

経済化と柔軟なネットワーク構築を実現する IP-based RAN 特集

IP化対応無線ネットワーク制御装置の開発

FOMA無線アクセスネットワークへのIPトランスポート適用を経済的に実現し、かつ今後のサービスの高度化・高速化に柔軟に対応できるIP化対応無線ネットワーク制御装置を開発した。

わたなべ やすゆき しまだ なおと
渡邊 靖之 島田 尚人
こばやし ひろなり ますだ まさふみ
小林 宏成 増田 昌史

1. まえがき

IP化対応無線ネットワーク制御装置(IP-RNC：IP-Radio Network Controller)はIP-based RAN(IP-based Radio Access Network)の制御装置として2006年4月に運用を開始した。IP-RNCは、IP技術やその他の汎用技術を積極的に取り入れ経済化を図る一方、今後のサービスの高度化・高速化に対する拡張性や変化するトラフィックへの適応性を考慮した構成となっている。

本稿では、IP-RNCの導入目的、装置アーキテクチャ、IPトランスポート制御技術について解説する。

2. IP-RNC開発の背景と目的

(1) 増加するパケットトラフィックへの対応

2001年のFOMAサービス開始以来、ユーザの増加に伴ってパケット通信のトラフィックが量・比率ともに増加している。ドコモでは、すでに2004年にコアネットワークを回線交換呼/パケ

ット交換呼で分離し、パケットトラフィックの増加への対応を行ってきた。さらに、2006年8月にはHSDPA(High Speed Downlink Packet Access)^{*1}サービスが開始され、FOMA無線アクセスネットワークにおいてもトラフィックの増加と高速化への対応を経済的に実現することが求められるようになった。IP-RNCは、FOMA無線アクセスネットワークの広帯域化を経済的に実現できるIP伝送路を適用し、増加するトラフィックに柔軟に対応可能な装置として開発された。

(2) 経済的なFOMAネットワークの拡大

FOMAサービスのユーザ数は2007年2月末時点ですでに約3400万に達しており、今後もPDC方式からの移行や新規加入による増加が見込まれている。また、サービスエリア自体も屋外基地局からの電波の届きにくいビル内、地下などや比較的ユーザの少ないエリアへの拡大が進められている。IP-RNCは、今後のトラフィック増への対応を経済的に実現するとともに、今後増加が予想される比較的小容量の

無線基地局装置(BTS：Base Transceiver Station)を数多く収容することを可能とすることで、さまざまな運用形態に対応可能な柔軟性を持つ装置として開発された。

(3) 新たなサービス実現のための拡張性

FOMAサービスは、今後もさらなるパケット通信サービスの高度化などの拡張が期待される。IP-RNCはこのようなサービスの高度化を担う装置として、その拡張性を考慮して開発が進められた。また、今後成長が期待される法人向けサービスの1つとして、柔軟なルーティング制御が可能なIPの特性を利用した企業向け構内通話サービス「OFFICEED^{*2}」の提供を可能にするなど、新規サービスの提供も行う。

3. 装置アーキテクチャ

3.1 ハードウェア構成と特徴

高性能・高密度で経済的かつ移動通信システムのインフラ装置としての信頼性を確保できる装置を実現するため、最新のデバイステクノロジーを用いた汎用製品を採用するというコンセプト

*1 HSDPA：W-CDMA方式に基づくダウンリンクの高速パケット伝送方式。3GPP規格上の下り伝送速度は、最大約14Mbit/sである。移動端末の電波受信状況に応じて、変調方式と符号化率を最適化する。

*2 OFFICEED：IMCS(Inbuilding Mobile Communication System)導入ビル内のエリア限定で提供されるグループ内定額通話サービス。FOMA端末による構内通信を可能にする。

のもと、IP-RNCのハードウェアの開発を進めた。

以下に本装置の特徴を説明する。

(1)ハードウェア能力

IP-RNCは、従来装置と比較して約2倍の最大処理能力、信頼性（MTBF (Mean Time Between Failure)^{*3}値）を、ほぼ同一装置サイズの19インチラック2架の装置構成で実現している（写真1）。

収容するBTSの数や規模に応じてカード数の増減により処理能力を調整することができるほか、将来的にトラフィック形態などに変化が生じた場合でも、制御部、トラフィック処理部などのカード数やカード構成比率を変更したり、必要な場合には架、シャーシの追加により対応することも可能な柔軟性を持っている。

(2)汎用規格の採用

PICMG (PCI Industrial Computers Manufacturers Group)^{*4}により規格化された通信用プラットフォームであるaTCA (advanced Telecom Computing Architecture)^{*5}規格の汎用サーバを採用し、シャーシ内の各カード類をaTCA

