Azimuth based Dynamic User Clustering for Mobility Support in Millimeter-Wave-NOMA Systems

2024-2 AJOU SOFTCON

팀 명 마지막 학기 **팀 원** 장우성 **지도교수** 손인근 교수님

Introduction

1. 개요
- Cellular network에서 초고속 데이터 전송 및 대규모 사용자 지원 요구 증가
- 이를 해결하기 위해 밀리미터파(mmWave) 대역과 비직교 다중접속(NOMA)기술의 결합 대두

2. Clustering 필요성
- mmWave-NOMA 통신에서는 하나의 beamforming vector로 다중 사용자 지원
- 각 사용자는 같은 빔에서 다른 사용자로부터 오는 간섭과 다른 빔으로부터 오는 간섭을 받음
- 간섭을 줄이기 위해 적절한 사용자 클러스터링 기법 필요

Related Work

1. K-means Clustering 개요
- mmWave NOMA 시스템에서 User의 channel 상관관계를 이용해 K-means clustering 알고리즘을 적용
- 실시간으로 사용자가 셀 안으로 들어오는 dynamic scenario를 위한 online user clustering 알고리즘 제안

2. K-means Clustering 한계점
- 사용자의 이동성을 고려하지 않은 정적 환경만 고려
- 초기 무작위 클러스터 센터에 따라 결과가 크게 달라짐

3. 5G-NOMA for mobility
- NOMA 환경에서 사용자의 이동성을 지원
- 사용자가 이동했을 때 channel gain 차이가 threshold 이하로 떨어지면 사용자를 다른 클러스터에 재할당
- 이동성을 지원하지만 빔포밍을 고려하는 mmWave 환경에 적합하지 않음

Proposed Method

Algorithm 1 Azimuth-based NOMA Clustering

Input: Users $\mathcal{U}$, max cluster size K_{max}
Initialize: Calculate $HBFW$ and θ_{max}
Output: Clusters $\mathcal{C}$
for each user $u \in \mathcal{U}$ **do**
  Calculate angle θ_u from BS
end for
if first clustering **then**
  Assign strong channel users as cluster heads
  $\mathcal{M} \leftarrow$ unassigned users
  for each head h **do**
    Find users with $|\theta_u - \theta_h| \leq \theta_{max}$
    Add these users to head's cluster
    Remove assigned users from $\mathcal{M}$
  end for
  for each user $m \in \mathcal{M}$ **do**
    Assign to nearest valid cluster
  end for
else
  for each cluster $c \in \mathcal{C}$ **do**
    Check if users still within θ_{max} of head
    Move invalid users to $\mathcal{M}$
  end for
  for each user $m \in \mathcal{M}$ **do**
    Find nearest valid cluster
  end for
end if
Update all cluster memberships

System Model

1. System Model
- 단일 기지국이 하나의 cell을 지원하고, 여러 사용자가 uniform하게 분포되어 있는 상황 가정
- 단일 기지국은 N개의 안테나를 가지고 있으며 사용자는 단일 안테나를 가짐
- mmWave-NOMA 통신을 지원하는 Downlink 환경

2. Channel Model

$$h_u = \sqrt{N}\alpha_u^{\mathrm{LoS}}\mathbf{a}\left(\theta_u^{\mathrm{LoS}}\right) + \sqrt{\frac{N}{L}}\sum_{l=1}^{L}\alpha_u^{l,\mathrm{NLoS}}\mathbf{a}\left(\theta_u^{l,\mathrm{NLoS}}\right)$$

- N : 안테나 수
- L : Multi-path 수
- α_u^{LoS} : LoS(Line-Of-Sight) complex gain
- α_u^{NLoS} : NLoS(Non LoS) complex gain
- $a(\theta)$: Array steering vector

