

スマートシティを実現する通信システム

Telecommunication Systems for Smart Cities

濱口 和子 馬 元琛 高田 芽衣

Hamaguchi Kazuko Ma Yuanchen Takada May

西嶋 高幸 志村 隆則

Nishijima Takayuki Shimura Takanori

スマートシティを支えるインフラとして通信システムは重要な役割を果たす。あらゆるものがネットワークにつながり、相互に連携することで、安全で便利な、地球環境に配慮した新しいサービスの提供が期待される。スマートシティでくらす人は、このようなサービスをネットワークの存在を意識せずにシームレスに利用することができる。こうした通信システムを実現するために、日立グループは、ゲートウェイ技術、高信頼無線遠隔監視技術、ネットワークの仮想化技術の研究開発を進めている。また、ホームゲートウェイ、センサネットワーク、M2Mソリューションの提供に向けた開発を進めている。

1. はじめに

スマートシティで快適にくらししていくためには、人と人、人とモノ、モノとモノなど、あらゆるものがつながる

通信システムが必要になる。

離れていても相手の様子がわかる、いつでも手元の端末から必要な情報を取り出せる、車と信号が相互に情報をやり取りするなど、都市にある、ありとあらゆるものがつながることで、豊かなくらしと、エネルギーの最適な利用の両立が実現する。

