

# 周波数領域等化を用いるシングルキャリア伝送のダイバーシチ受信時の誤り率特性について

On Frequency-domain Equalization for Single-carrier Transmission with Antenna Diversity Reception

武田和晃<sup>†</sup> 板垣竹識<sup>‡</sup> 木村良平<sup>‡</sup> 安達文幸<sup>‡</sup>  
 Kazuaki Takeda Takeshi Itagaki Ryohei Kimura Fumiyuki Adachi

<sup>†</sup> 東北大学工学部通信工学科 <sup>‡</sup> 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

ブロードバンド移動通信では、無線チャネルは周波数選択性が強くなり、符号間干渉により伝送特性が大幅に劣化してしまう。そこで、最近では、多数の狭帯域サブキャリアを同時に用いて並列伝送する OFDM や MC-CDMA が注目されるようになった[1]。しかし OFDM/MC-CDMA は送信信号のピーク対平均信号電力比 (PAR) が大きく、線形電力増幅器の負担が増加してしまう。本論文では、最近注目され始めたシングルキャリア伝送の周波数領域等化技術[2]に着目し、周波数選択性フェージング環境下での誤り率特性に対する改善効果について検討している。

## 2. 周波数領域等化

BPSK 変調後に送信されたシングルキャリア信号は、周波数選択性フェージングチャネルによる周波数ひずみを受けて受信される。図1に周波数領域等化を用いる受信機の構成を示す。高速フーリエ変換 (FFT) を用いて、受信信号を時間領域から周波数領域に変換し、次式で与えられる最小平均 2 乗誤差 (MMSE) 重みを用いる 1 タップ周波数等化を行う。

$$w_{m,n} = H_m^*(n) / \left( \sum_{m=0}^{M-1} |H_m(n)|^2 + (E_s/N_0)^{-1} \right) \quad (1)$$

ここで、 $M$  は受信アンテナ数、 $H_m(n)$  は受信アンテナ  $m$  における第  $n$  周波数点 ( $n=0 \sim N_c-1$ ) のチャネル利得、 $N_c$  は FFT のサンプル数 (すなわち周波数等化するデータシンボル数)、 $E_s/N_0$  は 1 データシンボルあたりの平均 SNR である。全てのアンテナにおける 1 タップ周波数等化出力を合成後に逆 FFT (IFFT) を行って、時間領域の受信シンボル系列に変換してデータ復調する。

## 3. 計算機シミュレーション結果

FFT および IFFT に用いる周波数等化では、OFDM と同様に  $N_c$  個のデータシンボルからなる系列に  $N_g$  個のガードサンプルを挿入する。計算機シミュレーションでは  $N_c=256$  および  $N_g=32$  としている。フェージングチャネルは、一様電力遅延プロファイルを有する周波数選択性レイリーフェージングチャネルで、 $L$  個の独立なパスから構成されているものとする。受信機のタイミング再生とチャネル推定は理想的に行われると仮定した。図2に計算機シミュレーションで得られた平均誤り率 (BER) 特性を示す。また、比較のため、時間領域の最尤系列推定 (MLSE) 等化器を用いたときの平均 BER 特性も示した。図2より、受信アンテナ数  $M$  によらず MLSE 等化器が MMSE 周波数等化より優れた BER 特性を与えるものの、 $M$  が多くなるにつれ両者の差は少なくなる。 $M=4$  ではほとんど同じ BER 特性

が得られる。

## 4. むすび

MLSE 等化器の複雑度はパス数  $L$  が大きくなるにつれ指数関数的に増加するが、MMSE 周波数等化はパス数には依存しない。計算機シミュレーション結果より、受信アンテナの数を増やすと周波数等化の特性が MLSE の特性に近づくことが分かった。したがって、周波数選択性の強いブロードバンド移動通信チャネルでは MMSE 周波数等化が実用的であるといえよう。

## 5. 参考文献

- [1] Hara, S. and Prasad, R.: IEEE Commun. Mag., Dec. 1997, Vol. 35, pp.126-144.
- [2] Falconer, D. et al.: IEEE Commun. Mag., April 2002, Vol. 40, pp.58-66.

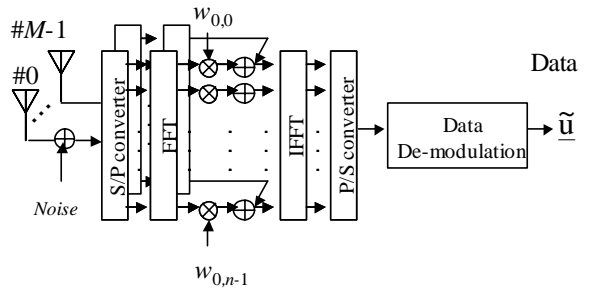


図1 受信機の構成

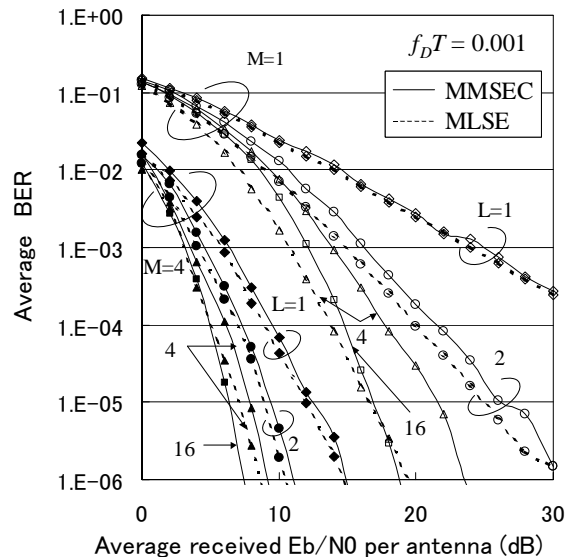


図2 平均 BER 特性