

# トレリス符号化変調と適応等化を用いた不均一誤り保護システム

学生員 山崎 悟史\* \*\*\*, 非会員 デービッド アサノ\*\*

## An Unequal Error Protection System Using Trellis Coded Modulation and an Adaptive Equalizer

Satoshi Yamazaki\* \*\*\*, Student Member, David Asano\*\*, Non-member

We proposed an unequal error protection (UEP) scheme using trellis coded modulation and an adaptive equalizer for use in mobile fading channel communication environments. We proposed a signal constellation to realize unequal error protection and showed its performance using computer simulations.

キーワード：不均一誤り保護(UEP), トレリス符号化変調, 適応等化器, フェージング通信路

Keywords: Unequal Error Protection (UEP), Trellis-Coded Modulation (TCM), Adaptive Equalizer (AE), Fading Channel

### 1. まえがき

情報通信システムにおいて、送信情報に対して全て均一な誤り訂正を施すのではなく、重要な情報により高い誤り訂正を施す不均一誤り保護(UEP)特性が要求されている。具体的には、重要度の高い情報には十分な誤り訂正を行い、重要度の低い情報には簡単な誤り訂正を行うことにより、どの情報にも均一な符号化を施した場合に比べ、システム全体として高い信頼性、性能などが期待できるからである。そこで我々は、トレリス符号化変調を用いた UEP システムを検討し、AWGN 通信路における有効性を示した<sup>(1,2)</sup>。

ところで近年、携帯電話などデジタル移動通信に対する要求が高まっている。しかし、ワイヤレス通信環境下では、マルチパスフェージングなどの影響により、送信信号が劣化するため、フェージング補償技術が必須である。また、従来の UEP システムで、フェージング通信路における評価は、文献<sup>(3)</sup>に見られる程度である。そこで、装置の小型化の実現を狙い、かつ周波数選択性フェージング補償に向く、適応等化技術に着目した。本稿では、AWGN 通信路で評価したモデル<sup>(1,2)</sup>に適応等化器を導入し、フェージング通信路環境での利用を想定したモデルを提案し、計算機シミュレーションによって、その有効性を示す。

### 2. 提案方式

提案するシステム構成を Fig.1 に示す。これは、符号器、変調器または復調器、復号器を 2 つ並列に配置させた、情報の重要度として高、低の 2 レベルを考慮したシステム構

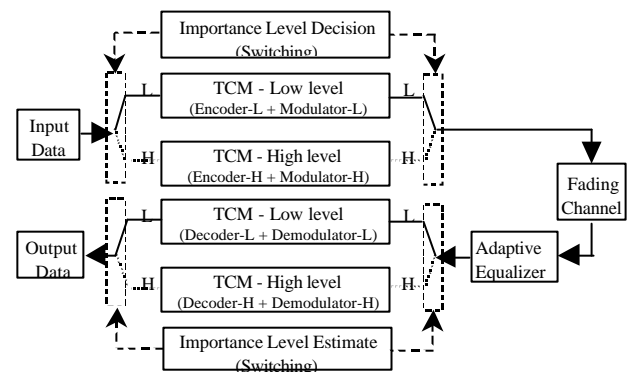


Fig.1 The proposed UEP scheme

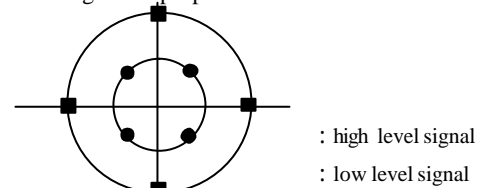


Fig.2 Signal Constellation

成である。入力情報は 0,1 のランダムなビット列であり、それらの重要度は、 $N$  ビット毎に変化するものとし、各々の重要度は、同確率で発生するものとする。従来方式同様、入力データの情報の重要度に応じて、符号器、復号器を並列に切り替えるという時間分割多重化方式を採用。しかし、提案方式では、トレリス符号化変調により符号化と変調を一体で行うことにより、システムを簡素化し、送信シンボル数及び所要帯域を抑える。また、情報に対する保護として、重要度が高い情報に対しては、できるだけ誤りから保護したいため高い符号化を施し、低い情報に対しては符号化しない。符号化、変調されたデータは、同様にスイッチにより切り替えられる。適応等化器を経た送信信号は、フェージング歪みが低減される。受信側にて送信側同様、スイッチにより切り替えられ、各々復号化、復調される。

\* 信州大学大学院 総合工学系研究科 \*\* 工学部 情報工学科  
〒380-8553 長野県 長野市若里 4-17-1

Department of Mathematics and System Development  
Shinshu University, Nagano-shi, 380-8553.

\*\*\* 東京エレクトロン株式会社 エッチングシステム BU  
〒107-6325 東京都港区赤坂 5-3-1  
Etching System BU TOKYO ELECTRON Ltd.

