 이득으로,  $A_g$ 는 안테나 최대 이득,  $\theta_{3dB}$ 은 최대 안테나 이득  $A_g$ 에서 3dB 감소된 이득이고  $A_m$ 은 안테나 최소 이득으로 각각  $70^\circ$ 와  $20$ 을 나타낸다[13]. 이진 값을 갖는  $\omega^{k_{mo}}$ 과  $\omega^{k_{so}}$  변수는 각각  $m$ 번째 MBS와  $s$ 번째 SBS가  $k$ 번째 서브채널을  $o$ 번째 OMTCD에게  $k$ 번째 채널을 할당하여 서비스할 때 1 그렇지 않으면

0이다.  $N_0$ 는 백색잡음이다.

마찬가지로,  $s$ 번째 SBS가 커버리지내  $i$ 번째 IMTCD에게  $k$ 번째 서브 채널을 이용하여 서비스를 제공하는 SINR,  $\gamma^{k_{si}}$ 은 다음과 같다.

$$\gamma_{si}^k = \frac{G_{si}^k \omega_{si}^k}{N_0 + \sum_{\hat{s} \in S, \hat{s} \neq s} G_{\hat{s}i}^k \omega_{\hat{s}i}^k + \sum_{m \in M} G_{mi}^k A(\theta) \omega_{mi}^k}, \quad (2)$$

여기서  $G^{k_{si}} = P^{k_{si}} PL_{si}$ 과  $G_{mi}^k = P_{mi}^k PL_{mi}$ 는 각각  $s$ 번째 SBS와  $m$ 번째 MBS로부터  $k$ 번째 서브채널을 이용하여  $i$ 번째 IMTCD사이의 채널이득이며,  $P$ 는 송신전력,  $PL$ 은 경로손실이다.  $\omega^{k_{si}}$ 과  $\omega^{k_{mi}}$ 는 이진 값을 갖는 변수로  $s$ 번째 SBS와  $m$ 번째 MBS가  $k$ 번째 서브채널을  $i$ 번째 IMTCD에게 할당하여 서비스하는 것과 간섭의 영향이 있을시 1 그렇지 않으면 0이다.

앞에서 계산된 SINR 식(1)과 (2)를 이용하여  $m$ 번째 MBS가  $o$ 번째 OMTCD에게 전송하는 용량 그리고  $s$ 번째 SBS가  $i$ 번째 IMTCD에게 전송하는 용량을 다음과 같이 계산한다.

$$C_{mo} = \sum_{\forall k \in K} W_o \cdot \omega_{mo}^k \cdot \log_2(1 + \gamma_{mo}^k),$$

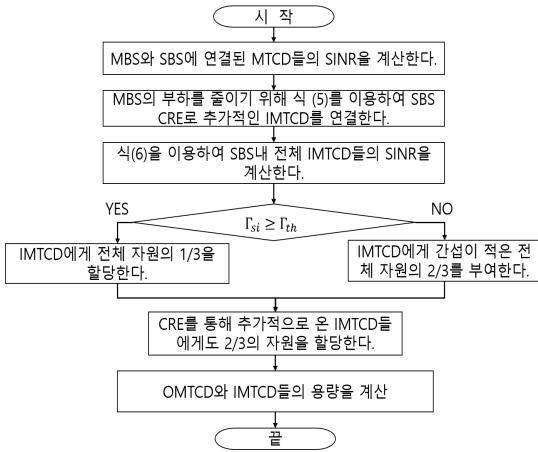
$$C_{si} = \sum_{\forall k \in K} W_i \cdot \omega_{si}^k \cdot \log_2(1 + \gamma_{si}^k), \quad (4)$$

여기서  $W_o = \frac{W_{Total}}{3O}$ 와  $W_i = \frac{W_{Total}}{I}$ 는 각각 MBS와 SBS의 커버리지 내 사용자에게 할당하는 서브채널의 대역폭이고,  $W_{Total}$ 는 전체 대역폭을 의미한다.

