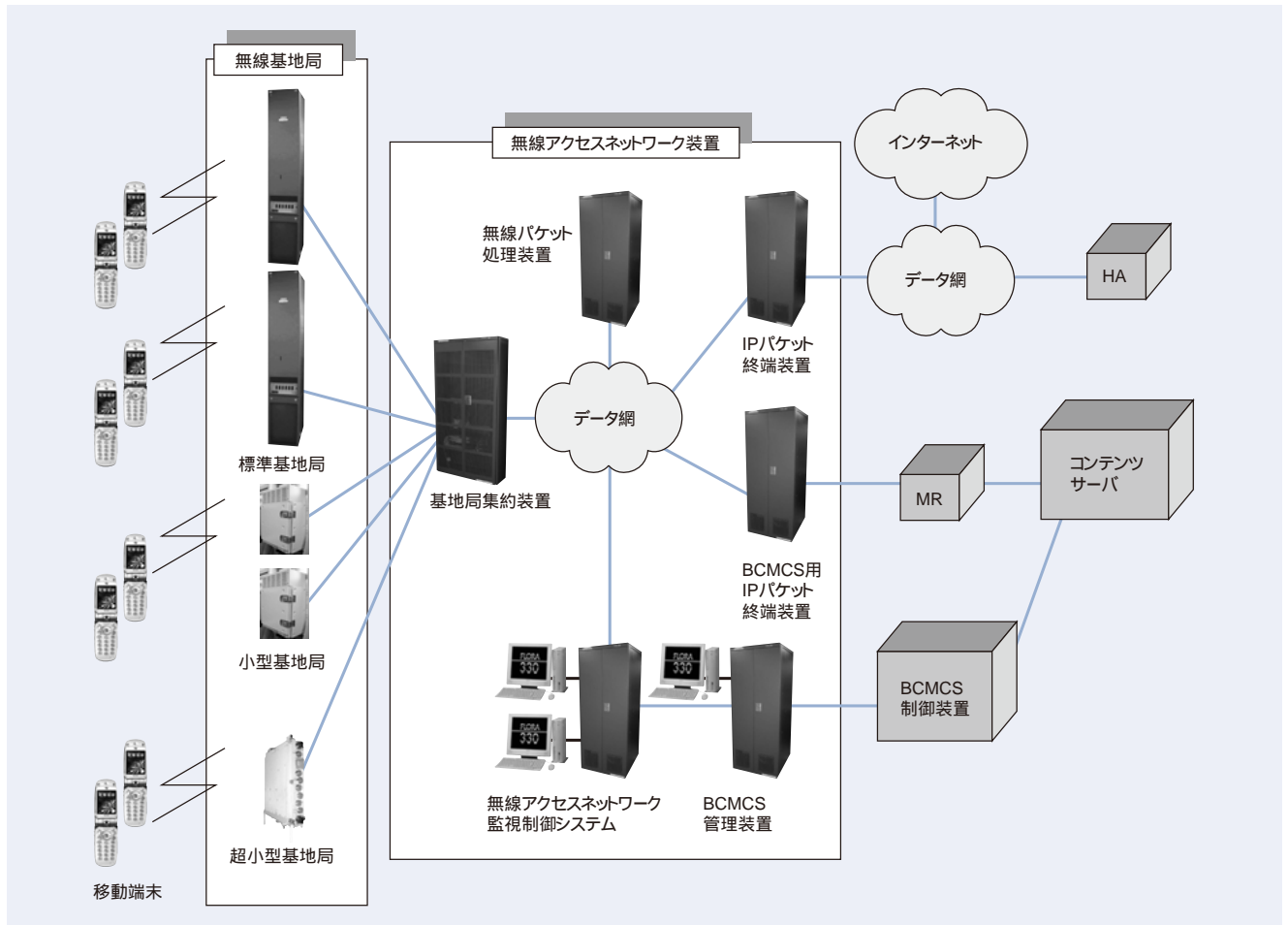


移動体用無線パケット通信技術「1xEV-DO」で 実現するブロードキャストサービスとQoS制御機能

Broadcast Services and Quality of Service Control Function by 3rd-Generation Mobile Communication System "1xEV-DO"