ここでは、スマートシティを実現するために必要となる通信システムについて述べる。

2. スマートシティに求められる通信システム

スマートシティでは、さまざまな環境で最適な通信方式を使って、シームレスにサービスが提供されることが期待される（図1参照）。

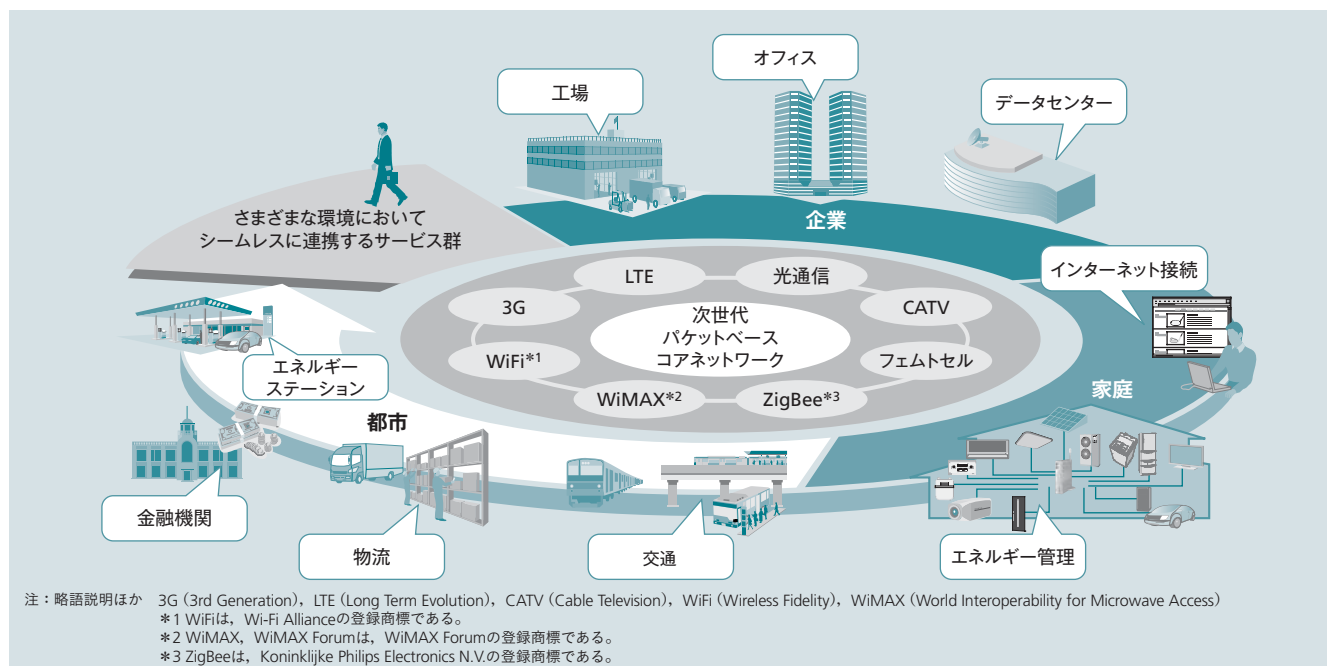


図1 | スマートシティをつなぐ通信システム

スマートシティではあらゆるものが通信システムにつながり、利用環境に最適な通信方式を使ってシームレスにサービスが提供される。

企業や自治体では、高速、大容量の通信ネットワークを活用したクラウドサービス、ビデオ会議などのビジュアルコミュニケーションの普及により、業務の効率化、利便性の向上、新しい価値の創造がさらに進んでいく。また、各種無線技術を活用したセンサネットワークにより、モノの流れ、設備の状態、環境情報などを可視化し遠隔制御することで、安全・安心で環境に配慮したシステムが実現できる。

家庭では、電話やPCのインターネット接続だけでなく、家電製品や自動車など、家庭内のあらゆる機器がネットワークにつながり、新しい端末やサービスがどんどん増えていくことで、くらしがもっと楽しく、安心で便利なものになっていく。

都市では、交通、物流、金融、エネルギーなど、すべてのサービスがネットワークに接続され、それらが連携することで、さらに安全で便利な、地球環境に配慮した新しいサービスが提供される。

スマートシティで生活する人は、こうしたサービスをネットワークの存在を意識せずに、シームレスに利用することができるようになる。

3. 技術課題と研究開発

3.1 技術課題

スマートシティでは、あらゆるものがネットワークに接続されることが予想されるので、これまでネットワークに要求されてきた高速、高信頼、高可用に加え、多様な端末の接続、キャリアネットワークの有効活用、新しい端末や

サービスの提供に対応できる柔軟性、安価にサービスを提供できる経済性、環境への配慮などが要求される。こうした新たな要求に対応するため、日立グループは、IPとの相互接続性を考慮したゲートウェイ技術、携帯電話網を活用した高信頼無線遠隔監視技術、さまざまな要求に柔軟に対応できるネットワークの仮想化技術の研究開発を進めている。

3.2 ゲートウェイ技術

あらゆるものがつながる環境を実現するためには、多様な端末をネットワークに接続し、安定したサービスを提供するために、端末とネットワークをつなぐゲートウェイが重要な役割を果たす(図2参照)。このようなゲートウェイには以下のような課題がある。

- (1) IPとの相互接続性の確保
- (2) リソースに制約のある端末向けのアプリケーション通信環境
- (3) キャリアネットワークを有効活用するためのトラフィックの最適化

これらの課題を解決するために、現在、日立グループでは、プロトコル変換技術とデータの集約とスケジューリング技術の研究開発を進めている。

リソースに制約のあるセンサーをネットワークに接続するためには、インターネットとの親和性を考慮し、アドレス空間の広いIPv6 (Internet Protocol Version 6) と軽量プロトコル6LoWPAN (IPv6 over Low-power Wireless Personal Area Network) との変換技術が必要になる。また、多様な

