

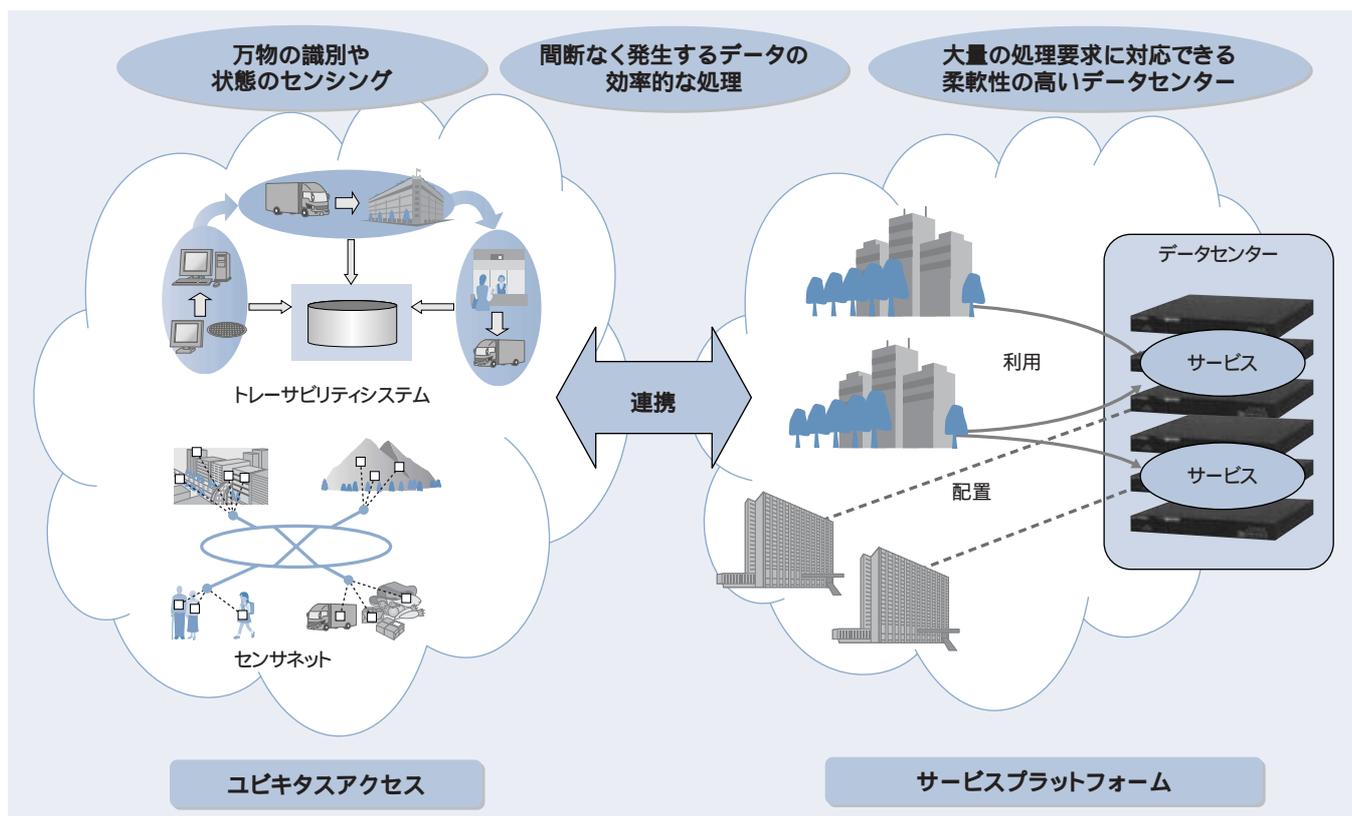
ユビキタス情報社会の具現化に向けた技術開発への取り組み

Hitachi's R&D Vision and Activities toward Forthcoming Ubiquitous IT Era

佐川 暢俊 *Nobutoshi Sagawa*
 鮫嶋 茂稔 *Shigetoshi Sameshima*

石崎 健史 *Takeshi Ishizaki*
 鈴木 敬 *Kei Suzuki*

西澤 格 *Itaru Nishizawa*
 太田 延之 *Nobuyuki Ôta*



ユビキタス情報社会を支えるITシステム

ユビキタス情報社会では、さまざまな物の識別やセンシング技術、それに由来するデータの処理技術、および大量の処理要求に対応するデータセンター構築技術が必須となる。

ユビキタス情報社会では、RFIDやセンサノードを通してさまざまな物がITシステムに組み込まれる。これによって、例えばトレーサビリティシステムに見られるように、個々の商品の来歴を産地まで立ち返ってチェックし、物流の滞留状況をリアルタイムで確認するなどの高度なサービスが可能となる。取り扱う情報が広がり、情報の鮮度が格段に向上することで、ITを通して安心・安全で快適な社会を実現するためのブレークスルーがもたらされる。

日立製作所は、きたるべき真のユビキタス情報社会に備え、識別やセンシングを行うための基本となるRFIDやセンサノードの開発を進めている。また、データを処理するための超分散処理技術やデータベース技術、ユビキタス時代の大量の処理要求に柔軟に応えるデータセンター運用構築技術などの開発を推進し、これらを効果的に組み合わせるソリューションを構築するためのシステム技術の研究開発に注力している。

1 はじめに

