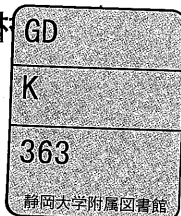


理工学研究科 村



0003528320 R 363

静岡大学 博士論文

移動通信アプリケーションミドルウェア の設計法に関する研究



2003年8月

大学院理工学研究科
設計科学専攻

村田 嘉利

論文要旨

携帯電話の契約数は 2003 年 3 月には 8,000 万契約を、携帯電話の普及率も 60%を越えた。更に、いつでもどこでもインターネットに接続できる IP 携帯電話も 1998 年のサービス開始からわずか 4 年で急成長し、6,000 万契約を越えた。その結果、全人口の約半分が IP 携帯電話を利用して常時インターネットに接続可能なモバイルインターネット社会が出現した。モバイルインターネットは PC によるインターネット以上の社会インフラとなり、ライフスタイルを変えつつある。

いくつかの企業が、この社会インフラとも言うべきモバイルインターネットを利用した各種サービスを既に提供、あるいはトライアルをしている。着メロやゲーム配信といったコンテンツ配信サービス以外にも、携帯電話を利用して自動販売機からソフトドリンクを購入したり、レストランで支払いを行ったりするコマース系サービス、自動販売機等のリモートモニタリングを始めとするユビキタス系サービスが始まっている。

しかし、その中で成功しているのは、軽量コンテンツ配信だけというのが実情であり、ユビキタス系サービスやコマース系サービスについては、これからという状況である。その理由としては、

- ・ IMT-2000 のカバーエリアの狭さ
- ・ 上記に対応し、ビジネスへの適用も考慮した端末の充実不足
- ・ 高い通信料金

と言った基本的な問題に加えて

- ・ これらのサービスがまったくの新規サービスであり、将来性があるか不透明である。
- ・ それであるが故に、開発者の経験と勘に頼った開発が多く、開発投資額が限られていることが多い。

といった新規サービスに付きまとう将来性に対する不安感がある。

上記 3 つの基本的問題については、通信事業者の努力により早晩解決すると考えられる。その一方、市場の将来性に対する不安感に対しては、開発投資をはじめとする先行投資を低減する仕組みが必要である。その仕組みの 1 つとして、通信事業者等の移動通信関連事業者による、サービス開発を支援するためのミドルウェアの提供がある。例えば、軽量コンテンツビジネス成功要因の 1 つに、通信事業者がコンテンツ事業者に料金代行回収サービスを提供したことが挙げられている。しかし、今後の多様なサービスの発展を促すミドルウェア群が、充実しているとはいいがたいのが実状である。

『通信系アプリケーションは、通信を行う主体と取り扱う情報種別によって分類される。サービスは人間に対して提供されるものであることから、通信主体の一方は人であり、情報関連ツールを通してアプリケーションは利用される。』との仮説に基づき、ユーザが身に付けているものやバッグに入れて持ち歩いている情報関連ツールから移

動環境下で取り扱う情報種別の抽出を行い、モビキタスアプリケーション種別の体系的分類を行う。それらのアプリケーションを実現するにあたって共通的に必要となる機能を切り出すことによりミドルウェアのクラス分けを行い、分類モデルを提案する。また、ミドルウェアをコアネットワーク寄りの下位ミドルウェアとアプリケーション寄りの上位ミドルウェアに分け、アプリケーションは3階層から成るプラットフォーム上に構築される基本システム構成モデルを提案する。

続いて、それらミドルウェア群の中から、第3世代移動通信サービスにおける主要アプリケーションと期待されているユビキタスコンピューティング／モバイルペイメント／マルチメディアに関連して、ユビキタス系サービスであるリモート監視&コントロールのためのリモート監視オブジェクト管理ミドルウェア、モバイルコマースを中心に重要となるユーザ認証ミドルウェア、主要マルチメディアサービスである映像配信サービスに対してプロトコル変換を行う映像ストリーミングミドルウェアについて商用システムあるいはプロトタイプを開発し、評価した。それによって得られた、各ミドルウェアの設計法について述べる。

目 次

1. 序論	1
1. 1 研究背景とその目的	1
1. 2 従来の研究の概観	4
1. 3 研究の特長と概要	7
1. 4 論文の構成	9
2. モバイルインターネット環境	11
2. 1 まえがき	11
2. 2 移動通信市場	12
2. 3 移動通信システム	18
2. 4 モバイルインターネットのネットワーク構成	24
2. 5 モバイルインターネットの課題	25
2. 6 あとがき	26
3. モバイル&ユビキタスアプリケーション (モビキタスアプリケーション) の体系化	27
3. 1 まえがき	27
3. 2 モビキタスアプリケーションの体系的分類	29
3. 3 モビキタスアプリケーションの方向性	32
3. 4 アプリケーションミドルウェアの体系的分類	34
3. 5 モビキタスアプリケーションシステム構成	37
3. 6 あとがき	39
4. リモート監視オブジェクト管理ミドルウェア	40
4. 1 まえがき	40

4. 2	課題および要求条件	41
4. 3	関連研究	42
4. 4	4階層オブジェクト管理モデル	43
4. 5	機器リモートモニタリングシステム	48
4. 6	映像系リモートモニタリングシステム ー家庭向けセキュリティシステムー	62
4. 7	あとがき	72
5.	音声認識を利用したユーザ認証ミドルウェア	74
5. 1	まえがき	74
5. 2	要求条件	75
5. 3	基本設計条件	76
5. 4	プロトタイプシステム	80
5. 5	システム評価	81
5. 6	あとがき	82
6.	映像ストリーミングミドルウェア	84
6. 1	まえがき	84
6. 2	モバイル映像配信サービスの分類	85
6. 3	映像ストリーミングミドルウェアへの要求条件	87
6. 4	映像ストリーミング伝送制御方式	88
6. 5	あとがき	104
7.	結論	106
	謝辞	109
	参考文献	110
	筆者発表論文	115

第1章

序論

1. 1 研究背景とその目的

音声をアナログ信号で送る第1世代の移動通信システムに引き続き、音声をデジタル信号で送る第2世代方式の1つである GSM 方式[1,2]が 1992 年にヨーロッパでスタートした。1993 年には日本でも PDC 方式[3,4]が提供され、現在の主力方式となっている。この第2世代方式では、初期の音声通信サービスに加えて、音声の代わりにデータを伝送する移動体データ通信サービスが始まった。利用形態としては、ノート PC に携帯電話あるいは無線モデムを接続してサーバに接続するモバイルコンピューティングであった。1997 年にはそれまでの回線交換方式に加えてパケット交換方式を採用した PDC-Packet 方式[5,6]が日本でスタートした。この方式は、時間課金ではなく情報量課金を採用しており、常時セッションを確立しておくことが可能であった。NTT ドコモは、携帯電話にメール機能と WWW ブラウザを搭載した携帯電話を利用してインターネットに接続する i モードサービス[7]において、情報量課金と常時セッション性から PDC-Packet を採用した。他社も追従し、その契約者数は 2003 年 3 月末時点で 6000 万台となり、その普及率は携帯電話契約者全体の 80%に迫ろうとしている[8]。その結果、全人口の約半分が IP 携帯電話を利用して常時インターネットに接続可能な社会が出現した。町じゅうにケータイでメールを打つ人があふれ、待ち合わせスタイルを変える(いい加減に時間・場所を設定、その後携帯電話で連絡をとりながら落ち合う)など、ライフスタイルに変化を引き起こしている。この携帯電話を利用してインターネットにアクセスするサービスは、一般的にモバイルインターネットサービスと呼ばれ、その機能を有する携帯電話を IP 携帯電話と呼ぶことが多い。

