

次世代携帯電話における VoIP

河原 敏郎 (株) NTTドコモ kawahara@spg.yrp.nttdocomo.co.jp
 仲 信彦 (株) NTTドコモ nob@spg.yrp.nttdocomo.co.jp
 岡川 隆俊 (株) NTTドコモ okagawa@nw.yrp.nttdocomo.co.jp

◆携帯電話網へのVoIPの適用◆

ここ数年インターネットトラフィックの急増、移動ユーザの急増にみられるように移動通信の世界は既存の音声通信からインターネット接続によるデータ通信への市場動向が変化をみせている。このような市場動向の変化により固定系のみならず、移動通信網のインフラの考え方に関しても既存の回線交換ベースのネットワーク (NW) 構成ではなく、IP技術をベースにしたNWの検討が各標準化団体でも活発化している。現在のように既存NWとして回線交換NWとデータNWを分離して構築している通信事業者にとっては、回線交換サービスをすべてIP化し、データNWへ統合することで網全体の運用コストを削減させ、経済効果を上げるという考え方が主流である。

また、VoIPとしてデータ系サービスと音声系サービスを融合した新サービスの提供を狙う考え方もあるが、サービスとして現段階で具体化されているというものはなく、将来の可能性に期待をかけているのが現状である。世の中のいわばトレンドとしては将来的に音声サービスもIP上で、既存の付加サービスの実現を含めて、低コスト、高品質に実現できる時代はくるかもしれない。それにはIP技術でNWを構成するのに適切なアーキテクチャの理論的確立をはじめとして、大規模移動通信網に適用するためのQoS技術、伝送効率を向上させるための各種圧縮技術とその無線区間への対応などの技術的な課題を解決する必要がある。

以下、移動通信網へVoIP技術を適用するための技術に関する標準化動向、および大規模移動キャリア

にIP技術を適用するための技術課題について概要を説明する。

◆3GPPにおける標準化動向◆

次世代移動通信網IMT-2000の標準化を推進している団体の1つである3rd Generation Partnership Project (3GPP) における現在の主要課題は移動通信網のAll-IP化である。規格は第5版 (Release 5) として2001年12月に完成予定である。ここでは、3GPPで検討中のAll-IP網のアーキテクチャ、プロトコル、CODECについてその概要を説明する。

■アーキテクチャ

3GPPのRelease 5として検討されているAll-IP網のアーキテクチャ¹⁾は、Release 99 (1999年版規格) からの発展として、図-1のように、既存の回線交換網 (CS Domain) とパケット交換網 (PS Domain) に対し、ネットワークのIP化に対応するため新たにIP Multimedia Subsystem (以下IMS) で構成されることとなっている^{☆1}。

CSCF (Call State Control Function) はIMSの核となる機能である。移動端末との呼制御、能力交換を行い、さらに外部のIP網との制御情報をやりとりする。実際のデータはGGSN (Gateway GPRS Support Node) から直接IP網へ接続される。固定の公衆回線交換網や回線交換移動網へはT-SGW (Transport Signalling Gateway Function)、MGW (Media Gateway Function) を介して接続可能である。MGWはCSCFの交渉結果を基にMGCF (Media Gateway Control Function) からの命令に

