

ネットワークイノベーションを目指す 研究開発の取り組み

ネットワークへの要求は今後ますます多様化・高度化すると予測される一方、その大容量化・高性能化は物理限界に近づきつつあり、ネットワーク構成を新たな視点で考え直すことが求められています。本特集では、ネットワークアーキテクチャに求められる要件とその実現に向けてNTT研究所が取り組んでいる研究開発の現状を解説します。

ネットワークイノベーションを 目指して

国内外で新たなネットワークの研究が始まっています⁽¹⁾。NTT研究所においても、2020年を展望し、新たなネットワーク構築に向けた研究開発を進めています。本特集では、将来のネットワークで解決すべき課題を述べ、それらを解決する新しいパラダイムに基づくネットワーク構築の考え方を示します。

将来のネットワークに向けた課題

(1) ユーザ要求のダイナミックレンジの広がり

第1の課題は、お客さま要求のダイナミックレンジの広がりへの対応です。ダイナミックレンジ拡大の重要項目として、帯域幅、遅延時間保証・帯域保証に基づくQoS (Quality of Service)、膨大な数の端末の収容、有線・無線アクセスの連携によるサービスエリア拡大が挙げられます。

1990年代半ば以後、電子メールとWWW (World Wide Web) を中心的なアプリケーションとして、インターネットの利用拡大が急速に進みました。その後次々に魅力あるアプリケーションが開発され、現在では、ネットオー

クションなどを含む電子商取引、SNS (Social Networking Service)、音楽・ビデオクリップなどの有料コンテンツダウンロード、オンラインゲーム、ストリーミングによる映像配信など、多種多様なネットワークの利用が進んでいます。現在、IPTV (Internet Protocol Television) の国際標準化⁽²⁾が精力的に進められており、放送コンテンツのネットワークによる配信などのさらなるネットワーク利用が拡大していくものと予想されます。

一方、企業ユーザにおいては、機密情報漏洩の対策や多数のPCのソフトウェア管理に伴うコスト低減を目的として、Thin client、SaaS (Software as a Service)、PaaS (Platform as a Service) と呼ばれるネットワークを介したアプリケーション利用、さらに、データストレージのネットワーク化、ビデオ会議システムの利用⁽³⁾が進展しています。このようなネットワークを介したアプリケーションの利用は、今後、固定端末・モバイル端末の区分を越えて急速に伸びていくものと予想されます。

さらに近年、新たなネットワークの利用法として、パッシブ型、アクティブ型のICタグなどの低コスト無線シ

たかはら あつし^{†1} はだま ひさや^{†1}
高原 厚 / 葉玉 寿弥

もとはし たけし^{†2} たきがわ よしひろ^{†3}
本橋 健 / 滝川 好比郎

NTT未来ねっと研究所^{†1}
NTT情報流通プラットフォーム研究所^{†2}
NTTアドバンステクノロジー^{†3}

テムの活用が始まっています。従来、ネットワークに接続することがコスト的に難しかった機器のネットワークングが進展し、都市・森林における環境保全や情報家電の遠隔操作、交通制御、物流・マーケティングなど、多方面にわたるアプリケーションが実現されていくものと期待されます⁽⁴⁾。

非圧縮HD画像による高品質映像コミュニケーションや、ギガバイトを超えるサイズのファイルのネットワークストレージへの転送などのアプリケーションをストレスなく利用するためには、現在一般的に利用可能な最大帯域である10 Gbit/sでは不足します。インタラクティブな会議や、高速なトランザクション処理を円滑に行うためには、転送遅延時間は極力小さな値を保証することが求められます。あらゆる機器をネットワーク接続するユビキタスアプリケーションをサポートするためには、従来とは桁違いに、膨大な数の端末を低コストで収容するネットワークの仕組みが必要になります。ネットワークが多くの活動の基盤となる時代には、いつでもどこからでもネットワークにアクセスできることが必須の条件となります。そのためには、無線・有線で提供されるネットワークサービス