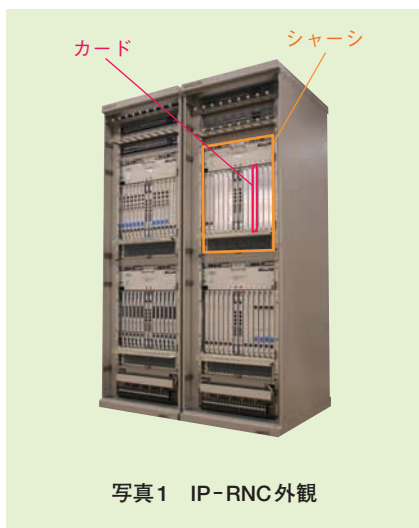


写真1 IP-RNC外観

規格に準拠させることで、プロセッサ部やスイッチ部への汎用製品の利用や標準規格上の保守監視機能の適用が可能となり、経済化および開発期間の短縮を図っている。

また将来的には、さらに高性能な規格対応品の適用により、処理能力向上も可能である。

(3)ハードウェア構成

IP-RNCのハードウェア構成を図1に示す。装置内のカード間、シャーシ間接続はGbE (Giga bit Ethernet)^{*6}接続となっており、カード間インタフェースをすべてメッシュ型の配線とすることで信号経路間の独立性を保ち、バス配線に比べてカード故障発生時の影響範囲を狭く抑えることができるほか、将来におけるサービスの高速化などを考えても十分な能力を有している。

3GPP (3rd Generation Partnership Project) に規定されている、共通チャ

ネル送受信データの多重分離、個別チャンネル送受信データの選択合成/複製分配、無線データリンク終端のRLC (Radio Link Control), HSDPAチャンネルのフレーム処理機能を実現するトランク部には、より大容量で高速な処理を実現可能とするため、複数のDSP (Digital Signal Processor)^{*7}を搭載した専用カードの開発など、高集積化による処理能力の向上を図っている。これにより、将来的な高機能化にも対応できる拡張性を有している。また機能ごとにカードを専用化せず、1つの共通カード（ベースカード）上で、搭載するファームウェアによってさまざまな機能が動作する仕組みとしたことにより、ハード増設を伴わず、ファームウェアの種別によりさまざまなトラフィック条件に柔軟に対応することが可能となった。これにより、カード種別の低減による予備カードの配置枚数の低減、ファームウェア更新時間の短

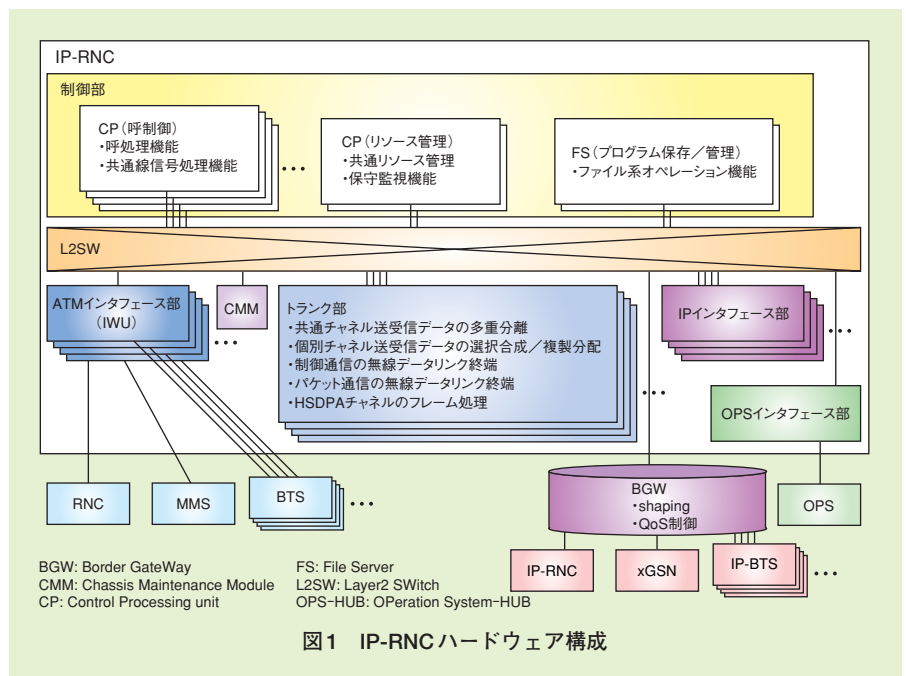


図1 IP-RNCハードウェア構成

*3 MTBF：装置やシステムの使用開始または故障回復から次の故障までの平均時間。
 *4 PICMG：PCI (Peripheral Component Interconnect) ベースの産業用組込ボードや関連製品の利用を促進するための組織。1997年10月設立。

