

건물 내 스몰셀 네트워크에서 채널 선택 기반 다중점 협력통신[☆]

Coordinated Multi-Point Communications with Channel Selection for In-building Small-cell Networks

반 일 학¹ 김 세 진^{1*}
Ilhak Ban Se-jin Kim

요 약

본 논문은 매크로 기지국(Macro base station, MBS) 커버리지에 위치한 건물 내부의 밀집된 스몰셀 네트워크 환경에서 매크로 사용자 단말(Macro user equipment, MUE)의 성능향상을 위한 채널 선택 기반 다중점 협력통신(Coordinated multi-point, CoMP) 방법을 제안한다. 제안하는 CoMP 방법에서 건물 내에 위치한 MUE의 성능향상을 위해 스몰셀 기지국(Small-cell base station, SBS)들이 이웃한 MUE에게 간섭을 적게 미치는 방법으로 채널을 선택하고 CoMP가 필요한 MUE에게 적절한 신호를 송신한다. 시뮬레이션 결과에서 제안하는 CoMP 방법이 기존의 랜덤채널할당 기반의 스몰셀 네트워크 방법과 CoMP방법보다 MUE의 성능을 각각 최대 164%와 51%까지 향상시킨다.

☞ 주제어 : 이기종 네트워크, 스몰셀, 다중점 협력통신, 채널선택

ABSTRACT

This paper proposes a coordinated multi-point communication (CoMP) method with channel selection to improve performance of a macro user equipment (MUE) in a dense small-cell network environment in a building located within coverage of a macro base station (MBS). In the proposed CoMP method, in order to improve the performance of the MUE located in the building, A small-cell base station (SBS) selects a channel with lower interference to the neighboring MUE and transmits appropriate signals to the MUE requiring CoMP. Simulation results show that the proposed CoMP method improves the performance of the MUE by up to 164% and 51%, respectively, compared to a random channel allocation based traditional SBS network and CoMP method.

☞ keyword : Heterogeneous network, Small-cell, Cooperative multi-point communication, Channel selection

1. 서 론

최근 스마트 디바이스뿐만 아니라 수많은 사물인터넷(Internet of things) 장치와 센서를 통해 고품질 대용량 데이터 트래픽 양이 급격히 증가하고 있다[1]. 이를 해결하기 위해, 매크로 기지국(Macro base station, MBS)보다 낮은 송신전력과 커버리지를 갖는 스몰셀 기지국(Small-cell base station, SBS)이 건물 내부의 핫스팟과 음영지역 등에 설치되어 대용량 데이터 트래픽 요구 등의 다양한 문제 해결을 위한 연구가 진행 중이다[2,3]. 그러나, MBS가 있는 환경에 SBS들이 설치된 이기종 네트워

크 환경(Heterogeneous network, HetNet)에서 건물 내부의 SBS 수가 무분별하게 설치될수록 매크로 사용자 단말(Macro user equipment, MUE)과 동일한 채널을 사용하는 SBS들로부터의 간섭이 증가하여 신호 대 간섭 및 잡음비(Signal to interference plus noise ratio, SINR)와 전체 시스템 성능을 감소시킨다[4]. 따라서, HetNet에서 건물 내부의 MBS와 SBS 사이의 간섭 및 자원관리 방법에 대한 연구가 시급한 실정이다.

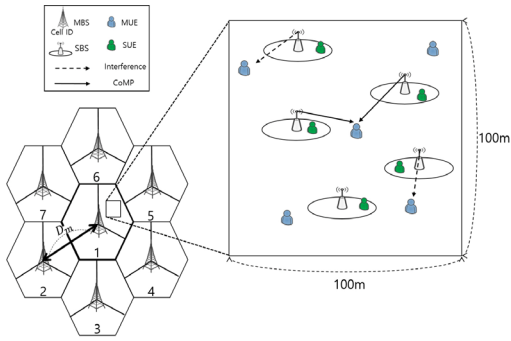
건물 내부에서 서로의 간섭을 관리하는 방법으로 주파수 사용을 MBS가 사용하는 채널과 SBS에 사용되는 채널이 분리되어 사용하는 방법이 있다[5]. 그러나 이렇게 분리된 채널을 사용하는 방법은 서로에게 간섭을 줄여 성능은 증가되지만 채널 이용률은 감소되고 SBS가 증가될수록 사용할 채널이 부족해진다. 다른 방법으로는 MBS와 SBS가 동일한 채널을 사용하여 채널 이용률은 증가하지만 SBS 수가 증가될수록 MUE에게 미치는 간섭과 이웃한 SBS들간의 동일채널 간섭도 증가하여 성능이 저하

