

地域・個人適応サービスの実現を目指す ユビキタスセンサネットワークプラットフォーム

新世代ネットワークを担う 新しいモバイルの世界

第2部

実藤 亨 ナシュア・ソリューションズ(株)

井上 真杉 (独)情報通信研究機構 新世代ネットワーク研究センター

第1部¹⁾では、センサ情報の収集/処理およびその情報を利用して地域や個人に適応的なサービスが提供されるユビキタスセンサネットワークの世界²⁾を実現するためのプラットフォームネットワークの概念について述べ、そのプラットフォームを構築し運用できる環境にしていくために必要な地域ネットワークのアーキテクチャに焦点を当てて解説を行った。第2部での解説の流れについて簡単に分かりやすくまとめる。

- ・ ユビキタスセンサプラットフォームを検討する上での基本インフラストラクチャ技術である地域ネットワークに対して想定される要求事項と、その要求に対しての現状の問題点について整理する。
- ・ 地域ネットワークのレイヤ構造を図示しながら、問題点への解決方法について解説する。そしてセンサネットワークとして要求される性能について解説する。
- ・ ユビキタスセンサネットワークの広域/地域を統合した全体システム構成における通信プラットフォーム、情報プラットフォーム、そしてそのプラットフォームを利用したアプリケーションサービス例について解説する。
- ・ ユビキタスセンサネットワークのビジネス展開を視野に入れた既存 WWW (World Wide Web) プラットフォームとユビキタスセンサネットワークプラットフォームについての比較と連携について解説する。
- ・ ユビキタスセンサネットワーク情報処理プラットフォームとして、筆者らが取り組んでいる研究支援サービスの概要について解説する。
- ・ すでに行われているセンサネットワーク関連研究と比較した本研究の位置付けについて解説する。

地域ネットワークへの要求と問題点の整理

ユビキタスセンサネットワークプラットフォームを検討していく上で、誰がどのような目的でどのような場合に利用するのかを想定したときに、筆者らの目指す地域ネットワークはそのインフラストラクチャとなり得る機能を提供することを目的としている。

それではまず、地域ネットワークへの要求事項を整理する。

《ネットワークサービスへの要求》

(1) 地域内には集う人の目的の異なるコミュニティグループが無数に存在していると考え、たとえば家庭もそうであるし、自治会、PTA、友達関係などを考える

と人のつながりはさまざまであり、個人が複数のグループに参加してコミュニティグループを形成していると考えられる。したがってコミュニティグループに対応したサービスを提供することが必要

(2) 誰もが地域内のどこからでも簡単に情報を収集し、共有し、配信できる仕組みと、これらの情報伝達をリアルタイムに処理することが必要

《ネットワークインフラへの要求》

(3) 1つの物理ネットワークインフラ上で複数サービスが共用することが必要

(4) さまざまなセンサデバイス、家電などの通信デバイス接続をネットワークインフラでサポートすることが必要

それでは、上記に挙げた必要項目ごとに現状のネットワークの問題点を検証してみる。

(1)の要求についての問題点

従来サービスシステムを広域ネット上にサービス展開する場合、コミュニティグループの目的に対応したユビキタスセンサネットワーク用のサービスのために、グループごとにサービスサーバを管理してサービス提供するのはきわめて難しい。さらに、コミュニティグループの参加メンバは、きわめて流動的に登録/変更/削除できる必要がある。それに対して、従来のイントラネットで行われているネットワーク接続運用管理方法では、このような運用を行うこと自体が非常に高コストであり、また同時に運用のリアルタイム性を欠くと考えられる。

(2)の要求についての問題点

現在地域内での情報インフラが整備されていないため、地域内のあらゆる情報を簡単に収集することは不可能である。また、ユーザ端末に対して、自動的に情報配信する場合は、Eメールが主な手段であり、一度に多くの人に一斉に情報配信する場合には極端にリアルタイム性が欠落する。これを解決するネットワーク技術としてブロードキャスト転送が存在するが、インターネット等の広域ネットワークに接続しているサーバからユーザ端末へのIPブロードキャスト/マルチキャストは、専用線サービスを除き不可能である。また、情報共有について、現状はWebコンテンツ/ファイルコンテンツなどの共有しかできないため、多彩で断片的なセンサデータの情報共有化を行うことは難しい。

(3)の要求についての問題点

従来から地域ネットワークは存在し、一部公共目的や事業目的、また特化したサービス目的のために構築され個別運用されてきた。たとえば、デジタルMCAや市町村防災無線、CATVもその1つであると考えられる。このような個別設計されたネットワークは、異なるネットワーク間の接続問題、広域ネットワークへの接続性の問題などが存在し、1つの物理ネットワークに統合していくことは難しい。それゆえに、インフラとして個別運用/保守が必要なため、地域ネットワークインフラとしては、合算すると高コスト運用になる。

(4)の要求についての問題点

センサデバイス、家電などの通信デバイスをどのように管理し、制御して情報収集するのかという屋内/屋外を含めたネットワークインフラとしてのインターフェースは標準化されていない。また、(2)の問題点でも触れたが、センサ情報は多彩であり、リアルタイムな処理が重要である。また、センサ情報の重要度や情報量による必要帯域/QoSに対応した情報転送制御を行う必要があるが、既存ネットワークではそのような情報処理を考慮

したネットワーク制御をサポートしていない。

筆者らは、地域ネットワークの要求事項に基づき、ユビキタスセンサネットワークプラットフォーム構築について、新しいアーキテクチャを組み込んだ地域ネットワークが必要になってくると考えている。新しい地域ネットワークは、先に挙げた4つの要求事項に対して、現状ネットワークの問題点を技術的にすべて解決する能力を持つ。地域ネットワークの展開により、地域で暮らしている人々が必要なセンサ情報をリアルタイムに収集して共有し、その利用者に対応した情報に加工されてリアルタイムに受信できる環境が提供できる。また、個人、家族が所有するユビキタス端末と家庭内サーバ間の常時接続環境を提供することにより、安心安全を含めた街ぐるみの地域情報化を提供できるようになると考えている。

地域ネットワーク構造

本章では、地域ネットワークの階層を図示して先に挙げた要求における問題点をどのように解決したかについて解説する。また、センサデバイスの通信方式についても災害時のネットワーク対応例を挙げて詳細に解説する。

地域ネットワーク階層

地域ネットワークを5階層に分類して要求における問題の解決方法を解説する。

図-1の第3層は、サービスドメイン管理層である。この層において、(1)の要求問題について、CSG (Community Service Gateway) ごとにコミュニティグループの目的に応じた分散運用環境を提供する方法により解決している。また、(3)の要求問題については、物理ネットワークを共通化した上で、コミュニティグループ同士、互いに排他的な通信環境を提供するため、CSGサービスが増加すれば物理ネットワークの利活用により運用コストが低減されていく方法によって解決している。CSGは起動して基地局接続後、サービス提供するためのIPドメインを基地局から取得する。移動端末がCSGサービスへ参加したい場合、移動端末からのコミュニティグループ参加のためのSIP接続要求を行う。そして、端末認証後、CSGがコミュニティグループ内のデータ通信用IPアドレスをSIP応答で配布する。新たなサービスが追加(CSGが接続)されても、柔軟にCSGサービスが順次展開可能である。

図-2の第4層は、マルチデータ通信セッション制御層である。この層において、(1)の要求問題について、CSGと移動端末間のマルチデータ通信セッションによって、CSGは、移動端末のロケーション情報も含めて