*5 aTCA：PICMGが策定したキャリア（通信事業者）向け次世代通信機器の業界標準規格。
 *6 GbE：通信速度を1Gbit/sに高めた高速なEthernet規格。

*7 DSP：デジタル信号処理に特化したプロセッサ。

縮など、保守費用や稼働面の低減を実現している。

また、従来装置ではマルチメディア信号処理装置（MPE：Multimedia signal Processing Equipment）に配備していたパケット通信の無線データリンク終端機能を実装しており、今後予想されるパケットサービスの高機能化に対しても十分に対応できる潜在能力を有しているほか、装置をまたがるシグナリング手順やデータ転送も不要化でき、パケット呼の接続遅延短縮や低遅延化にも寄与している。

さらに、ATM（Asynchronous Transfer Mode）^{*8}とのインタワーク機能も有している。すでに全国展開されている既存のATMノードとの接続のためには、ATM接続が必要となる。そこでIPとATM間のインタワークのためのIWU（Inter-Working Unit）を開発した。ATM関連機能およびIPとATM間の変換機能をIWUに閉じて実現することにより、IP-RNCの装置本体のハードウェアやソフトウェアをすべてIPベースで設計することが可能となった。これにより接続ノードによらず処理を統一できるほか、将来的に

ATM接続が不要になればIWUを取り除くだけで余剰な設備を残すことなく、IP化への移行を実現できる構成とした。

3.2 ソフトウェア構成と特徴

(1) ソフトウェア構成

IP-RNCのソフトウェア構成を図2に示す。OSにはOSDL（Open Source Development Lab）^{*9}が定める通信事業者向けのLinuxであるCGL（Carrier Grade Linux）^{*10}を採用し、従来のインフラ装置と同等レベルの高信頼性、リアルタイム性を実現している。本OSはxGSN（serving/gateway General packet radio service Support Node）などのaTCAプラットフォームを持つ他のノードにも採用されるなど、すでに商用稼働している実績のあるOSである。また、オープンソースソフトウェアであることから、導入費用が低減できることに加え、必要な機能のみを取り込んだり、装置の要求条件に適合するようにカスタマイズすることも可能である。

ミドルウェアは、xGSNなどと共通部分である基本ミドルウェアとIP-

RNCに特化した汎用ミドルウェアに分かれている。基本ミドルウェアでは装置運用に必要な基本的な機能を有しており、汎用ミドルウェアはIP-RNC専用カードを含む装置内のカード監視機能や障害時の自律回復、保守運用からのカード制御といった保守監視機能を有している。

アプリケーションはFOMA無線アクセスネットワークの呼制御を担う呼処理機能や呼制御用プロトコルの処理機能、主にトラフィック、規制制御といったシステム運用に必要な保守機能を有している。

(2) ソフトウェア開発手法

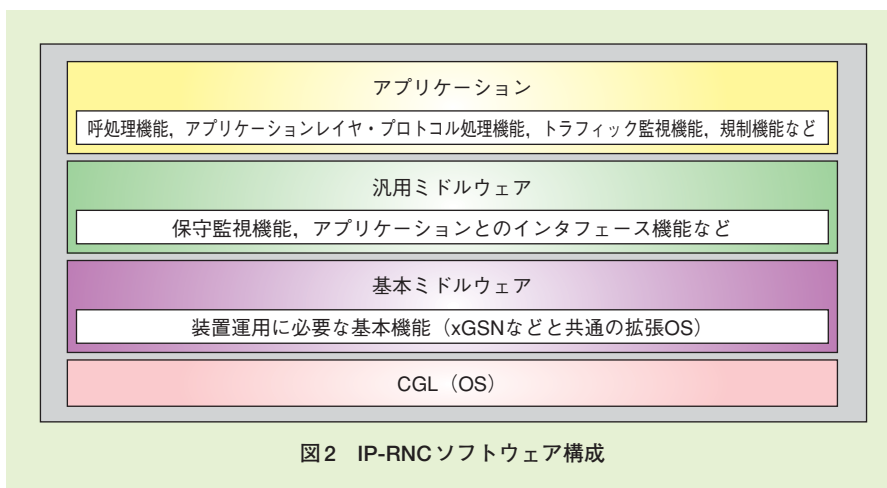
ソフトウェア開発にあたっては、低コストかつ短期間での良質なソフトウェア開発を目的に、既存RNCの資源を最大限活用するコンセプトで開発を進めた。具体的にはアプリケーションについて、既存RNCのソフトウェア資産を活用し、IP-RNCのソフトウェアアーキテクチャに適合するよう最低限の変更を施すことによって、短期開発とソフトウェアの品質維持を実現した。また、既存の資源活用という点ではソフトウェアの試験工程で使用される試験ツール類も活用対象とした。