¹ Dept. of Computer Science and Statistics, Chosun University, Gwangju, 61452, Korea

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

[Received 08 July 2022, Reviewed 26 July 2022(R2 05 September 2022), Accepted 23 September 2022]

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



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

된다[6]. [7]은 MBS와 SBS의 채널사용 분리와 동일채널 사용을 해결하기 위해 부분 주파수 재사용 방법의 소프트 주파수 재사용 (Soft frequency reuse, SFR) 기반 동적 채널사용을 이용하여 주파수 사용 효율과 시스템 성능을 향상시켰다. 앞의 간섭관리방법과는 다르게 기지국간의 협력을 통해 MUE의 간섭을 줄면서 성능을 향상시키는 다중점 협력통신 (Coordinated multi-point, CoMP) 방법이 연구되었다. 협력통신 방법은 크게 2가지로 스케줄링과 빔포밍을 통해 간섭을 줄이는 Coordinated Scheduling/Beamforming (CS/CB) 방법과 기지국들로부터 동일한 데이터 신호를 받아 수신세기를 증가시키는 Joint Transmission (JT) 방법이 있다[8,9]. 이 중에서 성능이 가장 좋은 JT-CoMP 방법을 사용한다. [10]에서는 MUE에게 CoMP를 진행시 주위 신호 중 가장 강한 신호를 가진 고정된 N개의 SBS들이 CoMP를 수행하였다. [11]에서는 SBS들의 수신세기가 정해진 임계값을 넘는 SBS들만 CoMP를 하도록 하였다. 그러나 이전 연구들에서는 HetNet 환경에서의 외부 MUE와 SBS들 간의 CoMP 방법으로 건물 내부에서 MUE들과 SBS들 간의 CoMP 방법에 대한 연구는 아직 미흡하다.

본 논문에서는 건물 내 SBS 수가 증가하면서 MUE에게 미치는 SBS들로부터의 간섭을 줄이고 수신세기를 높여 성능을 증가시키기 위해 SBS 채널선택 기반 CoMP 방법을 제안한다. 제안하는 CoMP 방법은 SBS들이 이웃한 MUE가 가지는 채널사용을 줄이기 위해 신호세기가 가장 낮은 순으로 동일 채널을 선택하여 간섭을 줄인다. 이후 MUE의 수신 세기 성능을 향상시키기 위해 MUE의 SINR이 임계값보다 낮은 MUE들에게 이웃한 SBS들이 JT-CoMP를 진행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 시스템 모델

을 소개하고, 3장에서는 제안하는 CoMP 방법을 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션 결과를 분석하고, 마지막으로 5장은 결론으로 구성된다.

2. 시스템 모델

2.1 시스템 토폴로지

그림 1은 시스템 토폴로지를 나타내며 건물 내 스몰셀 네트워크에서 MUE와 SBS들에게 동일한 자원이 할당된 모델을 고려한다. 육각형으로 구성된 7개의 셀로 가운데 중심 셀 기준으로 1-tier 시스템 모델이다. 각 셀 중심에는 지향성 안테나를 갖는 MBS가 위치하고 셀은 3개의 섹터로 나누어진다. 중심 셀 MBS와 이웃한 MBS 사이의 거리는 $D_m = 500$ m이고 중심 셀 MBS로부터 $\frac{2}{6} D_m$ 의 거리로 떨어져있는 위치에 건물 하나가 존재한다. 건물 내부에는 N개의 MUE와 F개의 SBS와 S개의 SUE가 균일하게 분포한다. SBS는 전 방향 안테나를 사용하며 커버리지 내 하나의 SUE가 위치한다. 건물 내부의 SBS들간 커버리지는 중첩되지 않는다. MBS는 전체 대역폭을 1/3으로 나누어 각 섹터마다 할당하고 섹터 내 MUE들에게 하나의 1/3N 자원을 할당한다. SBS들은 MUE가 사용하는 채널 하나를 SUE에게 할당하여 송신한다.

