

# UDN 환경에서 QoS 보장위한 위치기반 차등전력할당

오성현, 김정곤\*

한국산업기술대학교 전자공학부

osh119@kpu.ac.kr, jgkim@kpu.ac.kr\*

## Location-based differential power allocation to guarantee QoS in UDN environment

Sung Hyun Oh, Jeong Gon Kim \*

Dept. of Electronic Engineering Korea Polytechnic University

### 요약

이동통신 시스템이 발전함에 따라 트래픽 요구사항도 급격하게 증가하고 있다. 이러한 요구사항을 충족하기 위해 5G에서는 UDN(Ultra Dense Network)이라는 유망한 해결책을 제시하고 있다. UDN은 일반적으로 시스템 내에 SBS(Small cell Base Station)의 밀도가 UE(User Equipment)의 밀도 보다 훨씬 더 높은 환경이다. 그로인해 데이터 속도 증가, 링크 품질 개선 및 BS의 유연한 배치를 제공한다. 하지만 BS의 고밀도 배치로 인해 셀 간 간섭 문제가 심해진다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 BS간 협력 기술인 DGC-CoMP(Distance based Graph Coloring Coordinated Multi Point)를 사용하여 셀 가장 자리 UE의 간섭을 조정한다. 그 후 시스템 내의 UE들의 QoS(Quality of Service)를 보장하기 위한 방법으로 거리기반 전력 할당 방법을 제안한다. 시뮬레이션을 통해 제안된 방법이 기존 전력할당 방법보다 더 많은 UE의 QoS를 만족시킬 수 있음을 보여준다.

### I. 서 론

이동통신 기술이 발달함에 따라 5G에서는 기존 LTE(Long Term Evolution) 보다 1,000배 이상 증가된 데이터 처리량을 요구하고 있다.[1] 우리는 이러한 5G의 요구사항을 충족시킬 수 있는 방법으로 UDN(Ultra Dense Network)을 고려하였다. UDN은 트래픽이 밀집되는 hot-spot 지역에 pico 및 femto cell과 같이 cell coverage가 작은 소형 기지국을 밀집 배치하는 방법이다. 이러한 소형 셀 네트워크는 셀 커버리지 확대, 최고 데이터 속도 증가, 링크 품질 개선 및 BS(Base Station)의 유연한 배치를 제공한다.[2] 이러한 이유 때문에 UDN은 5G의 데이터 처리량을 만족시킬 수 있는 유망한 해결책으로 고려되고 있다. 하지만 BS의 고밀도 배치로 인해 셀 간 간섭이 매우 심하게 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 셀 가장자리에 위치한 UE (User Equipment)의 데이터 품질을 개선하는 방법으로 BS간 협력 기술인 CoMP (Coordinated Multi Point)를 사용한다. 그 후 자원 할당 방법으로는 BS와 UE사이의 거리 및 UE와 UE사이의 거리를 고려한 거리 기반 그래프 컬러링(Distance based Graph Coloring)기법을 사용한다.[3] 이는 기존에 BS와 UE사이의 거리만을 고려했던 방식과 다르게 UE와 UE사이의 거리를 추가적으로 고려하였다. 이는 인접한 UE에게 동일한 서브캐리어가 할당되어 간섭이 발생하는 문제를 해결하였다. 자원 할당이 완료된 이후 전력할당은 UE들의 QoS(Quality of Service)를 고려하여 거리 기반의 DPFPA (Distance based Proportional Fairness Power Allocation)를

제안하였다. 이 방법을 통해 CoMP를 사용하는 환경에서 전력할당의 복잡성 문제를 해결하고 기존의 방법보다 UE의 QoS 만족도를 높일 수 있는 가능성을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 시스템 모델 및 제안하는 기법에 대해 구체적으로 설명한다. 3절에서는 시뮬레이션 환경설정 및 결과에 대해 제시하고 4절에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

### II. 시스템 모델 및 제안하는 기법

본 논문에서는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 다운링크 시나리오를 고려한다. 그리고 Macro BS와 Small BS는 서로 다른 주파수 대역을 사용하여 계층 간 간섭은 존재하지 않고, Small Cell 간의 간섭만 존재하는 SCUDN(Small Cell Ultra Dense Network) 환경을 사용한다. 시스템 내에는 SBS  $b$ 는 총  $B$ 개, UE  $u$ 는 총  $U$ 개가 랜덤하게 배치된다. 여기서  $b = \{1, 2, \dots, b, B\}$ ,  $U = \{1, 2, \dots, u, U\}$ 이다. 그리고 서브캐리어는 총  $k$ 개이며, 각 서브캐리어의 대역폭은  $W_k$ 로 설정한다. 또한 시스템에서 SBS와 UE의 위치는 모두 알고 있다고 가정한다.