今後の開発においてもこの既存ソフトウェア資産の活用は継続しており、開発環境、人材なども含みリソースの有効利用によりRNCとIP-RNC双方の開発効率化を図る。

4. IPトランスポート制御

4.1 ネットワーク構成概要

IP-RNCを中心としたネットワーク接続構成の概要を図3に示す。IP-RNCは、IWUを介したATMノードとの接



*8 ATM：セルと呼ばれる固定長のフレームを逐次転送する通信方式。

*9 OSDL：2000年12月に設立されたLinuxのビジネス利用を推進するための組織。Linux開発者コミュニティに対する技術情報やテスト環境を提供。

*10 CGL：Unix系のオープンソースOSであるLinuxのビジネス利用を推進する組織OSDL

が仕様を定めた、通信事業に利用可能な高信頼性Linux。

続に加え、対xGSN (Iu^{*11})、対IP-BTS (Iub^{*12})、およびIP-RNCどうし (Iur^{*13}) のIPインタフェースによる接続に対応し、各区間におけるIPトランスポート制御機能を備える。

IPトランスポート制御機能の設計にあたっては、積極的なIPルーティング適用をコンセプトとした。これによりノード間にまたがったハンドオーバーの際にも、ノードを経由しないダイレクトなルーティングが可能になり、ノードのユーザデータ転送負荷を軽減するとともに、データトラフィックの増加やユーザスループットの向上に対して汎用的なルータやスイッチにて構築されるIPネットワークの設備増強のみで対応することを可能にし、経済化や柔軟な設備設計を実現している。

4.2 プロトコルスタック

パケット通信におけるIP-BTS、IP-RNC、xGSN間のU-Plane (User-Plane) プロトコルスタックを図4に、Iur/Iub区間のプロトコルスタックを図5に示す。IPトランスポート化に際して、各区間のトランスポートプロトコルにはUDP (User Datagram Protocol)/IPを採用した。

接続構成としては、従来MMS (Mobile Multimedia switching System) を介していたIu区間のxGSNとの接続をIPインタフェースによる直接接続に変更するとともに、MMSにより転送していたRNC間ハンドオーバー時のIurデータをIPで直接転送可能にしている。これにより、IurデータのATM転送に起因するMMSの処理負荷や帯域ネックを解消し、スループット向上も可能にしている。さらに、後述する制御

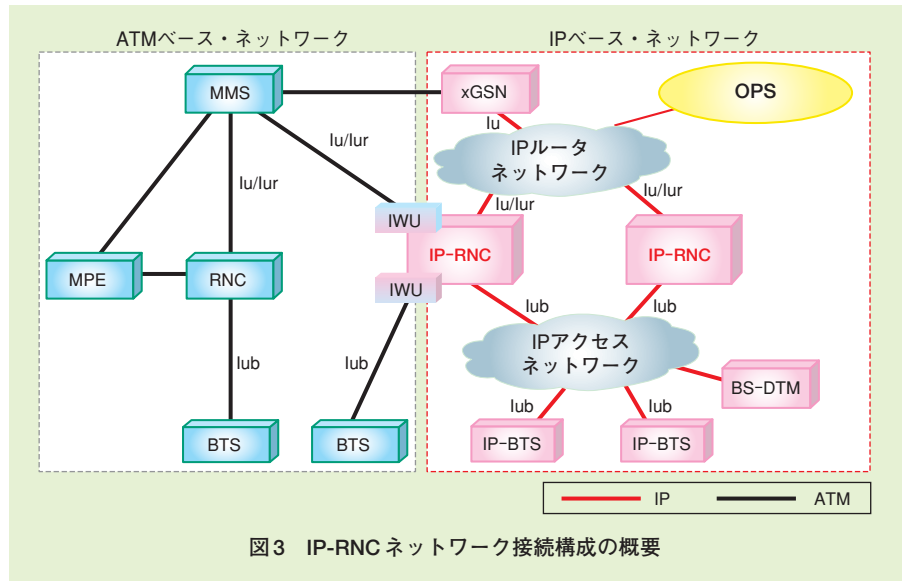


図3 IP-RNC ネットワーク接続構成の概要

手順の工夫により、Serving RNC^{*14}、Drift RNC^{*15}、BTS間のすべてがIPノードである場合には、Drift RNCを経由しないユーザデータ転送が可能になる。

4.3 接続手順

ATMノードどうしおよびIPノードどうしの場合におけるIub区間の接続手順例を図6および図7に示す。各装置は論理的にRNL (Radio Network Layer)^{*16}機能部とTNL (Transport Network Layer)^{*17}機能部に分けられ、RNLはトランスポートの相違 (ATM/IP) を極力意識せず、TNLによりATMまたはIPを意識した制御が行われる。

