

サービスの高度化と効率化に向けたFOMA音声ネットワークIP化の開発

Technology Reports

IMS

All-IPネットワーク

CS-IP化

All-IP ネットワークの高度化技術特集—コアネットワークの進化—

サービスの高度化と効率化に向けた FOMA 音声ネットワーク IP 化の開発

ドコモは All-IP ネットワークの実現にあたり、回線交換コアNWのIP化に向けた取組みを進めている。現在、FOMAのNWは5200万人を超えるユーザにサービスを提供中であり、開発にあたってはFOMA音声サービスを変わず提供すること、既存3G無線アクセスNWや3G端末に影響を与えないことを基本的な要求条件とする。それとともに、将来的にはLTEの収容や付加価値を高めるためのサービス基盤を構築することを目的として、IMSノードおよび3G無線アクセスNWとのゲートウェイ装置の開発を行った。

ネットワーク開発部
しまだ ゆうじ 徳永 和仁
おおにし けんた まつもと てつや
大西 健太 松本 徹也

1. まえがき

近年、携帯端末の高機能化やデータ通信料金の定額制拡大に伴い、移動通信サービスやコンテンツのリッチ化が急速に進行している。それにより、トラフィックの主流は回線交換 (CS: Circuit Switched) 型トラフィックからパケット交換 (PS: Packet Switched) 型トラフィックへと変化しており、PS型トラフィックはサービスの多様化とともにさらに増加することが予想される。ドコモでは、変化するトラフィックの特性に応じて段階的にIP化を進め、すでにPS機能を提供するPSドメインのIP化を実施してきた[1]。次の目

標は現在音声などのCSサービスを提供しているATM (Asynchronous Transfer Mode)*1ベースのCSドメインをIP化することである。そのメリットは、ATMでのCSドメインとIPでのPSドメインの二重の設備投資を回避し、トラフィック増にも低コストで対応可能な経済的なネットワーク (NW) が構築できることである。加えて、同一のIP-NW上でCSとPSの両サービスを提供することにより、音声とWebを連携させるサービスを効率的かつ迅速に提供することが可能となる。これにより、コアNWのAll-IP化が完了する(図1)。さらに、今後のLTE導入に伴い、パケット通信のさらなる高速

化が実現できる。

しかしながら、音声サービスというリアルタイム性を要求されるサービスの特性上、CSドメインで求められる品質はPSドメインと比較して高いため、これまでATM上で確保していた音声サービスの品質をIP上で確保するための技術が課題となる。

一方、CSで行っていた音声サービスをIP化するアプローチとして、ドコモはIMS (IP Multimedia Subsystem)*2を用いて音声トラフィックを制御・伝送するIPベースのコアNW (以下、CS-IP NW) へのマイグレーションを選択した[2]。IMSでは標準化上、端末にSIP (Session Initiation

*1 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。

*2 IMS: 3GPPで標準化された、固定電話NWや移動通信NWなどの通信サービスを、IP技術やインターネット電話で使われるプロトコルであるSIP (*3参照)で統合し、マルチメディアサービスを実現させる通信方式。

Protocol)^{*3}通信機能が具備されていることが前提となるが、すでにドコモの音声サービスなどを提供している3G-CSNWは、5200万人（2010年1月末現在）ものユーザが利用しているNWであり、使用されている3G端末はSIP通信機能を具備していない。マイグレーションにあたっては、ユーザへの影響を考慮し、既存の3G端末および3G無線アクセスNWのインタフェースへ影響を与えないことが課題となる。

本稿では、これらの技術課題を解決する手段とともに、ドコモが提供するCS-IP NWのノード構成や基本

処理概要、さらに将来の展望について解説する。

2. CS-IPにおけるノード構成概要

開発したCS-IP NWのアーキテクチャを図2(a)に示す。

CSN (Call Session control Node), ASN (Application Serving Node), MGN (Media Gateway Node), MRN (Media Resource Node) は、標準のIMSと同等の制御を行っており、CSNはセッション制御、ASNはサービス制御、MGNは他NW接続制御、MRNはガイダンス送出制御を

実施する。CSNがIMSの標準アーキテクチャ (図2(b)) のI/S-CSCF (Interrogating/Serving-Call/Session Control Function) に、ASNがAS (Application Server), MGNがBGCF (Breakout Gateway Control Function) /MGCF (Media Gateway Control Function) /MGW (Media Gateway), MRNがMRFC (Media Resource Function Controller) /MRFP (Media Resource Function Processor) に相当している。