그런 다음 UE  $u$ 의 SINR을 구하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$SINR_u = \frac{\sum_{b \in B_u} \sqrt{p_u^b h_u^b}}{\sum_{i \in B - B_u} \sqrt{p_u^i h_u^i} + \sigma^2} \quad (1)$$

여기서,  $p_u^b$ 와  $p_u^i$ 는 UE  $u$ 가 받는 전송전력과 간섭 전력이며  $h_u^b$ 와  $h_u^i$ 는 채널 이득이다.  $B_u$ 는 UE  $u$ 를 서비스하는 BS들의 집합이며,  $\sigma^2$ 은 백색

\* : 교신저자

부가 가우시안 잡음이다. 위 식을 통해 UE  $u$ 의 data rate  $r_u$  및 시스템 전체의 data rate  $R$ 을 구하면 다음과 같다. 여기서 서브캐리어의 대역폭은 1이다.

$$r_u = \log_2(1 + SINR_u) \quad (2)$$

$$R = \sum_{u=1}^U r_u \quad (3)$$

그 후 DGC 자원할당 방식은 2번의 단계를 통해 자원할당을 수행한다. 먼저 SBS는 채널 상태 정보를 기반으로 서비스를 제공할 UE를 선택한다. 또한 시스템 모델에서 가정한대로 각 SBS는 총  $k$ 개의 서브캐리어를 가지고 있으므로 셀의 부하를 고려하여 총  $k$ 개의 UE만을 서비스한다. 그 후 UE간의 거리를 측정하고 아래 식(4)와 같이 UE간 거리 매트릭스  $D_{U \times U}$ 를 작성하는데 이는 서브캐리어 할당의 편의를 제공한다.

$$D = \begin{bmatrix} d_1^1 \cdots d_1^u \cdots d_1^U \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ d_u^1 \cdots d_u^u \cdots d_u^U \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ d_U^1 \cdots d_U^u \cdots d_U^U \end{bmatrix}_{U \times U} \quad (4)$$

위 데이터를 바탕으로 UE간 이웃하면 1, 이웃하지 않으면 0의 값을 갖는 이웃 매트릭스  $N_{U \times U}$ 를 아래와 같이 작성한다.

$$N = \begin{bmatrix} n_1^1 \cdots n_1^u \cdots n_1^U \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ n_u^1 \cdots n_u^u \cdots n_u^U \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ n_U^1 \cdots n_U^u \cdots n_U^U \end{bmatrix}_{U \times U} \quad (5)$$

그 다음 위의 이웃매트릭스를 기반으로 이웃한 UE에게 할당된 서브캐리어를 고려하여, 인접한 UE에게 동일한 서브캐리어가 할당되지 않도록 서브캐리어를 할당한다.

그 후 전력할당은 SBS와 UE사이의 거리를 기반으로 하여 수행한다. 쉽게 말해 거리가 가까운 UE에게 낮은 전력을 할당하고, 거리가 먼 UE에게는 비례적 높은 전력을 할당하게 된다. 전력할당 식은 다음과 같다.

