

feature article

社会イノベーションをひらくネットワーク分野の先端研究

Research and Development of Network Technology for Social Innovation

若山 浩二 Koji Wakayama
 對馬 雄次 Yuji Tsushima

豊田 英弘 Hidehiro Toyoda
 中原 雅彦 Masahiko Nakahara

高田 芽衣 May Takada

社会イノベーションの対象となる産業・交通、電力、都市・社会システムでは、センサーやカメラの活用によって、今後、扱われる情報量が爆発的に増加することが予想され、ネットワークにはいっそうの高速化、高信頼化、低消費電力化が求められる。日立は、光・無線分野では、ネットワーク高速化に向けた研究開発を行っている。また、ミッションクリティカルなアプリケーションへの無線適用を可能とするため、近距離無線技術の信頼性向上に取り組んでいる。さらに将来技術としては、ネットワークを高機能化するアプローチを採用した新しい情報処理プラットフォーム技術や、高速Webゲートウェイの研究開発を推進している。

1. はじめに

安全・安心な社会基盤を構築するうえで、通信ネットワークの重要性はますます大きくなっている。

社会イノベーション分野において、ネットワーク技術は従来の通信サービスとしての枠組みを越えて、産業・交通システム、電力システム、都市・社会システムなど、さまざまな分野の技術と融合・協調し、新しいサービス創出に寄与する。

社会イノベーション分野では、情報は爆発的に増加

し、さらに、ミッションクリティカルなデータを扱うため、ネットワークには、よりいっそうの高速化・高信頼化が要求される。また、グリーンITの観点からは、消費電力の低減が要求される。これらの要求に対応するため、ネットワークにおける情報処理形態のあり方の見直しが必要となる。

