

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

3. 広帯域コヒーレントDS-CDMAの伝送特性

3. Experiments on Coherent Multicode DS-CDMA

広帯域コヒーレントDS-CDMAの伝送特性を明らかにするため東京近郊で野外伝送実験を進めている。本稿では、広帯域コヒーレントDS-CDMAのキーテクノロジーであるパイロットシンボル内挿同期検波、RAKE合成、スペース・ダイバーシチ、適応送信電力制御の効果について報告する。

To confirm the performance of wideband coherent DS-CDMA under real propagation environments, we have been conducting field tests. This paper describes the effect of the pilot symbol-aided coherent RAKE, space diversity reception and transmit power control.

土肥 智弘
Tomohiro Dohi

奥村 幸彦
Yukihiko Okumura

大野 公士
Koji Ohno

東 明洋
Akihiro Higashi

まえがき

移動通信における最大の技術的課題はマルチパスフェージングに対する耐性である。広帯域コヒーレントDS-CDMAでは、拡散帯域幅を広くすることにより分解可能なマルチパス数を増やし、分解されたマルチパスをRAKE合成することにより、フェージングの影響を低減することができる。また、通信チャンネルに内挿

されたパイロットシンボルを用いた同期検波¹⁾を行うことによりフェージングの変動に対する追従性を向上し、その結果、所望の品質を実現するのに必要な受信信号対干渉電力比(SIR)を改善することができる。さらに、品質を一定に保つSIRベースの送信電力制御^{2),5)}により、通信中のユーザ数に応じて常に必要最小限の送信電力での通信を行うことが可能となる。

現在、2GHz帯における広帯域コヒーレントDS-CDMAの伝送特性を明らかにするため東京近郊で野外伝送実験を進めている。本稿では伝送実験系の構成および無線リンク諸元、ならびに野外伝送実験の結果について報告する。

