

# クラウドコンピューティングを支える ネットワークへの取り組み

Hitachi's Challenges for Network Business Realizing Cloud Computing Services

平岩 賢志      榊川 博史      西村 信治  
Hiraiwa Masashi    Masukawa Hirofumi    Nishimura Shinji

ITシステムへのクラウドコンピューティング導入に伴い、ネットワークサービスはさらに多様化している。

ITシステムのクラウド化を支えるネットワークへの要件には、ネットワーク経由でのサービス利用を可能とするための信頼性の確保をはじめ、データセンター設置のボーダレス化の中で自社サイトにデータを保管するのと同等の安全性の確保、データセンター設備とネットワーク局設備を含めた省電力化などが挙げられる。

日立グループは、安全で信頼性が高く、高稼働、高効率で即応性の高いサービスの実現に向けたクラウドコンピューティングを支えるネットワークの構築に取り組んでいる。

## 1. はじめに

ネットワークは、IP (Internet Protocol) 技術をベースとしたインターネットの普及によってその利用が拡大し、現在ではブロードバンドユーザーは3,000万を、モバイルユーザーは1億を超え、日本は世界でも有数のブロードバンド大国となっている。そしてブロードバンド・モバイルの普及は、さらに新たなニーズを喚起し、日々の生活の利便性向上に貢献している。通信事業者は、IP技術によって従来のネットワークを統合するNGN (Next Generation Network:次世代ネットワーク) への投資を拡大している。今後NGNの普及により、固定と携帯の融合、通信と放送の融合など、ネットワークサービスの多様化が加速すると考えられている。

ネットワークサービスの多様化を加速させるもう一つの要因として、クラウドコンピューティング (以下、クラウドと記す。) の潮流があると考えられる。クラウドは現時点ではその定義も多様だが、おおむね、大幅に拡張可能なIT関連機能がネットワークを介し「サービス」として提供されるコンピューティングスタイルと言える。クラウド化の潮流は、グローバルベンダーによって市場が先導されて

いるが、一方では、安全性、信頼性への不安や高い即応性を求められるサービス提供に課題があるとの指摘もある。

ここでは、安全で信頼性が高く、高稼働、高効率で即応性の高いサービスの実現に向けたクラウドを支える日立グループのネットワークへの取り組みについて述べる。

## 2. クラウドへのネットワーク基本要件と日立グループの対応

業務システムのクラウド化に対し、一般に、IT資産のオフバランス化によるコスト削減と業務の信頼性要求といった利用者の基本ニーズがある。業種別に見ると、公共分野では、省庁、自治体、大学などにおいて、サーバなどIT資産の集約化とともにフロント業務などノンコア業務を中心にクラウド化、SaaS (Software as a Service) 利用が進んでいる。金融機関をはじめとする企業分野でも、機密情報を扱うコア業務については自社内構築での対応を継続する傾向が強い一方で、ノンコア業務についてはクラウド化、SaaS利用のニーズがある。このように現状は、信頼性要求度の低いノンコア業務にクラウドが適用されることが多いが、今後は信頼性要求度の高いコア業務にも適用が拡大していくものと考えている。

これら利用者のニーズを踏まえると、クラウドに対する要件とこれを支えるネットワークに求められる基本要件は次のとおりである (図1参照)。

### (1) コンピューティング集約による高速・大容量化

データセンターでのサーバ、ストレージなどIT機器を物理的に集約し、その利用効率を向上し、運用コストを低減させることである。IT設備の集約が進んだデータセンター内の通信帯域は10 Gビット/sが一般化し、さらなる高速・大容量化が求められる。