インターネットやパソコンの急速な発展に端を発するITのユビキタス化により、携帯電話やデジタル家電など、コンシューマー向け端末機器の普及が進んでいる。また、

カーナビゲーションシステムや白物家電、住宅関連機器のITネットワークへの接続なども広がり、次々と新たな展開を見せつつある。中でも近年注目すべきトレンドは、RFID (Radio-Frequency Identification) と呼ばれる無線タグやセンサ技術などにより、さまざまな物がITシステム

ムへ組み込まれ、真のコビキタス情報社会到来への可能性が見えてきたことである。この時代のコビキタスとは、単に「誰もが、いつでも、どこでも」情報にアクセスできるだけでなく、身の回りのさまざまな物や事象に関する情報が、安心・安全かつ快適に利用可能となることを意味する。

ここでは、コビキタス情報社会の実現のために日立製作所が研究開発を推進している技術を、以下の三つの観点から整理し、その将来の展望を述べる。

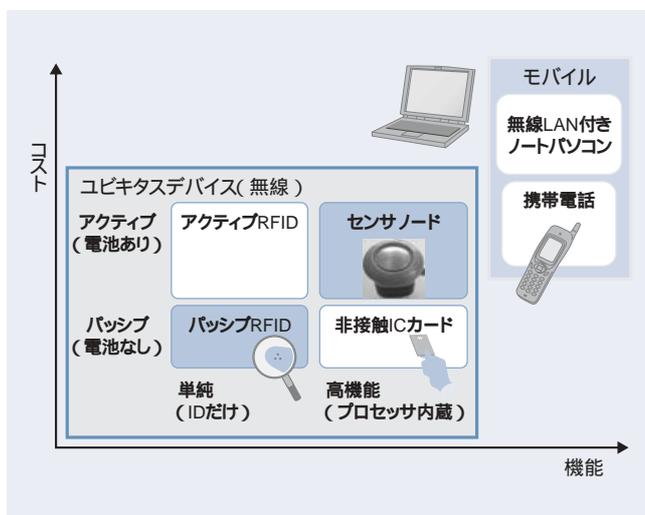
- (1) さまざまな物をITシステムで識別し、その状況や状態をセンシングするための技術
- (2) さまざまな物に由来する情報から意味のある情報を抜き出し、蓄積、活用、管理するための技術
- (3) 大量の要求を効率よく低コストで処理し、柔軟性の高いデータセンターを実現するための技術

2 物の識別技術、状態のセンシング技術

2.1 コビキタスデバイス

コビキタス情報社会では、物や環境を認識するデバイスを総称して「コビキタスデバイス」と呼ぶ(図1参照)。ノートパソコンやPDA(Personal Digital Assistant)、あるいは携帯電話に総称される「モバイルデバイス」に対して、コビキタスデバイスは、無線通信が可能な低コスト、単機能なデバイスである。その中にRFIDやセンサノードがある。