2.2 모델과 환경변수

성능분석을 위해 MUE와 SUE의 SINR을 식으로 나타낸다. n번째 MUE가 k번째 서브채널을 이용하여 m번째 MBS로부터 수신한 신호의 SINR, γ_{mn}^k 는 다음과 같다.

$$\gamma_{mn}^k = \frac{G_{mn}^k A(\theta) \omega_{mn}^k + \sum_{j \in F, j \neq f} G_{jn}^k \omega_{jn}^k}{N_0 + \sum_{\hat{m} \in M, \hat{m} \neq m} G_{mn}^k A(\theta) \omega_n^k + \sum_{f \in F} G_{fn}^k \omega_{fn}^k}, \quad (1)$$

여기에서 $G_{mn}^k = P_{mn}^k PL_{mn}$ 과 $G_{fn}^k = P_{fn}^k PL_{fn}$ 이며 각각 m번째 MBS와 f번째 SBS로부터 k번째 서브채널을 이용하여 n번째 MUE 사이의 채널이득이며, P_{mn}^k 과 P_{fn}^k 은 m번째 MBS와 f번째 SBS가 k번째 서브채널을 이용하여 n번째 MUE에게 오는 송신전력이고 PL은 경로손실로 $PL_{mn} = 15.3 + 37.6 \log_{10}(d) + lw$ 와 PL_{fn}

= 38.46 + 20log₁₀(d)으로 계산되며 lw 는 벽 감쇄손실이고 경로손실에는 새도우페이딩이 포함된다[12].

$A(\theta) = A_g - \min[12(\frac{\theta}{\theta_{3dB}}), A_m]$ 은 MBS와 MUE 사이의 안테나 이득으로, A_g 는 안테나 최대 이득, θ_{3dB} 은 최대 안테나 이득 A_g 에서 3dB 감소된 이득이고 A_m 은 안테나 최대 감쇠로 각각 70과 20을 나타낸다[12]. 이진 값을 갖는 ω_{mn}^k 과 ω_{fn}^k 변수는 각각 m 번째 MBS와 f 번째 SBS가 k 번째 서브채널을 n 번째 MUE에게 동일 신호를 송신 사용할 때 1 그렇지 않으면 0이다. N_0 는 백색잡음을 나타낸다.

마찬가지로, s 번째 SUE가 k 번째 서브채널을 이용하여 f 번째 SBS로부터 수신한 신호의 SINR, γ_{fs}^k ,은 다음과 같다.

$$\gamma_{fs}^k = \frac{G_{fs}^k \omega_{fs}^k}{N_0 + \sum_{\hat{f} \in F, \hat{f} \neq f} G_{\hat{f}s}^k \omega_{\hat{f}s}^k + \sum_{m \in M} G_{ms}^k A(\theta) \omega_{ms}^k}, \quad (2)$$

여기서 $G_{fs}^k = P_{fs}^k PL_{fs}$ 과 $G_{ms}^k = P_{ms}^k PL_{ms}$ 는 각각 f 번째 SBS와 m 번째 MBS로부터 k 번째 서브채널을 이용하여 s 번째 SUE 사이의 채널이득이며, P 는 송신전력, PL 은 경로손실이다. ω_{fs}^k 과 ω_{ms}^k 는 이진 값을 갖는 변수로 f 번째 SBS와 m 번째 MBS가 k 번째 서브채널을 s 번째 SUE에게 송신하는 것과 간섭을 나타낼 때 1 그렇지 않으면 0이다.