### (2) ネットワーク経由の利用による高信頼・高機能化

ネットワーク経由でのサービス利用では、要求される

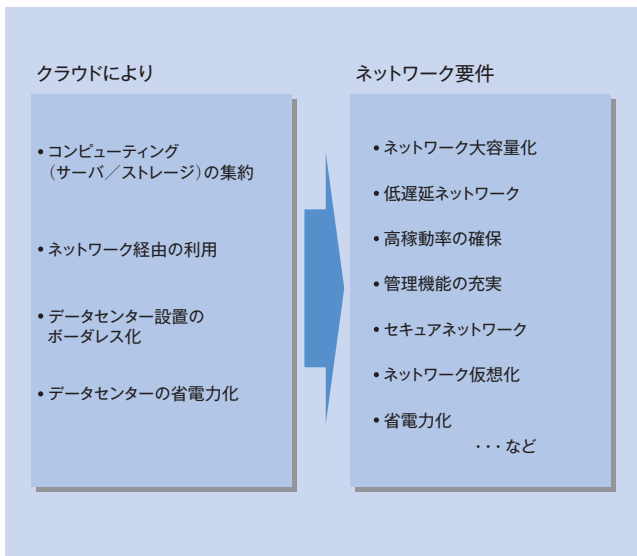


図1 | クラウドコンピューティングのネットワーク要件  
クラウド化の進展により、ネットワークのさらなる高速・大容量化、高信頼・高機能化が求められる。

サービス品質にもよるが、一般に、専用線並みの高信頼性（高稼働，低遅延なネットワーク）が求められる。また、高信頼性を支えるOAM（Operation, Administration, and Maintenance）機能（性能監視，障害検出，経路切り替えなど）の改善など管理機能の充実が必要とされる。

### (3) データセンター設置のボーダレス化

ネットワークサービスのグローバル化に伴い、データセンターの設置も条件のよいロケーションへとボーダレス化している。このため、自社サイトにデータを保管するのと同等のセキュリティレベルと同時に、他社データとの確実な分離機構が求められる。

### (4) データセンターの省電力化

環境配慮への観点から、データセンター設備、ネットワーク局設備を含めたクラウド全体での省電力化が求められる。

クラウドに対するネットワークへの基本要件に対し、日立グループの取り組みの考え方を以下に述べる（図2参照）。

## 2.1 キャリア向けネットワークへの対応

### (1) 高速・大容量化への対応

クラウド化の進展に伴い、データセンターに集中するトラフィックの拡大が見込まれ、キャリアのトランスポートシステムでのさらなる容量拡大，特性が多様化するトラフィック需要への対応が求められる。これに対し，40 Gビット/s・100 Gビット/sでの高速，長距離伝送システムの提供を行っていく。キャリア向けのトランスポートシステム，データセンター内システムともEthernet<sup>※)</sup>での中継，伝送が可能な100 G Ether伝送システムをこれまでに開発

※) Ethernetは，米国Xerox Corp.の登録商標である。

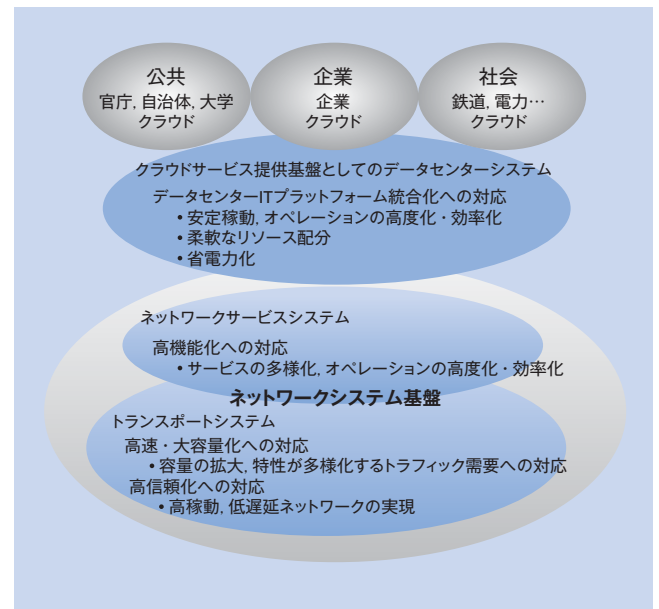


図2 | クラウドに向けたネットワークでの対応  
ネットワークシステム基盤を構成するトランスポートシステム，ネットワークサービスシステムのエンハンス，クラウドサービス提供基盤としてのデータセンターシステムへの対応を進めている。

