

適応ガードインターバル制御を用いた OFDM 通信方式に関する検討

稲掛 雄哉 (指導教員: 小林 英雄 森 香津夫 内藤 克浩)

三重大学 工学部 電気電子工学科

1. まえがき

OFDM 通信方式では、伝送路で発生する遅延波の最大遅延時間を考慮したガードインターバル(GI)長を設定することによりマルチパスフェージングによるシンボル間干渉(ISI)を補償し、優れたビット誤り率(BER)特性を得ることができる。しかしながら、GI は冗長信号であるため、不必要な長さのGI は伝送効率の劣化につながり問題となっている。

本稿では、伝送路の最大遅延時間を想定した GI 長を有するプリアンブルシンボル(LP)を利用して、遅延波のインパルス応答を定期的に推定し、データシンボルの GI 長を伝送路環境に応じて適応的に制御することで伝送効率を改善する方式を提案する。

2. 提案方式

提案方式では、図 1 に示すように一定周期ごとに挿入される十分な長さのGIを有するプリアンブル(LP)を用いて伝送路で発生する遅延波数を推定し、これを用いてデータシンボルのGI長を適応的に設定する。図 1 で、LPは十分なGI長を有するロングプリアンブル、SPは提案方式により設定されたGIを有するショートプリアンブルを示し、これを用いてフレーム単位で伝送路特性を推定する。

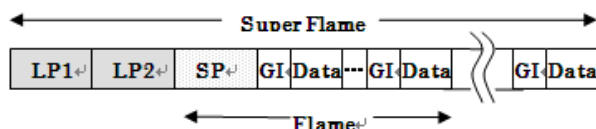


図1 提案方式のフレーム構成

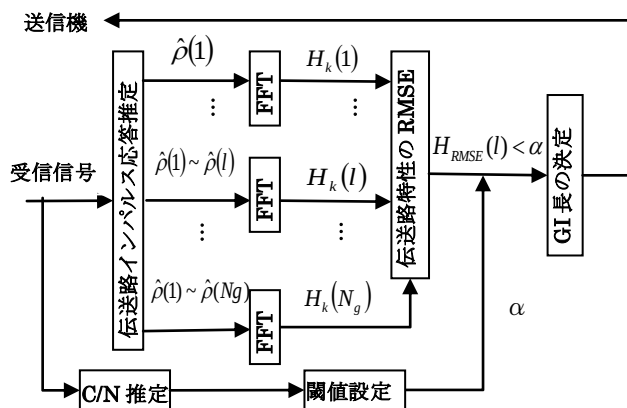


図2 提案方式のシステム構成

図2に提案方式のシステム構成を示す。提案方式では、遅延波の時間軸インパルス応答 Z を、次式の最尤推定方程式を用いて推定する[1]。

$$L_{ML}(Z) = \arg \min \left(\sum_{k=0}^{N-1} \|a(k) - \hat{a}(k)\|^2 \right) \quad (1)$$

$$Z = (\hat{\rho}(1), \dots, \hat{\rho}(l), \dots, \hat{\rho}(N_g))$$

ここで、 $a(k)$ および $\hat{a}(k)$ は送信および受信LPの時間軸信号、 N はサブキャリア数、 N_g はLPのGI長を表す。

次に求めたインパルス応答を $\hat{\rho}(1) \sim \hat{\rho}(l)$ までFFTすることにより、遅延波を l 波目まで考慮した伝送路特性 $H_k(l)$ を得る。全てのインパルス応答を考慮した伝送路特性 $H_k(N_g)$ を理想特性として、 l 波目までを考慮した伝送路特性との平均二乗誤差 $H_{RMSE}(l)$ を求め、各C/Nごとに設定された閾値 $\alpha(C/N)$

を用いて次式に従い有効遅延波数を決定する。

$$H_{RMSE}(l) < \alpha(C/N) \quad (l=1 \sim N_g) \quad (2)$$

ただし、式(2)を満足する l の最小値を有効遅延波数とする。

以上の操作を図1に示すスーパーフレームごとに行い、得られた l をデータシンボルのGI長として送信側に通報する。これにより、伝送路環境に応じた最適なGI長を決定することができる。

3. 計算機シミュレーション

提案方式の有効性を計算機シミュレーションにより検証する。変調方式は16QAM、サブキャリア数とFFTポイント数は128、マルチパスフェージングは指数関数型の遅延プロファイルを想定し、遅延波数は10~40の範囲でランダムに与えた。図3に、入力した遅延波数と提案方式で推定した遅延波数を示す。図より、提案方式は与えた遅延波数が30以上の場合には、推定精度が劣化していることが分かる。しかしながら、遅延時間の大きな遅延波がBER特性に与える影響が小さいということを考慮すれば、提案方式により決定したGI長によるBER特性の劣化は小さいことが期待される。図4にGI長を適応的に変化させる提案方式と、GI長を最大遅延波数40に固定したISIが発生しない場合のBER特性を示す。図4より、提案方式は、GI長を40とした場合の理想的なBER特性とほぼ同等の特性が得られていることが分かる。

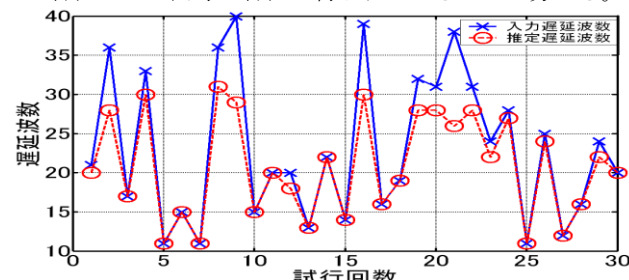


図3 入力遅延波数と推定遅延波数の比較

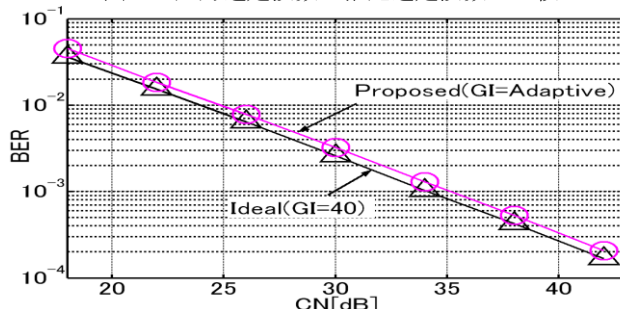


図4 提案方式のBER特性

一方、従来方式であるGI長を40に固定した場合と比較すると、提案方式によりGI長を適応的に変化させた場合の伝送効率は、C/N=42[dB]において約12%改善可能であった。

4. まとめ

本稿では、伝送路環境に応じてデータシンボルのGI長を適応的に制御し伝送効率を改善する方式を提案した。シミュレーション結果より、BER特性の劣化を抑えつつ、伝送効率を改善可能であることを確認した。

参考文献

[1] 小林英雄, 森香津夫, “移動通信環境下におけるOFDM通信システム用伝送路推定方式の提案”, 電子情報通信学会論文誌 Vol.J-B No.12, pp.1249-1262, Dec.2007