

## 全二重マルチユーザ MIMO における干渉抑圧フィルタ

## B-5 Interference Suppression Filter for Full-Duplex Multiuser MIMO Systems

天野 匡平  
Kyohei Amano宮嶋 照行  
Teruyuki Miyajima杉谷 栄規  
Yoshiki Sugitani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

基地局 (BS) が全二重通信を行う、全二重マルチユーザ MIMO は半二重システムと比較して高い周波数利用効率を持つ。しかし、BS は複数の端末と同一周波数で同時に通信するため、自己干渉 (SI) と端末間の干渉の対策が必要となる。これまでに周波数非選択性通信路における干渉を抑圧するビームフォーミング設計法が提案されている [1]。我々は以前に、周波数選択性通信路において、SI と符号間干渉 (ISI) を同時に抑圧する BS の FIR フィルタ設計法を提案した [2]。しかし文献 [2] では、設計の簡単化のために送信端末と受信端末をそれぞれ 1 台にして設計を行っていた。本稿では、文献 [2] のフィルタ設計法を送受信端末の数が複数の場合に拡張し、各干渉を同時に抑圧するような BS の FIR フィルタ設計法を提案する。

## 2 提案法

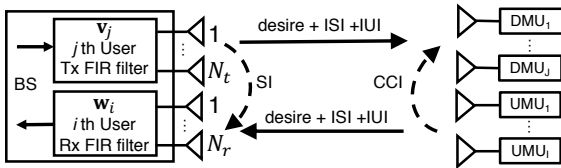


図 1 システムモデル。

図 1 のような BS と  $I$  台の送信端末 (UMU)、 $J$  台の受信端末 (DMU) からなるシステムを考える。ここで、BS は全二重で動作し、端末は半二重で動作する。BS は各端末に対応した FIR フィルタが設置された  $N_t$  本の送信アンテナと  $N_r$  本の受信アンテナを持つ。各通信路は周波数選択性通信路であり、BS は UMU-DMU 間の通信路以外の通信路状態情報を持っている。下り回線 (DL) では、ISI と DMU 間の端末間干渉 (IUI) および UMU-DMU 間の干渉 (CCI) が発生する。上り回線 (UL) では、ISI と UMU 間の IUI および BS 受信機において SI が発生する。

各端末の SINR を最大にすることで干渉を抑圧するような BS のフィルタ群を設計する。ここで、BS の送信フィルタ  $\mathbf{v}_j$  は DL で発生する ISI と DMU 間の IUI を抑圧し、受信フィルタ  $\mathbf{w}_i$  は SI と UL で発生する ISI と UMU 間の IUI を抑圧する。DL の SINR において CCI の影響は考慮しない。BS で受信される SI は送信フィルタによって決まるため、 $\mathbf{v}_j \rightarrow \mathbf{w}_i$  の順に設計する。 $\mathbf{v}_j$  は次の最適化問題を解くことで求められる。

$$\begin{aligned} \max_{\mathbf{v}_j} \text{SINR}_j^{DL} &= \frac{P_{dis,j}^{DL}}{P_{int,j}^{DL} + P_{n,j}^{DL}}, \\ \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^J \|\mathbf{v}_j\|^2 &\leq P_{max}^{BS}, P_{IUI}^{DL} = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 $P_{dis,j}^{DL}$ ,  $P_{int,j}^{DL}$ ,  $P_{n,j}^{DL}$  はそれぞれ第  $j$  DMU の所望成分、干渉 (ISI) 成分、雑音成分である。式 (1) の第 1 制約

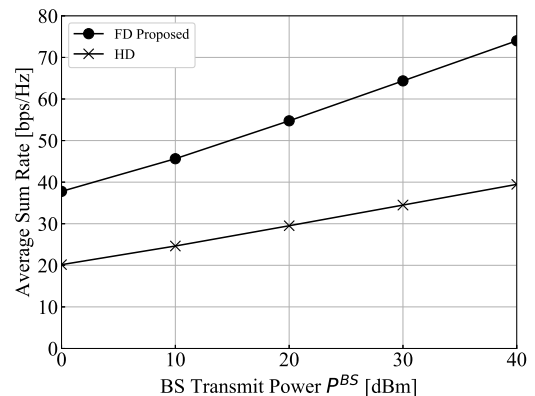
は、BS 送信電力を BS 最大送信電力  $P_{max}^{BS}$  以下に抑える。第 2 制約は DL の IUI 成分  $P_{IUI}^{DL}$  を 0 にする制約であり、IUI 成分の通信路のヌル空間の正規直交基底を用いて設計することで常に満たされる。式 (1) は一般化固有値問題を解くことで最適解が得られる。次に、式 (1) で求めた  $\mathbf{v}_j$  を用いて、 $\mathbf{w}_i$  は次の最適化問題を解くことで求められる。

$$\max_{\mathbf{w}_i} \text{SINR}_i^{UL} = \frac{P_{dis,i}^{UL}}{P_{int,i}^{UL} + P_n^{UL}}. \quad (2)$$

ここで、 $P_{dis,j}^{UL}$ ,  $P_{int,j}^{UL}$ ,  $P_n^{UL}$  はそれぞれ第  $i$  UMU の所望成分、干渉 (ISI+IUI+SI) 成分、雑音成分である。式 (2) は式 (1) と同様に一般化固有値問題を解くことで最適解が得られる。

## 3 シミュレーション

BS 送信電力  $P^{BS}$  に対する全体レート特性を図 2 に示す。半径 100m のセル内に端末をランダムに発生させ、UMU の送信電力を 20dBm, BS と DMU の雑音電力を -88dBm, -92dBm とし、 $N_t = N_r = 10$ ,  $I = J = 3$  とした。また各通信路の通信路長を  $M^{UL} = M^{DL} = 5$ ,  $M^{SI} = 2$ ,  $M^{CCI} = 4$ , フィルタ長を  $L^{UL} = L^{DL} = 15$  とした。各通信路には伝搬損失が存在し、SI はアナログ SI キャンセラと伝搬損失によって 80dB キャンセルされる。比較として、半二重システムで SINR が最大になるように設計した場合 (HD) も示す。図 2 より、提案法が HD よりも高い全体レート特性を示している。

図 2 BS 送信電力  $P^{BS}$  に対する合計レート特性。

## 4 まとめ

全二重マルチユーザ MIMO における BS のフィルタ設計法を提案し、有効性をシミュレーションにより確認した。

## 参考文献

- [1] T.-H. Chang, et al., "Max-min-fairness..." Proc. IEEE SPAWC, pp. 290–294, Sapporo, Jul. 2017.
- [2] 天野, 他, "全二重基地局における干渉抑圧フィルタ設計法の一検討," 2018 信学ソ大, A-9-4, Sep. 2018.