## 3. 제안하는 스몰셀 자원 분리 할당 방법

본 장에서는 5G HetNet에서 MBS의 부하를 SBS의 CRE를 통해 줄이며 SBS 내 MTCD들에게 미치는 간섭을 줄이고 성능을 향상시키는 스몰셀 자원 분리 할당 방법을 제안한다. 먼저, MBS와 SBS는 각각의 커버리지 내 OMTCD들과 IMTCD들에게 주어진 채널을 할당하고 서비스한다. MBS의 부하를 줄이기 위해 CRE를 적용하여 OMTCD 중 SBS로부터 받는 RSRP에 bias값을 더한 값이 MBS로부터 받는 RSRP보다 큰 경우 기존의 MBS의 연결을 해제하고 SBS로부터 서비스를 받도록 한다.

$$P_{so} + bias \geq P_{mo}. \quad (5)$$



(그림 2) 제안하는 SBS 자원 분할 방법 순서도

(Figure 2) Flowchart of the proposed SBS resource partitioning allocation

CRE를 통해 넘어간 OMTCD들은 SBS에게 서비스받는 CRE IMTCD들로 바뀌며 SBS가 제공하는 채널을 사용한다. CRE의 bias값이 증가할수록 OMTCD들 중 SBS에 연결되는 IMTCD들의 수가 증가하며 MBS의 부하는 더욱 감소한다. 이후 SBS에 넘어온 IMTCD들과 기존의 IMTCD들간 사용하는 자원을 새롭게 할당하기 위해 자원 분리 할당 방법을 적용한다. CRE를 통해 새롭게 SBS에 연결된 IMTCD들은 이웃한 MBS로부터의 간섭의 영향을 많이 받으므로 간섭을 줄이기 위해 전체 채널 중 MBS가 사용하는 채널을 사용하지 않는다. 기존의 IMTCD들은 SINR값에 따라 전체 채널 중 이웃한 MBS로부터의 간섭이 있는 1/3의 채널과 간섭이 없는 2/3채널로 서비스 받도록 나누어진다. 기존의 IMTCD들의 SINR이 주어진 임계값  $\Gamma_{th}$ 보다 작은 IMTCD들은 이웃한 MBS로부터의 간섭의 영향이 크다고 보고 CRE를 통한 IMTCD들과 함께 간섭이 없는 채널을 사용한다. 채널을 할당받은 IMTCD의 SINR,  $\Gamma_{si}$ ,은 다음과 같이 계산된다.

$$\Gamma_{si} = \frac{G_{si}\omega_{si}}{N_0 + \sum_{\hat{s} \in S, \hat{s} \neq s} G_{\hat{s}i}\omega_{\hat{s}i} + \sum_{m \in M} G_{mi}A(\theta)\omega_{mi}} \quad (6)$$

이를 통해 SBS 내 전체 채널을 기존의 IMTCD들과 CRE를 통해 새롭게 연결된 IMTCD들간의 자원을 효율적으로 할당하고 간섭을 줄여 성능을 증가시킨다. 그림2는 제안하는 방법의 플로우차트를 보여준다.

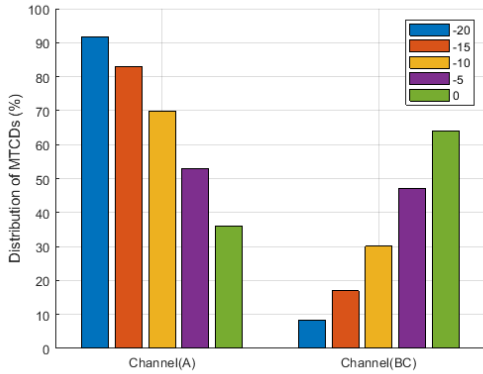
(표 1) 시스템 파라미터

(Table 1) System parameters

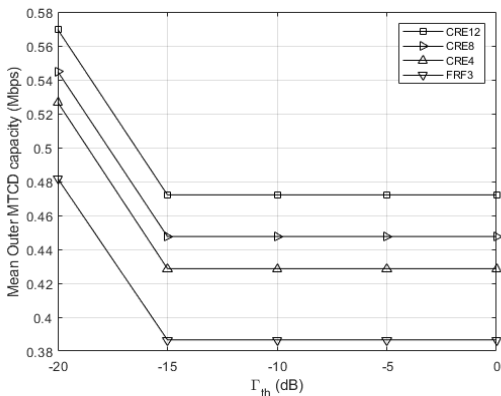
Parameter	Value
Cell layout	Hexagonal grid 7 cell site, 3 sector per site
Inter site distance ( $D_m$ )	500 m[13]
MBS and SBS radius	288 m, 40 m
MBS Tx power	40 W[14]
SBS Tx power	1 W[14]
Number of Outer MTCDs	30
Number of Inner MTCDs	10
Number of SBSs	4
Carrier frequency	2.0 GHz
Frequency bandwidth	10 MHz
Minimum distance MBSs and MTCDs	35 m[14]
Minimum distance SBSs and MTCDs	10 m[14]
Given SINR threshold ( $\gamma_{th}$ )	-20 dB ~ 0 dB
White noise ( $N_0$ )	-174 dBm/Hz