濱口 直久 Naohisa Hamaguchi
影井 隆 Takashi Kagei

眞澤 史郎 Shirō Mazawa
高橋 陽介 Yōsuke Takahashi



注：略語説明 IP(Internet Protocol), BCMCS(Broadcast/Multicast Services), HA(Home Agent), MR(Multicast Router)

1xEV-DOのシステム構成例

1xEV-DO(1x Evolution Data Only)の下「無線基地局から移動端末方向」と上「移動端末から無線基地局方向」のそれぞれの最大伝送速度は2.4 Mビット/sと144 kビット/sであり、きわめて高速な無線移動体通信版のADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)を提供することができる。

高速かつ安価なモバイルデータ通信が求められる中で、標準化団体3GPP2は、最大2.4 Mビット/sの無線データ通信システムを提供する1xEV-DOシステム上で、多数の相手に映像などのデータ配信を行えるBCMCS (Broadcast/Multicast Services)と、通信帯域と低遅延を保证するためのQoS(Quality of Service)制御機能を実現するための規格を規定した。日立グループは、すでに開発済みの1xEV-DOシステムにこの標準規格を付加し、無線パケット処理装置から無線基地局に

パケットを送信するタイミングをシステム全体で制御することで、BCMCS機能を実現した。また、独自のQoSスケジューラ技術を開発することにより、QoS制御機能を実現した。さらに、実験室環境でその有効性を検証し、KDDI株式会社にトライアルシステムとして納入した。BCMCSとQoS制御機能を1xEV-DOに付加することで、ユニキャスト通信に加え、データの一斉配信や放送型のサービスのほか、IP・テレビ電話などへの適用が期待される。

1 はじめに

携帯電話の普及により、音声通信の主役は有線から無線に移っている。また、モバイルインターネット環境も、固定通信網の高速化との相乗効果によって広く浸透し、現在は、さらに高速かつ安価なモバイルデータ通信を望む声が高まっている。このようなニーズに応えるため、米国クアルコム社から標準化団体3GPP(3rd Generation Partnership Project)に携帯電話システム用の無線パケット通信技術が提案され、標準化作業の後、1xEV-DO(1x Evolution Data Only)として規定された。高速パケット通信に特化、最適化した通信方式を採用することで、移動通信環境でのパケット伝送効率を高め、1.25 MHzの帯域幅で最大2.4 Mビット/sの伝送速度を実現している。1xEV-DOは、ベストエフォート型のユニキャスト通信方式(C.S0024 Revision 0)として規定された。その後、BCMCS(Broadcast/Multicast Services)がC.S0054規格として、QoS(Quality of Service)制御機能がC.S0024 Revision A規格として制定された。

日立グループは、すでに開発済みの1xEV-DOシステムの機能を拡張し、実験室環境でBCMCSとQoS制御機能を実証し、KDDI株式会社にトライアルシステムとして納入した。

ここでは、そのシステムの概要について述べる。

2 BCMCSとQoS制御機能を利用したサービス

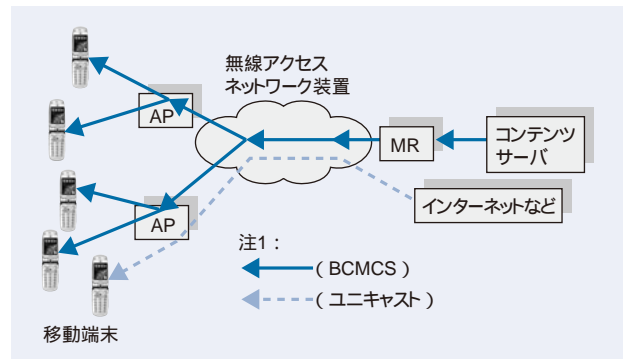
2.1 BCMCS機能を利用したサービス

無線通信システムでは、有限資源である電波を共用するため、電波の利用効率を上げることが重要である。そのため、周波数当たりの情報量の増加に加え、複数ユーザーに同一のデータを一度に配信する場合に、BCMCSを活用することで、電波や通信設備を含めた資源を有効に利用することができる(図1参照)。