が連携し、シームレスにサービスを提供できることが求められます。

(2) 物理限界

第2の課題として、これまでの通信容量の増加に対応してきたネットワークシステムの性能向上に対する物理限界が見え始めており⁽⁵⁾、ネットワーク構築についての新たなパラダイムが求められます。

将来トラフィックを正確に予測することは困難ですが、2020年から10年後までの利用に耐え得るネットワークを想定すると、2008年時点と比し数100倍から1000倍に達するトラフィックを運ぶことを視野に入れた研究開発が必要です。インターネットトラフィックは拡大を続けています。総務省の試算⁽⁶⁾によれば、日本におけるブロードバンド契約者のトラフィック総量は、2004～2007年にわたって年率1.2～1.5倍程度の増加を続けており、2007年11月時点で812.9 Gbit/sに達しています。年率1.5倍という現在の増加率が継続するものと仮定すると、2020年時点のトラフィックは現在の130倍に達することになります。HD (High Definition) 映像のIPTVによる配信や、超高精細双方向映像会議など、広帯域アプリケーションの利用拡大が確実視されており、この傾向はさらに加速していくものと予想されます。

従来、ルータやスイッチなどのノードシステムと、光伝送技術に基づくリンクシステムの大容量化が革新的に進むことによって、トラフィックの増加に応じネットワークを大容量化することが可能でした。しかし、文献(5)に示すように、光ファイバ容量の物理的上限が視野に入ってきたこと、地球環境負荷と経済性の観点から容量に比例した資源消費が許されることがあり、従来と同じ方法でのネットワーク大容

量が困難な状況になりつつあります。

(3) サービス制御とネットワークの制御・管理の限界

第3の課題として、ネットワークの制御・管理の限界の克服があります。その1点目はサービス制御技術です。将来のネットワークでは、ネットワークサービスの多様化を進めつつ、お客さま個々のニーズに合ったサービスを迅速に提供することが求められます。極めて多様な端末機器がネットワークに接続されるためには、通信機器のネットワークへの接続やサービス開始に必要な諸設定作業が、お客さまの手を煩わせることなく自動的に速やかに実行される、プラグアンドプレイの仕組みが必須となります。また、提供されるサービスを、お客さまそれぞれにカスタマイズしたものとするため、個々のお客さま対応に、きめの細かい行き届いたサポートを行うことがサービス提供に欠かせない条件となります。魅力的な多様なアプリケーションが開発されても、それらのアプリケーションを使いこなすためのネットワーク側からのサポートがなければ、それらは決してお客さまに満足して利用されるものとはなりません。お客さまのご要望を推測し、必要なサービスをプロアクティブに起動し提供するといったお客さまの利用状況に応じたサポート機能が大きな役割を果たす可能性があります。

2点目は、ネットワーク制御・管理技術です。異常なトラフィックが発生したとき、または、ネットワーク故障が発生したときに、複数のバックアップ手段を活用することにより、ネットワークの安定性を確保することがネットワーク制御には不可欠です。このような制御を行うためには、ネットワーク中のトラフィックやネットワーク機器の振舞いを、責任を持った管理下に置

くことが重要です。ネットワークの状態をきめ細かにモニタすることでお客さま個々の利用状況に対応した制御が可能になります。大規模災害時のような突発的な事態にも安定して動作する超高信頼なネットワークインフラストラクチャを構築するためには、新たな考え方に基づくネットワーク制御・管理技術が不可欠です。

将来のネットワークへのパラダイムシフト

NTT研究所では、前述の課題認識を踏まえ、10～20年後を想定したネットワークアーキテクチャの研究を進めています。ここでは、将来のネットワークに期待される新たなパラダイムシフトについて述べます。NTT研究所における課題認識と新たなパラダイムに基づく将来のネットワークの研究開発の方向性を図1に示します。

(1) 多様性の規格化

将来のネットワークでは、お客さまの多様なサービス要望にこたえる必要があります。これらの要望は、その特性を考慮すると、図2に示す3つのネットワークサービスの領域〔ヒューズバンドサービス (HBS)、ブロードバンドパケットサービス (BPS)、タイニーバンドマスサービス (TMS)]としてとらえることができます。これらの特徴をカバーできるネットワークを検討する必要があります。