し，相互接続検証に成功している。

### (2) 高信頼化への対応

キャリア向けのトランスポートシステムにおいてネットワーク仮想化機構を導入し，以下の課題を解決することにより，専用線並みの高稼働・低遅延かつ高効率で高信頼なトランスポートシステムへの取り組みを強化している。その一つとして，現在標準化が進められるMPLS-TP (Multi-protocol Label Switching - Transport Profile) 技術をベースとしたパケットトランスポートシステムがある。このシステムは，通信経路がIPルーティングによって決まる本質的に自律分散によるベストエフォート型の現状IPネットワークに対し，通信経路を集中管理し，OAM機能を改善することにより，高信頼なネットワークサービスを提供する。また，サービスごとに構築されていたトランスポートネットワークを統合化することにより，オペレーションコストの大幅な低減，高効率なネットワークサービスの提供をめざすものである。

### (3) 高機能化への対応

今後のネットワークサービス高機能化の主な要件として，スケーラビリティの確保（収容数，帯域性能ほか），世代交代（次世代標準への対応），小型化，高密度化，省エネルギー化，および，これらに柔軟に対応できる機能拡張性などへの対応が考えられる。

いずれも柔軟にカスタマイズが可能な高付加価値機能の提供により，運用改善に寄与することが必要となる。日立グループは，IPネットワークを支えるルータ・スイッチ製品で，カスタマイズ性，独立性の高いデバイスとして装

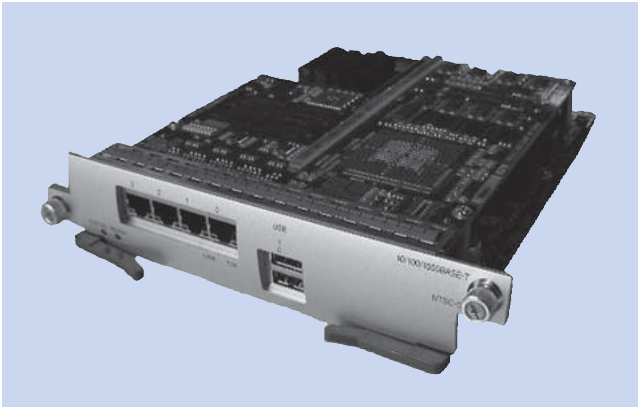


図3 | ルータ・スイッチ製品に搭載するサービスモジュールカード  
ルータ・スイッチの高付加価値化を実現する。

置内に実装可能なサービスモジュールカードの開発を進めている(図3参照)。例えば、IPv4(IP version 4)アドレス枯渇に対応し、キャリアネットワークで稼動しているルータ内で大規模・高性能のIPv4アドレス変換を実現するサービスモジュールカードはすでに実用段階にあり、今後、高速回線のトラフィックモニタリングを高精度に行うなど、10 Gビット/sレベルのワイヤレートの高機能処理エンジンとして、運用機能改善に幅広い適用を見込んでいる。

## 2.2 サービス提供基盤としてのデータセンターシステム

データセンターを構成するIT機器(サーバ、ストレージ、ネットワークなど)は、従来、個別に最適化し運用してきたが、運用性、利用効率向上の観点から、運用統合化のニーズが高まっている。日立グループは、こうした市場ニーズに対応し、IT機器の仮想化、統合管理、業務システムとの連携機能の強化により、データセンター運用を大幅に改善することをねらいとした垂直統合型のデータセンターソリューションへの取り組みを進めている。