ここでは、社会イノベーションの実現に向けたネットワーク技術の研究開発状況について述べる(図1参照)。

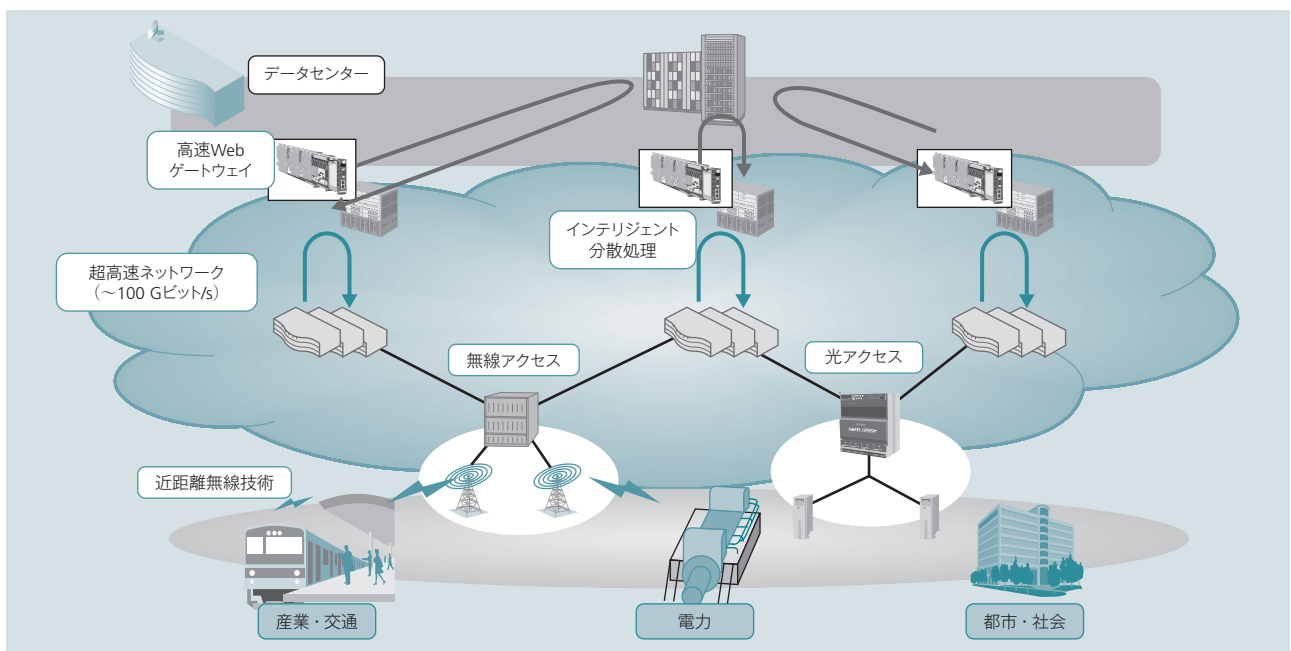


図1 社会イノベーションを支えるネットワークアーキテクチャ

超高速ネットワーク上に、データフローの発想に基づくインテリジェント分散処理技術を導入することにより、ネットワーク技術は、産業・交通システム、電力システム、都市・社会システムなど、さまざまな分野のシステムと融合・協調したプラットフォームを構築し、新しいサービス創出に貢献する。

2. 社会イノベーションに求められるネットワーク技術

2.1 光ネットワーク高速化技術

社会イノベーション事業が対象とする産業・交通分野や電力分野においては、センサーによるモニタリングやカメラを用いた映像監視の需要が高まっている。これに伴い、扱う情報量が爆発的に増加するため、ネットワークにはいっそうの高速化が求められている。

IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.) 802.3委員会は、光ネットワークインタフェースの高速化技術の標準化を推進している。広域LAN (Local Area Network) やメトロ/コアネットワーク向け技術として、100ギガビットイーサネット^{※1)}の標準化を進めている。また、次世代の光アクセスネットワーク向け技術として、従来の10倍の通信速度を提供する、10G-EPON (10 Gigabit Ethernet^{※2)} Passive Optical Network) の標準化作業 (IEEE802.3av) に取り組んでいる¹⁾。

2.2 無線通信技術

社会イノベーション分野で用いられる無線通信技術には、モバイルWiMAX^{※3)}やLTE (Long Term Evolution) などの無線アクセス向けのほか、ZigBee^{※4)}、無線LANなどの近距離無線向けがある。モバイルWiMAX、LTEなどの次世代モバイルブロードバンドシステムによって、光アクセスだけでなく、無線アクセスにおいても、通信の高速化を実現している。一方、近距離無線技術によって、動き回る人や装置、モータなど、従来は配線困難だった場所へもセンサーやカメラの設置を可能にする。

社会イノベーション分野で必要となるミッションクリティカルなアプリケーションへの適用にあたっては、電波伝播 (でんぱ) 状況によって通信が途切れないことなど、信頼性の向上が課題である。

2.3 情報処理技術

爆発的に増加する情報量を処理するためには、従来のデータセンター集約型の情報処理形態では対応が困難にな

る。特に、従来の情報処理形態では、データセンターを利用する際のネットワーク通過による遅延時間や消費電力、信頼性の確保が課題となる。

また、ネットワーク資源の柔軟な割り当て・制御を行うネットワーク仮想化技術を社会イノベーション分野に適用するため、ミッションクリティカルなアプリケーションに対応可能な基盤技術の開発が必要である。

さらに、モバイルブロードバンドの本格化やサービスの多様化などに伴い、急増するトラフィックの効率的な制御、多様化するアプリケーションへの柔軟な対応が必要となっている。

3. 光ネットワーク高速化に向けた研究開発

3.1 10ギガビット光アクセスシステム

こうした社会・市場の要請に応えるために、日立は10G-EPONシステムを試作した (図2参照)。

10G-EPONは、32ユーザーの加入者が同時に光ファイバを共有し、現行の光アクセスシステムと比較して10倍である10 Gビット/sの通信速度を持つ光アクセスシステムである。

光通信では高速になるにしたがって信号がノイズの影響を受けやすくなるため、通信エラーを生じる頻度が高くなる。このシステムには、通信エラーを補償するため、デジタル信号処理部にIEEE802.3av準拠の通信エラー訂正機能を搭載した。試作システムを用いた双方向通信実験の結果、IEEE802.3avで規定されている通信距離20 km、32分岐の接続環境において、高信頼長距離仕様を満たす、ビット誤り率 10^{-12} での双方向通信を達成した。