- ① HBS：10 Gbit/sから数100 Gbit/s程度を目標とする大容量フローを転送する超広帯域のコネクション型のサービスです。遅延時間が極めて小さく、安定した通信品質を保証します。オンデマンド、あるいは事前予約などによるセットアップを行うことができます。
- ② BPS：現在のIPベースのネット

ワークサービスを、進歩した関連技術を導入し、より便利に提供することを目指すものです。現在よりもさらに多様なアプリケーションに利用されることを想定し、経済性と利便性の向上を目指します。

③ TMS：従来の常識を覆すような膨大な数の、多種類でしかも種類が新たに増加していくような端末を、効率よく低コストでネットワークに接続し、センシングやモノ間通信を行うことを実現するサービスです。

これらの3つの領域のネットワークサービスを、後に述べるネットワークアーキテクチャにより効率よく提供することで、お客さまの、ダイナミックレンジの広いサービス要求にこたえることが可能になると考えています。

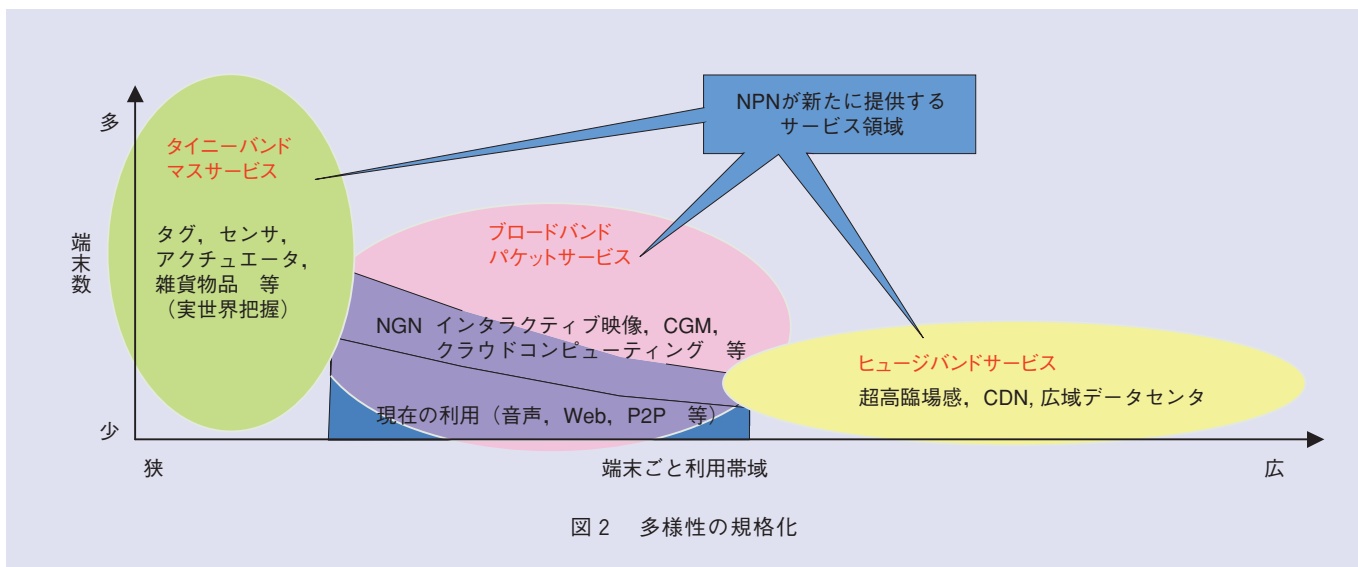
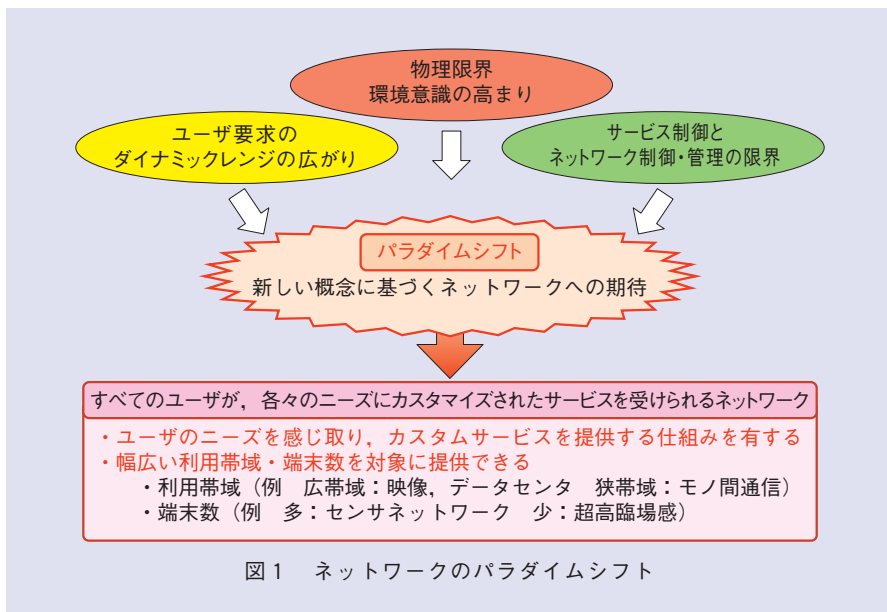
(2) サービス特性のレイヤ化と多重化 HBS, BPS, TMSの3つのサービス領域を提供するネットワークアーキテクチャを図3に示します。コアネットワークは3層で構成します。

