

# ターボ符号化 MIMO システムにおける軟判定値生成法

## Soft Decision Value Generation for A Turbo Coded MIMO System

中島昭範 木村良平 安達文幸  
 Akinori Nakajima Ryouhei Kimura Fumiyuki Adati

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

### 1. はじめに

限られた帯域でより高速のデータ伝送を可能とする MIMO システムが最近注目を集めている。フェージング環境下での誤り率特性を改善するにはチャンネル符号化が必要である。ターボ符号化 MIMO では、ターボ復号用に軟判定系列を生成しなければならない。本稿では、キャンセル重みを導入した並列干渉キャンセル(PIC)と最大比合成(MRC)ダイバーシチ受信を用いて軟判定系列を生成する方法を提案し、その平均ビット誤り率(BER)特性を明らかにしている。

### 2. PIC と MRC を用いる軟判定値生成法

送信アンテナ数を  $N$ 、受信アンテナ数を  $M$  とするターボ符号化  $(N, M)$ MIMO の受信機の構成を図 1 に示す。  $M$  個のアンテナで受信された信号より、  $N$  個の送信 QPSK シンボルを最尤判定(MLD)する。第  $m$  番目の受信アンテナにおける受信信号標本  $r_m$  から、送信シンボル  $s_n$  の受信成分  $r_{n,m}$  を次式の干渉キャンセル操作により抽出する。

$$r_{n,m} = r_m - \lambda \sum_{n'=0, \neq n}^{N-1} \hat{s}_{n'} \hat{\xi}_{n',m} \quad (1)$$

ここで、  $\hat{s}_{n'}$  は送信シンボル  $s_{n'}$  の MLD 硬判定シンボル、  $\hat{\xi}_{n',m}$  は第  $n'$  番目の送信アンテナと第  $m$  番目の受信アンテナ間のチャンネル推定値であり、  $\lambda$  ( $0 < \lambda \leq 1$ ) はキャンセル重みである。同様な干渉キャンセル操作を全受信アンテナで行う。次に MRC ダイバーシチ受信処理を行う。すなわち

$$d_n = \sum_{m=0}^{M-1} r_{n,m} \hat{\xi}_{n,m}^* \quad (2)$$

が送信シンボル  $s_n$  の軟判定値である。  $N$  個の送信シンボルに対して、以上のような操作を行うことで、ターボ復号用の軟判定系列を生成する。

### 3. 計算機シミュレーション

周波数効率が 4bps/Hz の  $(2, M)$ MIMO の平均 BER 特性を計算機シミュレーションで求めた。(7,5)RSC をコンポーネント符号器、S ランダムインターリーブを内部インターリーブとする符号化率 1/2 のターボ符号器を用いた。復号には Log-MAP アルゴリズムを用い、復号繰り返し数を 9 回とした。データ変調は QPSK、チャンネルインターリーブは  $50 \times 40$  ブロックインターリーブである。各送受信アンテナ間の伝搬路は独立な周波数非選択性レイリーフェージングとし、理想チャンネル推定を仮定した。図 2 にキャンセル重みの効果を示す。最適なキャンセル重みが存在することが分かる。平均 BER 特性を図 3 に示す。同図には、  $(2, M)$ MIMO と同一の周波数効率を有する 16QAM で、Alamouti の時空間符号化送信ダイバーシチ(STTD)[1]を用いる 16QAM\_STTD の平均 BER 特性を比較のためプロットした。(2,1)MIMO の BER 特

性は 16QAM\_STTD より劣化しているが、(2,2)MIMO および(2,4)MIMO では平均 BER=10<sup>-4</sup>を得るための平均  $E_b/N_0$ をそれぞれ、およそ 3dB および 5dB 低減できる。

### 4. むすび

ターボ符号化 MIMO における軟判定系列生成法を提案した。2 アンテナ送信の場合、同一周波数効率の 16QAM\_STTD より優れた BER 特性が得られることを示した。参考文献:[1] S. M. Alamouti, IEEE JAC, vol.16, No.8, Oct. 1998.

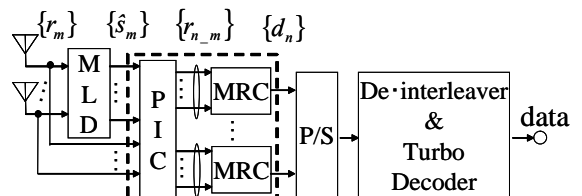


図 1 受信機の構成

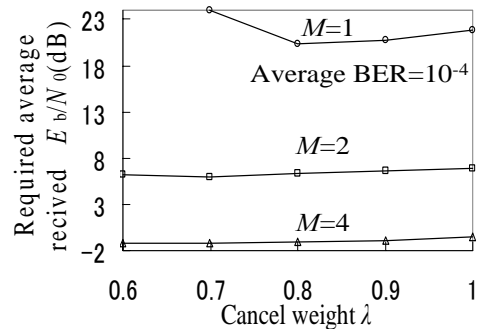


図 2 キャンセル重みの効果

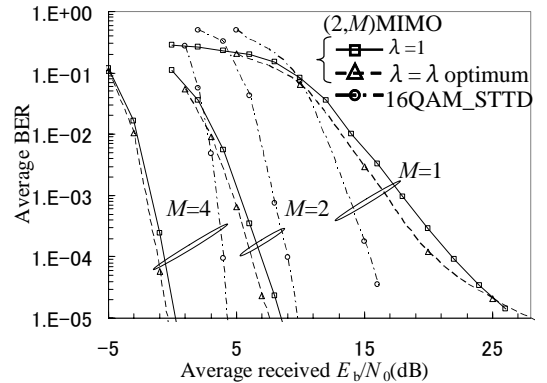


図 3 平均 BER 特性