IP 携帯電話には、単にメールやコンテンツアクセス機能に加えて、カメラが標準的に搭載される状況にあり、一部機種には GPS も内蔵され始めた。それと共にそれらを利用したサービスも多数出てきている。また、IP 携帯電話と QR-Code[9,10]を組み合わせることで自動販売機からソフトドリンクを購入[11]するといったモバイルペイメントサービスや無線パケットシステムの常時接続性を利用した各種機器の遠隔監視・コントロ

ールといったユビキタス系サービスも既に始まっている。携帯電話への内蔵が進んでいる Ir-DA や Bluetooth [12,13,14] に加えて非接触カードの内蔵も計画されており、これら近距離通信システムを利用して更にユビキタス系サービスが広く展開されると期待される。

IP 携帯電話の進化と相前後して IMT-2000 サービス [15,16,17,18] が 2001 年 10 月にスタートした。cdma2000 1X では 144Kbps、W-CDMA では 384Kbps の伝送が可能となっており、第 2 世代方式の最大 64Kbps に比べて格段の高速化が可能となった。

IMT-2000 は高速化に加えて、マルチメディアへの対応とグローバルユースを目的に開発された移動通信システムであり、TV 電話や映像配信サービスといったマルチメディア系のサービスが始まっている。IMT-2000 の普及拡大により、モバイルアプリケーションの多様化・世の中への浸透が加速するものと考えられる。

一方、ADSL をはじめとするブロードバンドインターネットの普及により、インターネット技術をベースとして有線／無線 LAN、長距離移動通信システムを融合したユビキタスネットワーク [19] の研究が積極的に進められている。自動車や家電機器をはじめとする各種機器に取り付けられたセンサーがユビキタスネットワークに接続され、地球上に張り巡らされることによりセンサーネットワークが構築され、生活・社会・産業における「神経系」になるとの提案もされている [20]。また、TV を見ている最中に部屋を移動しても移動先の TV で同じ番組を見続けることができたり、冷蔵庫の中身から今日のレシピを提案してくれるなどのサービスが考案されている [21,22]。それらの研究の多くは、実空間におけるオブジェクトをユビキタスネットワークに接続することによりインターネット上の仮想空間とを統合した超環境 [19] を前提としている。超環境を前提としたアプリケーションをユビキタスアプリケーションと呼ぶことにする。

以上より、ユビキタスアプリケーションの実現に向けては、移動通信システムをベースとする実用システムからのアプローチと有線系インターネットをベースとする未来指向の研究からのアプローチ 2 つから進んでいるといえる。現在、移動通信を中心とする世界で進んでいるアプリケーションの進化の度合いは、ユビキタスアプリケーションの前段といえ、ここでは、そのアプリケーション概念をモビキタスアプリケーションと呼ぶこととする。

本研究は、ユビキタスネットワークのように近未来を想定した研究ではなく、現在の市場を前提としたモビキタスアプリケーションの研究開発を行い、その普及・拡大を促すことにより人々の生活を豊かにすることを目的とする。移動体データ通信は、先に述べたように急激に進化を続けており、社会生活への影響度が増しているが、これまでのところビジネス的に成功していると言えるのは、メールやエンタテインメント系のコンテンツ配信に限られている。通信を利用したサービスがビジネス的に成功するためには、人的問題に加えて

- ・ サービス内容および利用料金がユーザに喜んで受け入れられるものであること
- ・ 関係者が利益を共有できるビジネスモデルであること
- ・ 技術的課題をクリアできること

が重要である。利用料金の低減については、経営努力に加えて、低価格化に向けた技術開発が重要である。また、多様なサービス開発を促すために開発投資を低減する必要もある。ここでは、モビキタスアプリケーションの発展に向け、導入コストの低減および開発投資の低減につながる技術開発として、個々のモビキタスアプリケーションに対して共通的功能を切り出したミドルウェアの研究開発を行う。具体的には、モビキタスアプリケーションおよびミドルウェアの体系的分類を行うと共に、アプリケーションシステムをミドルウェアを用いて構成する場合の基本構成モデルを示す。更に、具体的なミドルウェアについて、その設計法を示す。

「ミドルウェア」という言葉は、データベースのエンジンである RDBMS (Relational Database Management System) にも適用されている。また分散システムにおける個々のコンピュータリソースの隠蔽処理を行うソフトウェア[91]や異なったネットワークアーキテクチャやプロトコルを吸収するソフトウェア (ネットワークミドルウェアと呼ばれることが多い) にも使用されており、その適用領域は非常に幅広い。ここでは、「複数のアプリケーション群に対して共通的功能を提供するソフトウェア群をアプリケーションミドルウェアあるいは単にミドルウェア」と呼ぶこととする。

アプリケーションミドルウェアとしては、映像ストリーミングサービスのためのミドルウェア[53]やロケーション情報を提供するミドルウェア[27]等、いくつか既に提供されているが、モバイルコマースのための個人認証ミドルウェアを始めとして未整備なものも多い。多様な移動通信アプリケーションに対応したアプリケーションミドルウェアの体系的整理を行った上で、その整備を行うことが望ましい。

本研究では、『通信系アプリケーションは、通信を行う主体と取り扱う情報種別によって分類される。サービスは人間に対して提供されるものであることから、通信主体の一方は人であり、情報関連ツールを通してアプリケーションは利用される。』との仮説に基づき、ユーザが身に付けているものやバッグに入れて持ち歩いている情報関連ツールから移動環境下で取り扱う情報種別の抽出を行い、モビキタスアプリケーション種別の体系的分類を行った。また、それらアプリケーション群を実現するにあたって共通的功能を切り出すことによるミドルウェアの体系的分類を行ない、モビキタスアプリケーションのシステム構成モデルを提案する。続いて、それらミドルウェア群の中から、第3世代移動通信サービスにおける主要アプリケーションと期待されているユビキタスコンピューティング/モバイルペイメント/マルチメディアに関連して、ユビキタス系サービスであるリモート監視&コントロールのためのリモート監視オブジェクト管理ミドルウェア、モバイルコマースを中心に重要となるユーザ認証ミドルウェア、主要マルチメディアサービスである映像配信サービスに対してプロトコル変換を行う映像ストリーミングミドルウェアについて商用システムあるいはプロトタイプを開発した。評価した結果、充分サービスに供することが可能であることを確認した。各ミドルウェアについて設計法を示す。

1. 2 従来の研究の概観

現在、移動通信関連事業者によって提供されているアプリケーションはコンテンツ系が中心であり、ビジネス系サービスについては、経験から得られたニーズに基づいてシステム開発・提供されている事例がほとんどである。具体的にはグループウェアや勤務時間管理などのASPが中心となっている。最近では、割引クーポンやポイントサービスといったモバイル (m) -コマース系も表れ始めている[23,24]。それ以外のアプリケーションとしては、各事業者が自己の必要性から日報や受発注などのデータベースアクセス系のシステムや、各種機器や汚染状況のリモート監視[25]等のシステムを開発・利用している事例がほとんどである。

