

広帯域コヒーレントDS-CDMA無線アクセス特集

Special Issue on Wideband Coherent DS-CDMA Mobile Radio Access

4. 広帯域コヒーレントDS-CDMAを用いた2Mb/s信号伝送

4. 2Mb/s Transmission Based on Wideband Coherent DS-CDMA

拡散コードチャンネルを複数並列に用いるマルチコード伝送により高速信号伝送が可能である。本稿では、20MHz帯域幅を用いた2Mb/sマルチコード伝送の実験結果について述べる。誤り訂正符号化、RAKE受信およびスペースダイバーシチ技術を適用することにより、マルチパスフェージング環境下において、2Mb/sの高速信号伝送を実現した。

High bit rate data transmission is realized by multiplexing several code-channels in parallel (multicode transmission). In this paper, experimental results of 2Mb/s multicode transmission using 20MHz bandwidth are described. By applying powerful FEC, RAKE combining, and space diversity, high quality 2Mb/s data transmission can be achieved under severe multipath fading environments.

大川 耕一
Koichi Okawa

佐和橋 衛
Mamoru Sawahashi

大野 公士
Koji Ono

まえがき

DS-CDMAでは、複数のコードチャンネルを並列に用いて伝送を行うマルチコード伝送^{1)~3)}により高速信号伝送を実現することが可能である。マルチコード伝送では、多重コードチャンネル数を変えることにより低速データレートから高速データレートの信号伝送を柔軟に実現することができる。

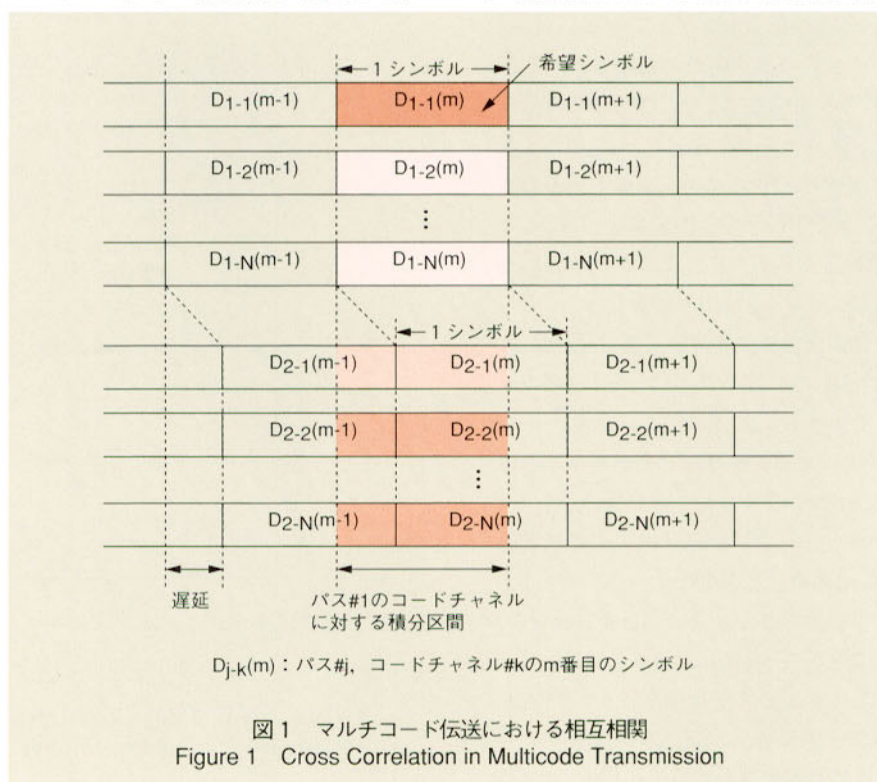
本稿では、DS-CDMAマルチコード伝送の特徴、2Mb/s信号伝送実験系の構成、およびその伝送特性について報告する。