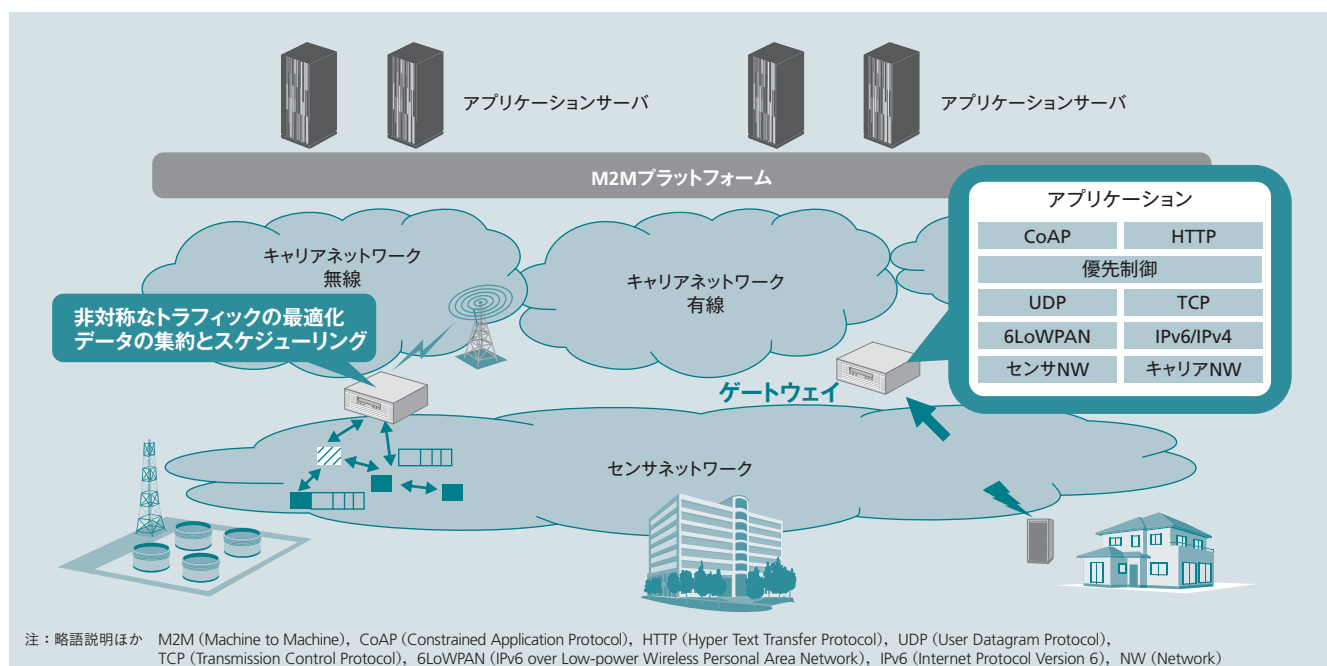


図2 | ゲートウェイ技術

あらゆるものがつながる環境を実現するためには、端末とネットワークをつなぐゲートウェイが重要な役割を果たす。

M2M (Machine to Machine) アプリケーションに対応し、エンドツーエンドのWebサービス環境を実現するには、HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) をCoAP (Constrained Application Protocol) にマッピングする必要がある。これらプロトコルのIETF (The Internet Engineering Task Force) での標準化活動と機能実装を進めている。

多数の端末がネットワークにつながり頻繁に少量のデータを通知するような環境では、データトラフィックが非対称となり、キャリアネットワークに大きな負荷がかかることが予想される。こうした状況を回避し、効率よくキャリアネットワークを使用するために、ゲートウェイでデータを集約してスケジューリングする技術を研究している。この技術により、センサーの軽量化、省エネルギーが可能になり、さらに利用範囲が広がる。

3.3 高信頼無線遠隔監視技術

スマートシティでは、環境やエネルギー消費量の最適化を実現するために、各種の機器のエネルギー消費量や環境の温度、湿度などをセンサーで測定し、ネットワークを利用して監視センターに集約し、分析・制御を行うことが必要になる。現在、こうした遠隔監視システムには、信頼性の高い有線ネットワークが主に用いられているが、新たな配線の敷設が困難な既存ビルなどでは、システムの設置コストが小さく、接続変更が容易な無線ネットワークを利用したいというニーズが高まっている。また、携帯電話網を使用することができれば、より利用範囲が広がり、経済的に実現することが可能になる。しかし、これらの要望を実現するにあたり、二つの課題がある。センサー無線網では、

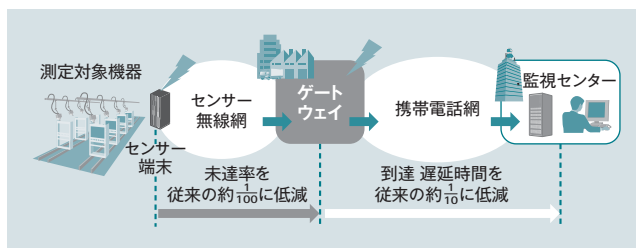


図3 無線ネットワークを用いた遠隔監視システムの構成
設置コストが安く、配置変更が容易なセンサー無線と、利用範囲が広い携帯電話網を活用した遠隔監視システムを実現する。

