

全二重非直交多元接続システムにおける複数アンテナ選択の効果

Effect of Multiple Antennas Selection in Full-Duplex Non-Orthogonal Multiple Access

栗田 快志

Kaishi Kurita

宮嶋 照行

Teruyuki Miyajima

茨城大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

1 まえがき

非直交多元接続 (NOMA) と全二重伝送はどちらも同一の周波数帯域を共有し同時に通信を行う技術であり、それらを組み合わせることで周波数利用効率の向上が期待できる。我々は以前、NOMA における全二重基地局 (BS) でアンテナ選択の効果を検討した [1]。しかし、使用可能なアンテナ数は 1 本に限定されており、複数アンテナの使用は検討されていない。本稿では、NOMA における全二重 BS で複数アンテナを選択する効果を検討する。具体的には、[2] のユーザペアリングとビームフォーミング (BF) を適用する時、全二重 BS の送受信アンテナから最適な複数アンテナの組み合わせを選択する効果を評価する。

2 全二重 NOMA システム

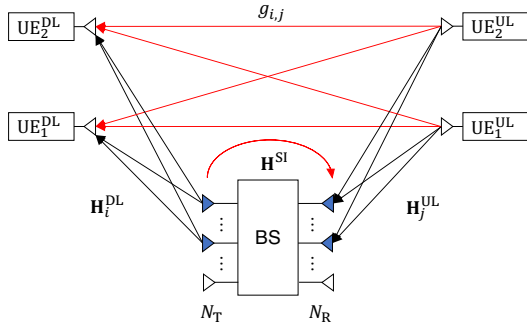


図 1 システムモデル.

図 1 に全二重 NOMA システムモデルを示す。\$N_T\$ 本の送信アンテナと \$N_R\$ 本の受信アンテナを備えた全二重伝送を行う BS と単一アンテナを備えた各 2 局の上りリンク (Uplink:UL) ユーザと下りリンク (Downlink:DL) ユーザからなる。BS の送受信アンテナはそれぞれ \$L < N_{\{R,T\}}\$ 本のみ用いる。UL ユーザは同一周波数帯域で信号を送信する。BS はそれらが重畳された信号を受信し、逐次干渉除去により各 UL ユーザの信号を復号し、同時に同一周波数帯域で各 DL ユーザへ電力領域で多重した信号を送信する。DL ユーザは逐次干渉除去により自身宛ての信号を復号する。この時、UL ユーザから DL ユーザへのチャネル間干渉と、BS の送信アンテナから受信アンテナへの自己干渉が発生する。

文献 [2] の BF 設計とユーザペアリングを用いる。UL ユーザの QoS (Quality of Service) 制約下で DL ユーザの合計レートを最大化するような送受信 BF 設計最適化問題は以下のように定式化できる。

$$\begin{aligned} & \max_{\mathbf{w}^{\text{UL}}, \mathbf{w}^{\text{DL}}} R_1^{\text{DL}} + R_2^{\text{DL}}, \\ \text{s.t. } & R_1^{\text{UL}} \geq r_1^{\text{UL}}, R_2^{\text{UL}} \geq r_2^{\text{UL}}, R_{2 \rightarrow 1}^{\text{DL}} \geq R_2^{\text{DL}}, \\ & \|\mathbf{w}^{\text{UL}}\| = 1, \|\mathbf{w}^{\text{DL}}\| = 1. \end{aligned}$$

\$\mathbf{w}^{\text{UL}}\$ は受信 BF ベクトル、\$\mathbf{w}^{\text{DL}}\$ は送信 BF ベクトル、\$R_j^{\text{DL}}\$

は第 \$j\$ DL ユーザの伝送レート、\$R_i^{\text{UL}}\$ は第 \$i\$ UL ユーザの伝送レート、\$R_{2 \rightarrow 1}^{\text{DL}}\$ は第 1 DL ユーザにおいて第 2 DL ユーザ宛ての信号を復号するときの伝送レート、\$r_i^{\text{UL}}\$ は第 \$i\$ UL ユーザの目標達成レートである。ユーザペアリングは、UL と DL ユーザ間距離を大きくすることでチャネル間干渉を抑圧し、さらに DL ユーザ間の距離を大きくすることでユーザ間干渉を抑圧するように行う。

本論文ではアンテナ選択は総当りで行う。具体的には、あるアンテナの組合せについて上述の BF 設計とユーザペアリングを行い、システムの合計レートを求め、それが最大となるアンテナの組合せを求める。組合せの総数は、\$N_T = N_R = N\$ とすると、\$(N C_L)^2 = \left\{ \frac{N!}{L!(N-L)!} \right\}^2\$ であり、効率的なアンテナ選択法は今後検討する価値がある。

3 シミュレーション結果

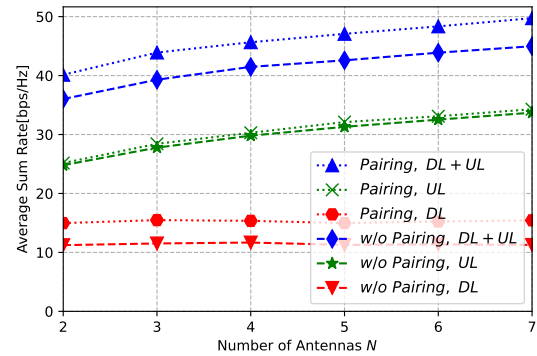


図 2 総アンテナ数に対するシステムの各合計レート.

図 2 に総アンテナ数に対するシステム全体と UL, DL それぞれの合計レートを示す。BS 総送信電力は 30 dBm, UL ユーザの送信電力は 20 dBm, \$r_1^{\text{UL}} = 3\$ bps/Hz, \$r_2^{\text{UL}} = 3\$ bps/Hz, 選択するアンテナ数 \$L = 2\$ である。アンテナ選択をしない場合 (\$N = 2\$) に比べて、選択できるアンテナ数が増加するにつれてシステム全体の合計レートが増加しており、複数アンテナ選択の効果が確認できる。また、ユーザペアリングをランダムに行なった場合 (w/o Pairing) と比較して、[2] の方法でユーザペアリングを行うことで DL の合計レートが向上することがわかる。

4 まとめ

全二重 NOMA システムにおける複数アンテナ選択の効果を確認した。

参考文献

- [1] 栗田他, “非直交多元接続に基づく全二重基地局 ...,” 電気学会茨城支所研究発表会, IBK-22-101, Dec. 2022.
- [2] A. Memarinejad, et al., “Full-duplex NOMA ...,” AEU-Int. J. Electron. and Commun., 2020.