以下に従来のATMノードどうしの場合と今回開発したIPノードどうしの場合の接続手順を示す。

(1) ATMノードどうしの場合

ATMノードどうしの場合、RNLの無線回線設定とTNLのコネクション設定がそれぞれ独立に行われ、BID (Binding ID) と呼ばれる識別子によりRNLとTNLが対応付けられる。

まず、RNCのRNLよりRNLのシグナリング・プロトコルであるNBAP (NodeB Application Part)^{*18}により無線回線設定要求が行われた後 (図6①)、BTSのRNLはBIDを発行し信号に含めて応答する (図6②)。RNCのRNLはTNLに対してBIDを含めて回線設定を要求し (図6③)、TNLはAAL2 (ATM Adaptation Layer type 2)^{*19}のシグナリング・プロトコルにより、AAL2コネクションを識別するためのCID (Channel Identifier) を指定してコネクション設定要求を行う (図6④)。ここで、TNLの回線終端装置が介在する場合には、区間ごとにAAL2コネクション設定要求が行われる。AAL2のコネクション設定要求を受信したBTSのTNLは、信号に含まれるBIDをRNLに通知し (図6⑤)、RNLにて図6②において発行したBIDと対応付けることで、RNLの無線回線とTNLのAAL2コネクションを対応付ける。

(2) IPノードどうしの場合

IPノードどうしの場合、トランス

* 11 Iu : 3GPP標準仕様におけるRNCと回線交換機であるMSC (Mobile Switching Center)、パケット通信用交換機であるSGSN (Serving General packet radio service Support Node)の間の論理的なインタフェース名。

* 12 Iub : 3GPP標準仕様におけるNodeB (基地局) とRNCの間の論理的なインタフェース名。

* 13 Iur : 3GPP標準仕様におけるRNC間の論理的なインタフェース名。

* 14 Serving RNC : 呼制御を司るRNC機能の論理的な名称。RNC間ハンドオーバー時にDrift

RNC (* 15参照) と連携して制御を実施。
* 15 Drift RNC : リソース管理を司るRNC機能の論理的な名称。RNC間ハンドオーバー時にServing RNCと連携して制御を実施。

* 16 RNL : 3GPP標準仕様上の階層化構造における無線ネットワーク層。

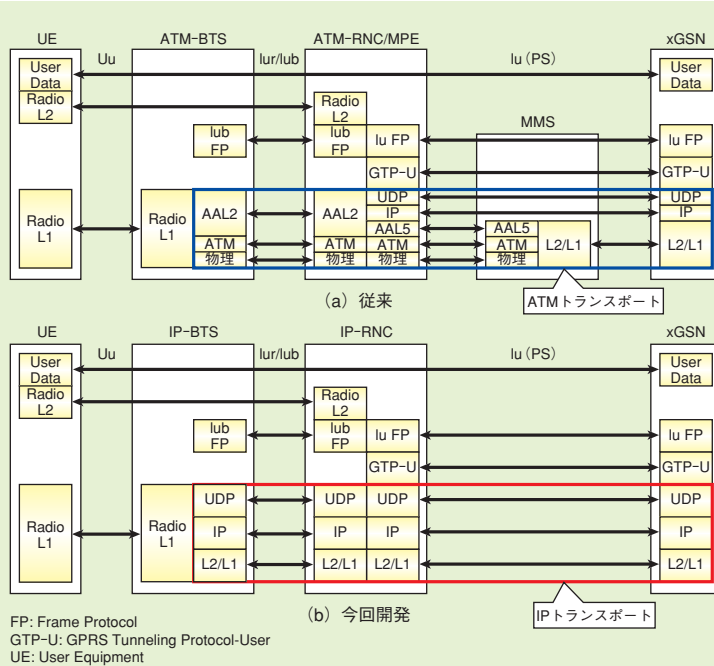


図4 パケット通信時のU-Planeプロトコルスタック

FP: Frame Protocol
GTP-U: GPRS Tunneling Protocol-User
UE: User Equipment

ロトコルであるNBAPで行えばよいためである。

IP-RNCのRNLはTNLへ回線設定要求後(図7①)、アドレス情報としてIPアドレスとUDPポート番号を取得し(図7②)、無線回線設定のNBAP信号に含めてIP-BTSに通知する(図7③)。IP-BTSのRNLはTNLへ回線設定要求を行いIP-RNC側のアドレス情報を通知する(図7④)とともに、IP-RNCと同様にTNLよりアドレス情報としてIPアドレスとUDPポート番号を取得し(図7⑤)、NBAPの応答信号に含めてIP-RNCに通知する(図7⑥)。IP-RNCのRNLはTNLにIP-BTS側のアドレス情報を通知して(図7⑦)手順は終了する。