伝送実験系

基地局送受信機の構成を図1、主要無

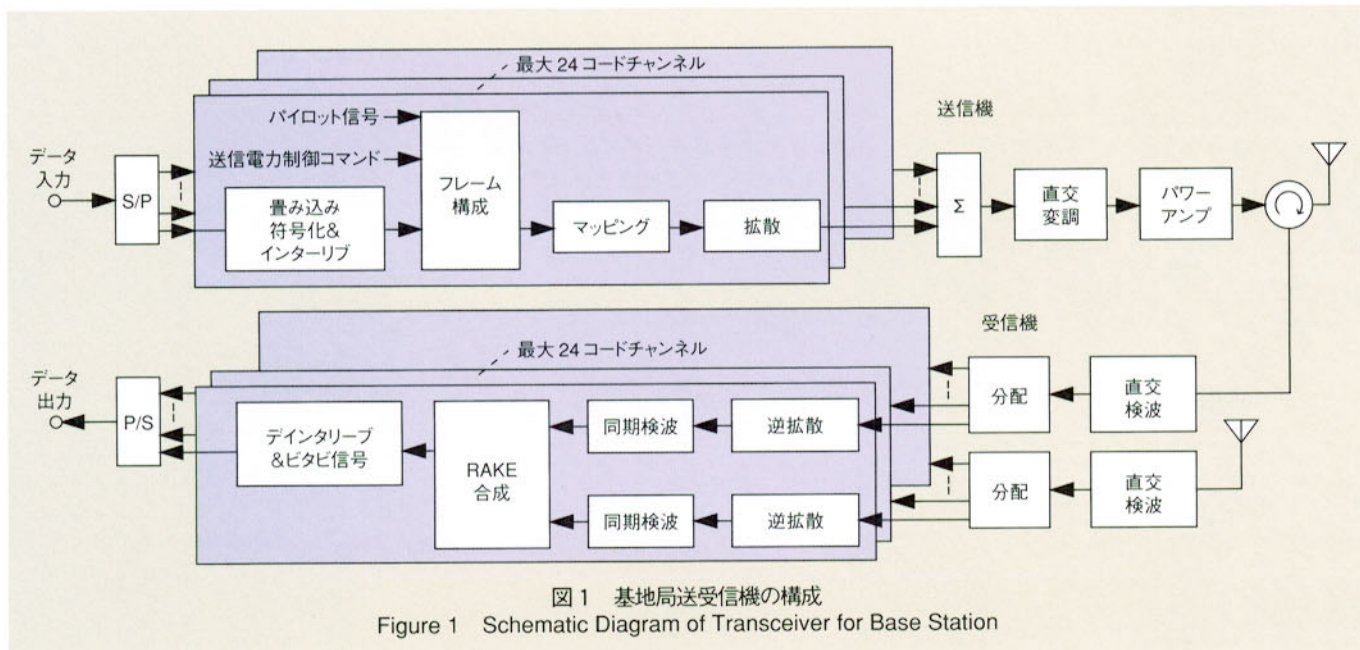


図1 基地局送受信機の構成
Figure 1 Schematic Diagram of Transceiver for Base Station

表1 テストベッド無線リンク諸元
Table 1 Test Bed Radio Link Parameters

搬送波周波数	
フォワードリンク	2175.0MHz
リバースリンク	1990.0MHz
チップレート	0.96/1.92/3.84/7.68/15.36Mchip/s
帯域	1.25/2.5/5/10/20MHz
拡散符号	
ショートコード	直交 Gold 系列
ロングコード	Gold 系列 (2 ³³ -1チップ)
変復調	
データ	QPSK /パイロットシンボル内挿型同期検波
拡散	BPSK
ダイバーシチ	
RAKE	1~8-チップ
アンテナ	2-プランチ
チャンネル符号化	畳み込み符号化/ビタビ復号 (R=1/3,K=7)
ビットインタリーブ	1フレーム (10ms)
送信電力制御	クロズドループ+オープンループ

線リンク諸元を表1に示す。移動局の構成は基地局の構成とほとんど変わらない。RAKE合成における拡散帯域の影響を検証するために5種類のチップレート(0.96-15.36Mchip/s)の設定を可能とした。各チャンネルは最大32kb/s伝送可能であり、セクタ当たり最大24コードチャンネル多重可能である。各コードチャンネルでは、データは最初に符号化率1/3、拘束長K=7の畳み込み符号を用いたチャンネル符号器により符号化され、10msのフレーム上にビットインタリーブされる。無線フレームフォーマットを図2に示す。各フレームは長さ1.25msのスロット8個から構成される。インタリーブされた符号化データは2シンボルのパイロットと送信電力制御(TPC)コマンド(1シンボル)と

多重化され、各スロットに並べられる。移動局におけるTPCステップサイズ $\Delta = 1\text{dB}$ であり、クロズドループの送信電力制御のループ遅延は2.5ms(2スロット)である。データ変調はQPSK、拡散変調はBPSKを用いる。各拡散コード系列は1個のショート直交Gold系列と1個のロングGold系列(2³³-1チップ)の組み合わせが用いられる。拡散後、24のコードチャンネルは電圧合成され、2GHz帯で電力増幅され送信される。32kb/s伝送時の処理利得(pg)はチップレート7.68Mchip/sの場合192である(符号化率1/3の畳み込み符号は拡散の一部として用いられる)。32kb/sよりも高速なデータレート(最大768kb/s)に対しては、複数のコードチャンネルが1ユーザに割り当

てられる(直交マルチコード伝送)。

受信機では、移動局から送信された信号は2系列のダイバーシチアンテナにより受信される。受信されたマルチパスの信号は逆拡散され、いくつかの遅延時間の異なるパス成分に分解された後、各パス成分は同期検波され、ダイバーシチRAKE合成器は時間窓内の分解されたパスを合成する。その後、デインタリーブ、ビタビ復号され送信されたデータを再生する。