1xEV-DOによるBCMCSを適用したサービスとしては、複数の移動端末が同じ情報を共有できる、以下のような新しいサービスが考えられる。

- (1) 複数ユーザーへの電子書籍の同時配信
- (2) ストリーミングによる番組の放送
- (3) 1対Nの通信(トランシーバのようなサービス)
- (4) N対Nの通信(携帯電話を使ったテレビ電話会議)

また、特定の無線基地局や無線基地局のグループだけに配信することもできるため、例えば、スポーツイベントなどの解説をその地域にある移動端末に向けて配信し、BCMCSに対応する移動端末を持つユーザーに付加価値を提供するサービスなどが考えられる。



注2: 略語説明 AP(Access Point), MR(Multicast Router), BCMCS(Broadcast/Multicast Services)

図1 1xEV-DOシステムによるBCMCSの実現例

ネットワーク装置と無線基地局で送信データを複製し、移動端末にマルチキャストしている例を示す。

2.2 QoS制御機能を利用したサービス

ベストエフォート型に最適化されたパケット型の通信システムである1xEV-DOは、遅延に敏感なVoIP(Voice over Internet Protocol)やジッタ(揺れ)に敏感なストリーミング系のアプリケーションを提供するには不向きであった。しかし、QoS制御機能の実装により、1xEV-DOシステムでもVoIP技術を用いたIP(Internet Protocol)テレビ電話や、動画などストリーミング系のサービスを実現できるようになる。

3 BCMCSとQoS制御を実現するための技術

3.1 BCMCSを実現するための技術

1xEV-DOによって伝送速度200~400 kビット/sのBCMCSを実現するためには、データの誤り訂正技術が必要となる。ユニキャスト通信方式では、送信データに誤りが発生しても移動端末ごとにデータを再送し、誤りを訂正することが可能である。しかし、BCMCSでは複数の端末に同時送信することから、個別に再送処理を行うことができない。そのため、伝送誤りが発生しても強力に訂正するR-S(Reed-Solomon)符号による誤り訂正符号技術が採用されている。R-S符号技術では、K個のデータ行に対してR個のパリティ行を付加することにより、誤りデータを含んだR個までの行を訂正することができる。パースト(連続)誤りに対しても誤り訂正が可能な技術である(図2参照)。

R-S符号技術では、K(データ)に比べてR(パリティ)の比率を上げれば、訂正できる誤りの割合を高くすることができる。例えば、一つの無線基地局で大きな地域をカバーする場合に電波状況の悪い地域が生じても、データの誤り率を改善することができる。日立グループのシステムでは、アプリケーションやサービスに求められる無線帯域と電波状況に応じて、3GPP2標準で規定されているKとRの7種類の組み合わせから最適な組を選択することができ、柔軟な地域設計が可能である。

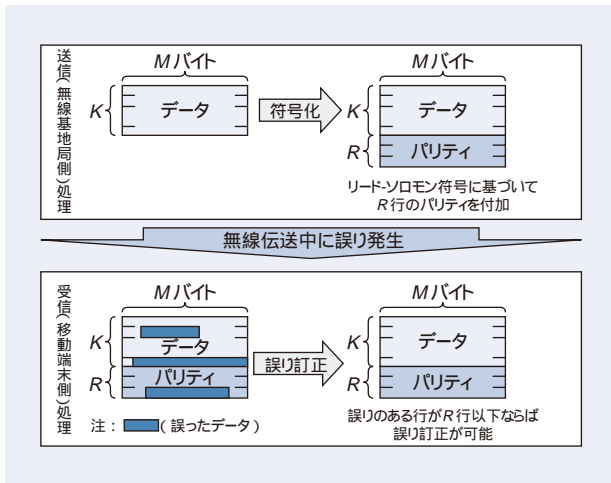


図2 リード・ソロモン符号化技術

K個のデータ行に対してR個のパリティ行を付加することで、誤りを含むR個までの行のデータを復元できる。

なお、R-S符号技術による誤り訂正を行う場合は、誤り訂正を行わない場合と比較して、利得換算で1～3.5 dB程度の改善効果が得られる。

3.2 QoS制御を実現するための技術

日立グループは、ベストエフォート型に最適化して標準化された1xEV-DOシステムにQoS制御技術を導入し、リアルタイム通信型アプリケーションの利用にも適したデータ伝送特性である低遅延、低ジッタを達成した。QoS制御技術は、無線基地局から移動端末へ送信する下り方向データのQoSスケジューリング、移動端末から無線基地局へ上り方向データを送信する際に用いるパラメータであるレート遷移確率のチューニング、および優先制御呼の接続制御機能によって実現される。