センサー端末から発する無線電波と、無線LAN (Local Area Network) などの既存の機器の無線電波が干渉するため、通信エラーの頻度が高くなるという課題と、携帯電話網では、ネットワークが混雑して通信状態が悪くなった場合、センサーの情報やアラームの送信に時間がかかり、異常検知が遅れるリスクがあるという課題である。

こうした背景から、現在、日立グループでは、センサー無線網におけるデータ通信エラーを低減する通信制御技術と、携帯電話網においてアラーム到達遅延時間を低減する優先制御技術の研究開発を進めている（図3参照）。電波干渉の発生状況をモニタリングし、通信状況のよい周波数を常に活用することで電波干渉を回避する技術と、通信時間帯を割り振る時分割多重方式を組み合わせることで、到達遅延時間を増やすことなく通信エラーを低減できる。また、携帯電話網における通信速度の低下を検出し、低下時は重要なアラームのみに送信を限定する技術により、到達遅延時間を一定以下に保つことができる。

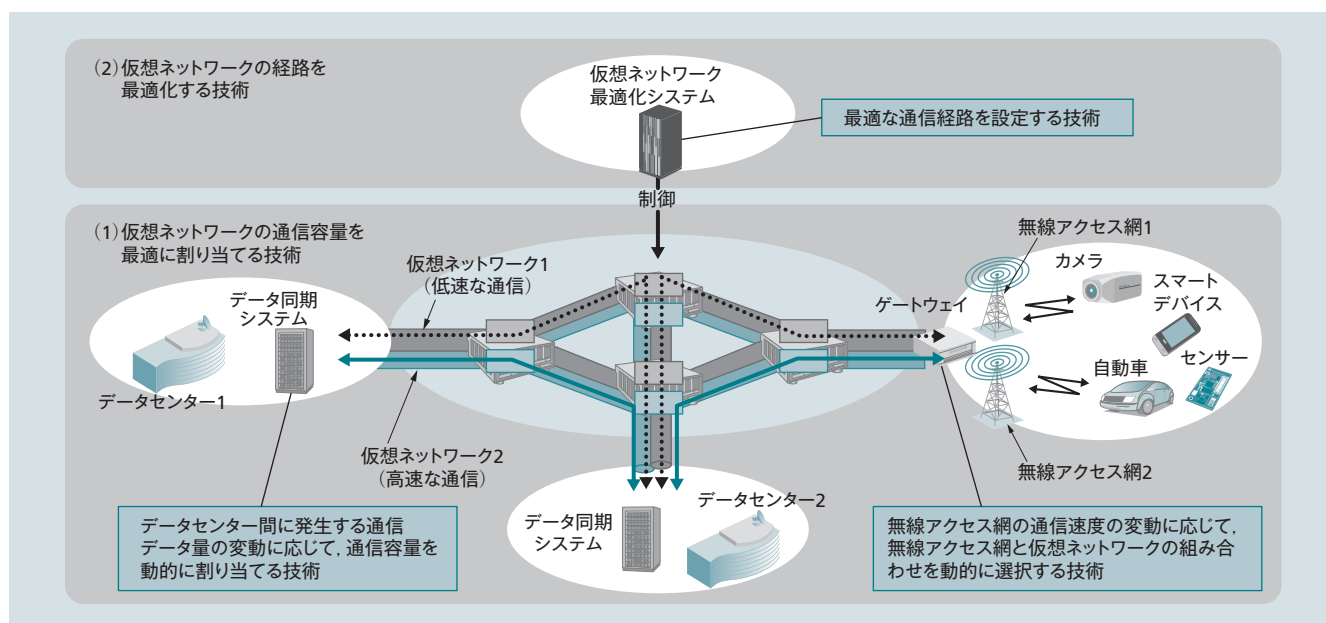


図4 ネットワークの仮想化技術
一つの物理ネットワーク上で、まったく異なる通信特性や機能を持ったネットワークを複数同時に動かすことが可能になる。

3.4 ネットワーク仮想化技術

スマートシティにくらす人の日々変化する要求に、柔軟に対応し、経済性、環境にも配慮するネットワークを実現するためには、現在、新世代ネットワーク技術として研究が進められているネットワークの仮想化技術が有効だと考えられる。ネットワークの仮想化とは、一つの物理ネットワーク上で、まったく異なる通信特性や機能を持ったネットワークを複数同時に動かす技術である。