モビキタスアプリケーションの体系化に関する研究報告は見当たらないが、NTTドコモは、その事業戦略としてマルチメディア/ユビキタス/グローバルの3つを提示し、開発・サービス提供を進めている[26]。その際、個々のサービスを人-人/人-機械/機械-機械の3つに分類し、表1.1に示すように整理している。しかし、この分類には受発注やSFA等の事業所向けサービスやラーニング系のサービスは含まれておらず、モビキタスアプリケーションを体系的に整理しているとはいえない。

表 1. 1 モバイルマルチメディアアプリケーションの分類例
; NTT ドコモの場合

人-人	携帯電話 (音声通信) メール TV 電話
人-機械	iモード 位置情報配信 (GPS) 電子新聞・広告/映像配信 音楽配信 電子決済 (m-Commerce, m-Payment)
機械-機械	環境監視 遠隔監視 (車両、自販機、家電機器) カーマルチメディア (ITS Telematics)

各アプリケーションをサポートするミドルウェアについても、アプリケーションと同様、経験や市場からの要求に従って開発・提供されている。iモードを始めとする軽量コンテンツサービスや音楽/映像配信サービスにおける課金/ポータル/ストレージサーバはミドルウェアに相当する。位置情報についても、高感度GPSに対するサポートセンター[27,28]もミドルウェアとしてサービス提供されている。ストレージについては、Open Mobile Alliance OMA[29,30]において標準化が進められている。

モビキタスアプリケーションが体系的に整理されていないこともあり、ミドルウェアも体系的に整理されていない。しかし、モビキタスアプリケーションの普及・拡大のため

めにも適切なミドルウェアが整備され、市場を牽引することが望ましい。以下、第3世代移動通信サービスにおける主要アプリケーションと期待されているユビキタスコンピューティング／モバイルコマース／マルチメディアに関連して、ユビキタス系サービスであるリモート監視&コントロールのためのリモート監視オブジェクト管理ミドルウェア、モバイルコマースを中心に重要となるユーザ認証ミドルウェア、主要マルチメディアサービスである映像配信サービスに対してプロトコル変換を行う映像ストリーミングミドルウェアについて関連研究開発状況を述べる。

【リモート監視オブジェクト管理ミドルウェア】

無線パケット通信システムは設置場所に対する制約の少なさと常時セッションを張りつづけられることから、それを利用した自動販売機やエレベータ等のリモートモニタリングが先進的ユーザを中心に導入が進んでいる。そのほとんどが、複数のセンサーがデータロガーに接続され、無線パケットシステムを利用して監視データをサーバに集約する構成となっている。研究レベルとしては自動車を対象としたテレマティックス[35,36]やITS[37]の研究開発の1つとして、センサー系リモートモニタリングが取り扱われている。また、四国電力はOpen Planet構想[38,39,40]の中で温室監視等のリモートコントロールの一部としてセンサー系リモートモニタリングを扱っている。いずれの実用システムや研究システムにおいても、個々にセンサーおよびセンサー情報を管理している。階層構造的にセンサー群を管理することにより、それが取り付けられている機器の状態を管理するといったコンセプトは見当たらない。アプリケーションミドルウェアとしての幅広い利用を想定すると、ユーザの多様な要望に応えながらセンサーおよび設置機器の状態を一元的に管理することが望ましい。

センサー監視サービスはユビキタス系サービスに属するが、ユビキタス系サービスについては、インターネット技術からのアプローチによる研究が積極的に行われている。その研究の多くは、サイバーワールドとリアルワールドの全てのオブジェクトを統合的に扱う超環境[19,29,31]を前提としている。超環境でネットワーク家電やPDA、ロボット、センサー等のアプライアンス、コンテンツ、アプリケーションサーバ等のオブジェクトを利用して多様なアプリケーションを実現するためには、ユビキタスネットワーク上のオブジェクトを効率よく探し出し、組み合わせる必要がある。そのためのミドルウェア技術として、慶応大学ではVNAアーキテクチャおよびWappletアーキテクチャを提唱している[21]。NTTドコモでは、サイバーワールドとリアルワールドの全てのオブジェクトに付与する万物ID、および万物IDからサービスを取り出すユビキタスディスカバリ・サービスUDSを提唱している[32]。また、応用実験として多くの企業がユビキタスハウスを構築してネットワーク家電やセキュリティー等の研究を行っている[32,41,42]。

自動販売機や工業用機器を始めとする監視対象物の多くはIP対応になっておらず、監視対象物に取り付けられたアナログデータを出力するセンサーがデータロガーに接続され、そこでA/D変換されたデータが無線パケットを介してセンターサーバに集約

される構成となっており、ユビキタスネットワークで研究開発している環境との間には、大きな隔たりがある。

【個人認証ミドルウェア】

携帯電話は、コミュニケーションツールやゲーム端末だけでなく、各種サービスにおける個人認証や決済のためのツールとしても利用され始めている。その際の方法として、携帯電話に指紋認証機能を付加[43,44]したり、内蔵カメラを利用した顔貌認識[45]が提案されている。指紋認証や顔貌認証では指紋や顔写真を撮ってサーバに伝送する必要がある。これは、精神的に抵抗を感じるだけでなく、データ伝送するためかなりの通信コストが発生してしまう。その対応の一つとして音声を利用する方法がある。音声であれば、携帯電話に新たな機能を付加する必要がない。音声を利用した個人認証としては、生体情報としての音声の特徴を利用した方法[46,47,48]の他に、その個人しか知らないと考えられるキーワードを音声認識機能[49]を利用して照合する方式がある。前者については、既に固定電話やPHSの利用を前提として、テレホンバンキング等、具体的サービスに利用されている[50]。その適用形態は、企業の個々のシステムに認証システムが組み込まれており、幅広い利用につながる認証機能を複数の企業／システムに提供するミドルウェアにはなっていない。

【映像ストリーミングミドルウェア】

第3世代移動通信方式IMT-2000のサービス開始により、移動通信サービスにおいても、TV電話／ビデオカンファレンスといったコミュニケーションサービスおよび映像配信サービスといった映像伝送サービスが本格的に始まった。移動通信における伝送技術としては、低ビットレートでかつフェージングや干渉といった不安定な無線伝送環境に適合したビデオコミュニケーションを可能とする伝送技術H261/H263[88]、また、それを利用した端末の仕様H324[88]が、IMT-2000 3GPPやPHS-PIAFS[51]等に広く利用されている。映像配信技術としては、同様に移動通信の低ビットレートと品質の不安定な伝送環境に対応した画像伝送技術MPEG-4[52]が開発されている。その技術的内容は、情報圧縮と誤り訂正が中心となっており、スループットが大きく変化すると伝送品質に応じて送信フレーム数の低減や画像の空間解像度の低下あるいは一時的停止といった制御をおこなっている。