#### 4. 시뮬레이션 결과

본 장에서는 매트랩을 이용하여 MBS와 SBS가 중첩된 5G HetNet에서 CRE를 통해 MTCD들로부터의 MBS 부하를 줄이고 SBS 내 IMTCD들의 하향링크 간섭을 해결하고 성능을 증가시키기 위한 스펙트럼 자원 분리 할당 방법의 성능을 시뮬레이션으로 분석한다. 7셀로 구성된 매크로셀 커버리지 내 MBS가 중앙에 존재하며 중심 셀 MBS 셀 반경의 0.6배만큼 떨어진 위치에 4개의 SBS들이 존재한다. 셀 커버리지 내 30개의 OMTCD들과 SBS 커버리지 내 10개의 IMTCD들이 랜덤하게 배치된다. 총 100번의 시뮬레이션을 진행하였고, 매 시뮬레이션마다 중심 셀 커버리지 내 OMTCD와 IMTCD는 균일하게 분포된다. 또한, MBS와 SBS의 신호는 평균 0과 각각 8dB, 10dB의 로그노멀 선택도우 페이딩을 고려한다. OMTCD가 사용하는 채널은 전체 채널의 1/3 크기로 겹치지 않도록 서비스하며, 하나의 SBS 내 IMTCD는 전체 채널을 장치들의 크기로 나누어 할당된다. SBS의 CRE 값은 4, 8, 12dB로 증가하며 MBS부하를 줄인다. CRE의 dB값이 증가함에 따라 SBS로 넘어오는 OMTCD들이 증가하므로 SBS 내 장치들이 증가하여 사용하는 자원량을 줄어든다. 제안하는 방법은 MBS의 부하를 줄이기 위해 CRE를 통해 SBS에 연결되는 OMTCD들의 수를 늘리고 SBS 내 IMTCD들의 SINR에 따



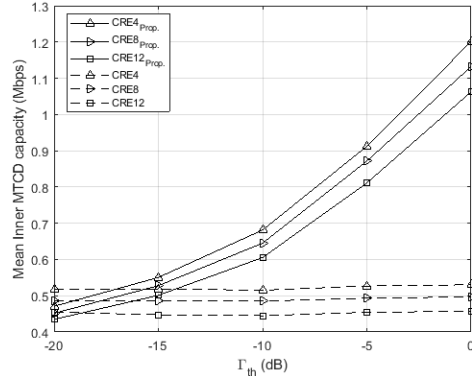
(그림 3)  $\Gamma_{th}$  임계값에 따른 스몰셀 내 MTCD 채널 사용 분포  
(Figure 3) Distribution of MTCD channel usage in SBS according to  $\Gamma_{th}$



(그림 4) Outer MTCD의 평균 시스템 용량  
(Figure 4) Mean capacity of Outer MTCD

라 자원 분할 할당을 통해 간섭을 줄이고 성능을 향상시킨다. 제안하는 방법의 성능을 비교하기 위해 CRE를 통해 SBS 내 전체 자원을 IMTCD들이 간섭고려없이 나누어 사용하는 방법 (CRE)과 시스템 용량 측면을 비교한다. 각 시뮬레이션 방법마다 SBS 커버리지 내 IMTCD들의 SINR을 통해 채널 분리 사용을 위해 주어진 임계값  $\Gamma_{th}$ 을 -20dB에서 0dB로 증가시키면서 성능을 비교하였다. 표1은 시뮬레이션 사용된 시스템 파라미터를 나타낸다.

그림 3은 채널 분리 할당을 위한 임계값  $\Gamma_{th}$ 이 증가함에 따른 SBS 내 IMTCD 분포를 나타낸다. SBS에 연결된 IMTCD들의 SINR이 임계값  $\Gamma_{th}$ 보다 높을수록 간섭이 심한 채널(A)을 사용하게 된다.  $\Gamma_{th}$ 이 증가하면서 성능이



(그림 5) Inner MTCD의 평균 시스템 용량  
(Figure 5) Mean capacity of Inner MTCD

좋은 IMTCD의 수가 감소하므로 전체 채널 중 1/3을 사용하는 IMTCD들의 수가 감소한다. 이와 다르게  $\Gamma_{th}$ 보다 낮은 SINR 성능을 갖는 IMTCD들은 간섭이 적은 2/3의 채널(BC)을 사용하여 MBS로부터의 간섭을 적게 받아 SINR이 증가한다. 임계값  $\Gamma_{th}$ 이 0dB가 되면 A채널을 사용하는 IMTCD와 BC채널을 사용하는 IMTCD의 비율이 37%와 63%로 전체 자원 중 A와 BC의 비율과 비슷하므로 임계값  $\Gamma_{th} = 0\text{dB}$ 까지 시뮬레이션 성능을 비교한다.

