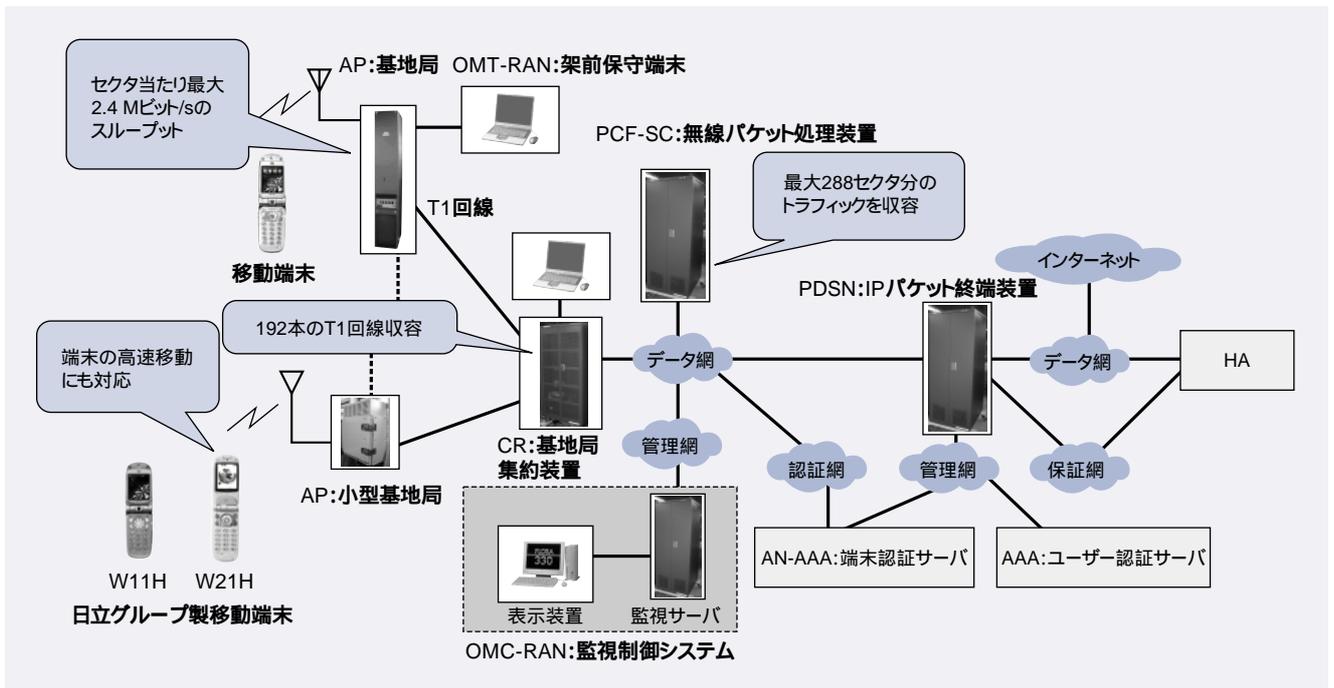


第3世代移動体通信を実現する 高速・高品質モバイルシステム“1xEV-DO”

High Speed/High Quality 3rd-Generation Mobile Communication System "1xEV-DO"

吉村 正昭 Masaaki Yoshimura 小崎 尚彦 Takahiko Kozaki 檜垣 徳壽 Norihisa Higaki
 濱口 直久 Naohisa Hamaguchi 高取 正浩 Masahiro Takatori



注：略語説明 AP(Access Point), OMC-RAN(Operation and Maintenance Center/Radio Access Network), T1回線(米国の1.5Mビット/sデジタル回線の名称), CR(Consolidation Router), PCF-SC(Packet Control Function/Session Control), PDSN(Packet Data Serving Node), IP(Internet Protocol), HA(Home Agent), OMT-RAN(Operation and Maintenance Tool/Radio Access Network), AAA(Authentication , Authorization , and Accounting), AN-AAA(Access Node/AAA)

1xEV-DOのシステム構成

1xEV-DO(1x Evolution-Data Only)の上り(移動端末から基地局方向)と下り(基地局から移動端末方向)のセクタスループットはそれぞれ最大約300 kビット/sと2.4 Mビット/sで、無線移動通信システムのアクセス速度としてはきわめて高速なデータ通信環境を提供することができる。