コビキタスデバイスは、その機能面から、ID(Identification)と付加情報だけを記録する単機能なデバイスと、マイコンを搭載し、内部でデータ処理が可能な高機能デバイスに分けられる。さらに、ハードウェア面では、電池を



注:略語説明 RFID(Radio-Frequency Identification), LAN(Local Area Network) ID(Identification)

図1 コビキタスデバイスの位置づけ
コビキタスデバイスは、モバイルデバイスに対して、低コスト、単機能なデバイスである。

持たない「パッシブ型」と、電池を内蔵する「アクティブ型」に分けられる。これらの組み合わせで四つのカテゴリーのコビキタスデバイスができる。パッシブ・単機能のデバイスは、一般的にICタグや無線タグと呼ばれるパッシブRFIDである。

2.2 RFIDとトレーサビリティシステム

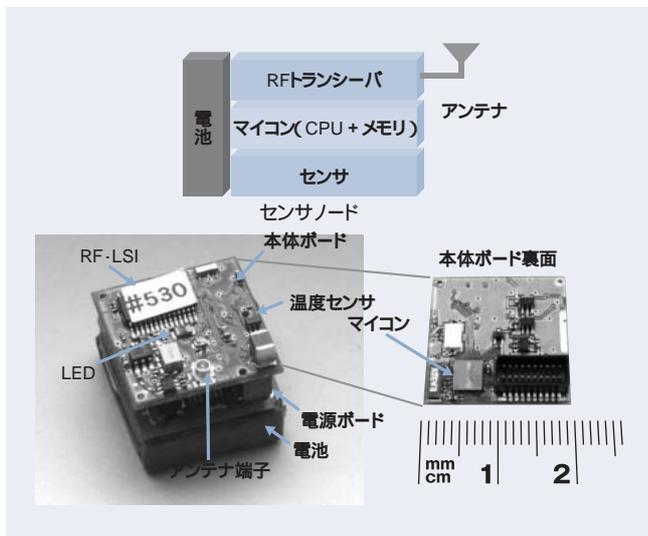
近年、RFID技術の発展に伴い、物品の管理方式に革新的な変化が起き始めている。RFID技術の発展への寄与として、RFIDの標準化を推進しているEPCglobal, Inc.という団体の誕生や、RFタグの低価格化を目指す経済産業省の「響プロジェクト」の発足などがあげられる。このようなRFID業界の進歩は、人間の $\frac{1}{7}$ と言われる犬の寿命に例えて「ドッグイヤー」の様相を呈している。

RFIDの製品のひとつとして、日立製作所は、世界最小クラスの「ムーチップ」(サイズ:0.4 mm×0.4 mm,メモリ:128ビット,周波数:2.45 GHz)を提供しており、来場者管理システムや資産管理システムなど、ムーチップ応用ソリューションを実現する基本技術開発を進めている。その具体的な応用事例としては、2005年「愛・地球博」の入場券への採用がある。一方で、日立製作所は、RFIDの普及・発展を目的に、タグの低価格化、安定した大量供給、国際流通への対応を実現する経済産業省の「響プロジェクト」に中核企業として参画し、単価5円(月産1億個の場合)のインレット(ICチップとアンテナが一体となったもの)を開発するための技術開発を推進している。

このようなRFID技術を応用したITシステムとして、トレーサビリティに注目が高まっている。トレーサビリティは、ITを用いた商品の追跡管理であり、商品ごとに、その商品の内容や所在に関する情報や取り引きに関する情報など、相手に応じて必要な情報を個々の商品と結び付けて提供できる仕組みである¹⁾。現在、物流、食品、医薬、アパレル、家電、書籍、建設、レコードなどの各業界で実証実験が行われ、トレーサビリティの実現方式の検討が進んでいる。日立製作所でも、RFIDの配備からデータ収集、分析に至るトレーサビリティの基本技術を開発するとともに、トレーサビリティソリューションとして実用に供する体制を整えている。

2.3 センサネット

センサネットは、環境や物・人の情報をリアルタイムで収集し、サービスにつなげるシステムである。その際に、現実世界とのインタフェースとなるのがセンサノードである。センサノードは、マイコンとセンサを内蔵したアクティブ・高機能なコビキタスデバイスである。日立製作所で試作した小型センサノードを図2に示す。



