

# HSDPA対応無線ネットワーク制御装置

## Radio Network Controller for HSDPA

あらまし

HSDPA ( High Speed Downlink Packet Access ) は、W-CDMA方式を採用する無線アクセスネットワークにおいて、下り方向、最大14.4 Mbpsの高速パケット伝送路を提供するための技術である。この技術は当該ネットワークにおいてエンドユーザがダウンロードするコンテンツの容量を大幅に拡大させ、より豊富で多彩なサービスを実現可能とした。

本稿では、無線系ネットワークのマネジメントノードである無線ネットワーク制御装置 ( RNC ) におけるHSDPAサービスの適用概要を述べるとともに、効率的にユーザデータを転送可能とする仕組みについて解説する。また、HSDPA機能を追加するに当たり、既存の音声データや個別のパケットデータを含めて最も効率的に、かつ効果的に無線系ネットワークを制御するソフトウェア技術の特徴について述べる。

### Abstract

High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) technology provides a maximum data transfer rate of 14.4 Mbps for packet downlink channels of wireless access networks that use Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA). This technology enables a wider range of services to be offered. This paper outlines the application of HSDPA in radio network controllers (RNCs), which are the management nodes of wireless access networks, and describes how HSDPA efficiently transmits data. It also describes how HSDPA makes it possible to effectively and efficiently control an entire wireless access network, including its voice and packet data.



浜田 裕 (はまだ ゆたか)  
モバイルシステム事業本部第二開発  
統括部 所属  
現在、移動通信制御装置のプラット  
フォーム開発に従事。



後田智司 (うしろだ さとし)  
モバイルシステム事業本部第二開発  
統括部 所属  
現在、移動通信制御装置の無線制御  
ソフトウェア開発に従事。

## ま え が き

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) は従来の3Gシステムに対して、下り方向のパケット伝送の高速化を目的として追加された3.5Gシステムの代表的な技術の一つである。HSDPAにより提供される下り方向の高速パケット伝送路は、無線基地局装置と無線端末装置の間で終端される適応変調技術<sup>(注1)</sup>やレイヤ2レベルの再送技術など、多岐にわたる無線伝送路の効率化利用技術により実現されている。これらの技術は最大14.4 Mbpsの無線伝送路をユーザに対して提供するものであり、従来のパケット通信速度 (384 kbps) を大幅に拡大した。しかし、前述のような基盤技術をより有効に機能させ、システムとして複数のユーザに対して最適なダウンロード環境を提供するためには、ユーザごとに刻々と変化する電波環境に応じた精度の高い流量監視とフロー制御、QoS管理、さらには流量監視結果に最適化するためのチャネル種別切替え、ユーザの移動によるハンドオーバーなど、無線/有線リソースを最大限有効に活用するためのソフトウェアの実装が不可欠である。

本稿では、まず前半で無線ネットワーク制御装置 (RNC : Radio Network Controller) を中心としたシステム構成を明示するとともに、HSDPAを実現するための機能開発部位とハードウェア実現手段、システムとして要求されるフロー制御やQoS管理、および最大のスループットを実現するために必要となるRAN (Radio Access Network) 内総遅延の最小化に関する施策について述べる。また、後半では無線制御ソフトウェアによる無線ネットワーク利用効率の最適化技術などについて言及する。具体的には呼の割当て手順、HSDPA呼を含めた状態遷移、ハンドオーバーなどについて従来の機能との差分や優位性を含めて解説する。

HSDPAシステム構成<sup>(1),(2)</sup>

移動無線システムにおけるネットワーク構成を図-1に示す。HSDPAサービスを適用する下り方向のユーザデータはコアネットワーク (CN : Core Network) 中のSGSN (Serving GPRS Support

Node) より無線ネットワークサブシステム (RNS : Radio Network Subsystem) 中のSRNC (Serving RNC) に供給される。SGSNはユーザの位置管理、セキュリティ管理やアクセス制御を行う装置である。SRNCは無線端末装置 (UE : User Equipment) が最初に接続されたRNCであり、無線回線制御、MAC<sup>(3)</sup> (Media Access Control) サブレイヤの終端が主な機能である。ユーザデータはその後、無線基地局 (Node-B) で無線フレーム化され、UEに提供される。UEが移動することにより、ほかのRNCに接続されたNode-Bに接続される場合には、ユーザデータはDRNC (Drift RNC) 経由で提供される。DRNCはユーザデータの中継のみを行うものである。