野外伝送実験

現在、東京近郊において野外伝送実験を進めている。基地局アンテナを図3、移動局を図4に示す。基地局アンテナ高は59m、移動局アンテナ高は2.9mである。測定車は基地局から0.45~1.3km離れた道路に沿って時速10~40kmの速度で走行する。走行コースは高速道路脇や住宅街、オフィス街、工場地域を通過する一般道路である。伝送実験に先だて行われた伝搬実験によると、コースの平均遅延スプレッドは1 μs 、ピークパスから6dB以内の伝搬パス数は累積分布99%において5である。7.68Mchip/sで測定された遅延プロファイルの一例を図5に示す。7パスが観測されているが、RAKE合成に有効なパスは2波のみである。

(1) パイロットシンボル内挿同期検波の効果

パイロットシンボル内挿同期検波と遅延検波の誤り率(BER)特性を図6に示

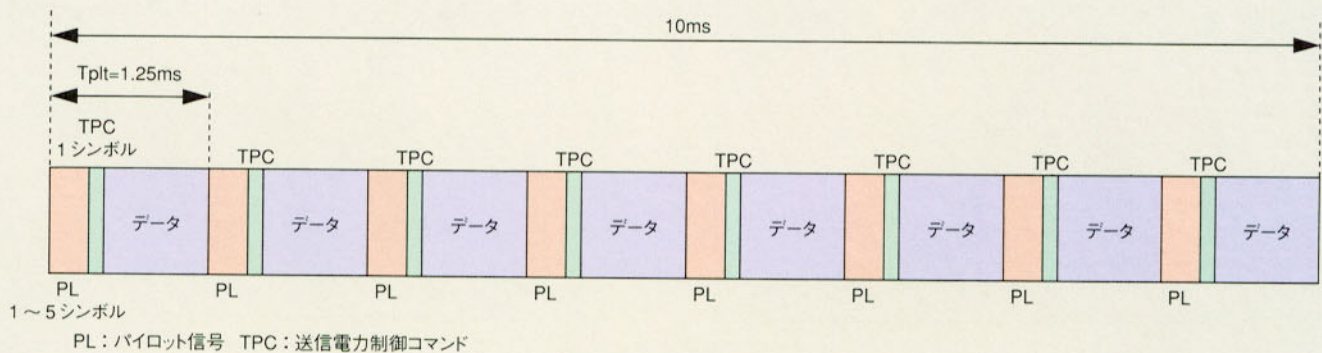


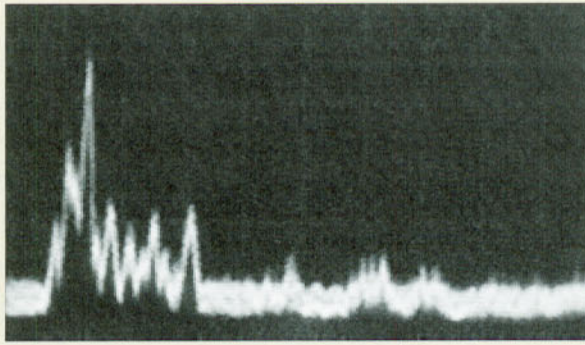
図2 フレームフォーマット
Figure 2 Frame Format



図3 基地局アンテナ
Figure 3 Base Station Antenna



図4 移動局アンテナ
Figure 4 Mobile Station Antenna



1μS 図5 遅延プロファイル
Figure 5 Delay Profile

(2) RAKEとスペース・ダイバーシチの効果

RAKE窓幅とダイバーシチブランチ数をパラメータとしたBER特性を図7に示す。スペース・ダイバーシチなしの場合、 $BER=10^{-3}$ を達成する所要 E_b/I_0 はRAKEの窓幅が1から2チップに増えると約3dB低減される。4チップ窓RAKEではさらに1dBの利得が得られる。受信電力の強いパスが2チップ遅延窓内にあるために付加された利得は小さくなっているが、RAKEの受信窓幅を広げることによる品質改善の効果は明らかである。さらに、2ブランチのスペース・ダイバーシチ受信を適用することにより4チップ窓RAKEの所要 E_b/I_0 はスペース・ダイバーシチなし、1チップ窓RAKEに比較して約7dB低減され、スペース・ダイバ

