



# 4 世界のキャリアが取り組む NGN (Next Generation Network) の技術的要素

村上龍郎 NTT サービスインテグレーション基盤研究所  
 中島伊佐美 NTT サービスインテグレーション基盤研究所  
 大羽 巧 NTT サービスインテグレーション基盤研究所

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8

## 世界のキャリアの動向

世界の通信事業者は、電話網の設備更改と顧客への新しいサービス提供のため NGN (Next Generation Network) の構築に取り組んでいる。前者は、CapEx (設備投資)、OpEx (運用費) の削減を狙いとしており、後者は、トリプルプレイ、FMC (Fixed Mobile Convergence) といった、複合・融合サービスによる ARPU (1 ユーザあたりの月間平均収入) の向上を狙いとしている。また、固定電話サービスは、従来からライフラインとしての役割も保つ一方、サービスという観点からはインターネットと携帯電話の成長がめざましい。このような状況から NGN は、電話並みの品質、信頼性を担保しつつインターネットと携帯電話の魅力を取り込むことが必要とされている(図-1)。

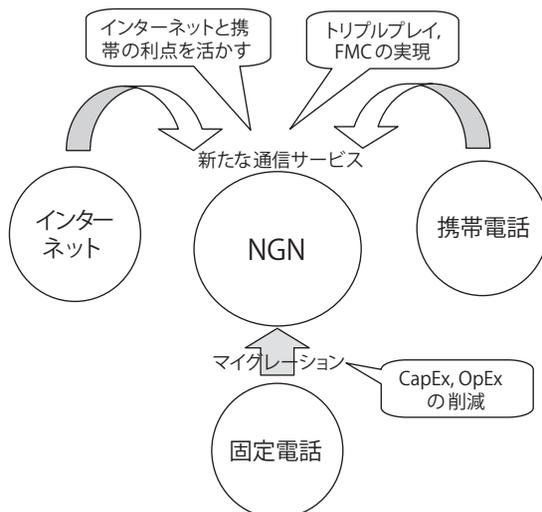


図-1 NGN の位置づけ

## 技術動向

キャリアがインフラ構築において取り組んできた技術を3つの流れに大別した(図-2)。1つは、“光化の流れ”，1つは，“マルチメディアの流れ”，最後は，“情報処理の流れ”である。“光化の流れ”は、光ファイバーの技術にはじまって、光中継(WDM, OADM, OXC等)技術や光アクセス(PON, MC等)技術へと進展してきた。すなわち、通信用語でいえば、線路、伝送技術の進展である。“マルチメディアの流れ”は、通信のデジタル化に始まって ISDN (Integrated Service Digital Network) によりサービス統合という概念が取り込まれ、B-ISDN によってマルチメディア統合という概念に達した。ATM 技術によりこれに拍車がかかり、音声・データパケット統合という考えが広まってきた。このころから「統合」は