装置構成<sup>(4)</sup>

RNCの装置構成を図-2に示す。RNCは、装置内の信号交換処理を行うスイッチ (SW) を中心に各機能ブロックをビルディングブロックで積み上げる方式を採用しており、機能・設備容量の追加・変更に対応できる構成となっている。

なお、図-2に示すHSDPU部、およびSPU部については、下り高速パケット伝送を実現するために従来のRNCに対して主に変更を加えた部分である。

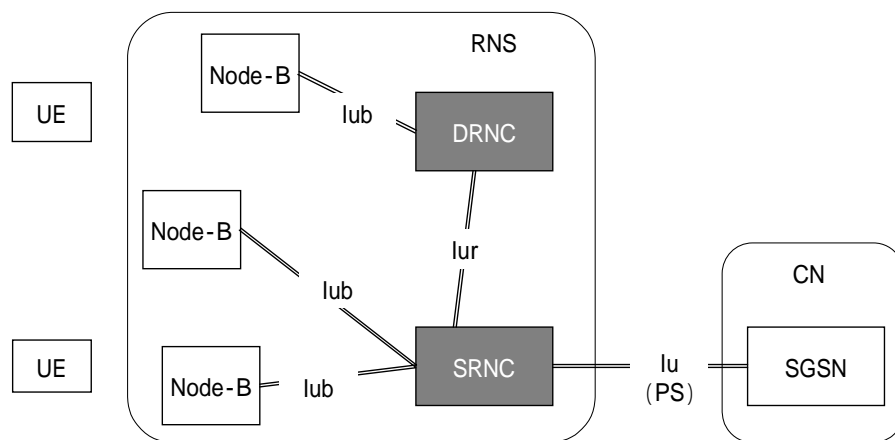
まず、HSDPU部はHSDPAサービスを適用するために必要な下り高速パケットデータを終端するために、新規に追加した機能ブロックである。当該機能ブロック内は複数カードによる冗長構成を取っており、カード障害時には予備系への切替えを実施することで、サービスの継続が可能である。

また、SPU部においては、高速のパケットデータ伝送を実現するに当たり、従来のパケット処理カードと置き換えて使用可能な新規カードを投入した。従来のパケット用SPUカードでは最小の動作周期が10 msであったのに対し、HSDPA対応SPUカードでは2 msとし、大幅な性能向上を実現している。

## 技術的特徴

HSDPAサービス適用時の主要なプロトコルであるRLC<sup>(5)</sup> (Radio Link Control) とHS-DSCH\_FP (High Speed Downlink Shared Channel\_Frame Protocol) の動作について概説する。

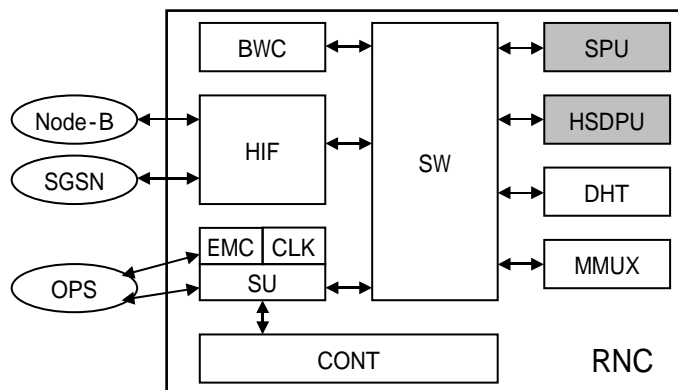
(注1) 無線状況に応じて符号化および変調方式を変更することで無線品質を確保するための技術。



RNS:無線ネットワークサブシステム  
SRNC:無線ネットワーク制御装置(Serving)  
DRNC:無線ネットワーク制御装置(Drift)  
Node-B:W-CDMA無線基地局  
UE:無線端末装置

CN:コアネットワーク  
SGSN:GPRS(General Packet Radio Service)サポートノード(Serving)  
Iu(PS):RNC-CNインタフェース規定点  
Iur:RNC-RNCインタフェース規定点  
Iub:RNC-BTSインタフェース規定点

図-1 ネットワーク構成  
Fig.1-Network architecture.