① 広域トランスパレント網 (WTN：Wide area Transpar-

ent Network) が最下層で、光の大容量性を最大限に生かして、上位のレイヤのノード間、およびエンド端末相互間を直結することを可能とし、超大容量の光パスを提供します⁽⁵⁾。

② 広帯域パケット網 (BPN：Broadband Packet Network) は中間の層で、ノードが高機能ルータ・スイッチで構成され、ノード間のリンクには仮想化されたWTNのリソースを利用します。例えば、図3中に黄色で囲んだノード群相互間が、WTNで提供する直結光パスにより接続されます。サービスごと、品質ごとに複数のロジカルなパケット網 (例えば、緑のノード群で構成される部分網) を提供し、トラフィック変動や故障に対する頑強性と、ネットワーク全体でのリソース利用の最適化を実現します⁽⁷⁾。

③ イベントプロセッシングネットワーク (EPN：Event Processing Network) は最上位層で、イベント情報のハンドリングを行います。自由度の極めて高い、多種多様なTMS端末にネットワークサー-



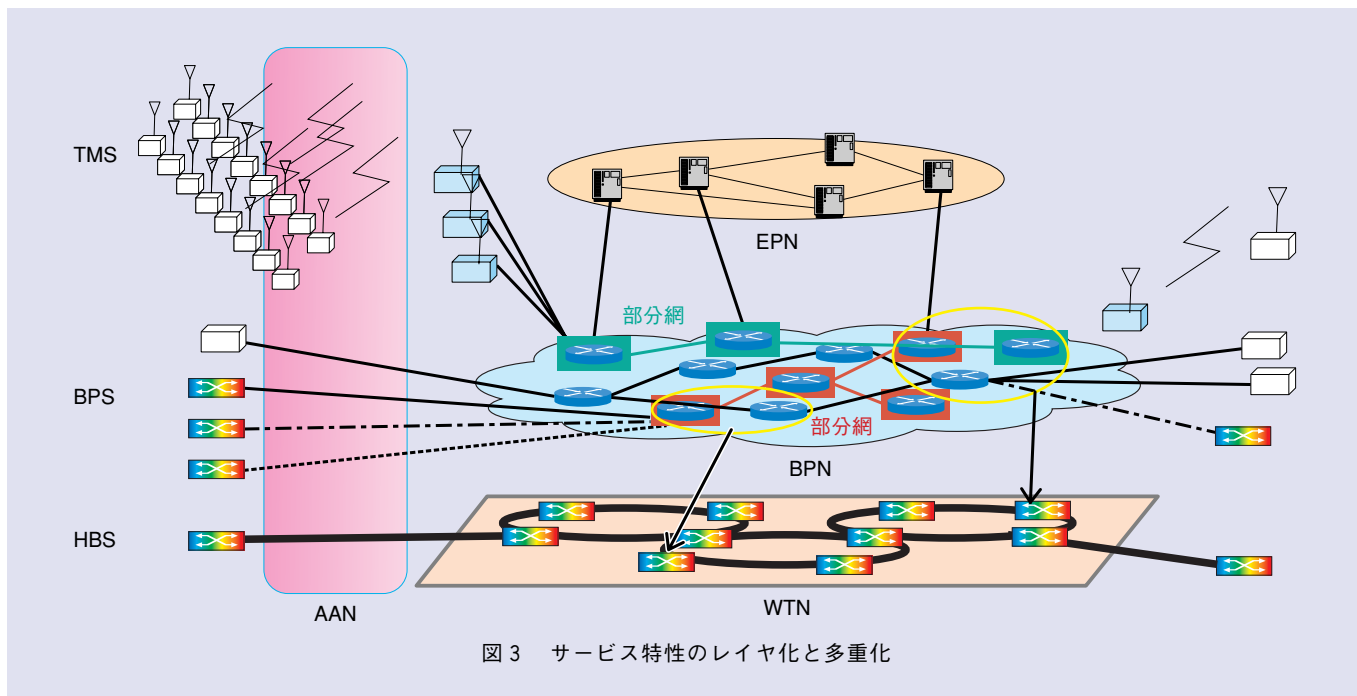


図3 サービス特性のレイヤ化と多重化

ビスを提供するため、ID管理と転送先サーバのアドレス解決などの転送機能、およびデータストアと検索などのデータ蓄積・提供の機能を実現します⁽⁸⁾。

さまざまなアプリケーションの要求にこたえるためにはアクセスネットワークについても数kbit/sから数100 Gbit/sまで、ダイナミックレンジの広いサービスを適応的に提供する必要があります。このような適応性は、AAN (Adaptive Access Network) 技術⁽⁵⁾により実現します。