以下では、さらなる高信頼化に向けた、キャリア向けトランスポートおよびネットワークサービスを提供するためのネットワークシステム基盤と、サービス提供基盤としてのデータセンターシステムへのネットワークの取り組みに焦点を当てて述べる。

## 3. キャリア向けネットワークシステム基盤

トランスポート、およびその上位のIPネットワークサービスの課題として以下の項目が挙げられる。

- (1) インターネット、電話交換網などネットワークサービス各レイヤ対応の装置があり、機器の種類が増えてオペレーションが複雑化している。
- (2) IPネットワークは、自律的なルーティングによって通信経路が決まる本質的に自律分散によるベストエフォートシステムであり、サービス品質確保には限界がある。

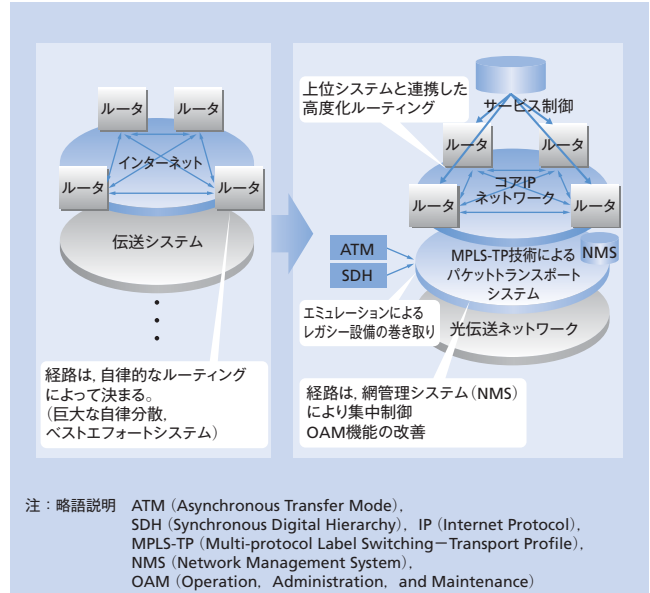


図4 | MPLS-TP技術によるパケットトランスポートシステムの位置づけ  
従来のIPネットワークと比べ、エンドツーエンドでのサービス品質の改善を図る。

これらの課題を解決するためには、サービスレイヤとトランスポートレイヤを分離し、サービス多様化とオペレーションの高度化・効率化の両立を図ることが重要と考える。サービスについては、各サービスレイヤにまたがる機能をルータ・スイッチに組み込むことで多様化に対応し、サービス構築に柔軟性を持たせるサービスノードの実現が鍵となる。日立グループは、開発を進めているルータ・スイッチに実装するサービスモジュールカードにより、前述のIPv4アドレス変換に加え、低消費電力型通信技術、仮想化ノード技術、セキュリティなどの機能開発を順次行っている。

トランスポートレイヤについては、オペレーションの高度化・効率化を図る伝送方式の一つとして、MPLS-TP方式がある(図4参照)。

この方式は、エンドツーエンドでのサービス品質の保証を目的としている。ネットワーク全体の制御、管理を可能とするために、パケットネットワーク上で通信経路の管理、保守を行う経路制御機能をパケット転送機能から分離したアーキテクチャであり、IETF/ITU-T (Internet Engineering Task Force/International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector) で標準化が進められている。ネットワーク全体の経路や帯域などのリソースを網管理システム(NMS: Network Management System)で一元管理することにより、サービス品質の保証、障害範囲の特定を容易にする。

日立グループは、通信事業者のメトロネットワーク、コアネットワークへの適用を考慮し、MPLS-TPベースのパケットトランスポートシステムの開発を進めており、す

に基本システムが国内通信事業者に適用されている。

このシステムの特徴を以下に示す。

#### (1) 高信頼ネットワークの構築

MPLS-TP方式の採用，および各種OAM機能の充実により，高信頼化を実現する。

#### (2) 既存ネットワークからの移行の容易性

TDM (Time-division Multiplexing), ATM (Asynchronous Transfer Mode) など従来インタフェースの収容により，ネットワークの老朽化に伴う既存ネットワークからの移行を容易にしている。