既存のcdmaOne システムと同一の周波数域幅 (1.25 MHz) を用いて最大2.4 Mビット/s(下り方向)の高速データ通信を可能とする1xEV-DOは、次世代の広帯域モバイル インターネット サービスの主力基盤として大きな期待を集めている。
 日立グループは、この方式の構想、標準化の段階

から積極的に関与し、KDDI株式会社へのトライアルシステム開発を経て商用システムを完成させた。
 1xEV-DOシステムは、フレキシブルな基地局ラインアップ、大容量のネットワーク機器、サービス中断なしのアップグレード機能、冗長機能を持つ高信頼OMC、高い工事性と保守性など各種の特徴を持っている。

1 はじめに

インターネットの普及とそのアクセス回線のブロードバンド化により、e-コマース、インターネット銀行、ストリーミング音楽・ビ

デオ再生、音楽・動画配信など各種アプリケーションが生まれ、これらのアプリケーションをいつでも、どこでも利用したいという要求が強くなってきている。このようなニーズに対応するためには、アクセス回線の無線化が必須であると同時に、高速化、広いサービスエリア、移動中のサービス利用ができること

) cdmaOneは、CDG(CDMA Development Group)の登録商標である。

が必要になる。

1xEV-DO (1x Evolution-Data Only) は米国クアルコム社がモバイル機器用次世代無線パケット通信技術として開発した方式で、拡散チップレートが毎秒1.2288 MチップスのCDMA(符号分割多元接続) cdmaOne をベースとし、高速のモバイルインターネット環境を提供する携帯電話システムである。この方式では、1.25 MHzの帯域幅を用いて下り方向最大2.4 Mビット/sのデータ伝送速度を実現し、携帯電話の特徴である大きなセル半径、端末移動時のハンドオーバー機能などを併せ持つ。

日立製作所は、2001年1月に、クアルコム社とベンダーとして世界で初めて1xEV-DOのライセンス契約を結んだ。その後、専用LSIや筐(きょう)体、カード、ソフトウェアなどを自主開発した。また、KDDI株式会社(当時は日本移動通信株式会社)へ1xEV-DOライセンスシステムを納入し、2002年7月から電波の込み合う東京都心部での干渉状態、複数ユーザーによる同時アクセスにおける品質維持など、さまざまな実証実験を共同で実施した。

このような技術と豊富なノウハウの蓄積を基に、商用サービスのための基地局、端末を開発し、これらはKDDI株式会社の1xWINサービスの基地局・端末として使用されている。

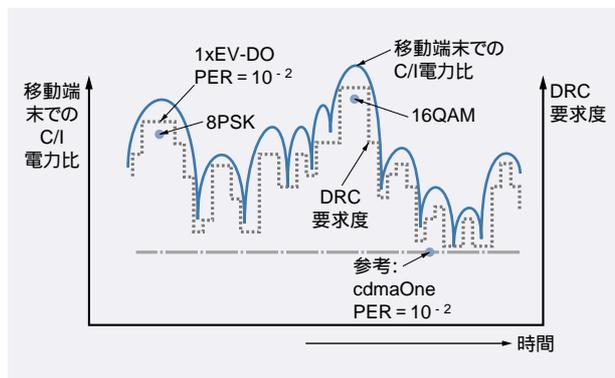
ここでは、1xEV-DOシステムの構成・特徴と1xEV-DOの特徴機能、および工事性、保守性の特徴について述べる。

2 1xEV-DOシステムの構成

1xEV-DOでは、以下の三つの制御方式により、1.25 MHz周波数帯域で最大のセクタスループット(下り2.4 Mビット/s)を得ることができる。

- (1) 各移動端末は受信パイロット信号のC/I (Carrier to Interference : 搬送波対干渉雑音) 電力比を計測し、その値から 10^{-2} のPER (Packet Error Rate) で通信が可能なDRC (Data Rate Control) 値を算出する(図1参照)。各移動端末ではDRC値を基地局に通知し、基地局は各端末の要求レートを集計して、スケジューリングアルゴリズムに従って使用が可能なタイムスロットを各端末に割り当てる。
- (2) 最新の適用変調・符号方式(ターボ符号)の使用により、スロット単位に各C/I値に応じた変調方式(16QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 8PSK (8-Phase Shift Keying), 16QAM (16-Quadrature Amplitude Modulation))と伝送速度をダイナミックに設定し送信できる。
- (3) 回線品質の時間変動を利用し、各時間で受信状況のいちばんよい端末に効率的にタイムスロットを割り当てるスケジューリングアルゴリズムを導入した。