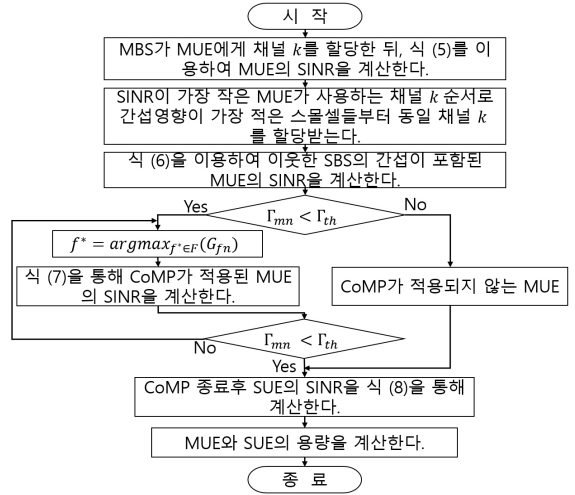
앞에서 계산된 SINR 식(1)과 (2)를 이용하여 m 번째 MBS가 n 번째 MUE에게 전송하는 용량, f 번째 SBS가 s 번째 SUE에게 전송하는 용량을 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} C_{mn} &= \sum_{\forall k \in K} W \cdot \omega_{mn}^k \cdot \log_2(1 + \gamma_{mn}^k), \\ C_{fs} &= \sum_{\forall k \in K} W \cdot \omega_{fs}^k \cdot \log_2(1 + \gamma_{fs}^k), \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 $W = \frac{W_{Total}}{3N}$ 각 섹터별 서브채널의 대역폭이고, W_{Total} 는 전체 대역폭을 의미한다.

추가적으로 MUE에게 CoMP를 수행하는 SBS의 수를 파악하기 위해 다음과 같은 식을 사용한다.

$$\sum_{k \in K} \sum_{n \in N} \sum_{f \in F} \omega_{fn}^k \cdot \forall k, n, j \quad (4)$$



(그림 2) 제안하는 CoMP 방법 순서도 (Figure 2) Flowchart of the proposed CoMP method

3. 제안하는 채널선택 기반 CoMP 방법

제안하는 CoMP 방법은 건물 내 스몰셀 네트워크에서 MUE에게 미치는 SBS들로부터의 간섭을 줄이고 MUE의 성능을 증가시키기 위해 SBS들의 채널선택 기반 CoMP 방법이다. 먼저, MBS가 MUE에 채널을 할당한 후 SBS들이 MUE에게 미치는 간섭세기 기반으로 채널을 선택하고 이후 MUE의 SINR이 임계값보다 작은 경우 이웃한 SBS들로부터 CoMP를 진행한다. MUE들은 SUE보다 우선순위가 높으므로 먼저 채널 k 를 중심 셀 MBS로부터 할당 받는다($\sum_k x_n^k \leq K, \forall n, \sum_n x_n^k \leq 1, \forall k$). 중심 셀 MBS로부터 자원을 받은 MUE는 이웃한 셀 MBS로부터의 간섭을 포함한 SINR을 계산하고 이 SINR이 작은 순으로 채널 k 의 우선순위를 중심 셀 MBS에게 보고한다. 하나씩의 채널을 할당받은 MUE의 SINR, Γ_{mn}^{MBS} ,은 다음과 같다.

$$\Gamma_{mn}^{MBS} = \frac{G_{mn} A(\theta)}{N_0 + \sum_{\hat{m} \in M, \hat{m} \neq m} G_{\hat{m}n} A(\theta)}. \quad (5)$$

Γ_{mn}^{MBS} 이 가장 낮은 순서대로 MUE가 사용하는 채널 k 에 대해 이웃한 SBS의 신호세기가 제일 작은 \hat{f} 순서대로 ($\hat{f} = \arg \min_{f \in F} (G_{fn})$) MUE가 사용하는 채널을 하나

씩 할당 받는다($\sum_k x_f^k \leq F, \forall f, \sum_f x_f^k \leq F/K, \forall k$). 이를 통해 MUE와 동일 채널을 사용하는 이웃한 SBS들은 간섭제거가 약하므로 SBS로 생기는 간섭을 줄어든다. 이 SBS들이 이웃한 MUE들에게 CoMP를 통해 송신시 SUE가 다른 채널을 사용하므로 CoMP를 진행시 적절하게 관여한다. 이렇게 모든 MUE와 SBS들이 사용할 채널 선택을 끝내면 SBS들의 간섭까지 추가한 MUE의 SINR, Γ_{mn}^{SBS} , 을 다음과 같이 계산한다.

$$\Gamma_{mn}^{SBS} = \frac{G_{mn}A(\theta)}{N_0 + \sum_{\hat{m} \in M, \hat{m} \neq m} G_{\hat{m}n}A(\theta) + \sum_{f \in F} G_{fn}}. \quad (6)$$