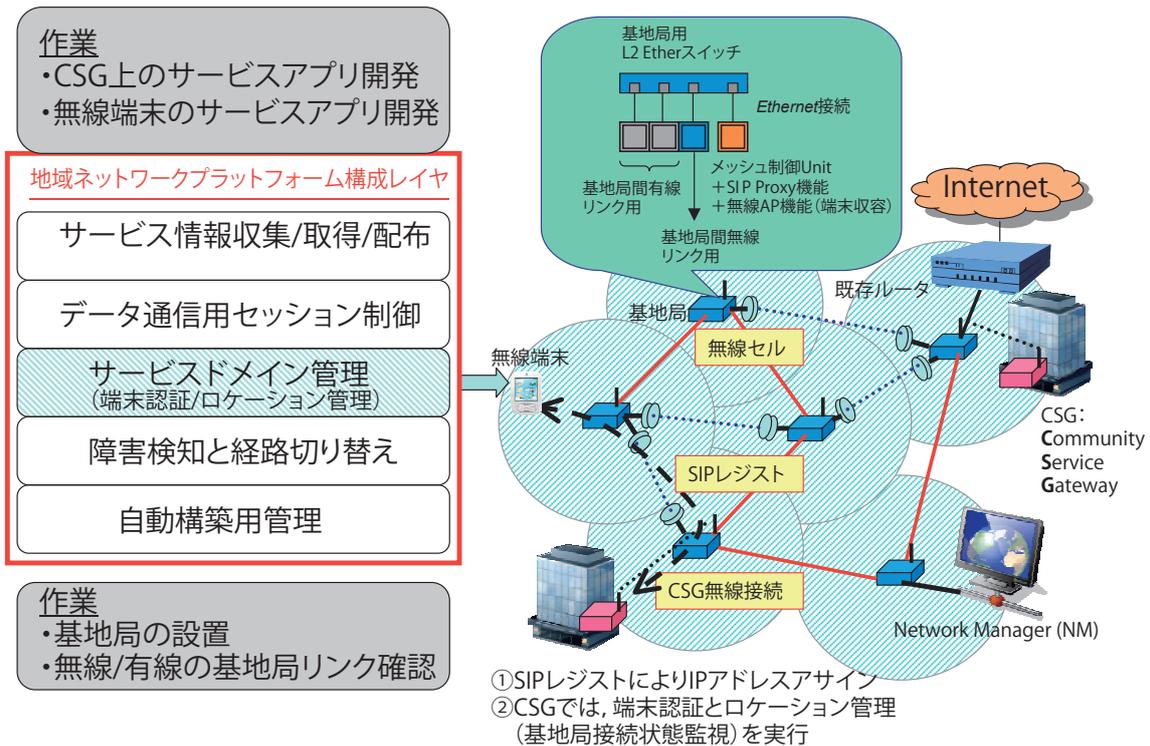


図-1 地域ネットワーク第3層

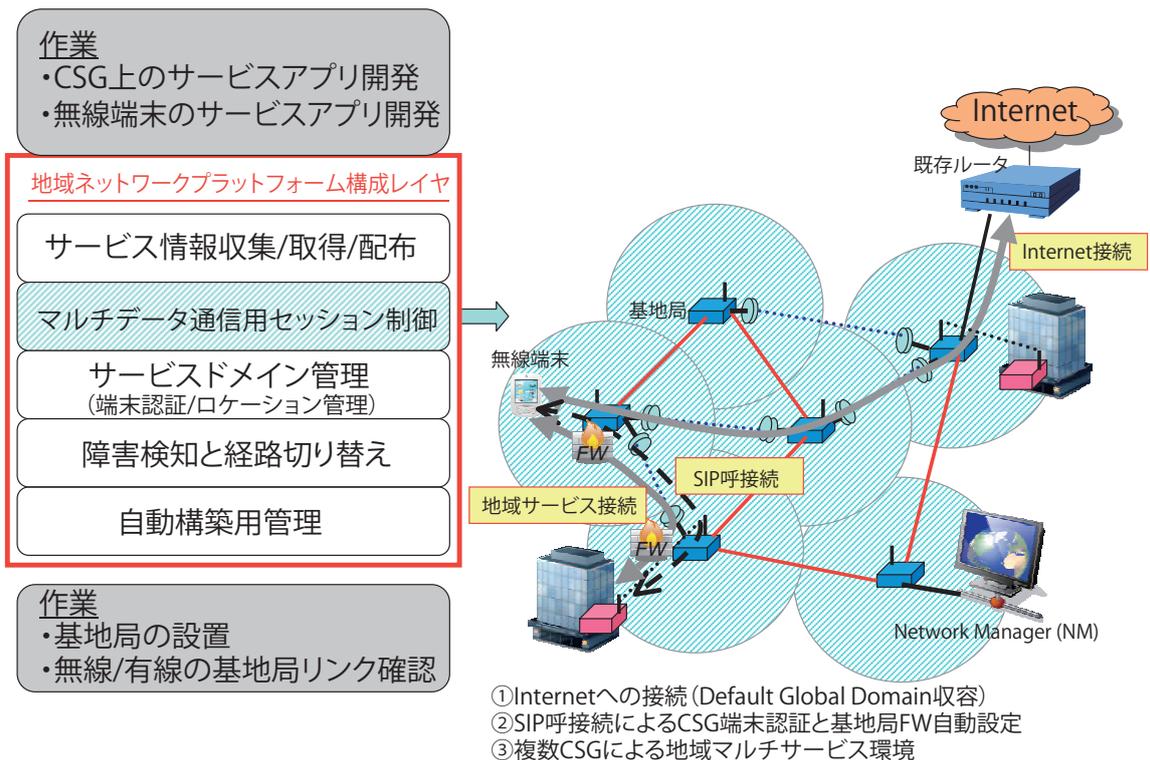


図-2 地域ネットワーク第4層

端末情報登録/削除/更新をリアルタイム化する方法で解決している。移動端末と CSG は、地域ネットワーク内でマルチ to マルチ接続可能なサービス環境を構築している。複数のコミュニティグループが存在し、個人がさまざまなグループに参加しているという地域生活環境をそのままシステム化している。CSG は、サービス参

加している移動端末に対して、メッシュネットワーク内での QoS 管理された通信リソースを割り当てられることが可能になる⁴⁾。また、個々の CSG が Firewall 機能を持たなくてもいいように、地域ネットワークの基地局側で CSG が認証した端末のデータ通信許可を与え、セッション断で無効にする仕組みを提供しているため、通