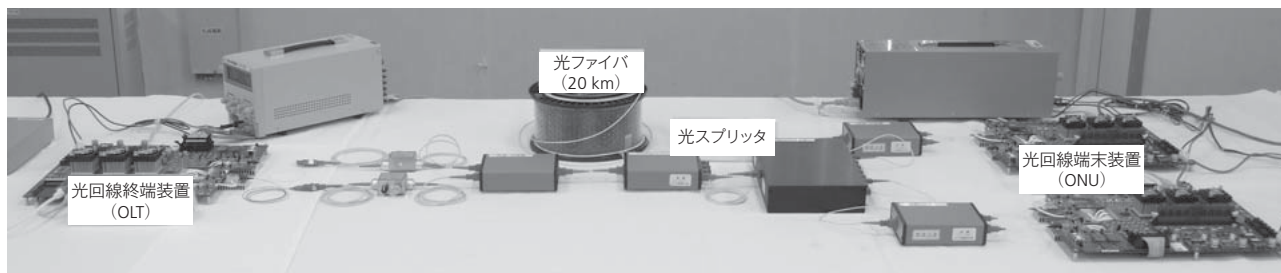
今回試作した10G-EPONシステムは、FTTH (Fiber to the Home) 向けのほか、企業内のネットワークの回線収容や、無線ネットワークにおける基地局集線部などへの適用も見込まれる。

※1) イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の登録商標である。

※2) Ethernetは、米国Xerox Corp.の登録商標である。

※3) WiMAX、WiMAXフォーラムは、WiMAXフォーラムの登録商標である。

※4) ZigBeeは、Koninklijke Philips Electronics N.V.の登録商標である。



注：略語説明 10G-EPON (10 Gigabit Ethernet Passive Optical Network), OLT (Optical Line Terminal), ONU (Optical Network Unit)

図2 10G-EPON試作システム

通信距離20 km、32分岐の接続環境において、ビット誤り率 10^{-12} を達成した。

3.2 100ギガビットイーサネット

イーサネットにおいて、従来の10倍となる100 Gビット/sの伝送速度を実現するには、複数の伝送経路の利用や、1クロック当たりの情報量を増加する高速化技術が必要となる。

マルチレーン伝送技術は、複数本の伝送経路（レーン）を、1本のリンクとして束ねて利用する高速化技術である。100ギガビットイーサネットでは20本の論理レーン（各5 Gビット/s）を、それより少ない物理レーン（10 Gビット/s×10本、または25 Gビット/s×4本）にマッピングする構成をとる。このとき、マルチレーンを構成する伝送路には、データの伝送時にスキュー（データの到着時間差）が生じる。これに対し、送信側で符号化したデータ列にスキュー検出用のマーカーを埋め込んで送信することで、受信側で高精度な補正を行い、正しくデータ再生するスキュー補正回路を開発した（図3参照）。

また一方で、今後の100ギガビットイーサネット標準を見据え、単一の波長だけを利用する形態の研究開発も進めている。単一波長で同じ伝送速度とするには、光信号の1クロック（シンボル）の情報量を増やす光多値技術が必要となる。4値の光多値変調の光伝送に対応した物理符号化副層について、100 Gビット/sの動作を実現している²⁾。