식(6)을 통해 계산된 SBS들의 간섭이 포함된 MUE SINR이 임계값 Γ_{th} 보다 작은 MUE들은 서비스품질(Quality of Service, QoS)을 보장받지 못하는 사용자로 간주되고 이웃한 SBS들로부터 JT-CoMP를 받도록 한다 ($\Gamma_{mn}^{SBS} < \Gamma_{th}$). 임계값보다 크거나 같은 MUE들은 CoMP를 진행하지 않는다($\Gamma_{mn}^{SBS} \geq \Gamma_{th}$). SINR 임계값 보다 낮은 SINR을 갖는 MUE들은 SBS들의 채널선택방법과 반대로 이웃한 SBS들로부터 간섭제거가 가장 큰 f^* 순서로 ($f^* = \text{argmax}_{f \in F}(G_{fn})$) MUE의 QoS를 나타내는 SINR 임계값 Γ_{th} 를 만족시킬 때까지 JT-CoMP를 송신한다 ($\Gamma_{mn}^{SBS} \geq \Gamma_{th}$). CoMP를 진행 후 QoS를 만족하지 못하더라도 CoMP에 참여하는 SBS 수는 최대 2개까지 진행된다. 이웃한 SBS로부터 CoMP를 통해 얻어지는 MUE SINR, Γ_{mn}^{CoMP} , 은 다음과 같다.

$$\Gamma_{mn}^{CoMP} = \frac{G_{mn}A(\theta) + \sum_{f \in F, f \neq f^*} G_{fn}}{N_0 + \sum_{\hat{m} \in M, \hat{m} \neq m} G_{\hat{m}n}A(\theta) + \sum_{f \in F, f \neq f^*} G_{fn}}. \quad (7)$$

식(7)에서 알 수 있듯이 식 (6)과 비교하여 기존의 SBS들의 간섭 신호제거가 MUE의 수신신호로 추가되며 간섭이 제거되므로 CoMP를 통해 MUE의 성능을 증가시킨다. 그러나 MUE에게 SBS가 CoMP로 추가적인 채널을 신호로 보내면 동일한 채널로 수신 받는 이웃한 SBS의 SUE가 간섭의 영향을 받는다. 제안하는 CoMP 방법을 적용 후 추가적인 간섭으로 인해 생기는 SUE의 SINR은 다음과 같다.

(표 1) 시스템 파라미터
(Table 1) System parameters

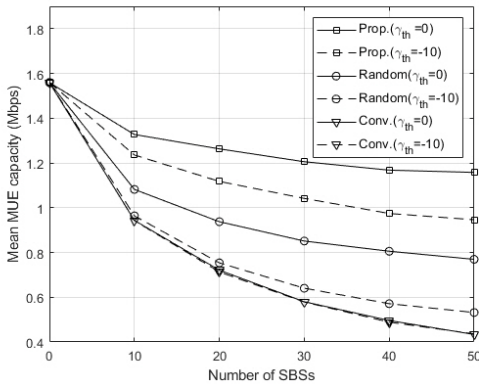
Parameter	Value
Cell layout	Hexagonal grid 7 cell site, 3 sector per site
Inter site distance(D_m)	500 m[12]
MBS and SBS radius	288 m, 5 m
MBS Tx power	20 W[13]
SBS Tx power	10 mW[12]
Number of MUEs	10
Number of SBSs	10~50
Carrier frequency	2.0 GHz
Frequency bandwidth	10 MHz
Minimum distance MBSs and MUEs	35 m[12]
MUE SINR threshold(γ_{th})	-10,0 dB
White noise(N_0)	-174 dBm/Hz

$$\Gamma_{fs}^{CoMP} = \frac{G_{fs}}{N_0 + \sum_{f \in F, f \neq f^*} G_{fs} + \sum_{m \in M} G_{ms}A(\theta)}, \quad (8)$$

