

スマートな社会, ビジネスを支えるネットワーク

Network Technologies for Smart Society and Business

西村 信治

Nishimura Shinji

鈴木 政朗

Suzuki Masaaki

柴田 治朗

Shibata Haruo

矢崎 武己

Yazaki Takeki

スマートな社会, ビジネスを実現するITとしてクラウド, ビッグデータ処理に大きな期待が集まっている。多種多様な巨大データの効率的な収集と, 高度情報処理を実現するには, ネットワークにも新たな技術が必要となる。まず, 効率的な情報収集には, 高速な無線アクセス, 通信データの属性に応じてデータ収集をさらに効率化するDPIが必要になる。また, 高度な分析のため, クラウド内やクラウド間を高速かつ柔軟にネットワーク接続する, WANアクセラレータ, 仮想化ネットワーク, 広域SDN技術が新たに求められる。さらに, よりリアルタイム性の高いビッグデータ処理を実現するには, ネットワーク上に情報処理機能を分散配置したシステムが必要になる。日立グループは, これらビッグデータ処理に求められるネットワーク技術に関する取り組みを進めている。

1. はじめに

スマートな社会, ビジネスを実現するうえで, IT (Information Technology) は今後ますます重要になる。ITの中でも特に, 大量の情報を高速・低コストに処理する「クラウド」や, 実社会にあふれる多種多量のデータを収集して, クラウドを用いて分析し, 新たな情報価値を創造する「ビッグデータ処理」には, 大きな期待が集まっている。実世界に存在するビッグデータを, 高効率に集め, クラウド内で分析し, 実社会にその分析結果をフィードバックするビッグデータ処理システムの実現においては, その収集, 分析, フィードバックのあらゆる場面で, ネットワークが大きな役割を果たす。

ここでは, ビッグデータ処理の実現に重要なネットワークに関する, 日立グループの取り組みについて述べる。

2. ビッグデータ処理を支えるネットワーク

ビッグデータ処理の高度化に伴い, それを支えるネットワークの姿も変化する。まず, ビッグデータ処理システム

の発展の経過と, その発展を実現するうえでネットワークに求められる要件について述べる。

2.1 ビッグデータ処理の発展の経過

社会インフラを支えるビッグデータ処理システムは以下の三つの段階を経て発展すると考えている(図1参照)。

(1) 第一段階〔集中DB (Database) 管理〕

ビッグデータ処理の第一段階では, データの規模は比較的小さく, データは実社会で生成された後, そのままデータセンターのDBに収集され, 集中管理, 分析される。一例が, POS (Point of Sale) やポイントデータの管理分析システムである。この段階では, ネットワークへの要件も, 実世界とデータ処理システム間を接続するという基本的なものにとどまり, 性能・機能に関し, 新規なものはない。

(2) 第二段階 (集中DB管理・分散情報処理)

第二段階では, より大きなデータ (例えばテラバイト／日規模) を収集分析する。この場合, 効率化の観点からデータを直接DBに集めず, ネットワーク上でデータの取捨選択や形式変換などの一次処理の後, DBに集めて処理する。この段階では, ビッグデータの一次処理を担うことがネットワークに新たに求められる。通信インフラから集まるDPI (Deep Packet Inspection: データ通信中のパケットを捕捉し, アプリケーション種別などを監視する技術) のデータや携帯電話の呼制御システムのログデータを収集し, 通信インフラ全体の稼働状況を監視する例を同図に示す。

(3) 第三段階 (分散DB管理・分散情報処理)

さらに, 次の段階では, 収集したデータを当初の目的以外にも二次利用する段階へと発展する。一般に情報処理では, 集まるデータの量／種類が増えるほど, 獲得可能な知的情報価値が向上するが, 一方で, データサイズが大きくなるほど, データの移動が難しくなる。また所有者が異な