注:略語説明 CPU(Central Processing Unit), RF-LSI(Radio-Frequency LSI), LED(Light Emitting Diode)

図2 センサノードの構成

RFTランシーバ、マイコン、センサ、および電池から成る。左下の写真は、YRPユビキタス・ネットワークング研究所と共同開発したセンサノードを示す。

センサノードは、電池や太陽電池などの限られたエネルギーで長時間動作させるため、低消費電力での動作が必要になる。特に動作時の消費電力の大半を占める無線部分には、低消費電力の方式が求められる。センサノード開発に際しては、このようなニーズを満たしつつ応用範囲を広げるために、ZigBee、IEEE 802.15.4 など、低電力無線の標準に準拠した方式を採用し、省電力性と接続性の両立を図っている。この方式では、無線LAN(Local Area Network)やBluetooth と同じ2.4 GHz帯を用いる一方、複数のセンサノードを経由して通信を行うマルチホップなどの特徴を持っている。

センサネットをITシステムに組み込むためには、単にセンサノードの情報を集めるだけでなく、システムとしてセンサノードや無線・IP(Internet Protocol)ネットワーク網間のゲートウェイなどハードウェアを管理し、集めたデータを管理(フィルタリング、集約)することが必要である。さらに、データの蓄積、検索、可視化など、情報を取り扱う仕組みも必要になる。このような処理はRFIDや他のユビキタスデバイスに関する処理とも共通性が高いため、日立製作所は、ユビキタスデバイスに関する共通基盤ソフトウェアアーキテクチャの整備を推進し、きたるべきユビキタス情報時代に対する備えを開始している。

3 大量に発生するデータの効率的な処理技術

3.1 超分散オブジェクト

ユビキタス情報システムでは、端末機器の構成がさま

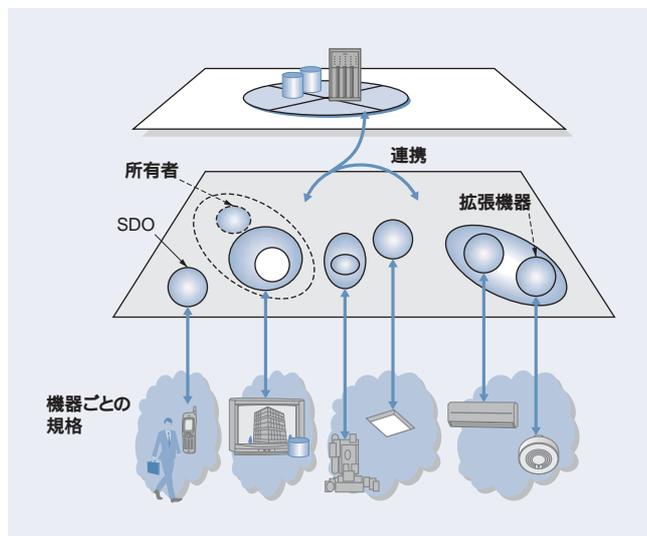
) Bluetoothは、米国Bluetooth SIG Inc.の登録商標である。

ざまな要因に応じて時々刻々と変化する。このため、適切な端末機器をリアルタイムで発見し、それらが持つ情報をサービスに反映することが必要となる。しかし、情報源となる端末機器は、業界や開発ベンダーごとの技術仕様に基づいており、それらを連携させることは容易ではない。RFIDやセンサノードの場合でも、技術仕様の標準化は進んでいるものの、すでに策定された複数の規格の一本化は難しい。また、システム構築やサービスの提供には端末機器がネットワークを介して通信できるだけでは不十分であり、アプリケーションレベルでの連携の容易さが重要である。このような点に着目し、日立製作所は、端末機器やアプリケーション間の相互運用性を確保するための新しいオブジェクトモデル「超分散オブジェクト」を考案した(図3参照)。

