

# MU-MIMO システムにおける公平性を考慮したユーザ選択アルゴリズム

馬立 侑典 趙 華安

(熊本大学大学院自然科学研究科 情報電気電子工学専攻)

## 1 はじめに

ダウンリンクのマルチユーザ MIMO (MU-MIMO: Multi-User Multiple Input Multiple Output) システムでは、同時に通信を行うユーザ数に制限があり、今までに幾つかの選択アルゴリズムが検討されてきた。本稿ではその中でも弦距離に基づいたアルゴリズム (CDUS)[1] において、ユーザの選択頻度の偏りを改善するアルゴリズムを提案する。

## 2 MU-MIMO

ダウンリンクのマルチユーザ MIMO のシステムモデルと CDUS アルゴリズムについて紹介する。

### 2.1 システムモデル

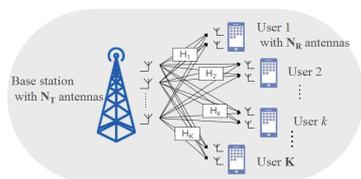


図 1: MU-MIMO system model

図 1 にマルチユーザ MIMO のシステムモデルを示す。基地局の送信アンテナ数を  $N_T$ 、受信ユーザ端末数を  $K$ 、各ユーザ端末のアンテナ数を  $N_R$  とする。ユーザ端末  $k$  の受信信号  $y_k$  は

$$y_k = \sum_{i=1}^K \mathbf{H}_k \mathbf{W}_i s_i + \mathbf{n}_k \quad (1)$$

と表せる。 $\mathbf{H}_k, \mathbf{n}_k$  はユーザ端末  $k$  のチャネル行列、熱雑音ベクトルであり  $\mathbf{W}_i, s_i$  は  $i$  番目のユーザのウェイト行列、送信信号である。ここで、MU-MIMO では同時に通信可能なユーザ端末数  $\hat{K}$  は  $\hat{K} = \lfloor \frac{N_T}{N_R} \rfloor$  と制限される。ユーザ端末数  $K$  から  $\hat{K}$  選ぶ組み合わせ次第でシステムの性能を向上させることが可能である。

### 2.2 CDUS アルゴリズム

CDUS アルゴリズムは、選択基準として弦距離を用いる。2 つの行列間の弦距離は式 (2) で求めることができる。

$$d_{cd}(\mathbf{H}_1, \mathbf{H}_2) = \sqrt{\sum_{j=1}^N \sin^2 \theta_j} \quad (2)$$

$$= \sqrt{N - \text{tr}(\tilde{\mathbf{H}}_1 \tilde{\mathbf{H}}_2^H \tilde{\mathbf{H}}_2 \tilde{\mathbf{H}}_1^H)}$$

選択済みのユーザグループと選択候補ユーザ間の弦距離を求め、弦距離が最大となるようなユーザを  $\hat{K}$  人選択する。

## 3 提案手法とシミュレーション

CDUS アルゴリズムは貪欲法によりユーザを選択するため、ユーザの選択頻度に偏りが生じてしまう。そこで本稿では、ユーザ間の選択頻度に関して公平性を考慮したアルゴリズムである、Fair-CDUS を提案する。

### Fair Chordal Distance-based User Selection algorithm

- 1) for  $j = 1 : \lfloor \frac{K}{\hat{K}} \rfloor$ 
  - a) 選択候補ユーザを  $\Omega = \{1, 2, \dots, (K - \sum_{l=1}^j \hat{K}_{l-1})\}$ , 選択ユーザを  $\Upsilon = \phi$  とする。
    - ・各  $\mathbf{H}_k$  にグラムシュミット直交化を行い  $\tilde{\mathbf{H}}_k$  を求める。
    - ・選択候補ユーザのうちフロベニウスノルムが最大となるユーザを第一選択ユーザ  $s_1$  とし、 $\Omega, \Upsilon$  を更新する。
$$s_1 = \arg \max_n \|\mathbf{H}_n\|_F, \tilde{\mathbf{U}}_1 = \tilde{\mathbf{H}}_{s_1}, \Omega = \Omega - \{s_1\}, \Upsilon = \Upsilon + \{s_1\}$$
  - b) for  $i = 2 : \hat{K}_i$ 
    - ・選択候補ユーザと選択ユーザ組との弦距離が最大となる第  $i$  ユーザ  $s_i$  を選択する。
$$s_i = \arg \max_{k \in \Omega} d_{cd}^2(\tilde{\mathbf{H}}_k, \tilde{\mathbf{U}}_{i-1}), \mathbf{U}_i = [\tilde{\mathbf{U}}_{i-1}^H \tilde{\mathbf{H}}_{s_i}^H]^H$$

$$\Omega = \Omega - \{s_i\}, \Upsilon = \Upsilon + \{s_i\}$$
  - c) 選択したユーザグループ  $\hat{K}_j$  で通信を行う
- 2) アルゴリズムを終了する

CDUS と F-CDUS に関してシミュレーションを行った結果を図 4 に示す。この結果から、CDUS と比較して F-CDUS は同程度の性能を達成している。また、標準偏差を求めると、CDUS は 65.38 であったのに対し F-CDUS は 0 となり、選択頻度について改善できたことが確認できる。

## 4 まとめ

本研究では、マルチユーザ MIMO システムにおいて、ユーザ選択アルゴリズムの公平性について検討した。提案するアルゴリズムは元アルゴリズムと同程度の性能を保ちつつ、ユーザの選択頻度を改善することができた。

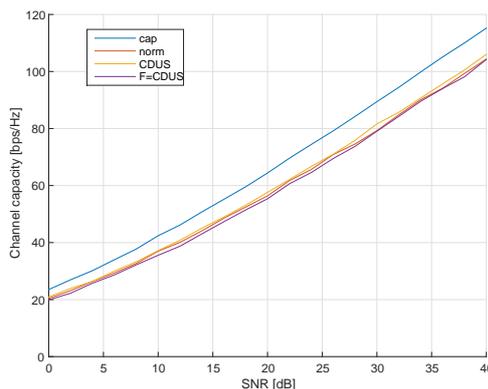


図 2: SNR vs Capacity

## 参考文献

- [1] Zhou, Bo, et al. "Chordal distance-based user selection algorithm for the multiuser MIMO downlink with perfect or partial CSIT." 2011 IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications. IEEE, 2011.