

Augmented-MIMO: 身体表面に展開するマルチアンテナシステムの研究

1240143 前田 耀斗 (環境浸透型エレクトロニクス研究室)

(指導教員 野田 聡人 准教授)

1. はじめに

送受信間の伝送容量を拡大するために、複数アンテナを用いて通信する MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) が有効である。しかし MIMO による伝送路容量増大の効果を得るために必要となる十分なアンテナ間隔を確保することが、スマートウォッチ等の小型デバイスでは困難である。本研究は小型デバイスと非接触に結合する身体表面上で任意に配置できる外付けのアンテナ (以降、提案システム) を用いることで十分なアンテナ間隔を確保し、デバイスのサイズにとらわれず MIMO による通信を可能にすることを旨とする。本稿では図 1 に示す提案システムによって小型デバイス内であっても典型的な MIMO 受信系と同様にチャンネル相関を低減と、MIMO による伝送路容量増大の効果を得られることを示す。



図 1: 提案システムのモックアップ。デバイス内に MIMO 用の二つのチップアンテナが内蔵されている状況を想定した。衣服上にそれぞれのチップアンテナと近接結合するチップアンテナを袖口に設け、左右の肩口に搭載したアンテナを導電布伝送路で接続する。

2. 提案システムの評価方法

2.1 チャンネル相関

送信アンテナ 1 本と受信アンテナ 1 本を用いてチャンネル相関を次のように求める [1][2]。

$$\rho_{ij} = \frac{\sum_{f=1}^F \sum_{k=1}^K h_{ik}^*(f) h_{jk}(f)}{\sqrt{\sum_{f=1}^F \sum_{k=1}^K |h_{ik}(f)|^2} \sqrt{\sum_{f=1}^F \sum_{k=1}^K |h_{jk}(f)|^2}} \quad (1)$$

式 (1) の各パラメータの定義と本実験での値の範囲を表 1 に示す。なお ρ_{ij} は複素数で $0 \leq |\rho_{ij}| \leq 1$ である。

表 1: 式 (1) の各パラメータ

	意味	値の範囲
ρ_{ij}	チャンネル相関	
i, j	受信アンテナ位置のインデックス	$1 \leq i, j \leq 36$
k	送信アンテナ位置のインデックス	$1 \leq k \leq 36$
f	測定周波数のインデックス	$1 \leq f \leq 201$
h_{ik}, h_{jk}	チャンネル係数 (S パラメータ, S_{21})	

2.2 チャンネル容量

送信電力、雑音電力が同一の条件で SISO と 2×2 MIMO のチャンネル容量比 q を次式に示す。

$$q = \frac{C_{\text{MIMO}}}{C_{\text{SISO}}} = \frac{\sum_{i=1}^2 \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{2P_n} \lambda_i \right)}{\log_2(1 + \gamma)} \quad (2)$$

ここで分母は SISO のチャンネル容量であり、受信 SNR γ より求められる [3]。分子は MIMO のチャンネル容量であり、 P_s は送信側の全電力、 P_n は雑音電力、 λ_i は伝搬チャンネル係数の行列 \mathbf{H} の固有値である。

3. 提案システムの評価結果

3.1 チャンネル相関による提案システムの評価

図 2 に受信アンテナ間隔に対するチャンネル相関の絶対値 $|\rho_{ij}|$ を示す。

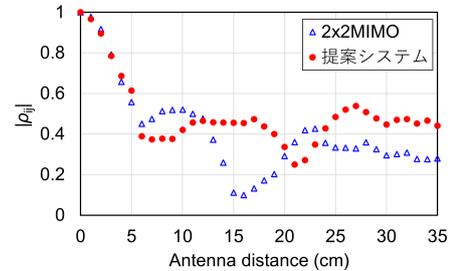


図 2: チャンネル相関の測定結果

提案システムは、典型的な MIMO の受信系と同様に 2 本の受信アンテナ距離を確保すると、チャンネル相関の低減が見られた。

3.2 チャンネル容量による提案システムの評価

図 3 に受信アンテナ間隔に対するチャンネル容量比 q の測定結果を示す。なお受信 SNR を 10dB、送信アンテナ離隔 (Td) を 15 cm とした。

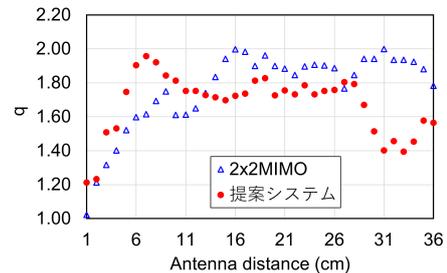


図 3: チャンネル容量の測定結果 (受信 SNR=10dB, Td=15cm)

提案システムはチップアンテナの近接接合部がマルチパスの影響を受け、一部チャンネル容量比 q が大幅に減少しているが、概ね典型的な MIMO の受信系と同様に受信アンテナ間隔を確保すると MIMO によるチャンネル容量増大の効果が見られた。

4. まとめ

本研究から小型デバイスに組み込む 2×2 MIMO は典型的な MIMO の受信系と同様に 2 本のアンテナが受信した信号の相関は低くなり MIMO によるチャンネル容量増大の効果が見られることを確認できた。したがって提案システムを小型デバイスと組み合わせることで MIMO による通信を可能とする提案システムの有効性が示唆された。本研究の成果から、提案システムを小型デバイスに組み込んで実際にウェアラブルシステムとして実装できることが期待できる。

参考文献

- [1] H. Ozelik, *et al.*, "Capacity of different MIMO systems based on indoor measurements at 5.2GHz", EPMCC 2003, pp.463-466, January, 2003.
- [2] 西本浩, 小川恭孝, 西村寿彦, 大鐘武雄, "屋内伝搬実験に基づく 2×2 MIMO-SDM の特性評価", 信学論, vol. J87-B, no. 9, pp. 1442-1453, 2004.
- [3] 唐沢好男, "デジタル移動通信の電波伝搬基礎", コロナ社, 東京, 2016年3月