

移動通信ネットワークの IP化の検討 — AII-IP 実験の概要 —

IP系サービスの急激な増加に伴い、移動通信ネットワークにおいてもIPトラヒックに対して、より親和性の高いIP技術をベースとしたネットワーク方式の検討が急務となってきている。本稿では、このネットワークのIP化の実現性、効用を検討評価するため、技術的ねらいと評価実験システムの概要について述べる。

いまい かずお ふじや ひろし
今井 和雄 藤谷 宏
まえだ よしのり ひらた しょういち
前田 吉功 平田 昇一

1. まえがき

IP (Internet Protocol) アプリケーションとそのトラヒックの急増に伴い、移動通信ネットワーク (以下、移動網) においてもIPトラヒックに、より親和性のある通信方法が求められている。

現在の移動網によるIP通信は、従来の移動交換技術を用いてインターネットなどのIP網へのアクセスポイントに接続する「アクセス機能」を提供するものである[1]。したがって、インターネットのように、ユーザのIPパケットのアドレスそのものでルーティングする機能は提供していない。また移動制御も携帯電話の回線交換網と同じ仕組みで電話番号をベースとして行う。しかし、IP通信がトラヒックの主流を占めつつある状況では、移動網内においても、効率的かつ柔軟性の高い情報転送を実現するため、IPパケットを直接ルーティングし、IPベースで移動制御も行うことが有効と考えられる。これにより、基本的な転送機能をインターネットと同じ仕組みにすることができ、発展の著しいIP系技術の円滑な導入が図れるとともに、インターネットと連携した新しいサービス創出も期待できる。

移動網へのIP技術導入の検討は、3GPP (3rd Generation Partnership Project) などにおいても始まっているが、このようにIPベースの転送制御を実現するには、音声を含むマルチメディアトラヒックに対する品質保証や、端末の高速移動にも追従できる移動制御能力を具体的に検証していくことが重要である。そこで、すでに提案されている方式も含めて、実証的な検討を進めるため、全面的にIP技術を導入したコアネットワーク実験システムを構築し、評価を進

めてきている (All-IP実験)。今回の実験システム構築にあたっては、参加ベンダをRFP (Request For Proposal) で募り、移動系IPネットワークに関する先端の技術を集めることにより、現時点での市場技術の到達点を評価するとともに、今後の適用にあたって具体的な課題点を把握することに努めている。

本稿では、このような背景のもとでIP化のねらいと技術課題、およびその検討の一手段であるAll-IP実験の概要について述べる。

2. 移動網とIP通信

2.1 背景

米国国防省による実験的分散ネットワーク「ARPAnet (アーパネット)」に端を発するインターネットは、80年代末から90年代初頭の商用プロバイダ出現以後、その発展には目を見張るものがある。当初は限られた人々、限られた領域での利用であったものが、現在では、広く一般ユーザーまで浸透しており、各種通信トラフィックがIPパケットとして統合されつつある。

一方、通信事業者の間でも以下の理由により、IP技術の固定系通信網への積極的適用が始まっている。

- ① IP機器のコスト優位性や、各種トラフィックを同一技術で運搬できることによる、ネットワークコスト削減効果

- ② 単一ネットワークを運用することによる、オペレーションコスト削減効果
- ③ 通信サービスの主流になりつつある、インターネットサービスと連携した新たなサービス発展の可能性への期待

このようなIPパケットトラフィックの増大は移動通信の世界においても例外ではない。iモードの爆発的ヒットがその一端を示しており、ユーザトラフィックのIPデータ比率が音声を抜き去ることも遠くないと見られている。

移動網として、このようなIPサービス環境に最適な将来ネットワーク方式を検討することは、その発展のために大変重要と考えられる。

2.2 移動網のIPネットワーク化への期待

すでに述べたように、現在の移動網においては移動制御やルーティング技術は移動端末電話番号によって行う方式をベースとしており、IPパケットを転送するために、IP技術による情報転送能力をフルに使っているとはいえない。図1に示すように現在のPDC移動パケット通信システム (PDC-P: PDC Mobile Packet Data Communication System) (第2世代) [2]および2001年にサービス開始する次世代移動通信 (IMT-2000: International Mobile Telecommunications-2000) (第3世代) [3]ではいずれも、インターネットへのシンプルなアクセス能力を提供することが基本となっている。将来、IP系サービスが移動網においても中心とな