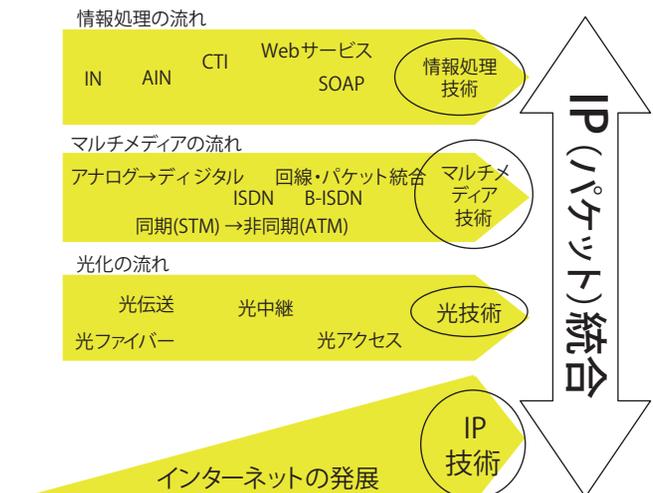


図-2 テレコムネットワーク技術の推移

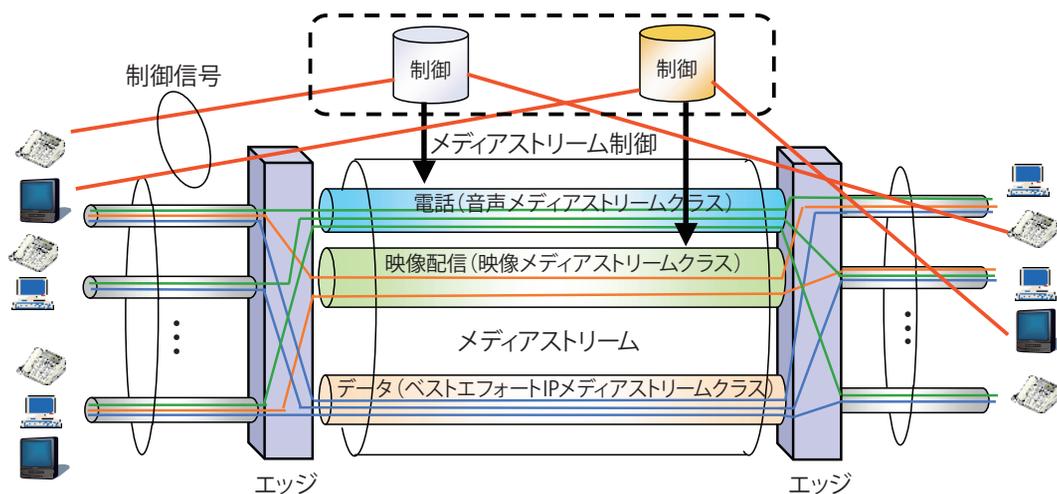


図-3 メディアストリームと制御信号

“integration” から “convergence” と呼ばれるようになってきた。この流れは、通信用語でいえば交換技術の進展であるが、転送機能と制御機能の分離という考えから、交換機は分散配備するルータと集中配置するサーバとに分離された。“情報処理の流れ”は、IN (Intelligent Network) からはじまり、高度 IN に発展した。さらに CTI (Computer Telephony Integration) という形では Web サービスが導入され、これはアプリケーションサーバとして SOAP の導入等につながっている。“情報処理の流れ”は、通信分野へ情報処理分野の最新技術を導入する役割を果たしている。別な言い方をすれば通信分野と情報処理分野の融合ともいえる。

これら 3 つの技術の流れは、1990 年代のインターネットの急速な発展による IP 技術の成熟化に大きく影響され、IP を用いた“パケット統合”という基本思想に発展している。これが NGN の技術的柱といえる。特に“マルチメディアの流れ”において「IP (パケット) 統合」によりマルチメディアサービスを提供する点が NGN の特徴の 1 つである。

## 🌐 NGN の技術的特徴

### メディアストリームと制御信号

NGN が「IP (パケット) 統合」によりマルチメディア通信を実現するという特徴は図-3 のように表現できる。

NGN は、IP パケット化された音声、映像等の各メディアを“メディアストリームクラス”の単位で束ねて統合する。メディアストリームクラスは、音声、映像、データといったメディアの種別と、双方向インタラクティブ通信、オンデマンド配信、マルチキャスト通信、あるいは

はベストエフォート通信といった通信方法の組合せである。IP 化されたメディアストリームを統合することによって、多種多様なサービスを同一ファイバー、同一ルータにより転送、ルーティングすることができる。また、通信を開始、終了するには、クラスごとに定められたユーザからの制御信号(あて先、通信手段等)を用いる。この制御信号の情報を元にメディアストリームを制御することによって、NGN は初めて通信サービスとしての役割を果たす。

この観点からインターネットと NGN の違いを述べると、インターネットが利用者に IP パケットの通信を提供するのに対して、NGN は IP パケット化されたメディアストリームを提供している点である(図-4)。別の言い方をすると、インターネットの場合、音声か映像か、配信か双方向通信かはエンドーエンドのアプリケーションが判断する。一方、NGN は物理的にはインターネットと同様の IP パケットをユーザに提供しているが、論理的には音声、映像配信、マルチキャストサービスといった通信サービスを提供しているといえる。なお、NGN のベストエフォートのデータサービスはインターネットと同等なサービスといえる。

### C プレーンと U プレーン

交換機により構成される従来の電話網では、音声を運ぶネットワーク(転送網)と制御を行うネットワーク(共通線信号網)が別のネットワークになっている。IP によるパケット統合 (Convergence) アーキテクチャの特徴は、従来の交換機を転送機能と制御機能に分離する一方で、転送網と信号網を統合している点にある(図-5)。