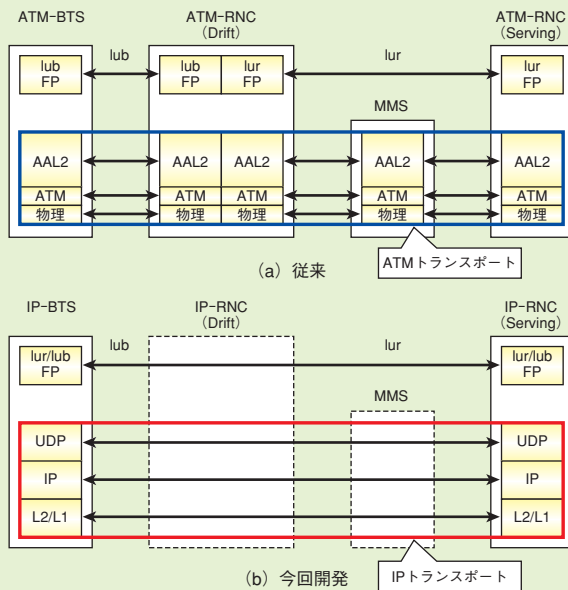


図5 lur/lub区間のU-Planeプロトコルスタック

ポート・ベアラの設定/解放機能を持つAAL2シグナリング・プロトコルの手順が省略可能である。これは、ATMと異なりIPが接続レスなプ

ロトコルであることから、エンド・ツー・エンドのアドレス情報を交換するのみでTNLの回線設定が可能であり、それをRNLのシグナリング・プ

4.4 制御上の工夫とポイント

IPトランスポート化にあたり、接続レスなIPの特性を活かした接続制御を考案しこれを適用した。ここでは代表的な例を2つ紹介する。

(1) BS-DTMによるU-Plane経路折返し

IP-RNCのTNL終端部を単独装置であるBS-DTMに切り出してIP-RNCから遠隔操作を行うことで、FOMA端末間通信のU-Plane経路を基地局付近で直接折り返す接続形態を可能にした。これにより伝送路の経済化が図られ、OFFICEEDサービス提供が可能となった。

接続手順としては、IP-RNCのRNLが自身のTNLではなくBS-DTMからアドレス情報を取得してIP-BTSに通知し、また、IP-BTSから取得したアドレス情報をBS-DTMに通知する(図8)。これにより、IP-RNCからIP-BTSの手順には変更を加えずにBS-

* 17 TNL : 3GPP標準仕様上の階層化構造におけるトランスポートネットワーク層。
* 18 NBAP : Iub上のシグナリング・プロトコル。
* 19 AAL2 : ATMレイヤと自身の上位層とを適合させるアダプテーション層のタイプの1つ。

DTMからIP-BTSのコネクション設定を完了することができる。

(2) Iur/Iub区間のユーザデータ直接転送

Serving RNC, Drift RNC, BTSのすべてがIPノードである場合には、制御手順においてDriftのIP-RNCにてRNSAP (Radio Network Subsystem Application Part)^{*20}で通知されたアドレス情報をNBAPに載せ替え、逆にNBAPで通知されたアドレス情報をRNSAPに載せ替える接続制御を行う(図9)。

この場合、ユーザデータはDriftのIP-RNCを経由せず、ServingのIP-RNCとBTS間でIPにより直接転送される(図10)。これにより、DriftのIP-RNC内部をユーザデータが経路することによる処理負荷や装置内の帯域を軽減させることに成功している。

5. IP-based RAN装置のIPネットワークへの収容

IP-RNCを含むIP-based RAN装置をIPネットワークに収容するために、IP-based RANには汎用のIPルータ、スイッチが採用されている。これらの機器によって実現される機能は以下のとおりである。

(1) QoS制御

従来のFOMA無線アクセスネットワークにおいては、サービスごとの優先度に応じたサービス品質(QoS: Quality of Service)^{*21}制御をATMの機能として実現してきた。IP-based RANにおけるQoS制御はIP-RNC, IP-BTS, BS-DTMなどが付与する、サービス種別ごとに異なるDSCP (DiffServ Code Point)^{*22}に基づいてIP