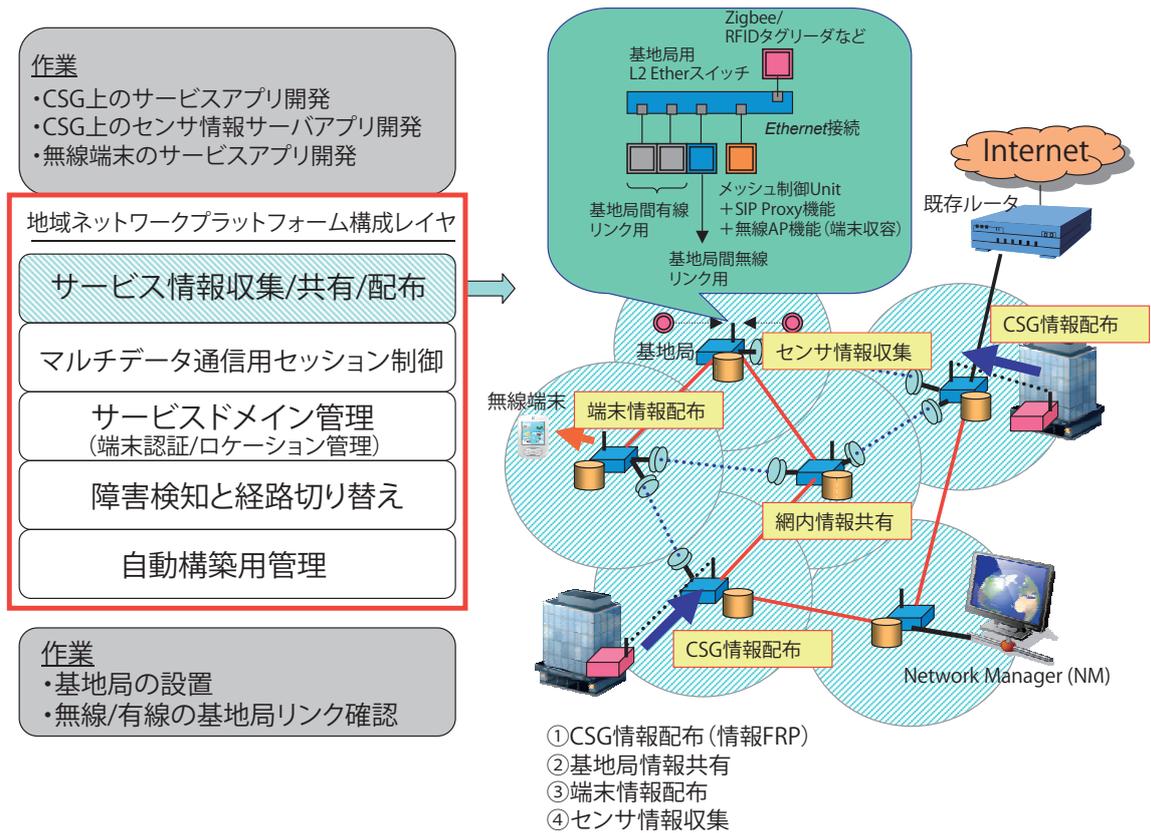


図-3 地域ネットワーク第5層

信上の安全対策も提供している。

図-3の第5層は、サービス情報収集/共有/配布層である。この層において、(2)および(4)の要求問題について、基地局でセンサ情報を収集、基地局間情報共有を行ったあと、CSG上のサービスが必要なセンサ情報を最寄りの基地局から取得し、CSG情報として加工して配信し、基地局が網内情報共有して接続中の移動端末属性に応じたリアルタイム同報通知を行う方法で解決している。このようにすることでセンサ情報を常に基地局間で共有更新し、その目的に応じた情報処理と情報配信をリアルタイムに行い、特定のサービスリソース(CSG)へのアクセス集中も発生させないようにしている。また、網内に存在する複数端末への同時情報伝達については、情報配信のリアルタイム性を格段に向上させる。CSG情報に優先度をつけることで網内帯域を優先度や情報量に応じて確保して配信し、移動端末に対して、優先通知を行うことも可能になる。また、地理的な依存度の高い情報については、そのエリア限定で情報収集/共有配布を行うことも可能なので、ユーザの情報利用度も向上する。

図-4の第1層は、自動構築用管理層である。この層において、(3)の運用コスト問題について、自動構築管理機能によって、網構築期間を短縮して運用管理コストを低減する方法で解決している。基地局間接続については、有線/無線混在可能で基地局を分散配置してメッシュ状

構成で接続していく。これにより、網の構築/運用規模の自由度が増す。自動構築NM(Network Manager)が、そのリンク情報をFRP(Flooding Relay Protocol)と呼ぶブロードキャスト系プロトコルにより収集する。そして、NM上でアプリケーション動作している経路生成シミュレータによって、複数のツリーデータ経路が生成され、その経路情報を基地局ごとの設定情報に加工した後、その設定情報をFRPで配布する。その結果、網内のすべての基地局が自動的に設定完了する。この自動構築方法により、設置から運用までの期間短縮とオペレーションコストを大幅に削減できる。NMによって集中的に通信ポリシーが決定されるため、個々の基地局は、そのNM運用ポリシーに従った動作設定情報を使用して自律的にスイッチ動作するハイブリッド型メッシュネットワークとなる。過去から研究されてきたアドホック型ネットワークや既存ルータネットワークや既存LANとはまったく異なる技術なので注意されたい。

図-5の第2層は、障害検知と経路切り替え層である。この層において、(3)の運用コスト問題について、運用自動化によるオペレーションコスト低減効果という観点から解決している。基地局障害やリンク障害発生時においても通信継続が可能となる。基地局間でリンク状態を監視し、もしリンク接続状態(パケット伝達確認)が一定閾値よりも低くなった場合、障害と見なして全基地局に障