このモデルでは、端末機器を自律したオブジェクトとして扱い、ITシステム上で管理できるようにする。具体的には、プロフィールと呼ばれる端末機器の属性の表現方法と、監視・制御を行うAPI(Application Programming Interface)を定義し、使用するネットワークや端末機器に応じてプロフィールを変換したり、端末機器の探索方法を変換したりする仕組みを備える。同時に、端末機器から発信される関連した情報のフィルタリングや統合の機構を備える。このAPIについては、OMG(Object Management Group)が国際標準化を完了している。

3.2 小型無線ウェブサーバ: μWirelessWeb

前述したユビキタスデバイスなどの機器を相互に接続し、情報システムから情報収集するためには、機器に組み込まれる小型・低価格マイコンでも機能する、軽量の通信ソフトウェアが必要となる。しかし、パソコンなどと連携



注:略語説明 SDO(Super-Distributed Object)

図3 超分散オブジェクトの概念

実世界の機器を仮想化し、情報システムからの管理を行う。所有者や拡張機器との関係も管理し、互いに連携して情報のフィルタリングや統合を行う。

するために、情報システムで標準的に用いられている規格を用いようとすると、機器側の通信ソフトウェアにも多くのソフトウェアが必要となるため、端末機器に用いられる小型・低価格のマイコンで実現することは困難であった。

そのため、日立製作所は、端末機器を情報システムとシームレスに接続するために、通信ソフトウェアを最適化して小型化する実装技術「μWirelessWeb」を開発し、小型軽量の無線ウェブサーバを試作した(図4参照)。

これは、端末機器で広く利用されている汎用の小型・低価格マイコンを用いて、パソコンなどで標準的に利用されているTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)やウェブサーバ機能を利用した無線通信処理を実現するものである。無線通信には、無線LAN(IEEE802.11b)やBluetoothを用いて試作しており、機能を検証済みである。このような技術を用いて、情報システムとの接点をユビキタスデバイスにまで拡大することが容易となる。

3.3 ストリームデータベース

日立製作所は、ユビキタス時代にRFIDやセンサネットから到来するデータを処理、格納する際の要件を以下のように整理し、これに適したデータベース構造としてストリームデータベースの検討を進めている。

(1) 大規模データの発生

従来のオンラインシステムでは、1秒間に処理するデータ量は大規模システムでも数千件であった。しかし、製品や部品を個品管理で管理するトレーサビリティや、多数のセンサからの情報を収集・利用するセンサネットでは、データ量は毎秒数万から数十万件となる。

(2) 間断ないデータの発生

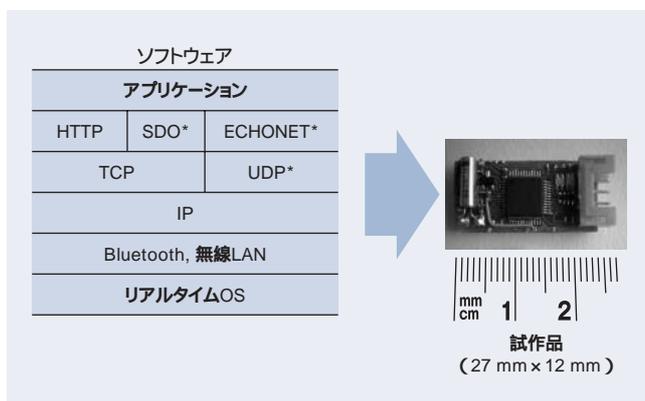
RFIDやセンサードでは、データの発生元が人から機械(計算機)にシフトし、これらのデバイスでは常にデータを発信し続ける可能性が高い。

(3) リアルタイム性の重視

ユビキタス情報社会では、データを受け取ってから数秒以内に結果をユーザーもしくはアプリケーションに返す新しい応用が重要である。例えば、トレーサビリティでのリアルタイム在庫監視、センサネットでの交通管制システムがその例である。

従来のRDB(Relational Database)を用いてデータを格納、利用する場合の模式図を図5(a)に示す。この方式では、基本的にRDBへすべてのデータを格納した後にクエリ(問い合わせ)処理を実行する。そのため、大量データのストレージへの格納が必要となるとともに、データロードのタイミングが難しく、かつデータベース更新時の負荷が高いため、リアルタイムのクエリ処理が困難であるという問題があった。