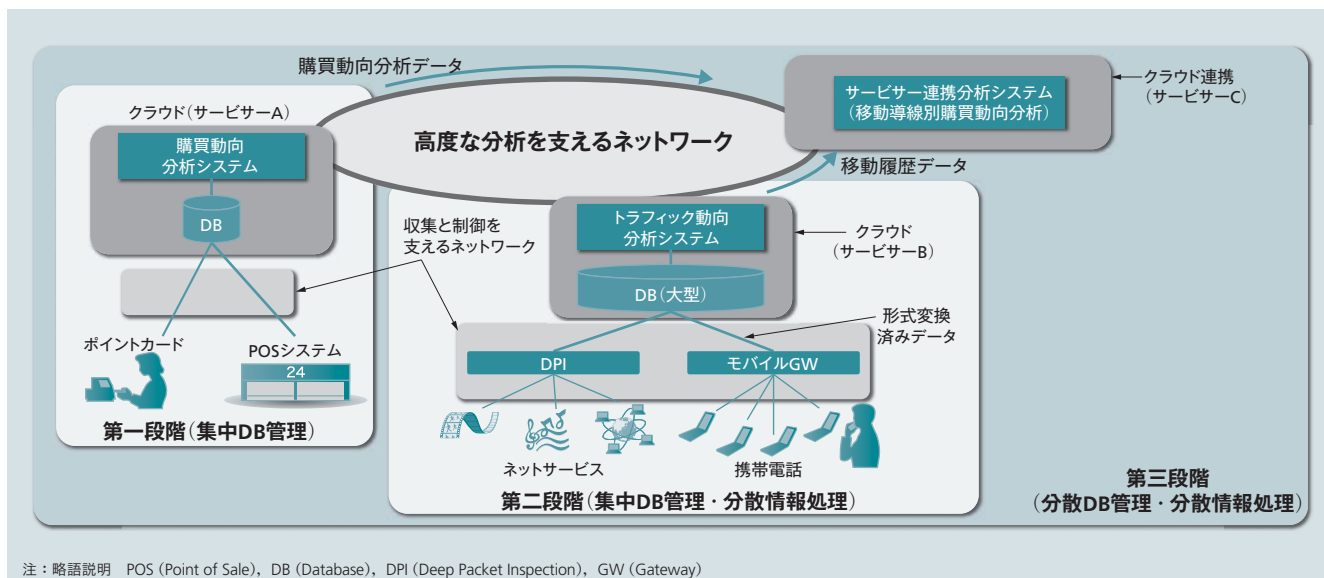


図1 | 社会インフラを支えるビッグデータ処理の発展の形態

収集処理するデータの規模が拡大し、さらにはサーバー間をまたいだ情報処理が可能になることで、さまざまな知的情報が創造される可能性が高まる。

る場合や、個人情報など法令上の制約がある場合など、データの移動自体ができないケースも増える。したがって、高度なビッグデータ処理を実現する場合、DBはサービスの提供者（サーバー）の間をまたいで分散配置されるケースが増え、必要に応じてデータの匿名化処理などの後、ネットワークでデータ共有して分析するシステムが出現する。同図では、POSの市場データと、携帯電話ログから分析したユーザー導線データから、個別かつリアルタイムなプッシュ型広告を配信する例を挙げている。

2.2 ネットワークに求められる要件

2.2.1 収集とフィードバックを支えるネットワーク

上記のビッグデータ処理システムの発展において、実世界とDBを配置したクラウドの間をつなぐネットワークには、移動体も含む実社会からの多種・大量のデータを、高効率に収集し、情報処理の後、フィードバック対象へ確実に届ける機能が求められる。この収集とフィードバックを支えるネットワークには、無線アクセスと有線アクセスの二つのメディアが存在するが、特に社会インフラ利用においては、ユビキタス性の高い無線アクセス技術を用途別に組み合わせ、さらに前述したネットワーク上での一時処理も用いて高速で合理的なコストの情報伝達を確保することが求められる。一方、高精細映像データなどを扱う場合は、安定した帯域を提供する有線アクセス〔MPLS-TP (Multi-protocol Label Switching—Transport Profile) 技術など^{※1)}〕が重要となる。