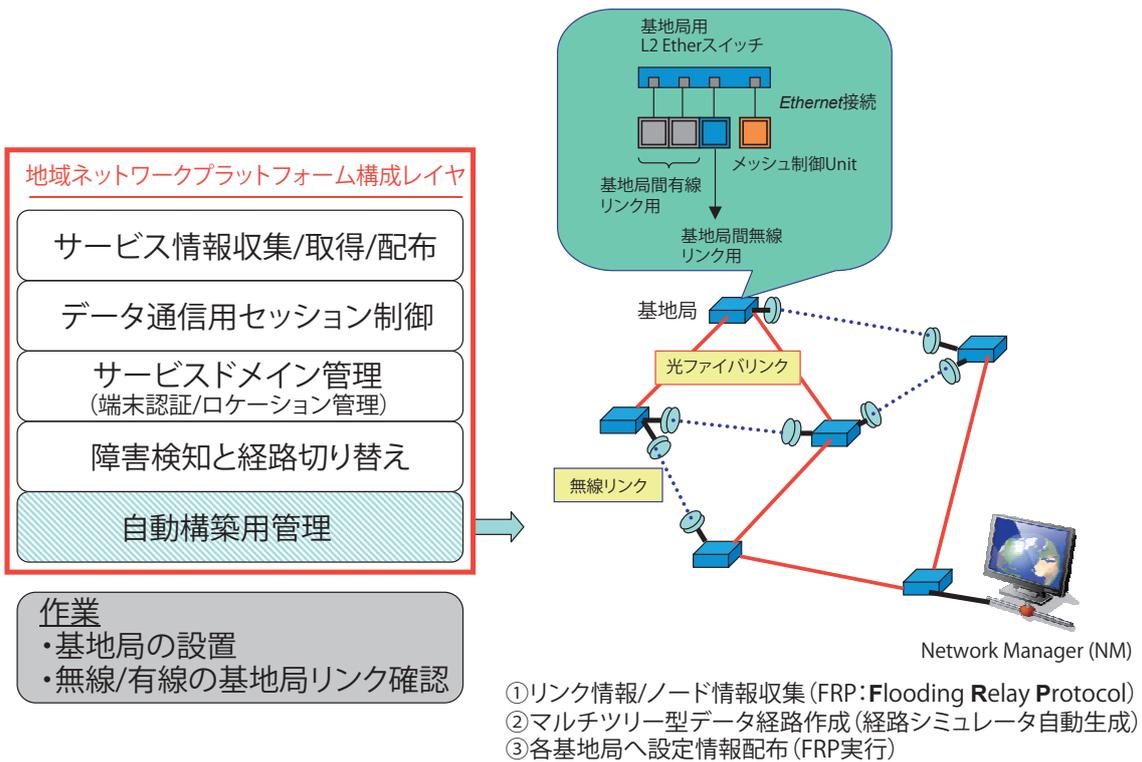


図-4 地域ネットワーク第1層

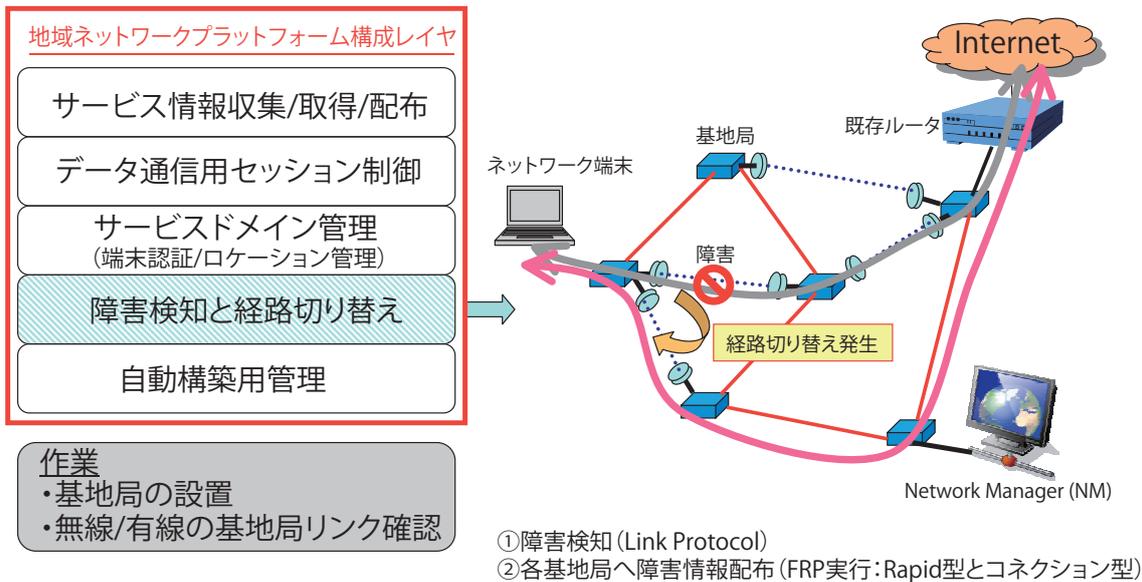


図-5 地域ネットワーク第2層

害リンクを含まないツリー経路でブロードキャスト伝送することで、基地局が独自で判断し、NMのポリシーに従った迂回可能なデータ通信経路情報に再設定する。この方式によって、基地局間リンク障害や基地局障害が発生しても別の迂回通信経路に自動的に切り替えることができる。切り替え通信経路情報は、あらかじめNMから基地局へ静的な情報として配布されているため、基地局でダイナミックに経路計算することはしないので、リンク障害を判定してから経路切り替え収束まで、基地局

間 10 ホップ程度の経路長でも、その収束時間は、わずか数 10msec という能力を發揮できるのである。

センサデバイスの通信方式

(4)の要求問題について、筆者らは基地局におけるセンサデバイス通信方式の標準仕様化を検討している。基地局は、接続しているセンサ情報のデバイス種別に対応したデータフォーマットで受信できる。マルチセンサ対応で同時受信した情報に対して、時刻や場所情報などを付

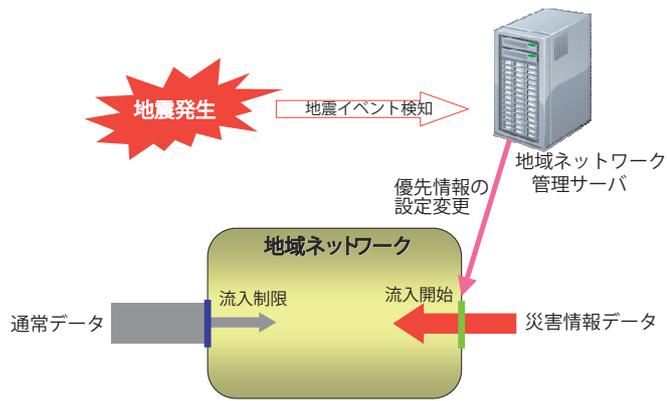


図-6 センサ特有の自動イベント検知を契機とする通信発生と優先通信制御（災害時を例として）

加して情報分類しデータベースで管理し、常時イベント判断を行い、基地局間での情報共有のための転送を行う。従来のネットワークで利用される端末の通信接続方式は、利用者が発信するイベントによって通信開始状態となり終了するのが一般的である。たとえば、電話であれば受話器を持って相手にダイヤルし、通話が終了した時点で受話器を戻すことで通信が終了する。Web利用のデータ通信常時接続方式でも、PCなどの起動と終了もしくはWebアプリケーションの開始と終了で通信の開始と終了のイベントが発生する。

一方で、センサデバイスの通信接続方式は、基本的に人のオペレーションは一切介在しない。そのセンサデバイスやユビキタス端末の発信イベントに対応させて通信を開始して終了するまでの制御機能が必要になってくる。発信イベントは、センサデバイス種別や通信利用目的に依存してさまざまであり、リアルタイムにその場の状況によって変化するため、制御機能における情報収集方法自体もダイナミックに変化させていかなければならないことが想定される。したがって、ユビキタスセンサネットワークには、このような通信制御機能と情報処理システムにおけるイベント判断機能が必要となる。この処理を地域ネットワークでは全基地局共有分散データベースシステムとして実行することが可能となる。

たとえば、災害が発生した場合、人の生死／動きに関係した情報を収集する場合に、他の通信情報で回線が輻輳していたとしても、そのセンサ情報だけは通信回線上の輻輳によって廃棄されずに優先転送できる必要がある（図-6）。このように災害のような突発的な状況変化をまずイベントとして判断することが重要であり、イベント判断したときに、通信制御機能により、その時刻、その場所に設置したセンサが発信した情報を優先的にアクセス通信できる必要があると考える。このように、ユビキタスセンサネットワークにおけるアクセス通信方式は、リアルタイムにイベントを判断し、優先転送／処理など

の通信制御を行えるようにすることが必要不可欠となる。さらに「情報の入り口」としての情報収集場所や、「情報の出口」としての情報配信場所のエリアを物理的にきめ細かく指定できることが必要であると考えている。その情報収集配信エリアについては、地理的な中心点からの範囲をリアルタイムに制御できるようにすることで、情報利用目的に応じた最大限の効果を引き出すことができるようになる。

センサネットワークシステム性能として、最も重要な性能は、あるイベント発生から適切な情報を得るまでの遅延時間である。あるイベントでセンサが情報を発信し、その情報を収集し、処理して、情報を取得したい全端末に配布するまでに必要な時間である。このイベントが災害のような生死にかかわるようなイベントの場合は、遅延時間がシステムレベルにおける重要な性能値となる。

ユビキタスセンサネットワークプラットフォーム構成機能

本章では、地域だけでなく広域も視野に入れたユビキタスセンサネットワークにおける通信プラットフォームと情報処理プラットフォームについて詳細解説する。

そして、ユビキタスセンサネットワークプラットフォームを利用したアプリケーション例を紹介する。

ユビキタスセンサネットワーク通信プラットフォーム機能

ユビキタスセンサネットワークにおける通信プラットフォームは地域ネットワークと広域ネットワークから構成される。地域ネットワークについては、すでに解説した地域ネットワークと広域ネットワークを連結するための機器がCSGである。CSGは、広域ネットワーク内に展開されるUSN（ユビキタスセンサネットワーク）ドメインとシームレスに双方向接続するために、USNドメインと地域ネットワーク間のVPN通信機能を提供する。図-7にユビキタスセンサネットワーク通信プラットフォーム構成図を示す。

地域ネットワーク内においては、USN情報管理サーバ、USNアプリケーションサーバ、ユビキタス端末、センサなど、それぞれのCSGが提供しているサービスドメインに参加しながら動作している。そして、家庭や公共施設などでサービス運用されているCSGは、インターネット接続される。CSGのインターネット接続先のドメインは2つ存在する。インターネット上で展開されるWWWドメインとUSNドメインである。USNドメインサービスに登録参加しているCSGは、地域ネットワークから受信したセンサ情報をUSNドメインに展