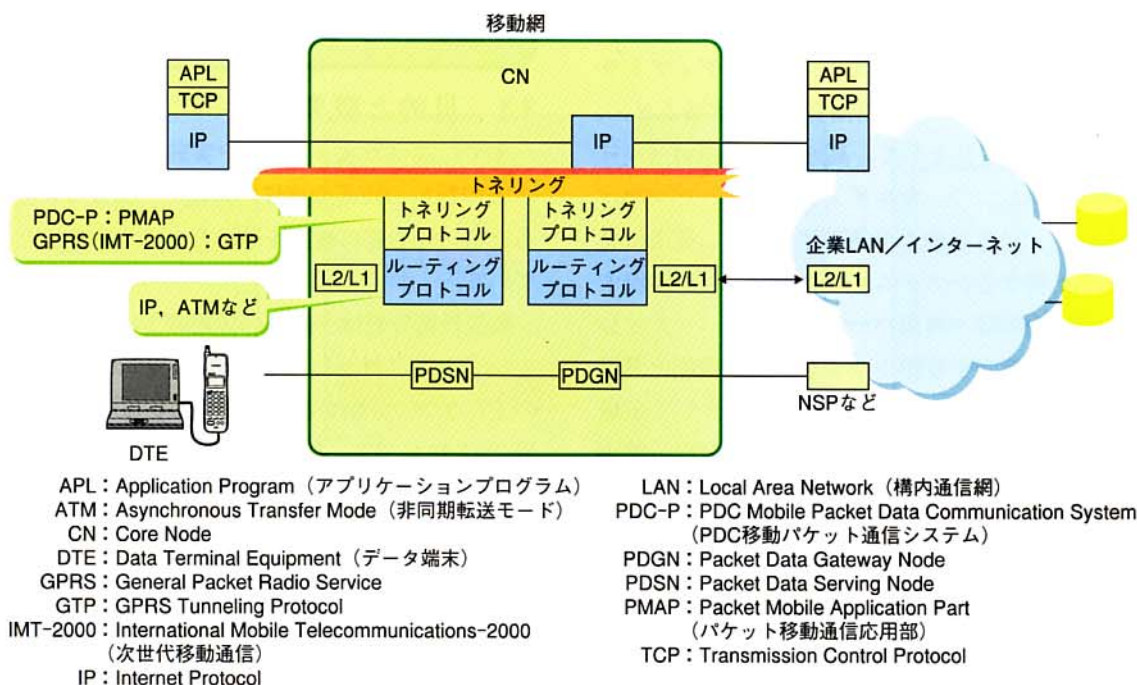


図1 PDC-P/IMT-2000における移動パケット通信の形態

っていくことを考えると、この形態はゲートウェイの処理能力やそこまでのアクセスパスの設定能力に制約を受ける可能性があり、必ずしもサービス提供のために最適解を与えているとはいえない。

これに対し、今後、移動網自身においてインターネットと同様に豊富なIP系アプリケーションを積極的に取り込み、IPを基本プロトコルにもつ端末（本稿ではIP端末と呼ぶ）やサーバを自由に接続できるようにしていけば、必然的にIPサービス環境に適したネットワークになると考えられる。このために、end to endをIP均一の転送ネットワークとして構築すること、すなわち移動網のIPネットワーク化がひとつの解となる。

このネットワークのIP化により、今後サービス提供の中心になると考えられるあらゆるIP端末を、そのアクセス方式に関わらず容易に接続することが可能となる。それによりサービスを高品質かつ柔軟に提供可能とすることでユーザへの利便性を高めることが第1のねらいである。さらに2.1節で述べたコスト削減など、固定系ネットワークにおけるIP技術導入と同等のメリットも期待される。

