

OFDM-CDMA 下り受信における ORC, CE, MMSE および TD 周波数等化の特性比較

Performance Comparison of Frequency-domain Equalization using ORC, CE, MMSE and TD for OFDM-CDMA Down Link Transmission

佐尾 智基
Tomoki Sao

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

Electrical and Communication Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. はじめに

OFDM-CDMA 下りリンクの周波数等化として、直交再生合成(ORC), Controlled Equalization (CE), 誤差最小(MMSE)周波数等化, およびスレシホールド検出(TD)が提案されている[1-4]. 本論文では, これら4つの周波数等化による周波数選択性フェージングチャネル環境下における誤り率特性を計算機シミュレーションにより求め, 比較している. また, DS-CDMA の誤り率特性とも比較している.

2. OFDM-CDMA 周波数等化

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た信号は周波数ひずみを受ける. そのため, 各ユーザの直交性を再生するための周波数等化が必要となる. 以下に4つの周波数等化について述べる. (1) ORC [1]: 伝達関数の逆数に比例する重み係数を用いる. k 番目のサブキャリアの伝達関数の推定値を $\tilde{H}(k)$ とすると, 等化重み係数は $w_{ORC}(k) = \tilde{H}^*(k) / |\tilde{H}(k)|^2$ となる. ORC では, 他ユーザ干渉は発生しないものの雑音強調が発生する. (2) CE[2]: チャネル利得の大きさが閾値 h_{th} 以下となったサブキャリア成分を等化から除外する. h_{th} を大きくするにつれて雑音強調を抑圧できるが, 他ユーザ干渉が大きくなる. このため, 平均受信 E_b/N_0 毎に最適な閾値が存在することになる. (3) MMSE[1,3]: 送信データシンボルと受信データシンボルとの誤差を最小とする等化重みを用いる. 等化重み係数は $w_{MMSE}(k) = \tilde{H}^*(k) / (N_{mux} |\tilde{H}(k)|^2 + \sigma^2)$ となる. ただし, N_{mux} はユーザ多重数, σ^2 は1サブキャリアあたりの雑音電力である. (4) TD [4]: チャネル利得の大きさがある閾値以下となった場合, その閾値をチャネル利得とみなして周波数等化する. CEと同様, 平均受信 E_b/N_0 毎に最適な閾値が存在する.

3. 計算機シミュレーション結果

シミュレーション諸元を表1に示す. 伝搬路は遅延時間差が $\tau = 0.61\mu\text{sec}$ の2パスレイリーフェージングを仮定した. また, パイロットシンボル数 $N_p=4$, データシンボル数 $N_d=60$ とし, パイロットシンボル電力対1ユーザ当たりのデータシンボル電力比を $Q=256$ とした. DS-CDMA では理想Rake受信を仮定した. TDおよびCEでは常に最適閾値を用いるものとし, MMSEではユーザ数 N_{mux} が既知であり, かつ理想チャネル推定時には雑音電力推定が理想的であるとした. 理想チャネル推定時にはMMSEが最良の誤り率特性を得ることができるが, TDとの特性差はわずかであった. パイロットシンボルを用いたチャネル推定時の平均受信 E_b/N_0 対BER特性を図1に示す. 低速フェージング時 ($f_D T_{slot} = 0.0064$) と高速フェージング時 ($f_D T_{slot} = 0.032$) のいずれとも, TDの特性がMMSEよりもわずかに優れている. 誤り率 10^{-3} を得るためのTDの所要 E_b/N_0 はMMSEよりおよそ 0.6dB ほど少なくよい. フェージングが速い場合には誤りフロアが見られるが, これは伝達関数が時間とともに変化するためである.

4. まとめ

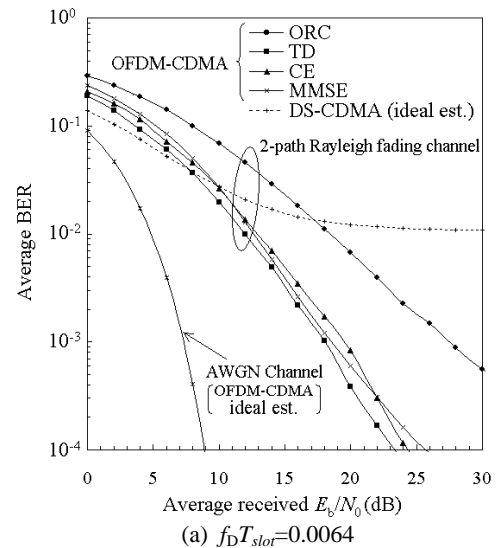
ORC, CE, MMSEおよびTD周波数等化を用いるときの, 周波数選択性フェージング環境下におけるOFDM-CDMA下りリンクの誤り率特性を計算機シミュレーションにより求めた. その結果, パイロットシンボルを用いてチャネル推定を行ったとき, TDの誤り率特性がMMSEよりもわずかに優れることが分かった.

参考文献

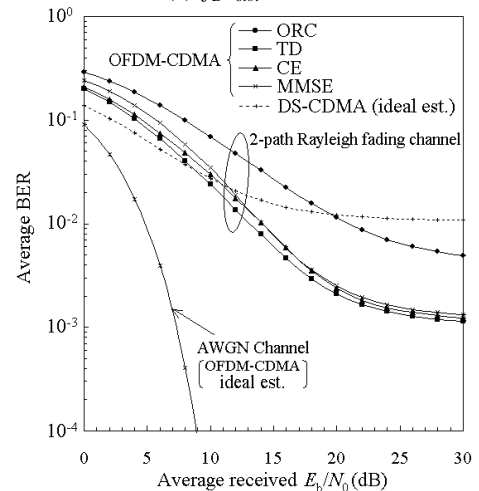
- [1] S. Hara and R. Prasad, IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. 48, pp. 1584-1595, Sept. 1999. [2] S. Hara and R. Prasad, IEEE Commun. Mag., pp.126-144, Dec. 1997. [3] A. Chouly, A. Brajal, and S. Jourdan, in Proc. IEEE GLOBECOM'93, Nov. 1993, pp. 1723-1728. [4] 佐尾, 安達, 第447回東北大学伝送工学研究会, Dec. 2001.

表1 シミュレーション諸元

帯域幅		8192kHz
データ変調		QPSK
拡散符号		SF=256の直交符号 12段長周期PN符号
OFDM-CDMA	サブキャリア数 K	256
	シンボル長 T	35.16 μsec .
	有効シンボル長 T_s	31.25 μsec .
	ガードインターバル T_g	$T_c/8=3.91\mu\text{sec}$.
データレート		56.89kbps
DS-CDMA	送信シンボル長 T_s	31.25 μsec .
	チップ長 T_c	$T_s/256=0.122\mu\text{sec}$.
	データレート	64kbps



(a) $f_D T_{slot} = 0.0064$



(b) $f_D T_{slot} = 0.032$

図1 平均受信 E_b/N_0 対 BER 特性