ドコモは、IMT-2000 FOMAのビジュアル端末およびPHSに対応したPDA向けにライブ映像配信プラットフォーム[53]を提供している。この映像ストリーミングミドルウェアでは、同時多数のアクセスへの対応IMT-2000 FOMAビジュアル端末に対応するためのMPEG-4とFOMAビジュアル端末のTV電話プロトコルである3G-324Mとの間のプロトコル変換を行っている。

映像配信サービスの普及・拡大のためには、通信料金の低下に向け移動通信環境に適したより効率的な伝送制御技術を映像配信ミドルウェアに反映することが望まれる。その対策の1つとして、人間の主観を重視し、送信者が送信フレームに対して優先度をつ

けることにより、伝送品質に応じて送信フレームレートを変化させる方式も検討されている[54]。

1. 3 研究の特長と概要

本研究の特長は、超環境の前提に立つのではなく、現在の市場環境を前提としてモバイル向けアプリケーションおよびミドルウェアを体系的に整理し、その中からいくつかのミドルウェアを具体的に開発することにより設計法を示している点である。

モバイル向けアプリケーションミドルウェアを体系的に整理するためには、それに先立ってモバイルアプリケーションを体系的に整理する必要がある。本研究では、

『通信系アプリケーションは、通信を行う主体と取り扱う情報種別によって分類される。サービスは人間に対して提供されるものであることから、通信主体の一方は人であり、情報関連ツールを通してアプリケーションは利用される。』との仮説に基づいて多様なモバイルアプリケーションを整理した点が特長である。情報の授受を行う主体の一方が人であることから、利用形態は以下の2つに分類される。

- ・ ケース1；人が移動通信環境下でモバイル情報通信機器を利用してアプリケーションを利用
- ・ ケース2；自動車等の移動体機器（一部、自動販売機等の固定物体も含む）にモバイル通信機器を設置し、人がPCあるいはモバイル情報端末を利用して移動体から何らかの情報を得る、あるいは移動体に対して情報を発信する[10]。

ケース1のモバイルアプリケーションとしては、移動環境下で行っている情報関連作業のモバイル&ユビキタス化と言える。それ故、情報種別としては以下に集約される。

- ・ 鞆や身に付けて持ち歩く情報関連ツールで取り扱われる情報
- ・ 家電機器等のリモコンを利用して取り扱う情報
- ・ 業務用におけるハンディーターミナル等を利用した作業の中で取り扱う情報

鞆の中や身につける情報ツールは非常に多くあり、利用目的も多様である。ケース2においては、モバイル通信機器が取り付けられる対象物は多様であるが、授受する情報種別としては対象物からのセンサー情報や対象物をリモートコントロールするための情報に限られており、作業としてもリモートモニタリングやリモートコントロールが中心である。取り扱う情報別に作業を整理するとユーザ認証 や M-コマース & 決済を始めとして15クラスに分類された。また、15クラスに分類したアプリケーションからミドルウェアを切り出した結果、認証機能／課金機能／位置管理機能／プロトコル変換機

能のようにコアネットワークがアプリケーションに対して提供する機能およびコアネットワークを補完するミドルウェアを下位ミドルウェアと位置付けることにより、マスメディア／ポータル／映像伝送制御プラットフォーム等のアプリケーションをサポートするミドルウェアを上位ミドルウェアと位置付け、モバイルアプリケーションを提供するシステムを4階層モデルで構成することを提案した。本モデルに基づいて全体のシステムを構築することによりミドルウェアの共用化率が向上し、経済的にアプリケーションを提供可能になることが期待できる。

以下、今回開発したユビキタス系サービスであるリモート監視&コントロールのためのリモート監視オブジェクト管理ミドルウェア、M-コマースを中心に重要となるユーザ認証ミドルウェア、主要マルチメディアサービスである映像配信サービスに対してプロトコル変換を行う映像ストリーミングミドルウェアについて、それぞれ特長を述べる。

【リモート監視オブジェクト管理ミドルウェア】

監視対象の中には自動車のように1つの監視対象物が複数の系統に分かれおり、管理も系統別に管理することが望ましいものもある。また、ユーザによっては1つのデータロガーで複数の対象物を監視したいとの要望もある。これらの多様な監視対象に柔軟に対応するためには、各センサーを独立したオブジェクトとしてとらえるのではなく、監視対象物に取り付けられたセンサーを階層化して管理することが望ましい。

超環境におけるユビキタスネットワークの研究の1つとして、ネットワーク上のオブジェクトを特定し、サービスとリンクさせるため、ネーミングの研究[31,56,57]がされている。これらの研究においては、各センサーやネットワーク家電はそれぞれ独立したオブジェクトであり、相互に連携はするが、階層関係は規定されていない。

また、ミドルウェアとしてセンサー管理機能を提供するためには、これらの多様な監視対象に柔軟に対応可能であると共に各ユーザ毎に監視対象を管理する必要がある。本ミドルウェアでは、監視対象をクライアント／データロガー／デバイス／センサーの4階層オブジェクトで管理するモデルを採用した。また、各オブジェクトの業務範囲を規定することにより、サーバと監視対象物との間の信号種別を規定した。これにより、各ユーザの独立性を保ちつつ、多様な監視対象に柔軟に対応可能となった。既に商用サービスし、いくつかのユーザに提供しているが、これまでに対応困難なケースは発生していない。

【個人認証ミドルウェア】

本個人認証ミドルウェアの特長は、精神的な抵抗感が少ない音声を利用した点である。音声を利用した個人認証としては、生体情報としての音声の特徴を利用した方法[46, 47, 48]の他に、その個人しか知らないと考えられるキーワードを音声認識機能を利用して照合する方式がある。固定電話やPHSでは通話に利用される音声コーデックが固定であるのに対し、携帯電話の場合には、事業者によって音声コーデックの種類が通信の混み具合によって自動的に切り替わるため、生体情報としての音声を個人認証に使う

ことが難しい。そのため、本研究では、認証請求者しか知らないと考えられるキーワードを事前に登録しておき、音声認識機能を利用してキーワード照合する方式を採用した。ここでは、多くのユーザにミドルウェアとして個人認証機能を提供するため、システム構成、制御フローおよびアクセス者の管理 DB 構造を提案した。それに基づいてプロトタイプを開発し、評価した。その結果、非常に高い認証率が得られ、操作性も従来方式であるトークン型ワンタイムパスワード方式と同程度であり、実用的に問題ないことを確認した。

【映像ストリーミングミドルウェア】

移動通信環境でより効率的な映像ストリーミング伝送を実現するため、従来方式のように伝送路の品質に応じた送信フレームの間引きや空間的解像度を落とした送信フレームを送るのではなく、人間の主観を重視し、鑑賞に耐える映像を送ることを目指した伝送制御技術 SSM を提案した。具体的には、まず、コンテンツ製作者がコンテンツの意味的内容から優先度を決め、送信フレームの間引きや空間的解像度の調整を行う。コンテンツ配信に当たって、伝送路の品質を監視し、スループットが低下した場合は低優先度のシーンは送信フレーム数を減らすと共に空間解像度も低下させることにより、優先度の高いシーンに伝送キャパシティを割り当てる。PC とネットワークエミュレータを利用してシミュレーションを行った結果、従来方式に比べて主観的に高い品質を確保できることを確認した。