現在、日立グループでは、仮想ネットワークの通信容量をデータ量などに応じて柔軟かつ最適に割り当てる技術と、仮想ネットワークの経路を最適化する技術の開発を進めている(図4参照)。こうした技術を活用することで、アプリケーションの要求速度や通信容量に応じてネットワークの利用効率を高め、より多くのユーザーに高速かつ多様なアプリケーションを低コストで提供することが可能になる。

また、複数の無線網と有線網の通信品質を集中管理し、適切な経路を動的に選択することで、優先度の高いデータは確実に、それ以外のデータもリソースを融通し合いながら通することが可能になる。これにより、ネットワークの一部に負荷が集中し、つながりにくくなる状態が起きた場合でも、別の種類のネットワークに自動的につなげることで、サービスを継続できる可能性が高くなるなど、仮想化技術の活用が期待される。

4. 製品化への取り組み

4.1 ホームゲートウェイ

昨今の社会全体の節電に対する意識の高まりを受け、消費電力や電力供給情報の「見える化」を通じて、需要者の節電へのさらなる意識づけ、および「ホームオートメーション」による家庭内の節電、電気使用料低減、環境負荷低減(CO₂削減)が必要とされている。また、家庭用の太陽光パネル、EV(Electric Vehicle)、蓄電池の普及に伴い、家庭内の発電／蓄電設備との連動、電力会社への逆潮流制御(抑制)を含めた「エネルギーマネジメント」の実現が望まれている。日立グループは、こうした家庭内制御の中心的な役割を担うホームゲートウェイの開発を進めている。

ホームゲートウェイは、エネルギー管理システムのコントローラとして、各家電／機器の制御および状態モニタを行う(図5参照)。ホームゲートウェイには、OSGi^{*1)}(Open Services Gateway initiative)フレームワークを共通プラットフォームとして搭載している。各種サービスアプリケーションをOSGiバンドルにて提供可能とし、共通センターシステムのOSGi配布管理サーバと連携する

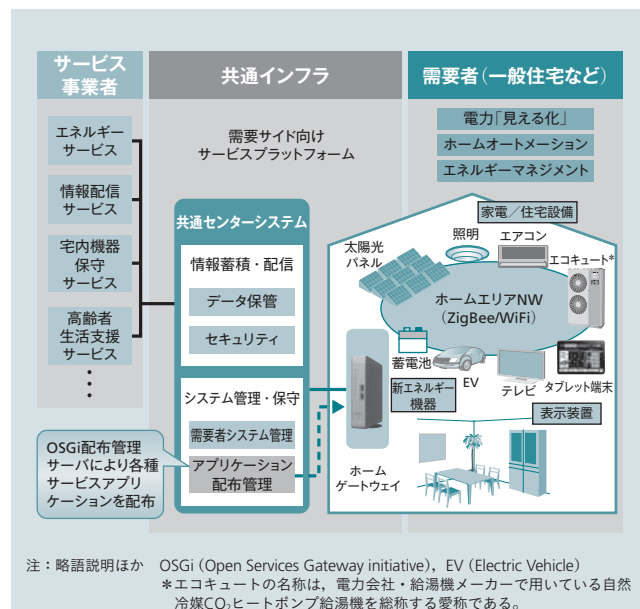


図5 ホームゲートウェイ

ホームゲートウェイをホームエリアネットワークの中心に位置づけ、エネルギー管理システムのコントローラとして、各家電・機器の制御および状態のモニタリングを行う。

ことで、サービスの追加・変更への柔軟な対応が可能となる。

OSGi配布管理サーバには、あらかじめ需要者宅内での機器およびサービスに合ったアプリケーションを準備しておき、各需要者のサービス契約状況に合わせて、遠隔からアプリケーションの追加・削除を可能とする。OSGiバンドルはJava^{*2)}アプリケーションであり、比較的工数を抑えた開発が可能である。さらにAPI(Application Program Interface)を公開することによって、サードパーティによるアプリケーション開発も可能となるので、さまざまなアプリケーションの登場が期待できる。