これに対して、データ処理機構としてストリームデータベースを適用した例を図5(b)に示す。これは、従来のように全データをストレージに格納する代わりに、逐次到来するデータに単純なクエリを継続的に当てはめることによって、ユーザーやアプリケーションに処理結果をリアルタイムに報告する。このような単純なクエリ処理をパイプライン的に接続することにより、複雑なクエリに対する処理を行うことも可能となる。データ処理は基本的にストレージではなくメモリ上で実行されるため、RDBでのストレージ格納後のクエリ適用とは異なり、高速でリアルタイムに近い処理が実現できる。



注:略語説明ほか HTTP(Hypertext Transfer Protocol),ECHONET(Energy Conservation and Homecare Network),TCP(Transmission Control Protocol),UDP(User Datagram Protocol),IP(Internet Protocol),OS(Operating System)
* オプション

図4 μWirelessWebを用いた小型無線ウェブサーバ試作品と使用ソフトウェア

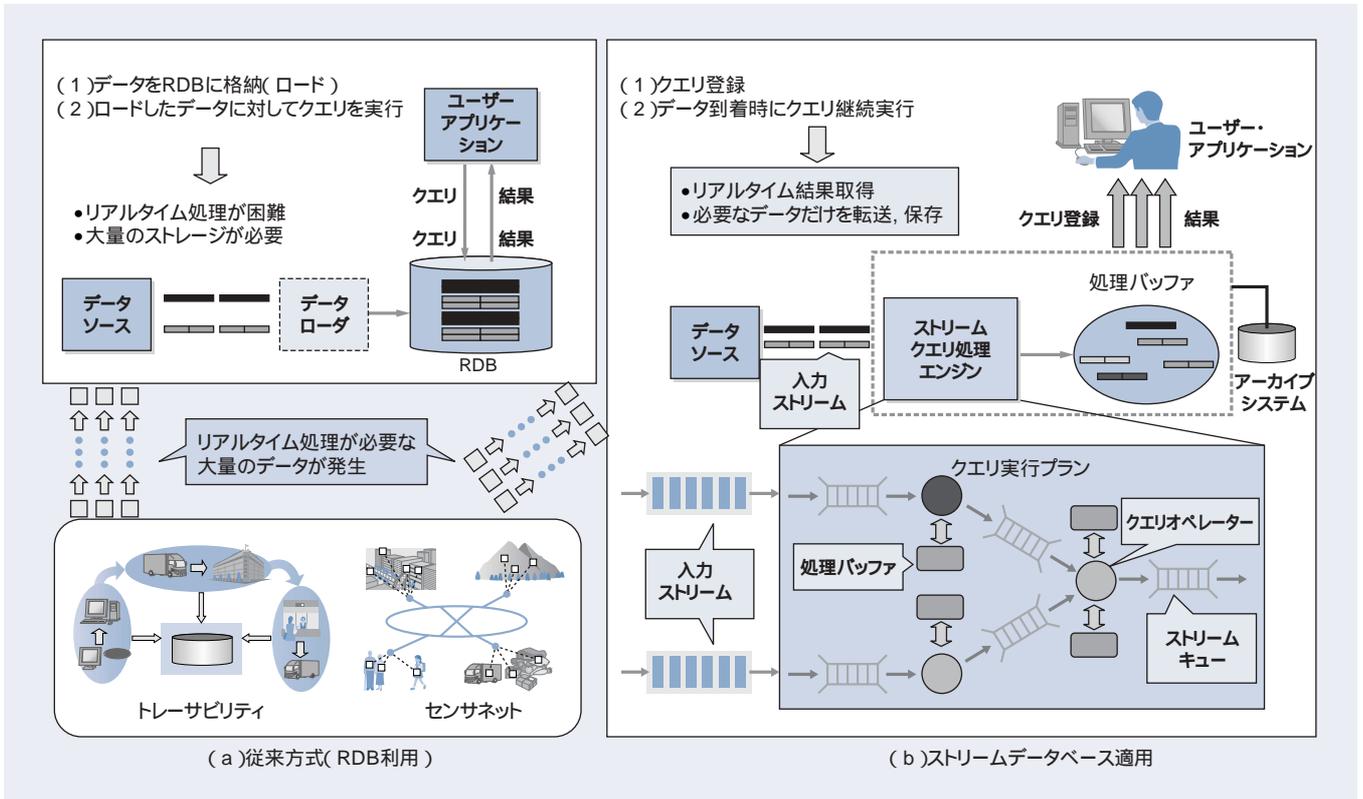
情報システム標準のTCP・IPやウェブサーバ機能を、小型組込みマイコンで実現した。家電向けのECHONETなども搭載が可能である。試作品にはBluetoothを用いた。