그림 4는 MBS의 부하를 줄이기 위한 CRE bias값 증가와 자원 분할 할당을 위한 임계값  $\Gamma_{th}$ 을 증가시키면서 MBS에 연결된 OMTCDD들의 평균 용량 성능을 나타낸다. 여기서 임계값  $\Gamma_{th}$ 의 증가는 SBS 내 IMTCD들에게 분할 할당되는 자원에 영향을 주기 때문에 OMTCDD들에게 미치는 영향은 없다. CRE bias값이 증가함에 따라 MBS에 연결된 OMTCDD들의 수가 더 많이 SBS로 넘어가므로 MBS의 부하는 줄어든다. SBS에 새롭게 연결되는 OMTCDD들은 MBS로부터 거리가 멀리 떨어져 있고 이웃한 SBS에 근접해 있으므로 성능이 낮은 OMTCDD들이 SBS CRE를 통해 연결된다. 따라서 CRE bias값이 증가함에 따라 성능이 낮은 OMTCDD들이 SBS에 연결되며 평균 용량 성능이 증가한다. CRE bias값이 4, 8, 12dB로 증가하면서 평균 용량 성능은 10%, 17%, 21%만큼 증가한다.

그림 5는 MBS의 부하를 줄이기 위한 CRE bias값 증가와 자원 분할 할당을 위한 임계값  $\Gamma_{th}$ 을 증가시키면서 SBS 내 IMTCD들의 평균 용량 성능을 나타낸다. 앞서 그림4에서 CRE bias값이 증가할수록 SBS로 연결되는 OMTCDD들이 증가하여 SBS 내 IMTCD들이 증가한다. 따라서 자원을 나누어 사용하는 장치들이 증가하므로 CRE

bias가 증가할수록 IMTCD들이 사용할 자원량을 줄어들이며 성능은 저하된다. 자원 분할 할당을 위한 임계값  $\Gamma_{th}$ 이 증가할수록 성능이 낮은 IMTCD들은 간섭이 적은 채널을 할당받아 SINR이 증가하고 이에 따라 용량 성능이 증가한다.  $\Gamma_{th} = 20\text{dB}$ 일 때, 그림 3에서 SBS 내 IMTCD의 90%가 간섭이 많은 자원을 사용하여 MBS로부터 간섭의 영향이 크며 전체 자원의 1/3 크기의 자원을 나누어 사용하므로 용량 성능도 낮다. 그러나  $\Gamma_{th} = -15\text{dB}$ 부터 SINR 성능이 낮은 IMTCD들 중 간섭이 적은 채널을 사용하는 비율이 증가하면서 SINR이 증가하여 용량 성능이 증가한다. CRE bias가 4dB에서  $\Gamma_{th} = -15\text{dB}$ 에서 0dB까지 상승할 때 성능은 6%에서 최대 126%까지 증가한다.

## 5. 결 론

본 논문은 5G HetNet 환경에서 SBS의 CRE를 통해 MBS의 부하를 줄이고 SBS 내 IMTCD들의 성능을 향상시키기 위해 자원 분할 할당 방법을 제안하였다. 제안하는 스몰셀 자원 분할 할당 방법은 CRE로 SBS에 연결된 IMTCD들에게는 간섭이 적은 채널을 할당하여 성능을 향상시키고 기존의 IMTCD들은 SINR과 임계값을 비교하여 간섭의 영향이 있는 자원과 영향이 적은 자원을 분리하여 할당해 성능을 향상시켰다. 시뮬레이션 결과에서 제안하는 SBS 자원 분할 방법은 전체 자원을 할당하는 방법보다 IMTCD와 IMTCD의 평균 용량을 각각 최대 21%와 126%만큼 증가시키는 것을 보였다. 향후 연구에서는 SBS 내 IMTCD들의 수가 증가함에 따라 성능을 향상시키기 위해 전력 할당 방법을 적용하여 SBS CRE를 통해 연결되는 IMTCD들의 성능을 고려한다. 또한 SBS 내 IMTCD들간의 전력 할당을 고르게 분배하여 전체적인 성능향상을 고려한다.