マルチコード伝送による 2Mb/s信号伝送

マルチコード伝送では、拡散符号に直交符号を適用することにより、同一受信タイミング(同一パス内)におけるコードチャンネル間の相互相関はゼロとなる。また、下りチャンネルにおいてはすべてのユーザの信号を同期させることができるため、基本チャンネルの伝送レートを各ユーザ間で共通にしておき、基本チャンネルより伝送レートの高い高速信号伝送をマルチコード伝送により実現することによ

り、各ユーザ間、および1ユーザの各コードチャンネル間の直交化が可能となる。しかし、マルチパスフェージング環境下においては、図1に示すように、自コードチャンネルおよび他コードチャンネルの異なるマルチパスからの相互相関に起因して特

性劣化が生じる。この異なるマルチパスからの干渉信号電力は、平均的にそのマルチパスの信号電力の拡散率分の1であり、コード多重数の増加に伴いこの相互相関に起因する干渉電力が増加するため特性劣化を生じる。また、移動通信環境



下においては、レイリーフェージングによる受信信号レベルの落ち込みにより希望波信号電力対干渉信号電力比(SIR)が劣化し、バースト誤りを生じる。このような通信路誤りによる特性劣化を改善するために、誤り訂正符号化(FEC)、RAKE受信、およびスペースダイバーシチ(SD)技術を適用した。誤り訂正符号化としては、誤り訂正能力の高い畳み込み符号(内符号)とリードソロモン(RS)符号のようなバースト誤り訂正符号(外符号)を併用する接続符号化⁴⁾が効果的である。データ伝送では、音声伝送に比較して要求される品質が異なるため、接続符号化による誤り訂正を用いることにより、音声伝送、データ伝送で内符号までの無線系を共通化することができ、データ伝送については内符号に加えてさらに外符号による誤り訂正を行うことにより高品質伝送を実現する。

2Mb/s信号伝送実験系のチップレートは15.36Mchip/sであり、ロールオフファクタ $\alpha=0.3$ のルートナイキスト帯域制限を行っているため、拡散帯域幅は20MHzである。1コードチャンネル当たりの情報伝送レートは32kb/sであり、60コードチャンネル多重することにより1.92Mb/s伝送を実現している。送信側ではまず、1.92Mb/sの情報データをRS符号RS(40,32)により2.4Mb/sに符号化し、8フレーム(80ms)長のシンボルインタリーブを行う。さらに、畳み込み符号(符号化率 $R=1/3$ 、拘束長 $K=7$)により7.2Mb/sに符号化し、8フレーム(80ms)長のビットインタリーブを行う。この符号化情報データ系列を直列/並列変換により60コードチャンネルに分配し、各コードチャンネルにおける情報伝送レートを1/60にする。各コードチャンネルごとにQPSKデータマッピングを行い、各コードチャンネルごとに割り当てられた拡散符号により拡散変調を行う。

受信機では、2系列のSD受信を行い、各コードチャンネルに対応する拡散符号レプリカを用いて逆拡散を行う。その後、各コードチャンネルごとにパイロット信号による絶対同期検波を行う。絶対同期検

波では受信信号の振幅および位相の推定、すなわちチャンネル推定を行う必要があるが、本実験装置では60コードの情報チャンネルに並列に設けたパイロットチャンネルを用いてチャンネル推定を行った。このチャンネル推定を各マルチパスごとにを行い、チャンネル変動を補償した各マルチパスごとの信号を同相合成(RAKE合成)する。60コードチャンネル分のRAKE合成後の信号系列を並列/直列変換し60倍の情報伝送レートの情報データ系列を生成する。この情報データ系列を、ビットデインタリーブおよび軟判定ビタビ復号し、さらにシンボルデインタリーブおよびRS復号を行いデータ判定する。