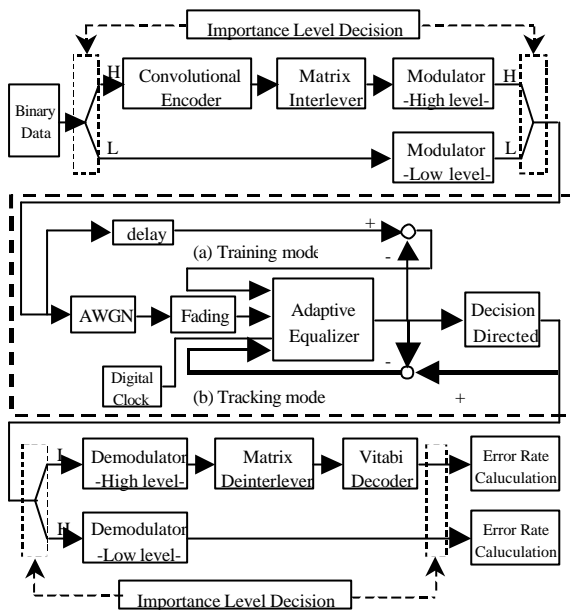


Fig.3 Simulation Model

同時に、 $N$  ビット毎にどの符号器が用いられたか推定し、然るべき復号器で処理される。この符号器推定の詳細は、文献<sup>(2)</sup>にて詳細に述べている。提案する UEP システムを評価するにあたり、用いた信号点配置を Fig.2 に示す。これはエネルギーの異なった 2 重の QPSK を配置したものであり、各 QPSK の位相を  $\pi/4$  ずらしている。信号点間距離が大きい方が、信号点を誤る確率が低くなるため、外側の信号点は重要度を高く、内側の信号点は重要度を低く割り当てる。

### 3. 計算機シミュレーション

計算機シミュレーションによって、提案方式を評価する。シミュレーションモデルを Fig.3 に示す。点線部分が、導入した適応等化器である。つまり、この部分が、AWGN 通信路で評価したモデル<sup>(1,2)</sup>からの改良点である。

適応等化器として、正規化 LMS アルゴリズムにもとづいた FIR 型線形等化器を用いる。LMS アルゴリズムは一般に収束特性が良く、FIR 型は安定性に優れているからである。また、適応等化器はトレーニングモードとトラッキングモードを有する構成とした<sup>(4)</sup>。トレーニングモードとは、受信側でトレーニング信号と呼ばれる、送信信号と同じ信号を発生している状態である ( Fig.3 における(a)に相当)。しかしこの状態では、実質的な情報伝送が行われなため、一定時間経過後、トラッキングモードに切替る。トラッキングモードとは、適応等化器の出力の符号判定値を所望信号とする状態である (Fig.3 における(b)に相当)。このような仕組みによって、適応等化器の所望信号が復元されるべき送信信号に近づき、フェージング補償対策として作用する。提案した信号点配置 ( Fig.2 ) に対して、移動体の速度をパラメータとした場合の  $E_b/N_0$  に対するビット誤り率を評価する。主なシミュレーション結果を Table1 に示す。シミュレーション結果を Fig.4 に示す。不均一誤り ( High : 記号 , Low : 記号 ) と均一誤り ( Equal : 記号無し ) のデータを

Movable body Speed	0.1km/h, 10km/h, 50km/h
Matrix Interleaver Size	1024 (32*32)
Encoding	Convolutional code (only high level)
Encoding rate	1/2 (only high level)
Constraint length	2
Channel	Rayleigh Fading Channel
Decoding	Hard-decision Viterbi decoder
Trace back length	10
Number of filter weights	11
Equalizer step size	0.01

Table 1 Simulation Parameters

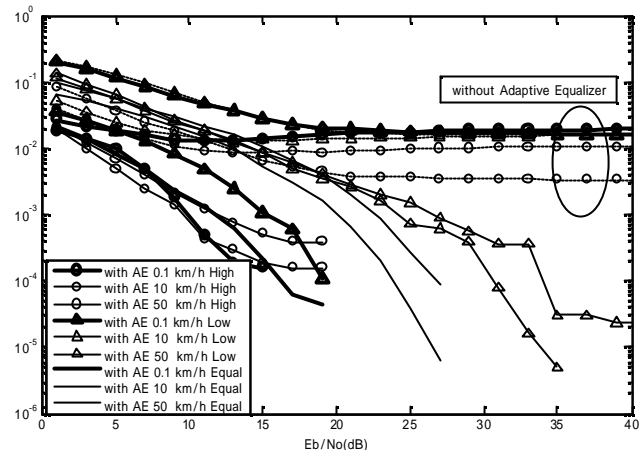


Fig.4 Simulation Result

比較し、目的とする不均一誤り保護特性を実現した。また、適応等化器の導入前 ( without Adaptive Equalizer ) は、エラーフロアが生じていたが、導入後、その回避を確認できた。

### 4. むすび

フェージング通信路における不均一誤り保護 ( UEP ) システムの実現を目的として、トレリス符号化変調と適応等化を用いた UEP システムを提案した。主な結論を以下に示す。

- (1) フェージング通信路において、提案する UEP システムを用いて、重要度に応じた誤り保護を受けることを示せた。重要度の高い部分は、均一に誤り保護した場合より、高い誤り保護を受けることを示せた。
- (2) フェージング補償対策として、適応等化器の導入を提案し、その有効性を確認した。

今後の課題は、信号点配置がビット誤り率に与える理論解析、適応等化器のパラメータ値による特性評価、他の構成を有する適応等化器の検討などである。

(平成 19 年 5 月 6 日受付, 平成 19 年 6 月 17 日再受付)

### 文 献

- (1) D. K. Asano and Ryuji Kohno, "Serial Unequal Error-Protection Codes based on Trellis-Coded Modulation", IEEE Trans. on Commun, Vol.45, pp633-636, June 1997.
- (2) D. K. Asano and Ryuji Kohno, "A TCM-based Unequal Error-Protection Scheme for intelligent Communication", ISITA '96, pp472-475, Sept.1996
- (3) N. Seshadri and C. -E. W. Sundberg, "Multilevel trellis coded modulations for the Rayleigh fading channel", IEEE Trans. Commun. , pp.1300-10, September 1993.
- (4) S.V.H.Qureshi, "Adaptive equalization", Proc.IEEE, vol.73, no.9, pp.1349-1387, 1985.