4 ユビキタスを支えるデータセンターIT

4.1 ビジネスグリッド

「グリッド」は、ITリソースをインターネットを介して必要な場所で必要なだけ利用できるようにすることを目指した技術である。当初は、家庭の空きパソコンをインターネット上で仮想的に集約し、各種の高速計算に利用するなど試みが注目を集めていた。しかし最近では、データセンターにプールされたリソースをオンデマンドで利用できるようにする次世代IT利用モデルとして認識されるようになった。日立製作所は、従来、科学計算の分野で用いられてきたグリッド技術をビジネスコンピューティングの分野で利用できるようにするためのビジネスグリッド技術が重要性を増すと考え、そのための研究開発を進めている。

ここで重要なのは、ビジネスサービス(例えばトレーサビリティサービス)のプロバイダーが、自分の業務稼働見



注:略語説明 RDB(Relational Database)

図5 従来方式とストリームデータベース採用方式の比較

ストリームデータベース方式は、トレーサビリティシステムやセンサネットワークから断続なく流れ込む大量データ(ストリーム)を効率よく処理、格納するためのデータベース技術である。流れてくるデータを順次、処理バッファに蓄積しながら問い合わせ(クエリ)を実行することで、従来のRDBに対し、さらに高速でリアルタイムに近い処理が可能となる。

通しに従ってデータセンターのリソースを動的に確保する仕組みと、そこにサービスを配置(デプロイ)するための仕組みが確立されることである。データセンターの従量課金制とビジネスグリッド技術を組み合わせることにより、サービスプロバイダーはITのオンデマンド利用ができるようになり、「ITの所有から利用へ」の流れが加速されることになる。

このようなグリッドのビジネス利用に関する技術は、今後、各種の標準化や試験的導入を経て、本格的な稼働段階に入ると考えられる。日立製作所は、経済産業省の主導するビジネスグリッドプロジェクトに参画しつつ技術開発をリードするとともに、グリッドの標準化団体であるGGF(Global Grid Forum)などへの参画を通して、グリッド技術とビジョンの発展に積極的に貢献している。

4.2 統合プロビジョニング

ビジネスグリッドコンピューティングやユーティリティコンピューティングを応用した大規模なサービスを提供するためには、大量のIT機器の個別の設定情報だけでなく、相互の接続関係などを正確に把握したうえで、適切な運用・管理を行わなければならない。また、ハードウェアレベルでの仮想化技術が進展しており、上位の業務からの要件に応じて処理能力を適切に配分することが求められるようになりつつある。

このようなIT環境の変化に対応し、サーバ、ネットワーク、ストレージなどのIT機器群を「リソース」として抽象化し、業務要件に対応して増設、移動、再割り当てなどを迅速かつ柔軟に行えるようにするため、統合プロビジョニング技術の研究開発を推進している。統合プロビジョニング技術は、以下のような要素技術の組み合わせによって実現される。

- (1) さまざまなIT機器からの構成情報収集技術
- (2) 仮想化されたITリソースの記述モデル定義
- (3) 業務視点でのIT機器管理ユーザーインターフェース
- (4) 関連するIT機器群に対する連携設定技術

この中で、記述モデルや構成情報収集方式については管理対象機器の種別やベンダーに依存しない方式を開発することが肝要であり、日立製作所は、OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) などの標準化団体の活動にも積極的に参画している。

また、統合プロビジョニング技術の応用として、ハードウェアと運用管理ミドルウェア、アプリケーションフレームワークを組み合わせた検証済みソリューションをベストプラクティススイーツという形で提供している(図6参照)。この研究の開発技術はBladeSymphonyやJP1シリーズなどの運用管理製品に順次適用していく。