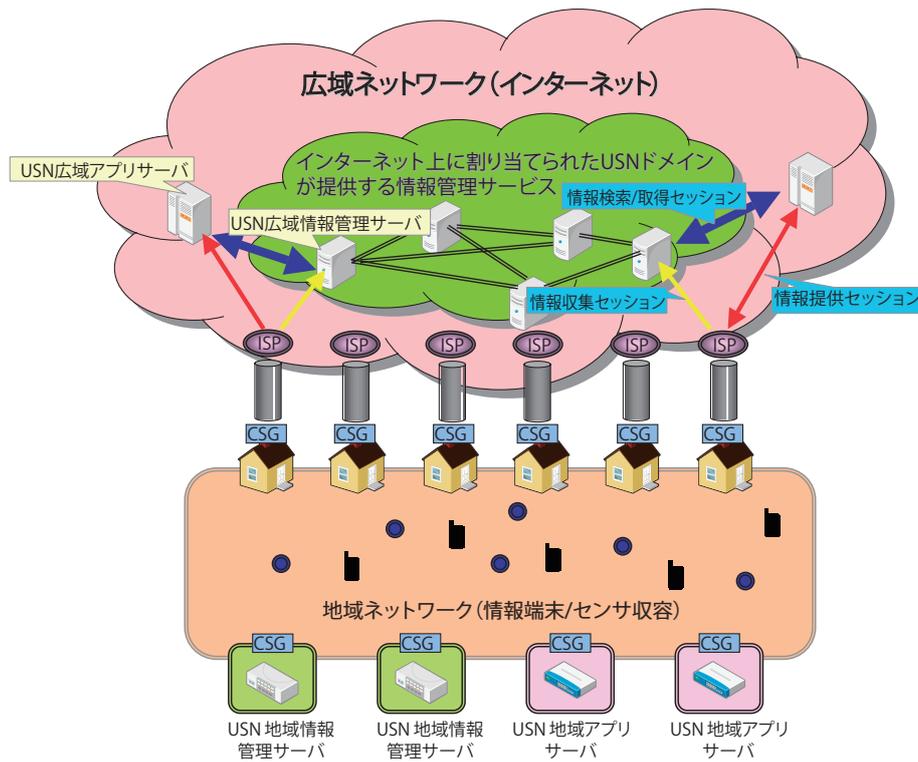


図-7 地域ネットワークと広域ネットワークが連携する通信プラットフォーム構成

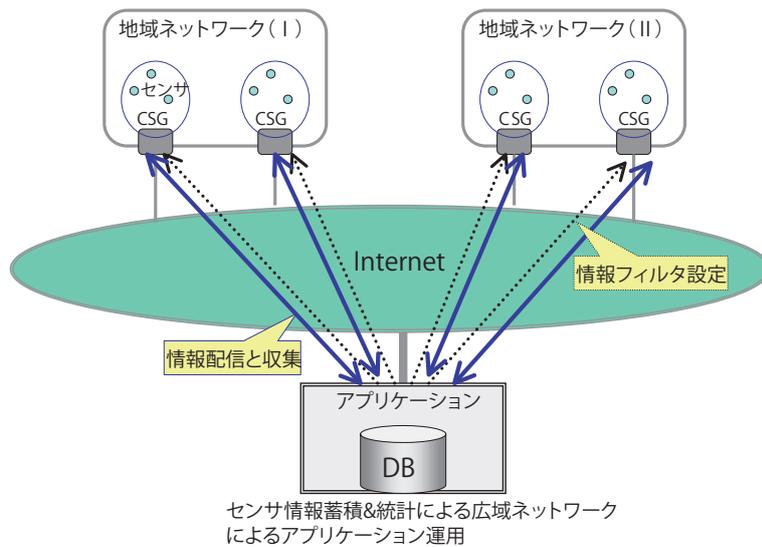


図-8 複数の地域ネットワークからのセンサ情報を広域ネットワークで統合サービス利用するモデル³⁾

開される情報管理サーバに送信することができる。USNドメインでは、複数の地域ネットワーク内で提供される同種のCSGが参加登録することで、センサ情報を共有する(図-8)。そして、これらのセンサ情報を利用してWWWドメイン上の広域アプリケーションサーバが地域内に存在するユビキタス端末へCSGを経由してサービス提供できるのである。

CSGのUSNドメイン接続はISP側でのドメイン接続切り替えによって実行される。そのためにCSGとISPルータ間でセンサ情報伝達のための専用プロトコルが必要になる。この技術については、将来を視野に入れた標

準化が不可欠であると考えている。地域ネットワークと広域ネットワークのシームレス相互接続のための通信インフラは、すでに設置された光ファイバアクセス網を利用して実現できるため、特別な設備投資を最低限に抑えることができると考えている。

このように、広域ネットワークも含めてユビキタスセンサネットワークのための標準通信技術を確立していくことにより、広域/地域に利便性の高い情報提供サービスが展開できると考えている。