1. 4 論文の構成

本章では、モバイル&ユビキタスインターネットアプリケーション（モビキタスアプリケーションと呼ぶ）について、従来の研究開発動向を示すと共に、本研究について特長を中心にその概要を述べた。

第2章では、移動通信アプリケーションが急速な発展をしている背景およびアプリケーションの研究を行う上で理解しておく必要がある移動通信システムの概要について述べる。まず、2.2節で携帯電話の普及率、移動体データ通信サービスの動向等、移動通信市場全般について述べる。2.3節では、アプリケーションの可能性を大きく左右する移動体通信システムについて、最新の IMT-2000 に至るまでの進化の過程を説明する。また、これからのモバイルアプリケーションを考える上で参考となる現状のモバイルインターネットのネットワーク構成を2.4節で紹介する。2.5節において、現在の移動通信アプリケーションの市場的課題および技術的課題について整理する。

第3章では、本研究の主題であるモビキタスアプリケーションおよびそれをサポートするミドルウェアを体系的に分類し、整備すべきミドルウェア種別を明らかにする。3.2節において、ユーザが身に付けている物からモビキタスアプリケーションの体系的分類を行う。3.3節においてモビキタスネットワークの特長から分類したアプリケーシ

ョンの今後の予測を試みる。3. 4 節において各アプリケーションを実現する上で必要となる機能から共通的機能を切り出すことによりミドルウェアの体系的分類を行い、3. 5 節において、モビキタスアプリケーションを実現するシステムの構成モデルを提案する。

第4章では、第3章で分類したモビキタスミドルウェアの中でも特徴的サービスであるリモートモニタリングサービスに対応するリモート監視オブジェクト管理ミドルウェアおよびそれを利用したアプリケーションの設計法について述べる。4. 2 節においてセンサー管理ミドルウェアに要求される機能を整理し、4. 3 節で関連研究について述べる。4. 4 節では4. 2 節で整理した要求条件を満足するセンサー管理モデルとして4階層オブジェクト管理モデルを提案する。4. 5 節では、先のオブジェクト管理モデルを基に開発した自動販売機等の機器を管理するリモートモニタリングシステムについてシステム設計法を述べると共に、評価結果を示す。4. 6 節では、同様にセンサー管理ミドルウェアを利用した家庭向けのセキュリティーシステムについてシステム設計法、評価結果について述べる。

第5章では、ほとんど全てのモビキタスアプリケーションを提供するに当たって必須である個人認証ミドルウェアの設計法について述べる。5. 2 節では、個人認証ミドルウェアに要求される条件を整理し、5. 3 節において、個人認証機能を音声認識とキーワード照合の組み合わせで実現し、認証システムを複数の事業者が共用する場合の設計条件について述べる。5. 4 節で具体的に開発したプロトタイプシステムについて述べると共に、5. 5 節においてその評価データを示す。

第6章では、IMT-2000 の主力キラーアプリケーションの1つになるであろうといわれている映像配信サービスへの適用を考えた映像ストリーミングミドルウェアの設計法について述べる。6. 2 節ではモバイルに適したコンテンツの分類および回線交換移動通信システムを利用した場合の新たなコンテンツ配信方法について提言する。6. 3 節において、映像ストリーミングミドルウェアに要求される機能を整理する。6. 4 節において、映像ストリーミング伝送制御方式として、映像コンテンツ製作者が映像の意味的内容に応じて優先順位をつけることにより、伝送品質が変化しても映像を鑑賞している人に対して感覚的に品質の変化を感じさせないコンテンツ指向時空間的解像度制御方式 SSM を提案する。更に提案方式を PC 上に実装することによりミドルウェアのプロトタイプを構築し、ネットワークエミュレーション環境でのデータ転送、および再生データの主観評価を行った結果について述べる。

最後に第7章において研究の成果をまとめる。また、今後に残された課題について述べる。

第2章

モバイルインターネット環境

2. 1 まえがき

移動体データ通信は急激に変化している。そのプラットフォームともいえる移動通信システムは、わずか20数年の間に音声をアナログ情報で送る第1世代から音声をデジタル情報で送る第2世代を経てマルチメディア伝送を中心とする第3世代へ移行し始めている。第2世代では、音声を送るだけでなく、デジタル伝送技術を生かして回線交換によるデータ通信だけでなくパケット交換によるデータ伝送機能も提供され、iモード[7]を始めとして、データ伝送機能を生かしたいくつかの新たなサービスが生み出された。

しかし、新たなアプリケーションの創出に当たっては、市場調査も行われているが、実態は手探りの状態といえる。さらにビジネスとして成功するためには、多様な要素がからんでいることから、iモードを始めとするモバイルインターネットを除くと他のサービスの飛躍はこれからの状態といえる。

本章では、今後の新たなアプリケーションの創出に当たって、その背景となる移動通信業界の状況について紹介すると共に課題を明らかにする。具体的には市場の変化について紹介し、新たなサービスが求められている理由を明らかにする。また、iモードの成功理由を分析することにより、ビジネスモデルだけでなく、移動通信システムの機能や携帯端末の性能も成功の重要な要因となっていることを示す。続いて、アプリケーションの方向性は、プラットフォームである移動通信システムに強く左右されることから、その推移を紹介する。また、これからのアプリケーションを考える上で必須である次期主力プラットフォームであるIMT-2000(3GPP)についてその概要を示す。

2. 2 移動通信市場

2. 2. 1 携帯電話ユーザ数の推移

自動車・携帯電話サービスは、1979年、NTT(当時、電信電話公社)のみで始まった。回線使用料が約2万円もかかり10円で10秒弱しか話せなかったこともあり、ユーザ数はほとんど伸びず、10年経っても40万加入に満たない状況であった。ところが、その後、図2.1に示すように1995年からユーザ数が急速に増加し始めた[8]。この急激なユーザの増加は、

- ・ 1990年に市場が解放され、IDO/DDIの参入によりNTT独占から競争状態に移行。
- ・ それに伴う料金の低廉化がはじまった。特に1994年から大幅な料金値下。
- ・ 端末の価格も1994年から大幅に値下。
- ・ 端末機器の自由化が1994年からスタート。
- ・ 携帯電話の小型・軽量化が急速に進み、携帯性が向上。