2.2.2 高度な分析を支えるネットワーク

ビッグデータ処理の発展においては、まず分析を担うデータセンター内のネットワークに、大量トラフィックへ

の対応が求められる。さらに、サーバー間のビッグデータ処理に発展する場合、DB間を接続するネットワークに対し、広域ネットワークの実効速度向上や、必要なときに必要なだけの品質が保証されたネットワークの提供などが求められる。

次にこれらのネットワークに関する日立グループの取り組みを紹介する。

3. 収集とフィードバックを支えるネットワーク

無線アクセスには、複数の方式が存在する。この複数方式が併存するシステムを、シームレスに運用することで、ユーザー満足度を高め、さらにはビッグデータ処理に求められるデータ収集効率の高いシステムが実現できる。

3.1 移動通信網用無線アクセス技術

移動通信システムの方式を世代別に述べる。

(1) 第3世代 (3G: 3rd Generation): W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access), CDMA2000^{※1)}

携帯電話システムの拡張版であり、スマートフォンやビッグデータ処理のトラフィック向けには帯域が足りない。

(2) 第3.5世代 (3.5G): WiMAX^{※2)} (World Interoperability for Microwave Access), WCP (Wireless City Planning)

第3世代と比べると数倍から10倍の速度が得られ、商用展開が進んでいる。高速移動体のカバーを保証しないワイヤレス網としてデザインされ、移動通信網の伝統を引き継いでいない分、インフラのシステム規模が軽量なのが特徴である。ビッグデータ処理システムには、広帯域な第3.5

※1) CDMA2000は、米国電気通信工業会 (TIA USA) の登録商標である。

※2) WiMAXおよびWiMAXフォーラムは、WiMAXフォーラムの商標である。

世代以降の技術が有望と考える。

(3) 第3.9世代 (3.9 G) : LTE (Long-term Evolution)

理論上最大70 Mビット/sの通信速度が得られる(図2参照)。各キャリアは、いわゆるプラチナバンド(800 MHz, 900 MHz帯)と2 GHzよりも上の帯域を使ってこのLTEシステムを構築しようとしている。プラチナバンドでは無線特性を生かしたマクロセルで高速移動するユーザーを収容し、高周波バンドではスモールセルで移動度の低いユーザーを収容するのが有望視されている。

(4) Wi-Fi^{※3)} (Wireless Fidelity) 網

スマートフォンの登場で増大し、LTEなどでも支えきれないトラフィックを、別の網に負荷分散(オフロード)することが進められている。このオフロード先として期待されているのがWi-Fi網である。従来、公衆Wi-Fi業者が駅やモールなどでサービスを展開してきた。これに加え、キャリアが専用Wi-Fi基地局を10万台から20万台局規模で設置しつつある。

Wi-Fi網は無線局免許の不要な周波数帯を使用しており、手軽に電波を使用できるのが強みである一方で、不特定多数がWi-Fi網の電波帯を使用するため通信品質の管理が難しい。また元来、移動しない端末のワイヤレス接続を前提とする規格のため、移動通信網と同様の使い方をするには無理があり、エリアの探索を継続すると端末の電池を消費してしまうなどの課題がある。

移動網の補完の観点では課題を有するWi-Fiであるが、次世代Wi-Fiでは、現在数秒の時間を要する網認証処理を数ミリ秒に縮める取り組みが行われており、新技術の適用に合わせて、オフロード向けにもさらに浸透していく。

