

シングルキャリア伝送における周波数領域マルチアンテナ送信等化

Multi-antenna Pre-Equalization for Single Carrier/TDD System Transmission

留場 宏道 武田 和晃 安達 文幸

Hiromichi TOMEDA Kazuaki TAKEDA Fumiyuki ADACHI
東北大学大学院工学研究科電気・通信工学専攻

1. まえがき

周波数選択性フェージングチャネルにおける伝送特性を改善する技術として周波数領域等化が注目されている[1]。筆者らは等化処理を送信側に集中させる周波数領域送信等化を研究している[2]。本論文では複数送信アンテナを用いるシングルキャリア周波数領域送信等化を提案し、伝送特性改善効果を計算機シミュレーションによって明らかにしている。

2. マルチアンテナ送信等化

M アンテナを用いる周波数領域送信等化の送受信系を図1に示す。第 m 送信アンテナにおける送信チップ系列は次式のように表される。

$$s_m(t) = \sqrt{2E_s/T} \sum_{k=0}^{N_c-1} \{w_m(k)S(k)/N_c\} \exp(j2\pi kt/N_c) \quad (1)$$

ここで、 E_s は 1 シンボル当たりの送信エネルギー、 T はシンボル長、 N_c は FFT ポイント数である。また、 $S(k)$ は送信シンボル系列の第 k 周波数成分、 $w_m(k)$ は第 m 送信アンテナにおける送信等化重みを表し、それぞれ次式のように表される。

$$\begin{cases} S(k) = \sum_{t=0}^{N_c-1} d(t) \exp(-j2\pi kt/N_c) \\ w_m(k) = C_m H_m^*(k) / [|H_m(k)|^2 + \lambda_m] \end{cases} \quad (2, 3)$$

ここで、 $d(t)$ は送信シンボル系列、 $H_m(k)$ はチャネル伝達関数、 C_m は送信電力を一定にするための正規化係数である。 λ_m は制御係数であり、 $\lambda_m=0$ のときは受信信号対雑音電力を最大とする MR 重みとなる[2]。

3. 計算機シミュレーション

$N_c=256$ チップ、ガードインターバルは 32 チップとした。フェージングチャネルは 16 パスの一様電力遅延プロファイルとし、送信側のチャネル推定は理想としている。また、 λ_m は $\lambda_m=0$ (MR 重み) の場合と送信 $E_b/N_0=10$ dB における最適値 ($\lambda_m=0.05$) の場合とについて BER 特性を求めた。図2にシミュレーションによって得られた BER 特性を示す。比較のため、M 本送信アンテナ STTD+周波数領域 MMSE 受信等化の特性も示した[3]。 λ_m を最適化すればアンテナ数を増やすことにより BER 特性を大幅に改善できることがわかる。また、STTD よりも優れたダイバーシチ効果が得られることがわかる。なお、STTD では 3 本以上の送信アンテナを用いる場合には伝送レートが低下してしまうが、本提案方式は伝送効率を低下させることなく任意の送信アンテナを用いることが可能である。

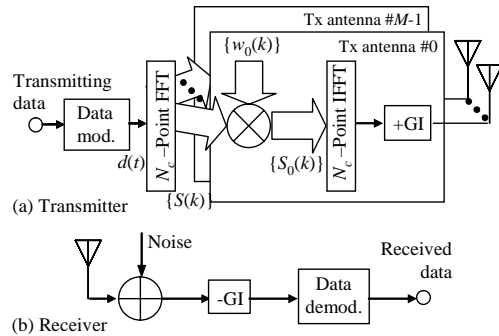


図1 複数送信アンテナを用いるシングルキャリア周波数領域等化の送受信系

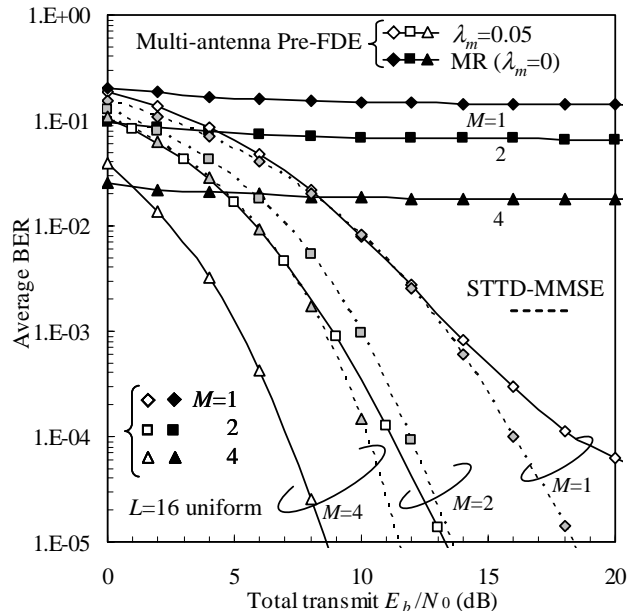


図2 BER 特性

4. むすび

送信アンテナを複数用いるシングルキャリア周波数領域送信等化を提案し、STTD+周波数領域受信等化よりも優れた BER 特性が得られることを示した。

参考文献

[1] D. Falconer, S. L. Ariyavisitakul, A. Benyamin-Seeyar and B. Eidson, "Frequency domain equalization for single-carrier broadband wireless systems," IEEE Commun. Mag., Vol. 40, pp. 58-66, Apr., 2002.
[2] 留場, 武田, 安達, "シングルキャリア CDMA における周波数領域送信等化," 信学技報, RCS2004-214, 2004 年 11 月.
[3] K. Takeda and F. Adachi, "MMSE frequency-domain equalization combined with space-time transmit diversity and antenna receive diversity for DS-CDMA," Proc. IEEE VTC'04 spring, May, 2004.