

屋内伝搬実験結果を用いた 2×2MIMO のチャネル容量解析

2×2MIMO channel capacity analysis using the results of indoor propagation experiments

高橋 佑弥[†] 井家上 哲史[†]Yuya TAKAHASHI[†] Tetsushi IKEGAMI[†][†] 明治大学大学院理工学研究科電気工学専攻[†] Electrical Engineering Program, Graduate School of Science and Technology, Meiji University

1. はじめに

IoT, 5G 技術の急速な発展やブロードバンドサービスの普及拡大に伴い、複数の送受信機を用いて同一周波数帯で多重伝送を行う MIMO 技術が高速化に対する要求を満足する周波数利用効率の高い次世代無線通信技術の一つとして注目を集めている [1]。雑音のある環境が与えられた時、正しく通信を行うことができる効率には限界(シャノン限界)がある。通信効率において、シャノン限界を超えることは理論上不可能であるため [2]、シャノン限界に限りなく近い通信路容量を求める手法が現在検討されている。本稿では、障害物における反射波が通信効率にどれだけ影響を与えるのかを検証した。

2. 研究概要

MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) とは、送信(出力)側と受信(入力)側に複数のアンテナを設置し、信号を空間的に多重化することによって通信速度の向上を可能にする方式である。また、チャネル容量は、通信路に対して定義される量であり、通信路を介して確実に伝送できる情報量の上限を表す。本研究では、見通し環境である LOS (Line Of Sight) 環境と、LOS 環境に金属製のホワイトボードを挟んだ NLOS (Non Line Of Sight) 環境、及び電波暗室: EAC (Electromagnetic Anechoic Chamber) 環境にて各アンテナ間の伝送特性を測定した。各アンテナは横幅 1.2m、縦幅 0.62m、高さ 1.0m の長机を 2 つ使い、各長机の角に設置した。以下、図 1 に実験環境の概略図を示す。LOS 環境と EAC 環境では、図 1 に記載されているホワイトボードは設置していない。

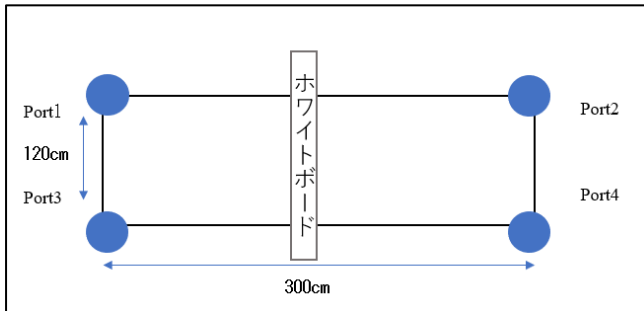


図 1 実験の概要図

測定には、無指向性アンテナを使用し、中心周波数 2.4GHz、帯域幅 40MHz で行った。また、実験場所は、明治大学生田キャンパス A 館 A902 教室で行った。

次に、測定結果から SN 比を計算し、式(1)のシャノンの通信伝送定理にて送受信アンテナ間のチャネル容量を計算した。

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (1)$$

C はチャネル容量 [bit/s]、 B は伝送路の帯域幅 [Hz]、 S は帯域幅内の信号の総電力、 N は帯域幅内のノイズの総電力を表す。その後、上記の計算値とシミュレーション値を比較し、各実験環境における伝送効率について検討した。また、伝搬モデルは、レイリーフェージングを用いた。

3. 研究結果・考察

図 2 より、送受信のアンテナ数を増加させるとチャネル容量が高くなることが確認できる。しかし、図 2 から送信側のアンテナの数だけを增加させてもチャネル容量はさほど改善しないことがわかる。

次に、図 3 より、直接波が到来する LOS 環境の測定値が、NLOS 環境の測定値よりも全体的に受信電力レベルが高いことがわかる。また、散乱波が極めて少ない EAC は、LOS, NLOS よりも良い結果となり、散乱波がより少ない環境下である方が高い伝搬環境となることがわかる。

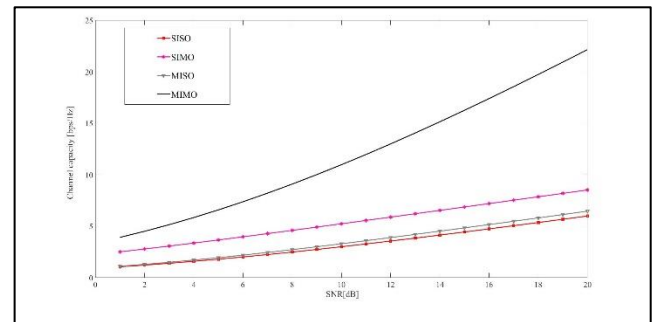


図 2 SISO, SIMO, MISO, MIMO のチャネル容量特性

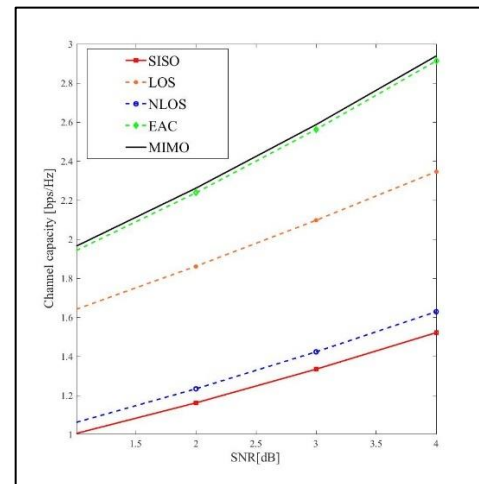


図 3 測定値と計算値との比較

4. まとめ

MIMO 通信では受信アンテナの数が通信効率の向上に直結することがわかった。また、通信効率向上に反射波の影響が大きく関わっていることが確認できた。

参考文献

- [1]西森健太郎, "マルチユーザ MIMO の基礎", コロナ社, 2014
 [2]C.E.Shannon, "A mathematical theory of communication," Bell Syst. Tech. J., vol.27, pp.379-423, 623-656, July-Oct. 1948.