2.3 IP化の技術的ねらいと課題

上記のようなIPネットワーク化への期待を実現するために、主要なねらいと技術的課題を挙げる。

- (1) IP端末からのIPトラフィックを最も効率的に転送するため、ユーザパケットのIPアドレスによる最適ルーティングや高速移動制御を行う機能を実現すること。
- (2) データ系トラフィックをベストエフォートで安価大量に運ぶばかりでなく、音声を含むマルチメディアトラフィックにおいて要求される通信品質を保証すること。
- (3) 網コスト削減の手法として、高速IP転送能力（ルータ技術）を活かしつつ、マルチメディアサービス向けの高度な接続・品質制御も可能とするため、従来の交換システムと異なるシステムアーキテクチャを実現すること。具体的には、専用ハードウェアをベースとして高速大容量を指向するIPトランスポート機能と汎用コンピュータ上でソフトウェアをベースとして多様性、柔軟性を指向する制御処理機能とを明確に分離することにより、ネットワーク上で、それぞれの能力に応じた分散配置とそれぞれのシステムの独立な発展を可能とする。
- (4) 従来の開発手法にとらわれずサードパーティへ一定のネットワーク機能を開放することにより、ネットワークサービスの豊富化・高度化を図ること。具体的には、アプリケーション開発のための標準的なプログラ

ムインタフェース（Open API（Application Interface））を定義して、IPネットワーク上の各種サービス開発を容易化し、IPネットワークプラットフォームのサービス提供能力を高める。

これらの課題を具体的に検討し、評価していくために、以下のような具体的技術課題を設定した。

- ① これまでの移動機の電話番号によるモビリティ制御（HLR（Home Location Register）による方法）に対し、IPアドレスによるモビリティ制御方法の確立
- ② end to endまで含めたIP-QoS（Quality of Service）制御の検討とその適用効果の測定による音声/ストリーム画像などのリアルタイム通信の実用性評価
- ③ VoIP（Voice over IP）の接続制御等を実現するIP上での信号方式の確立
- ④ 転送系/制御系分離アーキテクチャの適用法の検討とその効果の測定
- ⑤ 制御系へのOpen API適用法の検討とその効果の測定
- ⑥ インターネットと連携したIPマルチメディアサービスの検討

これらの検討にあたっては、次章で述べるようにコアネットワーク相当部分に対応する実験システムによる市場技術の評価を並行して行い、現在の技術水準を把握するとともに標準化動向も直ちに反映できるように配慮して進めてきた。

3. All IP 実験の概要とシステム構成

3.1 目的と概要

すでに述べたようにAll IP実験は、現時点で規定されているIP技術の技術到達性の確認と、大規模移動網へ適用するために、さらに検討を進めるべき点の明確化を目的にしている。

検証技術分野は、前節の課題の①に対応したIPモビリティ、②～④に対応したVoIP、⑤～⑥に対応したOpen APIの主に3つに分類される（ただし、⑥については今回の実験では対象外）。IPモビリティについては現在IETF（Internet Engineering Task Force）で提唱されているMobile IPを実際にインプリし、その評価を行うことにより移動網適用への不足点などを見出し、具体的なIPモビリティ方式を導出する。VoIPについてはコアネットワーク部分のQoSの効果を中心に検証する。Open APIについては具体的にParlayを用いてその上のアプリケーションの生産性、動作性能などを検証し、今後それをベースにさまざまなIPアプ

リケーション提供の容易性／柔軟性を検証していく。

3.2 システム構成

今回実験に使用したシステム構成の概要を図2に示す。

実験システムは主に中継コアノードやHA (Home Agent), FA (Foreign Agent) からなる中継ルータ網を中心に、CA (Call Agent), FS (Feature Server) で構成される制御系、固定電話などとの接続を行うMG (Media Gateway) とで構成される。

