

ユビキタスネットワーク社会の情報構造モデルの検討 — XMLコンソーシアムユビキタス組込系部会の活動 —

新麗*, 大野邦夫**, 大場みち子***, 大森俊太郎+, 高木悟++, 田中宏一+++, 中村博子#, 中村雄一##, 藤岡慎弥###

*株式会社インターネットイニシアティブ, **株式会社ジャストシステム, ***株式会社日立製作所, +日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社, ++YRPユビキタスネットワークング研究所, +++株式会社内田洋行, #トッパン・フォームズ株式会社, ##株式会社日立システムアンドサービス, ###株式会社デジタルコミュニケーションズ

XMLコンソーシアムのユビキタス組込系部会では、ユビキタスネットワーク社会を構成するさまざまなモノ、サービス、情報、ネットワークを、利用者との関係において系統的に整理し、アーキテクチャとして体系化する検討を試みている。本報告では、先ずWeb、サービス、利用者、空間、位置情報、ホームサーバなどの視点に基づくいくつかのモデルを紹介する。つぎにそれらを統合する上位モデルを紹介し、今後の検討に役立てることをねらう。

A Study on Architecture Model for Ubiquitous Network Society

— XML Consortium Ubiquitous System & Device WG Activities —

Ray S. Atarashi*, Kunio Ohno**, Michiko Oba***, Shuntaro Ohmori+, Satoru Takagi++, Koichi Tanaka+++, Hiroko Nakamura#, Yuichi Nakamura##, Shinya Fujioka###

*Internet Initiative Japan Inc., **Justsystem Corp., ***Hitachi Ltd., +Hitachi Software Engineering Co., Ltd., ++YRP Ubiquitous Networking Laboratory, +++Uchida Yoko Co., Ltd., #Toppan Forms Co. Ltd., ##Hitachi Systems & Services, Ltd., ###Digital Communications

Consumer related architecture of Ubiquitous Network Society which includes observable things, services, information and networks has been discussed among the members of Ubiquitous System & Device Working Group of XML Consortium. At first this paper describes several models based on the view point of web, users, interface spaces, position information, home servers, etc. Then an upper model based on the result of the discussion is introduced, which will be useful for further study.

1 はじめに

XMLコンソーシアムのユビキタス組込系部会では、ユビキタスネットワーク社会を構成するさまざまなモノ、サービス、情報、ネットワークを、利用者との関係において系統的に整理し、アーキテクチャとして体系化する検討を試みている。

ユビキタスネットワーク社会を支える通信インフラの基本はモバイル機器からアクセス可能なインターネットである。いわば現在のWebやEメールの世界を無線の領域に拡張したものが基本的な枠組みであろう。そのような意味では、モバイルWebがユビキタスネットワークのコアである。ところで、Webは、単なる文書やデータの蓄積・参照の機能を提供するだけでなく、自動化された種々のサービスを提供したり（Webサービス）意味理解的な知識を具備しつつある（セマンティックWeb）。そのようなWebサービスやセマンティックWebが、RFIDやGPSといった位置情報を活用しながらユビキタス社会の基本的なネットワーク・サービスを行う。以上のようなサービスがいつでもどこでも提供されるのがユビキタス社会である。

本報告では、種々の視点に基づくいくつかのモデルを紹介し、それらを統合する上位モデルを検討し、今後の検討に役立てることをねらう。

2 視点

2.1 基本的考え方

ユビキタスとは遍在を意味するラテン語であるが、この言葉をコンピュータ技術に結びつけたのは、Xerox PARCのマーク・バイザーである[1]。彼によるとユビキタス・コンピューティングとは、どこにいても、コンピュータの支援を受けられる静寂な仮想世界を意味した。

その仮想世界は、遍在する全知全能の神が、個々人の自由意志と良心、それに基づく行為の全てをモニターし、その人が天国に行けるか地獄に落ちるかを裁くような恐ろしい監視社会なのであろうか、それとも親切的な秘書として個人の行動や思考を支援するエージェントなのか。以上はSFの世界に近い発想の議論であるが、我々としては、ジーン・ロッテンベリがスタートレックにおいて未来社会で描いたような、科学技

術が人類を幸福にしてくれるユビキタス社会を目指したいと考える[2]。

マーク・バイザーの思惑とは無関係に、コンピュータ技術、ネットワーク技術、デバイス実装技術は着実に進展し、いつでも、どこでも、誰とでも通信し、情報を共有できるユビキタス社会が目前に迫っている。ユビキタス社会を構成するであろう要素技術は着実に集積され、進歩しつつある。XMLコンソーシアムユビキタス組込系部会には、個別の要素技術の専門家が集まって、さまざまな議論をしている。ここでは、そのような議論を紹介し、今後のユビキタス社会の実像に迫りたいと考える。以下、個別の分野から見たユビキタスネットワークへの視点を紹介する。

2.2 Web

ユビキタス社会を実現していく上で、Webをユビキタス環境に拡張する必要がある。W3Cは、モバイルWebイニシャティブ(MWI)を今年の5月に発足させ、携帯電話やモバイル機器向けにWebやXMLの世界の拡張を検討している[3]。この動きは、従来デスクトップをベースに検討されてきたオープンソースの動きを、組み込み機器にまで拡張することを要請するものであろうが、現状ではまだ具体的な取り組みがなされていない。