3.2 トラフィック制御

スマートフォンの登場以来、無線アクセス網では、ス

※3) Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標である。

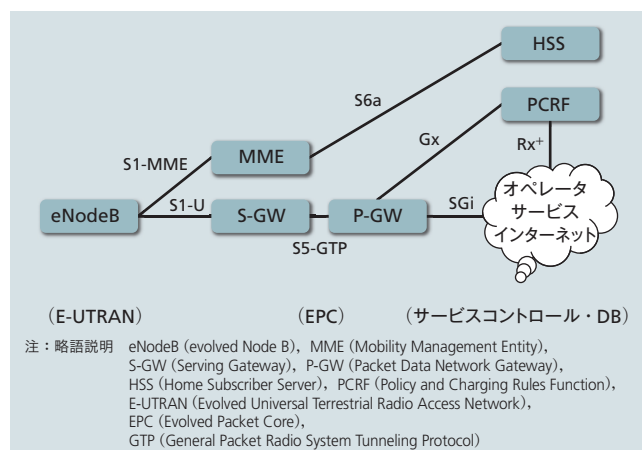


図2 | LTE (Long-term Evolution) システム構成

基地局eNodeBをEPCで収容する。

ループットなどのユーザー体感品質確保が一層課題になってきている。この課題は、ビッグデータ処理が普及し、移動通信網上を通過するデータトラフィック量が増えると、LTEのような移動体通信システム自体の高速化や、Wi-Fi網へのオフロードでも支えきれないと予測されている。そこで、データセンターとユーザー間のトラフィックをよりきめ細かく制御するDPI, PCRF (Policy and Charging Rules Function), ANDSF (Access Network Discovery and Selection Function) の技術が注目されている。これらの技術は、ビッグデータの効率的な収集に有効であるとともに、この技術自体が前述したビッグデータ処理の発展経過における第二段階に相当すると考える。

(1) DPI

トラフィック制御の前提となる、スループットなどのユーザー体感品質データの計測に用いるのがDPIである。ルータはIPヘッダを見てルーティングするが、DPIはアプリケーションレイヤまでのヘッダをリアルタイムで解析し、ユーザーごとのコンテンツ、アプリケーション、セッション管理状態などを詳細に把握することが可能となる。

(2) PCRF

DPIデータに基づくトラフィック制御は、PCRFと呼ばれるサーバシステムを中心に行われる。動作イメージを図3に示す。DPIにてユーザーが使用したパケット量を計測し、計測結果と契約条件に基づきPCRFがサービスプランを変更する。ここで、サービスプランにおいてアプリケーションごとの帯域制御を規定すれば、ビッグデータの求めるネットワーク品質保証や、ユーザーの使い心地への影響を最小限にした帯域制御を実施できる。