システム構築単位の例として、地域ネットワークを町村単位で構築し、広域ネットワークを利用者の生活行動

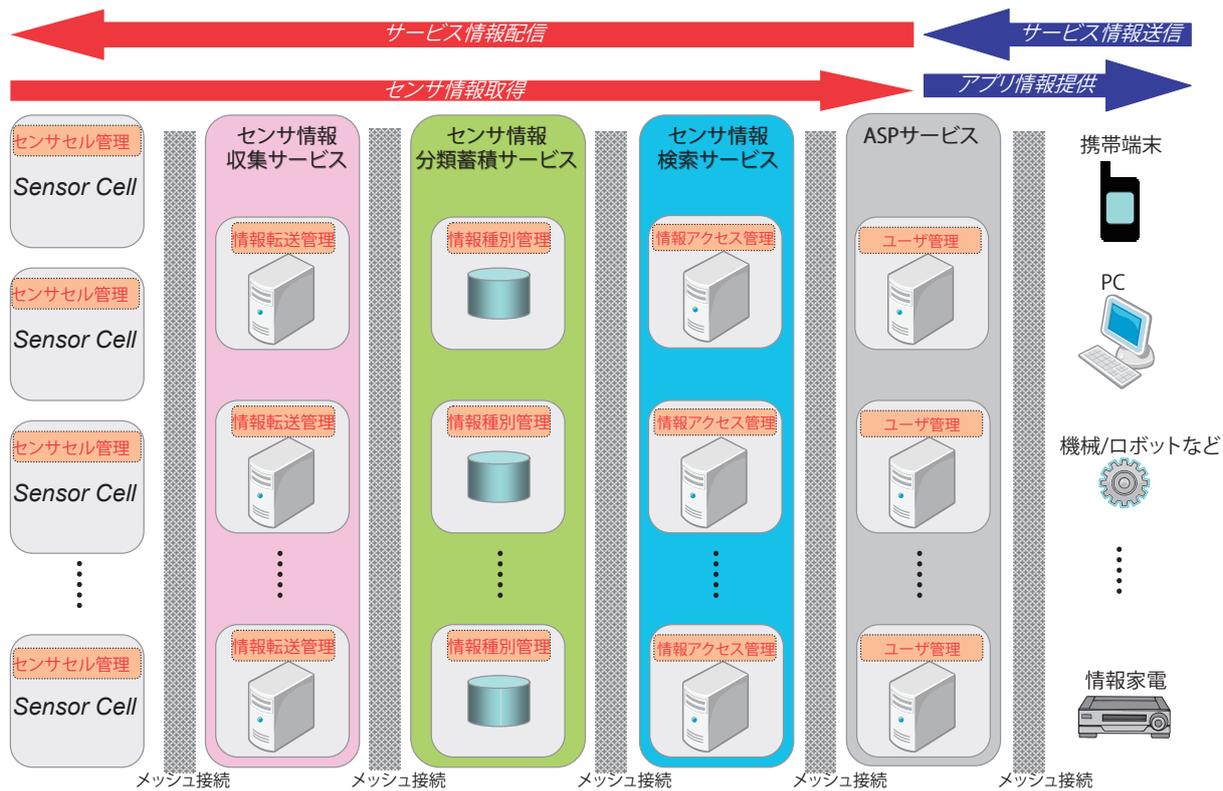


図-9 情報処理プラットフォーム

圏エリアで連結できるように構築していくことにより、個別ユーザ利用に対応したユビキタスセンサネットワークプラットフォームが実現できるのである。

このような広域ネットワークにおけるUSNドメインの出現により、膨大なセンサ情報を蓄積管理できるため、産業分野別のアプリケーションが参照して分析利用できる巨大なデータ資源となり、将来はこれらの情報を利用したアプリケーション別のデータマイニングサービスが活発に行われるであろうと考えられる。

ユビキタスセンサネットワーク情報処理プラットフォームの構成と機能

USN 情報処理プラットフォーム構成について解説する。図-9にその構成を示す。

図-9は、USN 情報処理プラットフォームを示している。センサセル管理機能、センサ情報収集機能、センサ情報分類蓄積機能、センサ情報検索機能に分割され、センサ情報を利用して動作するアプリケーションのための情報検索インタフェースが提供される。

①センサセル管理機能

センサセルとは、地域ネットワーク内に設置されるセンサゲートウェイ、あるいは基地局本体によって管理される無線セルである。センサゲートウェイは基地局に接続して利用する。センサセルの設置目的はさまざま、マンション等の敷地内の場合、マンション住民が持つユ

ビキタス端末に対して、マンション内のイベント情報や防災情報や不法侵入者情報などを知らせるために設置したり、店舗等では、来訪者に対して広告配信をしたりすることも可能である。また、環境情報を収集するために地域ネットワークの情報収集配信拠点として動作することもある。このようなセンサセルの運用モデルは、そのセンサを利用した情報提供サービスを行うための新たなインフラビジネスとして発展していくと考えている。

②センサ情報収集/配信機能

地域ネットワークの基地局機能として実装される。センサゲートウェイに対してセンサ情報取得用プロファイルによる転送制御機能と、センサゲートウェイからさまざまなセンサ情報を収集したあと、情報フレームとして取り出すための1次群フィルタ機能が存在する。受信したセンサ情報については、そのセンサ情報に割り付けられている管理区分のセンサ情報分類蓄積機能へ転送する。管理区分情報は、センサ情報取得プロファイルに定義される。また、センサセル内の移動端末等に対して、属性を確認して適切な情報配信を行う。

③センサ情報分類蓄積機能

地域ネットワークにおいては、基地局機能として実装され、広域ネットワークにおいては、USN 広域情報管理サーバで実装される。センサ情報分類蓄積機能は、センサ情報の取得時刻、取得場所、センサデバイス種別が主な分類項目となりデータベースに蓄積保存管理される。

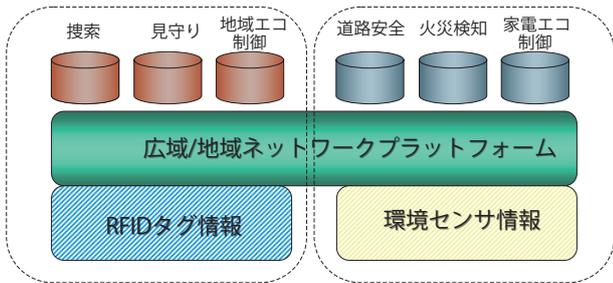


図-10 RFIDや環境センサと広域・地域ネットワークプラットフォームを活用して実現されるさまざまなアプリケーション例

また管理区分ごとにセンサ情報を取得するためのアクセス認証機能も追加できる。

④センサ情報検索機能

地域ネットワークにおいては、基地局機能として実装され、広域ネットワークにおいては、USN 広域情報管理サーバで実装される。接続してきたアプリケーションに対して、情報検索機能を提供し、検索項目としては、管理区分、サービス区分、センサ種別区分、取得エリア区分などでセンサ情報を検索してアプリケーションに提供する。

⑤アプリケーションサービス機能

地域ネットワークにおいては、CSG 機能として実装され、広域ネットワークにおいては、USN 広域アプリサーバで実装される。アプリケーションに必要なセンサ情報を取得して加工し情報配信を行う。

ユビキタスセンサネットワークのサービス例

それでは、USN プラットフォームの利用した場合のサービス例を簡単に説明する。

温湿度センサや照度センサなどの環境センサを地域ネットワークに接続してさまざまな場所に設置する。これらの環境センサ情報を地域ネットワーク単位で情報収集しておき、情報蓄積しておく。この情報基盤を利用して、道路監視アプリケーションでは、冬場の凍結などを監視しておき、一定温度以下に下がれば付近を走行中の車に道路情報をプッシュして注意を呼びかける安全運転サービスが可能になる。また、山火事などの火災検知アプリケーションでは、ある一定の基準値の照度や温度を超えた場合には、その場所付近に設置されたカメラから静止画を取得することで火災イベントを確認して消防署に情報通知したり、付近の住民をエリアごとに避難通知したりするという事も可能になる。また、家庭においては、エコ対策として節電用に近隣の環境センサからの情報を利用して、自動的にエアコン温度を調整したり、照度によって蛍光灯の電気を自動調整したりすることも可能になる。

RFID タグを利用したプラットフォームでは、夜道の

街灯照明の電力量制御を行うことにより省エネ運用が実現できる。また、個人や固体に取り付ける RFID タグを利用して児童見守りアプリケーションやペット検索アプリケーション、迷子検索などが同一プラットフォーム上で展開でき、同じユビキタスセンサネットワークプラットフォーム上に複数の異なるサービスが提供可能になる(図-10)。

WWW プラットフォームとユビキタスセンサネットワークプラットフォーム

本章では、WWW (World Wide Web) プラットフォームの説明比較を行いながら、ユビキタスセンサネットワークプラットフォームについて、システム面とビジネス面から解説する。そして、ユビキタスセンサネットワークプラットフォームと Web アプリケーションとの融合によるサービス発展について解説する。

2つのプラットフォームの位置付け

WWW プラットフォームは、インターネットとキャリアアクセスラインが物理的な通信プラットフォームを構成し、論理的な通信プラットフォームとして、ドメインアドレス管理(DNS)およびHTTPなどの管理/情報通信プロトコルが存在する。その上位のフレームワークとしては、情報管理およびサーバ分散のための情報処理プラットフォームとして、HTML/XMLといった標準化されたプロトコルでアプリケーションプラットフォームを提供している。このような階層構造から判断して、筆者らはWWWプラットフォームとユビキタスセンサネットワークプラットフォームの構成は、概念的に非常に類似したものであると考えている。

まず、ユビキタスセンサネットワークをシステム面から検討してみる。センサ情報を収集および制御するための物理的な通信プラットフォーム、センサ情報を蓄積管理するための情報処理プラットフォーム、さらに、その情報を利用してユーザに情報通知するためのアプリケーションプラットフォームが必要になると考えられる。このように分類した場合、プラットフォームの基本構造は、WWWプラットフォームと同様であると考えられる。