今後のWebはセマンティックWebに移行するというのが、この分野の標準化を進めるW3Cの見解である[4]。その構成を図1に示す。セマンティックWebは、URIとUnicodeを基盤と

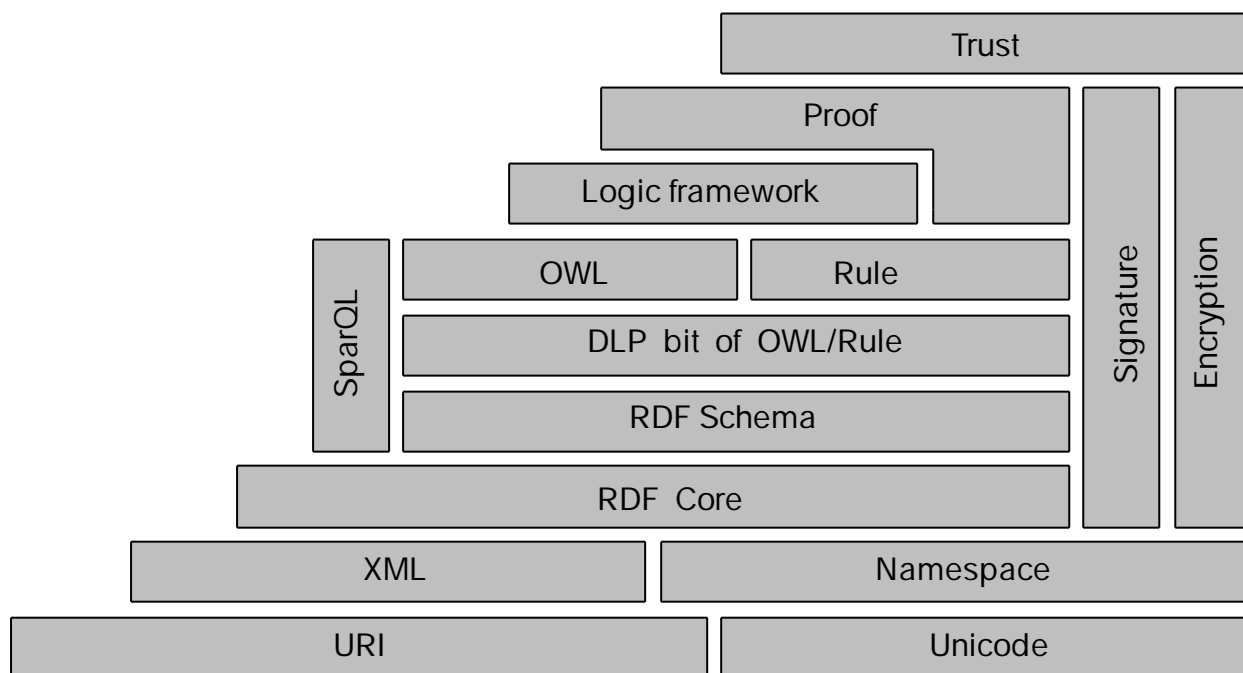


図1 セマンティックWebの構成

し、その上にXML層、その上にメタデータ層のRDF、さらにその上位に、オントロジ層のOWLが配置されている。OWLは、種々の概念をクラスとプロパティで定義し、特定の領域を定義するドメイン・オントロジと、ドメイン・オントロジ間の関係を記述するアッパ・オントロジに大別され、いつでも、どこでも、誰とでもといった概念を活用するユビキタス・アーキテクチャでは重要な役割を果たすと考えられる[5]。

2.3 サービス

ユビキタス環境におけるサービスは、既存のWebサービスの延長のように考えられる部分と、ユビキタスであるが故の新規のサービスとに大別される[6]。その様子を図2に示す。CMS(Content Management System)、ERP(Enterprise Resource Planning)、SCM(Supply Chain Management)、CRM(Customer Relationship Management)、PDM(Product Data Management)等の各種サービスのための既存システムがユビキタス・プラットフォームを通じて統合される。

既存システムの統合には、XMLによるデータ統合手法を活用する。前項で説明されたセマンティックWebによるオントロジや、それに基づく推論機能などもセマンティックWebサービスとして統合されてユビキタス社会に提供されるという枠組みである。既存のシステムにもとづくサービスに比べると、利用者に対して意味的な概念をも活用してサービスが統合される点に大きな特徴がある。

2.4 利用者

ユビキタスサービスで重要な概念となるのは、時刻、位置、個人である。時刻と位置は、物理的、客観的な概念であり、正確な時計とGPSのような位置決め装置により一元的に管理可能である。ただ個人の概念に基づく情報だけは、簡単に決めることができない。企業人としての個人、顧客としての個人、地域や家庭における個人、TV視聴者としての個人、行政システムにおける個人、カルテ情報の個人など、同一の個人でもさまざまな側面があり、そのようなサブカテゴリを活用する多様な情報システムに対して、必要な情報だけを関係付