IP化に向けて3G-CS NWをCS-IP NWへ移行するにあたり、既存NWのインタフェースへの影響の課題

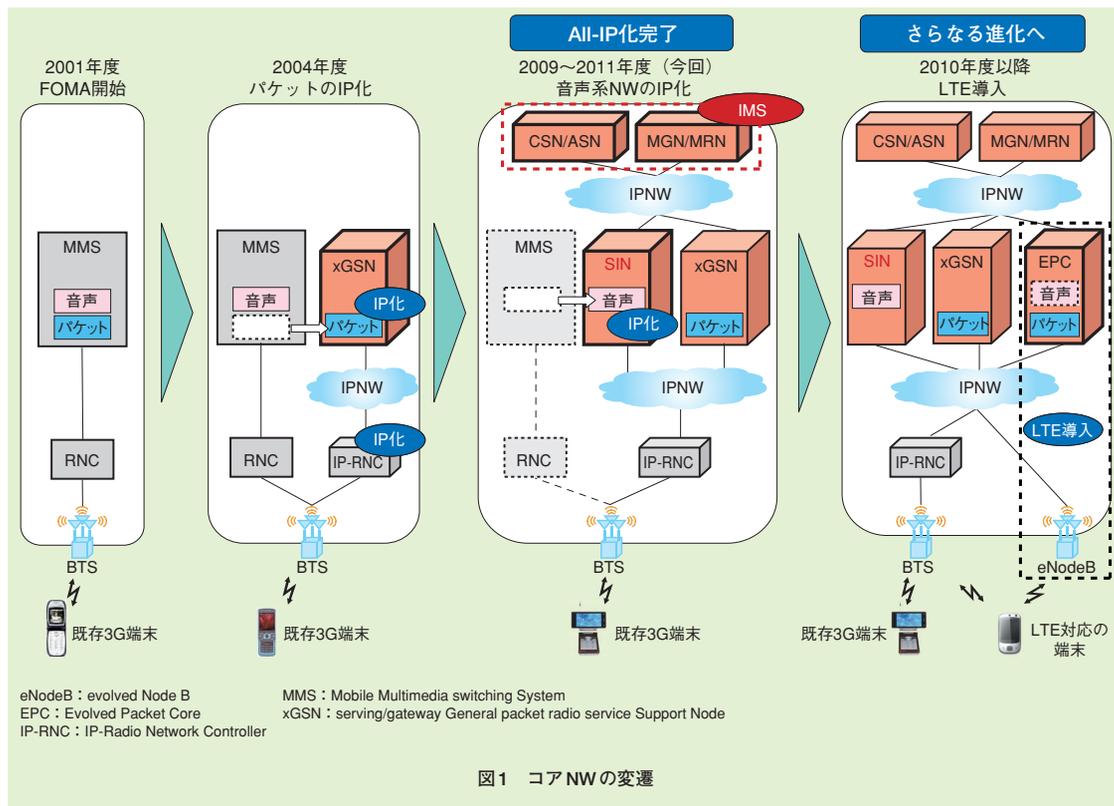
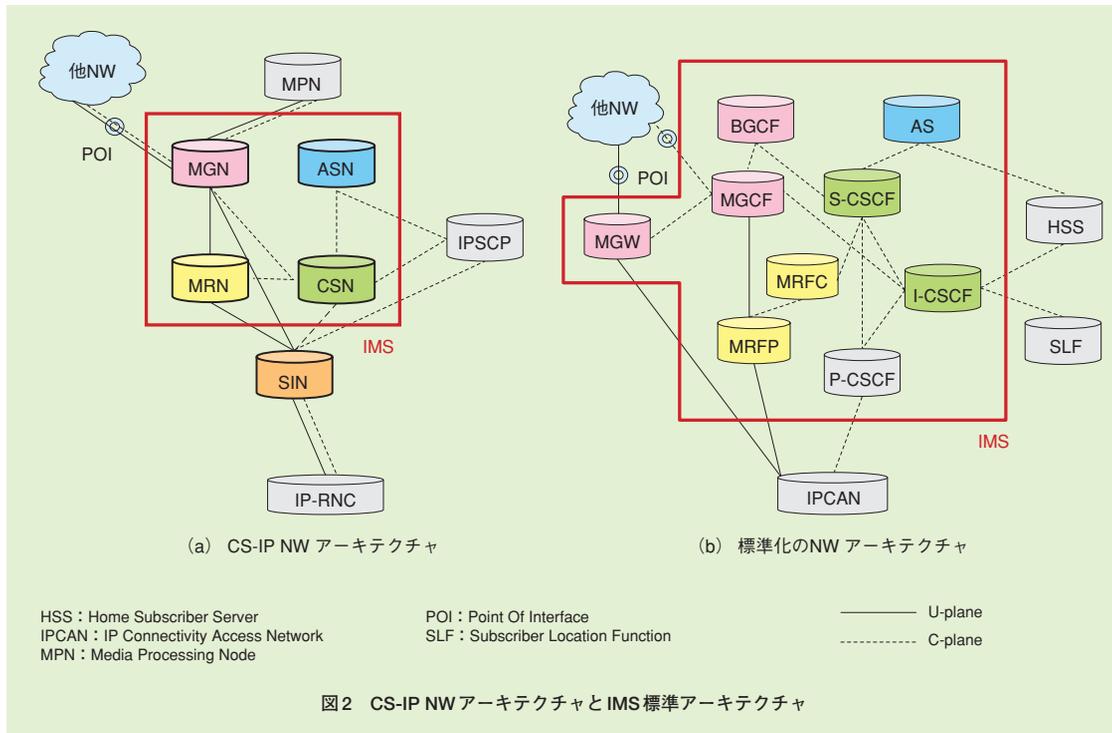


