P-13

周波数選択性通信路に於ける MIMO-MLSE 等化器に関する研究

髙橋　裕也　（指導教員：岩波　保則）
名古屋工業大学　工学部　電気電子工学科

１．まえがき

近年、無線通信において、データ伝送速度の高速化や通信路容量を向上させる方法として、送受信機のアンテナ本数を複数用いる MIMO 無線通信が注目されている。しかし、各送受信機アンテナ間のマルチパスによる符号間干渉(ISI; Inter-Symbol Interference) とアンテナ間干渉 (IAI; Inter-Antenna Interference)が大きな問題となる。そこで、本研究では、MIMO 無線通信における等化・分離器として、Viterbi Algorithm(VA) を用いた最尤系列推定 (MLSE; Maximum Likelihood Sequence Estimation)等化器を用いてビット誤り率特性の改善を行った。

２．MIMO MLSE 等化器

マルチパス通信路を通った受信信号における ISI の規則性は、トレリス線図を用い、図 1 の様に表すことができる。VA を用いることによって送信信号系列の推定を行うことができる。式(1)を用いて、時刻 t のある状態から時刻 $t+1$ のある状態へ遷移するブランチのブランチメトリック(受信信号と受信信号レプリカとの自乗距離)を求める。式(2)を用いて、時刻 $t+1$ のある状態のパスメトリックを求め、その状態に入るパスの中から最もパスメトリックが小さいものをその状態へのサバイバルパスとして残し、時刻 $t+1$ のパスメトリックとする。

$$bm_t^{S_l} = \left\| \boldsymbol{r}_t - \sum_{i=1}^{L} \boldsymbol{h}_i \hat{\boldsymbol{x}}_{t-i+1} \right\|^2 \qquad (1)$$

$$pm_{t+1}^{S_l} = pm_t^{S} + bm_t^{S_l} \qquad (2)$$

これを繰り返し行い、トレリス終端から最もパスメトリックの小さい最尤パスを選び、トレリス線図を辿ることによって送信信号系列の推定を行う。

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る MIMO MLSE 等化器の評価を行った。シミュレーション条件を表 1 に、結果を図 3 に示す。また、各送信機アンテナからは、それぞれ異なるデータ系列の送信を行っている。シミュレーション結果より、BER＝10^{-2} に於いて、MIMO 2×2 2 遅延 path は、SISO 1×1 2 遅延 path に比べ、約 2dB の等化利得を得ている。また、MISO 2×1 2 遅延 path では、受信機アンテナ 1 本で異なる 2 データ系列を同時に復調できることを確認した。

４．まとめ

本研究では、MIMO 無線通信における ISI と IAI の補償に対して、MLSE 等化器を適用することにより BER 特性の改善と伝送速度の向上を行うことができた。しかし、MIMO MLSE 等化器では、通信路の遅延パス数と送信アンテナ数の増加により、トレリス線図の状態数が指数関数的に増大するので、今後状態数を減少させる方法の検討などが必要と考えられる。

参考文献

[1] S. Nakanobu ,Y. Iwanami ,E. Okamoto., “A study on time domain sequential equalizer with MLD and MLSE equalizer on MIMO frequency selective channels”, *WPMC2009*, 5 pages, 7-10, Sept, 2009.

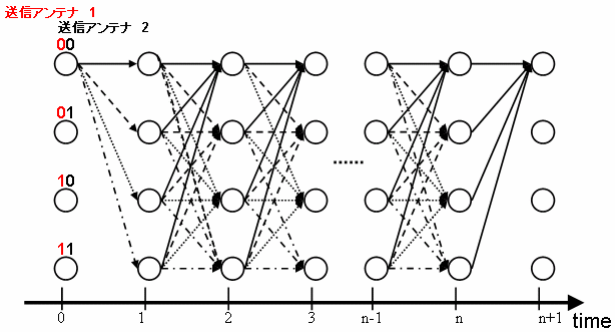

図 1　2×2 MIMO-BPSK　2 遅延パス通信路におけるトレリス線図

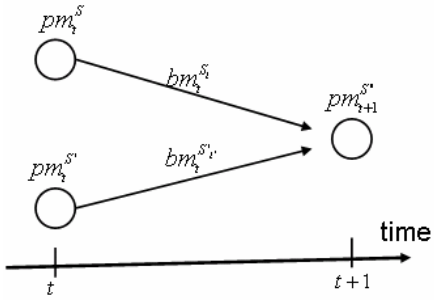

図 2　Viterbi Algorithm の簡略図

表 1　シミュレーション条件

アンテナ数	1×1、 1×2、 2×1、2×2
1 パケット	2000 ビット
変調方式	BPSK 変調方式
等化方式	MIMO MLSE 等化・信号分離
通信路	準静的等電力 2 パスレイリーフェージング通信路
チャネル推定	既知

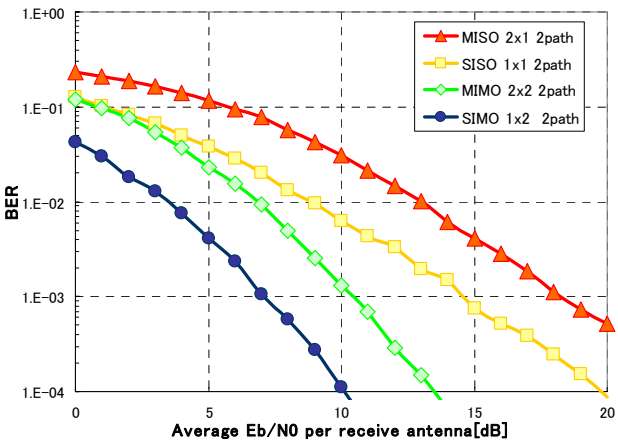

図 3　MIMO MLSE 等化器の BER 特性