図3に示すネットワークアーキテクチャにより3つのサービス領域を次のようにサポートします。HBSは、AANの提供する超広帯域アクセスラインを介して直接WPNを利用する形態で提供されます。端末間には帯域が保証されたパスが提供されます。Gbit/sクラスの比較的低速なサービスは、BPNを使ったパケット網での仮想的なパスを利用して提供することも可能です。BPSは、BPNのサービスごとに特性の異なる仮想網を柔軟に構成できる機能

によって提供されます。セキュアなポイント・ツー・ポイント接続、多拠点間を結ぶ閉域網など、多彩なパケットベースのサービスをお客さまの用途に応じて提供することができます。TMSは、AANが提供する無線アクセス機能とそれらを集線するBPNを介してEPNが提供するイベント処理機能と連携して提供されます。有線のアクセスシステムを利用することも可能です。

このような、サービス領域に適した提供方法をとることにより、低コストかつ低消費電力で、HBS、BPS、TMSを1つのネットワーク構造としてカバーできる自由度の高いネットワークを構成することが可能になります。

(3) ネットワークサービスの提供

ネットワークサービスは、このインフラストラクチャ上にロジカルなサービスネットワークを構成してお客さまに提供します。例えば、インターネットサービスプロバイダへアクセスする高速リンクを提供するためにBPNの機能を組み合わせ合わせてIPベースのロジカルリンクを構成し提供する、あるいは、超高速の

専用網を提供するためにWPNが提供する高速のパスを複数組み合わせさせたバーチャルな閉域網を提供する、ということが可能になります。

このような基本的な仕組みを基に、お客さまのリクエストに即応するサービスを迅速に自由自在に提供することや、故障発生時に代替となるネットワークサービスを速やかに構成しサービスを復旧させるといったフレキシブルな制御を実現していきます。このような仕組みを機能させ、効率的に実現するためには、ノードとリンクの基本機能レベルからそれらを組み合わせで構成されるより高度な機能レベルまで、ネットワークの複数の機能レベルにおける部品化、仮想化の技術が重要な課題になります。