図1 コアNWの変遷

*3 SIP : IETF (Internet Engineering Task Force) で策定された通信制御プロトコルの一つ。VoIPを用いたIP電話などで利用される。

サービスの高度化と効率化に向けたFOMA音声ネットワークIP化の開発



を解決する必要がある。3G無線アクセスNWをIMS NWへ収容するためのゲートウェイ装置として、CS-IP NWではSIN (Signaling Interworking Node for 3G access)を導入した。CS-IP NWは、3G無線アクセスNWに対しては、これまでの3G-CS NWと同一の機能を提供する必要があり、その際SINは既存の3G無線アクセスNWをIMSに接続する役割をもつ[3]。SINはSIP通信機能をもたない3G端末に代わって仮想的にSIP機能を有する端末として動作しており、I/S-CSCFに相当するCSNに接続することになる。

また、ASNは既存3G-CS NWにて提供していた留守番電話や転送

電話などの各種NWサービスを、CS-IP NWにおいても、ユーザからみて差分なく提供するためのASとして動作する。

3. CS-IPの機能的特長

3.1 3G無線アクセスNWとのインタフェースの継承

標準的なIMS対応端末と既存の3G端末をプロトコルの観点から比較した(図3)。ここでは、発着信制御におけるSINの具体的な変換処理について示す。

IMS対応端末の発着信制御では、端末がSIPプロトコルの通信機能を有するため、IMS装置と直接SIPプロトコルによる通信が可能である。そ

れに対して既存の3G端末からの発信は、従来のおり3G-CS NWとの間で利用されるCC (Call Control) プロトコルの信号により制御を行う。SINではCCプロトコルの信号を受信した際に、IMSに対してSIP信号に変換して送出する。着信制御については逆にSIPからCCに変換を行う。このようにSINのプロトコル変換処理によって、既存の3G端末がSIPをサポートしていなくても、IMSにて呼制御が可能となる。

また、SINはプロトコル変換のほかにも、無線アクセスNW向けに必要な認証、秘匿、無線アクセスベアラ設定処理、位置登録制御なども実施する。

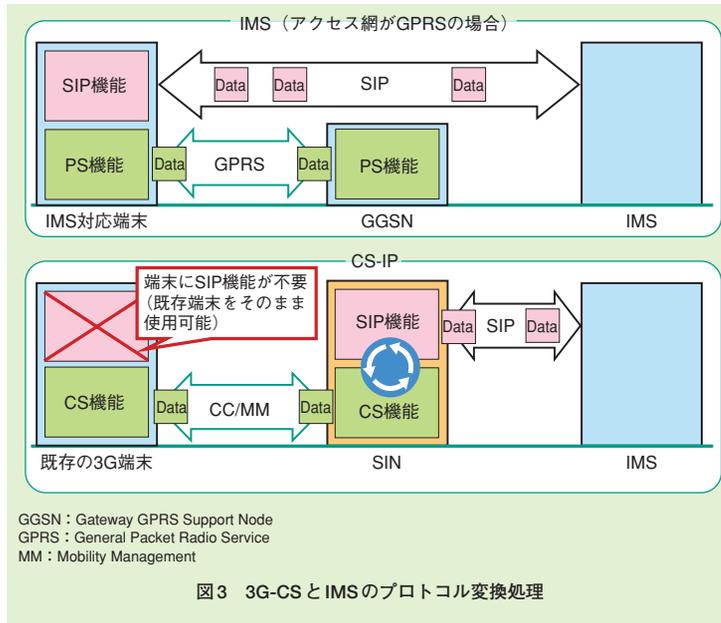


図3 3G-CSとIMSのプロトコル変換処理

3.2 CS-IP NWにおける 音声品質の確保

(1) 呼接続時の帯域管理機能

ドコモではPS型トラフィックの爆発的な増加に伴い、伝送路であるIPバックボーンの整備を進めてきたが、今回の3G-CS NWのIP化に伴い、IPバックボーンには既存のPS型トラフィックに加えCS型トラフィックも重畳する。オペレータは、需要予測に基づき必要帯域を算出し帯域リソース確保を行っているが、携帯端末に代表される移動通信のNWでは、トラフィックがユーザの行動に大きく依存するため、例えば、イベントに集まった人の発着信などにおいて変動が大きくなる。このため、実際に確保した帯域リソース以上のトラフィックが流入する状況が発生し、遅延増やデータロスな

どの通信品質劣化につながる懸念がある。

音声に代表される品質保証型のサービスをIP-NW上で実現するためには、エンドエンドでの帯域を確保したうえで呼を成立させるCSの考え方を準用した方式が有効である。そのため、確保した帯域リソース以上のトラフィックの流入を防ぐアーキテクチャが必要となる。