ルータで代表される IP 転送機能とサーバで代表され

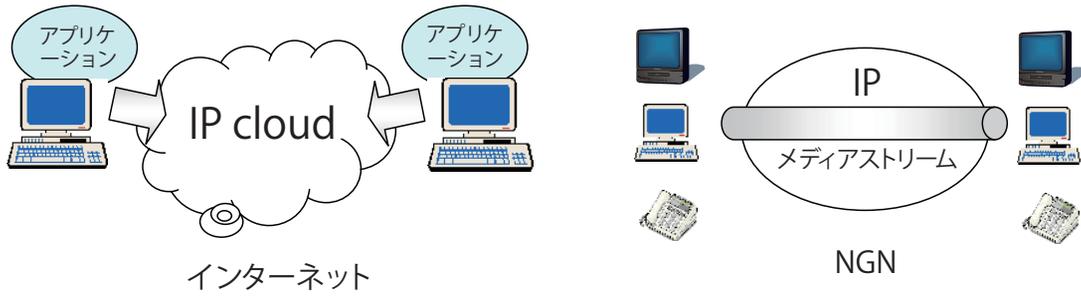


図-4 インターネットと NGN

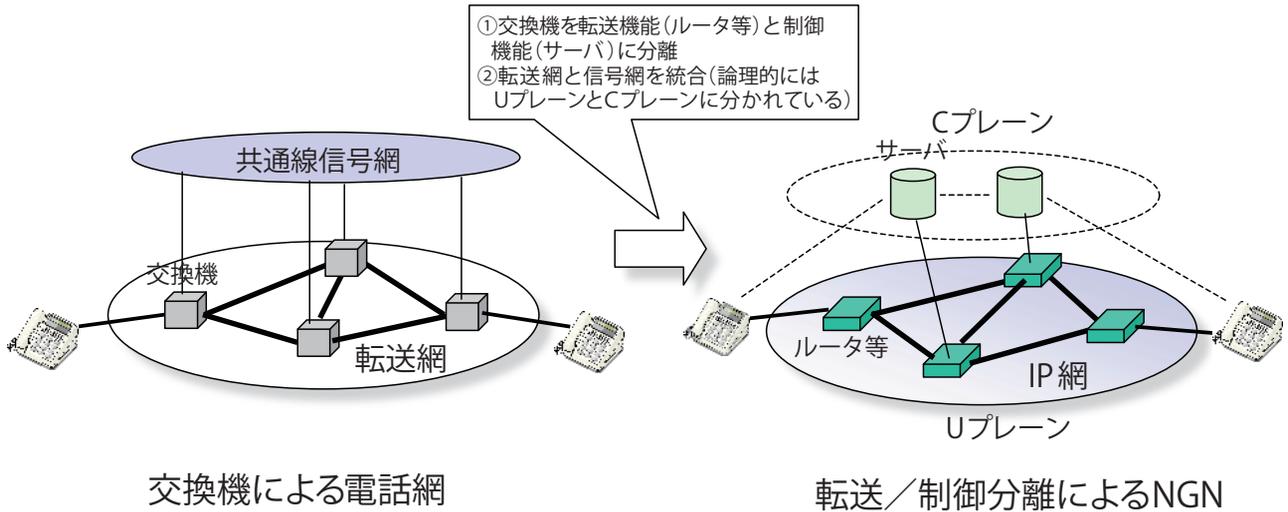


図-5 転送と制御分離

る制御機能を分離することにより、それぞれの装置を独立に更新することができ、また、分散配置が必要な転送装置とは独立に制御装置を集中配置することにより、メンテナンス稼働を削減することができる。

ネットワークとしては、交換機間の情報通知を行っていた制御信号と音声などの主情報の両方が IP 化されていることから、別のネットワークを構築する必要はなく、どちらも統合 (Convergence) された IP ネットワークで転送される。しかしながら同じ IP 信号でも、ユーザと制御装置および制御装置間の情報を伝える信号とユーザ間の (音声などの) 信号とは論理的に区別し、前者は C (Control) プレーン、後者は U (User) プレーンと呼ばれている。NGN アーキテクチャでの制御信号は C プレーン、メディアストリームは U プレーンに相当する。そして、C プレーンと U プレーンをつなぐものがメディアストリーム制御である。

## NGN アーキテクチャ

図-6 に ITU-T で標準化が進められている NGN のアーキテクチャ<sup>1)</sup>を示す。

“Transport Functions” は、メディアストリームを司

るファンクションであり、“Service Control Functions” は、制御信号を司るファンクションである。そして、NACF (Network Attachment Control Functions: 回線認証やアドレス配布を行う機能)、RACF (Resource and Admission Control Functions: ネットワークリソースの管理、ユーザからのアクセス管理を行うことによって QoS を制御する機能) は、制御信号とメディアストリームをつなぐメディアストリーム制御を司る。

“Service Control Function” をサービス単位に定義しようというのが NGN 標準化の方向性である。最初のサービス (リリース 1) として電話網 (PSTN / ISDN) シミュレーションサービス (これは電話と同等であり、さらにマルチメディアに拡張可能なサービス) のアーキテクチャが標準化されているが、ここでは制御信号として SIP (Session Initiation Protocol) を使うことがコンセンサスを得ている<sup>2)</sup>。