また、標準化団体の3GPP (3rd-Generation Partnership Project) は、いっそう高速化を目指した上り・下り最大



注：略語説明 C/I (Carrier to Interference : 搬送波対干渉雑音), PER (Packet Error Rate), 8PSK (8-Phase Shift Keying), 16QAM (16-Quadrature Amplitude Modulation), DRC (Data Rate Control)

図1 各端末でのC/I電力比の測定とDRCの算出例

各移動端末はC/I電力比を測定し、最適なDRC値を要求する。電力比の高い場合は高多重の変調方式を使用し、電力比を一定に調整するcdmaOneに比べて高速通信が可能となる。

スループットの1.8 Mビット/s・3.1 Mビット/sへの向上、新機能のブロードキャスト型サービス、およびQoS (Quality of Service) 型通信の検討を進めている。さらに、日立グループは、IP (Internet Protocol) 網の高性能化を目指し、1xEV-DOにIPv6 (Internet Protocol Version 6) を搭載する検討を進めている。

日立グループの1xEV-DOシステム「ER2000シリーズ」は、(1) AP (Access Point : 基地局)、(2) APをT1回線(米国の1.5 Mビット/sデジタル回線)で集約するCR (Consolidation Router : 基地局集約装置)、(3) 無線パケットを終端するPCF-SG (Packet Control Function/Session Control)、(4) IPパケットの終端装置であるPDSN (Packet Data Serving Node)、(5) OMC-RAN (Operation and Maintenance Center/Radio Access Network : ネットワーク全体の保守・監視制御システム)、および(6) AAA (Authentication, Authorization, and Accounting) の認証などを行う各種サーバ類で構成する。これらの特徴について以下に述べる。

2.1 AP (基地局) の特徴

日立グループは、各エリアのさまざまなトラフィック需要に対応するため、標準基地局、小型基地局、および超小型基地局をラインアップ化している(図2参照)。

標準基地局は2周波数を収容し、各周波数当たり3セクタを1架で収容するタイプの基地局であり、最大354移動端末を同時接続することができる。そのサイズは約270 Lである。さらに、この架を最大5架使用することで、10周波数まで拡張することができる。

トラフィック需要の少ない地域向けの小型基地局では、1周波数(1セクタ)だけを収容する。そのサイズは約85 Lであり、最大2台まで増設することができる。

地下街や屋内など、地上に設置した基地局から電波が届かないエリアをカバーするための超小型基地局(サイズは約



図2 各基地局の外観
さまざまなトラフィックに対応する基地局をラインアップしている。

4.5 L 光開発中である。

2.2 センター機器の特徴

センター機器は、すべてIPインタフェースで接続するので、データ網、認証網、および管理網を汎用的かつ経済的に構成できる(表1参照)。

- (1) CR：多くのT1回線を収容するルータ装置である。
- (2) PCF-SC：1台で288セクタを処理することができ、AP1台に3セクタを割り当てると1台のPCF-SCで96台となり、多数のAPを収容できることが特徴である。
- (3) PDSN：専用ソフトウェアにより、大容量を実現した。OMCからのコマンド指示によって指定されたユーザー(ドメイン名、IMS(International Mobile Subscriber Identity)など)のトラフィックを監視、およびモニターする機能を備えている。また、シンプルIPとモバイルIPのデュアルスタック実装としており、両方式の端末の共存が可能である。
- (4) OMC-RAN：各ノードの保守・監視を行う監視サーバと、監視状況をGUI(Graphical User Interface)上に表示する装置から成る。

監視サーバには1 U(約44.45 mm)サイズのラックサーバを使用しており、表示装置は19型以上のディスプレイを配備したデスクトップパソコンを使用する。市販のサーバとパソコンを