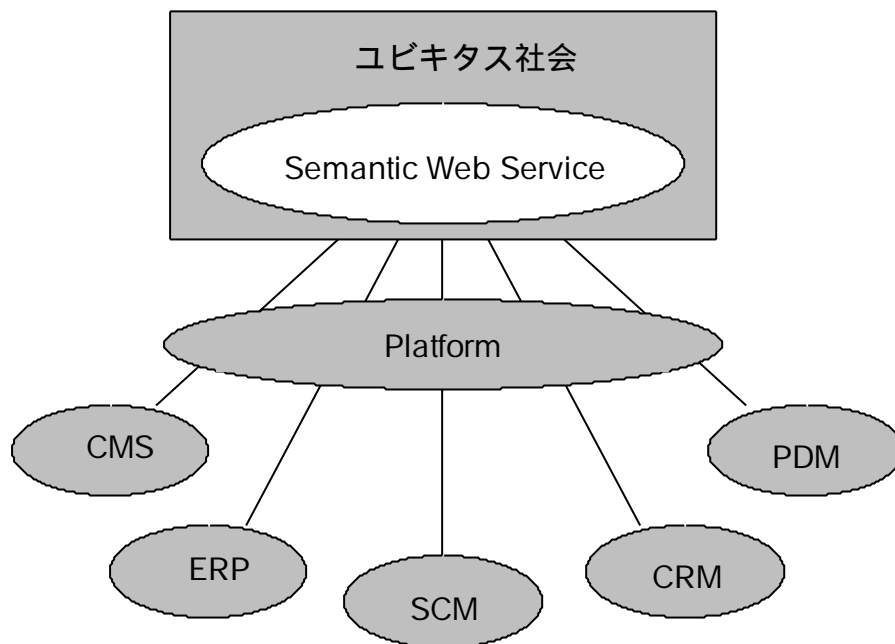


図2 ユビキタス社会におけるサービス

ける機構が要求される。そのようなメカニズムは、利用者端末側とネットワークのサーバ側との協調により実現される。そのような観点で、利用者とネットワーク・デバイスなどとの関係を位置付けた概念を図3に示す[7]。

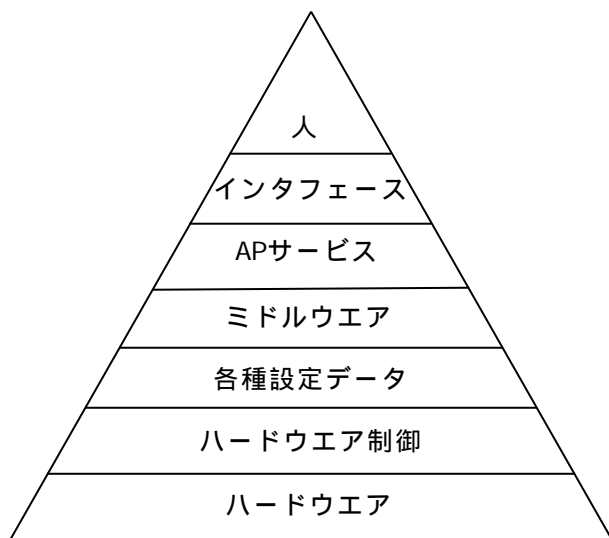


図3 利用者から見たユビキタス環境

利用者は、ヒューマンインタフェースを通じて各種アプリケーション・サービスにアクセスする。これらのサービスは、サーバ上のミドルウェアとして実装される。これだけなら、ユビキタスでない既存サービスと何ら変わらないのであるが、ユビキタスになると必須項目として、位置情報としてのセンサーや制御する対象としてのハードウェア・デバイスが関係する。そのための設定データや制御機能がバックエンド

のデータベースや組込機器制御用のモジュールとして必要となる。実用的には、さらにプライバシー、セキュリティなどの保護のためのメカニズムが必要になるが、これらの機能はユビキタス化という概念とは異なるカテゴリで扱われるべきものとする。

2.5 ユビキタス空間

オフィスや家庭、ホテル、マンション、駅、空港、・・・、人工物が存在するありとあらゆる場所や環境にコンピュータを実装すると想定した場合のシステム構成要素の関係を図4に示す[8]。まず対象へのネットワーク、ケーブルリングの問題やデバイスの取り付け、埋め込み、といった、物理的な問題がまず課題となる。そのためにデバイスインフィルと呼ぶデバイス装着システムを用意する、これは情報機器、照明、有線・無線を含むネットワーク回線を装備した機構的な枠組みで、人工物が存在する環境においてユビキタスな空間を形成するために用いられる。

ハードウェアレベルのデバイス装着の問題を解決したうえで、さらにそれらのデバイスの差異を吸収しセマンティックWebから制御するためのレイヤが必要と考えられる。ユビキタスミドルウェアは、そのための層で、空間管理、ユーザ認証・管理、サービス管理、適応的サービスなどを行う。その下の層は、ヒューマンインタフェース層で、利用者とのインタラクションをコントロールする。ユビキタスアプリケーション層は、ユビキタスサービスとして共通の機能をサポートする。その下のコンテンツ層、サービス層は、具体的なアプリケーションである。右にある運用監視、管理、遠隔制御では、遍在するコンピュータ、ソフトウェアを一元的に管理する機能を受け持つ。