## 🌐 SIP によるセッション制御技術

メディアストリームのエンドーエンドの通信をセッションとして扱い、これを制御するための制御信号の代表

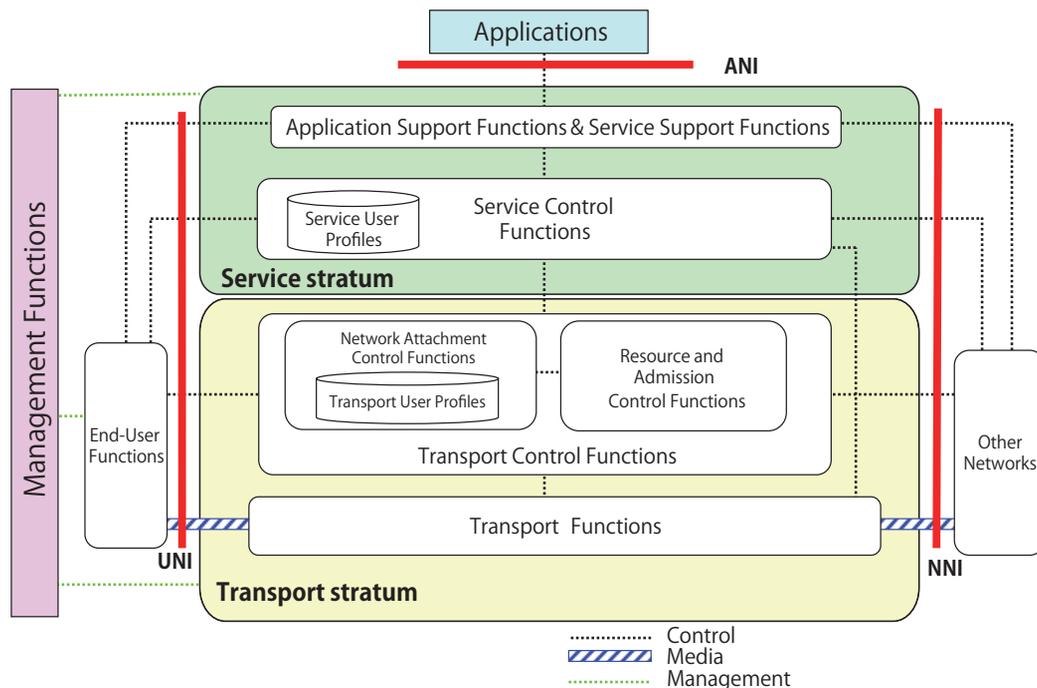


図-6 NGNのアーキテクチャ

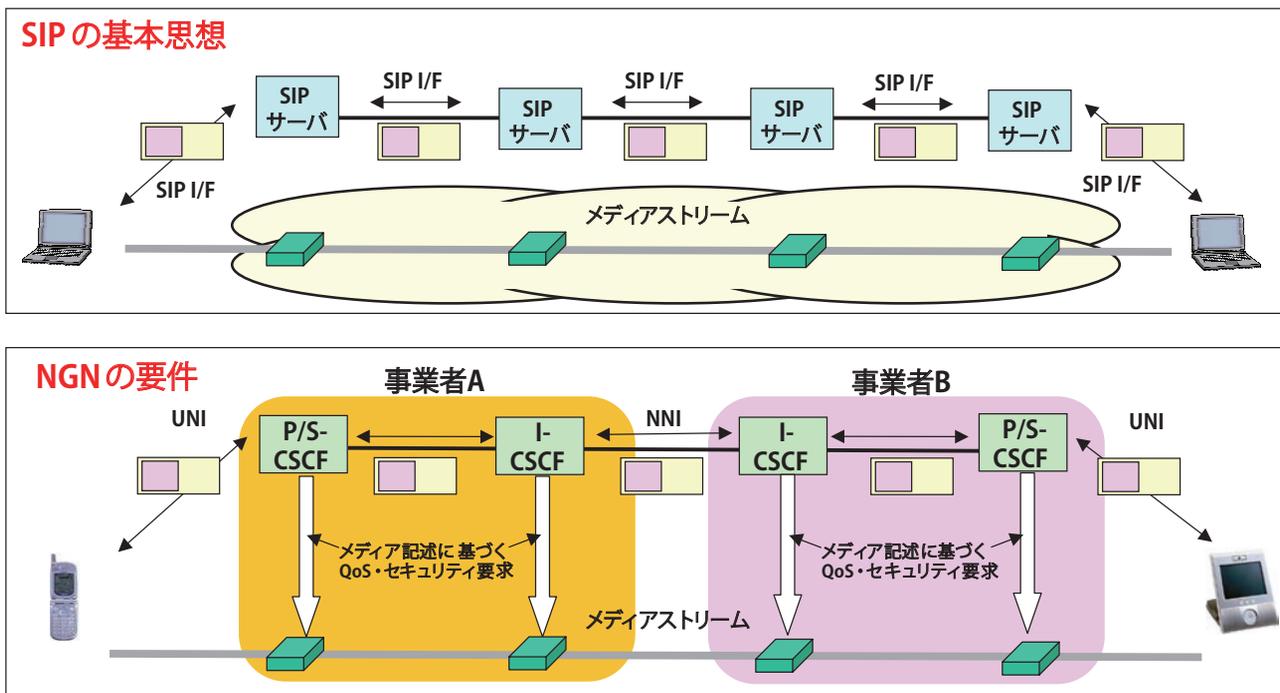


図-7 NGNにおけるSIP

選手がSIPである。SIPは1999年にIETFで標準化され<sup>3)</sup>、現在主に使われているものは2002年に改版された規定である<sup>4)</sup>。

SIPをインターネットで使う場合は、セッション確立のためのエンド-エンド間のネゴシエーション手段とし

て使われるが、NGNの制御信号として使う場合は、エンド-エンドのネゴシエーションに加えて、ユーザと制御装置、制御装置間のネゴシエーション手段としての役割も併せて担っている(図-7)。