(3) ANDSF

複数のシステムをシームレスに運用する技術としてANDSFがある。ANDSFは、PCRFでのポリシー制御による制御対象を端末にして、端末のシステム選択を支援す

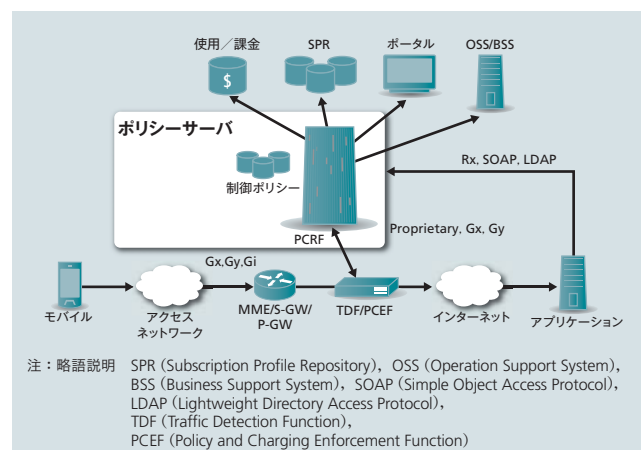


図3 | トラフィック検出と制御の構成

DPI/PCRFでトラフィックを検出し、PCRFがポリシー制御を行う。

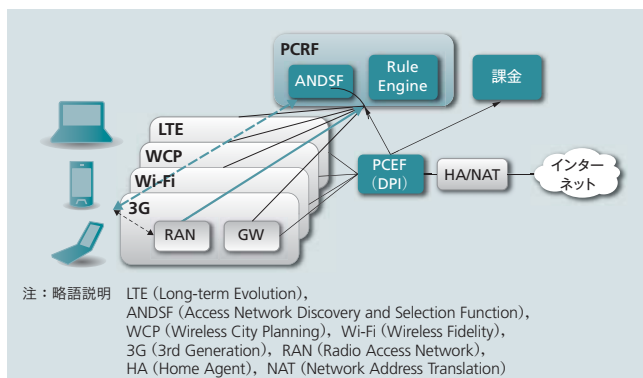


図4 | ANDSFによるマルチシステム選択

PCRFでシステム状況を把握する。把握内容に従って、端末にマルチシステムのどのシステムを使用するかを推奨する。

る技術である（図4参照）。端末の位置と各システムのサービスエリアの照合、およびシステムの故障・輻輳（ふくそう）状況を端末のシステム選択に反映する。

今後、LTEではモビリティによるマクロセル／スモールセル選択が必要になる。その結果、ANDSFにおいても、ユーザーの使用環境に応じたシステム選択が有効になると考える。例えば、ビッグデータ処理の利用シーンにおいても、高速移動状態ではLTEシステムでデータ収集し、静止状態では自動的にWi-Fiに切り替えてデータ収集することなどが可能になる。

4. 高度な分析を支えるネットワーク

今後、高度化するビッグデータ処理を支えるため、データセンター内ネットワークシステムの規模が拡大し、その効率的な管理・運用が求められる。またビッグデータ処理が進展し、事業者間（サービサー間）連携を実現する際などには、データセンター間をつなぐWAN（Wide Area

Network：広域ネットワーク）において、高速なデータ転送速度が必要になり、またWAN全体のトラフィックの流れを効率的に制御する必要も出てくる。これらの課題を解決するデータセンター内向けネットワーク仮想化技術、WAN高速化技術、広域SDN（Software Defined Networking）技術について以下に述べる。

4.1 データセンター内向けネットワーク仮想化技術

ビッグデータ処理を支えるため、大量・多種多様なトラフィックの処理が必要となるデータセンター内ネットワークでは、テナントやユーザーごとに通信帯域を分離する際に、ネットワーク構成機器の複雑な設定作業が必要となる。このため、ネットワークの管理・運用は、ビッグデータ処理を効率的に実施するうえで、大きな課題となる。

この課題を解決する手段としてSDNによるネットワーク仮想化が注目されている。SDNでは、既存の物理的なネットワーク構成を変更せずに、ソフトウェアを用いてネットワークの構成や機能の自動的な管理・制御を行う。

このSDNを実現する方式の一つとして、物理ネットワーク上に仮想ネットワークを重ねるオーバーレイ方式がある²⁾。オーバーレイ方式では、物理ネットワークの設定を変更せずに論理ネットワークを構築することができる。具体的には、SDNコントローラが、仮想サーバの管理システム（ハイパーバイザ）と連携することにより、仮想サーバ間を接続する論理ネットワークを構築するほか、仮想アドレス管理など、ネットワークの設定管理の一元化を実現することが可能となる（図5参照）。さらに、仮想サーバを稼働中に装置間などで移動する際にも、SDNを用いると物理ネットワークの設定を変更せずに自動的なネットワー