2.6 デバイス

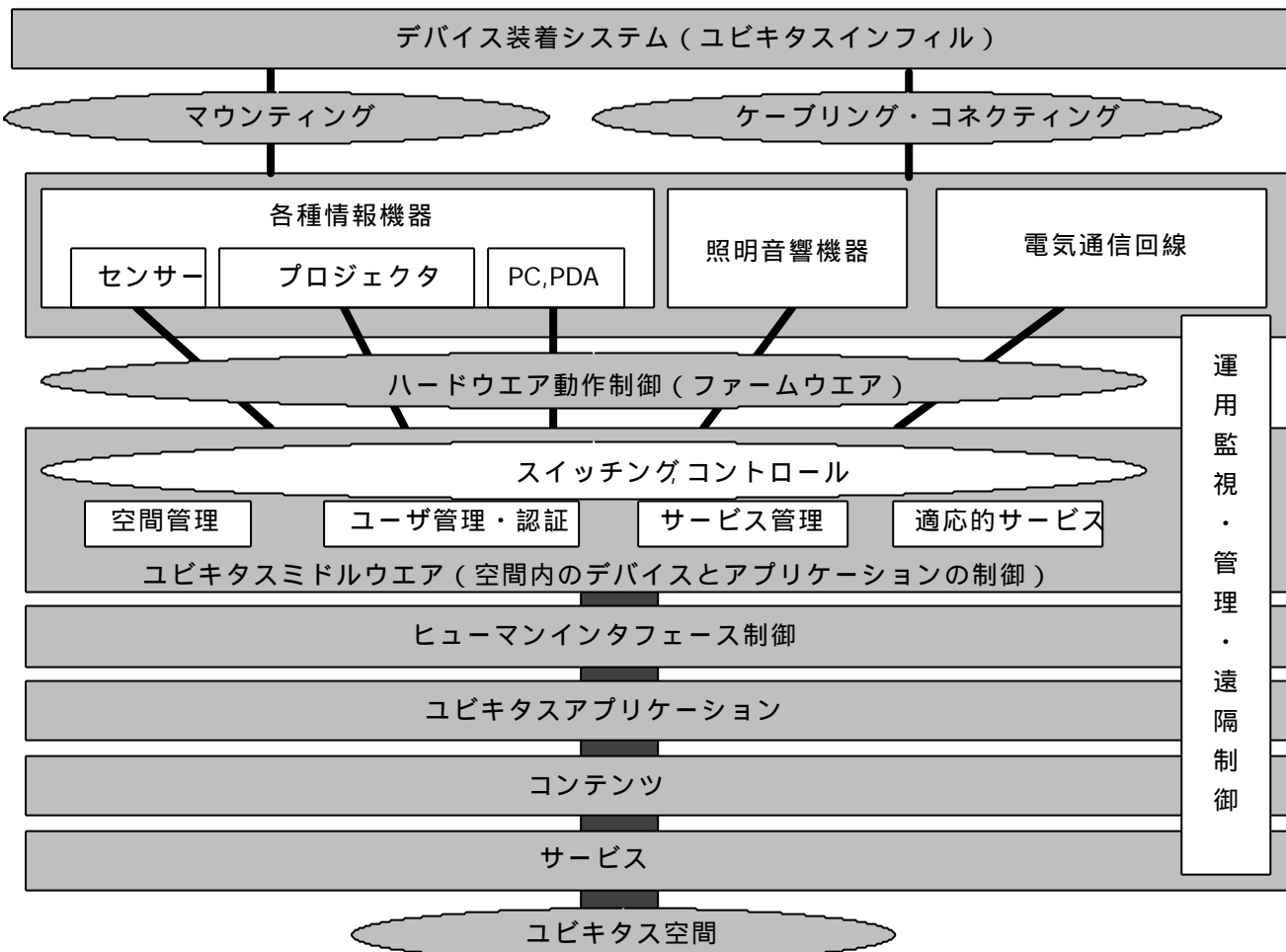


図4 ユビキタス空間アーキテクチャモデル

ユビキタスネットワーク環境では、ネットワークに接続されたデバイスが、様々なサービスに関わることになる。図3では、ハードウェアデバイスが最下層に位置づけられているが、図4では、上位に置かれている。

従来デスクトップをベースに検討されてきたオープンソースの動きを、組み込み機器にまで拡張することを要請するものであろうが、現状ではまだ具体的な取り組みがなされていない。組込Linux、T-Engineなど、候補となる技術は存在しているので、これらをの活用法を検討するのが具体的な方向であろう。

2.7 位置情報

ユビキタス社会にとって位置情報は種々のサービスにとって不可欠になるとされる。それらの位置情報には、携帯電話などによる人間を介する情報、固定ICタグや高速道路の料金所のような定点情報、GPSを活用したカーナビ情報などが挙げられる。これらの位置情報を活用するには位置情報のフォーマットを標準化して、携帯電話を中心とする歩行者用の機器と、カーナビを代表とする車載機器との相互運用を実現する必要がある[9]。

緊急通報の必要性から全ての携帯電話にGPSを組み込む検討がなされている。これが実現すると、個人の居場所はネットワークから常時把握されることになり、種々のサービスで活

用が期待される。反面、個人の居場所が常時監視されることにもつながり、この情報の使われ方には議論が必要であろう。

Googleが、Google MapsやGoogle Earthを提供し、地図情報を、衛星写真や航空写真とシームレスに連携させて使用可能とした。従来、国土省や測量会社が専門的な業界を作り、防災などの行政システムとして行っていたGISビジネスや、自動車業界と道路行政が結びついてサービスしていたカーナビビジネスなどを陳腐化させかねない飛躍的なシステムである。今後の推移を見なければ分からないが、OGCやG-XMLといった標準化組織の取り組みを傍目で見ながら、デファクト標準を作りかねない動向である。