#### (3) 需要に応じたスケーラブルな拡張性

多様な収容インタフェースを実装する汎用シェルフとこれらの監視制御 (EMS : Element Management System) から成る構成として，需要に応じた最小限の投資で設備を実現することを可能にした。

日立グループは，ネットワークベンダーとして長年にわたり蓄積した実績や経験を生かし，積極的にIETF/ITU-Tなどの標準化策定に参画，推進しており，今後は海外を含む市場の要求を先取りし，社会インフラを支える高速，高信頼ネットワーク構築に向けた取り組みを強化していく。

### 4. クラウドサービス提供基盤としてのデータセンターシステム

クラウド活用に対するユーザー(経営者，情報システム部門)の基本的なニーズ，課題として以下の2点が挙げられる。

(1) 導入コスト，導入スピード，システム柔軟性への期待(改善したい価値)

(2) 信頼性，可用性，コンプライアンス，セキュリティの確保，現状の維持(変えてはならない価値)

クラウドサービス提供基盤としてのデータセンターに対するユーザーニーズの変遷と，その進化の過程を見ると以下のことが言える(図5参照)。

ユーザーニーズは，データセンターシステムを構成するIT機器の管理や利用効率の向上から，これらを含むトータルでの運用管理コスト(TCO : Total Cost of Ownership)の低減へと向かっている。こうしたユーザーニーズの変遷に対し，データセンターシステムもIT機器の統合・仮想化から，業務システムとプラットフォーム機器連携，統合運用管理へと拡大，多様化していくものと考えている。

日立グループは，データセンターシステムへのニーズの変化に対応し，IT機器と運用管理システムを含む統合プラットフォーム化をめざしている。ネットワークの視点によるプラットフォーム仮想化，統合運用管理では以下の取り組みを進めている。

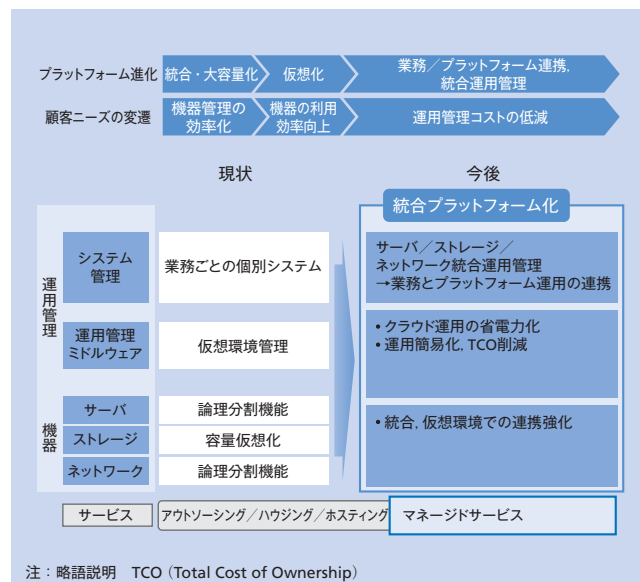


図5 | データセンターサービス提供基盤の統合プラットフォーム仮想化。統合化により，運用管理コストの低減を図る。

#### 4.1 プラットフォーム仮想化

サーバのハードウェアコストを削減し，バックアップや管理を容易にする目的で，サーバの仮想化は普及しているが，サーバ負荷の低減，サーバとネットワークの保守性(仮想サーバの移行など)向上の観点から，仮想サーバ間の通信機能(仮想スイッチ)の改善が求められる。こうした要求に対応し，仮想サーバのハイパーバイザ上でソフトウェア実装される仮想スイッチをハードウェアオフロード化する方式の標準化が進められている。