3. Signal Model

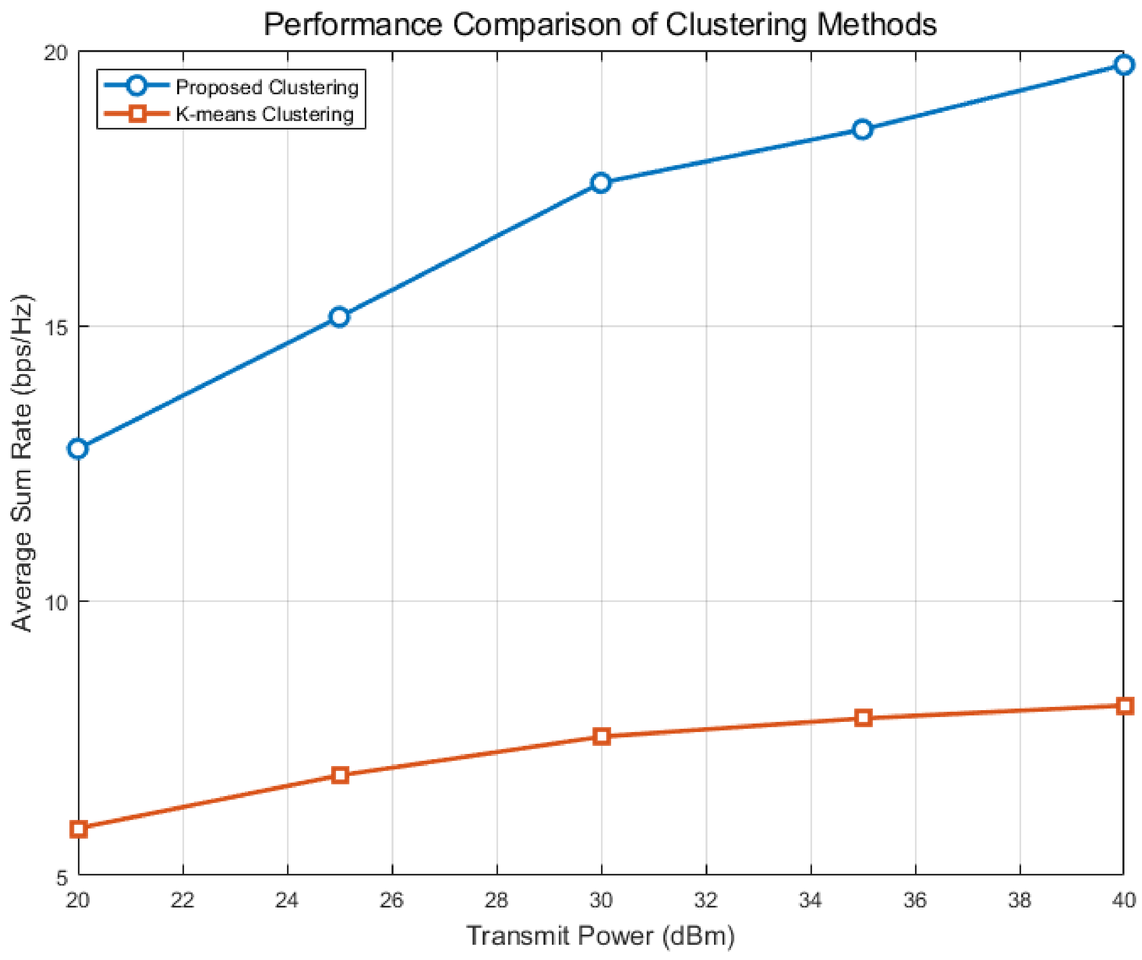
$$y_u = \underbrace{\mathbf{h}_u^H\sqrt{p_k}\mathbf{w}_k\sqrt{\beta_{k,u}}s_{k,u}}_{\text{Desired signal}} + \underbrace{\mathbf{h}_u^H\sqrt{p_k}\mathbf{w}_k\sum_{v=1,v\neq u}^{L_k}\sqrt{\beta_{k,v}}s_{k,v}}_{\text{Intra-cluster interference}} + \underbrace{\mathbf{h}_u^H\sum_{n\neq k}\mathbf{s}_n}_{\text{Inter-cluster interference}} + n_u$$

4. Problem Formation

$$\mathrm{SINR}_{\Delta_k(j)} = \frac{\beta_{\Delta_k(j)}p_k|\mathbf{h}_{\Delta_k(j)}^H\mathbf{w}_k|^2}{|\mathbf{h}_{\Delta_k(j)}^H\mathbf{w}_k|^2 p_k\sum_{i\geq j}\beta_{\Delta_k(i)} + \sum_{n\neq k}p_n|\mathbf{h}_{\Delta_k(j)}^H\mathbf{w}_n|^2 + \sigma^2}$$

$$R_{\mathrm{sum}} = \sum_{k=1}^{K}\sum_{j=1}^{|C_k|}\log(1+\mathrm{SINR}_{\Delta_k(j)})$$

Simulation Result



참고 문헌

[1] J. Cui, Z. Ding, P. Fan, and N. Al-Dhahir, "Unsupervised machine learning-based user clustering in millimeter-wave-NOMA systems," vol. 17, no. 11, pp. 7425-7440, 2018.