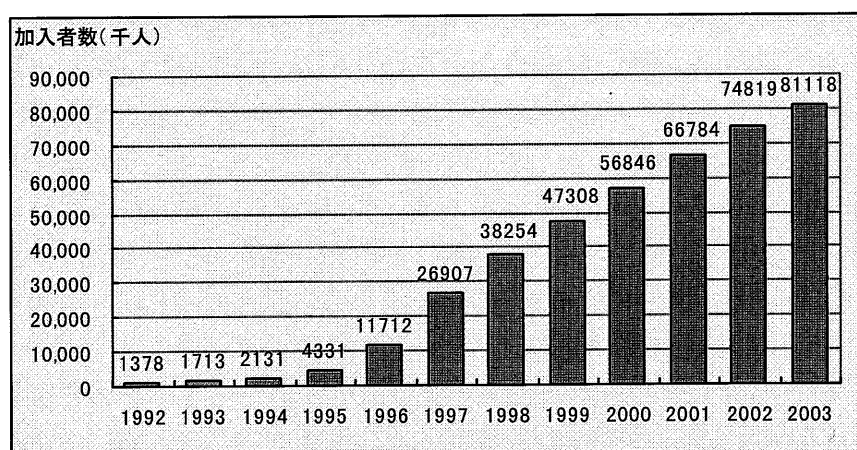


図 2.1 携帯・自動車電話契約者数の推移

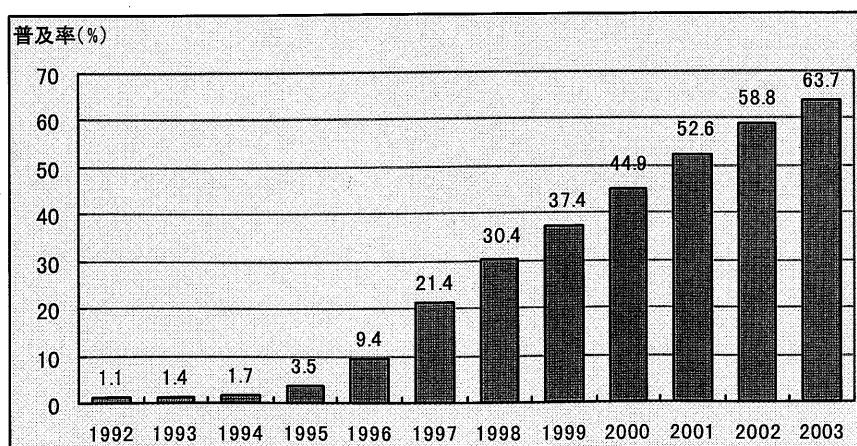


図 2.2 携帯・自動車電話の普及率の推移

などの要因の結果と考えられる。図 2.1 の携帯電話のユーザ数の伸びと図 2.3 の携帯電話料金および端末価格の推移を対比すると、1994 年から料金の値下げとユーザ数の増加がポジティブスパイラルに入ったことにより急激に携帯電話が普及したと言える。2000 年 3 月には固定電話のユーザ数を上回り、6,700 万加入を越えた。また、図 2.2 に示すように普及率も 1995 年から急激に伸び、2002 年 12 月にはついに 60%を越えた [8]。こうした中、ユーザ数は飽和状態に近づいており、2000 年以降一月当たりのユーザ数の伸率は鈍化している。

その結果、移動通信事業者を中心とする移動通信関係業者は、電話だけに頼っていても今後の事業拡大は望めないとの判断から、新たな収入源を求めて移動体データ通信分野に事業拡大を進めていった。

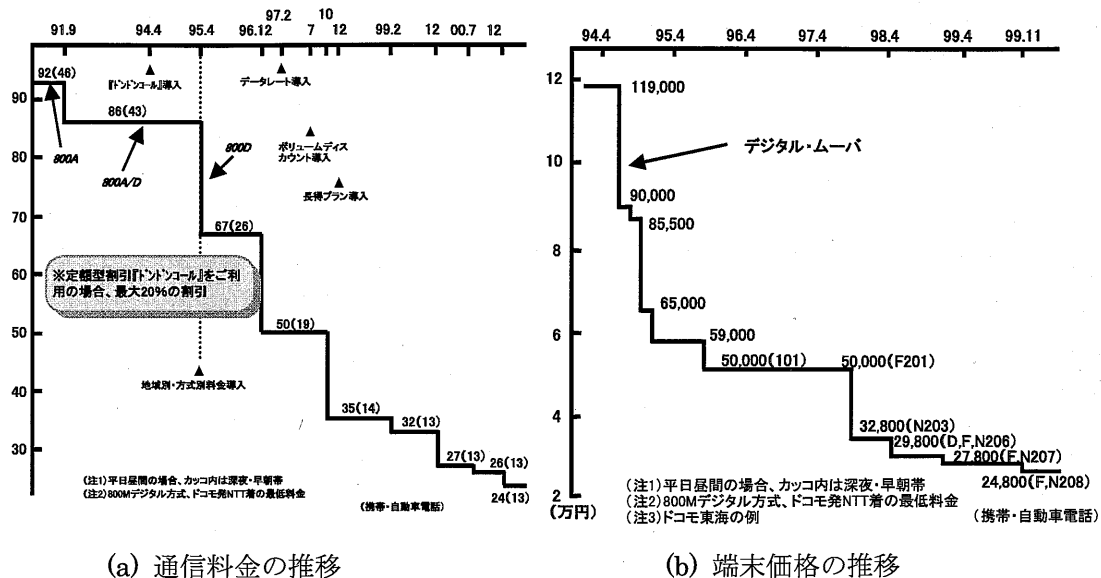


図 2.3 携帯電話料金及び端末価格の推移

2.2.2 モバイルインターネット市場

ドコモの i モードによって急速に利用者を増やしているモバイルインターネット市場の動向を紹介する。

モバイルインターネットのシステムは、大きく i モードや J-Phone の Sky-web の HTML 系と WAP[58]系に二分される。世界最大のモバイルインターネット市場である日本では、通信事業者は、それぞれ異なったスクリプトに対応したブラウザを利用してサービス提供している。先に述べたようにドコモの i モード、J-Phone の Sky-web そして ASTEL の MOZIO は、インターネットの標準的なスクリプトである HTML に準拠したスクリプトに対応したブラウザを採用している。一方、au/TU-KA は WAP[58]

を採用している。

モバイルインターネットサービスは、1999年2月に始まったドコモのiモードサービスから本格的にスタートした。図2.4に示すように、サービス開始以来、ユーザ数は指数関数的に伸びており、2003年3月末時点で6,000万加入を越えた。携帯電話全体に占めるIP携帯電話の比率も、図2.5に示すように急激に伸びており、2003年3月末には80%に迫ろうとしている。これは、最近の携帯電話がモバイルインターネットに対応したことが要因の1つだが、各種条件が揃い、多くのユーザの支持を受けた結果と言える。

モバイルインターネットサービスのアプリケーションは、メールとブラウザが中心であるが、WWWを利用することにより多種多様なコンテンツが考案・提供されている。このWWWによるコンテンツ提供が、従来の携帯電話あるいはモバイルコンピューティングとの大きな違いである。図2.6にドコモの公式メニューにおけるコンテンツ数の

