

UDN 환경에서 위치기반 주파수 할당 기법

김성중, 김정곤*

한국산업기술대학교 전자공학부

ksj322@kpu.ac.kr, jgkim@kpu.ac.kr*

Location-based frequency allocation scheme in UDN environment

Seong Jung Kim, Jeong Gon Kim*

Dept. of Electronic Engineering Korea Polytechnic University

요 약

본 논문은 갈수록 증가하는 데이터 요구량을 충족시키기 위해 초 고밀도 네트워크를 사용한다. 하지만 초 고밀도 네트워크에서 발생하는 간섭을 줄이기 위하여 Joint CoMP 통신시스템에 위치 기반 클러스터링 기법을 사용하고 서브캐리어 분배 방식을 통해 간섭이 주로 발생하는 셀 외곽 지역의 단말의 간섭을 줄이고자 한다. 클러스터링 방식 중 주로 사용하는 k-means 알고리즘과 인접 클러스터의 거리를 기반으로 한 서브캐리어 할당을 통해 시스템 총 데이터 전송률을 높이 고자 한다.

I. 서 론

5G에서 급격히 늘어난 데이터 요구량을 해결하기 위해 스몰셀을 밀집 배치하는 UDN(Ultra Dense Network)환경을 통해 전체 데이터 전송율을 증가시킬 수 있다. 하지만 UDN과 같이 스몰셀을 밀집 배치할 경우 인접 셀과의 거리가 가까워지며 인접 셀과 커버리지가 겹쳐 서로 간섭을 유발 하게 된다.[1] 셀 외곽에 위치한 UE(User Equipment)는 많은 간섭을 받게 되며 이러한 간섭으로 인해 데이터율과 전체 데이터 전송률이 감소한다.

이러한 셀 외곽 UE의 데이터 전송률 감소로 인해 [2]에서는 UDN 환경에서 Joint CoMP 기술을 이용하여 셀 외곽에 UE에게 동일한 부반송파 자원을 할당해 데이터 전송률을 높인 것을 확인할 수 있다. 또한 [2]에서는 서브캐리어 개수보다 UE의 수가 더 많을 경우 채널 이득이 낮은 UE의 서브캐리어 할당을 제거하고 채널 이득에 비례한 전력 할당 계수로 전체 데이터 전송률을 증가시켰다. 하지만 서브캐리어를 랜덤하게 할당하여 인접 셀 간의 간섭이 발생하는 문제가 있다. [3]에서는 UDN 환경에서 k-means 알고리즘을 바탕으로 나누고자 하는 클러스터보다 더 많은 클러스터로 나누어 재 조합하는 오버 클러스터링 기법을 통하여 트래픽을 적절히 분산시켜 인접 클러 간의 간섭을 줄일 수 있음을 보였다.

본 논문은 Joint CoMP 통신 시스템에서 SBS(Small Base Station)를 k-means 알고리즘으로 클러스터를 형성한 후 SBS간 거리를 고려한 서브캐리어 할당을 통해 간섭을 줄여 총 데이터 전송률을 증가시키고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템 모델에 대한 설명을 하고 3장에서는 제안하는 기법에 대해 설명을 하고 4장에서는 전력 할당 방법에 대해 기술하고 5장에서는 시뮬레이션 결과를 확인하고 6장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

본 논문에서는 UDN 환경을 고려하며 SBS의 개수 K 는 UE의 개수 I 보다 많거나 같다. SBS $k = \{1, 2, \dots, K\}$ 와 UE $i = \{1, 2, \dots, I\}$ 의 위치는 랜덤하게 배치되며 주파수 재사용 지수가 1인 OFDM 다운링크 시나리오만을 고려한다. Joint CoMP 통신 시스템을 사용하여 셀 외곽 UE는 동일한 부반송파를 인접한 SBS에게 할당받을 수 있으므로 하나 이상의 SBS에게 서비스를 받을 수 있다. SBS와 UE의 초기 링크는 채널 상태 정보(CSI)를 기반으로 형성된다. 이 때 UE i 가 받는 신호는 다음과 같다.