現在の1 000倍にも達するトラフィックを運ぶためには、物理限界の極限に迫るノード・リンクの大容量化のチャレンジに加え、ネットワーク運用上の工夫が必要です。ネットワークに及ぼす影響の大きな、高速大容量ポイント・ツー・ポイントの通信トラフィッ

クをWTNを通じてエンドエンド間を光信号のままスルーさせることにより、これらのトラフィックがBPNに与える影響を回避することができます。

また、不要不急の通信に対してはネットワーク利用の優先度を下げる、時刻をずらして収容するなど、お客さまの利用状況に基づいてトラフィックを誘導・調整する技術を用いれば、ネットワークリソースをより効率的に利用することが可能になります。

(4) お客さま利用状況の観測と抽象化に基づくサービス制御とネットワーク制御

将来のネットワークにおいては、トラフィックの状況やネットワークに接続する機器の振舞いを自動的にモニタし、個々の端末やトラフィックの利用状況に応じた最適なネットワーク環境を利用できるように適切な制御を行うことを検討していきます。

サービス制御とネットワーク制御・

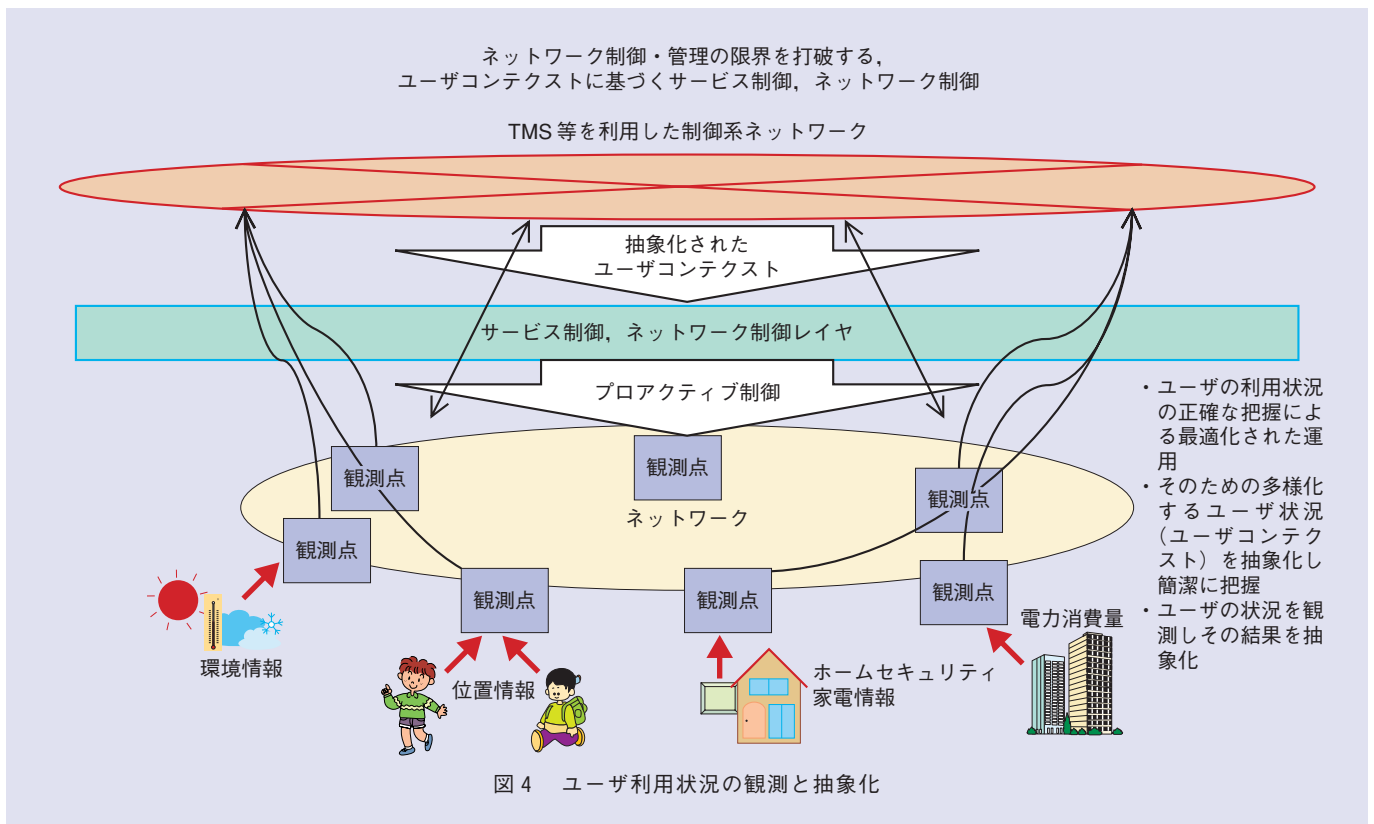
管理の新たなパラダイムを図4に示します。この構成では、観測点を通じて、ネットワークに接続された機器の振舞いやサービス利用状況、利用履歴等を把握し、それらを利用コンテキストとしてリアルタイムに抽象化して認識したうえでサービスを制御します。例えば、キャリアネットワークのカスタマーサービス担当者にお客さまがアクセスされたときに、担当者は、お客さまがご利用されている機器のこれまでの状況や履歴を認識して対応することが可能となります。また、不具合の予兆が見られた場合に必要な対処を行う、といったプロアクティブな対応が可能となり、未然に不具合を防ぐといったこれまでにないきめ細かなお客さまサポートを実現することも可能となります。

