

繰り返しチャンネル推定を用いる OFDM 受信の特性

Performance of OFDM Signal Reception with Iterative Channel Estimation

高岡 辰輔
Shinsuke Takaoka

安達 文幸
Fumiya Adachi

東北大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. はじめに

OFDM 信号の同期検波ではサブキャリア毎にチャンネル推定が必要である。パイロットシンボルと判定帰還データを用いた繰り返しチャンネル推定[1-3]が検討されている。本稿では、パイロットサブキャリアを周波数多重する場合について、周波数選択性フェージング環境下での OFDM 信号の平均ビット誤り率 (BER) 特性を明らかにし、パイロットサブキャリア挿入間隔やパイロット効率 (データシンボル数/(パイロット+データシンボル数))について検討している。

2. 繰り返しチャンネル推定

図1に受信系の構成を示す。 N_c 個のサブキャリアを用いる OFDM 信号伝送を考える。 N_{ave} 個のサブキャリアからなるパイロット群を周波数軸上に周期的に K サブキャリア毎に挿入する(周波数多重)。第 m 時点の第 n サブキャリアにおけるデータシンボルの復調を考える。受信信号標本を $r(m,n)$ とし、第 $p-1$ 回目の繰り返しチャンネル推定後の仮判定値を $\hat{d}^{(p-1)}(m,n)$ とする。これを帰還することによって第 p 回目の繰り返しチャンネル推定を行い、得られたチャンネル推定値を $\hat{\xi}^{(p)}(m,n)$ とする。初回のチャンネル推定 ($p=1$) では、まず N_{ave} 個のパイロットサブキャリアを平均してパイロット群の中心周波数点のチャンネル利得を求め、次に2つのパイロット群に挟まれるサブキャリアに対しては内挿、それ以外は外挿によってチャンネル推定値を求めている。 $p>1$ では、逆変調により得られた瞬時チャンネル利得を周波数方向に前後 N_f 個平均し、チャンネル利得を求める。すなわち、第 m 時点の第 n サブキャリアにおけるチャンネル推定は以下のように行われる。

$$\hat{\xi}^{(p)}(m,n) = \begin{cases} \frac{1}{n+N_f+1} \sum_{i=0}^{n+N_f} r(m,i) \hat{d}^{(p-1)*}(m,i) \cdots n < N_f \\ \frac{1}{2N_f+1} \sum_{i=n-N_f}^{n+N_f} r(m,i) \hat{d}^{(p-1)*}(m,i) \cdots N_f \leq n < N_c - N_f \\ \frac{1}{N_c+N_f-n} \sum_{i=n-N_f}^{N_c-1} r(m,i) \hat{d}^{(p-1)*}(m,i) \cdots n \geq N_c - N_f \end{cases}$$

上式を繰り返すことにより繰り返しチャンネル推定を行う。

3. 計算機シミュレーション結果

表1にシミュレーション条件を示す。図2は、パイロット効率 $R=4/5$ である時のパイロット挿入間隔 K に対する平均 BER 特性を示す。各遅延スプレッド τ_{rms} に対して BER を最小とするように N_f を選んだ ($\tau_{rms}/T_s=0.0039, 0.0117$ および 0.0195 (T_s :有効シンボル長)の時、それぞれ $N_f=16, 6$ および 3)。初回を含めて4回の繰り返しチャンネル推定で BER の改善が飽和するので、シミュレーションでは $p=4$ を用いた。比較のため繰り返しチャンネル推定なしの特性も示してある。図2より、BER を最小とするパイロット挿入間隔は $K=5$ となることが分かる(すなわち、孤立パイロットの周期挿入)。これは、周波数方向でのチャンネル利得の変化にチャンネル推定がもっとも良く追従できるからである。図3は、パイロット効率 R をパラメータとして表した平均 BER 特性である。繰り返しチャンネル推定ありで $R=9/10$ の特性は、繰り返しチャンネル推定なしで $R=5/6$ の BER 特性より優れている。従って、繰り返しチャンネル推定を用いることにより、同じ BER 特性を得るためのパイロットサブキャリア数を低減できることになる。

4. まとめ

OFDM 信号受信に繰り返しチャンネル推定を適用することによって、平均 BER 特性を改善できるが繰り返し推定回数はほぼ4回で十分であり、この時孤立パイロット周期挿入とすれば BER を最小にできることが分かった。更に、繰り返しチャンネル推定する事により、パイロットサブキャリア数を低減できることが分かった。

参考文献

- [1]M.C.Valenti, et al. IEEE Commun, vol. 19, no.9, pp1697-1705. [2]佐野他, 信学総大, SB-3-1, 2001年9月. [3]新他, 信学技報, RCS2000-186,2001年1月.

表1:シミュレーション条件

サブキャリア数 N_c	256
変調方式	QPSK
ガードインターバル長	有効シンボル長 T_s の $1/8$
伝搬路モデル	等電力2パスレイリー

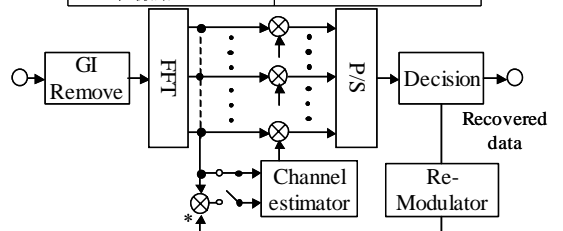


図1 受信系の構成

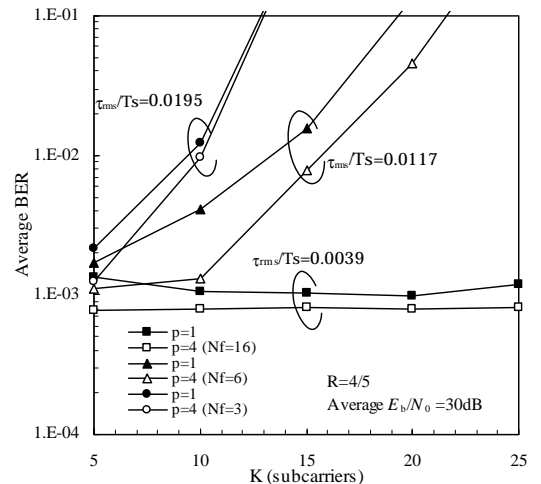


図2 パイロット挿入間隔 K 対 BER 特性

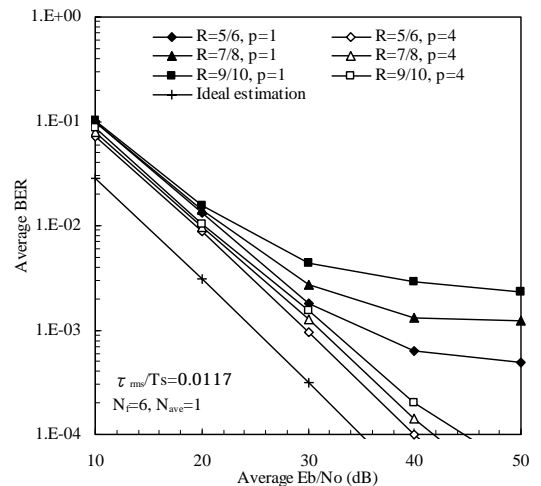


図3 E_b/N_0 対 BER 特性