次に、ユビキタスセンサネットワークをビジネス面から考えてみる。既存通信キャリアサービスのような垂直統合型ビジネス構造を当てはめてみた場合、このビジネス構造の特徴として、全国で一貫性のあるアプリケーションサービス、特に全国規模のインフラを含めたサービスを形成する場合においては、利用料やサービス内容の一元化ができるため、サービスを早急に普及するのには都合が良い。しかし、その反面、特定地域向け、特定用

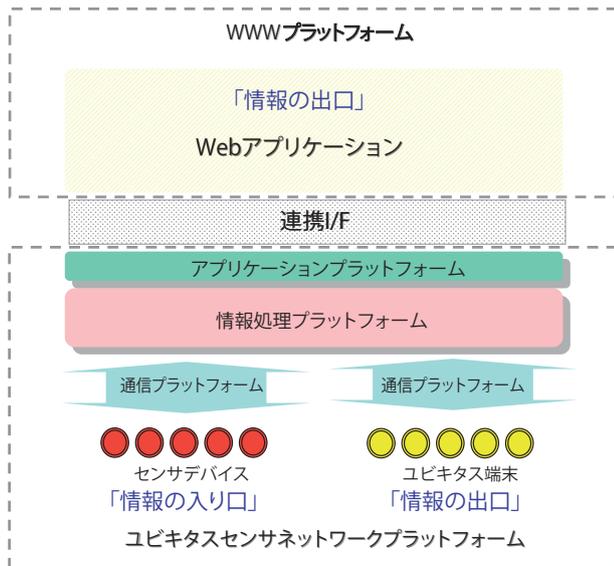


図-11 ユビキタスセンサネットワークプラットフォームとWWWプラットフォームの連携

途向けや特定ユーザ向けなどの小／中規模で多目的な利用者グループに対応したアプリケーションサービスに対応して運用していくことは難しい。ユビキタスセンサネットワークは、地域生活に密着したICT利用が最大のテーマであり、センサ設置から運用まで、さまざまな目的に対応させていく必要がある。そのため、垂直統合型ビジネス構造ではなく並列分散型ビジネス構造が適すと考える。この点においてもさまざまな企業がインターネットという共通インフラを物理的に共有しながらドメイン並列分散によってサービス展開しているWWWプラットフォームのビジネス構造と類似している。

上記で説明したとおり、抽象的な概念としてはWWWプラットフォームとユビキタスセンサネットワークプラットフォームは構造上非常に似ているが、物理的にインフラ構築していく上で課題となるのは、新規にユビキタスセンサネットワークプラットフォームをどのように展開していけるのかということである。

2つのプラットフォームの連携

ユビキタスセンサネットワークプラットフォームとWWWプラットフォームは連携できるだろうか？

この問いかけに対する筆者らの見解は、2つのプラットフォーム連携によって、新しいユビキタス情報産業が創出され、将来地域に展開することができると考えている⁵⁾。その理由としては、WWWプラットフォームが、ユビキタスセンサネットワークプラットフォームの「情報の出口」の1つに位置づけられるからである(図-11)。「情報の入り口」としてセンサデバイスが存在し、ユビキタスセンサネットワークプラットフォーム内で、センサ

情報処理が実行された後、WWWプラットフォーム上に存在する個々のWebアプリケーション群が必要なセンサ情報を検索／取得できるようになる。WWWプラットフォーム上にはすでに無数のサーバや端末が動作し、さまざまなWebアプリケーションが動作してサービス提供を行っている。これらの既存リソースをそのまま利用して、ユビキタスセンサネットワークプラットフォームが生成したリアルタイム情報をサービス付加し、Webアプリケーションに対応して情報提供する。そのためには、WWWプラットフォームと連携するためのインタフェースが提供されるべきである。

このように連携していくことで、Webアプリケーションもユビキタスセンサネットワークプラットフォームからのセンサ情報を利用することにより、新しい情報提供が可能になる。

WWWプラットフォームは、従来、人が閲覧するための情報をWebサーバ上のアプリケーションによって公開している。そして、利用者自身が必要性のある情報を検索して閲覧することができる。一方、ユビキタスセンサネットワークプラットフォームは、タイプの異なるさまざまなセンサデバイスが、固有のイベントによりデータを生成して発信するため、各データはセンサデバイスに依存したユニークなデータフォーマットを持ち、しかもその情報は断片的であるため、サービス利用者がその情報を識別して閲覧できるものではない。したがって、センサ情報をサービスとして利用するには、センサ情報が発信された時刻／場所などに関連したイベント情報、また同時刻にその場所から受信したその他のセンサ情報も必要に応じて関連付けするような情報処理技術が必要になってくる。また、過去に情報処理した結果をパターン化して引用し、リアルタイムな情報処理結果と比較しながら、そのときに発生したイベント内容を分析していくのである。このように、WWWプラットフォームとユビキタスセンサネットワークプラットフォームとは扱う情報はまったく異なるが、最終段階における情報加工後の配信処理において連携していくことによって、Webアプリケーションのリアルタイムなイベント型情報更新が可能になるため、さまざまな情報を鮮度よく、情報を欲している適切なユーザに対して公開できるのである。このような理由から、WWWプラットフォームがユビキタスセンサネットワークプラットフォームのセンシング機能と連携することにより、既存に展開されているWebアプリケーション機能を飛躍的に向上／拡張していくと考えられる。

アプリケーションプラットフォームの「情報の出口」としては、WWWプラットフォーム上のWebアプリケーションのほかに、地域ネットワーク内に存在するユビキ

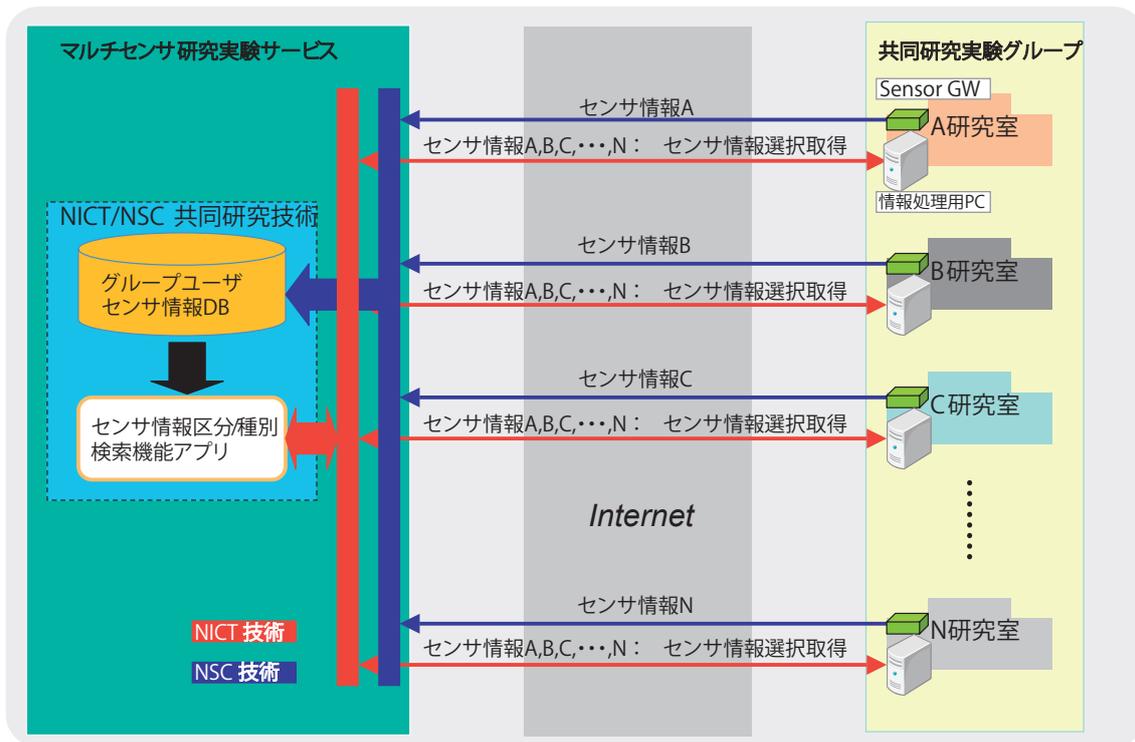


図-12 ユビキタスセンサネットワーク研究支援プラットフォームの構成

タス端末が該当する。地域情報をよりリアルタイムに受信するためには、地域内にサービス情報が存在し、それを最短遅延で受信する必要があるため、そのような地域情報については地域内で閉じた形でユーザに情報配布される。

