

循環遅延送信ダイバーシチと周波数領域等化を用いる DS-CDMA と MC-CDMA との特性比較

Performance Comparison of DS- and MC-CDMA using Cyclic Delay Transmit Diversity and Frequency-domain Equalization

河内 涼子 武田 和晃 安達 文幸
Ryoko Kawauchi 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

周波数選択性の強いチャンネルで Rake 受信を用いるとパス間干渉によって DS-CDMA の BER が劣化してしまう。Rake 受信の代わりに、MMSE 周波数領域等化を用いればパス間干渉を抑えつつ周波数ダイバーシチ効果を得ることができるので、BER 特性を大幅に改善できる[1]。最近 MC-CDMA における送信ダイバーシチとして、循環遅延送信ダイバーシチ (CDTD) が提案されている[2]。CDTD ではガードインターバルを超える遅延を与えることができるので遅延送信ダイバーシチ (DTD) [3]よりチャンネルの選択性をより強くすることができる。本論文では、DS-CDMA 周波数領域等化に CDTD を併用したときの BER 特性を計算機シミュレーションによって求め、MC-CDMA と比較している。

2. CDTD

CDTD を用いる DS-CDMA 送信系を図 1 に示す。送信側では、送信データ系列を QPSK 変調、拡散した後、第 n アンテナに循環遅延 $\Delta_n = n\Delta$ チップを与え、ガードインターバル (GI) を付加して送信する。送信信号は周波数選択性フェージングチャンネルを伝搬した後、受信されるものとする。第 l パスの遅延時間 τ_l は $\tau_l = l$ チップであるものとする。受信チップ系列 $r(t)$ は次式のように表される。

$$r(t) = \sum_{n=0}^{N_t-1} \sum_{l=0}^{L-1} h_{n,l} s(t - n\Delta - l) + \eta(t) \quad (1)$$

ここで、 $h_{n,l}$ は第 n 送信アンテナと受信アンテナとを結ぶチャンネルの第 l パスの複素パス利得、 $\eta(t)$ は零平均で分散 $2N_0/T_c$ の雑音過程であり、 N_0 は加法性白色ガウス雑音 (AWGN) の片側電力スペクトル密度、 T_c はチップ長を表す。GI を除去した後、 N_c ポイント FFT を適用し周波数領域に変換し、MMSE 周波数領域等化を行う[3]。その後、 N_c 個のサブキャリア成分に対して N_c ポイント IFFT を適用し時間領域に変換して、逆拡散、データ復調を行い、受信データを得る。

3. 計算機シミュレーション

図 2 に計算機シミュレーションによって得られた平均 BER 特性を示す。循環遅延ステップサイズ Δ は、 $N_t=2$ のとき $\Delta=32$ チップ、 $N_t=4$ のとき $\Delta=8$ チップとした。比較のため、1 アンテナ送信のみ ($N_t=1$) の特性も示す。

まず、 $SF=1$ のとき、MC-CDMA (OFDM) では送信アンテナ数 N_t を増やしても周波数ダイバーシチ効果が得られないため、BER 特性は改善しない。一方、DS-CDMA (シングルキャリア) では周波数ダイバーシチ効果が得られるため、OFDM に比べて優れた BER 特性が得られる。 $N_t=2, 4$ のとき、より大きな周波数ダイバーシチ効果が得られるため、BER 特性が改善している。

$SF=16$ のとき、MC-CDMA では周波数ダイバーシチ効果が得られるため $SF=1$ と比較して BER 特性が改善している。一方、DS-CDMA でも逆拡散により符号間干渉成分が抑圧されるため、BER 特性が改善している。 $N_t=2$ のとき MC と

DS-CDMA とともに、より大きな周波数ダイバーシチ効果が得られるため、BER 特性が改善している。 $N_t=4$ では、周波数ダイバーシチ効果がさらに大きくなり MC と DS-CDMA との BER 特性の差は小さくなるが、DS-CDMA ではより優れた BER 特性が得られる。

4. むすび

CDTD を用いることにより、等価的なパス数を増加させることができるため、より大きな周波数ダイバーシチ効果を得ることができる。DS-CDMA 周波数領域等化では MC-CDMA と比較して優れた BER 特性が得られることがわかった。

参考文献

- [1] F. Adachi, T. Sao, and T. Itagaki, Electronics letters, Vol. 39, pp.239-241, Jan. 2003.
- [2] Gerhard Bauch and Javed Shamim Malik, 2004 IEEE
- [3] K. Takeda, T. Itagaki, F. Adachi, IEICE Trans. Commn., vol. E87-B, pp1946-1953, no.7 July. 2004

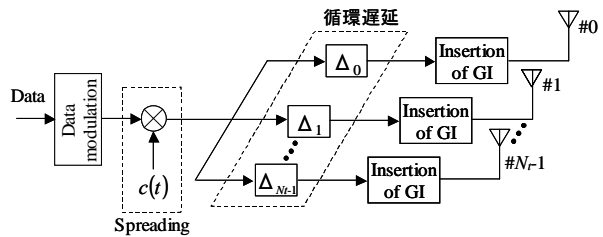


図 1 CDTD 送信系

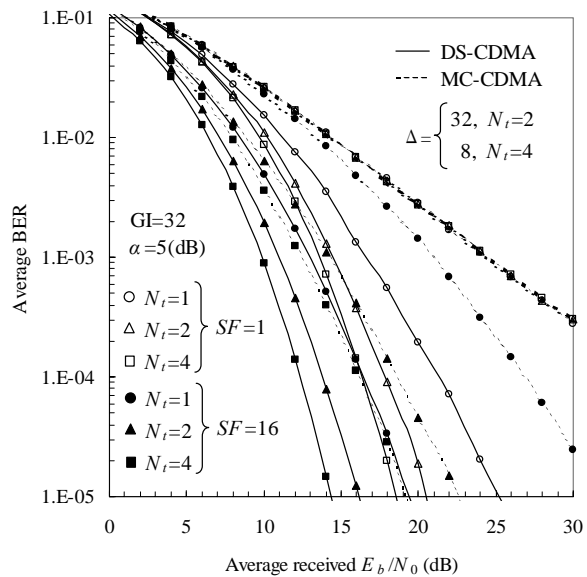


図 2 平均 BER 特性