以下にそれぞれの装置の概要を説明する。

(1) CA

機能は大きく分けると以下の4つである。

- ・ SS7終端機能
- ・ MG制御機能
- ・ SIP (Session Initiation Protocol) 呼の接続を司る SIPサーバ機能
- ・ H.323呼を司る GK (Gate Keeper) 機能
- ・ 付加サービス制御機能

(2) MG

公衆交換電話網 (PSTN: Public Switched Telephone Network) との相互接続インタフェースを有し、通話路情

報をパケット化する機能 (および逆の機能) を持つ。また、QoS制御機能を有する。

(3) FS

CA上に実装される付加サービス制御機能の遠隔配備機能を持つ。

(4) CN (Core Node)

コアネットワーク内の中継を行うためのIPルーティング機能、またQoS制御機能を有する。

(5) HA

Mobile IP 端末の位置情報管理機能および Mobile IP 端末在圏先へのパケット中継機能を持つ。

(6) FA

Mobile IP 端末の位置情報管理機能および Mobile IP 端末へのパケット中継機能を持つ。

(7) 認証サーバ

Mobile IP 端末の認証機能を有する。

(8) 擬似装置

PSTN, H.323 端末, SIP 端末, Mobile IP 端末などを擬似し、各種制御系パケット, データ系パケットを送受する機能を有する。

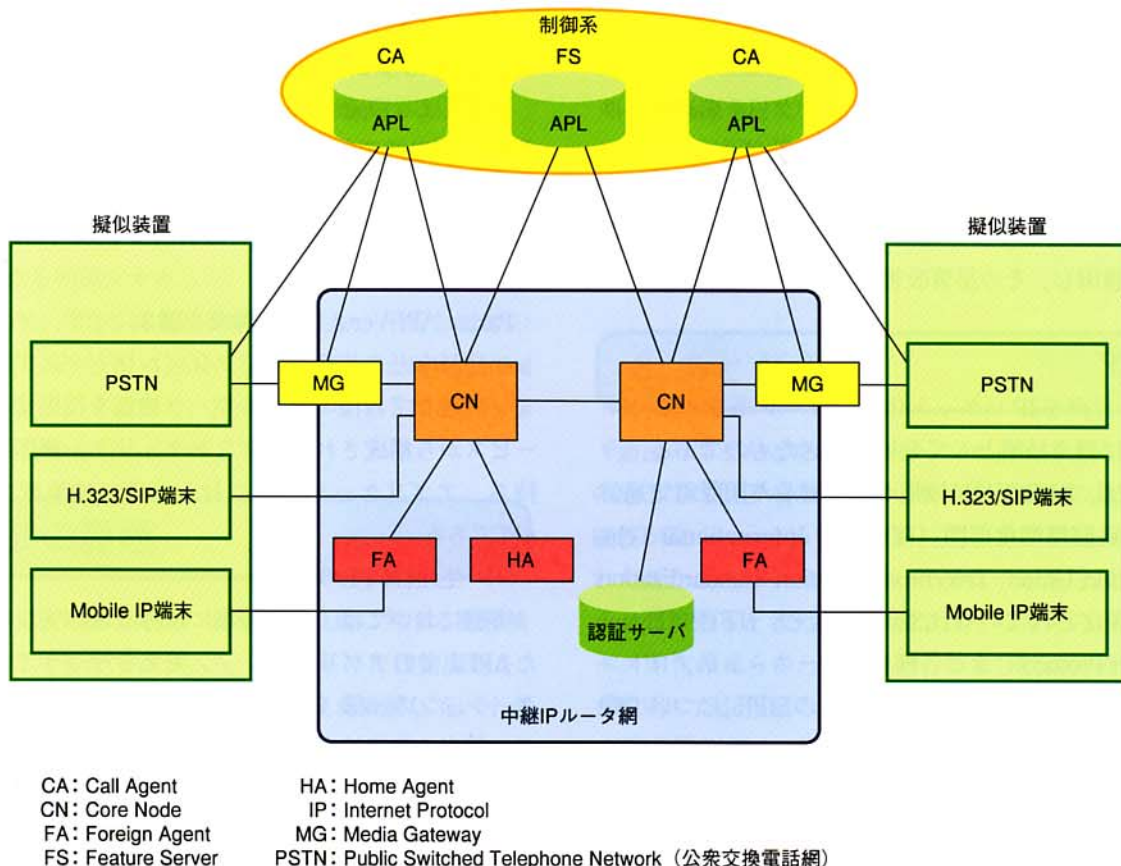


図2 実験システム構成概要

4. 実験評価項目

4.1 IP モビリティ

Mobile IP[4]は、インターネットへの接続点に変化しても、端末のIPアドレスを保存しての通信を可能とする技術である。すなわち、本技術を用いれば、IPアドレスが固定された端末が、固定系の構内通信網（LAN：Local Area Network）/WAN（Wide Area Network）のみならず、移動ネットワーク間でも自由に移動が可能となりえる。

今回の実験では、移動端末のモビリティを実現する手段としてMobile IP技術を用いることを想定し、動作検証、処理能力評価を行うことを目的に、以下の評価を行う。

(1) Mobile IP基本動作確認

IETFのRFC2002をはじめ、インターネットドキュメント（経路最適化技術、スムーズハンドオフ技術など）をインプリしているシステムを用い、Mobile IPの動作確認を行い、仕様および実装の到達度を確認する。

(2) 移動網への適用可能性確認

位置情報を管理し、端末とのパケット送受を行っているHA、FAなどへの過負荷試験を行い、現在のシステムにおける能力限界を把握するとともに、移動管理をIPで行った場合のボトルネックを発見する。

(3) IPパケット転送品質測定