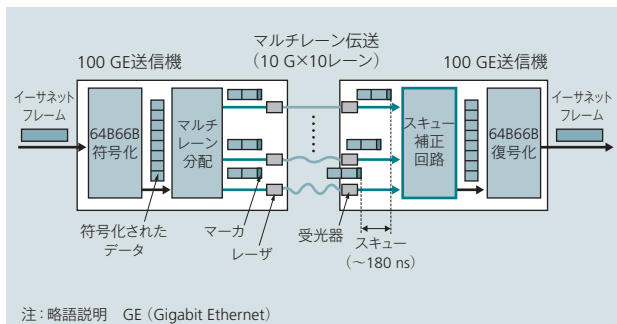


図3 100ギガビットイーサネットにおけるスキュー補正回路
送信側であらかじめ埋め込んだマーカーを基に、受信側でスキュー補正を行う。

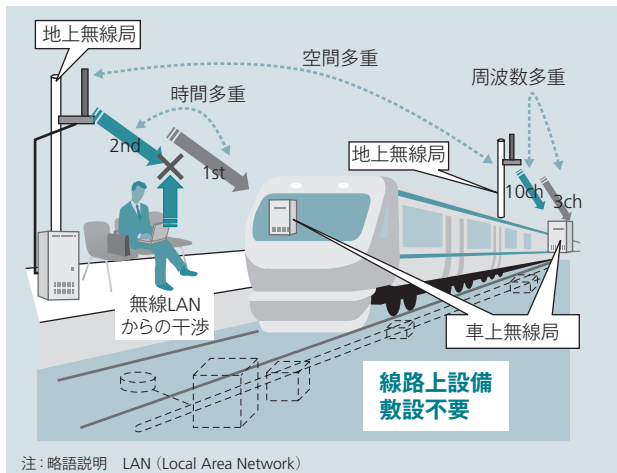


図4 列車制御システム向け高信頼無線
駅のホームや線路脇に設置した地上無線局と、列車に搭載した車上無線局間で時間/空間/周波数の三次元の多重通信を行う。

4. 無線通信技術に関する研究開発

モバイルキャリア向け無線アクセスインフラとして、モバイルWiMAXや3.9世代移動体通信システムであるLTEの研究開発を推進している³⁾。

一方で、ミッションクリティカルなアプリケーションへの無線適用を可能とするため、近距離無線技術の信頼性向上にも取り組んでいる。例として、鉄道路線の1区間に1列車編成のみの運転を許可する「閉そく方式」を施行する列車制御システム向けに開発された近距離無線通信方式について述べる（図4参照）。

この方式では、同一パケットを複数回、異なる時間/空間/周波数で送ることで、遮蔽（へい）物や無線LANからの干渉によっていずれかの通信路が妨害された場合にも、全体として安定した通信を維持可能である。

今後さらに、複数拠点の一括モニタリングや、広範囲を動き回る人や装置のモニタリングを実現するために、無線アクセスの産業応用が広がるものと考えられる。

5. 情報処理技術に関する研究開発

5.1 新ICTプラットフォーム技術

遅延時間や消費電力の低減、信頼性の向上に向けて、情報処理形態のあり方を見直しが必要となる。従来、ネットワークは情報伝達のみ、データセンターは情報処理のみを分担してきたが、情報伝達に伴う課題の解決には、ネットワークを高機能化することが有効なアプローチである。

そこで、新ICT (Information and Communication Technology) プラットフォームでは、情報発生源の近傍のフロント層で実世界情報の暗号化やフィルタリングを実施し、リフレクティブネットワーク層において伝達中の情報を処理するフロー型情報処理を行う。バックヤードでのデータセンターは情報蓄積や情報の知識化など非常に高度な情報処理を担当する。このように新ICTプラットフォームでは従来のデータセンター集約型の情報処理ではなく、広域環境での情報処理を行うことになる（図5参照）。

これにより、データセンターとの往復に必要な通信時間の削減や、情報伝達路の適正化による遅延時間の短縮や消費電力の低減が可能となる。さらに、フロント層での暗号化などによって信頼性も確保することができる。

5.2 高速Webゲートウェイ

モバイルキャリア向けのサービスプラットフォームシステムのコアプロダクトとして、高速WebゲートウェイAWG (Active Web Gateway) の開発を進めてきた。

AWGは、トラフィックの効率的な制御と多様化するサービスに柔軟に対応する高速プロキシサーバである。ま

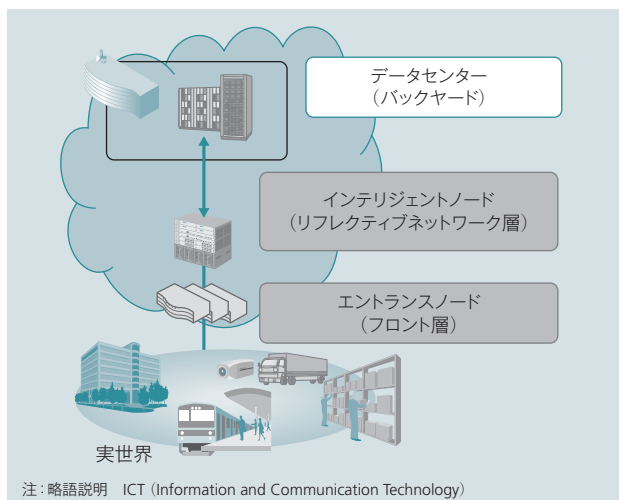
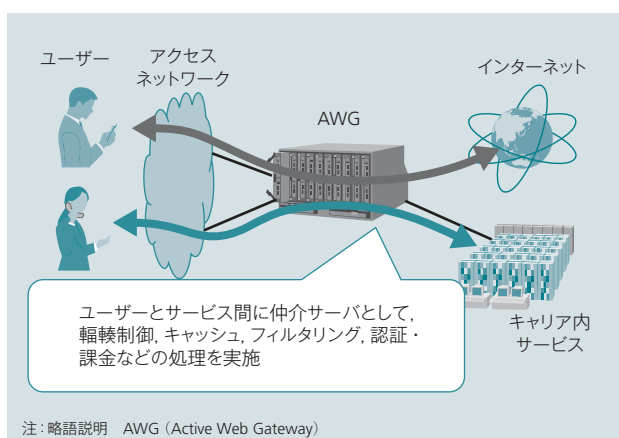