インターネットでSIP信号を転送するSIPサーバは、

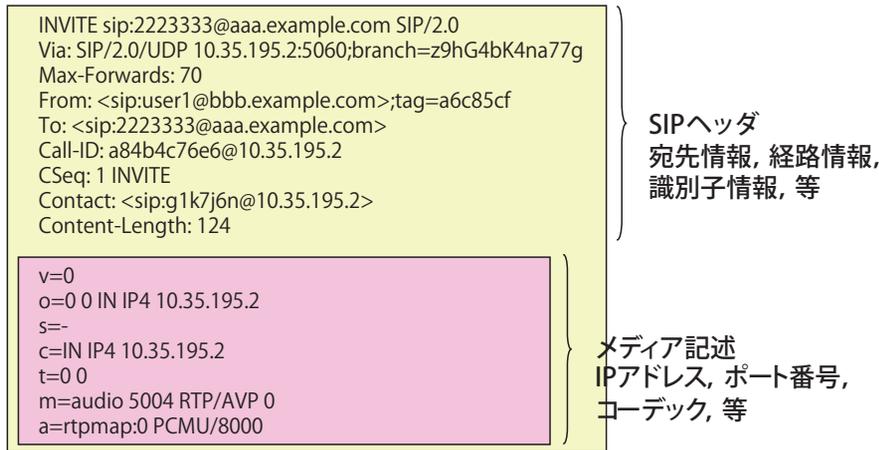


図-8 SIP メッセージのフォーマット例

宛先情報とサーバ内に登録された着信ユーザのアドレス情報を元に SIP 信号を確実に伝える役割だけを果たす(いわゆるルーチングエンジン)。これに対して、NGN の制御装置(代表的なのは、IMS (IP Multimedia Subsystem) の CSCF (Call Session Control Function) である)は、ルーチングエンジンとしての役割だけでなく、SIP 信号の内容に応じて、メディアストリームの制御を行う(すなわち転送系装置の制御を行う)点が大きく違う。

また、インターネットでは端末 - SIP サーバ間インタフェースと SIP サーバ間インタフェースは SIP の観点では大きな区別はないが、NGN では User Network Interface (UNI) と Network Network Interface (NNI) として明確に区別する。基本的に UNI と NNI とでは用いる SIP 信号に大きな差異はないが、たとえば、NNI 上では、NGN の網内・網間は信用できるドメインとして、発信者番号情報等の重要情報であっても常に転送するが、UNI 上では、ユーザからの要望等により転送するかどうかを選択することができる(例：発信者番号通知/非通知)といった若干の違いは存在する。

さらに、インターネット全般では使用せず、NGN に用途を限定した拡張機能も Private (P-) ヘッダとして使用可能である。たとえば、信頼できるドメインでのみ使用可能な ID 情報を転送するために RFC3325<sup>5)</sup> にて規定した P-Asserted-Identity が使用可能であるが、インターネット全般では本ヘッダは使用しない。

SIP 信号は、主にルーチング情報を含むヘッダ部分とメディアストリームに関する情報を含むセッション記述部分<sup>6)</sup>とからなり、セッション記述部分には、たとえば、メディアストリームをやりとりするための IP アドレスとポート番号、および、通信中に使用するコーデックや使用帯域の情報が含まれる(コーデックとは音声や映像

をデジタル信号に変換する方式で、品質や使用帯域に応じてさまざまな種類があるためセッション確立時にどのコーデックを通信中に使用するかのネゴシエーションが必要)(図-8)。NGN では、セキュリティを担保するために、セッション記述部分の IP アドレスとポート番号を利用してピンホール制御を行ったり、品質を担保するために、コーデックや使用帯域を利用して QoS 制御や帯域制御を行うなど、ネットワーク内の制御装置同士で連携し、ネットワーク全体として高度な制御を行うのである。

## 🌐 メディアストリームの品質を確保する技術

NGN では、メディアの種類とユーザのリクエストに対応した QoS 制御を行う。ここでは、NGN の特徴の 1 つである QoS 制御について、これを実現するための技術を述べる。

### 品質規定と品質クラス

ITU-T-Y.1540<sup>7)</sup> では、IP パケットの転送品質を、損失、遅延、遅延揺らぎの 3 項目で規定している。品質条件はメディアによって、要求する品質項目も品質値も異なる。表-1 に、その一例を示す。IP 電話などの双方向のインタラクティブ通信では、遅延条件が特に要求される。映像配信などの片方向のユニ/マルチキャスト通信では、パケット損失をきわめて小さくすることが要求される。これら配信系のサービスは、会話型ではないので遅延はそれほど問題にはならず、バッファを受信側に持たせることでパケット損失を少なくすることが一般的である。ネットワークには受信側のバッファ量に対応した

メディアストリームタイプ	IP パケット要求品質 (例)		
	損失	遅延	遅延揺らぎ
双方向のインタラクティブ通信 (IP 電話など)	0.1%~数%	数十 msec	数十 msec
ユニ/マルチキャスト通信 (映像配信など)	$10^{-6} \sim 10^{-2}$ (符号化の方式および 速度に依存)	— (UDP の場合)	~数百 msec
映像コミュニケーション	$10^{-6} \sim 10^{-2}$ (符号化の方式および 速度に依存)	数十 msec	数十 msec
データ転送系	最低帯域		