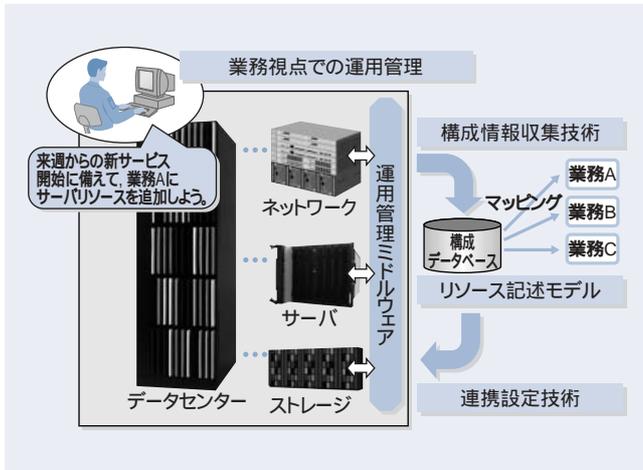


図6 統合プロビジョニング技術の概要
サーバ、ネットワーク、ストレージなどのIT機器群をリソースとして、業務視点で運用、管理できるようにする。

5 おわりに

ここでは、さまざまな物がITシステムに組み込まれるユビキタス情報社会に向け、物の識別や状態の把握を行う技術、そこから収集された情報を効率よく処理、格納するための技術、および、それを支えるデータセンタ側技

術のトレンドと日立製作所の技術開発の取り組みについて述べた。

ここで述べた技術に加え、RFIDなどの普及に伴う個人情報漏えいを防ぐためのプライバシー保護技術、人の健康状態をリアルタイムに把握するための小型センサ技術、さらにはヒューマンインタフェースの基盤となる音声認識・音声合成・対話処理・CG技術など、すべての人に安心・安全を提供できる次世代の情報社会を目指した関連技術開発も並行して進めている。

日立製作所は、今後も、高度なユビキタス情報社会を実現するための核となる技術群のブラッシュアップを推進するとともに、これらを効果的に組み合わせるソリューションを構築するためのシステム技術の体系化を先導していく考えである。

参考文献など

- 1) 経済産業省ホームページ, <http://www.meti.go.jp/kohosys/press/0003896/1/030401ic-report.pdf>
- 2) 鮫嶋, 外: 環境適応サービスを狙いとした超分散オブジェクトモデルと自律プラグアンドプレイ方式, 電気学会論文誌C, Vol.124, No.164/72 (2004)

執筆者紹介



佐川 暢俊

1985年日立製作所入社, システム開発研究所 第二部所属
現在, ミドルウェア研究の取組みのために従事
情報処理学会会員, IEEE会員
E-mail: sagawa@sdl.hitachi.co.jp



鮫嶋 茂稔

1993年日立製作所入社, システム開発研究所 第四部所属
現在, 自律分散システムの研究開発に従事
電気学会会員, 計測自動制御学会会員
E-mail: samesima@sdl.hitachi.co.jp



石崎 健史

1989年日立製作所入社, システム開発研究所 第二部所属
現在, ITシステム運用管理技術の研究に従事
情報処理学会会員, 電子情報通信学会会員
E-mail: ishizaki@sdl.hitachi.co.jp



鈴木 敬

1989年日立製作所入社, 中央研究所 センサネット戦略プロジェクト 所属
現在, センサネットシステムの研究開発に従事
工学博士
電子情報通信学会会員, 情報処理学会会員, 電気学会会員, IEEE会員, ACM会員
E-mail: ksuzuki@crl.hitachi.co.jp



西澤 格

1996年日立製作所入社, 中央研究所 プラットフォームシステム研究部 所属
現在, データ管理ミドルウェアの研究開発に従事
工学博士
ACM会員, 情報処理学会会員
E-mail: itaru@crl.hitachi.co.jp



太田 延之

2001年日立製作所入社, システム開発研究所 第二部所属
現在, 流通トレーサビリティシステムにおけるRFID応用技術の研究開発に従事
E-mail: ota@sdl.hitachi.co.jp