^{☆1} ただし、IMSについては議論中であり決定されていない。

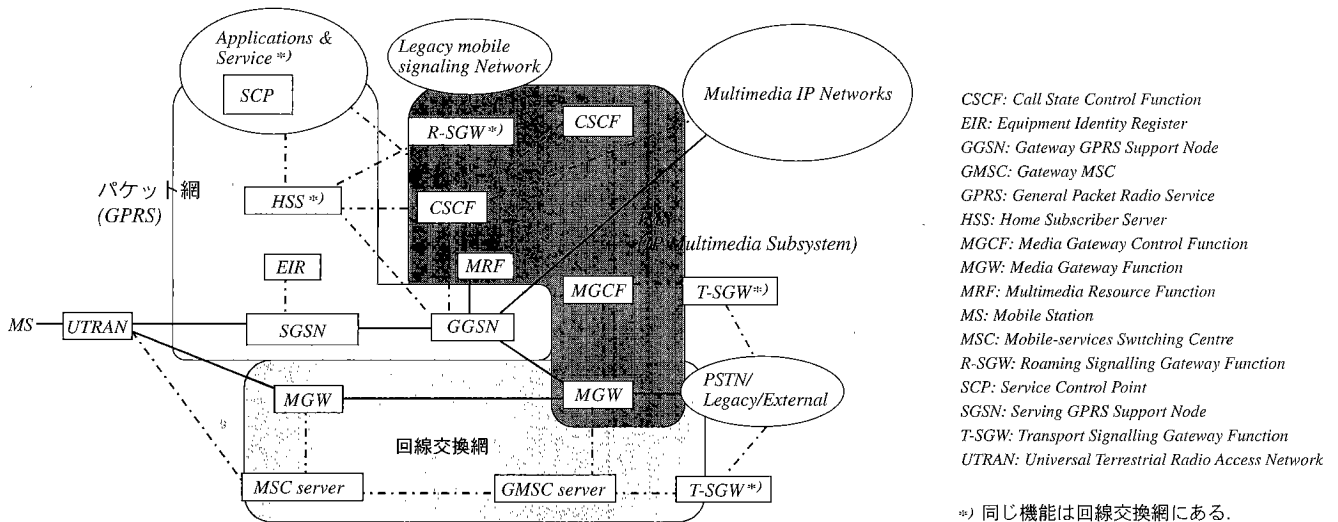


図-1 3GPP All-IPアーキテクチャ

アルゴリズム	MR-ACELP
ビットレート	12.2, 10.2, 7.95, 7.4, 6.7, 5.9, 5.15, 4.75kb/s
演算量	16.87 wMOPS
アルゴリズム遅延	25ms
フレーム長	20ms
付加機能	マルチレート 背景雑音生成 VAD/DTX機能

表-1 AMRの諸元

音声符号化	マンドトリ: AMR オプション: G.723.1
画像符号化	マンドトリ: H.263ベースライン オプション: H.263 Annexes/ MPEG-4 SP/L0
多重化部	H.223 Annex B以下
能力交換	H.245

表-2 3G-324Mの諸元

よってたとえばメディアの変換や伝送フォーマット変換が制御される。

■プロトコル

3GPPの packets サービスはGPRS (General Packet Radio Service) である。GPRSはGTP (GPRS Tunneling Protocol) という独自のプロトコルを採用しており、ユーザのIPデータはGTPの上に実装される。IMSを利用するサービスではIPv6をサポートすることが必須であるが、ユーザデータはIPv4でもよい。端末と網 (IMS) との制御にはSIP (Session Initiation Protocol)²⁾ を使い、端末の能力交換にはSDP (Session Description Protocol)³⁾ を使う。これらと同様の機能は、現在多くのVoIP端末プロトコルとして採用されているITU-TのH.323⁴⁾ でも実現可能であるが、データの可読性、拡張の容易さによりSIP/SDPの採用が合意された。H.323とSIP/SDPとは互換性がないため、相互接続にはGatewayが必須となる。

■CODEC

パケット交換網のリアルタイム会話サービス用

CODECは、電話およびマルチメディアの両方が平行して3GPPで検討されている。3GPPのAll-IP網では、既存回線交換網との相互接続性が重視されるため、CODECは回線交換網で採用されている方式が有力である。回線交換網の電話用音声符号化はAMR (Adaptive Multi Rate)⁵⁾ である。表-1にAMRの諸元を示す。8個の異なるビットレートから通話中でも任意のビットレートを選択できることが最大の特徴である。AMRの品質については、パケット網を想定してはいないものの、主観評価試験結果が文献6) に報告されている。

回線交換用マルチメディア端末としては3G-324M⁷⁾ がある。これはITU-TのH.324 Annex CをIMT-2000用に修正したものである。諸元を表-2に示す。

また、IETFでは上記3GPPで規定されている主要なCODECの符号化データを伝送するためのRTPペイロードフォーマットが提案されている^{8)~10)}。

■課題

VoIPを実現する上では伝送効率の問題があるが、無線区間の容量に制限がある移動網では大きな課題であ

る。仮にRTP/UDP/IPv4で12.2kbit/sで符号化したAMR 1フレーム分を送信する場合、ヘッダ部40バイトに対し、ペイロード部は30バイト余りである。解決策としては複数フレームの多重化が挙げられるが遅延に厳しいリアルタイムサービスでの採用は難しい。そのため、後述するヘッダ圧縮技術を使用することが望ましいと考えられる。なおヘッダ圧縮を有線区間に適用することも3GPPでは検討されている。また、QoS保証についてはDiffserv^{(11), (12)}を中心として検討中である。