また、ネットワーク制御・管理レイヤへは、観測した情報から不正トラフィックの検出を通知し能動的にフィルタリングの設定を行うことで、サー

ビス制御機能と連携し、マネージされた安心・安全なネットワークサービスを提供することも可能となります。

サービス制御、ネットワーク制御を含む、お客さまサービス機能が、ネットワーク機能部品を利用してさまざまなサービスを提供する仕組みのイメージを図5に示します。ネットワークのさまざまな機能は、お客さまサポート機能がさまざまな組み合わせで利用できるように、仮想化された機能部品として認識され得る仕組みを備えます。ネットワークの機能部品には、比較的簡単なノード機能・リンク機能や、それらを組み合わせで構成される閉域ネットワークの機能などより複雑な機能まで、多様なレベルのものを需要予測に従って準備します。このような仕組みを実現するためには、ネットワーク機能を機能部品として仮想化する技術が重要です。

こうしてフレキシブルな環境を利用



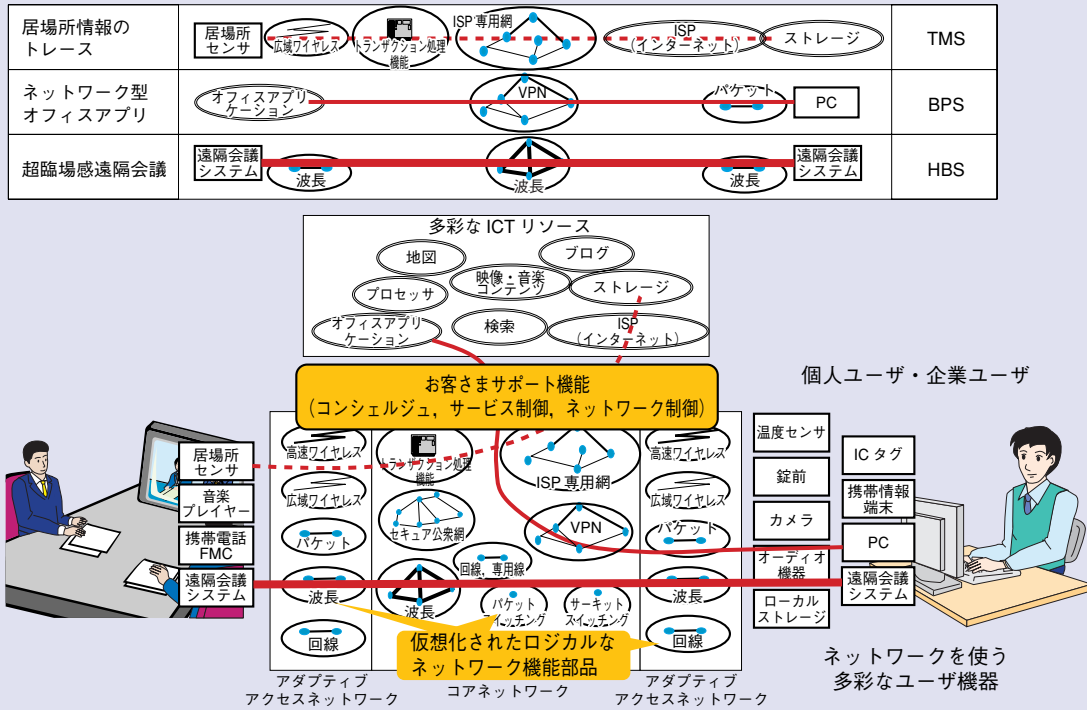


図5 ネットワーク機能の部品化による多彩なサービス提供の仕組み

することにより、お客さまの利用形態に適したネットワーク環境を迅速に提供することが可能となります。個々のお客さまにもっともふさわしいネットワークサービスをタイムリに提供し、お客さま満足度の高い多彩なサービスを実現していくことを目指します。

NTT R&Dの取り組み

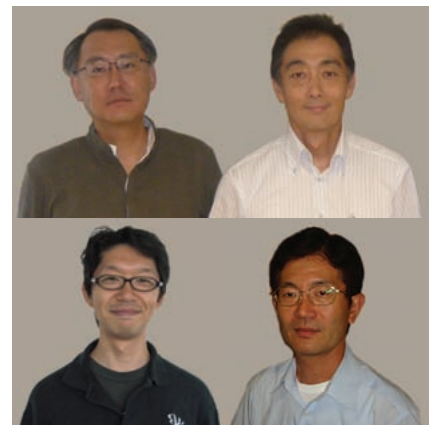
NTT研究所における新たなネットワーク構築に向けた技術開発のチャレンジを、本特集の各記事で解説します。国内外の動きを紹介した後、HBSを提供する新たなネットワーク基盤をなす高速トランスポートネットワーク技術、パケット網の将来形として多彩なサービスが展開されるBPSを紹介し、新たなユビキタスアプリケーションを支えるTMSについて詳述します。

将来のネットワーク構築にかかわる技術はデバイスからお客さまサポートまで広範な技術が融合して初めて実現

