

TFI-OFDMにおける直接判定と線形予測に基づいた高速フェージング補正 Decision Direct and Linear Prediction based Fast Fading Compensation for TFI-OFDM

夜船 誠致 安 昌俊 神尾 武司 藤坂 尚登 生岩 量久
Masanori Yofune Chang-Jun Ahn Takeshi Kamio Hisato Fujisaka Kazuhisa Haeiwa

広島市立大学
Hiroshima City University

1 まえがき

本論文では、TFI-OFDM[1]における時変フェージング環境下での運用に必要なとなるシンボル毎の伝送路特性の高精度な推定を可能とする直接判定と線形予測を用いたフェージング補正法を提案する。

2 提案方法

図1に、提案する直接判定と線形予測を用いた送受信機の構成を示す。TFI-OFDMシステムでは、1つのパイロットシンボルを用いてチャネル推定を行う。具体的には、受信パイロットシンボルに対して逆高速フーリエ変換 (IFFT) を行うことで得られた時間領域における2つの同じインパルス応答を平均化し、高速フーリエ変換 (FFT) を行うことで、チャネル周波数応答 $h(k)$ を推定できる。このチャネル周波数応答を用いて、以下の式のようにフェージング補正を行い、補正後のデータ $\hat{Y}(k, i)$ に対して、P/S変換、復号化を行うことで受信データ $R(k, i)$ が得られる。

$$\hat{Y}(k, i) = \frac{Y(k, i)}{h(k)} \quad (1)$$

ただし、 $Y(k, i)$ は、受信した k 番目のサブキャリアの i 番目のデータシンボルとする。しかし、移動局が高速に移動する環境下では、ドップラーシフトによりチャネルが時間的に変動する。特に、送信パケットが長い場合、パイロットシンボルで推定したチャネル周波数応答 $h(k)$ とパケット内の後方のチャネル周波数応答の差が大きくなるため、誤りが生じる。

この問題を改善するために、提案方法では、まず、フェージングの変動が大きくなるデータシンボル $Y(k, s)$ を決定する。次に、復号化されたビットを利用して再び変調を行い、レプリカ信号 $R(k, s-1)$ 、 $R(k, s)$ 、 $R(k, s+1)$ を生成する。生成されたレプリカ信号に対して $h(k)$ を掛け、それぞれ $Y(k, s-1)$ 、 $Y(k, s)$ 、 $Y(k, s+1)$ を割ることにより、 $s-1$ 、 s 、 $s+1$ 番目のシンボルのフェージングの変動量 $\Delta h(k, s-1)$ 、 $\Delta h(k, s)$ 、 $\Delta h(k, s+1)$ が推定できる。そして、 $\Delta h(k, s-1)$ 、 $\Delta h(k, s)$ 、 $\Delta h(k, s+1)$ に $h(k)$ を掛けることで、 $s-1$ 、 s 、 $s+1$ 番目のフェージングの推定値 $\hat{h}(k, s-1)$ 、 $\hat{h}(k, s)$ 、 $\hat{h}(k, s+1)$ が得られる。各推定値には雑音の影響があるため、 $\hat{h}(k, s-1)$ 、 $\hat{h}(k, s)$ 、 $\hat{h}(k, s+1)$ を平均化することで、雑音の影響を低減させた $\hat{h}(k, s)$ を得ることができる。また、急激な変動による推定性能の劣化を防ぐために、以下の演算を行い、異常値を取り除く。

$$\hat{h}(k, s) = \begin{cases} \hat{h}(k, s) & \text{for } \frac{|\hat{h}(k, s)|^2}{|\hat{h}(k)|^2} \geq |\delta|^2 \\ h(k) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

ただし、 δ は閾値で、 $|\delta|^2$ 未満であれば、フェージングの変動がかなり大きいことを意味する。 s 番目のシンボル以降は、 s シンボル間隔でチャネルの推定値を更新する。

ここで、1回目の再補正值で求めた $\hat{h}(k, s)$ から、以下の式のように線形予測法を用いることにより、次の再補正值

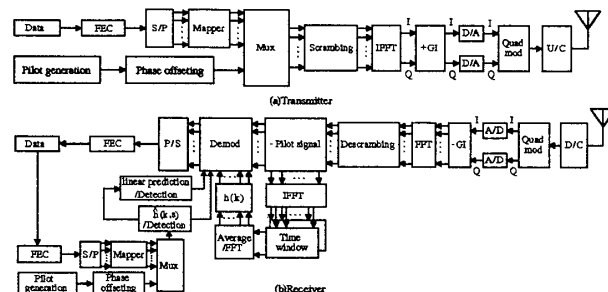


Fig. 1 A block diagram of proposed OFDM system.

$\hat{h}(k, 2s)$ を予測する。

$$\hat{h}(k, 2s) = 2\hat{h}(k, s) - h(k) \quad (3)$$

以降のシンボルも、同様に、前の補正值を用いて線形予測を行えば、レプリカ信号を用いたフェージングの推定処理を1度行うだけで済み、計算量を減らすことが出来る。

3 シミュレーション結果

シミュレーションは、15パスレイリーフェージングを想定し、サブキャリア数64、GI長16、畳み込み符号 ($R=1/2$ 、 $K=7$)、QPSK変調、パイロットシンボル数1、データシンボル数20のOFDMを想定し、評価した。チャネルの更新は、7シンボル間隔 ($s=7$)、閾値 $\delta=0.5$ とした。図2は、10Hzと300Hzのドップラー周波数における従来システムと提案システムのBER特性を示す。シミュレーション結果から、300Hzのドップラー周波数において、 E_b/N_0 が大きいとき、提案した直接判定の補正方法と直接判定と線形予測を用いた補正方法は、従来の方より優れたBER特性を持つことが示された。

参考文献

[1] C. Ahn, IEICE Trans, Fundamentals, vol. E90-A, no. 11, pp.2641-2645, 2007

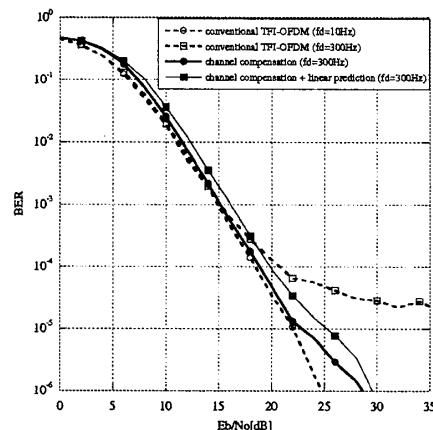


Fig. 2 BER vs. E_b/N_0 .