ユビキタスセンサネットワーク研究支援プラットフォーム

本章では、筆者らの研究成果に基づいたユビキタスセンサネットワーク研究支援プラットフォームを紹介する。これまで開発されてきたセンサネットワークの多くは、単一のアプリケーションが動作するように構築されていた。それに対して本研究支援プラットフォームは、センサ情報を共有しながらもさまざまな研究機関が独自アプリケーションを動作させることができる環境を提供する。アプリケーションが必要に応じてセンサ情報を取得できるAPIを開発し、提供している。

このAPIは、HTTPセッションでセンサ情報検索用のサーバに接続して、JSONフォーマットで取得パラメータを指定してセンサ情報を取得するためのインタフェースを提供する。各研究機関は、本APIを利用することでアプリケーションを自由に開発可能である。現在はRFIDタグと静止画情報をセンサ情報として取り込むことが可能で、そのためのアプリケーション取得用サンプルツールが利用可能になっている。今後は、環境センサ

として温湿度センサ、近距離センサ、照度センサを含め、特殊用途のセンサも簡単にセンサゲートウェイに接続することで各センサの情報が分類・蓄積されて、さまざまなサービスアプリケーションに利用できるようにしていく予定である。図-12にサービス構成を示す。

Sensor GWはLinux動作可能なゲートウェイボックスで802.11無線端末、Zigbee端末、シリアル端末、Ethernet端末、GPIO接点デバイスなどを接続することができる。それらのユビキタス端末やデバイスが発信するセンサ情報がインターネット経由でマルチセンサ研究実験サーバに収集される。取得時刻情報、GW ID情報、グループ情報などが付加された上でDB上に蓄積される。同一グループに所属している研究機関は、センサ情報取得用APIを組み込んだ情報処理用PC上のアプリケーションによって、蓄積されたDBから必要なセンサ情報をリアルタイムに取得できる。詳細情報として後述のその他情報紹介参照項目のWebサイトを参照されたい。Sensor GWも情報処理用PCもWeb接続可能NAT環境で利用できるため、現在の研究上の運用環境を変更することなしに、本研究支援プラットフォームを活用したセンサネットワーク研究が可能となっている。

本研究の位置付けと関連研究について

本章では、最後に、本研究分野における関連研究についてまとめる。Webアプリケーションとしてのユビキ

タスセンサネットワークという視点からの研究としては「Sensing Web」, 「Live E!」, 「UBILA」^{6)~8)}などが挙げられる。これらは、広域展開におけるユビキタスセンサネットワークアプリケーションを研究目的としており、全国規模の大規模アプリケーションサービスに対応できるようにシステム検討が進められてきている。この点において、筆者らの地域ネットワークを中心としたユビキタスセンサネットワークプラットフォームは、地域対応の小/中規模アプリケーションサービスが誰でも簡単に独自で展開可能なプラットフォームを研究目的としており、システムの基本コンセプトとしては、サービスごとにセキュアであり、かつ同報通知可能なサービスドメインを割り当てることによって、複数のサービスドメインを排他的に、かつ並行運用可能なプラットフォームである。

今後のセンサネットワーク研究がユビキタスと呼ばれる個人や個別グループに対応した地域サービスとして展開されていくかどうかは、地域ネットワークの出現が鍵になるであろう。

まとめ

本稿で述べた地域ネットワーク、広域ネットワークを融合したユビキタスセンサネットワークプラットフォームの特徴をまとめる。

- CSGが地域ネットワークと広域ネットワークを連結し、地域/広域を通じてマルチドメイン型のサービス通信を行うためのゲートウェイ機能を提供する。
- 地域ネットワークは、自動構築機能として管理運用技術、リアルタイムな情報収集、情報共有、情報配信、双方向通信が行えることが必要である。
- ユビキタスセンサネットワークプラットフォームの構成は、通信プラットフォーム、情報処理プラットフォーム、アプリケーションプラットフォームに分類され、それぞれのプラットフォームインタフェースによって並列分散型のビジネス構造が成立するのである。
- WWWプラットフォームとユビキタスセンサネットワークプラットフォームは相互連結することで新たなリアルタイム系Webサービスを創出できる。
- プラットフォームを共通化することにより、さまざまなセンサデバイスを利用して、地域/広域問わず

さまざまなアプリケーションが動作できる環境が提供できるようになる。

地域/広域問わず、センサ、ユビキタス端末、家電、公共物含めてネットワークを情報処理のレイヤまで含めてプラットフォーム化を行っていくことにより、さまざまなリアルタイム情報がその個人や個々のサービス単位で収集/共有/配信可能なユビキタスセンサネットワーク情報通信基盤が確立される。

謝辞 執筆に際して貴重なアドバイスをいただいた共同研究者の森野博章氏(芝浦工業大学)、大西真晶氏(NICT)に感謝する。

参考文献

- 1) 井上真杉, 実藤 亨: 地域・個人適応サービスの実現を目指すユビキタスセンサネットワークプラットフォーム 新世代ネットワークを担う新しいモバイルの世界(第1部), 情報処理, Vol.50, No.9, pp.895-905 (Sep. 2009).
- 2) ユビキタスセンサネットワーク技術に関する調査報告書, 総務省(2004).
- 3) 井上真杉, 大西真晶, 森野博章, 実藤 亨: マネージド無線メッシュによるセンサアプリケーションプラットフォーム, 信学技報, USN2008-55 (Oct. 2008).
- 4) 井上真杉, 大西真晶, 森野博章, 実藤 亨: コンテキスト適応サービスのための地域ネットワークアーキテクチャ, 信学技報, USN2008-64 (Jan. 2009).
- 5) 実藤 亨, 井上真杉, 大西真晶, 森野博章: ユビキタスセンサネットワークにおけるビジネス展開, 信学技報, USN2008-66 (Jan. 2009).
- 6) Sensing Web, <http://www.mm.media.kyoto-u.ac.jp/sweb/purpose.html>
- 7) Live E!, <http://www.live-e.org/>
- 8) UBILA, <http://www.ubila.org>

その他情報紹介

- 1) ユビキタスセンサネットワーク研究支援プラットフォームのサービス窓口, <http://www.nassua.co.jp/msrp.html> (平成21年6月30日受付)

実藤 亨
sanefuji@nassua.co.jp

1992年東京理科大学工学部電気工学科卒業。システムLSI開発、FTTHスイッチ開発を経て、2002年ナチュア・ソリューションズ(株)取締役CTO就任。メッシュネットワーク、センサネットワークの研究開発に従事。

井上 真杉
inoue@nict.go.jp

1992年京都大学工学部電気工学科第二学科卒業。1997年東京大学大学院工学系研究科修了、博士(工学)。同年、郵政省通信総合研究所勤務。現在、情報通信研究機構研究マネージャー。超高速無線LAN、モバイルネットワーク、ユビキタスセンサネットワークの研究開発に従事。