2.8 ホームサーバーの視点

いつでも、どこでも、誰とでもコミュニケーションを図るということは、PIMの機能と位置情報管理の機能を融合させることであろう。そのように考えると、従来のPCにPIM機能(カレンダー・スケジュール管理機能、アドレス帳管理機能)とGIS機能を常駐させ、個人の活動履歴を蓄積し種々のアプリケーションから参照可能とするようなホームサーバシステムが考えられる。その構成を図5に示す[10]。

2.9 統合的視点

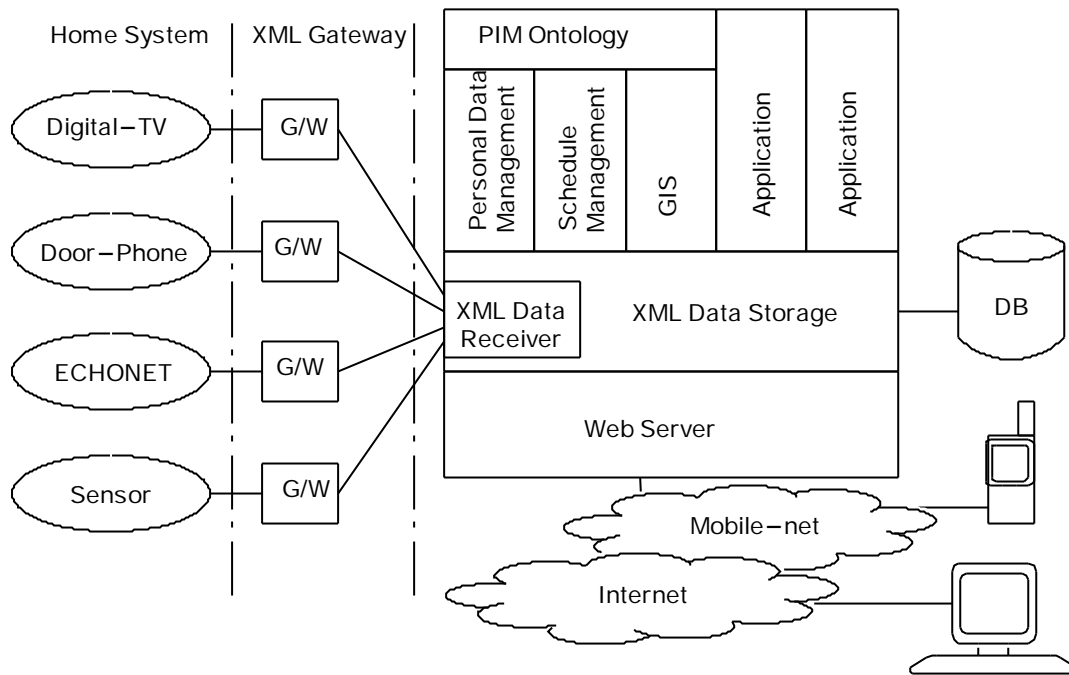


図5 XMLを用いる個人ポータル・ホームサーバの構成

以上は、Web、サービス、利用者、空間、デバイス、位置情報、ホームサーバといった個別的な視点からの見方であるが、以上をを含む全体を統合した視点によるモデルを図6に示す[11]。基本的には、対象となる物理的なモノを最下層に置

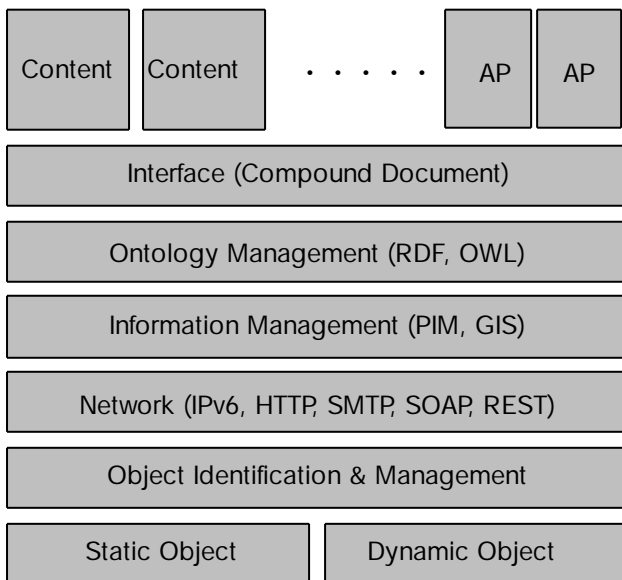


図6 統合的視点によるモデル

き、最上位にアプリケーションやコンテンツを置き、その間を種々の機能階層で位置づけたものである。ユビキタスな枠組みにおいて管理する対象のモノとしては、固定的なモノと移動するモノが存在する。前者の例としては、改札口やドアに取り付けられるセンサーが挙げられる。移動するモノとしては、個人、自動車などをはじめ、農産物、荷物などに対応