$$P_{b,u} = \frac{d_{b,u}}{d_{b,sum}} \quad (5)$$

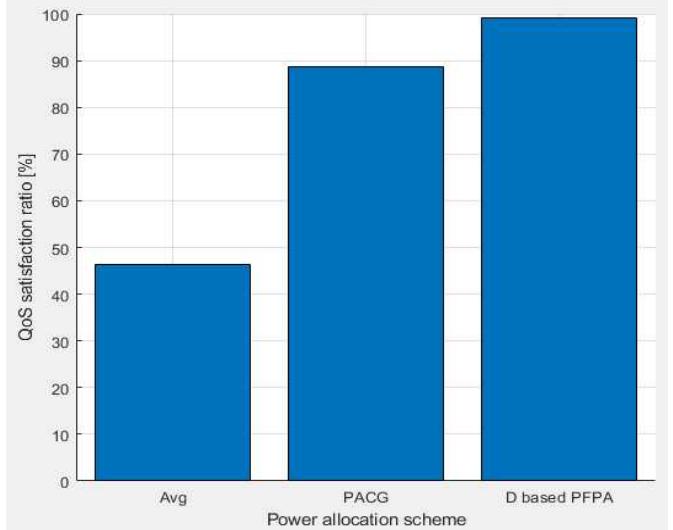
여기서,  $P_{b,u}$ 는 SBS b에서 UE u에게 주는 전송 전력,  $d_{b,u}$ 는 SBS b와 UE u사이의 거리,  $d_{b,sum}$ 은 SBS b가 서비스하는 모든 UE들과의 거리 합을 나타낸다.

### III. 시뮬레이션 설정 및 결과

본 논문에서는 네트워크의 크기를  $100 \times 100m^2$ 로 설정하고, 이 영역에 SBS와 UE를 랜덤하게 배치하였다. [그림 1]의 시뮬레이션 결과는 총 10,000번의 시뮬레이션을 수행한 후 평균값을 사용하였다. 시뮬레이션에 사용된 주요 파라미터는 [표 1]에서 확인할 수 있다.

[표 1] 시뮬레이션 파라미터

| 파라미터                                   | 값               |
|--|-----------------|
| UE 개수                                  | 10              |
| SBS 개수                                 | 20              |
| sub-carrier 개수                         | 3               |
| sub-carrier 대역폭                        | 1               |
| Path-loss exponent factor ( $\alpha$ ) | 3.5             |
| AWGN 분산 ( $\sigma$ )                   | 0.1             |
| SBS당 최대 전력 (dBm)                       | 10              |
| UE 당 요구 data rate                      | 3.0 bits/sec/Hz |



[그림 1] 전력할당기법에 따른 UE의 QoS 만족도 비교

[그림 1]은 여러 가지 전력할당기법에 따른 UE의 QoS 만족도를 비교한 그림이다. 여기서 Avg는 SBS의 전력을 서비스하는 UE의 개수로 나눠서 서비스하는 방법이고, PACG는 채널이득을 기반으로 서비스하는 방법이다. 시뮬레이션 결과를 통해 Avg는 45%, PACG는 88.57%, 제안하는 방식인 D based PFPA는 99.12%의 QoS 만족도를 얻었다. 이는 제안된 방법이 가장 많은 UE의 QoS를 만족시킬 수 있음을 확인하였다.

### IV. 결론

본 논문에서는 DGC-CoMP를 사용하는 환경에서 UE들의 QoS 만족도를 높이는 거리 기반의 전력할당 기법에 대해 연구하였다. 이는 기존 QoS를 고려하지 않아 UE들이 QoS를 보장받지 못하는 문제를 해결하였다. 추가적으로 SBS와 UE사이의 거리만을 기반으로 전력할당을 수행하기 때문에 계산의 편의성을 제공한다. 또한 시뮬레이션 결과를 통해 제안하는 전력할당 기법이 기존의 방식보다 더 많은 UE의 QoS 성능을 만족시키는 것을 확인하였다. 추후에는 QoS를 만족시키는 최적의 전력할당을 수행하여 시스템의 에너지 효율을 증가시키는 연구를 진행할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 이공학개인기초연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017R1D1A1B03035712)

### 참고 문헌

- [1] Wei Yu, Hansong Xu, and Hanlin Zhang, David Griffith and Nada Golmie, Ultra-Dense Networks: Survey of State of the Art and Future Directions, IEEE Computer Communication and Networks (ICCCN), 2016.
- [2] Yiming Liu, Xi Li, Hong Ji, Ke Wang, Heli Zhang, Joint APs Selection and Resource Allocation for Self-Healing in Ultra Dense Network, IEEE Computer, Information and Telecommunication System (CITS), 2016.
- [3] Ho Kyung Yu, Sung Hyun Oh, Jeong Gon Kim, "Joint CoMP Communication System in UDN Environment Using Distance based Graph Coloring", Proceedings of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, pp.611-612, 2019