図5 新ICTプラットフォームの概要

広域分散配置されるノードによる情報伝達時の階層的な情報処理を行う。



注：略語説明 AWG (Active Web Gateway)

図6 AWGの概要

ユーザーとサービス間でHTTP (Hyper Text Transfer Protocol) セッションを制御し、さらに、輻輳（ふくそう）制御、コンテンツフィルタリングなどの付加価値サービスを提供する。

た、HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) セッションの制御やWebサービスを高機能化するための要素技術として、トラフィック制御〔輻輳（ふくそう）制御、優先キャッシュ〕、アクセス管理（認証・課金、コンテンツフィルタリング）、などの機能を提供する（図6参照）。

AWGでは、HTTPセッション処理の流れを小さい処理単位（ステート）に分割し、ステートを順次遷移して処理を進める方式で実現している。これにより、セッションごとにステート進行状態を管理・スケジューリングできるため、一つのプロセス/スレッドでセッションの高多重並列処理が可能である。さらに、ステートの追加・削除による機能拡張を可能としている。

AWGは汎用Linux^{※5)}サーバ上に実装しており、日立の統合サービスプラットフォームBladeSymphony「BS320」では、1ブレード当たりスループット3,200リクエスト/s、同時セッション処理数10,000以上の性能を実現している（当社従来比2～3倍）。

※5) Linuxは、Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標あるいは商標である。

現在は、AWGのコアエンジン技術を応用し、多様なプロトコルに対応したメッセージゲートウェイや、IP (Internet Protocol) パケットレベル通信制御技術の開発を推進している。

6. おわりに

ここでは、社会イノベーションの実現に向けたネットワーク技術の研究開発状況について述べた。

今後も、安全・安心な社会基盤の構築をめざして、ネットワーク技術の研究開発を進める所存である。

なお、これらの研究開発の一部は、総務省が推進するフォトニックネットワーク技術に関する研究開発の一環である独立行政法人情報通信研究機構の委託研究「集積化アクティブ光アクセスシステムの研究開発」、 λ アクセス技術の研究開発、ならびに、総務省の委託研究「セキュアクラウドネットワーキング技術の研究開発（インテリジェント分散処理技術）」によるものである。

参考文献など

- 1) IEEE P802.3av 10GEPON Task Force.
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/av/index.html>
- 2) 豊田, 外: 100 Gbit/s単一波長光伝送向け物理層の研究, 電子情報通信学会論文誌Vol.J91-B No.10 (2008.10)
- 3) 桑原, 外: 社会の変革を促す次世代ワイヤレスブロードバンドシステム, 日立評論, 91, 11, 836~839 (2009.11)

執筆者紹介



若山 浩二

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, 光アクセスシステムの研究開発に従事
電子情報通信学会会員, IEEE会員



豊田 英弘

1998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, 100 Gビットイーサネット物理層の研究開発に従事
博士(工学)
電子情報通信学会会員, 情報処理学会会員



高田 芽衣

1997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, 無線の産業応用拡大に向けたマーケティング活動, 高信頼化手法の検討に従事
International Society of Automation会員



對馬 雄次

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新ICTプラットフォームプロジェクト 所属
現在, 新ICTプラットフォームの全体アーキテクチャ検討や, 実世界への適用に向けたマーケティング活動に従事
情報処理学会会員



中原 雅彦

1990年日立製作所入社, システム開発研究所 第六部 所属
現在, 通信キャリア向けネットワークサービスプラットフォーム技術に関する研究開発に従事
情報処理学会会員