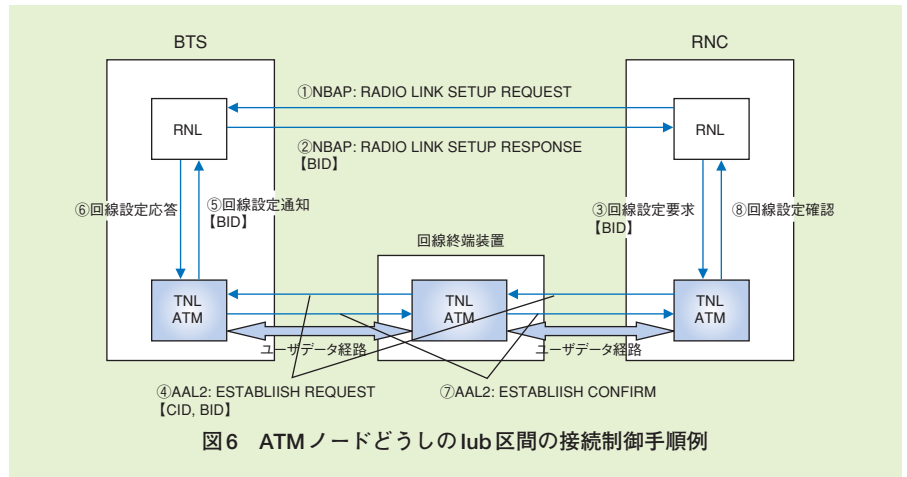


図6 ATMノードどうしのIub区間の接続制御手順例

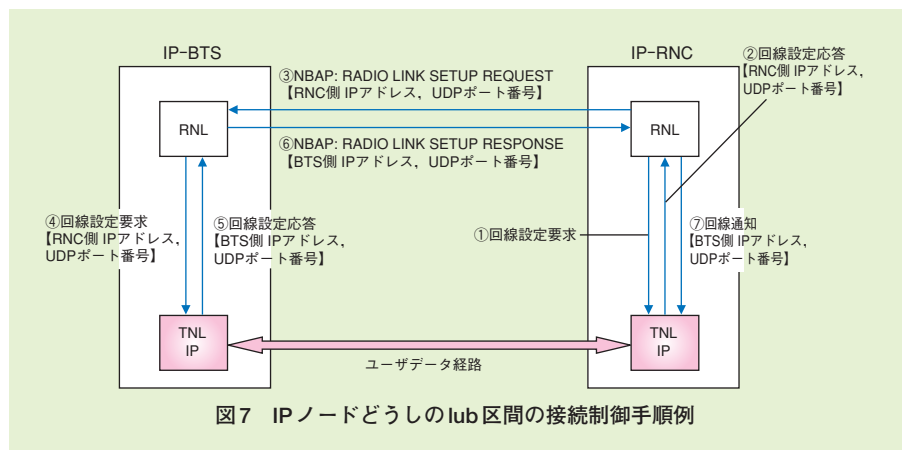


図7 IPノードどうしのIub区間の接続制御手順例

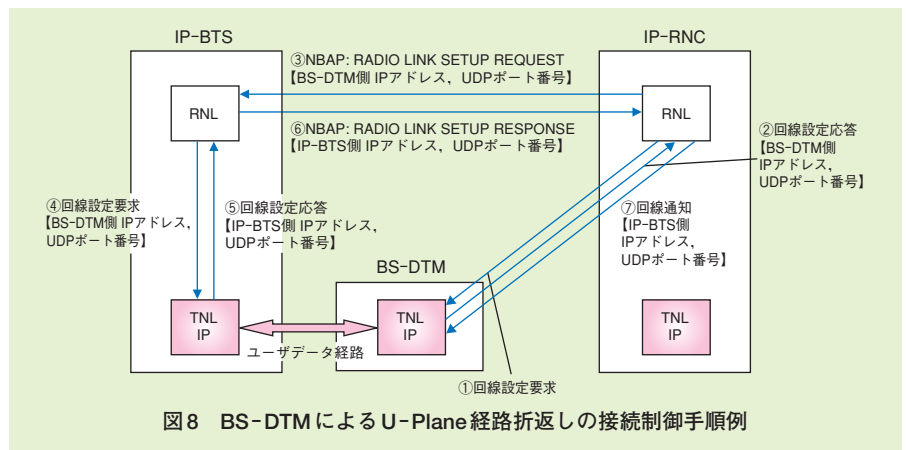


図8 BS-DTMによるU-Plane経路折返し接続制御手順例

ルータにより実現される。IPルータは各パケットに付与されたDSCP値を区別し優先度に応じた帯域制御を実施することで、サービス品質を確保しつつ高効率なデータ転送を行う。

(2) ネットワークの信頼性向上

IPネットワーク機器を含むIPネットワークの故障の際に、ダイナミックルーティングプロトコルであるOSPF (Open Shortest Path First)^{*23}の応用に