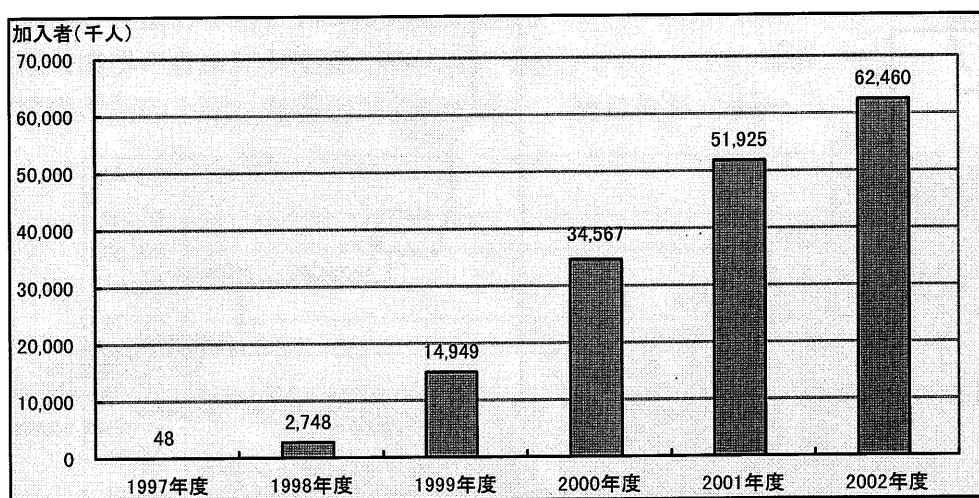


図 2.4 IP携帯電話ユーザ数の推移

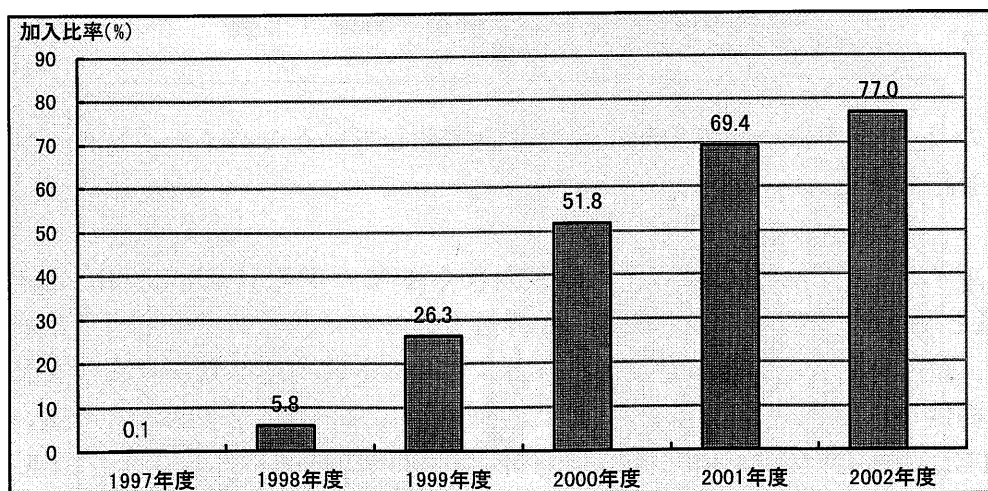


図 2.5 携帯電話におけるIP携帯電話の比率

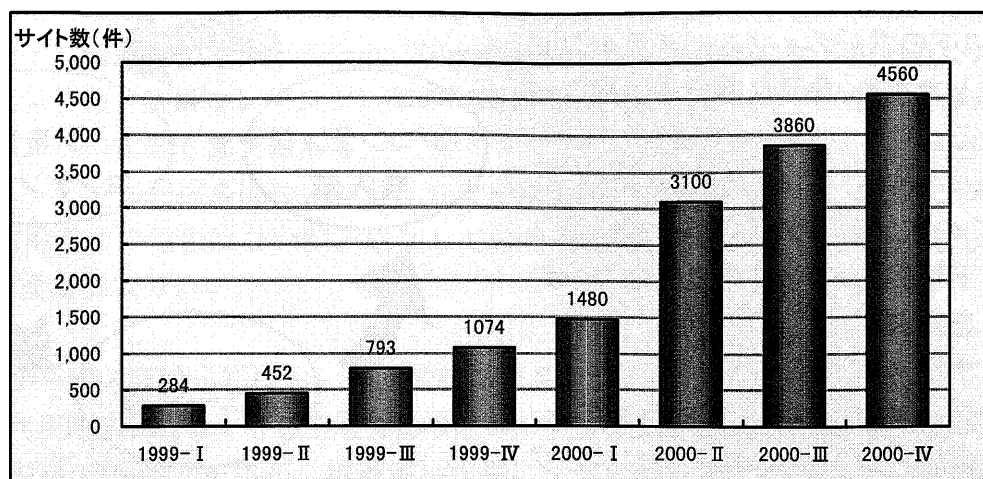


図 2.6 i モードにおける公式コンテンツ数の推移

推移を示す。コンテンツ数の伸びと同期して IP 携帯電話ユーザ数が急速に増加している。

i モード以前に日本ではアステル東京が PHS を利用して MOZIO サービスを、アメリカでは PocketNet サービスが提供されていた。しかし、アメリカの WAP ユーザ数は伸び悩んでおり、MOZIO サービスも注目されなかった。それらに対して i モードが成功したのは、1 つだけではなく多数の要因が重なったためと考えられる。モバイルインターネットサービスは、コンテンツ／コンテンツ課金システム／コンテンツ配信システム／通信システム／端末から構成される。要素別に成功要因を分析すると以下のような事項が推察される。

- ・ サービス開始当初からサービスに必須なコンテンツを揃えていた。
- ・ コンテンツ記述言語として、標準的な HTML を採用した結果、短時間に多くのコンテンツを揃えることが可能であった。
- ・ コンテンツプロバイダーに成り代わってコンテンツ料金を回収するサービスをドコモが提供した。
- ・ 無線通信システムとして、情報量課金をベースとする PDC-Packet を採用した。
- ・ サイズは既存の携帯電話とほぼ同一ながら、大型のディスプレイを有する端末が提供された。

上記要因のいずれが欠けても、このような成功は無かった可能性がある。2001 年からヨーロッパにおいても WAP に加えて i モードが始まったがいずれも成功とは言われていない。この原因としては、情報量課金ベースの無線パケットシステム GPRS[59,60] の普及が遅れていたこと、また端末として適当なものがなかったことが原因と考えられている。サービスが成功するためには、良いコンテンツがあればよいというのではなく、それに加えてサービスに関係するプレイヤーが満足できるビジネスモデルとそれを可能にするシステムが必須である。

更に、以上の要因故にユーザの気持ちをつかみ、以下のポジティブスパイラルな関係が発生したため、急激な需要増が起こったと言える。

- ① 多くのコンテンツプロバイダーが i モードに参入し、多くの良質なコンテンツを提供
- ② ユーザ増
- ③ コンテンツプロバイダーにコンテンツ提供収入が入り、i モードがビジネスになると認識された。
- ① 多くのコンテンツプロバイダーが i モードに参入し、多くの良質なコンテンツを提供

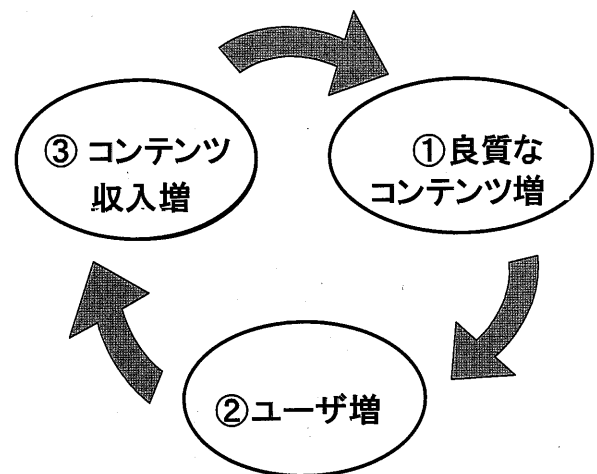


図 2.7 モバイルインターネットにおける
ポジティブスパイラル

ここで最も重要であるのが、多くのコンテンツプロバイダーが、サービス開始に当たってモバイルインターネットサービスが将来発展するかまったく不透明な状況で、リスクを犯して良質なコンテンツを無料で提供したことである。これがユーザ増を引き起こし、ポジティブスパイラルを回したといえる。