IP-NWにおける帯域管理機能としてはRSVP (Resource reservation Protocol)^{*4}があるが、各ルータがフロー単位で状態を保持しQoS^{*5}を実現するため、NW規模が大きくなると管理しなくてはならないフローの状態数が増大する。また、パケットを転送する前にフローの状態を参照する必要があるため遅延も増大してしまい、大規模NWへの適用には向か

ないという欠点がある。

そこで、CS-IP NW上でのIP-NWの帯域管理についてCSNで区間ごとに帯域管理を行う方法を採用した。その手順を図4に示す。

①発信ユーザからの発信要求を最初に受けるSIN/MGN（以下、発SIN/MGN）から呼単位で、あて先/送信元IPアドレス、データの帯域および緊急通報など、呼の優先度ごとに区分けされた種別の情報（以下、優先度クラス）を、帯域管理機能をもったCSNに送出する。

②CSNは、受信したすべての呼の①の情報を発SIN/MGN、着信ユーザの端末に対して着信要求を実施するSIN/MGN（以下、着SIN/MGN）ごとに分類し加算することで、各区間における使用帯域の算出を行う。

③帯域管理機能をもったCSNでは、優先度クラス単位で区間ごとに使用可能帯域（しきい値）を設け、②で算出した使用帯域がしきい値を超えた場合は、発SIN/MGNに対してエラーを返送することにより新規呼を規制する。

これらの帯域管理機能により、使用可能帯域以上のトラフィック流入を抑制し、確立した音声呼の通信品質確保を実現することができる。

(2) 呼確立後の通信品質監視機能

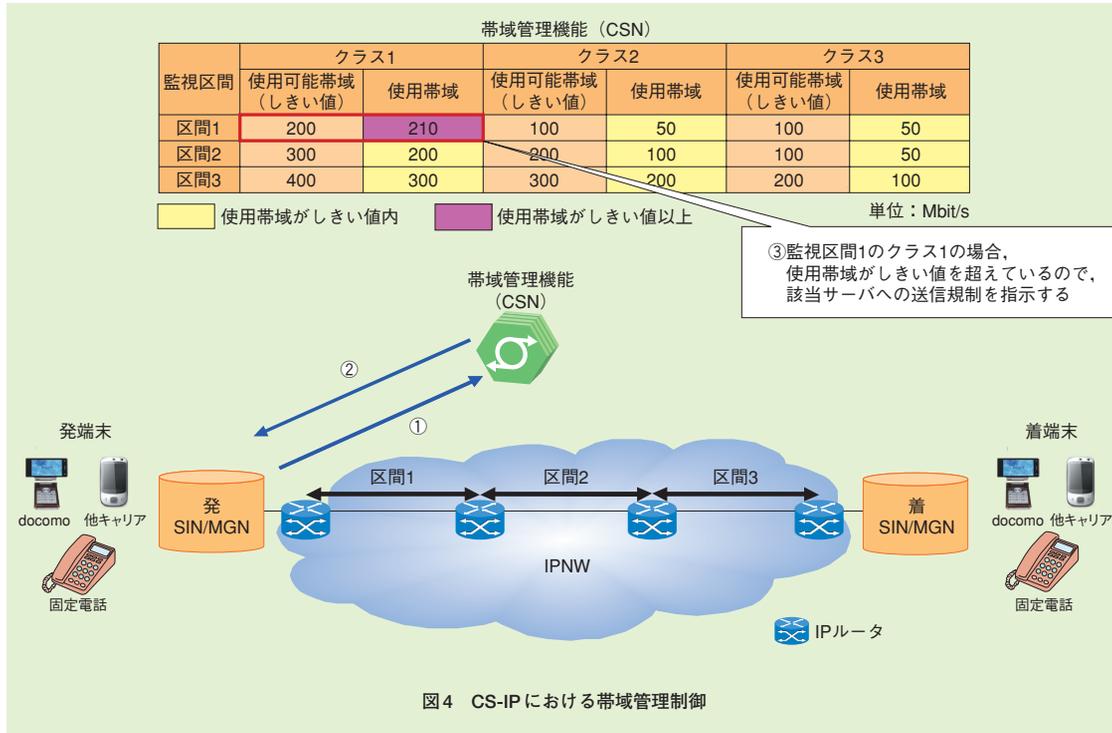
CS-IP NWでは、さらに呼確立後においても複数ルータ故障やサイレント故障^{*6}などを起因とする品質劣

*4 RSVP：IP-NW上でデータの送信先までの帯域幅をあらかじめ予約することによって、即時性が要求されるデータ通信などで必要な通信品質を確保するためのプロトコル。

*5 QoS：サービスごとに設定されるNW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。

*6 サイレント故障：障害検知部およびメインプロセス部の故障などに起因する障害が発生した場合には、通信装置自身が障害を認識できないため、故障が発生したことをオペレータが把握できない故障。