## 참고문헌(Reference)

- [1] CISCO White paper, "Cisco Visual Networks Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update," 2017-2022 White Paper, Feb. 2019.  
<http://media.mediapost.com/uploads/CiscoForecast.pdf>
- [2] CISCO White paper, "Cisco Annual Internet Report," 2018-2023, March 2020.  
<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.pdf>
- [3] M. M. Wang, J. Zhang, and X. You, "Machine-type communication for maritime Internet of Things: A design," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 22, no. 04, pp. 2550-2585, 2020.  
<http://dx.doi.org/10.1109/COMST.2020.3015694>
- [4] E. M. Migabo, K. D. Djouani, and A. M. Kurien, "The narrowband Internet of Things (NB-IoT) resources management performance state of art, challenges, and opportunities," *IEEE Access*, vol. 08, pp. 97658 - 97675, 2020.  
<http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2995938>
- [5] H. Shariatmadari, R. Ratasuk, S. Iradj, A. Laya, T. Taleb, R. Jäntti, and A. Ghosh, "Machine-type communications: current status and future perspectives toward 5G systems," *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 09, pp. 10-17, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2015.7263367>
- [6] S.-J. Kim, "Dynamic Channel Assignment with Consideration of Interference and Fairness for Dense Small-cell Networks," *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, Vol.E101-A, No.11, pp.1984-1987, 2018.  
<http://dx.doi.org/10.1587/transfun.E101.A.1984>
- [7] A. Damnjanovic et al., "A survey on 3GPP heterogeneous networks," *IEEE Wireless Communications Magazine*, vol. 18, no. 03, pp. 10 - 21, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1109/MWC.2011.5876496>
- [8] Q. Ye, B. Rong, Y. Chen, M. Al-Shalash, C. Caramanis, and J. G. Andrews, "User association for load balancing in heterogeneous cellular networks", *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 12, no. 06, pp. 2706 - 2716, 2013.  
<http://dx.doi.org/10.1109/TWC.2013.040413.120676>
- [9] C.-H. Huang and C.-Y. Liao, "An interference management scheme for heterogeneous network with cell range extension", In 2011 13th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium, pp. 1-5, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.1109/APNOMS.2011.6077021>
- [10] E. Fakhfakh, S. Hamouda and S. Tabbane, "Joint

- frequency and time domain based eICIC for better CRE application in HetNets, In 2014 IEEE 80th Vehicular Technology Conference (VTC2014-Fall), pp. 1-5, 2014.  
<http://dx.doi.org/10.1109/VTCFall.2014.6966030>
- [11] R. Singh, and C. S. R. Murthy, "Techniques for interference mitigation using cooperative resource partitioning in multitier LTE HetNets," IEEE Systems Journal, vol. 12 no. 01, pp. 843-853, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.1109/JSYST.2016.2527504>
- [12] D. Qu, S. Xie, B. Sun, and Y. Zhou, "Joint MS offloading and interference coordination for heterogeneous ultra dense networks," In 2019 11th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), pp. 1-6, 2019.  
<http://dx.doi.org/10.1109/WCSP.2019.8928074>
- [13] 3GPP TSG-RAN WG 4, R4-092042, "Simulation assumptions and parameters for FDD HeNB RF requirements," 2009.  
[https://www.3gpp.org/ftp/tsg\\_ran/WG4\\_Radio/TSGR4\\_51/Documents/R4-092042.zip](https://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG4_Radio/TSGR4_51/Documents/R4-092042.zip)
- [14] 3GPP TR 36.814 V9.0.0, "Further advancements for E-UTRA physical layer aspects," 2010.  
[https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36\\_series/36.814/36814-900.zip](https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36_series/36.814/36814-900.zip)

## ● 저 자 소 개 ●



### 반 일 학(Ilhak Ban)

2016년 조선대학교 컴퓨터통계학과(이학사)  
2018년 조선대학교 대학원 전산통계학과(이학석사)  
2018년~현재 조선대학교 대학원 전산통계학과 박사과정  
관심분야 : 이동통신, 스몰셀, 사물인터넷, 강화학습 etc.  
E-mail : ihban@chosun.ac.kr



### 김 세 진(Se-Jin Kim)

2004년 조선대학교 전자계산학과(이학사)  
2006년 고려대학교 대학원 전산학과(이학석사)  
2010년 고려대학교 대학원 전산학과(이학박사)  
2015년~현재 조선대학교 컴퓨터통계학과 교수  
관심분야 : 정보통신, 이동통신, 사물인터넷, 머신러닝 etc.  
E-mail : sjkim@chosun.ac.kr