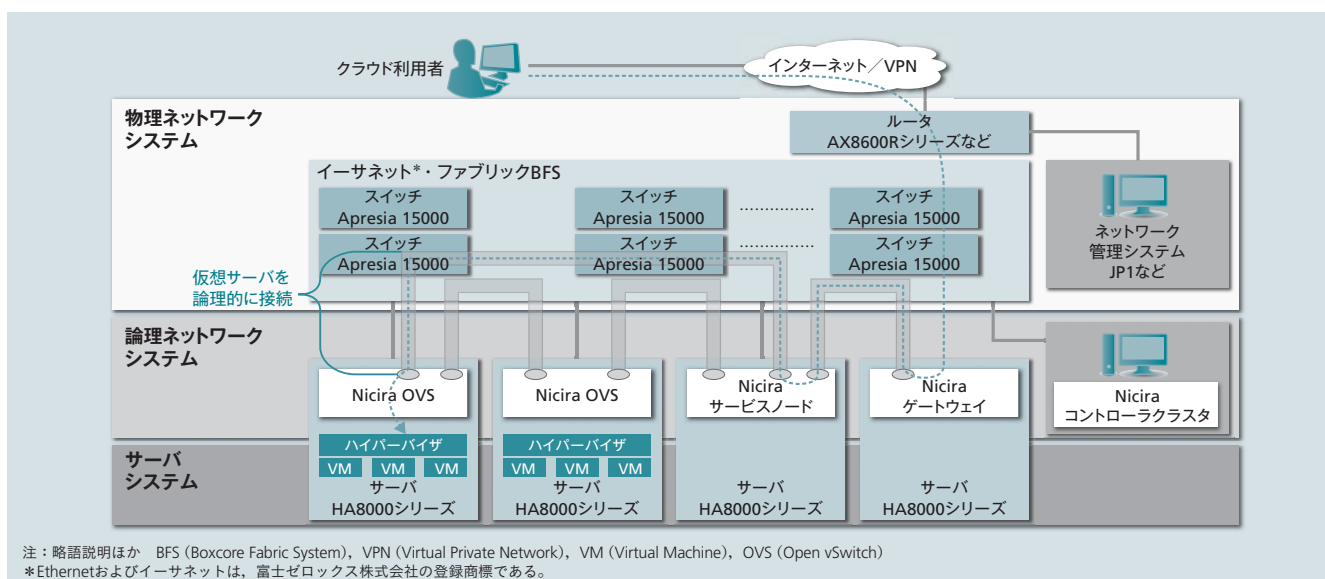


図5 | データセンター内向けネットワーク仮想化技術

仮想サーバ間を論理的に接続して容易に論理ネットワークを構築する。

ク接続変更が可能となるなど、データセンターの効率的な運用管理が実現できる。このSDNを用いたネットワーク仮想化技術により、ビッグデータ処理が必要とするデータセンター内大量トラフィックの柔軟かつ効率的な管理運用が可能となる。

4.2 WAN高速化技術

ビッグデータ処理の実現において、同一サービサー内の複数拠点間や、異なるサービサー間で大容量データの共有が必要となる場合、データセンターをつなぐWANの高速化が求められる。一般的にネットワークの高速化は回線帯域の増速で解決を図るが、国際間ネットワークなどの長距離でデータセンター間をつなぎ、インターネットプロトコルTCP (Transmission Control Protocol) を用いて通信する場合、往復遅延時間やパケット廃棄率が大きい場合に、回線帯域を増速しても、TCPの仕組みのうえで課題があり大容量データの転送効率やアプリケーションの応答性を向上できないことが、従来から知られている³⁾。そこで、地理的に離れているデータセンター間を接続するWANの実効的高速化を実現するWAN高速化技術を開発し、この技術を実装した製品「日立WANアクセラレータGX1000」を製品化した(図6参照)⁴⁾。

日立WANアクセラレータGX1000の特長を以下に述べる。

(1) 長距離伝送でのデータ通信を高速化

ピーク性能300 Mビット/s (WAN回線)

(2) WAN回線の空き帯域を推定し、きめ細かなデータ転送量制御によって高速化を実現

(3) 既存のシステム環境を変更せず、導入が容易

この製品は、TCPが抱えていたアプリケーションの応答性低下の課題を根本的に解決し、複数のサービサーをつなぐビッグデータ処理をWAN環境下で実現可能とする。

4.3 広域SDN技術

さらに、データセンター間向けのネットワーク制御技術



図6 | 日立WANアクセラレータGX1000の外観

TCP (Transmission Control Protocol) が抱えていた往復遅延時間やパケット廃棄率が増加する環境下における課題を根本的に解決し、WANの高速化を可能とする。