サービスの高度化と効率化に向けたFOMA音声ネットワークIP化の開発



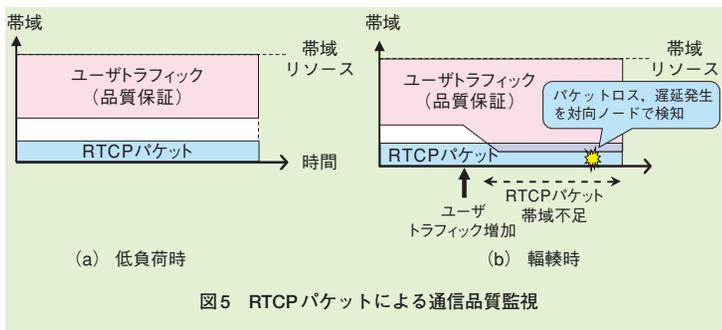
化に備え、通信品質を監視する方式を採用した。具体的には、通信中に品質監視用に RTCP (Real-time Transport Control Protocol)^{*7} パケットを SINとMGNとMRNとの間で送受信し、このRTCPパケットのロス・遅延により、通信中のU-Plane (User Plane)^{*8} ルートにおけるルータ網の輻輳やルータ故障などを起因とする品質劣化を検知、対応する方式である。通信品質監視の詳細処理について次に述べる。

送信元ノードは、ユーザデータのトラフィック (以下、ユーザトラフィック) と品質監視用のRTCPパケットを区別して、RTCPパケットよりも優先される優先識別子をユーザ

トラフィックに付与する。

IPバックボーンが低負荷状態のイメージを図5 (a) に示す。この状態においては、ユーザトラフィックに対して十分な帯域リソースがあるため、送信元から受信先へパケットロスなく到達する。しかしながら、IP

バックボーンにおいてルータ網の輻輳が生じて、帯域リソースの超過が発生すると、IPバックボーン内ルータの優先制御により、非優先トラフィックであるRTCPパケットのロス・遅延が発生し始める (図5 (b))。あるいは、IPバックボーン内のルー



*7 RTCP : ストリーミングサーバからのデータの受信状況を交換し、伝送レート制御などを行うための通信プロトコル。音声や映像をリアルタイムに通信することを目的としたプロトコルである RTP (Real-time Transport Protocol) と組み合

わせて使用する。
*8 U-Plane : 制御信号の伝送路である C-Plane (Control Plane) に対し、ユーザデータの伝送路。

タがサイレント故障などの要因で無通信状態に陥った場合においても、RTCPパケットのロスが発生する。このような事象が生じた場合、受信側で対向ノードから一定監視時間内にRTCPパケットが到達しない事象が発生し、その結果品質劣化呼/無通信呼として判断することができる。

また、単位時間中における品質劣化呼/無通信呼の検出数についても監視を行い、一定数検出時には自律メッセージでの保守者通知を行う。

このように、RTCPパケットがロス・遅延を含め、監視時間内に到着しない事象が発生した場合をユーザトラフィック品質劣化の予兆ととらえることで、故障解析の早期初動につなげることが可能となる。

4. CS-IPの基本制御方式

4.1 位置登録制御

SINは3G無線アクセスNWから位置登録要求する際、IPSCP (IP Service Control Point) に問合せを行

い登録済みのCSNを選択し (初回位置登録時はラウンドロビン^{*9})、CSNに対してSIP_REGISTERメッセージを送信する。その後、SIN、CSN、ASN、IPSCP間でIMSのRegistration制御を実施し、各ノードでプロファイル情報を保持する。

4.2 基本発着信制御

IMSのRegistration制御および3G位置登録後の基本発着信処理について図6に示す。

(1) 発側制御部

発側制御部における特徴は、SINにおいて3G無線アクセスNWとIMSをインタワークすることと、音声呼の通信品質確保のため、CSNにおいて帯域管理を行うことである。

発端末からの発信により、端末とSINは認証・秘匿処理を実施する (図6①)。その後、発端末からの発信要求を受信した発SINは、発端末へ発信要求受付を返信するとともに加入者プロフィールより発加入者を

収容するCSNアドレスを選択し、発CSNへ発信要求を実施する。これを受信したCSNはiFC (initial Filter Criteria)^{*10}からASNを特定し、発信要求を実施する (図6②③③')。発ASNは、発信要求に設定されてきたユーザIDから発加入者を特定し、契約状態の判定など発側のサービス判定を実施した後、発CSNに発信要求を実施する (図6④⑤)。

発CSNは着加入者が収容されるIPSCPへアクセスし、着加入者の在圏するCSNアドレスを取得する (図6⑥)。発CSNはあて先/送信元IPアドレス、データの帯域、優先度クラスから使用帯域を算出し、使用可能帯域 (しきい値) 内であれば、着CSNへ発信要求を実施する (図6⑦⑧)。