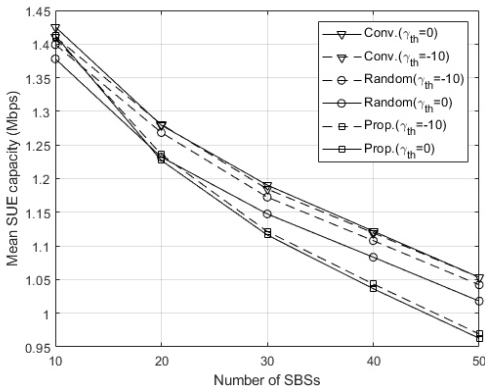
여기서 $\sum_{f \in F, f \neq f^*} G_{fs} = \sum_{\hat{f} \in F, \hat{f} \neq f^*} G_{\hat{f}s} + \sum_{f^* \in F, f^* \neq f^*} G_{f^*s}$ 으로 f^* 는 MUE에게 가장 큰 신호를 주는 SBS들로 CoMP에 참여한다. 제안하는 CoMP 방법에서 MUE에게 CoMP를 해주는 SBS 수가 많아질수록 동일 채널을 사용하는 이웃한 SUE에게 미치는 간섭의 양은 증가하여 SUE의 성능이 감소한다. 따라서, SBS 수를 적게 하면서도 MUE에게 적절한 CoMP 신호제거가 전달되도록 하는 것이 중요하다.

4. 시뮬레이션 결과

본 장에서는 매트랩을 이용하여 MBS와 SBS가 중첩된 HetNet에서 건물 내 OFDMA-FDD 다운링크 환경의 시뮬레이션의 성능을 분석한다. 7셀로 구성된 매크로셀 커버리지 내 MBS가 중앙에 존재하며 중심 셀 MBS와 2/3만큼 떨어진 위치에 100 m × 100 m 크기의 건물이 존재한다. 이 건물은 외벽이 존재하고 내부에는 10개의 MUE와 10~50개의 SBS이 배치되며, 각 SBS는 커버리지 내 한 개의 SUE에게 채널을 할당한다. 총 1000번의 시뮬레이션을 진행하였고, 매 시뮬레이션마다 건물내부의 MUE와 SBS는 균일하게 분포된다. 건물 실외벽 투과 손실은 10 dB로 가정한다[14]. 또한, MBS와 SBS의 신호는 평균 0과 각각

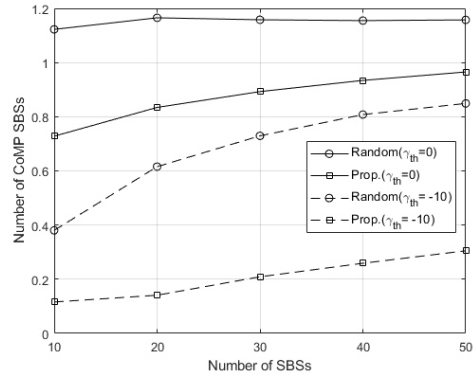


(그림 3) 평균 MUE 용량
(Figure 3) Mean MUE capacity



(그림 4) 평균 SUE 용량
(Figure 4) Mean SUE capacity

8 dB, 4 dB의 로그노멀 쉐도우 페이딩을 고려한다. MUE가 사용하는 채널은 겹치지 않도록 하며, SUE는 MUE가 사용하는 채널을 사용하며 SBS 수가 증가할수록 동일한 채널을 사용하는 SUE가 증가한다. 제안하는 CoMP 방법의 MUE와 SUE 각각의 평균 용량의 성능과 CoMP에 참여하는 SBS 수를 랜덤 채널을 할당하는 전형적인 스몰셀 네트워크(Conventional method, Conv)와 CoMP를 적용한 방법(Random) 2개와 비교한다[10][12]. Conv와 Random 방법은 MUE들이 하나의 채널이 서로 겹치지 않게 가고, SUE들이 MUE들의 채널을 랜덤으로 한 개씩 가져가도록 한다. SUE 수가 MUE 수보다 증가할수록 하나의 채널에 사용되는 SUE의 수가 N배 증가한다. 제안하는 CoMP 방법과 Random 방법에서 CoMP하는 SBS의 수는 최대 2개로 고정되고 만약 MUE의 SINR이 임계값 γ_{th} 을



(그림 5) CoMP를 송신하는 SBS들의 수
(Figure 5) Number of SBSs with CoMP transmission

만족한다면 추가적인 SBS의 CoMP는 진행하지 않는다. 본 논문에서는 MUE의 SINR 임계값을 고려하는 파라미터는 $\gamma_{th} = 0$ dB와 -10 dB로 실험하였다. 표 1은 시뮬레이션에 사용된 시스템 파라미터를 나타낸다.