*20 RNSAP: Iur上のシグナリング・プロトコル。
*21 サービス品質: サービスごとに設定されるネットワーク上の品質。使用帯域の制御により遅延量や廃棄率などの制御が行われる。
*22 DSCP: リアルタイム性や高品質性を要求する通信パケットの種類を識別して、サー

ビスに合った転送処理を行うために、ルータなどの動作を決めるコード。

*23 OSPF: ルーティング・プロトコルの1つ。コストと呼ばれる情報に基づいて経路選択する。

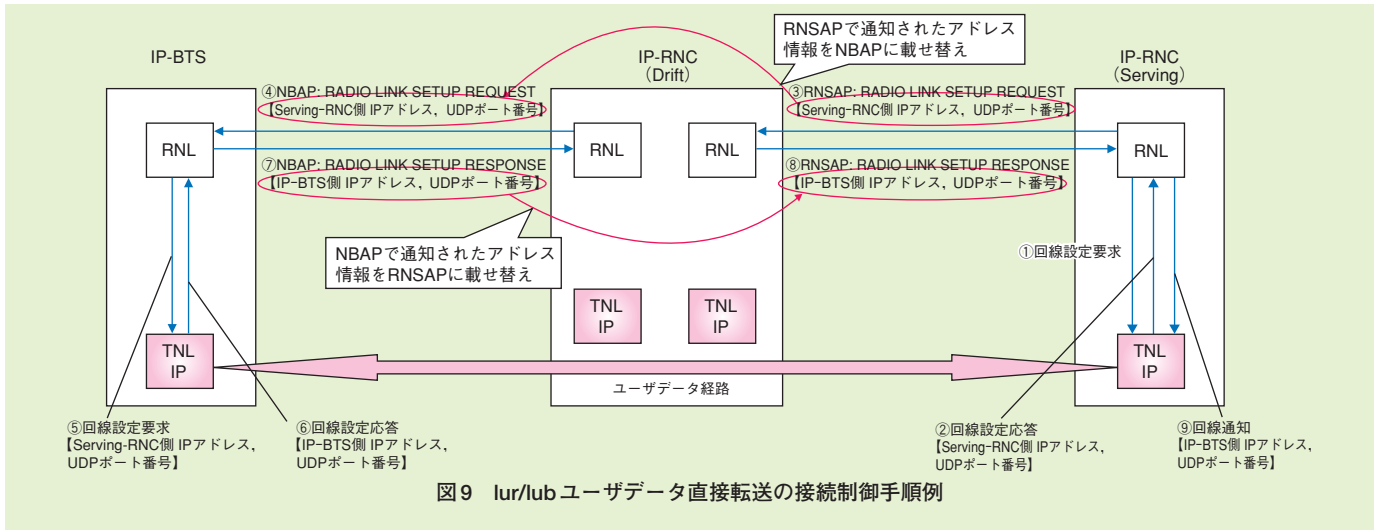


図9 lur/lubユーザデータ直接転送の接続制御手順

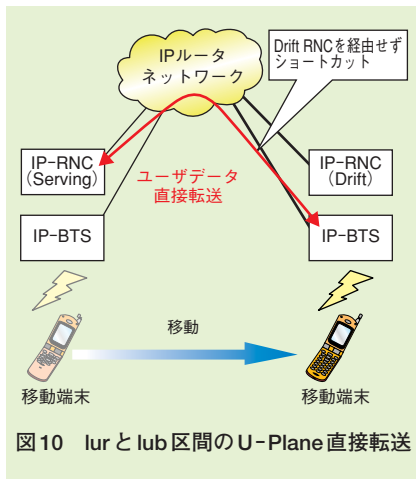


図10 lur と lub 区間の U-Plane 直接転送

より迅速に迂回経路を選択し、サービスへの影響を最小限に抑える機能を実

現している。

(3) IPSec

IP-BTS、BS-DTMなどのユーザに近いところに配置される機器に対しては、ルータとの間でIPSec (IP Security)*24を適用しデータの機密性や完全性を保っている。

6. あとがき

本稿では、FOMA IP-based RANの制御を担うIP-RNCの導入目的、装置アーキテクチャ、IPトランスポート制御技術、開発効果について解説した。IP-RNCの開発は、今後の機能拡張を

考慮しつつ汎用技術の積極的な活用を図ることでシステム構築の経済化を可能とした。IP-RNCの導入により、FOMAネットワークの経済的かつ柔軟な容量拡大、エリア拡大が可能となるとともに、OFFICEEDなどの新たなソリューションの提供や今後のサービスの高度化に向けての基盤構築が可能となった。

文献

- [1] 3GPP TS25.401: "UTRAN overall description."

* 24 IPSec : IPパケットそのものを暗号化したり、認証することでセキュリティの高い通信を行うプロトコル。