また，IT機器，ケーブルの削減による保守性，運用性の向上の観点から，低遅延，ロスレスのEthernet通信をLAN (Local Area Network) とSAN (Storage Area Network) を同一ケーブルで実現する方式(CEE : Converged Enhanced Ethernet)の標準化が進められている。

日立グループは，こうしたデータセンターのIT機器の連携や，これを実現するための仮想化機構に対し，現行システムからの移行性，導入による保守性，運用性改善など適用性を評価している。

#### 4.2 仮想化システムの運用管理

データセンターの運用業務には，リソース割り当てとその稼動状況の管理について，計画・構築・運用の各フェーズにおいて行行情報分析と，その結果によってシステムの最適化を図る業務などがある。こうした一連のリソース運用管理ライフサイクルに対し，以下に示す統合運用管理への対応を進めている(図6参照)。

(1) 仮想化リソースに対するオペレーション自動化を支援する。すなわち，IT機器を仮想リソースプール管理下に置き，要求に応じて各種リソースの最適な割り当て，設定，

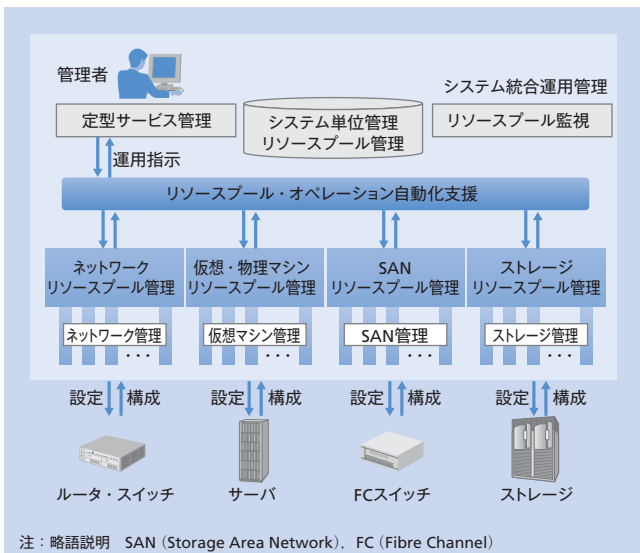


図6 | 仮想化システムの統合運用管理アーキテクチャ  
仮想環境での統合運用管理の強化により、データセンター運用管理を含むIT投資の最適化を図る。

構成変更を実現する。

(2) マルチベンダープラットフォーム環境に対し、統一的なリソース運用管理機能を実現する。

ネットワークの視点からは、仮想サーバ、ストレージから成る仮想システム環境において、移行性、拡張性、運用・保守性の改善を可能とする仮想システム間のネットワーキング機能を強化する。こうした仮想環境での統合運用管理の強化により、大規模なデータセンターの運用管理を容易にすると同時に、IT投資全体の最適化を図ることが可能になる。

## 5. 将来に向けた取り組み

(1) ブロードギャザとブロードキャスト

将来、さらなるクラウドの進化に伴い、実社会からネットワークを介してクラウドに膨大な情報が集められることになる。そして、クラウド(データセンター)が情報を蓄積・解析して導く高度な知識情報は、再びネットワークを介して実社会の人・モノ・サービスに戻すことで、高度な情報価値再生産が可能となる。キーワード検索などが、その身近な例である。このクラウドに情報を集めるネットワークの活動をブロードギャザ、そして、実社会に広く情報配信する活動をブロードキャストと呼んでいる(図7参照)。

このブロードギャザ、ブロードキャストは、キーワード検索などだけでなく、スマートグリッド(太陽光発電などの発電情報の収集と、給電網の安定化管理)、映像監視など、地球環境維持や安全・安心を実現するキー技術にもなると考え、技術開発に取り組んでいる。