表-1 メディアストリームタイプ別の IP パケット要求品質例

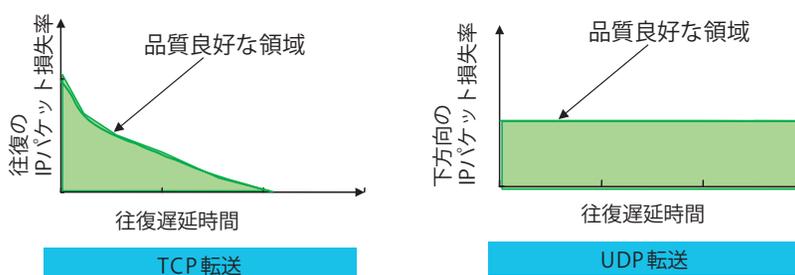


図-9 転送方式による映像配信 NW 品質条件の差異(実験例)

遅延揺らぎ条件を満足することが要求される。TV 電話などの映像コミュニケーションでは、会話型と配信型の双方の条件を満たすと同時に、音声と映像の同期品質を満たすことが要求される。また、3 対地以上の拠点を結んだ多対地通信では、メンバー間の一体感を確保するために、対地による品質差異を極力抑えることも要求される。一方、FTP などのデータ転送系のメディアストリームは、一定以上の帯域をネットワークで確保することが要求される。

品質条件は、メディアストリームの転送方式にも依存する。図-9 は、映像配信サービスを良好な品質で転送できるパケット転送品質条件を、UDP 転送方式の場合と TCP 転送方式の場合とで比較したものである。TCP 転送の場合、往復遅延時間が長いと Window 制御によりスループットが低下して品質が劣化する。しかし、往復遅延時間が短いと、パケット損失に対して TCP の再送制御で損失がリカバーされるため、パケット損失率条件が緩和される。また、TCP の Ack パケットの損失も再

送に繋がるため、品質条件は往復のパケット損失率で規定される。

一方、UDP 転送の場合、通常はアプリケーションレイヤでの損失データの再送制御があるため、下り（配信サーバから受信端末方向）のパケット損失率を品質条件とする。ただし、TCP のような Window 制御によるレート変動がないため、往復遅延時間に対しては特に制約されない。

このようなことから、NGN は多様なメディアストリームの品質要求条件に応えられるよう、複数の品質クラスを提供することが期待される。ITU-T-Y.1541<sup>8)</sup> は、表-2 に示すように、複数の品質クラスを規定している。品質クラスについては、ITU-T の勧告のほかにも、第 3 世代移動体通信標準化団体 3GPP (3rd Generation Partnership Project) の、TS 123.107<sup>9)</sup> において品質クラスを規定しており（表-3）、両者の品質規定値の対応付けが課題となる。

品質尺度	品質クラス								
	クラス 0	クラス 1	クラス 2	クラス 3	クラス 4	クラス 5	クラス 6	クラス 7	
IP パケット遅延	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U	100 ms	400 ms	
IP パケット遅延変動	50 ms	50 ms	U	U	U		50 ms	50 ms	
IP パケット損失率	$1 \times 10^{-3}$						$1 \times 10^{-5}$		
IP パケット誤り率	$1 \times 10^{-4}$						$1 \times 10^{-6}$		
IP パケット到着順序逆転率	-	-	-	-	-	-	$1 \times 10^{-6}$		
(参考) アプリケーション例	Real-Time, Jitter sensitive, high interaction (VoIP, VTC)	Real-Time, Jitter sensitive, interactive (VoIP, VTC)	Transaction Data, Highly Interactive, (Signaling)	Transaction Data, Interactive	Low Loss Only (Short Transactions, Bulk Data, Video Streaming)	Traditional Applications of Default IP Networks	High bit rate user application		
(参考) DiffServ との対応	Expedited Forwarding (EF)		Assured Forwarding (AF)			Best Effort (BE)	FFS		

表-2 品質クラスと目標値 (ITU-T Y.1541)

品質クラス	conversational	streaming	interactive	background
アプリケーション例	音声	映像ストリーミング	Web アクセス	E-mail
ビットエラー率	$5 \times 10^{-2}, 10^{-2}, 5 \times 10^{-3}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	$5 \times 10^{-2}, 10^{-2}, 5 \times 10^{-3}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	$4 \times 10^{-3}, 10^{-5}, 6 \times 10^{-8}$	$4 \times 10^{-3}, 10^{-5}, 6 \times 10^{-8}$
SDU エラー率	$10^{-2}, 7 \times 10^{-3}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$	$10^{-2}, 7 \times 10^{-3}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$	$10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-6}$	$10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-6}$
転送遅延 (ms)	最大 100	最大 100		
保証ビットレート (kbps)	16,000 以下	16,000 以下		
トラフィック処理優先度			1, 2, 3	
割当・保持優先度	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3

表-3 品質クラスと目標値 (3GPP TS 123.107)