表1 センター機器の主要諸元

各センター機器は、IPインタフェースで接続され、高性能のシステムを構築する。

機器	主要諸元
CR	T1回線：192回線 データ網インタフェース：1000BASE-X 1本
PCF-SC	1台当たり288セクタ スループット：約200 Mビット/s、呼処理能力：毎秒約2,000呼、セッション数：約130 kセッション
PDSN	PPPリンク数：約85 kリンク、パケット処理能力：毎秒約200 kパケット、呼処理能力：毎秒約900呼
OMC-RAN	監視サーバ当たり200ノード

注：略語説明 CR(Consolidation Router)、PCF-SC(Packet Control Function/Session Control)、PDSN(Packet Data Serving Node)、PPP(Point-to-Point Protocol)、OMC-RAN(Operation and Maintenance Center/Radio Access Network)

用いることができるので、パソコン性能のアップトレンドに合わせた高性能化が行いやすく、経済的に装置構成できることが特徴である。

3 1xEV-DOシステムの特徴機能

3.1 高信頼なソフトウェアアップグレード機能

(1) サービス無中断アップグレード

運用中のサービスを中断することなく、新サービスや新機能を基地局へ追加することを可能にするために、「ハードウェアの冗長切換」と「無線区間のハンドオフ」を利用したソフトウェアアップグレード機能を開発した。

ハードウェアの冗長切換の具体的実現方法を図3に示す。予備ハードウェアをリセット、再開させることにより、予備ハードウェアに搭載されているソフトウェアをまず更新し、予備ハードウェアが新しいソフトウェアで起動後に現用ハードウェアと予備ハードウェアの切換を行って順次ソフトウェアを更新する。

無線区間のハンドオフは、以下の方法によって行う。(a)自基地局の複数セクタのうち、特定セクタの送信電力を徐々に絞る。(b)送信電力が減少するにつれて、端末から見て他基地局の電波状態が改善されるため、各端末を他基地局にハンドオフさせることができる。(c)その結果、自基地局の特定セクタに端末が存在しない状態を作り出し、該当セクタのソフトウェアをアップグレードする。(d)以上を基地局が保有するすべてのセクタについて順次実施することにより、基地局全体のアップグレードを行う。

(2) ソフトウェアの2面管理

基地局内部にソフトウェアを二重に持ち、万が一フィールドで新しいソフトウェアに問題が発生した場合でも直ちに旧版に戻すことにより、システムを停止することなくサービスを継続