(2) 着側制御部

着CSNは発CSNの発信要求に設定された着URI (Uniform Resource Identifier) より着加入者を特定し、着ASNへ発信要求を実施する

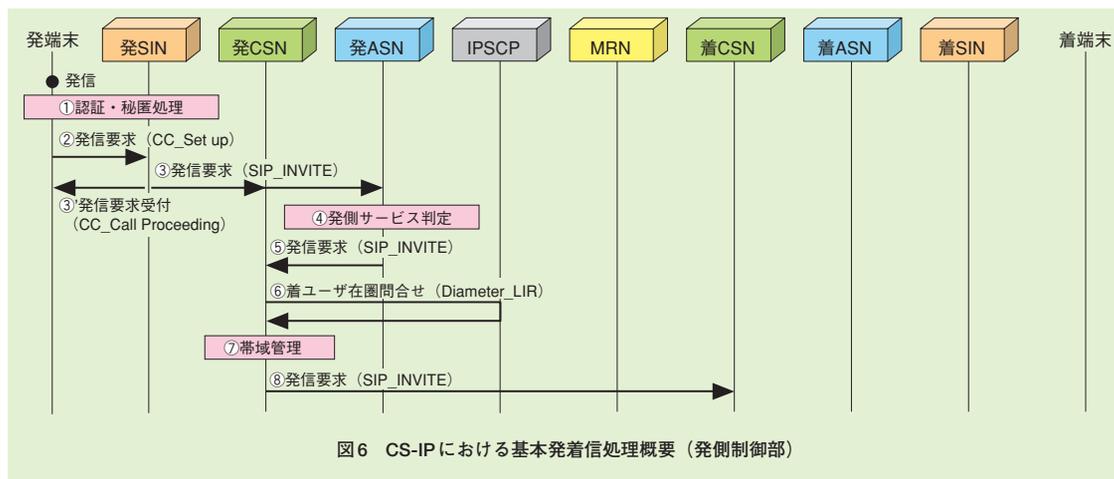


図6 CS-IPにおける基本発着信処理概要 (発側制御部)

*9 ラウンドロビン：NWの負分散方式の1つ、同一の処理を行うことができる装置を複数用意して要求されたプロセスを順番に割り振る。

*10 iFC：ユーザにサービスを提供するために、どのASを選択するかを決定するリストが含まれた情報。

サービスの高度化と効率化に向けたFOMA音声ネットワークIP化の開発

(図7①). これを受信した着ASNは、着加入者の契約状態を判定し、着側のサービス判定を実施した後、着CSNへ発信要求を実施する(図7②③). 着CSNはあて先/送信元IPアドレス、データの帯域、優先度クラスから使用帯域を算出し、使用可能帯域(しきい値)内であれば、着加入者が在圏する着SINへ発信要求を実施する(図7④⑤). 着SINは着端末に対してPaging処理、認証・秘匿処理を実施した後、着端末へ発信要求を実施する(図7⑥⑦)とともに、着SINのアドレスやコーデックなど、セッションに関する能力情報(SDP: Session Description Protocol)を設定した暫定応答を発SINへ送信する(図7⑧). 着SINから発信要求を受信した着端末は着SINへ発信要求受付を返信する(図7⑨).

(3) トーン送出制御部

呼び出し音(RBT: Ringing Back Tone)をユーザに送出する制御を行

うトーン送出制御部における特徴は、着ASNはRBTのU-Planeルート最適化の観点から、発側に近いMRNを選択することである.

着端末からの呼出中信号を受信した着SINは、着CSN経由で着ASNに呼出中信号を送信する(図8①②). 着CSNから呼出中信号を受信した着ASNはRBT接続を認識し、着CSN経由で音源であるMRNに対して接続要求を実施する(図8③④). これに対し、MRNはRBTを送出するためのSDPを設定した接続要求応答を着CSN経由で着ASNに送信する(図8⑤). 着ASNはRBT接続を認識し、発着SIN間でSDP交換していた状態から発SIN~MRNへの接続変更を行うために、MRNのSDPを設定した更新情報を発SINに対して送信する(図8⑥). SDP更新が完了した後、着ASNは呼出中信号を発ASNに送信し、発ASNは発CSN経由で発SINに呼出中信号を

送出する(図8⑦⑧). さらに発SINでは、発端末へ呼出中信号を送信する(図8⑨). これと並行して、着ASNはMRNからの接続要求応答に対する確認応答をMRNに対して返送し、これを受信したMRNはRBTを発側へ送信する(図8⑦'⑧').