HIF:Node-B/xGSN回線終端  
CLK:装置内基準タイミング生成  
MMUX:MAC層多重分離処理  
EMC:装置状態異常監視制御  
HSDPU:HSDPA下りデータ処理部  
CONT:主制御  
RNC:無線ネットワーク制御装置  
SGSN:GPRS(General Packet Radio Service)サポートノード(Serving)

BWC:送信データ帯域制御  
DHT:ダイバーシチハンドオーバー処理  
SU:制御信号終端(呼処理など)  
SPU:音声/パケット等信号変換処理  
SW:装置内信号交換  
Node-B:W-CDMA無線基地局  
OPS:オペレーションシステム

図-2 RNC装置構成  
Fig.2-RNC structure.

RLCはSRNCとUEで終端されるプロトコルである。SGSNから供給されたユーザデータは、複数の短いPDU (Protocol Data Unit) に分割され、UEまで届けられる。ユーザデータを確実に届けるため、RLCプロトコルは、PDUの送達確認、伝送経路中のデータ欠落に対する再送制御を実施する。

HS-DSCH\_FPはHSDPAサービスのために新規

に設けられたフレームプロトコルであり、SRNCとNode-Bで終端される。フレームの種別としてはHS-DSCHデータフレームとHS-DSCH制御フレームが存在する。HS-DSCHデータフレームは、ユーザデータを伝送するもので、ヘッダ部に送信データに対する優先度、およびフレーム抜けをNode-B側で検出するためのシーケンス番号が設定可能となっ

ている。本データフレームにより転送可能な最大伝送レートは、3600バイトのフレーム中に複数のPDUを多重し、2 ms周期でNode-Bに供給するため、 $3600 \times 8 \text{ ビット} / 2 \text{ ms} = 14.4 \text{ Mbps}$ となる。HS-DSCH制御フレームは、Node-BからRNCに対して送信データ量を抑制するCA (Capacity Allocation) とRNC側からNode-Bに対して送信割当てを要求するCR (Capacity Request) がある。フロー制御の動作について次に示す。

#### 伝送レート最適化技術

HSDPAでは伝送レートの最適化を実現するためにHS-DSCH\_FPフロー制御を行っている。HS-DSCH\_FPのフロー制御概要を図-3に示す。

無線区間の伝送速度は、無線環境および混雑度に応じて適応的に変化させる技術により常時変化している。このため、無線区間の伝送速度に対して有線区間の伝送速度が高速となった場合、無線区間を終端するNode-Bで伝送データの滞留、破棄が発生する。また、有線区間においても一次的に既定の伝送容量を超えた伝送データが発生した場合は破棄が発生する可能性がある。破棄が発生した場合には、RLCプロトコルの再送機能により破棄されたデータを救済するための再送が実施されるが、伝送容量の不足による破棄が発生している条件下では再送されたデータが再度破棄され、条件が悪化する懸念がある。

HSDPAではこのような状況を考慮して、Node-B主導でRNC側で生成されるRLC\_PDUを抑制するためのフロー制御をCAおよびCRを使用して実施する。Node-Bは無線区間の伝送速度低下や有線区間の伝送容量の不足によるHS-DSCH\_FPの誤り、抜けを検出した場合に、RNCに対してCAを送信して送信レートを下げることが要求する。RNCはCAを

受信すると受信した内容に従い、単位時間中に送信されるRLC\_PDU数を制限することでフロー制御を実現する。フロー制御を実施中はRNC内にデータが滞留する場合があるが、RNCはCRをNode-Bに対して送信することで装置内にデータが滞留していることを伝え、送信の再開を要求することができる。

#### パケット伝送速度の高速化技術

HSDPAでデータ伝送を行う場合、RLCレイヤの理論的な速度上限 (Vmax) を下記に示す。

$$V_{\max} = \text{RLC\_PDU長} \times \text{送信ウィンドウサイズ} / \text{RTT} \quad \dots (1)$$