す、2ブランチ・スペース・ダイバーシチ受信を行い、RAKE受信窓は1チップである。送信電力制御は行っていない、同期検波を用いることにより $BER=10^{-3}$ を達成する所要 E_b/I_0 をチャンネル符号化あり

のときに3dB、チャンネル符号化なしのときに2.5dB、遅延検波を用いたときよりも低減でき、パイロットシンボル内挿同期検波が優れたBER特性を有することがわかる。

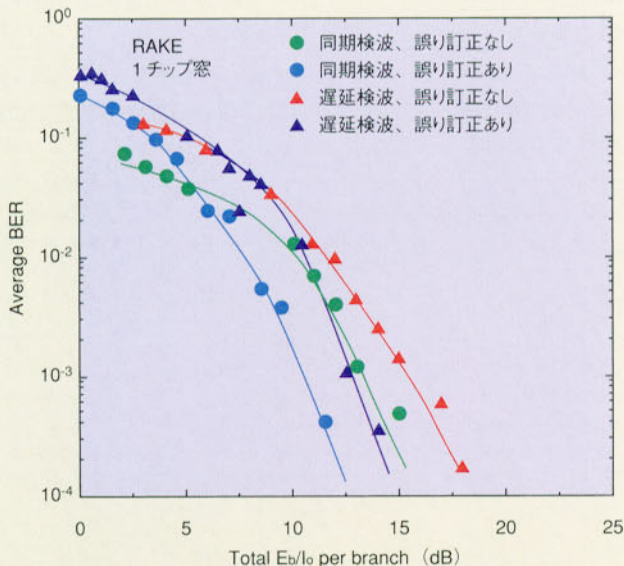


図6 誤り率特性
Figure 6 BER Performance

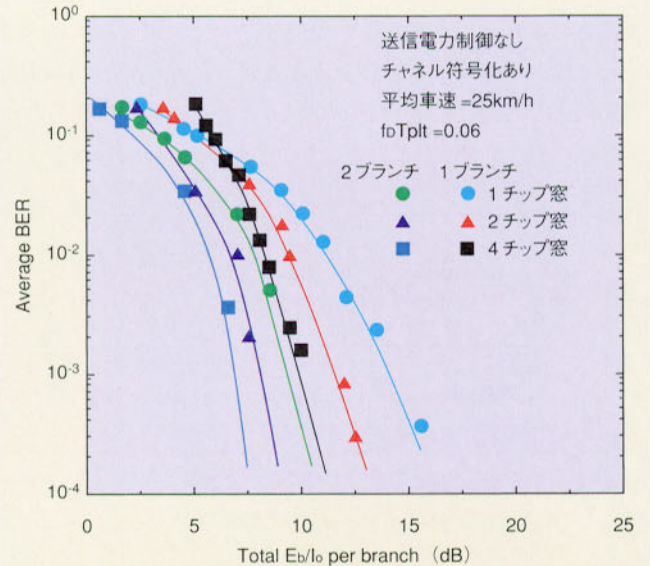
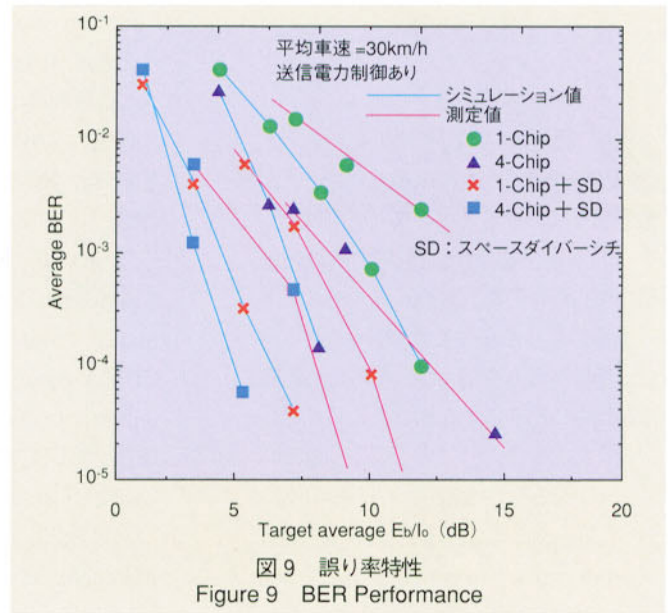
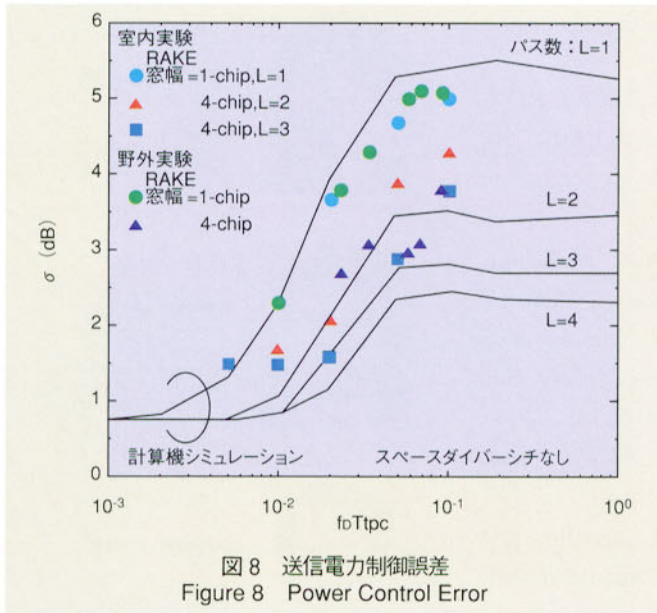