Mobile IP技術を用いて転送されるIPパケットの遅延、ゆらぎ、パケット廃棄率を測定し、品質を検証する。また、特に移動網では重要となるハンドオーバー時のパケットロス低減する技術として、スムーズハンドオフやFA階層化技術などを適用し、その品質改善度を検証する。

4.2 VoIP

VoIPは、音声をIPパケット化し、データ系IPパケットと同じように扱う技術として発展してきたものである。今回の実験では、LAN/WAN技術から発展した国際電気通信連合・電気通信標準化部門（ITU-T：International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector）で規定されているH.323系技術と、HTTP（Hyper Text Transfer Protocol）など各種インターネット系プロトコルと親和性があるといわれているIETFのSIP[5]について動作検証を行うとともに、キャリアサービスとして提供する際重要となるQoS技術について以下の検証を行う。

(1) H.323, SIP, PSTN基本動作確認

H.323端末間、SIP端末間、PSTN間（IP中継）、およびそれぞれ相互間の接続確認を行い、各システムの実装状況を

把握するとともに、技術仕様の不足点を明確化する。

(2) QoS技術の確認

QoS技術としては、Diff-Serv（Differentiated Services）、帯域保証（RSVP：Resource Reservation Protocol）、MPLS（Multiprotocol Label Switching）、CR-LDP（Constraint-based Routing Label Distribution Protocol）、RSVP-TE（RSVP-Traffic Engineering）などを用いる。音声パケットを優先扱いとし、背景トラフィックとして非優先のデータ系パケットを増加させた場合の、各パケットの遅延、ゆらぎ、廃棄率ないしはMOS（Mean Opinion Score）/PSQM（Perceptual Speech Quality Metrics）による音声品質を測定することにより、各QoS技術の有効性を確認する。

また、移動網へ適用する際は、各QoS技術をend to endにて組み合わせることになるため、各QoS技術の特性を把握し、適用領域を推測する。

4.3 Open API

元来、交換機のアプリケーションは限られたテレコム系ベンダにより開発されてきており、ネットワークの大規模化とともに、アプリケーションの開発期間、開発コストは年々増加している。このような状況の中で、スピーディなアプリケーション開発やコストダウンが要望された結果、IP系ベンダを中心にIN（Intelligent Network）技術をベースとしたOpen APIの概念が考えられた。