- ・RLC\_PDU長：RLCレイヤの単位パケット長
- ・送信ウィンドウサイズ：RLCを終端しているSPUが送達確認なしで送信が可能であるRLC\_PDU数
- ・RTT (Round Trip Time)：送達確認を要求してから応答が受信されるまでの時間

伝送速度の高速化のためには式(1)に示した内容より、RLC\_PDU長、送信ウィンドウサイズを大きく取るか、またはRTTを短くする必要がある。ただし、RLC\_PDU長、送信ウィンドウサイズはシステム的なパラメタの上限や対向装置が持つバッファ量などにも依存するため、効率良く高速化を実現するためにはRTTの短縮が不可欠である。そのためにRNCとしては装置内での遅延を最小化する目的で以下の施策を実施している。従来のRNCで行うプロトコル変換の最短周期は上り、下りともに20 msとしていた。しかし、HSDPA対応のRNCでは、下り方向のプロトコル変換を複数のDSP (Digital Signal Processor) を用い並列処理させることにより2 ms周期で実現し、大幅に遅延を短縮

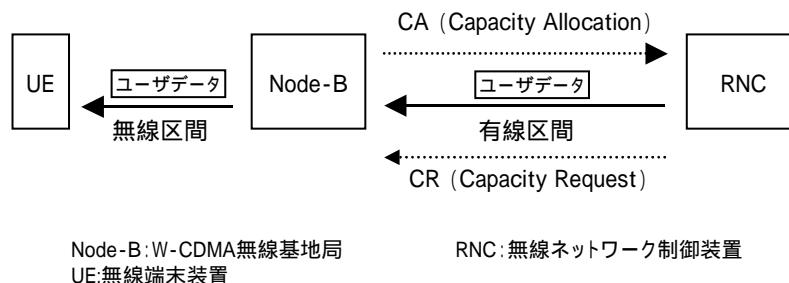


図-3 フロー制御  
Fig.3-Flow control.

した。また、上り方向のプロトコル変換については、従来どおりDHTで処理を実施しているが、動作周期を10 msまで短縮した。

#### 装置内信号のQoS制御

RNC内および他ノードを接続する回線上では、制御信号や、音声・画像・パケットなどのユーザデータが混在して伝送される。このような環境下において、適切なQoS制御なしに大容量パケットデータが流入した場合、制御信号やユーザデータの遅延・欠落によりシステムの品質低下を招く恐れがある。

RNCでは従来よりNode-Bなど、他ノードに送信する信号種別に応じた帯域制御・優先制御をBWC部で実施している。さらに、HSDPAに対応したRNCでは、装置内の信号種別としてHSDPAユーザデータを新たに設け、当該データの処理の優先度、滞留可能なデータ量を設定することを可能とし、より厳密な装置内QoS制御の実現により大量のHSDPAユーザデータ処理を実行している条件でも、そのほかの制御信号やユーザデータの品質劣化が発生することがないようにした。

### 無線制御ソフトウェア

HSDPAシステムによるパケット通信の高速化を

実現するために、RNCに搭載される制御ソフトウェアにも様々な新規機能が追加されている。本章では、HSDPAによる通信を確立するために必要となる無線制御、主にHSDPA接続制御・状態遷移制御・端末移動制御の特徴について概説する。

#### HSDPA接続制御

HSDPAによるパケット通信接続シーケンスを図-4に示す。UEがHSDPAによるパケット通信を確立するためには、以下の三つの条件が必要となる。

- (1) UEがHSDPA通信能力を具備していること。
- (2) 上位ノード（SGSN）より通知される通信条件をUEが許容できること。
- (3) UEの在圏するセルがHSDPA通信用チャネルを保有していること。

(1) の条件は、UEが制御チャネル（RRC Connection）を確立するとき、RNCへ自らの端末能力（UE Capability）<sup>⑥</sup>情報を通知することで示される。UE Capabilityは、RRC Connection Setup Complete<sup>⑥</sup>メッセージに含まれ、HSDPA通信のサポート可否情報やサポートする場合の端末カテゴリ（HSDPA通信時の下り最大伝送レートなど、端末の無線アクセス能力）が規定されている。これにより、RNCは接続する端末の通信能力を知ることができる。