$$y_i = \sum_{k \in K_i} \sqrt{p_i^k h_i^k} s_i + \sum_{m \in K-K_i} \sqrt{p^m h_i^m} s_i + n_i \quad (1)$$

여기서 K_i 는 UE i 에게 서비스하는 SBS이다. p_i^k 와 p^m 는 각각 UE i 의 송신 신호 전력과 간섭 신호 전력이다. h_i^k 와 h_i^m 는 채널 이득이며 $h_i^k \in H^I \times K$, $h_i^m \in H^I \times K$ 이다. H 는 UE와 SBS 사이의 채널 매트릭스이다. s_i 는 UE i 가 사용하는 서브캐리어, n_i 는 $CN(0, \sigma^2)$ 인 가우시안 백색 잡음이다. 본 논문에서는 스몰 스케일 페이딩과 라지 스케일 페이딩을 고려한다. 수식 (1)에서 UE i 에 대한 유용한 신호, 간섭 신호, 잡음 신호에 대한 SINR은 다음과 같다.

$$SINR_i = \frac{\sum_{k \in K_i} p_i^k h_i^k}{\sum_{m \in K-K_i} p^m h_i^m + \sigma_u^2} \quad (2)$$

UE i 에 대한 SINR 값으로 데이터율을 구할 수 있으며 UE i 의 데이터율 r_i 는 다음과 같이 계산된다.

$$r_i = B \log_2(1 + SINR_i) \quad (3)$$

여기서 서브캐리어의 대역폭 값 B 는 1로 하며 UE i 의 데이터율을 다시 쓰면

$$r_i = \log_2(1 + SINR_i) \quad (4)$$

*: 교신저자

모든 UE의 데이터율을 더하면 총 데이터율을 구할 수 있다.

$$R = \sum_{i=1}^I r_i \quad (5)$$

제안하는 기법을 통해 총 데이터율 R을 증가시키는 것을 목표로 한다.

III. 거리 기반 클러스터링 기법

SBS를 클러스터로 나누기 위해 k-means 알고리즘을 사용한다. k-means 알고리즘은 미리 설정한 개수의 초기 중심점이 설정되고 중심점과 데이터 즉 BS 좌표들의 평균 거리를 계산하고 새로운 중심점을 설정하는 과정을 반복한다. 데이터들의 평균 거리 차이가 없을 경우 알고리즘을 종료하고 각 SBS는 가장 가까운 중심점의 클러스터로 포함된다.

클러스터링을 통해 SBS의 군집이 형성된 후 각 클러스터 내 UE에게 서로 직교하는 서브캐리어를 할당한다. 서로 다른 클러스터의 SBS가 같은 UE와 링크 형성이 될 경우 상대적으로 낮은 채널 이득 클러스터 BS의 링크를 해제 한다. 이후 SBS간 거리를 측정하여 SBS간 거리 매트릭스 $D^{K \times K}$ 를 제작한다.

$$D = \begin{bmatrix} d_1^1 & \dots & d_1^k & \dots & d_1^K \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_k^1 & \dots & d_k^k & \dots & d_k^K \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_K^1 & \dots & d_K^k & \dots & d_K^K \end{bmatrix} \quad (6)$$

SBS간 거리 매트릭스 D를 이용하여 간접 SBS 매트릭스 $G^{K \times K}$ 를 제작한다. SBS간 거리 $d < 30$ 이고 서로 동일한 클러스터의 SBS가 아닐 경우 간접 매트릭스 $G = 1$, 다른 경우 $G = 0$ 을 대입한다.

$$G = \begin{bmatrix} g_1^1 & \dots & g_1^k & \dots & g_1^K \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ g_k^1 & \dots & g_k^k & \dots & g_k^K \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ g_K^1 & \dots & g_K^k & \dots & g_K^K \end{bmatrix} \quad (7)$$

간접 SBS 매트릭스 G를 이용하여 인접 클러스터의 간접 SBS를 알 수 있으며 서로 동일한 부반송파를 사용할 경우 간접 SBS가 사용하지 않는 부반송파를 할당한다.