## トラフィック条件

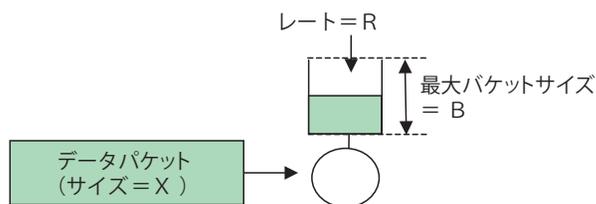
メディアストリームに対して、要求される品質規定値を担保するためには、メディアストリームのトラフィック条件に対応してネットワーク内の資源（回線帯域やルータのバッファ）を確保する必要がある。ITU-T Y.1221<sup>10)</sup> は、Y.1541 の品質クラスに対応した、IP 転送能力規定（トラフィックモデルとトラフィック条件）を与えている。標準的なトラフィックモデルは、図-10 に示すトークンバケットモデルであり、このモデルは、レートと最大パケットサイズで規定される。基本的には、レートに対応した回線帯域、最大パケットサイズに対応し

たルータのバッファをネットワークが確保できれば、メディアストリームのパケット損失を防ぐことができる。

## 転送品質の実現

メディアストリームに対して、UNI-UNI 間で指定された品質クラスで品質規定値を担保するためには、端末（ユーザ側）およびネットワークが、次の機能を具備することが必要である。

- 受付制御機能
- トラフィックシェーピング機能
- 流入制御機能



- トークンは一定レートRで、最大パケットサイズBまで補充される。
- データパケット到着時に、パケットのサイズXと等しいトークンを消費する。
- データパケット到着時に、パケットのサイズXが、蓄積された量を超える場合、違反パケットと判断する。この場合はトークンは消費しない。

図-10 トークンバケットモデル (ITU-T Y.1221)

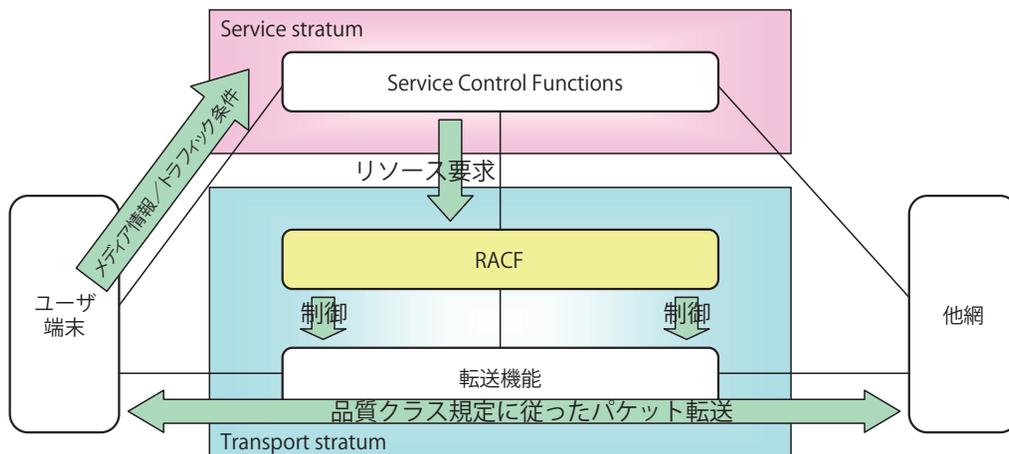


図-11 NGNの機能アーキテクチャ (ITU-T Y.2012)

- 品質クラス別転送制御機能
- 品質管理機能

**(A) 受付制御機能**

通信を開始する際、端末からメディアストリーム情報とトラフィック条件情報をネットワークに通知し、ネットワーク側は、対応した品質クラスと品質条件に適したネットワークリソースの確保が可能かを判断する。リソース確保が可能な場合は、受付可能として端末に通知し、同時に、当該メディアストリームの通信に必要なネットワーク側リソースの確保、流量監視を行うポリシーを設定する。NGNでは、このような受付制御とリソース制御の機能アーキテクチャモデル(図-11)の動告化作業が進められている。中心となる機能は、RACFである。

**(B) トラフィックシェーピング機能と流入制御機能**

メディアストリームごとに、トラフィック条件に適合するよう、端末側ではトラフィックシェーピング(IPパケットの送出間隔を均一化する処理)を行い、ネットワーク側は流量監視と超過トラフィックのポリシング(あらかじめ設定されたポリシーに従って非優先のパケットから廃棄する処理)を行う。トークンバケットモデルを想定すると、パケット到着時にパケットのサイズと等し

いトークンを消費する。パケット到着時にパケットのサイズがたまっているトークンサイズを超える場合、超過トラフィックと判断し、そのパケットを廃棄する。この場合、トークンは消費しない。

**(C) 品質クラス別転送制御機能**

品質クラス別に、品質規定値を満たすよう、ネットワーク内でパケットの転送制御を行う。ITU-T Y.1541は、ネットワーク内のパケット転送制御方式としてDiffServ<sup>11)</sup>を想定し、品質クラス別のPHB<sup>12)</sup>として、品質クラス0,1には Expedited Forwarding (EF)を、品質クラス2,3には Assured Forwarding (AF)を推奨している。

**(D) 品質管理機能**

機器故障などにより品質の劣化が生じている場合、これを検出し、品質劣化区間・劣化箇所を特定し、改善していく品質管理が必要である。

①品質劣化検出

メディアストリームごとのパケット転送品質の監視のほか、受付制御が実施されるNGNでは、受付判定拒否率(電話網で言う呼損率)や接続に伴う遅延時間(接続遅延)などの接続品質の監視が必要である。