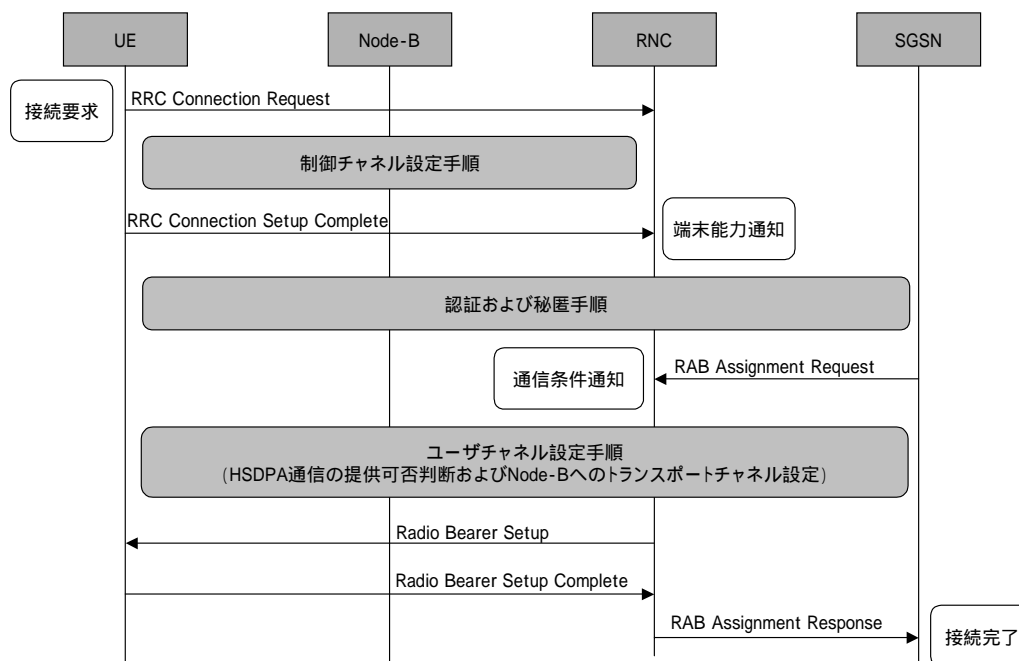


図-4 HSDPAによるパケット通信接続シーケンス

Fig.4-Packet switched service establishment procedure in HSDPA.

(2)の条件は、上位ノードであるSGSNが、これから設定するサービスの通信条件(RAB Parameters)<sup>(7)</sup>をRNCに通知することで示される。RAB Parametersは、RAB Assignment Request<sup>(7)</sup>メッセージに含まれ、サービスが要求する伝送速度などの情報が規定されている。

(3)の条件は、HSDPA通信設備を持たないエリアにおいてはHSDPAサービスが受けられないことを意味している。RNCは、これら三つの情報から、該当UEに対して自局管理下のNode-B内セルでHSDPAサービスを提供できるか否かを判定し、その結果UE - Node-B間でHSDPA通信が可能な場合、RNCは次章で示すとおりトランスポートチャンネルとしてHS-DSCHを割り当てる。

#### 状態遷移制御

国際標準化団体3GPP(3rd Generation Partnership Project)で規格されたRelease99の3Gシステムには、上下双方向、または下り専用のユーザデータ用トランスポートチャンネルとして以下の2種類が存在する。

#### (1) DCH(Dedicated Channel)

UEごとに個別に割り当てられる上下双方向の通信が可能なチャンネルで、主に高速通信時に使用される。

#### (2) FACH(Forward Access Channel)

複数のUEが共通に使用できる下り方向専用のチャンネルで、主に低速通信時に使用される。

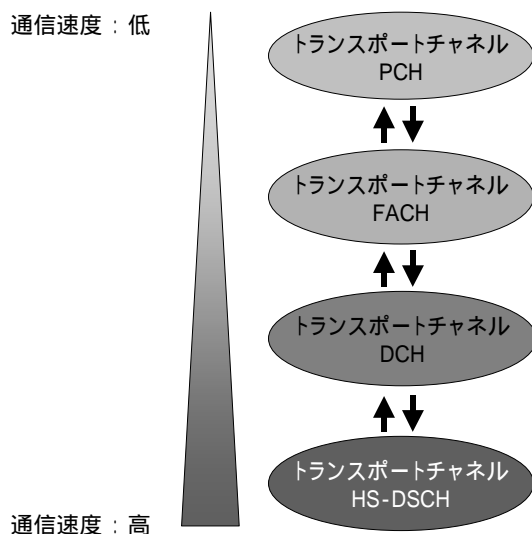


図-5 トランスポートチャンネルと状態遷移  
Fig.5-Transport channel and state transition.