できます。NTTでは各研究所が連携し議論しながら、新たなネットワークインフラストラクチャの研究開発を進めています。

参考文献

- (1) 西沢・藤原・横山・金澤：“将来のネットワークを目指す日米欧の研究開発動向,” NTT技術ジャーナル, Vol.20, No.11, pp.50-53, 2008.
- (2) <http://www.itu.int/ITU-T/IPTV/>
- (3) 特集：“ビジュアル・コミュニケーション最前線,” 日経コミュニケーション2007年10月15日号, 2007.
- (4) http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/pdf/040806_4_b2_4.pdf
- (5) 神野・木村・日比野・上原・久々津・伊藤・松岡：“超高速大容量ネットワークの実現に向けて,” NTT技術ジャーナル, Vol.20, No.11, pp.54-59, 2008.
- (6) <http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/field/tsuushin01.html>
- (7) 塩本・井上・武田・茶木・赤池・長谷川：“パケットサービスの新たなパラダイムを目指して,” NTT技術ジャーナル, Vol.20, No.11, pp.60-66, 2008.
- (8) 高橋・赤羽・松尾・太田・原田・岡田：“多様なモノのネットワーク化に向けて,” NTT技術ジャーナル, Vol.20, No.11, pp.67-71, 2008.



(上段左から) 高原 厚/ 葉玉 寿弥
(下段左から) 本橋 健/ 滝川 好比郎

関連する研究機関やコミュニティと連携しながらグローバルな視点にたった検討を進め、総務省が推進する新世代ネットワーク推進フォーラムに貢献します。

◆問い合わせ先

NTT未来ねっと研究所
メディアイノベーション研究部
TEL 046-859-2536
FAX 046-859-8585
E-mail hadama.hisaya@lab.ntt.co.jp