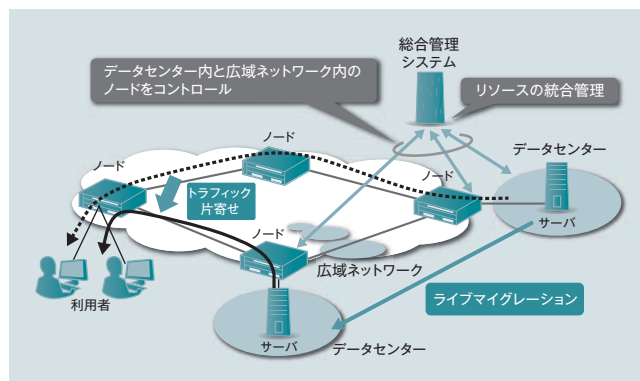


図7 | データセンター間向け広域ネットワーク制御技術

広域網とデータセンターのリソース使用状況をコントロールし、トラフィック集約を行う。

の研究開発にも積極的に取り組んでいる⁵⁾(図7参照)。

ここでは、統合管理システムを利用して、広域ネットワークとデータセンターのノードをコントロールし、ネットワーク全体の動き、リソースを統合管理する。これにより、低負荷時にサーバーを集約したり、ルートを融通してトラフィックを集約し、関連機器の電源をオフしたりするなど、省電力なクラウド制御を実現する。この統合管理システム技術を広域SDN技術に発展させることにより、ビッグデータ処理がサービサー間をまたがる際のネットワーク全体の環境負荷を抑え、柔軟なシステム運用を実現することも可能になる。

5. 将来に向けた取り組み

ビッグデータ処理の結果をリアルタイムに実世界にフィードバック可能とすることで、より広範囲、多様な情報に基づく実時間性が必要なサービスを提供できる。例えば、監視者へのリアルタイムな災害情報や災害危険度を提示する災害監視サービスが実現可能となる。

このリアルタイムなフィードバックを実現するには、全データをデータセンターに蓄積する現状のクラウド形態に加え、リアルタイム処理が必要な情報などを情報発生源近くに分散して蓄積し処理可能とする、新たなシステムアーキテクチャが必要となる(図8参照)。

このアーキテクチャにおいては、データセンターでは従来どおり、DB管理やデータマイニングなどの蓄積データの高度情報処理を実施するのに対し、WANと実世界との間のネットワークに配置した「分散データセンター」のノード上での情報処理により、実世界に対してフィードバックを実施する。分散データセンターはエントランスノードとインテリジェントノードの二つのノードから構成し、エントランスノードはデータの集約/圧縮を、インテリジェントノードは一部の情報処理と実世界へのフィードバックの生成、およびデータセンターへのデータ転送の機能を、そ