Release99の3Gシステムでは、これらのチャンネルを通信中に随時切替え可能とすることで、個々の通信状態に最適なトランスポートチャンネルをダイナミックに設定可能としている。そして、HSDPAシステムでは、これら二つのチャンネルに加えて、新たなトランスポートチャンネルが追加された。

#### (3) HS-DSCH(High Speed Downlink Shared Channel)

複数のUEが共有して使用する下り方向専用のチャンネルで、HSDPAパケット通信時に使用される。

HS-DSCHは複数のUEが共有して使用するチャンネルであり、前章記載の伝送間隔の短縮化をはじめとする多くの高速化施策が取られている。RNCはUEに対してHSDPAサービスを提供する場合は、トランスポートチャンネルとしてHS-DSCHを割り当てる必要がある。また、HS-DSCHは従来のトランスポートチャンネルと同様、通信中における他チャンネルへの切替え、もしくは他チャンネルからHS-DSCHへの切替えが可能である。これによりHSDPA導入後においても、3Gシステム同様、高効率なリソース割当て制御を実現することができる。HSDPAシステムにおける各トランスポートチャンネルと状態遷移を図-5に示す。

#### 端末移動制御

HSDPA通信では、下りトラフィックチャンネルを高速化するために、前節記載のHS-DSCHというトランスポートチャンネルを用いて通信することが必要となるが、HS-DSCHは物理チャンネル(HS-PDSCH)にマッピングされ、図-6に記載のとおり単一Node-B(セル)のみからデータを受信するという形態を取る。そのため、端末が移動した場合に、移動に伴って通信先セルを切り替えるための制御が

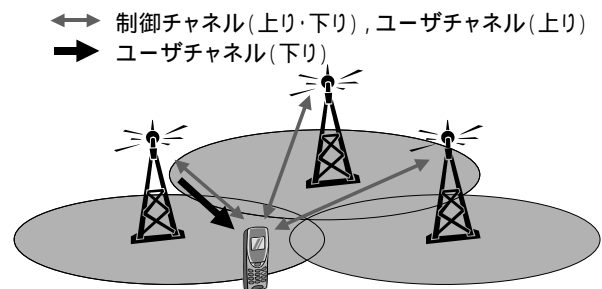


図-6 HSDPA通信形態  
Fig.6-Model of communication in HSDPA.

