

離散長球波動関数の MIMO 受信

1210340 塚田 麻友 【ワイヤレスネットワーク研究室】

1 はじめに

スマートフォンや無線 LAN が普及し、さらに第5世代移動通信 (5th generation: 5G) の登場により、ユーザーの関心は超高速・大容量・多数同時接続が可能な移動通信に集まっている。5Gにおいても必須となるのが、送受信に複数のアンテナを用いる多入力多出力 (multiple-input multiple-output: MIMO) 技術である。MIMO 技術は占有帯域幅の増加を抑え伝送速度を向上させることを可能にする [1]。伝送速度の向上や占有帯域幅の縮小を実現するために、離散長球波動関数 (discrete prolate spheroidal wave function: DPS 波動関数) と呼ばれる信号を利用することが検討されている [2]。本研究では、DPS 波動関数を MIMO システムに適用し、ビット誤り率 (bit-error rate: BER) 特性を評価する。

2 離散長球波動関数のモデル

サブキャリア数を M とすると、DPS 波動関数による k 番信号 $c_k(t)$ ($k = 1, 2, \dots, K$) は次式となる。

$$c_k(t) = g_T(t) \sum_{l=1}^M c_{k,l} e^{j \frac{2\pi}{T_0} (l - \frac{1}{2}) t} \quad (0 < t < T) \quad (1)$$

ここで、 $j = \sqrt{-1}$ 、矩形ゲート関数 $g_T(t) = \{1 (0 < t < \tau), 0 (\text{otherwise})\}$ 、 $c_{k,l}$ はスレピアン系列である [2]。この $c_k(t)$ をメッセージシンボル b_k に乗じて送信する。

3 MIMO

送信アンテナを $N (\leq K)$ 本、受信アンテナを L 本有する MIMO システムを考える。

3.1 受信信号

i 番送信アンテナから送信される信号 $s_i(t) = b_i c_i(t)$ を並べたベクトルを $\mathbf{s} = [s_1(t) \ s_2(t) \ \dots \ s_N(t)]^T ((\cdot)^T$ は転置)、 L 本のアンテナが受信する信号を並べたベクトルを $\mathbf{y} \in \mathbb{C}^L$ とすると、 \mathbf{y} は次式となる。

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{s} + \mathbf{z} \quad (2)$$

ここで、 $\mathbf{H} \in \mathbb{C}^{L \times N} (L \geq N)$ はチャネル行列、 $\mathbf{z} \in \mathbb{C}^L$ は加法性白色ガウス雑音 (additive white Gaussian noise: AWGN) である。

3.2 受信処理

受信処理に Zero forcing (ZF) 法と最大比合成 (maximal ratio combining: MRC) 法を用いて比較する [1]。図1に、本研究における MRC 法の構成を示す。 j 番アンテナが受信する信号に $c_i^*(t)$ の複素共役を乗算して積分することで i 番信号を分離識別でき、それにチャネル行列 \mathbf{H} の (j, i) 要素である h_{ji}^* の複素共役を乗算して加算することで MRC 法を実現する。

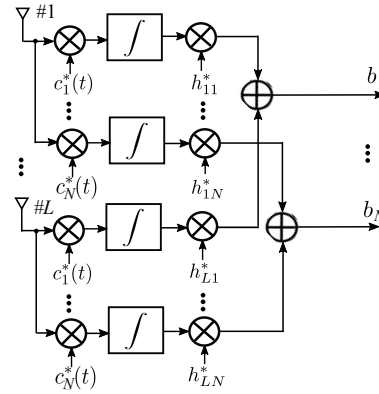


図1 受信機における MRC 法の構成

4 性能評価

MIMO システムのアンテナ数を送受信共に $L = N = 2$ としたときの BER 特性を図2に示す。図2より、MRC 法を用いた受信方法が ZF 法と比べて、 $BER = 10^{-3}$ において約 15dB ほど良い BER 特性を示した。ZF 法は干渉を除去する代わりに雑音成分を増幅するという欠点があり、MRC 法によって良い BER 特性が得られたと考えられる。

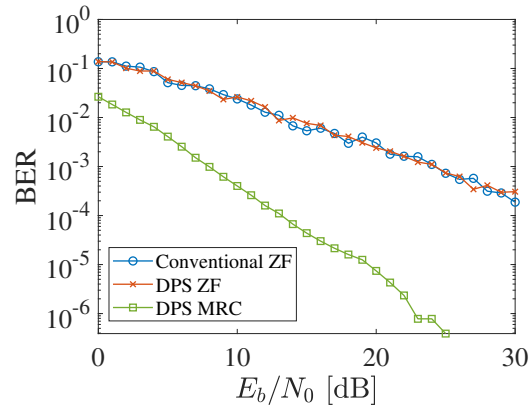


図2 各受信処理の BER 特性

5 まとめ

本研究では、離散長球波動関数を用いた MIMO システムについて検討し、MRC 法が ZF 法より BER 特性を大幅に改善できることを示した。

マルチパス環境下において送信信号の遅延を考慮した MIMO システムの検討が課題として残る。

参考文献

- [1] 大鐘武雄, 小川恭孝, わかりやすい MIMO システム技術, 株式会社オーム社, 2009.
- [2] 浜村昌則, “非直交マルチキャリア信号へのスレピアン系列の応用,” IEICE Fundamentals Review, vol. 11, no. 1, pp. 54-62, July 2017.