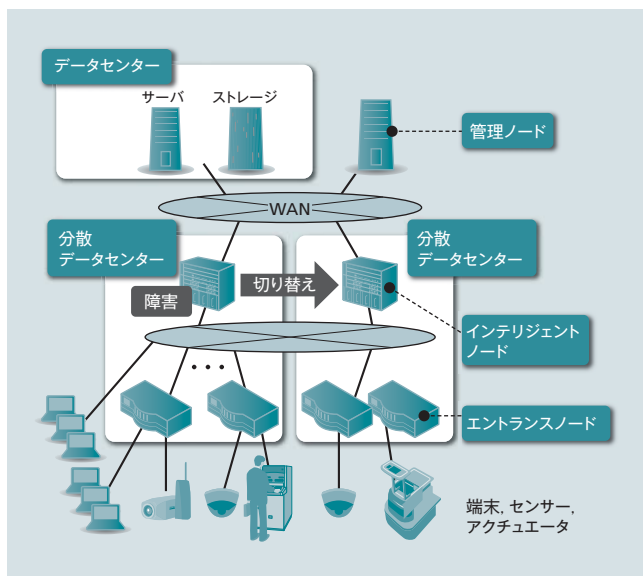


図8 ネットワークにコンピューティング資源を配置するアーキテクチャ
リアルタイム処理が必要な情報を分散して蓄積し、処理を可能とする。

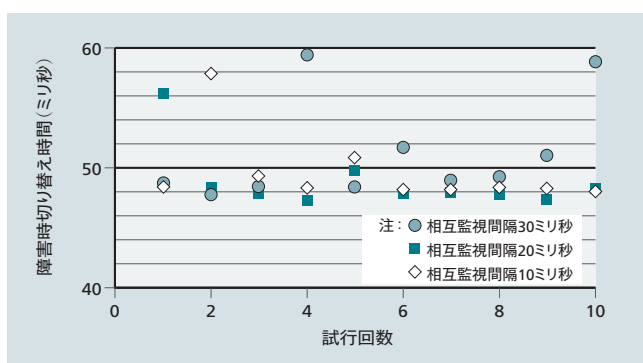


図9 障害時切り替えの評価結果
相互監視の周期に応じた切り替え時間を示している。

れぞれ担う。インテリジェントノードは、定期的に相互監視を行い、障害発生時には、ほかのノードが代理処理することで、処理の継続性を実現する。日立グループは、これらの新規アーキテクチャの実現性を検証するため、インテリジェントノード、エントランスノードの試作、評価を推進している。

リアルタイムなビッグデータ処理を安定的に提供する際に重要となる、情報処理継続性の評価を実施した（図9参照）。評価の結果、障害時にも処理自体が継続されていることを確認するとともに、同図のとおり、平均50ミリ秒の高速切り替えを確認できた。今後もネットワークでのコンピューティングを実現するインテリジェント／エントランスノードの実現技術の開発を継続推進し、大容量データの収集、処理を支えるネットワークの実現に貢献していく。

6. おわりに

ここでは、ビッグデータ処理の進化を支えるネットワーク技術を、実世界から効率的にデータ収集する無線アクセス技術と、収集したデータセンター内やデータセンター間

の情報処理装置をつないで高度な知的情報処理を実現するWAN高速化技術などについて述べた。

ビッグデータ処理は、集めるデータの量と種類が増えるほど、高度な知的価値の創造が可能になる。ビッグデータ処理の求める、効率的なデータ収集と、データ連携による高度な分析を可能とするため、ネットワークにも、ここで述べたような進化が求められると考えている。ネットワークを含むITプラットフォーム全体の進化により、ビッグデータ処理は、スマートな社会、ビジネスを支えるインフラへ発展していくと考えており、日立グループは、今後も、この技術の進化を支えていく。

なお、この研究の一部は、総務省委託研究「セキュアクラウドネットワーク技術の研究開発（インテリジェント分散処理技術）」および「クラウドサービスを支える高信頼・省電力ネットワーク制御技術の研究開発（高信頼クラウドサービス制御基盤技術）」の成果によるものである。

参考文献など

- 1) 田中，外：クラウドコンピューティングを支えるネットワークの取り組み，日立評論，93，7，476～484（2011.7）
- 2) ITpro Active：仮想化環境で膨らむ課題を解決，オーバーレイネットでクラウドを自在に，
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/Active/20120127/379543/>
- 3) T. Isobe, et al. : RADIC-TCP: High-speed protocol applied for virtual private WAN, ICT2011, pp. 505 – 510（2011）
- 4) ネットワーク高速化 日立WANアクセラレータ GX1000，
<http://www.hitachi.co.jp/products/it/network/wan/>
- 5) 日経NETWORK，2012年9月号（2012.8）

執筆者紹介



西村 信治

1991年日立製作所入社，情報・通信システム社 通信ネットワーク事業部 ネットワークグランドデザイン本部 製品戦略企画部 所属
現在，ネットワークソリューション，ネットワーク製品の事業戦略企画に従事
博士（工学）
IEEE Senior Member，電子情報通信学会シニア会員



柴田 治朗

1986年日立製作所入社，情報・通信システム社 通信ネットワーク事業部 ネットワークソリューション第二本部 キャリアネットワーク第二部 所属
現在，モバイルネットワークのデータオフロード，トラフィック可視化ソリューションの企画・開発に従事



鈴木 政朗

1996年日立製作所入社，情報・通信システム社 通信ネットワーク事業部 ネットワークソリューション第二本部 キャリアネットワーク第二部 所属
現在，日立WANアクセラレータの製品企画・開発に従事



矢崎 武己

1995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 ネットワークシステム研究部 所属
現在，クラウドネットワークを支えるネットワーク機器に関する研究開発に従事
情報処理学会会員，電子情報通信学会会員