する。対象識別管理層 (Object Identification & Management 層) は、静的対象、動的对象を登録しデータベース化して識別可能とする機構を提供する。その上位の通信層 (Network 層) は、電子的な情報を場所を超越して一元的に情報管理するための層で、既存の通信メカニズムをすべて包含する。情報管理層 (Information Management 層) は、いつでも、どこでも、誰とでも (時刻、場所、名簿) というユビキタスサービス特有の機能を提供する層であり、PIMオントロジのような、意味的な関係をも管理する層である。オントロジ管理層はRDFやOWLで文字通りオントロジを管理する。インタフェース層は、利用者の操作に関係する部分で、複合文書やマンマシン空間 (ユビキタス空間) のような機能で実現される。最上位は、コンテンツやアプリケーションといった、実際のサービスを提供する層である。

3 システム構成

以上、様々な視点からユビキタスネットワークによる利用者サービスを概観したが、上記の視点を考慮した系統的なアーキテクチャ・モデルを検討した事例を紹介する[12]。図7は、モデルをUMLのクラス図で示したものである。サービスとアプリケーションというシステムの目標が、情報取得と情報解析によって達成されるという基本的なアプローチを取る。さらに情報取得はデバイス系とアクセス系に大別され、デバイス系はデバイス自体と外部対象のID系で階層化される。情報解析系は、RDF、OWLといった汎用的なメタデータ・オントロジ系の下に、PIMやGISといった個別ドメインのメタデータ・オントロジ系で構成される。

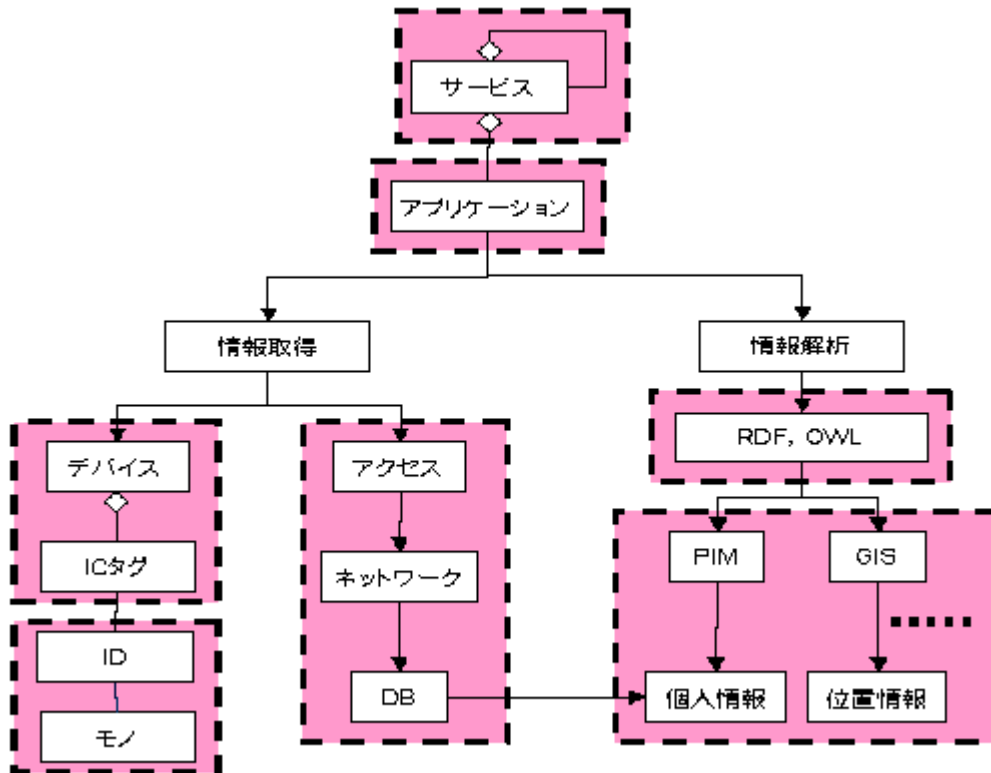


図7 アーキテクチャ・モデルの構成

この構成を、分かりやすくするために、階層化すると、表1のようになる。以下、図7と表1に基づいて個別のレイヤーを説

明する。このモデルは、図6のモデルに近い構成となっているので、対応付けて説明する。

表1 アーキテクチャ階層

階層	説明	XMLでの表現
7 サービス層	アプリケーション間で連携する方法を規定する	WSDL, REST
6 アプリケーション層	情報をどのように扱うかを規定する	どの意味(辞書)を使うかをXMLで記述する
5 オントロジ層	情報が表現する意味の記述を規定する 異なる分野の情報を関連付ける	OWL, RDF
4 情報層	モノの情報をどのように記述するか	GIS, PIM, G-XML, ダブリン・コア
3 ネットワーク層	取得したIDについて問い合わせる方法を規定する(問合せ先, 方式)	web.xml?
2 デバイス層	RFIDを読み取るデバイスの通信プロトコルを規定する	
1 ID層	「モノ」にIDを割り振る場合のルールを記述する	ID割り振りのルールをXMLで記述する

3.1 ID層

モノ（ここではICタグ）に登録するIDの割り振り方法を規定する層で図6の静的対象、動的対象の層に対応する。この層においては、誰がどのようにしてIDを付与するかが問題である。人間が誕生すると出生届けを通じて戸籍に登録され、住民基本台帳に登録され、参照できるようになる。電話や携帯電話は、機器を購入し利用者になると番号が付与されてその

