

DS-CDMA における符号多重パイロットを用いる周波数領域チャンネル推定 Code-multiplexed Pilot Assisted Frequency-domain Channel Estimation for DS-CDMA

高岡 辰輔
Shinsuke Takaoka

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

コヒーレント Rake 受信を行うためには高精度のチャンネル推定が必要とされる。筆者らは、高速フェージング環境下におけるチャンネル推定の追従性向上を目的として、符号多重パイロットを用いる周波数領域チャンネル推定を検討している[1]。本稿では、パイロット電力比(=パイロット電力/全信号電力)とビット誤り率(BER)との関係を明らかにし、符号多重パイロットと時間多重パイロットを用いたときの BER 特性を比較している。

2. チャンネル推定法

2.1 符号多重パイロットを用いる周波数領域チャンネル推定[1]

図 1 に受信機のブロック図を示す。チャンネル推定器では、まず符号多重パイロットチャンネルを逆拡散し、連続する 512 シンボル分の瞬時チャンネル利得推定値を求める。次に、瞬時チャンネル利得にハニング窓関数を乗算した後、512 ポイント FFT を適用し周波数成分を得る。フェージングチャンネル利得が低次の周波数成分しか持たないことを利用して、高次周波数領域の成分をゼロで置き換える。このようにして雑音低減した後に IFFT を適用し、ハニング窓関数の逆数を乗算することによって時間領域のチャンネル推定値を得る。そして、512 個のチャンネル推定値から中央部の 256 個のチャンネル推定値のみを切り出し、同期検波と Rake 合成を行う。

2.2 符号(時間)多重パイロットを用いる平均化チャンネル推定

時間多重パイロットの場合は、64 シンボルを 1 フレームとし、フレームの先頭と後方に $N_{time}/2$ パイロットシンボルを挿入する。そして、フレーム内の $N_{time}(=2 \times N_{time}/2)$ パイロットシンボルを平均化することにより、チャンネル推定を行う。符号多重パイロットの場合は、符号多重パイロットチャンネルに対する逆拡散から得られた瞬時チャンネル利得を 64 シンボル時間平均することにより、チャンネル推定値を得る。

3. 計算機シミュレーション

表 1 にシミュレーション条件を示す。図 2 は、拡散率 SF をパラメータとしてプロットしたパイロット電力比対平均 BER 特性である。パイロット電力比を大きくするにつれ、チャンネル推定精度が向上するため BER が減少する。しかし、過剰にパイロット電力比を大きくすると、パイロット挿入による電力損が大きくなるために BER が増加する。従って、最適なパイロット電力比が存在する。図 2 より、最適パイロット電力比は約 10~15% であることが分かる。図 3 は、パイロット電力比=12.5%を用いるときの周波数領域チャンネル推定と平均化チャンネル推定(符号多重および時間多重パイロット)を用いるときの正規化最大ドップラー周波数 $f_d T$ 対 BER 特性である。図 3 より、平均化チャンネル推定を用いるときは、符号多重および時間多重パイロットにかかわらずほぼ同じ BER 特性を示すことが分かる。また、平均化チャンネル推定では $f_d T$ が大きくなるに従いフェージングに追従できなくなるため、BER は急激に増加する。しかし、周波数領域チャンネル推定は、チャンネル利得変動の周波数成分を歪ませることなく周波数領域で効果的に雑音を低減できるため、高速フェージングにおいても低い BER が得られることが分かる。

4. まとめ

周波数領域チャンネル推定は高速フェージングチャンネルに対する優れた追従性能を有し、平均化チャンネル推定より優れた BER 特性を得ることができると示した。

参考文献

[1]高岡, 安達, 信学技報 RCS, 2004年1月.

表 1 シミュレーション条件

Transmitter	Spreading factor	SF=4,8,16 and 64
	Data modulation	QPSK
	Orthogonal code	Walsh code
	Scramble code	Long PN sequence
Channel model	Rayleigh fading with 2-path uniform power delay profile	
	Diversity	2-finger rake
Receiver	No. of FFT(IFFT) points	512

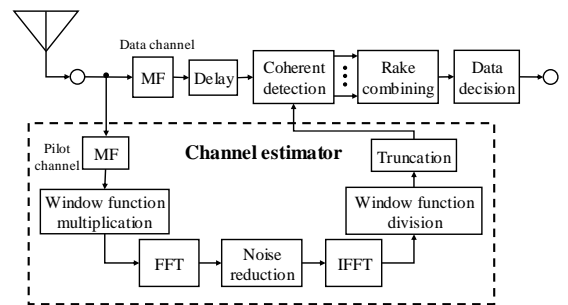


図 1 受信機のブロック図

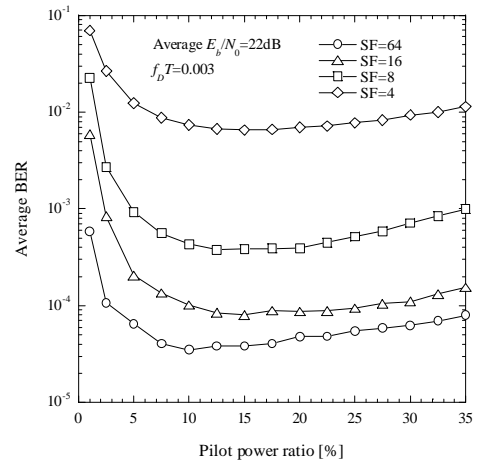


図 2 パイロット電力比対 BER 特性($f_d T=0.003$)

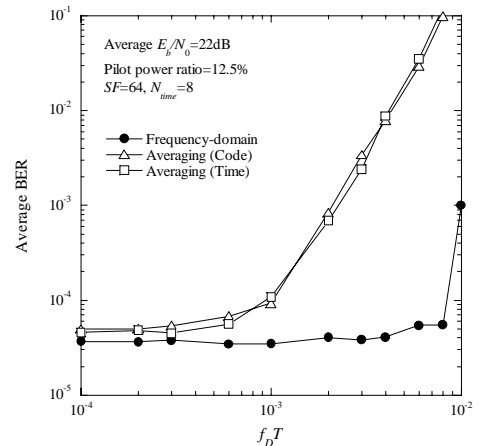


図 3 $f_d T$ 対 BER 特性(SF=64)