メディアストリームごとのパケット転送品質監視は、実ストリームのPassive測定によりパケットロス

無などを検出する手法や、E2E でトラフィック規定に従った試験パケットを送受信する Active 測定が考えられる。

ネットワーク内での品質測定のほかに、端末を含めたエンドーエンドでの品質を測定し、ユーザの体感品質を客観的に推定することで、ユーザクレーム等への対処を容易にする測定技術も研究されている。ITU-T-P.564<sup>13)</sup> は、音声や映像などの RTP パケットのストリームを対象に、端末側で品質測定し、品質レポートを通知する測定技術を勧告している。この技術は、ユーザ側のネットワーク形態の多様化や、ネットワーク側では検出できない受信側での受信バッファあふれなどによる品質劣化の検出技術として有効である。

## ②品質劣化区間・劣化個所の特定

品質劣化個所が自管理ネットワーク内に存在するのか、送受信ユーザ側または相互接続された他のネットワークに存在するのかを切り分けることが重要である。ITU-T-Y.pmm<sup>14)</sup> は、相互接続における品質測定法を規定している。ここでは、測定モデル、測定方法（測定点の設置個所、測定条件、測定機能要求条件）に加え、測定期間と個々の測定値の統計化尺度を含めたレポート方法が議論されている。

## むすび

これまで紹介した“IP (パケット) 統合技術”は、マルチメディア通信を“安全・安心・便利”に顧客に提供するための技術である。インターネットは IP の海を直接ユーザに提供し、エンドーエンドのネゴシエーションにより、限らない可能性のある通信ができる環境を提供してきた（これにより数多くのイノベーションが行われてきた）。NGN はインターネットで開拓されたサービスを誰にでも簡単に使い、品質良く、セキュアに、そして信頼性が高い通信として実現するものである。そういう観点から NGN は、多様なユーザ層のニーズに応え、また、日常の用途からミッションクリティカルな用途に至るま

で広くカバーする通信インフラであり、これを支える技術開発が今進められている。

### 参考文献

- 1) ITU-T Draft Recommendation, Y.2012 : Functional Requirements and Architecture of the NGN, SG13-C-0010-E (July 2006).
- 2) ITU-T Draft Recommendation, Y.2021 : IMS for Next Generation Networks, SG13-C-0008-E (July 2006).
- 3) IETF RFC2543 : SIP : Session Initiation Protocol (Mar. 1999).
- 4) IETF RFC3261 : SIP : Session Initiation Protocol (June 2002).
- 5) IETF RFC3325 : Private Extensions to the Session Initiation Protocol (SIP) for Asserted Identity within Trusted Networks (Nov. 2002).
- 6) IETF RFC2327 : SDP: Session Description Protocol (Apr. 1998).
- 7) ITU-T Recommendation Y.1540 : Internet Protocol Data Communication Service - IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters (Dec. 2002).
- 8) ITU-T Recommendation Y.1541 : Network Performance Objectives for IP-based Services (Feb. 2006).
- 9) ETSI TS 123 107 (V6.3.0) : Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) ; Quality of Service (QoS) Concept and Architecture (3GPP TS 23.107 version 6.3.0 Release 6).
- 10) ITU-T Recommendation Y.1221 : Traffic Control and Congestion Control in IP-based Networks (Mar. 2002).
- 11) IETF RFC2475 : An Architecture for Differentiated Services (Dec. 1998).
- 12) IETF RFC3246 : An Expedited Forwarding PHB (Per-Hop Behavior) (Mar. 2002).
- 13) ITU-T Recommendation P.564: In-service Assessment of Voice Transmission Performance (June 2006).
- 14) ITU-T Recommendation Y.pmm: Performance Measurements and Management for NGN.

(平成 18 年 9 月 1 日受付)

### ●村上龍郎 | murakami.tatsuro@lab.ntt.co.jp

NTT サービスインテグレーション基盤研究所プロジェクトマネージャ。東工大理学部物理学専攻修士課程修了。1981 年 NTT 入社以来、通信ソフトウェアの研究、交換機ソフトウェアの開発、広域 LAN の構築、VoIP の研究開発を担務し、現在、次世代ネットワークアーキテクチャの構築、次世代ネットワーク技術の研究開発戦略策定等に従事。

### ●中島伊佐美 | isami.nakajima@lab.ntt.co.jp

NTT サービスインテグレーション基盤研究所主幹研究員。東北大学大学院理学系研究科数学専攻。理学修士。1984 年 NTT 入社以来、通信網の性能評価、トラフィック設計、品質設計管理に関する研究に従事。2006 年 4 月より現職にて、NGN の品質設計・制御法の検討を推進。電子情報通信学会会員。

### ●大羽 巧 | ohba.takumi@lab.ntt.co.jp

NTT サービスインテグレーション基盤研究所主任研究員。東京大学大学院理学系研究科物理学専攻。理学修士。1993 年 NTT 入社以来、ATM 信号方式の検討に従事。2005 年より現職にて SIP を中心とした NGN グローバル化に従事。電子情報通信学会会員。