IV. 전력 할당

각 SBS가 사용하는 각 서브캐리어의 전력 할당은 SBS k의 최대 전력에 전력 할당 계수 α 를 곱한다. 전력 할당 계수 α 는 다음과 같다.

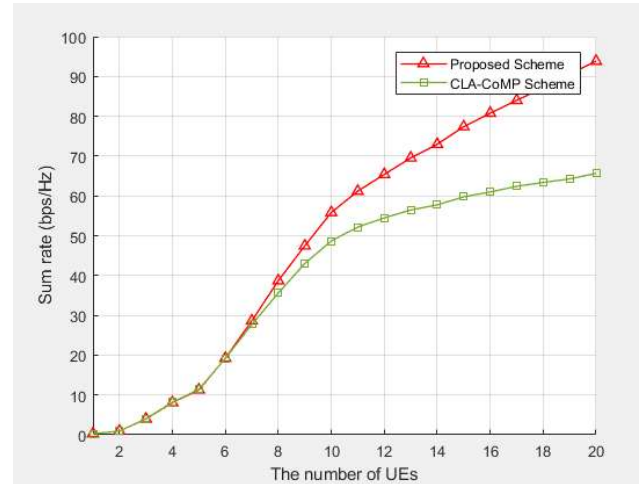
$$\alpha_i^k = \frac{h_i^k}{\sum_{m \in I_k} h_m^k} \quad (8)$$

$$p_i^k = \alpha_i^k P_{\max}^k \quad (9)$$

여기서 p_i^k 는 SBS k가 UE i에게 할당한 전력이며 전력 할당 계수는 SBS가 서비스하는 UE의 채널 이득에 비례한다.

V. 시뮬레이션

시뮬레이션을 위해 BS의 개수는 20개 클러스터 수는 10개, 서브캐리어의 개수는 3개 SBS의 최대 전송 전력은 10mW로 설정하였다.



[그림 1] 제안한 기법과 CLA-CoMP 기법의 총 데이터 전송률 비교

UE의 개수를 1부터 20까지 증가시킨 후 [2]에서 제안한 CLA-CoMP 기법과 본 논문 제안 기법의 총 데이터율을 비교하였다. 서브캐리어의 전력 할당은 두 기법 모두 채널 이득에 비례하여 계산하였다. UE 숫자가 적어 애초에 간섭이 발생하지 않을 경우 성능의 차이가 거의 없지만 UE의 개수가 증가함에 따라 제안한 기법이 기존 CLA-CoMP 기법보다 총 데이터율을 증가시킬 수 있는 것을 확인하였다.

VI. 결론

본 논문에서는 UDN 환경에서 셀 경계에 있는 UE의 간섭을 줄여 총 전송량을 높이기 위해 클러스터링 기법과 BS간의 거리를 기반으로 한 서브캐리어 할당 방법을 제시하였다. 제시한 기법을 통해 인접 셀과의 간섭을 줄여 총 전송량이 증가한 것을 확인하였다. 추후에는 심층 지도학습법을 이용한 전력 할당 기법에 관한 연구를 진행할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0008458, 2020년 산업혁신인재성장지원사업)

참 고 문 헌

- [1] Ho Kyung Yu, Seong 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
- [2] Jingjing Wu, et al. "Joint CoMP and power allocation in ultra dense networks," 2017 Wireless Telecommunications Symposium (WTS), IEEE, 2017.
- [3] 박재완, 박태운, 홍인기, "초고밀도 네트워크 환경에서 클러스터링 분할 기법에 관한 연구," 한국통신학회 학술대회논문집, pp.52-53, 2019