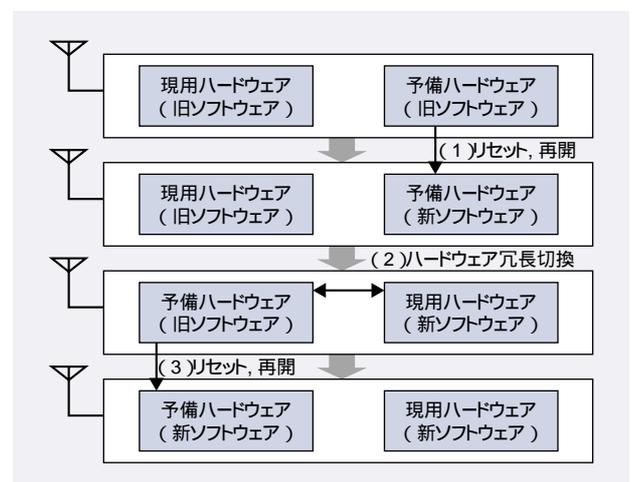


図3 ハードウェアの冗長切換を利用したソフトウェアアップグレードの概要

現用ハードウェアと予備ハードウェアを切り換えることによりサービス無中断のアップグレードが可能になる。

的に提供することを可能にした。

(3) 差分ソフトウェアアップグレード

基地局ソフトウェアは複数のモジュールで構成している。このうち、変更のあったモジュールだけをOMCから簡易な遠隔操作でアップグレードすることを可能にした。

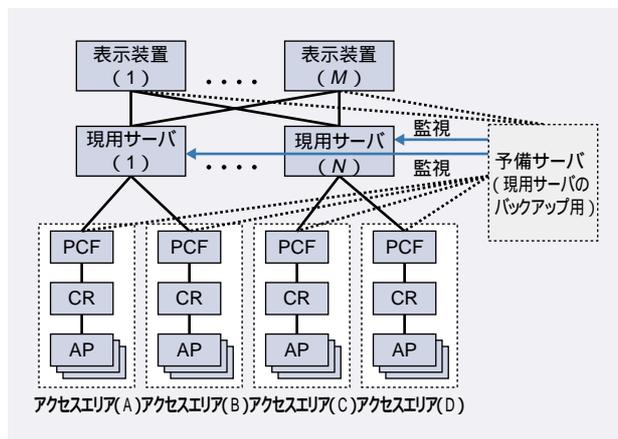
3.2 OMC-RANの冗長構成による高信頼化

最少の機器で冗長構成を実現するために、 N 台(最大10台)の現用サーバについて1台の予備サーバを持つ $N+1$ 予備構成とした(図4参照)。予備サーバでは、バックアップ対象となる現用サーバの監視を行い、現用サーバに障害が発生した場合に、自動的に表示装置に対して、該当サーバが提供しているノードの監視制御サービス提供を行(自動切換)。また、保守者の要求時にもノードの監視制御サービスの提供を行(手動切換)。

4 工事性と保守性の向上

移動体通信サービス事業者にとって、人口カバー率を高くすることが契約者獲得の必要条件であり、全国規模のネットワーク構成には数千台規模の基地局が必要になる。このような大量の機器の設置工事と工事終了後の保守作業を効率的に実施するにあたっては、(1)現地調整作業の効率化、(2)現地調整作業の教育の容易化、(3)保守の容易化などの課題がある。

(1),(2)の解決策として、現地調整の自動化を実現し、かつ試験機能を持つTAT(Test Access Terminal: 擬似端末機能)カードを開発しEV-DO基地局へ搭載した。また、試験機能のほとんどを保守端末上でのマウス(ポインティングデバイス)操作だけで実行できるようなGUI(Graphical User Interface)を開発した。この試験機能を用いることにより、作



注：略語説明 AP(Access Point)

図4 OMC-RANの $N+1$ 予備構成例

予備サーバは現用サーバの監視を行い、障害が発生した場合にバックアップする。

業時間の大幅な短縮ができた。さらに、作業員の訓練期間も短縮されたため、工事遂行に必要な大量の作業員の養成にも役立った。

また、(3)の保守の容易化に対応するため、各地に存在する機器に遠隔ログインできるようにリモート保守網を構築した。構築にあたっては特にセキュリティ面について顧客と協議を重ね、いずれの個所の1xEV-DO機器に障害が発生した場合でも、該当機器にリモート保守網経由でログ取得などの解析作業や応急措置を迅速に実施することを可能にした。

5 おわりに

ここでは、日立グループが開発した「1xEV-DOシステム」の構成・機能、工事性、保守性の特徴について述べた。

日立グループは、これらの経験とこれまでの技術の蓄積を活用し、今後も、移動体通信のいっそうの発展に貢献していく考えである。

執筆者紹介



吉村 正昭

1980年日立製作所入社、ネットワークプラットフォーム事業推進室 CDMAプロジェクト 所属
現在、1xEV-DOのSE業務に従事
電子情報通信学会会員、IEEE会員
E-mail : masaaki_yoshimura @ cm. tcd. hitachi. co. jp



濱口 直久

1988年日立製作所入社、株式会社日立コミュニケーションテクノロジー CDMA開発部 所属
現在、1xEV-DOの開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail : naohisa_hamaguchi @ cm. tcd. hitachi. co. jp



小崎 尚彦

1983年日立製作所入社、株式会社日立コミュニケーションテクノロジー CDMA開発部 所属
現在、1xEV-DOの開発に従事
電子情報通信学会会員、IEEE会員
E-mail : takahiko_kozaki @ hitachi-com. co. jp



高取 正浩

1987年日立製作所入社、ネットワークプラットフォーム事業推進室 CDMAプロジェクト 所属
現在、1xEV-DO関連の業務に従事
電子情報通信学会会員
E-mail : masahiro_takatori @ cm. tcd. hitachi. co. jp



樋垣 徳壽

1970年日立製作所入社、株式会社日立コミュニケーションテクノロジー ソフトウェア部 所属
現在、1xEV-DOソフトウェアの開発に従事
E-mail : norihisa_higaki @ cm. tcd. hitachi. co. jp