番号でアクセスされる。モノのIDの登録に関してもそのようなメカニズムが要求される。

静的なモノと動的なモノでは、ID付与の考え方が異なる。静的なモノは特定の位置を示すものなので固定位置情報の指標として使われるが、動的なモノはその位置情報が移動情報として使われる。いずれにせよ、一元的なデータベースを構築することは非現実的で、個別分野ごとにルールや責任主体を

定め、その相互運用を計るような思想が必要である。なお、商品コードに関する統一案は、商品トレーサビリティ研究会（経済産業省）がISOに提案している[13]。

3.2 デバイス層

IDを読み取るデバイス、外界の情報を取得するセンサが扱う通信プロトコルを規定する層で図6の対象識別管理層にほぼ対応するであろう。ID層がモノとIDとの関係を対応付けるが、この層ではそれを電気信号のレベルに変換する。IDとともに、時刻や位置情報も付与されることがある。

3.3 ネットワーク層

IDに関連付けられた情報を取得する方法を規定する層である。IDはモノに付与されているが、モノ自体の電子的な情報は外部のデータベースに登録されている。この層では、IDをキーに、ネットワーク経由でデータベースに照会するプロトコルを規定する。

データベースはWebを使って一元的に操作され、HTTPをはじめとする通信メカニズムが背後で支えているので、図6の通信層に対応する。

3.4 情報層

モノの情報の記述を規定する層である。基本的には、ユビキタスに関わる、個人情報管理（PIM）、位置情報（GIS）、コンテンツ情報（Dublin Core）などを時刻（カレンダー）情報との関連で、管理する。この層は、図6の情報管理層に対応する。

3.5 オントロジ層

情報層で記述された情報の意味的な関係を規定し、履歴情報などから最適パラメタなどを算出する。この層は、図6のオントロジ管理層に包含される。

3.6 アプリケーション層

情報層、オントロジ層を活用するアプリケーション層である。図6のインタフェース層、コンテンツ層/アプリケーション層に対応する。

3.7 サービス層

アプリケーション層に基づき各種サービスを提供する層である。図6のコンテンツ層/アプリケーション層に対応するであろう。

4 ネットワーク

4.1 はじめに

ユビキタス社会のインフラを支えるのはインターネットである。インターネットにつながる機器の数、種類の増加に応じてインターネットに対する要求も多様化してきた。インターネット側にも信頼性や優先制御のような新しい機能が追加され、高度化の技術が進んでいる。ユーザにストレスなく通信を提供するには、まずインターネットの管理、監視が必要となる。利用の状況を把握しそれによって優先制御を行ったり迂回路を提供するなどの処理を行うために、ユーザ情報との協調が必要となるのである。ただしユーザはこの協調を意識しないよい。本章では、図8に示すユーザとインターネットをつなぐための情報統合モデルを紹介する[14]。