◆ IETFにおける誤り耐性ヘッダ圧縮 ◆
 ◆ 標準化動向 ◆

移動無線通信でのVoIP伝送を実現するために解決が必要な無線通信路特有の課題として、以下の2つがある。

- 有限の無線リソースを有効活用するための、伝送効率向上
- 雑音、干渉、フェージングなどに起因する無線伝送誤り/パケットロス

これらを解決するための必須技術が誤りに強いヘッダ圧縮である。

VoIPでは、IPパケット伝送の過程で生じる遅延ジッタなどを吸収するため音声情報はRTPパケット化して伝送されるが、RTPパケットのオーバーヘッドは上述の通り音声パケットの場合100%を上回るものとなる。特に、移動通信回線を介して通信を行う際には、このヘッダのオーバーヘッドのため効率的な通信を行うことができない。そのため、ネットワーク資源の有効利用の観点からRTP/UDP/IPヘッダ圧縮が必須となる。現在、モデムなどの低速リンクを想定したものとして、IETFのRFC2508⁽¹³⁾で規定されているCRTP (Compressing IP/UDP/RTP Header)がある。しかし、CRTPはパケットロスなどの伝送路誤りを想定しておらず、そのまま移動通信環境へ適用することは困難である。すなわち、CRTPでは1つ前の非圧縮ヘッダ情報を基にヘッダ圧縮を行っているため、1つのパケットロスにより送信側と受信側で同期はずれが生じ、以降のパケットを正しく復元することができなくなる。そのため1つのパケットロスが受信側でのバースト的なパケット廃棄につながり、特に移動通信環境のように誤りの多い環境では、頻繁なパケットロスが伝送効率を大きく低下させることになる。このような状況を受けて、IETFのROHC (Robust Header Compression) Working Groupでの活動など、パケットロス耐性のあるRTPヘッダ圧縮方法の検討が進められている。ROHC WGで検討されているヘッダ圧縮方法

は、以下の特徴によりパケットロス耐性を高めている。

- ある特定のフィールド値にイレギュラーな変更があった際に、該当フィールドの差分値そのものではなくフィールド値の下位数ビットを複数回伝達することにより、1つ前のパケット以外からも復元を可能とする。
- 圧縮前のRTP/UDP/IPヘッダから算出されたチェックサムを圧縮ヘッダに付加し、受信側で当該チェックサムを用いて正しく復元できたかどうかをチェックする。
- 完全なパケットロス耐性を要求する場合には、受信側から送信側へACKを返送し、送信側ではACK対象のパケットから復元を可能とするだけの情報を圧縮ヘッダに付加し、送信する。

これらに加え、送受信局間で同期はずれが生じた際でも同期回復後に逆向きにヘッダ復元をすることでパケットロス数を低減する手法についても、オプションの動作として規定している。

◆ ITU-TにおけるH.323モビリティ標準化動向 ◆

H.323は現在VoIPのプロトコル、特に企業内ネットワーク装置間の伝送・制御プロトコルとして広く用いられているITU-Tの標準規格であるが、ITU-Tではモビリティ機能の追加であるH.323 Annex Hの標準化作業を行っている。前々章での説明の通り3GPPではIETFのSIPプロトコルをベースに検討を行っているが、モビリティの実現法については明確となっていないものの、H.323 Annex Hと同様のモビリティ機能拡張が行われる可能性がある。またH.323 Annex H自身についても企業内ネットワークへの応用を中心に広く利用されることが期待されている。

H.323 Annex Hでは、以下のモビリティ機能をアプリケーションレベルで実現する方法が規定される予定である。

- ユーザモビリティ
 使用端末、端末種別およびネットワーク接続地点によらず利用者を識別する能力 (SIMカードローミングのようなイメージ)。
- ターミナルモビリティ
 利用位置、ネットワーク接続地点などによらず端末に通話を提供できる能力。ローミングのように通話の連続性を求めない離散的モビリティと、ハンドオーバーのような通話を連続しての移動を求める連続的モビリティの双方がターゲットとなっている。

・サービスモビリティ

ユーザが利用場所、利用端末によらず特定の付加サービスを継続して受けられる能力。

ITU-Tは2000年11月にH.323 Annex Hの標準化完了を予定していたが、装置間通信に用いるプロトコルを3GPPなどで検討されているものと協調することの要否について議論が継続しており、現状は早ければ2001年半ばの標準化完了という状態である。

◆大規模公衆移動網へのIP技術適用◆

最後に、大規模公衆移動網にIP技術を適用するために必要な技術として、特に分散アーキテクチャや音声などのリアルタイムトラフィックをIP上で伝送するためのVoIPのQoS技術に関して、技術的な観点から何に課題があり、何を検証していく必要があるかという点について概要を説明する。