将来的には、ホームゲートウェイを利用した情報配信や高齢者支援などのサービスも考えており、通信と融合した安全・安心で快適なくらしの提供を実現していきたい。

4.2 センサネットワーク

センサネットワークとは、モノ、人、環境など、さまざまな場所に通信機能を持つセンサノードを設置し、現場の状態を「見える化」する技術である。このようなセンサネットワークが、生活、産業、社会インフラに浸透すると、多様なサービスが創生される可能性がある。

センサーを利用したシステムは、産業系の監視・制御の現場で活用されている。従来分野では、高性能なセンサーを高信頼な有線ネットワークで構築することが一般的

※1) OSGiは、OSGi Allianceの登録商標である。

※2) Javaは、米国およびその他の国におけるSun Microsystems, Inc.の商標または登録商標である。

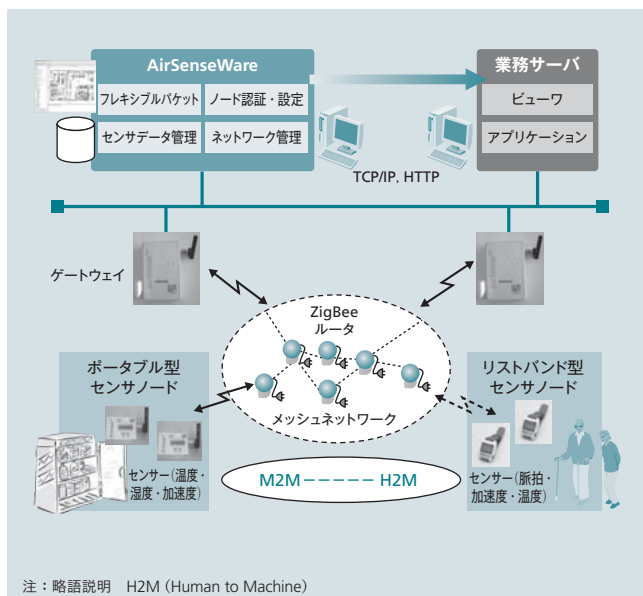


図6 「日立AirSense」の構成

日立AirSenseは、センサー情報を無線通信でリアルタイムに収集し、統合管理するセンサネットワーク情報システムである。

であった。ここで対象とするセンサネットワークとは、現実世界の大量のデータを、低コストで、簡単に収集できるネットワーク技術である。また、その取得した大量データを可視化する技術、これらのデータを効率よくITシステムに取り込み、各種アプリケーションと連携・統合させ、新しいサービスを提供する技術である。リアルタイムにセンシングした情報を可視化し分析して、その結果を現場に反映することにより、安全・安心、快適、高効率、高信頼などの効果が期待される。

こうした要求に応えるため、センサー情報を無線通信でリアルタイムに収集し、統合管理するセンサネットワーク情報システム「日立AirSense」を提供している（図6参照）。センサネットワークは無線を適用するので、センサーの配置、移動の自由度が高く、センサーをきめ細かく配置できる。

日立AirSenseは、社会的な要求の高い分野に対応する、三つのソリューションを提供している。

- (1) HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point), 食品管理
- (2) データセンターの温湿度管理
- (3) 工場・店舗の電力省エネルギー管理

また、社会インフラの老朽化、維持管理費の増大、技術者の減少を解決できるソリューションとしてセンサネットワークが期待されている。国内の社会インフラは、高度成長とともに整備されてきたが、それらのインフラの老朽化が新たな問題となってきている。これらのインフラの維持管理費の増大、実際に現場で維持管理の実務を行う技術者の減少という課題を解決する必要がある。