図7 誤り率特性
Figure 7 BER Performance



ーシチの効果も併せて確認できる。

(3) 送信電力制御の効果

送信電力制御周期(T_{tpc})で規格化された最大ドップラー周波数 f_0 の関数で表された送信電力制御誤差を図8に示す。送信電力制御誤差は受信 E_b/I_0 と目標 E_b/I_0 の差分の標準偏差(σ)で定義した。スペース・ダイバーシチは用いていない。RAKEの窓幅を広くすると制御誤差が小さくなることから、窓幅を広げることにより分解されたマルチパスを多く合成することができるためフェージングの変動への追従が容易になることがわかる。また、4チップ窓のRAKEで測定された送信電力制御誤差は計算機シミュレーションや室内実験結果の2~3パスの結果に近くなっている。本結果は走行コースにおける意味のあるパス数が2であるという事実を反映している。

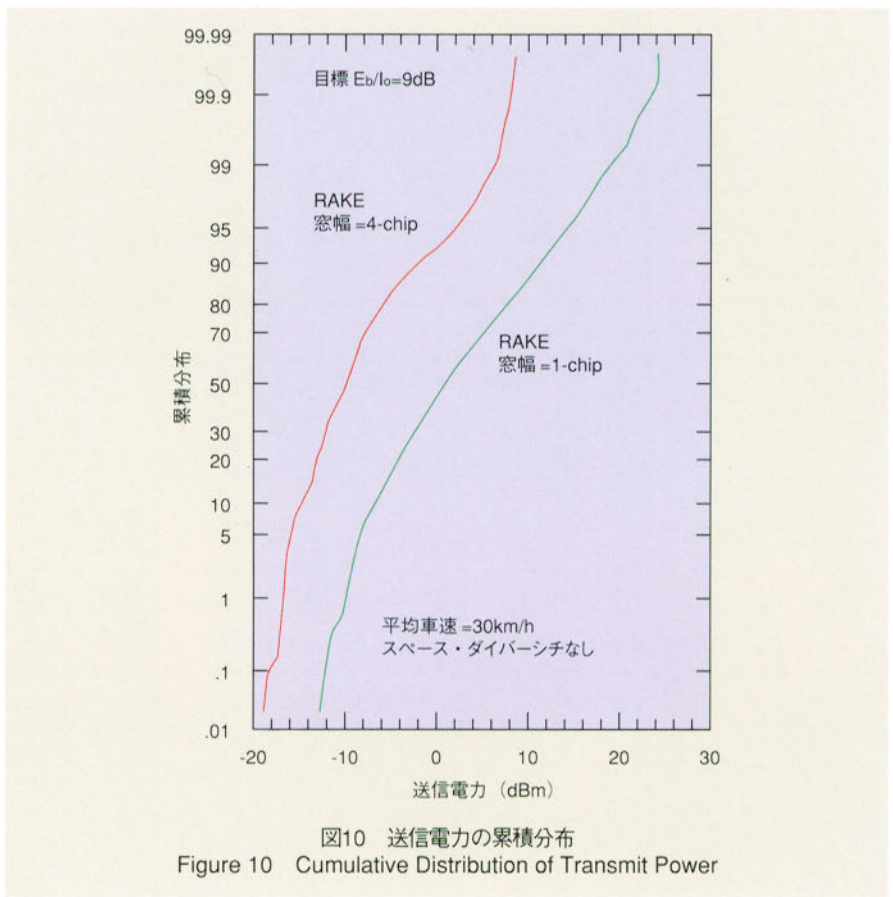
送信電力制御を適用した場合のパイロットシンボル内挿補間型絶対同期検波のBER特性を図9に示す。平均車速30km/hである。4チップ窓RAKEの $BER=10^{-3}$ を達成する所要 E_b/I_0 は9dBであり、1チップ窓のときよりも5dB低減されている。さらに、スペース・ダイバーシチを適用することにより所要 E_b/I_0 を6dBまで低減でき、スペース・ダイバーシチ、RAKE合成、送信電力制御の総合効果がわかる。図9において、測定結果がシミュレーション結果よりも2~3dB劣化して

いる理由は、RAKE受信機が雑音成分のみのフィンガーも合成している、最大比合成の重み付けが不完全に行われている、などが考えられる。

(4) 送信電力の低減効果

次に、RAKE合成による送信電力の低減効果について述べる。目標 $E_b/I_0=9$ dBとして送信電力制御を行った場合の移動

局送信電力の累積分布を図10に示す。平均車速30km/hである。4チップRAKE合成を行うことにより送信電力(中央値)を1チップRAKE合成に比較して約12dB低減でき、RAKE合成による送信電力の低減効果を明らかにした。



むすび