그림 3은 SBS 수를 증가시키면서 MUE의 평균 용량 성능을 분석한 결과이다. SBS의 수가 증가할수록 동일채널을 사용하는 SBS 수도 증가하므로 MUE에게 미치는 간섭의 양은 증가하여 감소하는 추세를 보인다. Conv 방법은 CoMP를 진행하지 않으므로 임계값 γ_{th} 에 따른 변화가 없이 SBS 수가 증가할수록 간섭의 영향 때문에 제일 낮은 성능을 보인다. 제안하는 CoMP 방법과 Random 방법은 MUE의 QoS를 보장하기 위해 동일한 CoMP 방법을 진행한다. SBS 수가 50일 때, 제안하는 CoMP 방법과 Random 방법은 Conv 방법보다 임계값 γ_{th} 가 -10 dB와 0 dB일 때 116%와 164% 그리고 20%와 75%의 성능증가를 보인다. SBS 수가 50일 때, 제안하는 CoMP 방법이 Random 방법보다 임계값 γ_{th} 가 -10 dB와 0 dB일 때 79%와 51%의 성능향상을 보인다. 이는 제안하는 CoMP 방법이 채널 선택을 기반으로 하여 성능이 낮은 MUE 주위의 이웃한 SBS들에 CoMP가 가능한 상태이므로 적절한 CoMP를 진행하므로 성능이 더욱 증가된다.

그림 4는 SBS 수를 증가시키면서 SUE의 평균 용량 성능을 분석한 결과이다. SBS 수가 증가할수록 이웃한 SBS 들로부터의 간섭이 증가하므로 전체적인 성능이 감소하는 그래프를 보인다. Conv 방법은 MUE에게 CoMP를 진행하지 않으므로 SBS 수가 증가할수록 이웃한 SBS 간섭만 증가하여 제일 높은 성능을 보인다. 그러나 제안하는 CoMP 방법과 Random 방법은 MUE에게 CoMP가 진행될

수록 그 신호가 이웃한 SUE에게 새로운 간섭이 생기므로 Conv 방법보다 낮은 성능을 보인다. SBS 수가 50일 때, 제안하는 CoMP 방법과 Random 방법은 Conv 방법보다 임계값 γ_{th} 이 -10 dB와 0 dB일 때 8%와 9% 그리고 1%와 3%가 성능이 낮아진다. 제안하는 CoMP 방법이 Random 방법보다 임계값 γ_{th} 이 -10 dB와 0 dB일 때 각각 5%와 6%의 성능저하를 보인다.

그림 5는 SBS 수를 증가시키면서 CoMP를 송신하는 SBS들의 수를 나타낸다. 제안하는 CoMP 방법과 Random 방법은 최대 2개의 SBS 수가 JT-CoMP 방법으로 사용되고, 만약 MUE의 임계값 γ_{th} 을 도달한다면 추가적인 SBS의 CoMP 송신을 하지 않는다. SBS의 수가 50일 때, 제안하는 CoMP 방법이 Random 방법보다 임계값 γ_{th} 이 -10 dB와 0 dB일 때 적은 SBS 수를 사용하여 각각 62%와 174%의 MUE에게 효율적인 CoMP를 송신한다. 이는 제안하는 CoMP 방법에서 SBS들이 이웃한 MUE와 동일한 채널을 사용하지 않으므로 CoMP가 필요한 MUE에게 효율적으로 CoMP를 송신한다.

5. 결 론

본 논문은 건물 내 스몰셀 네트워크에서 MUE에게 미치는 SBS의 간섭을 효율적으로 관리하고 성능을 증가시키기 위해 SBS의 채널선택 기반 CoMP 방법을 제안하였다. 제안하는 CoMP 방법은 SBS들이 MUE가 사용하는 채널을 최대한 회피함으로써 간섭을 줄이고 적절한 CoMP를 진행하도록 하였다. 시뮬레이션 결과는 제안하는 CoMP 방법이 Conv 방법과 Random 방법보다 SINR 임계값 -10 dB와 0 dB에서 MUE의 용량을 각각 164%와 51% 그리고 116%와 79%까지 향상시키며 SUE의 성능은 6%와 9% 그리고 7%와 8% 감소시킨다. 추가적으로 MUE에게 CoMP를 적용 시 제안하는 CoMP 방법이 Random 방법보다 SINR 임계값 -10 dB와 0 dB에서 각각 62%와 174%의 적은 SBS 수로 CoMP를 수행하였다. 향후 연구에서는 MUE에게 CoMP를 진행시 발생하는 SUE에 대한 간섭으로 성능 저하를 해결할 채널선택 방법에 대해 고려하며 추가적으로 건물 내부 층을 나누어 다른 층에서의 SBS들로 생기는 다양한 간섭을 고려한다.