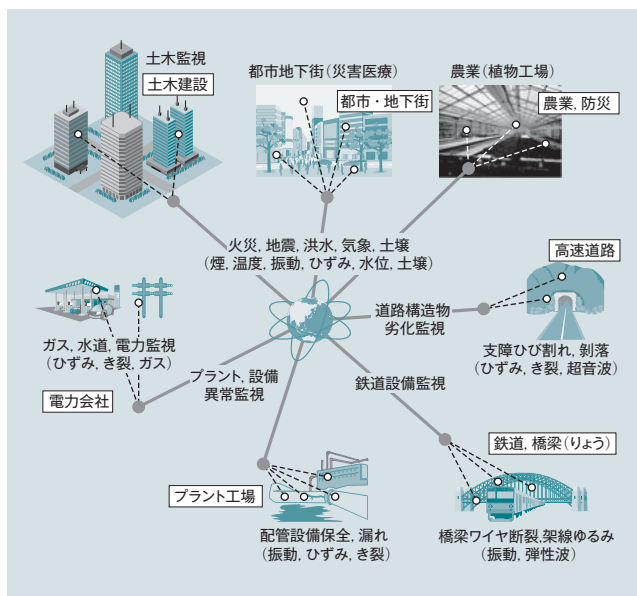


図7 社会インフラ向けセンサネットワークの将来ビジョン

社会インフラの老朽化、維持管理費の増大、技術者の減少を解決できるソリューションとして、センサネットワークが期待されている。

センサネットワークにより、設備の状態を監視し、「見える化」することにより、社会インフラの管理を、適正な管理費で運用できる可能性がある。社会インフラの分野では、道路、鉄道、電力設備、プラント設備、構造物（土木建設）、都市・地下街、農業の7分野への適用をビークルとして、技術開発を進めている（図7参照）。

4.3 M2Mソリューション

スマートシティでは、企業活動の変化や生活の向上に伴い、提供されるサービスやアプリケーションが日々変わっていくことが予想される。こうした状況に対応するためには、サービス提供者やネットワーク管理者にとって、新しいサービスやアプリケーションをより早く、安価に提供できる基盤が必要となる。日立グループは、これを実現するためM2Mプラットフォームの研究・開発を進めている。

M2Mプラットフォームは、有線網、無線網を介してさまざまなM2Mデバイスと接続し、アプリケーションに対してネットワークやデバイスの違いを意識させないことが重要である。また、デバイス・回線管理、ネットワーク監視・稼働監視、アクティベーション、料金管理、データ蓄積・提供といった機能を、簡易なインタフェースでアプリケーションに提供することにより、サービス提供者は容易に安定したサービスを提供することが可能になる。また、従来のPCや携帯電話以外のさまざまなデバイスをネットワーク接続するために、特殊なプロトコルへの対応や、データ加工・変換、セキュリティなどを実現するゲートウェイ機能も不可欠である（図8参照）。