下り方向データのQoSスケジューリングは、無線基地局が移動端末へデータを送信する際に、優先制御対象の移動端末へのデータ送信を優先的に行う。従来の1xEV-DOシステムの下り方向データの送信では、電波状態がよく高スループットが期待できる移動端末に優先的にタイムスロットを割り当て、電波状態が悪く低スループット送信だけが可能な移動端末についても、適宜タイムスロットを割り当てることで不公平感を低減する方式を採っている。このタイムスロットを割り当てるアルゴリズムであるスケジューラの機能を高めることで、電波状態のよい移動端末がベストエフォート型通信を行っているときに、電波状態の悪い移動端末がQoS制御対象であった場合には、QoS制御対象の移動端末へのデータ送信を優先することで、リアルタイム型アプリケーションに必要な低遅延、低ジッタを実現した。

上り方向データ送信については、複数の移動端末が存在し、それぞれが高レートで送信しようとするすると、移動端末から送信する電波出力が大きくなって、互いの電波が干渉するために、無線基地局で電波の復調ができなくなる。このような状況を防ぐため、無線基地局は電波の干渉量を監視し、干渉

量が復調困難な量に近づくと、全移動端末に対して電波出力を下げるように制御する。この制御により、各移動端末はあらかじめ無線基地局から指定された確率で送信レートを下げることによって、電波送信出力を下げる。一方、干渉量が少ないときには、全移動端末に対して電波送信出力を上げる許可を出す。各移動端末では、あらかじめ無線基地局から指定された確率で電波出力を上げ、送信レートを上げることができる。上り方向データのQoS制御を行うために、QoS制御対象の移動端末に対してだけ送信レートを上げる確率を高く、かつ送信レートを下げる確率を低くすることで、QoS制御対象の移動端末の遅延を低減している(図3参照)。

このようなデータ転送の優先制御に加え、優先制御呼の接続制御機能を備えている。優先制御対象となっている移動端末の電波受信環境が悪い場合には、低レートでのデータ送信が行われるため、その移動端末用に割り当てられるタイムスロットが長くなり、結果として無線基地局から送信するデータのスループットが低下する。したがって、優先制御対象の移動端末の接続数が増加すると、優先制御を行わない移動端末へ割り当てられる帯域が大幅に減ってしまう。これを防ぐために、優先制御対象の移動端末接続数を制限し、優先制御を行わない移動端末への帯域を確保するようにした。

このような技術要素により1xEV-DOシステムに優先制御機構を備えることで、遅延とジッタの低減を達成し、VoIPアプリケーションなどのリアルタイム型アプリケーションの利用を可能とした。