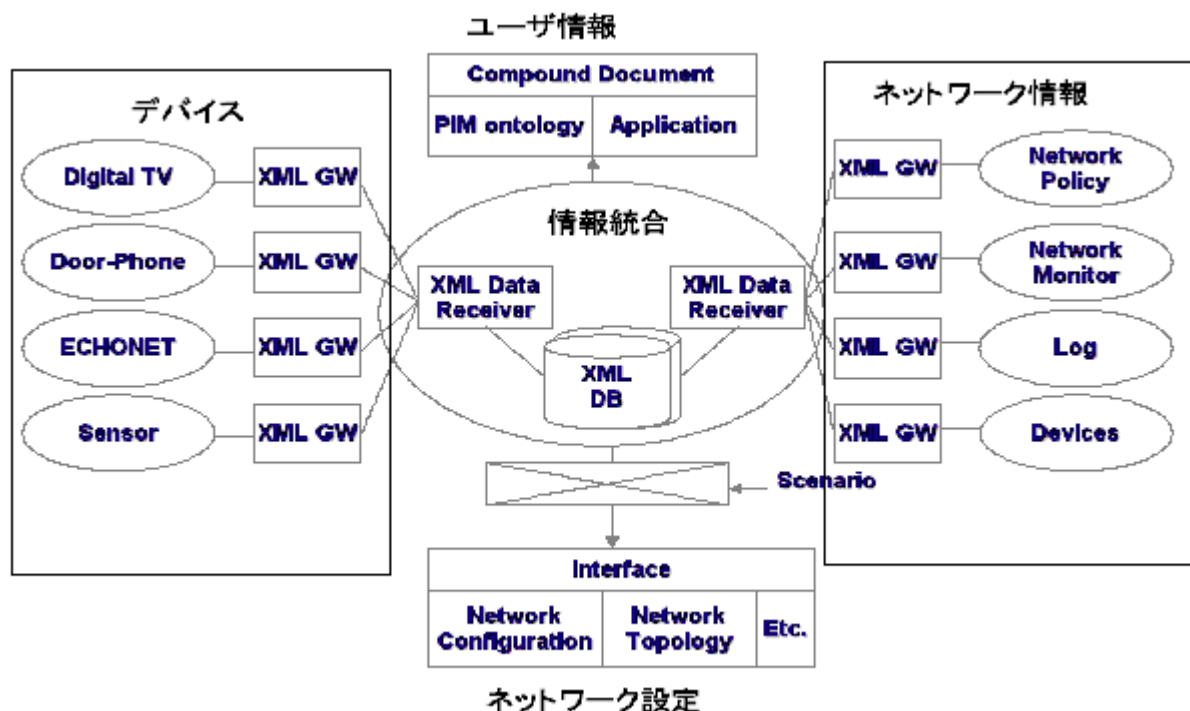


図8 ネットワーク情報統合モデル

4.2 ユーザとインターネットをつなぐ

現在は、ユーザデバイス、ユーザ情報、ネットワーク情報、ネットワーク設定は個々に動作している。これらの要素は協調する必要などないように見えるが、ユビキタス社会で実現されるべきさまざまな機能を提供するためには協調が必要である。それも単にネットワークにつながるだけでは不十分で、関連情報を共有し、解析して推論をしていくことが不可欠である。連携する機器が増えることから、機器の管理が自動化を進める必要がある。そのための第一歩が情報の統合である。デバイスやプロトコルを共通にすることで連携するのは困難であるが、流れる情報であれば XML のような共通フォーマットを利用して相互交換が可能となる。

4.3 ネットワーク情報統合モデル

図8のユーザデバイスは、図5にある個人ポータル・ホームサーバで用いられるような、ユーザが扱う機器を想定している。家電やセンサー、ドアホンなどの有機的な結合、つまり帰宅と同時に電気やエアコンが稼動するのは、ユビキタス社会の最も簡単なストーリーである。対するネットワーク情報は、現在は意識されていないが、特にTVやPCなどの機器が稼動を始めるのと同時に利用傾向が変わるため、情報を連携させることによってよりユーザにとって快適な環境を提供できる。そのためには、シナリオとインタフェースを通してネットワーク管理やネットワークトポロジ(構成)情報を統合し、ネットワーク機器の設定情報へ反映することが必要となる。ユーザ情報では、デバイスやネットワークなどの統合された情報と、PIM情報やアプリケーションを Compound Document のような表示、あるいはインタフェースを使って各ユーザに最適な情報、環境を提供する。以上のように、ネットワーク情報はユーザには見えないながらも、ユーザのふるまいと同期するように変化するものであり、そのためにはユーザ情報との相関が必要となるのである。

5 考察

以上、種々の視点から、ユビキタスコンピューティング、ユビキタスネットワークのための、システムモデル、システムアーキテクチャのための参照モデルの検討を試みた具体例を示した。

ユビキタスシステムは、人間とコンピュータ、ネットワークの共存システムであり、全てをシームレスに整合させることは不可能であろう。上記のモデル群も各々存在意義を持ちながら、異なるモデルとの整合を要求されている状況である。たとえ、整合の取れたモデルが出来上がっても、技術進歩、それに伴う消費者の嗜好の変化などで、永続させることは困難であろう。

視点としては、2章で提示したさまざまな視点があり、各々のカテゴリで汎用性のある、普遍的なモデルの検討が必要である。さらにさまざまな視点を統合する、上位のモデルが必要になる。そのモデルはシステム構築のモジュール性とデータの流れの両面から考える必要があり、その基本検討を第3章、

第4章で触れた。今後はさらにこのモデルをリファインし、完成度を上げたいと考えている。

6 おわりに

ユビキタスコンピューティング、ユビキタスネットワークのための、システムモデル、システムアーキテクチャのための参照モデルの検討を試みた。考察でも述べたとおり、検討途上の過程における案ではあるが、ここで素案を提示し、みなさまのコメント、ご意見を伺いたいと考えている。

以上の素案に基づき、さらに汎用性を高めた参照モデルを検討したいと考える。最後に検討に参加していただいたXMLコンソーシアムユビキタス組込系部会の方々に謝意を表したいと思います。

文献

- [1] <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>
- [2] 大場; “スタートレックから想像するユビキタスネットワーク社会の未来予想図”, XMLコンソーシアムXML Week資料(2005.6)
- [3] <http://www.w3.org/2005/MWI/>
- [4] <http://www.w3.org/2001/sw/>
- [5] 高木; “ユビキタスコンピューティングとセマンティックWEB”, XMLコンソーシアムユビキタス組込系部会資料(2005.7)
- [6] 藤岡; “セマンティックな技術が実現する世界”, XMLコンソーシアムユビキタス組込系部会資料(2005.7)
- [7] 中村博子; “ユビキタス空間を想定した参照モデル”, XMLコンソーシアムユビキタス組込系部会資料(2005.7)
- [8] 田中; “ユビキタス空間を構成する要素”, XMLコンソーシアムXML Week資料(2005.6)
- [9] 大森; “ヒトナビによる情報共有化について”, XMLコンソーシアムXML Week資料(2005.6)
- [10] 大野; “モバイルCRMへのオントロジ適用の可能性”, 画像電子学会VMA研究会研究報告, (2004.1.16)
- [11] 大野; “なぜ、今、ユビキタスか?”, XMLコンソーシアムXML Week資料(2005.6)
- [12] 中村雄一; “ユビキタス参照モデル(案)”, XMLコンソーシアムユビキタス組込系部会資料(2005.7)
- [13] <http://www.jagat.or.jp/pdf/topic/shibata-1.pdf>
- [14] 新麗; “ネットワーク情報へのオントロジ適用の検討”, XMLコンソーシアムXML Week資料(2005.6)