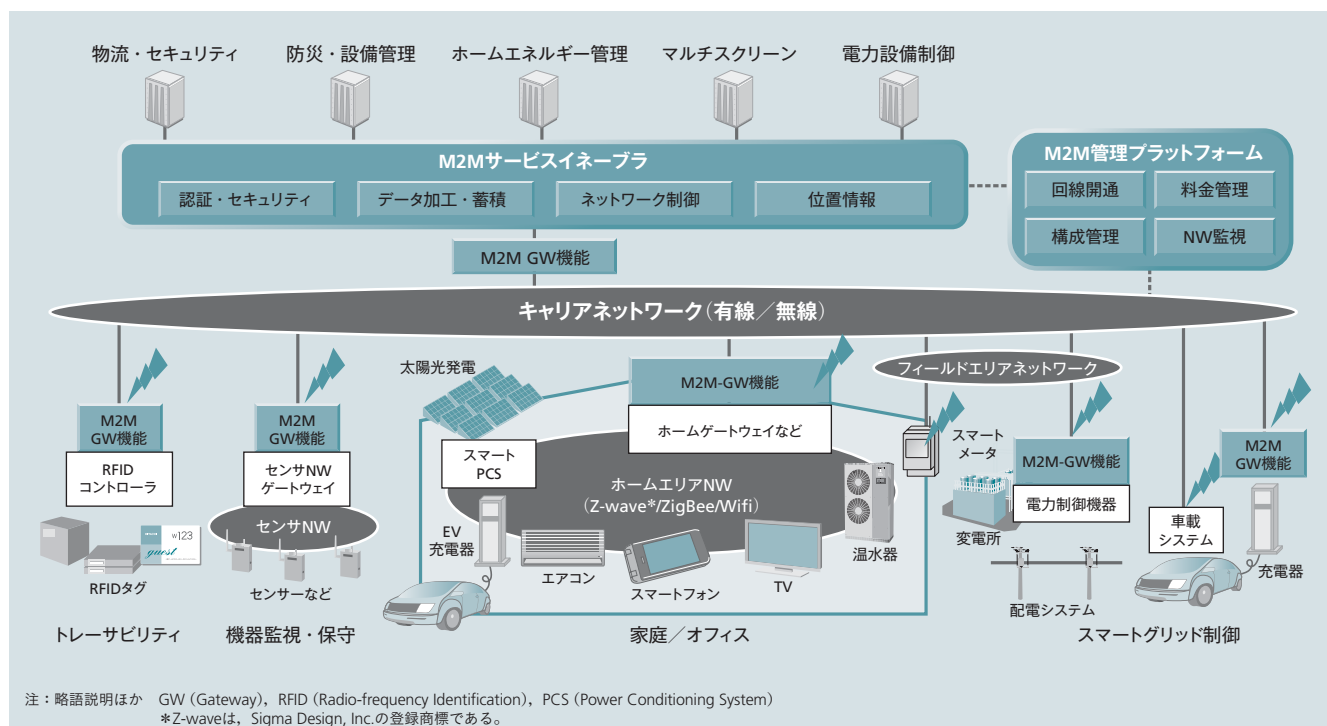


図8 M2Mソリューション

新しいアプリケーションをより早く、安価に実現するために、M2Mプラットフォームと、従来にない通信プロトコルへの対応や、安定したネットワーク接続を実現するM2Mゲートウェイ機能が必要になる。

5. おわりに

ここでは、スマートシティを実現する通信システムの要件、技術課題、日立グループの取り組みについて述べた。

スマートシティを支えるインフラとして、通信システムの役割は非常に重要であり、高信頼性、高可用性と同時に日々変化する要求に柔軟に対応し、経済性、環境にも配慮できることが要求される。こうした厳しい要求に応え、利用者がその存在を意識せずに使えるような通信システムの実現をめざして研究開発を進めていく。

本稿で紹介したネットワーク仮想化技術は、独立行政法人情報通信研究機構からの委託研究「ネットワーク仮想化を活用したデータサービスアプリケーション基盤技術の研究開発」により、得られたものである。関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 藪崎, 外: ネットワーク仮想化におけるパス最適化技術, 電子情報通信学会 第一回ネットワーク仮想化時限研究会 (2011.7)
- 2) 水垣, 外: 適応ダイバーシティによる干渉回避効果検証, 電子情報通信学会ソサエティ大会 (2011.9)
- 3) 柚木, 外: セルラ網を介した遠隔監視システムに向けた通信制御方式, 電気学会電子・情報・システム部門大会 (2011.9)
- 4) J. Hui, et al.: Compression Format for IPv6 Datagrams in 6LoWPAN Networks, RFC6282 (2011.9)
- 5) Z. Shelby, et al.: Constrained Application Protocol (CoAP), draft-ietf-core-coap-07.txt (work in progress) (2011.7)

執筆者紹介



濱口 和子

1980年日立製作所入社, 情報・通信システム社 グローバルネットワークソリューション推進本部 所属
現在, ネットワークソリューションの海外展開に従事



馬 元琛

2003年日立 (中国) 研究開発有限公司入社, 通信融合系統研究室 所属
現在, 中国市場におけるIPとの相互接続性を考慮したIoTゲートウェイの研究開発に従事



高田 芽衣

1997年日立製作所入社, 中央研究所 ネットワークシステム研究部 所属
現在, 産業用高信頼無線のための通信方式の研究に従事
International Society of Automation会員



西嶋 高幸

1992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 IPターミナル開発部 所属
現在, ホームゲートウェイによるxEMS/ホームICT事業戦略検討と製品開発に従事



志村 隆則

1981年日立製作所入社, 情報・通信システム社 ワイヤレスインフォ統括本部 所属
現在, センサネットの製品開発に従事