

DS-CDMA における周波数領域等化とターボ符号化の併用効果

Joint Effect of Turbo Coding and Frequency-domain Equalization in DS-CDMA

武田 和晃

Kazuaki Takeda

安達 文幸

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無線チャネルにおける DS-CDMA 信号伝送では、符号間干渉によりビット誤り率(BER)特性が大幅に劣化してしまう。筆者らは、MC-CDMA など用いられている周波数領域等化 [1]を DS-CDMA へ適用すればその BER 特性を大幅に改善でき、MC-CDMA と同等の優れた BER 特性を得ることができることを示してきた [2]。本論文では、さらに BER 特性を改善するために周波数領域等化にターボ符号化を併用したときの BER 特性改善効果を計算機シミュレーションにより明らかにしている。

2. 信号伝送系

符号化率 1/2 のターボ符号化、QPSK 変調、拡散の後、ガードインターバル(GI)を付加して送信された DS-CDMA 信号は、周波数選択性フェージングチャネルを伝搬して受信されるものとする。図 1 に周波数領域等化を用いる受信機の構成を示す。受信信号を N_c ポイント FFT を用いて周波数領域信号に変換した後、次式で与えられる MMSE および MRC 重みを用いる周波数領域等化を適用する [2]。

$$w_m(k) = \begin{cases} H_m^*(k) / \left\{ \sum_{m=0}^{N_r-1} |H_m(k)|^2 + (E_c/N_0)^{-1} \right\}, & \text{MMSE} \\ H_m^*(k), & \text{MRC} \end{cases} \quad (1)$$

ここで N_r は受信アンテナ数、 $H_m(k)$ は受信アンテナ m で観測されるサブキャリア k 点のチャネル利得、 E_c/N_0 は受信チップエネルギー対 AWGN 電力スペクトル密度比である。等化後のサブキャリア成分に N_c ポイント逆 FFT を適用して、時間領域のチップ系列に変換する。逆拡散後に軟判定データ復調してターボ復号する。

3. 計算機シミュレーション

FFT ポイント数を $N_c=256$ チップ、ガードインターバル長を $N_g=32$ チップとした。また、フェージングチャネルは、 $L=16$ 個の独立なパスの一樣電力遅延プロファイルを有する周波数選択性フェージングチャネルであるものとし、 $f_D T_c N_c = 0.001$ とした。ブロックチャネルインターリーブを用い、ターボ復号の繰り返し回数を 8 回とした。図 2 に拡散率 SF をパラメータとしてプロットした平均 E_b/N_0 対平均 BER 特性を示す。比較のため、符号化しないときの平均 BER 特性を示す。符号化有り無しにかかわらず、拡散率を大きくするにつれてチップ間干渉が抑圧されるため平均 BER 特性が改善することが分かる。ターボ符号化は平均 BER 特性の改善に極めて有効であることが分かる。ところで、MRC は Rake 合成と等価であることが知られている(ただし、GI 損失が発生する) [3]。 $SF=256$ のように拡散

率が大きいとき、MMSE と MRC とではターボ符号化有り無しにかかわらず殆ど特性が同じである。しかし、 $SF=1$ のように拡散率が小さくなると、MRC では大きなチップ間干渉が発生するため誤りフロアが発生しているが、MMSE では BER フロアは発生しない。

4. むすび

拡散率の大きさにかかわらず、ターボ符号化は周波数領域等化を用いる DS-CDMA に極めて効果的であることを示した。

参考文献

- [1] S. Hara and R. Prasad, IEEE Commun. Mag., pp.126-144, Dec. 1997.
- [2] F. Adachi, T. Sao, and T. Itagaki, Electron. Lett., Vol. 39, No.2, pp. 239-241, Jan. 2003.
- [3] F. Adachi and T. Itagaki, IEICE Trans. Commun., Vol. E86-B, No. 9, pp. 2781-2784, Sept. 2003.

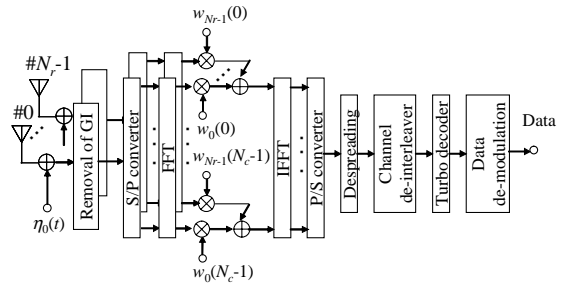


図 1 受信機の構成

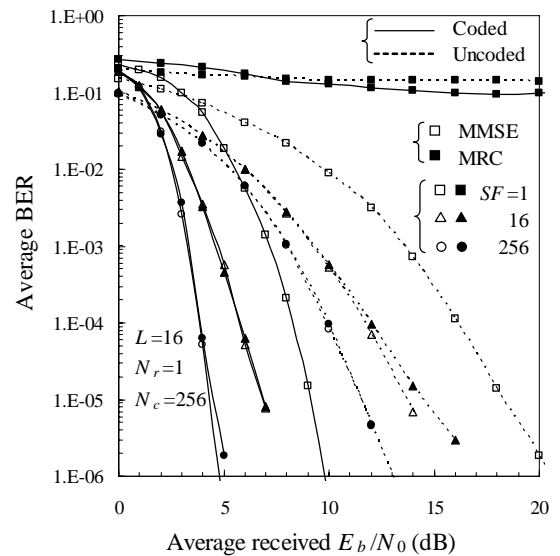


図 2 平均 BER 特性