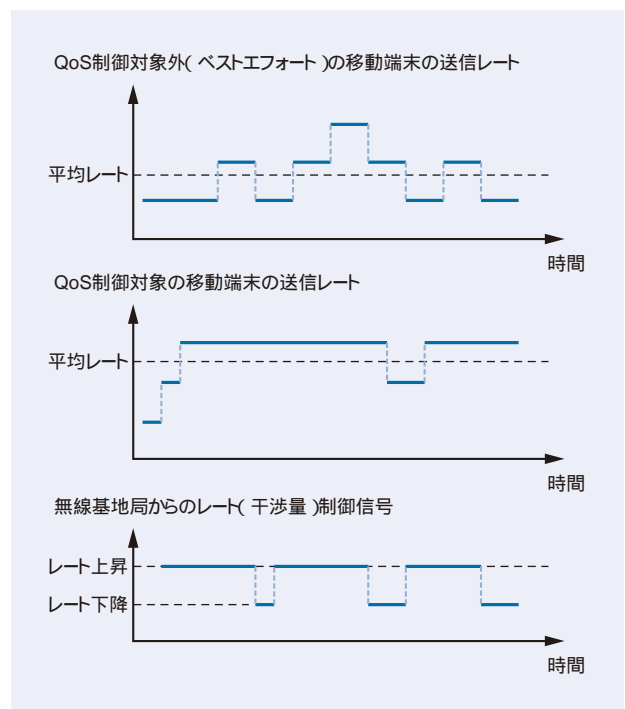


図3 上りレート遷移確率によるQoS制御例

QoS制御対象の移動端末では送信レートを上げやすく下げにくい設定となるために、QoS制御対象外の移動端末と比べると平均送信レートが高く、送信レートが安定している。

4 BCMCSとQoS制御機能の今後の展望

4.1 BCMCSの機能拡張

3GPP2は、1xEV-DO BCMCSの機能拡張仕様 Enhanced BCMCS を、2005年後半完了を目標に策定中である。Enhanced BCMCSでは、無線方式を改良することにより、無線基地局間の送信信号どうしの干渉を低減し、受信品質を向上する方法について検討が進められている。これにより、BCMCSのスループットを現行の200~400 kビット/sから、約3倍の600~1,200 kビット/sに向上することを目標としている。

4.2 QoS制御機能の拡張

3GPP2は、現在サービス中の1xEV-DO Revision0方式の次期バージョンである1xEV-DO Revision Aの仕様を2004年3月に完成させた。Revision Aの主な特徴として、上り回線の高速化とQoS制御機能への対応があげられる。QoS制御機能への対応について、以下に述べる。

(1) 論理回線ごとの個別制御

一つの無線回線を論理的に複数のフローに分割し、フローごとに個別のQoS制御を行うことを可能とした。これにより、例えば音声通話とウェブ閲覧を同時に行うといった場合に、音声通話には低遅延のQoS、ウェブ閲覧には高スループットのQoSを割り当て、個別にQoS制御することを可能とした。

(2) 下り回線使用効率の改良

音声通話のような小さいパケットを短周期で送信するサービスに対応するため、下り回線で一つの無線パケットの中に複数ユーザーのパケットをまとめて格納する「マルチユーザーパケット機能」と、無線パケットそのものを小さくしてパケット当たりの送信時間を短縮した「ショートパケット機能」を追加した。

(3) 上りレート制御方式の改良

上り回線のレート制御方式を、従来の確率ベースの制御方式から、データレートベースの制御方式に改良した。データレートベースの制御方式は、QoSや電波の干渉量などに応じて移動端末で目標平均送信レートを決定し、実際の送信レートの平均値と目標平均送信レートの差分が常に最小になるように送信レートを選択する方式である。これにより、ジッタと遅延の低減を実現した。

5 おわりに

ここでは、無線パケット通信技術「1xEV-DO」の概要と、今後の可能性について述べた。

音声通話をベースに発展してきた携帯電話が無線データ通信機能を持ち、今後は無線版ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)としても、ますます広く浸透していくと考えられる。BCMCSやQoS制御機能が1xEV-DOに付加されることで、無線データアクセス網の利用効率の向上に加え、携帯電話システムに放送型のサービスやIP・テレビ電話などの新たな価値が加わり、その適用領域が大きく広がることが期待されている。日立グループは、3GPP2への参加を通して、1xEV-DOの機能のいっそうの拡張に貢献していく考えである。

参考文献など

- 1) 3GPP2 S0054-0 Version 1.0, cdma2000 High Rate Broadcast-Multicast Packet Data Air Interface Specification, February 2004
- 2) 3GPP2 S0024-A Version 1.0, cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification, March 2004

執筆者紹介



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



眞澤 史郎

1997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: shirou_mazawa @ cm. tcd. hitachi. co. jp



影井 隆

1986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の開発に従事
情報処理学会会員、電子情報通信学会会員
E-mail: takashi_kagei @ hitachi-com. co. jp



高橋 陽介

1997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
E-mail: yousuke_takahashi @ cm. tcd. hitachi. co. jp