伝送特性

フェージングシミュレータを用いた室内伝送実験により受信誤り率特性の評価を行った。フェージングシミュレータにより互いに独立な等平均電力のLパスレイリーフェージングを発生させた。ここで、各遅延波の間隔は $0.2\mu\text{sec}$ とした。また、Lパスフェージングチャンネルの時の1ダイバーシチブランチ当たりのRAKEのフィンガ数をLとした。

(1) FECおよびRAKEの効果

図2にFECとRAKEを組み合わせた時の受信信号電力対熱雑音電力密度比(E_b/N_0)の平均値に対する平均ビット誤り率(BER)特性を示す。ここで、最大ドップラー周波数は $f_D=80\text{Hz}$ とし、SDは適用していない。

畳み込み符号化を用いることにより、BER特性が大幅に改善されている。さらにRS符号を外符号とする接続符号化を用いることにより、2パス受信時に平均 $\text{BER}=10^{-6}$ において所要 E_b/N_0 を約3dB低減することができる。FECを用いない場合、1パス受信時と比較して2、4パス受信時の特性が劣化している。これは、60コード多重しているために異なるマルチパスからの相互相関に起因する特性劣化がRAKEの効果よりも大きいためである。畳み込み符号化を用いる場合、1パス受信時に比較して2、4パス受信時の特性が改善されている。これは、1パス受信時は80msのビットインタリーブではフェージングに起因するバースト誤りを十分にランダム化することができないため十分な誤り訂正効果が得られないのに対し、2、4パス受信時にはRAKEの効果により誤りがランダム化されるため、誤り訂正

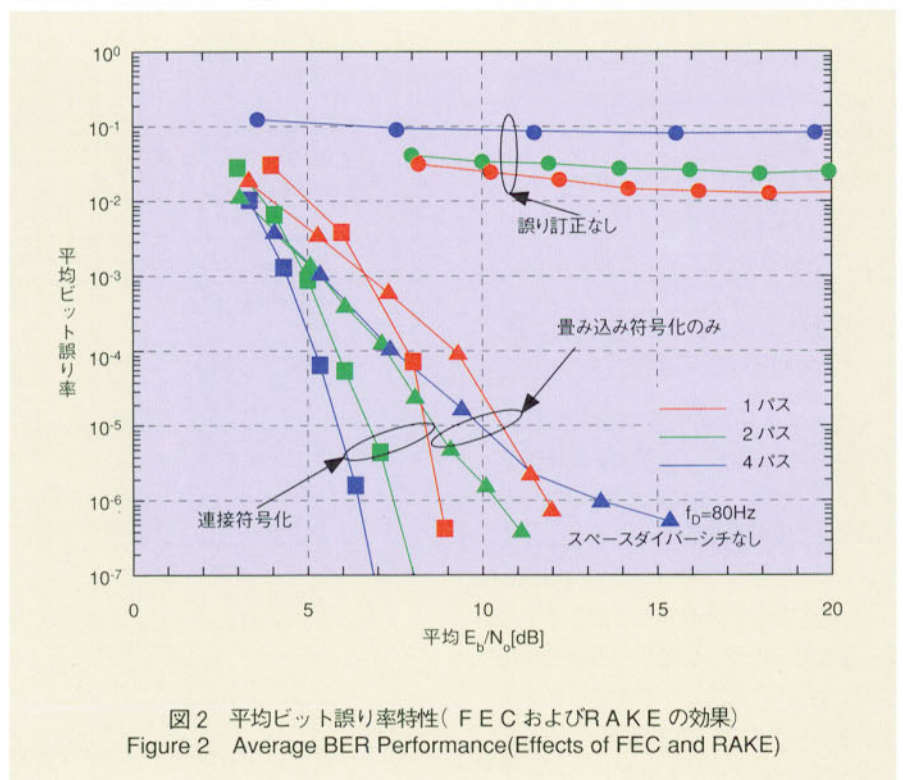


図2 平均ビット誤り率特性(FECおよびRAKEの効果)
Figure 2 Average BER Performance(Effects of FEC and RAKE)