(2) 社会インフラ向けICT (Information and Communication Technology) プラットフォーム

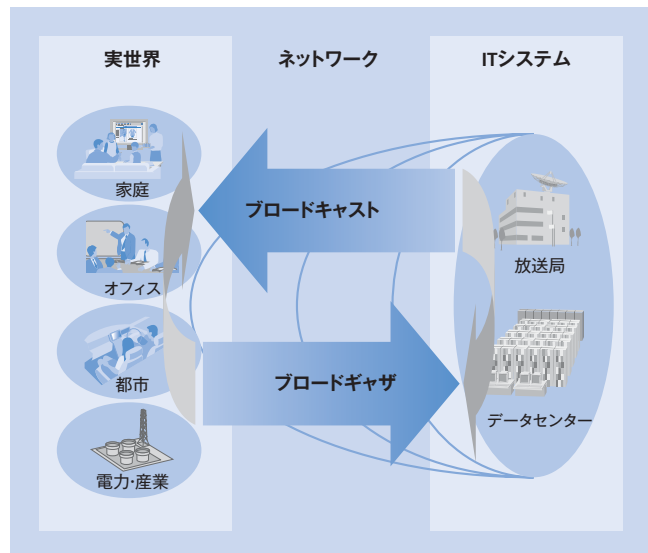


図7 | 今後の情報通信プラットフォーム  
クラウドに情報を集め(ブロードギャザ)、実社会に情報配信する(ブロードキャスト)というサイクルにより、高度な情報価値再生産を可能とする。

ブロードギャザ、ブロードキャストを具現化し、社会インフラシステムにクラウドを利用するには、クラウドにおける情報処理の帯域、応答速度、電力効率をさらに改善する必要がある。情報処理を担当するデータセンターと情報伝達を担当するネットワークといった従来型クラウドアーキテクチャでは、すべての情報をデータセンターに送信するため、実社会からの大量の情報を処理しようとする、帯域不足や通信オーバーヘッドに伴う応答性劣化といった課題が発生する。そこでクラウドの情報処理機能を、蓄積型情報処理機能とローカル情報処理機能に二分する「社会インフラ向けICTプラットフォーム」の開発に取り組んでいる。蓄積型情報処理機能は、従来どおりデータセンターに配置し、データベース管理やデータマイニングのようなデータを蓄積処理する機能を受け持つ。一方、実世界アプリケーションが求めるリアルタイム処理は、データセンターですべて集中処理せず、ネットワーク上でのローカル情報処理機能(フィルタ、負荷分散など)と分担することで、ネットワークへの負荷低減(実効帯域増)と情報処理の応答性改善を実現する<sup>1)</sup>(図8参照)。

(3) 省エネルギールータ技術

クラウド技術の進展が進むと、ルータをはじめとするネットワーク機器の省電力化がよりいっそう急務となる。しかし、ITシステムにおいては一般に、流通させるデータ量はシステムの性能以下に抑える設計となっている。例えば、企業LANにおいては1%程度のデータしか流通していないとのデータもある。このため、定常状態では使用しないむだな処理を低減して省電力化を実現する情報通信機器の性能制御が、今後のネットワーク省電力化の鍵となる。そこで、ルータにおいて、パケット処理用「宛(あて)