참고문헌(Reference)

- [1] CISCO Whitepaper, "Cisco Visual Networks Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update," 2017-2022 White Paper, Feb 2019.
- [2] S.-J. Kim, "Dynamic Channel Assignment with Consideration of Interference and Fairness for Dense Small-cell Networks," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronic, Communications and Computer Sciences, Vol.E101-A, No.11, pp.1984-1987, 2018. <http://dx.doi.org/10.1587/transfun.E101.A.1984>
- [3] M. Rahman, H. Yanikomeroğlu, "Enhancing cell-edge performance: a downlink dynamic interference avoidance scheme with inter-cell coordination," IEEE Trans. Wireless Commun., Vol. 9, No.4, pp.1414-1425, Apr. 2010. <http://dx.doi.org/10.1109/TWC.2010.04.090256>
- [4] S. Kim and S. BAE, "Interference-aware dynamic channel assignment scheme for enterprise small-cell networks," IEICE Trans. Commun., vol.E101-B, NO.12, pp.2453-2461, Dec. 2018. <http://dx.doi.org/10.1587/transcom.2018EBP3021>
- [5] A. S. Hamza, S. S. Khalifa, H. S. Hamza, and K. Elsayed, "A survey on inter-cell interference coordination techniques in OFDMA-based cellular networks," IEEE Commun. Surveys Tuts., vol. 15, no. 4, pp. 1642 - 1670, 4th Quart., 2013. <http://dx.doi.org/10.1109/SURV.2013.013013.00028>
- [6] A. R. Elsherif, W.-P. Chen, A. Ito, and Z. Ding, "Adaptive resource allocation for interference management in small cell networks," IEEE Trans. Commun., vol. 63, no. 6, pp. 2107 - 2125, Jun. 2015. <http://dx.doi.org/10.1109/TCOMM.2015.2420676>
- [7] C. Jiming, W. Peng, and Z. Jie, "Adaptive soft frequency reuse scheme for in-building dense femtocell networks," China Communications, vol. 10, no. 1, pp. 44 - 55, Jan. 2013. <http://dx.doi.org/10.1109/CC.2013.6457529>
- [8] 3GPP, TR 36.819 Ver. 11.1.0, "Coordinated Multi-Point Operation for LTE Physical Layer Aspects," Dec. 2011.
- [9] S. Sun, Q. Gao, Y. Peng, Y. Wang, and L. Song, "Interference management through CoMP in 3GPP

- LTE-advanced networks,” IEEE Wireless Commun., vol. 20, no. 1, pp. 59 - 66, Feb. 2013.
<http://dx.doi.org/10.1109/MWC.2013.6472200>
- [10] S. Chen, T. Chao, H. H. Chen, Z. Lu, and W. Meng, “Performance analysis of downlink coordinated multipoint joint transmission in ultra-dense networks,” IEEE Network, vol. 31, no. 5, pp. 106-114, 2017.
<http://dx.doi.org/10.1109/MNET.2017.1600192>
- [11] I.H. Ban and S.-J. Kim, “Small-cell based Cooperative Multi-Point Communications to Increase Macro-cell User Performance in Ultra-Dense Heterogeneous Networks” Journal of Internet Computing&Services(JICS), vol.22, no.6 , pp.9-15, 2021.
<http://dx.doi.org/10.7472/jksii.2021.22.6.9>
- [12] 3GPP, R4-092042, Simulation assumptions and parameters for FDD HeNB RF requirements, May 2009.
- [13] T.Lee, H.Kim, J.Park, and J.Shin, “An efficient resource allocation in OFDMA femtocells networks,” IEEE 72nd Vehicular Technology Conference Fall(VTC2010-Fall), pp.1-5, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1109/VETECONF.2010.5594587>
- [14] Recom. ITU-R P.1238-6, “Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radio-communication systems and radio local area networks in the frequency range 900MHz to 100GHz,” 2009.

● 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.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, 차세대 이동통신, 사물인터넷, 지능형 네트워크, 머신러닝 etc.
E-mail : sjkim@chosun.ac.kr