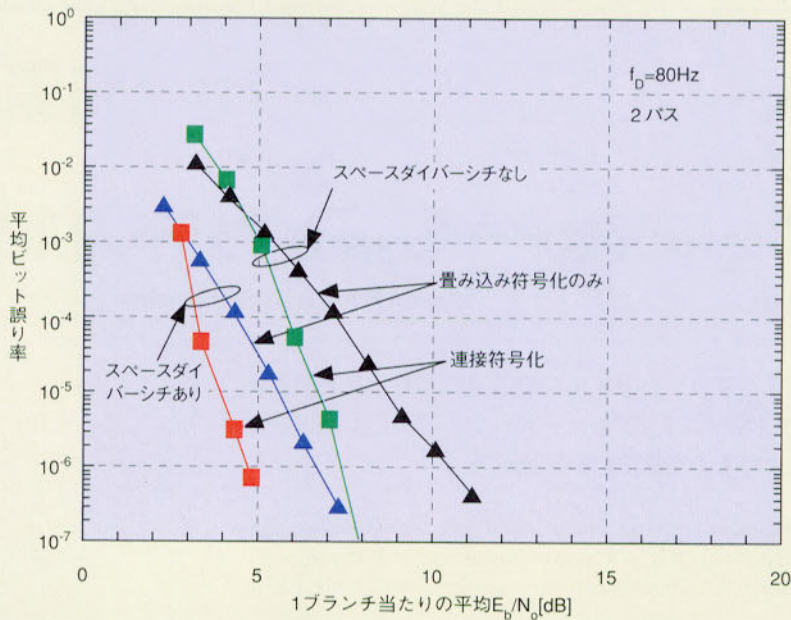


図3 平均ビット誤り率特性 (スペースダイバーシチの効果)
Figure 3 Average BER Performance (Effect of SD)

効果が大きいためである。また4パス受信時は、相互相関に起因する干渉のためにBER特性にフロアを生じている。接続符号化を用いる場合、RAKEのパス数の増加に伴い特性が改善している。これは、Lが大きくなるに従い誤りパターンがランダム化されるため、接続符号化による特性改善効果が大きいためである。

(2) SDの効果

図3に等平均電力2パスレイリーフェージングチャネルにおける2ブランチSDを適用した場合の1ブランチ当たりの平均 E_b/N_0 に対する平均BER特性を示す。2ブランチSD受信時は、各ブランチで2パスRAKE受信するため合計で4パスRAKE受信となっている。接続符号化を用いる場合に、2ブランチSDを適用することにより平均BER=10⁻⁶において約3dBのダイバーシチ利得が得られている。また、2

ブランチSD、2パスRAKE受信、接続符号化を用いる場合に1ブランチ当たりの平均 E_b/N_0 =4.6dBで平均BER=10⁻⁶を達成できた。

むすび

20MHz帯域幅を用いた2Mb/sマルチコード伝送の実験結果について述べた。FEC, RAKE受信, およびSD技術の適用により、マルチパスフェージング環境下において、2Mb/sの高速信号伝送を実現できることを示した。今後、野外伝送実験による受信特性の評価も行う予定である。

文献

- 1) F. Adachi, K. Ohno, A. Higashi, T. Dohi, and Y. Okumura : "Coherent multicode DS-CDMA mobile radio access", IEICE Trans. Commun., vol. E79-B, no. 9, pp.1316-1325 (1996)
- 2) 奥村, 東, 土肥, 大野, 安達 : "コヒーレント・マルチコードDS-CDMAを用いる移動無線アクセスの伝送実験", 信学技報, RCS95-80, pp.13-18 (1995)
- 3) 土肥, 奥村, 東, 大野, 安達 : "コヒーレント・マルチコードDS-CDMA方式の伝送実験結果", 信学技報, RCS96-1, pp.1-6 (1996)
- 4) S. Lin, D. J. Costello, Jr. : "Error control coding: fundamentals and applications", Prentice-Hall (1983)