さまざまなOpen APIの検討が各種標準化グループで進められているが、今回の実験では、3GPPなどの団体から注目されており、現時点で最も完成度が高いと考えられるParlay API（最新バージョンはVer.2.1 2000年6月リリース）を対象とした。

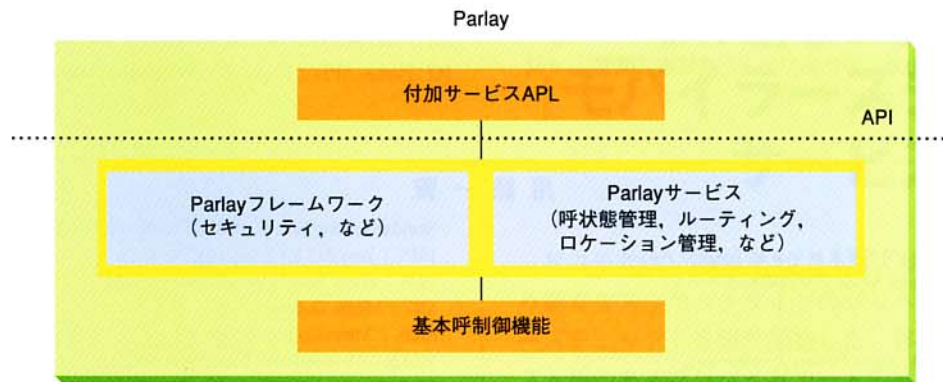
Parlay API Ver.2.1[6]の構成を図3に示す。アプリケーション認証などを行うParlayフレームワークとアプリケーションに対して各種のネットワーク機能を提供するParlayサービスから構成され、高度なセキュリティ機能と拡張性を持ち、アプリケーションに対して高い抽象度を提供するAPIである。

(1) 生産性向上の検証

実験においては、網の種類に依存しない完全に公開されたAPI上でのアプリケーション開発を行ううえで、アプリケーションの一部（コンポーネント）の再利用などにより、どの程度の生産性向上が図れるかを検証することで、今後の付加サービス開発手法の方向性を見極める。

(2) 異システム間でのポータビリティ性の検証

A社CAあるいはFS上で動作するアプリケーションをB社、C社のCAあるいはFS上で動作確認することで、アプ



API: Application Interface
 APL: Application Program (アプリケーションプログラム)

図3 Parlay APIの構成

リケーションのポータビリティが確保されるかを検証し、複数のネットワーク上での同一サービスアプリケーション開発の可能性を検証する。併せて、アプリケーションのポータビリティを確保するうえでの注意点・考慮点を明確化する。

(3) 異ベンダノード間の相互接続

異ベンダによるノード間 (CA, FS) の相互接続を行い、Parlayを使用したシステム構築上前提となっているCORBA (Common Object Request Broker Architecture) の動作確認など、商用環境におけるマルチベンダ接続が問題なく行うことができるかという点についても検証を実施する。

(4) 大規模ネットワークへのOpen API適用性の検証

CAあるいはFS上にアプリケーションを搭載し、過負荷呼をかけることで、Open APIを用いて実現したアプリケーションの処理能力限界を把握し、大規模網へのOpen API適用時の考慮点を明確化する。

以上、Parlay APIを対象に検証を行うが、平行して他の有力なOpen API技術 (JAIN (Java API for Integrated Network), など) も調査し、将来的にトレンドになりうるAPI技術の見極めを行っていく。

5. 今後の課題

今回のAll-IP実験は現状の個々のIP技術に対する動作検証を主眼としたものであり、2. 3節で挙げた技術課題を、今回の実験結果を反映させて今後引き続き検討していく必要がある。具体的には以下が挙げられる。

- (1) 加入者情報や位置情報などの技術分野間での連携および、Mobile IP, VoIP (QoS) 一連の組み合わせ動作などを考慮した、情報配備、機能分担をもとに、商用移動網へ適用するアーキテクチャを検討する必要がある。

