

高利得アンテナを用いた MIMO 伝送容量の数値解析

Numerical Analysis of MIMO Transmission Capacity Using High Directivity Antenna

齋藤 一樹
Kazuki Saito

陳 強
Qiang Chen

澤谷 邦男
Kunio Sawaya

東北大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. はじめに 近年、動画配信などの需要がますます高まり、高速な通信が求められている。これを実現する技術としてMIMO(Multi Input Multi Output)技術の研究が行われている。また、ミリ波帯通信は広帯域通信に適しており、両者を組み合わせることによって超高速通信が可能になるものと期待される。しかし、ミリ波帯ではNLOS環境での受信SNRが劣化するため、MIMO伝送容量が低下する可能性がある。そのため高利得アンテナを用いてSNRを改善し、伝送容量を増加させる方法が考えられる。本報告ではアンテナの指向性利得とMIMO伝送容量の関係について解析を行った結果を述べる。

2. 解析手法 送受アンテナ間のチャネル行列 \mathbf{H} より、下式によってMIMO伝送容量が求められることが知られている[1]。

$$C = \sum_{j=1}^{N_t} \log_2(\lambda_j \gamma_0 / N_t + 1) \quad [\text{bit/s/Hz}]$$

ここで、 N_t は送信アンテナ数、 λ_j は $\mathbf{H}^H \mathbf{H}$ の固有値、 γ_0 は平均受信SNRである。本研究ではレイトレーシング法(イメージ法)を用いて伝搬路の解析を行い、チャネル行列を求め、伝送容量を計算した。屋内モデルとして図1に示すように、厚さ10cmのコンクリート6面の壁に囲まれた直方体を考えた。LOS環境の解析の際には中心に置かれた金属板はないものとして解析した。送信周波数は60GHz、アンテナ素子間隔は 0.5λ 、アンテナ高は1.5m、アンテナ数は送信アンテナ2本、受信アンテナ2本とした。また、受信ノイズレベルは-100dBmとした。送信アンテナはオムニアンテナとし、受信アンテナとしては図2に示すように、指向性利得が低いAntenna Aと、指向性利得の高いAntenna Bの2種類について解析を行った。

3. 解析結果 受信アンテナNo.1とNo.2の向きをそれぞれ独立に回転させ、MIMO伝送容量の計算を行い、アンテナの向きに対する伝送容量を求めた。NLOS環境の結果を図3に示す。LOS環境において最大伝送容量はAntenna Aで13.9 bit/s/Hz、Antenna Bでは16.5 bit/s/Hzとなった。NLOS環境ではそれぞれ8.1 bit/s/Hz、13.1 bit/s/Hzとなった。累積確率密度分布を図4に示す。NLOSの場合、累積確率密度が85%では指向性利得の低いAntenna Bのほうが伝送容量が大きい。95%以上では指向性利得の高いAntenna Aを用いることによって大きく伝送容量が改善されることが確認できた。

4. まとめ ミリ波帯におけるMIMO伝送容量がアンテナの指向性利得によってどのような影響を受けるかについてレイトレーシング法により解析を行った。その結果、NLOS環境では指向性利得の高いアンテナを用いて高精度な方向探査を行うことにより伝送容量が改善されることが確認できた。

参考文献 [1] E. Telatar, "Capacity of Multi-antenna Gaussian Channels," European Transactions on Telecommunications, vol. 10, No. 6, pp. 585-595, Nov./Dec. 1999.

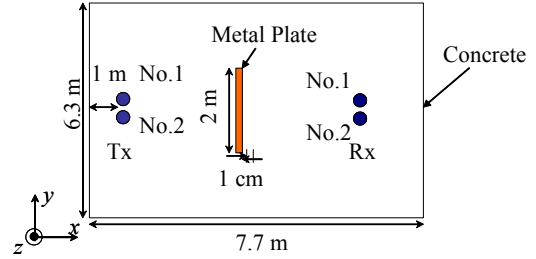


図1 屋内モデル

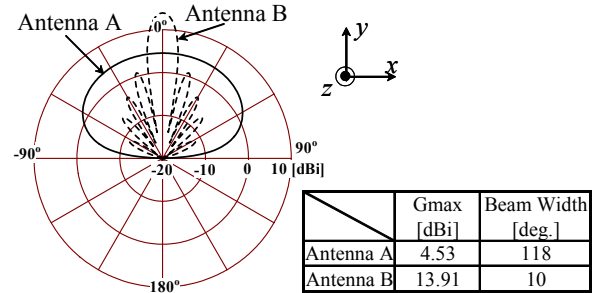
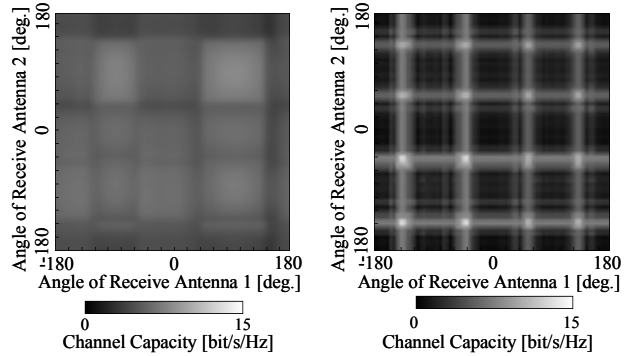


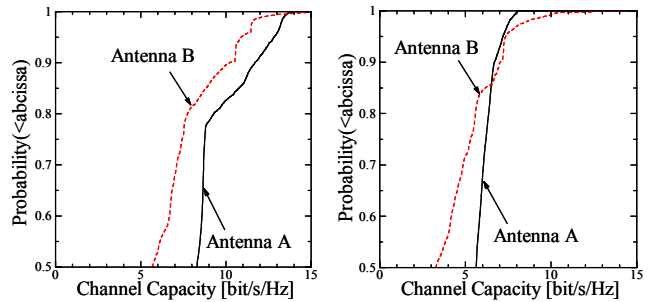
図2 受信アンテナ



(a) Antenna A

(b) Antenna B

図3 NLOSモデルにおけるチャネル容量特性



(a) LOS環境

(b) NLOS環境

図4 チャネル容量の累積確率密度分布