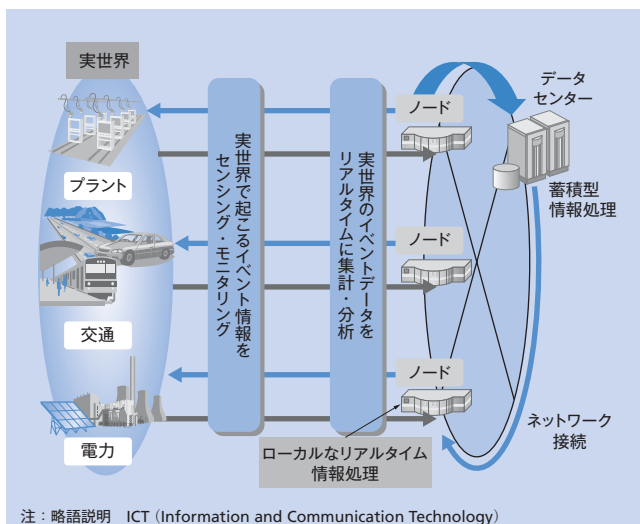


図8 | 社会インフラ向けICTプラットフォーム

クラウドの情報処理機能をすべてデータセンターに集中させず、ネットワーク上のローカル情報処理と分担することで、ネットワークの負荷低減と情報処理の応答性改善を図る。

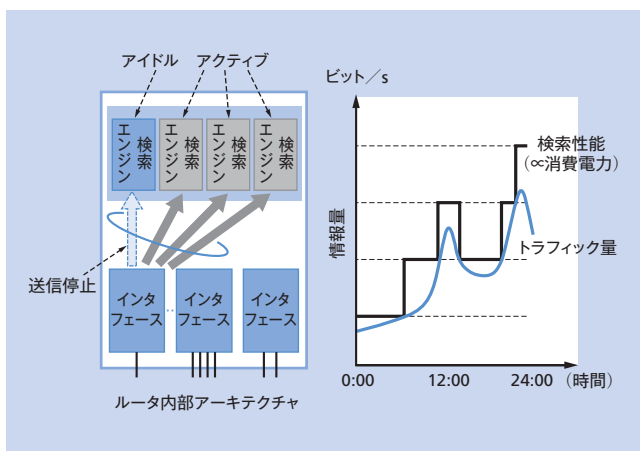


図9 | 省エネルギールータ技術

定常状態では使用しないむだな処理を低減し、省電力化を実現する。

先検索]の複数のエンジン(内部コア)を複数投資し、動作するエンジン数を入力するデータ量に応じて動的に変更し、消費電力を20~30%低減する省エネルギールータ技術の開発を進めている<sup>2), 3)</sup>(図9参照)。

## 6. おわりに

ここでは、安全で信頼性が高く、高稼動、高効率で即応性の高いサービスの実現に向けたクラウドを支える日立グループのネットワークへの取り組みについて述べた。

クラウド化の流れは、ITシステム活用での効率改善、新たな事業機会創出といった観点でその適用領域を拡大していくと考えられる。日立グループは、そのキー要素となる信頼性・安全性・効率性の高いサービス実現に向け、社会インフラとなるネットワークへの取り組みを進める考えである。

この研究の一部は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)委託研究「グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト(グリーンITプロジェクト)」、独立行政法人情報通信研究機構ほかとの共同研究「仮想化ノード」、および総務省の委託研究「次世代バックボーンに関する研究開発」、「インテリジェント分散処理技術」、「低消費電力型通信技術等の研究開発」の成果によるものである。

## 参考文献

- 1) 福永：知的創造社会へ向けてのuVALUE研究開発活動，電子情報通信学会，2009年ソサイエティ大会(2009.9)
- 2) 西村：クラウドコンピューティングから見たネットワーク省電力化技術，第57回応用物理学関係連合講演会シンポジウム，17p-A-3(2010.3)
- 3) M.Yamada, et al. : Power Efficient Approach and Performance Control for Routers, GreenComm'09(2009.6)

## 執筆者紹介



### 平岩 賢志

1981年日立製作所入社，情報・通信システム社 経営戦略室 事業戦略本部 ネットワーク統括部 所属  
現在，ネットワーク事業戦略の企画業務に従事  
博士(工学)  
情報処理学会会員，電子情報通信学会会員



### 榎川 博史

1986年日立製作所入社，情報・通信システム社 ネットワークソリューション事業部 ネットワークシステム本部 キャリアネットワーク第一システム部 所属  
現在，次世代キャリア向けネットワーク技術開発に従事



### 西村 信治

1991年日立製作所入社，中央研究所 情報システム研究センター 新ICTプラットフォームプロジェクト 所属  
現在，次世代クラウド向けネットワーク技術の研究開発に従事  
博士(工学)  
IEEEシニアメンバー，電子情報通信学会会員