2GHz帯を用いて広帯域コヒーレントDS-CDMAの野外伝送実験を行い、実伝搬環境下におけるスペース・ダイバーシティ、RAKE合成、適応送信電力制御の効果を明らかにした。今後も、マルチユーザー環境における伝送特性、サイトダイバーシティ特性などを明らかにするため実験を続けていく予定である。

文献

- 1) A.Higashi, T.Taguchi and K.Ohno, "Performance of coherent detection and RAKE for DS-CDMA uplink channels ", Proc. IEEE PIMRC'95, pp.436-440, Toronto, Canada, Sept. 1995.
- 2) S.Ariyavisitakul, " Signal and interference statistics of a CDMA system with feedback power control - part II ", IEEE Trans. Commun., vol.42, No.2/3/4, pp.597-605, Apr. 1994.
- 3) 土肥佐和橋, " DS/CDMAにおける干渉電力を用いる送信電力制御 ", 信学技報, RCS94-99, pp.63-68, Oct. 1994.
- 4) T.Suzuki, K.Takeo, M.Nishino, Y.Amezawa and S.Sato, " Micro-cell quality control scheme for PCS CDMA systems considering non-uniform traffic distribution ", Proc. IEEE ICUPC'93, pp.239-243, Ottawa, Canada, Oct. 1993.
- 5) T.Dohi, M.Sawahashi and F.Adachi, " Performance of SIR based power control in the presence of non-uniform traffic distribution ", Proc. IEEE ICUPC '95, pp.334-338, Tokyo, Japan, Nov. 1995.