(4) 着側応答制御部

着加入者が応答(オフフック)した際に、着端末から接続応答を受信した着SINは、着端末に接続応答を返信するとともに、着CSN経由で着ASNに接続応答を送信する(図9①②②'). 着CSNから接続応答を受信した着ASNは、RBT解放を認識し着CSN経由で音源であるMRNへRBT解放要求を実施する(図9③④). 着CSNからRBT解放要求を受信したMRNはRBT解放応答を着CSN経由で着ASNへ返信し、発端末に送信していたRBTを停止する(図9⑤). その後、着ASNは発SIN~MRN間でSDP交換していた状態

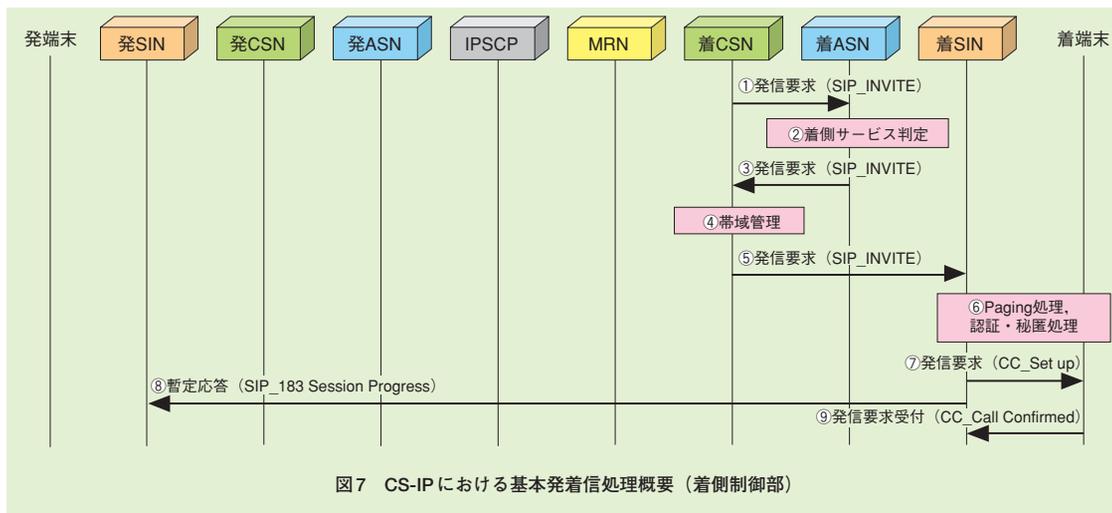


図7 CS-IPにおける基本発信処理概要(着側制御部)

から発着SIN間へ接続変更を行うために、着SINのSDPを設定した更新情報を発SINに対して送信する(図9⑥)。

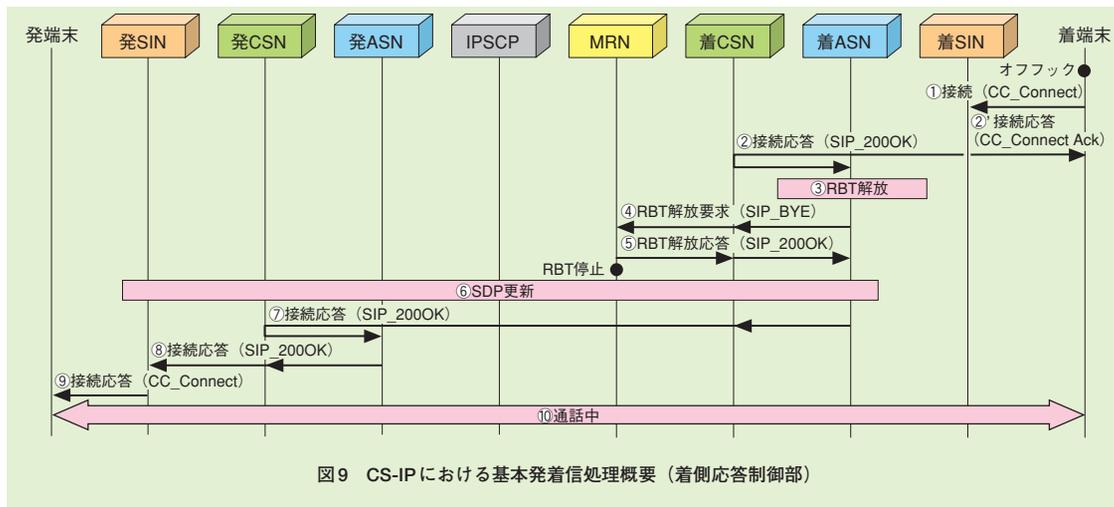
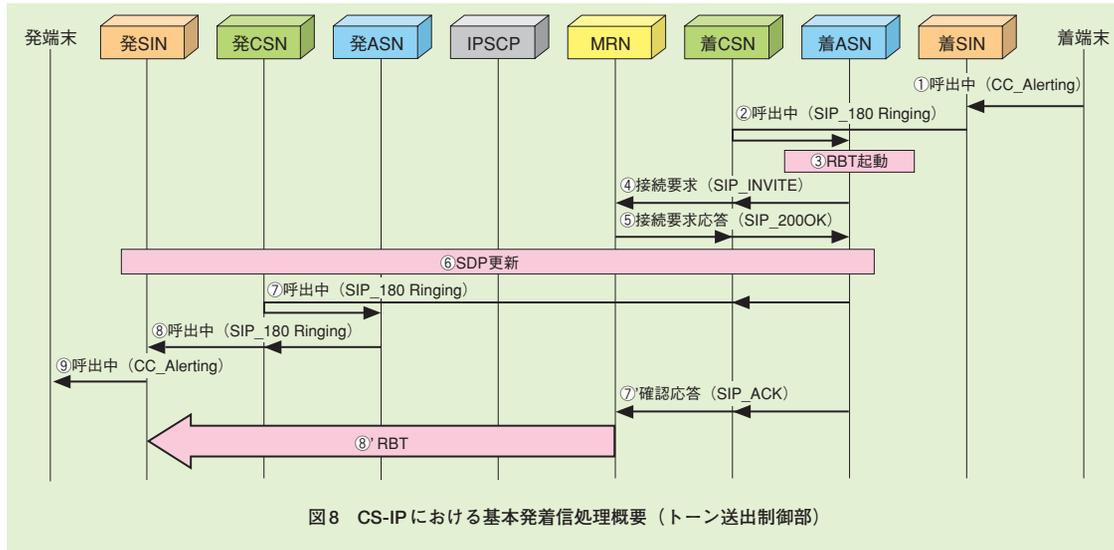
SDP更新後、着ASNは接続応答を着CSN経由で発ASNへ送信し、これを受けた発ASNは発CSN経由