る。また、IPv4を中心に評価を行ったため、IPv6を適用した検証をより深く進める必要がある。

- (2) RFC2002で提唱しているMobile IPは元来マイクロモビリティと呼ばれるものである。移動無線による連続移動に対する追跡性、ハンドオーバーなどのマイクロモビリティ機能と連携した移動網への実際の適用方式を確立する必要がある。
- (3) 各QoS技術の優劣の比較による差異、実現メカニズムは明確化されたものの、無線区間も含めて主観品質評価などの本格的効果測定はまだ不十分であり、今後の重要な課題の1つである。
- (4) Open APIについてはその性格上、標準化/流通性が重要であり、今後も引き続き技術の動向とその実現性を注視していかなければならない。また、Open APIの特性を活かしたキラーアプリケーションの創造も重要な課題である。

6. あとがき

通信のほとんどをIPトラヒックが占めるだろうとの予測のもとでは、IP系の技術は、将来の移動網の基盤となる可能性が高く、end to endでIP技術の発展を最大限に取り入れた新たなネットワークアーキテクチャを今後追求していく必要があると考える。本稿ではその考えのもとネットワークIP化のねらいと検討課題、および技術評価実験の内容を説明した。今回のAll-IP実験は、今後検討を深めるための重要な端緒となるものである。

文献

- [1] 藤谷：“移動通信ネットワークとIP通信技術”，電子情報通信学会誌 Vol.83, No.4, pp.327-333, 2000年4月。

- [2] 大貫, ほか: “移動パケット通信コアネットワークの開発”, 信学会論文誌B投稿中 (2001年1月に採録決定, 掲載月未定).
- [3] 中村, ほか: “IMT-2000におけるパケット通信方式概要”, 本誌, Vol.6, No.4, pp.24-31, 1998.

- [4] C. Perkins., ed., “IP Mobility Support”, IETF RFC2002, Oct.1996.
- [5] “SIP: Session Initiation Protocol”, IETF RFC2543, Mar.1999.
- [6] Parlay APIs 2.1 Specifications, <http://www.parlay.org>.

用語一覽

API : Application Interface
 APL : Application Program (アプリケーションプログラム)
 ATM : Asynchronous Transfer Mode (非同期転送モード)
 CA : Call Agent
 CN : Core Node
 CORBA : Common Object Request Broker Architecture
 CR-LDP : Constraint-Based Routing Label Distribution Protocol
 Diff-Serv : Differentiated Services
 DTE : Data Terminal Equipment (データ端末)
 FA : Foreign Agent
 FS : Feature Server
 GK : Gate Keeper
 GPRS : General Packet Radio Service
 GTP : GPRS Tunneling Protocol
 HA : Home Agent
 HLR : Home Location Register
 HTTP : Hyper Text Transfer Protocol
 IETF : Internet Engineering Task Force
 IMT-2000 : International Mobile Telecommunications-2000
 (次世代移動通信)
 IN : Intelligent Network
 IP : Internet Protocol
 ITU-T : International Telecommunication Union-Telecommunication

Standardization Sector (国際電気通信連合・電気通信標準化部門)
 JAIN : Java API for Integrated Network
 LAN : Local Area Network (構内通信網)
 MG : Media Gateway
 MOS : Mean Opinion Score
 MPLS : Multiprotocol Label Switching
 PDC-P : PDC Mobile Packet Data Communication System
 (PDC移動パケット通信システム)
 PDGN : Packet Data Gateway Node
 PDSN : Packet Data Serving Node
 PMAP : Packet Mobile Application Part (パケット移動通信応用部)
 PSTN : Public Switched Telephone Network (公衆交換電話網)
 QoS : Quality of Service
 RFP : Request for Proposal
 RSQM : Perceptual Speech Quality Metrics
 RSVP : Resource Reservation Protocol (帯域保証)
 RSVP-TE : RSVP-Traffic Engineering
 SIP : Session Initiation Protocol
 TCP : Transmission Control Protocol
 VoIP : Voice Over IP
 WAN : Wide Area Network
 3GPP : 3rd Generation Partnership Project