

# OFDM 伝送における適応等化手法に関する一検討

## An Adaptive Equalizer for OFDM System

山崎 悟史\*<sup>1</sup>    デービッド アサノ\*<sup>2</sup>    笹森 文仁\*<sup>3</sup>    半田 志郎\*<sup>3</sup>  
 Satoshi Yamazaki    David Asano    Fumihito Sasamori    Shiro Handa

信州大学大学院 総合工学研究科\*<sup>1</sup> 工学部 情報工学科\*<sup>2</sup> 工学部 電気電子工学科\*<sup>3</sup>

Faculty of Engineering Shinshu University

### 1. はじめに

OFDM 伝送方式は、周波数利用効率が良く、周波数選択性フェージングに強い[1]。しかし、無線通信におけるマルチパス環境は、送信信号のシンボル間干渉を引き起こし、ビット誤り率を劣化させる一要因となる。伝送路の遅延スプレッドがガードインターバル(GI)内であれば、ある程度シンボル間干渉に伴うキャリア間干渉を防ぐことができるが、この場合においても基本的には遅延波によるシンボル間干渉は避けられない。そこで、伝送路で受けた歪みの補償、すなわち波形等化が必要となる。特に、一次変調が多値 QAM 方式の場合、振幅と位相の補償が必要なため、波形等化が必須となる。本稿では、OFDM 伝送における波形等化手法として、スカッタードパイロットシンボル(SP)を用いた基本的な伝送路推定法を検討する。

### 2. 提案方式

#### 2.1 システム構成

提案するシステム構成を fig.1 に示す。k 番目の OFDM シンボルにおける l 番目のキャリアに対する情報を、図のように定義する。伝送路の遅延スプレッドが GI 内の場合、

$$x(k, l) = H(k, l)d(k, l) + N(k, l) \quad (1)$$

となる。FFT により復調を行った後、送信 SP と受信信号の複素除算を行い、送信 SP に対する伝送路推定値を求める。

$$\begin{aligned} H_{sp}(k', l) &= \frac{x(k', l)}{dsp(k', l)} \\ &= H(k', l) + \frac{N(k', l)}{dsp(k', l)} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、k' は送信 SP のサブキャリア番号を示す。送信 SP は一定間隔で挿入されるため、伝送路特性も一定間隔でしか推定できない。そこで、時間方向の内挿と周波数方向の内挿を行い、送信信号に対する伝送路推定値を求める。

#### 2.2 時間方向の内挿

忘却係数  $a$  ( $0 < a < 1$ ) を用いて、過去に用いた伝送路特性と新たに得られたそれに重み付けを行い、平均化を行う[2]。ここで、 $H_{sp}(Ni, l)$  を時刻  $Ni$  における伝送路推定値とする。

$$H_{sp}(N(i+1), l) = (1-a)H_{sp}(Ni, l) + a \frac{x(N(i+1), l)}{d(N(i+1), l)} \quad (3)$$

#### 2.3 周波数方向の内挿

アップサンプリングと LPF を用いたインターポレーション処理を用いて内挿を行う[3]。処理前のサンプリング周期を  $T$  とした時、 $N_f$  倍アップサンプリング(零補間)を行うと、サンプリング周期が  $\hat{T} = T / N_f$  となる。これに対応して、サンプリング周波数が増加し、イメージング成分が現れる。これだけを LPF によって取り除くと、零信号の部分に線形的に信号が内挿される。本処理を周波数領域で行う。

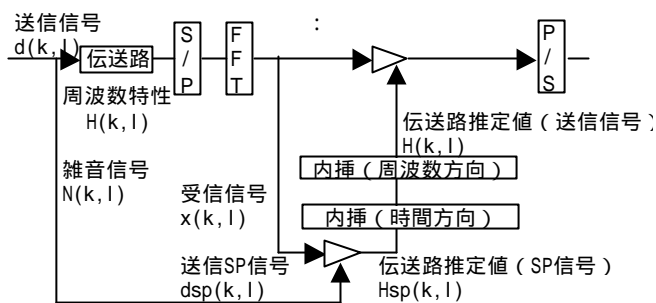


fig.1 System Model

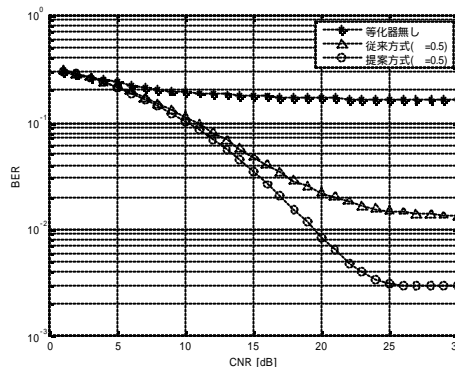


fig.2 Simulation Result

### 3. 計算機シミュレーション、今後の課題

一次変調方式 16QAM, FFT サイズ 1024, サブキャリア数 1024, SP 間隔 16, GI 長 128, DU 5dB, 反射波の遅延量 10 サンプル, 2 波レイリーフェージングが主な緒元である。符号化は施していない。従来方式は、周波数方向の内挿方法として一定間隔ごとに推定した伝送路特性により推定できなかった伝送路部分に値をコピーして補う(時間方向は提案方式と同様)。a=0.5 において従来方式と提案方式を比較した。fig.2 の結果より、提案方式の有効性を示せた。

今後の課題として、遅延スプレッドが GI を超える場合を含め更なる理論解析を行い、SP を用いたより高精度な伝送路推定、キャリア間干渉の低減手法を検討する。また、ブラインド等化器を用いた SP を用いない手法、非線形適応等化器、多次 AR モデルを用いた手法なども併せて検討する。

#### 参考文献

- [1] Hiroshi Harada, Ramjee Prasad, "simulation and software radio for mobile communication", Artech House Publishers 2000
- [2] 伊丹 他, "広帯域ワイヤレスアクセス用 OFDM チャンネル推定方式", 信学総大, pp.388,3.2000
- [3] Tomohide Miyagi, Hiroshi Ochi, "An Alias-Free Subband Adaptive Equalizer for OFDM System", Asilomar Conference, Novenver 2000