で発SINへ接続応答を実施する。さらに発SINでは、発端末へ接続応答を送信する(図9⑦~⑨)。

これらの処理により、CS-IPにおける通話が可能となる。

5. 将来的なサービスへの対応

現状のCS-IP NWでは、既存の音声サービスを提供するASとしてASNのみを実装している。今後RCS (Rich Communication Suite)^{*11}にお



*11 RCS：IMS上で実現するプレゼンス、インスタントメッセージ、ビデオシェアといったコミュニケーションサービスの概念。

サービスの高度化と効率化に向けたFOMA音声ネットワークIP化の開発

けるプレゼンスサービスやインスタントメッセージサービスなどの高度な処理を行うサービスを実現するために、提供したいサービスに応じた複数のASを実装する検討を行っている。サービスごとにASを導入し、複数のASを組み合わせることで新規サービスを創出するなど、サービスの柔軟性を高めることができる。

また、より効率的にサービスを提供する観点から、IMSではSINによる3G-CS NWの収容だけではなく、3GパケットNWとの接続やLTE^{*12}との接続についても検討している(図10)。3GパケットNWについてはIP化が完了しているが、さらにIMSへ収容させることでLTEと3GパケットNWに対して共通のRCSなどのIMSサービスを提供することができ、ユーザはアクセスNWの違いを意識することなく、シームレスなサービスを受けることが可能となる。

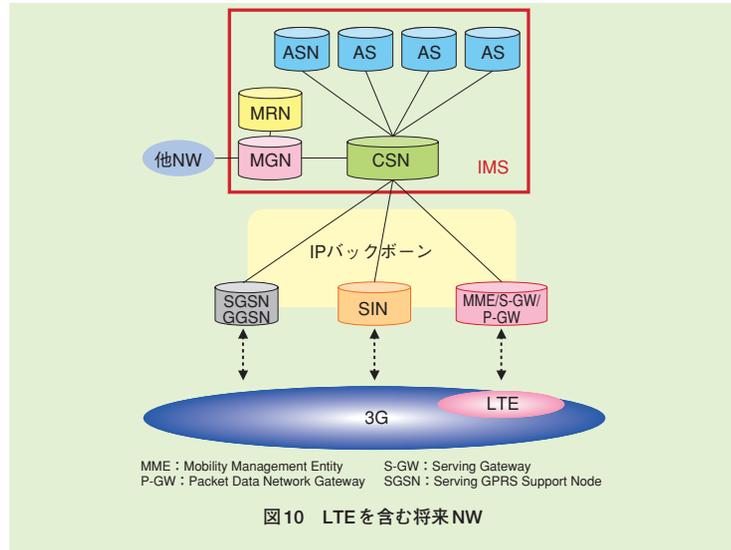


図10 LTEを含む将来NW

6. あとがき

本稿では、3G-CS NWのIP化の実現に向けた開発について解説した。今後はCSコアNWのIP化へのマイグレーションを完遂させるとともに、他のアクセスNWにも順次IMSによるサービス提供拡大を進めていく予定である。

文献

- [1] 坂口, ほか: “FOMAコアネットワーク回線/パケット交換分離技術,” 本誌, Vol.12, No.2, pp.51-57, Jul. 2004.
- [2] 大久保, ほか: “サービスの高度化と経済化を実現するFOMA音声ネットワークのIP化,” 本誌, Vol.16, No.2, pp.18-23, Jul. 2008.
- [3] 朝生 雅人, 曾瀬 徹, 楠瀬 賢也: “CSネットワークを統合したIMS基本呼処理方式,” 電子情報通信学会, B-6-57, 2007.

* 12 LTE: 3GPPで検討されている第3世代移動通信方式の拡張規格。ドコモがSuper3Gとして提唱したもので、「3.9G」と位置付けられる。