■分散アーキテクチャ

キャリアスケールの大規模IP移動網を構築する上で、音声や画像、データなどのマルチメディアトラフィックをIP上で伝送し、さらにさまざまな付加サービスを提供するためのNWアーキテクチャとして、上述のように3GPPなどで検討されている分散アーキテクチャが挙げられる。

分散アーキテクチャでは、メディア伝送/処理とその制御を物理的に分離し、その間のインタフェース(IF)を規定する。これにより、マルチベンダ化が実現でき装置の導入コスト低減に繋がる点、装置の機能追加や置換の柔軟性が高くなり網の運用コストを削減できる点などがメリットとして挙げられている。

他方、今までは交換機内で閉じて最適化されているIFを物理的に分離し規定することが、そのIF規定に要する時間・稼働、規定されるプロトコルを用いた装置間の相互接続性、さらにはそのIF間のトラフィックによるスケーラビリティの低下が懸念される。

したがって大規模公衆移動網への導入に対しては、マルチベンダ接続性の検証やアーキテクチャ全体としてのスケーラビリティの評価が事前に必要となる。

■検証のポイント

大規模公衆移動網VoIPを実際の商用網へ適用する場合の検証ポイントを以下に述べる。

・VoIPの呼制御技術として、H.323やSIPを用いた基本呼接続試験とインタワーク技術の検証、同時接続数や準正常処理/異常処理などを検証する必要がある。

・IP上での音声トラフィックなどのリアルタイムトラフィックサービスにおいて必須の技術であるIP-QoS技術に関しては、主観品質評価などによる音声品質評価を基に、商用サービスとして十分な品質を満足し得るIP-QoS技術の適用方法の検証を行う必要がある。

一般的にIP-QoS技術としてRSVP (Resource Reservation Protocol)¹⁴⁾やDiffservなどの個別技術はIETFなどで規定されており、実装されてきているが、大規模網へ適用する場合には、RSVPのスケーラビリティ、DiffservのQoS保証能力、CR-LDP (Constraint-based Routing-Label Distribution Protocol)¹⁵⁾やRSVP-TE (RSVP-Traffic Engineered)¹⁶⁾などのLDPを用いたMPLS (Multiprotocol Label Switching)¹⁷⁾のQoS拡張能力などの要素技術検証を実施し、それらの検証結果から各々の技術の適用領域を見極め、各種QoS技術の最適な組合せを模索していく必要がある。

NTT DoCoMoにおいても2000年9月から2001年3月にかけて、上記で述べたVoIP関連の実験以外にIP Mobilityの検証 (Mobile IPの検証)、Open APIの検証もあわせて実施し、大規模移動網にIP技術を適用するための各種要素技術の検証を実施していく予定である。

参考文献

- 1) 3GPP TS 23.005: Network Architecture.
- 2) IETF RFC2543: SIP: Session Initiation Protocol (Mar. 1999).
- 3) IETF RFC2327: SDP: Session Description Protocol (Apr. 2000).
- 4) ITU-T H.323: Packet Based Multimedia Communications Systems.
- 5) 3GPP TS 26.071: AMR; General Description.
- 6) 3GPP TR 26.975: Performance Characterization of the AMR.
- 7) 3GPP TS 26.110: Codecs for Circuit Switched Multimedia Telephony Service; General Description.
- 8) IETF RFC3016: RTP Payload Format for MPEG-4 Audio/Visual Streams (Nov. 2000).
- 9) Koskelainen, P., Westerlund, M., Lakanien, A., Sjoberg, J., Wimmer, B. and Fingscheidt, T.: RTP Payload Format for AMR, IETF Internet-Draft (Oct. 2000).
- 10) Xie, Q. and Gupta, S.: Error Tolerant RTP Payload Format for AMR (Oct. 2000).
- 11) IETF RFC2474: Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers (Dec. 1998).
- 12) IETF RFC2475: An Architecture for Differentiate Service (Dec. 1998).
- 13) IETF RFC2508: Compressing IP/UDP/RTP Headers for Low-speed Serial Links (Feb. 1999).
- 14) IETF RFC2205: Resource ReSerVation Protocol (RSVP) (Sep. 1997).
- 15) Jamoussi, B., et al.: Constraint-Based LSP Setup using LDP, IETF Internet-Draft (July 2000).
- 16) Swallow, G., et al.: RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels, IETF Internet-Draft (Aug. 2000).
- 17) Rosen, E. et al.: Multiprotocol Label Switching Architecture, IETF Internet-Draft (Aug. 1999).

(平成12年12月17日受付)