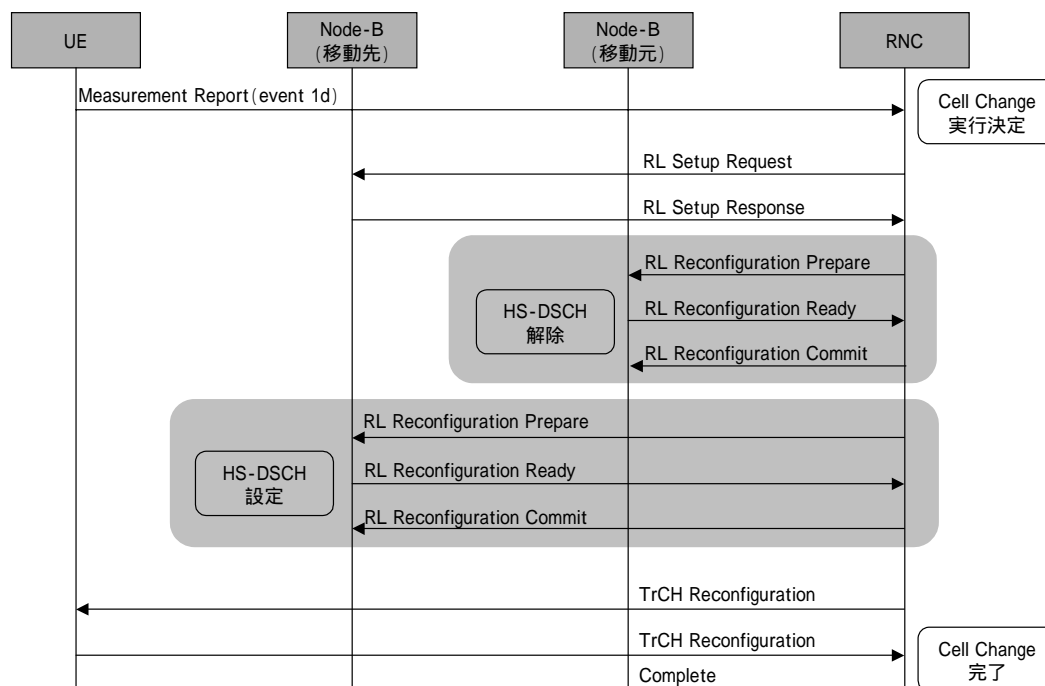


図-7 Node-B間セル変更シーケンス

Fig.7-Inter-Node-B serving HS-DSCH Cell Change procedure.

必要である。この切替え制御はServing HS-DSCH Cell Change<sup>(1)</sup>と呼ばれ、HSDPA通信時の特徴的な処理の一つとなっている。

なお、上下制御チャンネルおよび上りトラフィックチャンネルによる通信については、HSDPA通信時に付随される個別チャンネル（Associated-DPCH）を用いた、Release99のDiversity Handover方式<sup>(注2)</sup>を用いることができる。

RNCがServing HS-DSCH Cell Changeを実施するトリガとして、UEから報告される無線リンク受信品質報告の一つである、Change of Best Cell (event 1d)<sup>(6)</sup>がある。RNCはこの報告を受信することでHS-DSCH通信先セルの切替えを動作させることが可能である。図-7は上記をトリガとするCell Change手順の例を記載している。この例では、event 1d受信後、RNCは移動先セルに対する無線リンクを設定し、無線リンク再構成手順によりHS-DSCHの設定を指示するとともに、移動元Node-Bに対してはHS-DSCHの解放を指示する。その後、UEに対してトランスポートチャンネル再構成手順に

よりHS-DSCHを受信する無線リンクの変更を指示することでCell Changeが完了する。

## む す び

本稿ではHSDPAによる下り無線回線の高速化技術に関する概要を述べた。さらにHSUPAによる上り無線回線の高速化などの技術についても標準化されており、今後の移動無線アクセスネットワークの更なる高度化に向けた準備が整いつつある。また、3.5Gシステム以降のロードマップとしてSuper3G、4Gシステムによる最大100 Mbps～1 Gbps超の高速化技術を視野に入れた実用化検討も推進しており、富士通としては今後ますます発展が望まれる移動無線アクセスネットワークの実現に向けて貢献していく所存である。

## 参 考 文 献

- (1) 3G TS 25.308 V5.7.0 : ( 2004-12 ) Technical Specification Group Radio Access Network; High Speed Downlink Packet Access (HSDPA); Overall description; Stage 2 .
- (2) 3GPP TS 23.060 V5.12.0 : ( 2005-12 ) Technical Specification Group Services and System Aspects;

(注2) 一つのUEが同時に複数のNode-B（無線ゾーン）と多元的に通信を行うことで通信品質を向上させるW-CDMA技術。

General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage2 .

( 3 ) 3G TS 25.321 V5.10.0 : ( 2004-12 ) Technical Specification Group Radio Access Network; Medium Access Control (MAC) protocol Specification .

( 4 ) 斎藤宏行ほか：無線ネットワーク装置．*FUJITSU* , Vol.51 , No.1 , p.45-50 ( 2000 ) .

( 5 ) 3G TS.25.322 V5.10.0 : ( 2005-03 ) Technical

Specification Group Radio Access Network; Radio Link Control (RLC) protocol Specification .

( 6 ) 3GPP TS 25.331 v5.18.0 : ( 2006-09 ) Technical Specification Group Radio Access Network; Radio Resource Control (RRC) Protocol Specification .

( 7 ) 3GPP TS 25.413 v5.12.0 : ( 2005-06 ) Technical Specification Group Radio Access Network; UTRAN Iu Interface RANAP Signalling .

