

MC-CDMA における適応アンテナアレイの収束特性 Convergence Property of Adaptive Antenna Array for MC-CDMA

中村 理 井上高道 工藤栄亮 安達文幸

Osamu Nakamura Takamichi Inoue Eisuke Kudoh Fumiyuki Adachi

東北大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. まえがき

次世代の移動無線通信では、高速かつ高品質な伝送が要求されている。伝送速度を高速化すると、伝搬路の遅延時間差を無視できなくなり周波数選択性フェージングチャネルとなる。最近、周波数選択性フェージング下において良好な伝送特性が得られる MC-CDMA が注目されている。しかし、上リリンクではマルチアクセス干渉(MAI)によって著しく伝送特性が劣化してしまう。そこで、MAI を抑圧する技術の 1 つとして適応アンテナアレイがある。本論文では、正規化 LMS アルゴリズム[1]を用いた MC-CDMA 適応アンテナアレイの更新法を提案し、1FFT ブロック内で収束可能であることを計算機シミュレーションによって示している。

2. サブキャリア数回の重み更新を行う適応アレイ

MC-CDMA 適応アンテナアレイの受信系を図 1 に示す。適応アンテナアレイの複素重みベクトル $\mathbf{w} = (w_0 \ w_1 \ \dots \ w_{M-1})^T$ (M はアンテナ本数)を正規化 LMS を用いて逐次更新する。MC-CDMA 適応アンテナアレイでは、すべてのサブキャリアに対して同じ指向性を形成すれば良いため、FFT 処理前にアンテナ重みを乗算する方法もある[2]。しかし、FFT 処理後にアンテナ重みを乗算すれば、第 k サブキャリアによって重み更新した後、第 $k+1$ サブキャリアによってさらに更新することができる。つまり、サブキャリア数が N_c の場合、1FFT ブロックあたり N_c 回の更新が可能となる。更新式を次式に示す。

$$\mathbf{w}_n = \mathbf{w}_{n-1} + 2\mu E(k) \frac{\mathbf{X}(k)^*}{\|\mathbf{X}(k)\|^2} \quad (1)$$

ここで、 $k = n \bmod N_c$ 、 μ はステップサイズ、 k はサブキャリア番号、 $\mathbf{X}(k) = (X_0(k) \ X_1(k) \ \dots \ X_{M-1}(k))^T$ はアレイ入力ベクトルである。 $E(k)$ は、参照信号 $Z(k)$ とアレイ出力 $Y(k) = \mathbf{w}^T \mathbf{X}(k)$ を用いて、 $E(k) = Z(k) - Y(k)$ と与えられる誤差信号である。

3. 計算機シミュレーション

$N_c = 256$ とし、ガードインターバル長を 32 サンプル、拡散率 $SF = 8$ とした。送信機では、データを QPSK 変調し送信する。伝搬路モデルを図 2 に示す。希望波及び干渉波のチャネルは遅延時間差 1 サンプルの 2 パスで構成されているものとする。希望波の中心到来角 $\bar{\phi}_s = 90^\circ$ とし、各パスを構成する素波の到来角の広がりを $\Delta = 2^\circ$ 、各パスの中心到来角は、 $\bar{\phi}_s$ を中心に $\pm \delta\phi$ の範囲にランダムに分布するものとした。また、干渉波の中心到来角 $\bar{\phi}_i$ は 360° の範囲にランダムに分布するものとし、各パスの到来角は $\bar{\phi}_i$ を中心に $\pm \delta\phi$ の範囲にランダムに分布するものとしている[3]。また、正規化最大ドップラー周波数を $f_D T_s = 0.001$ としている。ここで T_s は MC-CDMA シンボル長である。参照信号 $Z(k)$ を $Z(k) = \sqrt{2S/SF} H(k)P(k)$ とした。ここで S は平均電力、 $H(k)$ はチャネル利得、 $P(k)$ はパイロットシンボルである。

2 ユーザ、 $M = 2$ の時の収束特性を図 3 に示す。ただし、平均受信 E_b/N_0 は 20dB、平均信号電力対干渉電力比(SIR)は 0dB である。横軸は更新回数、縦軸はサブキャリア当りの平均受信信号電力で正規化した平均二乗誤差(MSE)である。 $\delta\phi$ に

かかわらず、1FFT ブロック以内(つまり 256 更新以内)で収束しており、十分速い収束特性が得られている。

4. まとめ

本論文では、正規化 LMS を用いる MC-CDMA 適応アンテナアレイの重み更新法を提案し、収束特性を計算機シミュレーションにより求めた。1FFT ブロックあたり N_c 回の更新が可能であるため、高速収束を実現できることを示した。

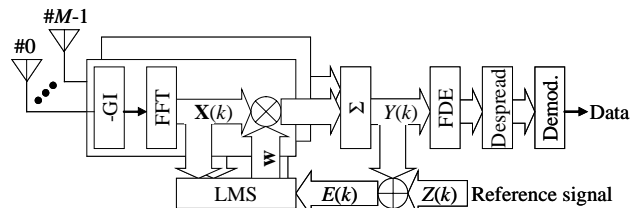


図 1 MC-CDMA 適応アンテナアレイの受信系

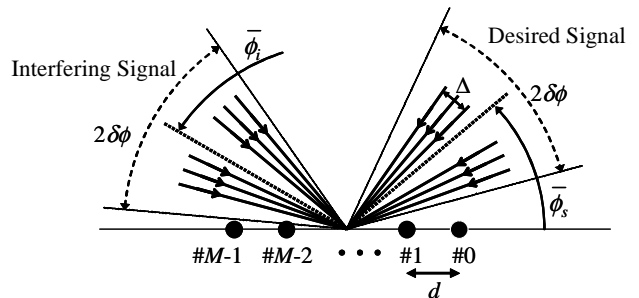


図 2 伝搬路モデル

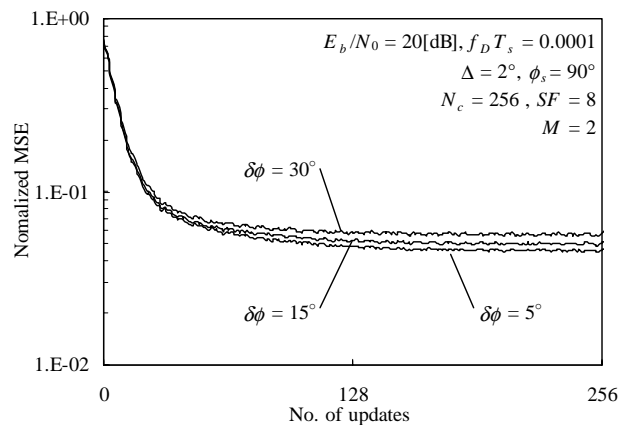


図 3 収束特性

参考文献

[1] S. Haykin, *Adaptive filter theory*, 3rd ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1996.
 [2] M. BUDSABATHON, et al., *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E86-B, No.6, pp.1936-1945, Jun. 2003.
 [3] Y. Suzuki, E. Kudoh, and F. Adachi, *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E87-B, No.4, pp.1037-1040, Apr. 2004.