

# MC-CDMA サイトダイバーシチ送信と受信アンテナダイバーシチの複合効果 Performance improvement by received antenna diversity for MC-CDMA site-diversity transmission

井上 高道 高岡 辰輔 安達 文幸  
Takamichi Inoue Shinsuke Takaoka 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

MC-CDMA を用いるセルラ移動通信では同一周波数を全ての基地局で利用できる[1]. そのため、複数の基地局を用いて通信を行うサイトダイバーシチ送信を行うことにより、受信電力が十分に得られないユーザのビット誤り率特性(BER)を向上させることができるので、リンク容量を増加できる[2]. 本論文では、MC-CDMA サイトダイバーシチ送信において受信アンテナダイバーシチを行った場合のリンク容量を計算機シミュレーションにより明らかにしている.

## 2. MC-CDMA サイトダイバーシチ送信と受信アンテナダイバーシチの複合効果

本論文では、平均受信電力が最大となる基地局およびその最大の平均受信電力との差が閾値  $P_{th}$  以下である基地局をサイトダイバーシチ送信に用いる. ただし、サイトダイバーシチ送信に参加する基地局の最大数を  $D$  としている. サイトダイバーシチ送信に用いる基地局は、対象ユーザのデータ系列を拡散して同時送信する. 閾値  $P_{th}$  を小さく設定し過ぎると、サイトダイバーシチに参加する基地局が少なくなるから、十分な受信電力が得られないユーザが増えてしまい、リンク容量は減少してしまう. 逆に、閾値  $P_{th}$  を大きく設定し過ぎると、サイトダイバーシチに参加する基地局数の増加により干渉の増大を招き、リンク容量は減少してしまう. そのため、閾値  $P_{th}$  には最適値が存在する.

サイトダイバーシチに参加している基地局では、各ユーザに割り当てられた直交拡散符号系列を用いて  $SF$  個のサブキャリアへ拡散する. そして、サブキャリア毎に全ユーザのサブキャリア成分を合成した後、スクランブル符号系列を乗積する. 次にIFFTを適用してMC-CDMA信号を生成し、これにガードインターバルを付加して送信する. 受信系を図1に示す. 受信系では、ガードインターバルを除去し、アンテナごとにFFTを適用した後、受信したい基地局のスクランブル符号の共役およびMMSE周波数等化重みを乗積した後、全基地局分を合成する. 基地局#0のユーザ0(0)が基地局# $i$ の信号をアンテナ# $m$ で受信した時のサブキャリア# $k$ のMMSE周波数等化重みは次式で与えられる[3].

$$w_{i_0(0,m)}(k) = \frac{\frac{\Gamma_i}{SF} H_{i_0(0,m)}^*(k)}{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\Gamma_i}{SF} U_i |H_{i_0(0,m)}(k)|^2 + 1} \quad (1)$$

ここで、 $\Gamma_i$ は平均実効受信  $E_b/N_0$ ,  $H_{i_0(0,m)}(k)$ はサブキャリア# $k$ におけるチャンネル利得である. 次に、全アンテナ成分を合成した後、逆拡散をして送信データシンボルを得る.

## 3. 計算機シミュレーション

256サブキャリアを用い、ガードインターバルの長さを32サンプルとした. 伝搬路は、パスロス指数 $\alpha=3.5$ , シャドウイングの標準偏差を $\sigma=6dB$ とし、16パス等電力レイリーフェージングとした. 各ユーザは、隣接する6セルの基地局からのみ干渉を受けるものとし、干渉の影響が支配的である干渉リミテッドチャンネルであると仮定する. サイトダイバーシチ送信に参加する基地局の最大数を  $D=7$  としている. また、所要BERを  $10^{-2}$ , 許容アウター

ジ確率を0.1とした. 受信アンテナ数  $M$  の影響を図2に示す. ここで、 $P_{th}=4.5dB$ (サイトダイバーシチユーザの比率はおおよそ30%)としている. サイトダイバーシチ送信と受信ダイバーシチを併用することにより、リンク容量を更に増加できることが分かる.

## 4. まとめ

本論文では、MC-CDMA サイトダイバーシチ送信と受信アンテナダイバーシチを適用したときのリンク容量を計算機シミュレーションにより明らかにした.  $M$  アンテナ受信ダイバーシチを用いた場合、リンク容量は  $M$  倍に増加できることが分かった.

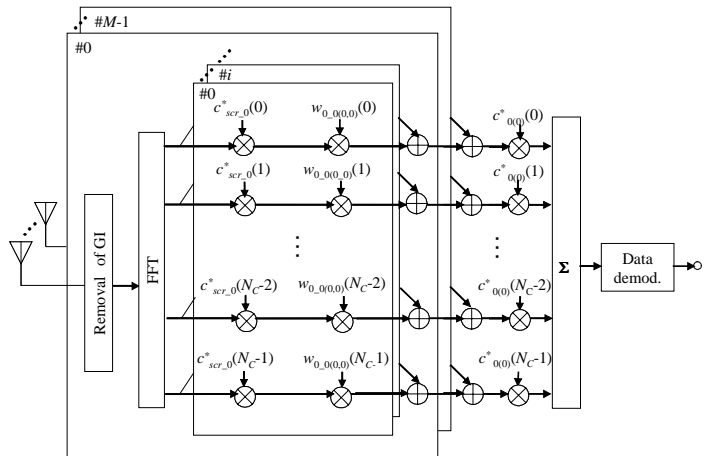


図1 MC-CDMA サイトダイバーシチ送信における受信系

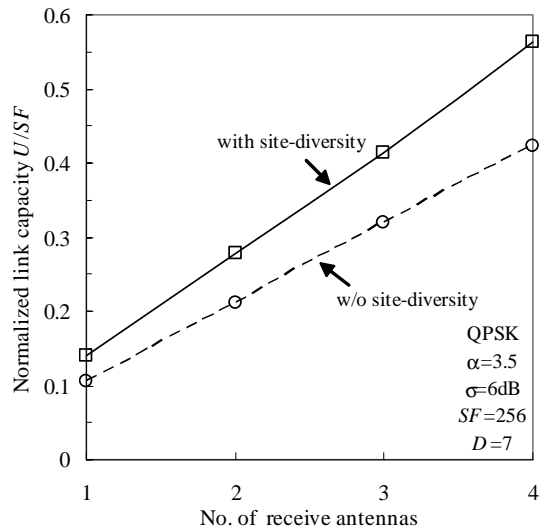


図2 MC-CDMA サイトダイバーシチ送信と受信アンテナダイバーシチの複合効果

## 文献

[1] H. Atarashi, S. Abeta and M. Sawahashi, IEICE Trans. Commun., Vol.E86-B, No.1, pp.291-299, Jan. 2003. [2] 井上, 高岡, 安達, 信学技報 A・P2003-222, pp.79-84, Nov.2003. [3] F. Adachi and T. Sao, IEICE Trans. Commun., Vol.E86-B, No.11, pp.3217-3224, Nov.2003.