2. 2. 3 モバイルアプリケーションの状況

モバイルアプリケーションとしては、いろいろな企業が多様な取り組みをしている。モバイル先進国であるフィンランドおよび日本における主なものを列記する[89]。

- (1) コンテンツ提供系
 - (1-1) テキスト・静止画・着メロ等の軽量コンテンツ配信
 - (1-2) 音楽・映像配信等の情報量の多いコンテンツ配信
- (2) ユビキタス系
 - (2-1) 自動販売機等の機器のリモート監視
 - (2-2) 道路状況等の映像監視
- (3) モバイルコマース系
 - (3-1) 自動販売機からのソフトドリンクの購入[11]
 - (3-2) パーキングメータの支払い
 - (3-3) レストラン等での支払い

この中で成功しているサービスとしては、(1-1)の軽量コンテンツ配信だけとい

うのが実情である。その利用状況も図 2.8 に示すようにゲームや着メロといったエンタテインメントに偏っている。その一方、個々のコンテンツへのアクセス数の点では、ニュースや天気予報（無料コンテンツ）等の実用的なコンテンツへのアクセスも多く、実用コンテンツへの需要も確実にある。

同じコンテンツ配信系についても、音楽や映像等の重量コンテンツ配信については、正式な利用者数の報告はないが、成功しているとは言いがたい。その理由としては、i モードと全く異なり、

- ・ サービス開始当初において、無料の優良コンテンツがほとんどない。
- ・ 利用端末は PDA 系が中心であり、ユーザが受け入れやすい端末がなかった。
- ・ PDA の市場サイズが、携帯電話市場に比べてはるかに小さい。
- ・ 現在提供されている画像コーデックは伝送効率が充分ではなく、通信料金がかかり過ぎる。

という状況であり、これまではポジティブスパイラルが回る要素が全くなかったといえる。しかし、下記に述べるように IMT-2000 サービスの普及拡大が急速に進んでおり、端末もディスプレイ品質に優れ、ビデオ再生機能付き機種¹が販売されるに至り、優良コンテンツが無料で提供されれば、この分野も軽量コンテンツと同じくポジティブスパイラルが回り始める可能性がある。更なる弾みをつけるためには、通信料金の値下げに加えて、現行 IMT-2000 に採用されている映像伝送制御方式より効率的で安い通信料金で鑑賞に耐えられる映像伝送制御方式の登場が望まれる。

ユビキタスについては、その多くが大手企業における社内利用であることから、中小



図 2. 8 コンテンツのカテゴリ別アクセス数推移 (i モードの場合、ドコモ提供)

1. <http://foma.nttdocomo.co.jp>

企業等への大きな広がりにはつながっていない。広く利用されるためには、保守費を含めた導入コストを下げる必要があるといえる。ペイメント系については、QR-Code を利用したものが登場しているが、今後の市場動向を探るトライアルの状況といえる。非接触 IC カード[61]については、PDA や携帯電話等に組み込み e コマースへの適用することが検討されている[62]。

2. 3 移動通信システム

本節では、移動通信システムの高度化の流れ、移動端末の変遷、そしてモバイルインターネットサービスの高度化の中における IMT-2000 の位置付けを明確にする。

2. 3. 1 移動通信システムの進化の過程

日本における移動通信の歴史は、1979 年、当時の電信電話公社によって提供された自動車電話サービスによって本格的にスタートした。

このシステムでは、音声信号はアナログ信号で送られ、制御信号は複数の周波数を組み合わせた MF 信号で送っていた。この時代を第 1 世代(1G)と言う。米国では、1980 年初めに AMPS (Advanced Mobile Phone System)と呼ばれるシステムが当時の AT&T によって提供された。現在でも全米で利用できるのは AMPS のみであることから、米国では現在でも第 1 世代の AMPS が利用されている。ヨーロッパでは AMPS をベースとして開発された TACS と呼ばれるシステムおよびエリクソンが中心となって開発した NMT (Nordic Mobile Telephone system)を利用して携帯・自動車電話サービスがスタートした。これらはいずれも第 1 世代に属する。

第 1 世代では情報(音声)をアナログ信号で送っていたことから、データ通信を行おうとすると固定電話と同様にモデムが必要であった。移動通信事業者が外部インタフェースを公式にサポートしなかったことに加えて、移動通信に最適化したモデムの提供が進まなかったこともあり、移動通信におけるデータ通信は普及しなかった。その意味で第 1 世代は音声サービスのみの時代と言える。

第 1 世代のシステムでは音声情報をアナログ信号で送っていたのに対し、1992 年にヨーロッパにおいて音声情報をデジタル信号で送信するシステムを利用したサービスがスタートした。このシステムは、GSM (Global System for Mobile Communication) の名前のとおり、現在、日本を除いてほとんどの国で利用され、世界市場の 60% を占めている。このように音声情報をデジタル信号で送るようにしたシステムが第 2 世代(2G)と呼ばれている。日本でも 1993 年にデジタル方式 PDC がサービスを開始し、現在の携帯電話の主流となっている。更に、1998 年には低料金と高通話品質化を謳った PHS サービスがスタートしている。

第 2 世代は音声情報をデジタル信号で送ることから、データの送受信との相性が良く、

サービス開始当初からデータ通信サービスが始まった。GSM[1,2]におけるデータ通信は、9600bps のデータ伝送速度からスタートし、1999 年末には最高 57.6kbps の伝送を可能とする HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)がサービス開始している。更に、最高約 150kbps までの高速化とパケット通信化を図った GPRS (General Packet Radio Service)[59,60]が 2001 年に商用開始された。一方、日本の PDC[3]では、伝送速度 2400bps からスタートしたが、現在は、9600bps の伝送が可能となっている。また、1997 年には最高 28.8kbps の伝送とパケット化を図った PDC-Packet[5,6]がサービス開始した。PHS[51]については、1997 年に 32kbps の伝送速度でサービス開始し、1998 年 64kbps 化が図られ、インターネット接続等に広く利用されて現在に至っている。

GSM および PDC がデジタル通信方式として TDMA 方式を使用していたのに対し、CDMA 方式を使用した cdmaOne[60]が 1996 年米国で、日本でも 1998 年サービス開始した。データ伝送速度は下り 14.4kbps であった。更に、2000 年にはパケット化を図った cdmaOne パケット通信「PacketOne」がサービス開始された。これは上り 14.4kbps /下り 72kbps とデータ伝送速度の高速化とパケット通信を可能としていることから、第 2 世代ではなく第 2.5 世代と位置づけられることもある。

第 2 世代および第 2.5 世代は、音声サービスに加えて低速の回線交換型データ通信サービス、続いてパケット交換型データ通信サービスを提供した移动通信システムと言える。更にコアネットワークの進化に対応して、インターネット機能やロケーション機能が提供され始めた点も特徴である。

第 2 世代に比べて更なる高速化とマルチメディアへの対応を図った IMT-2000 サービス

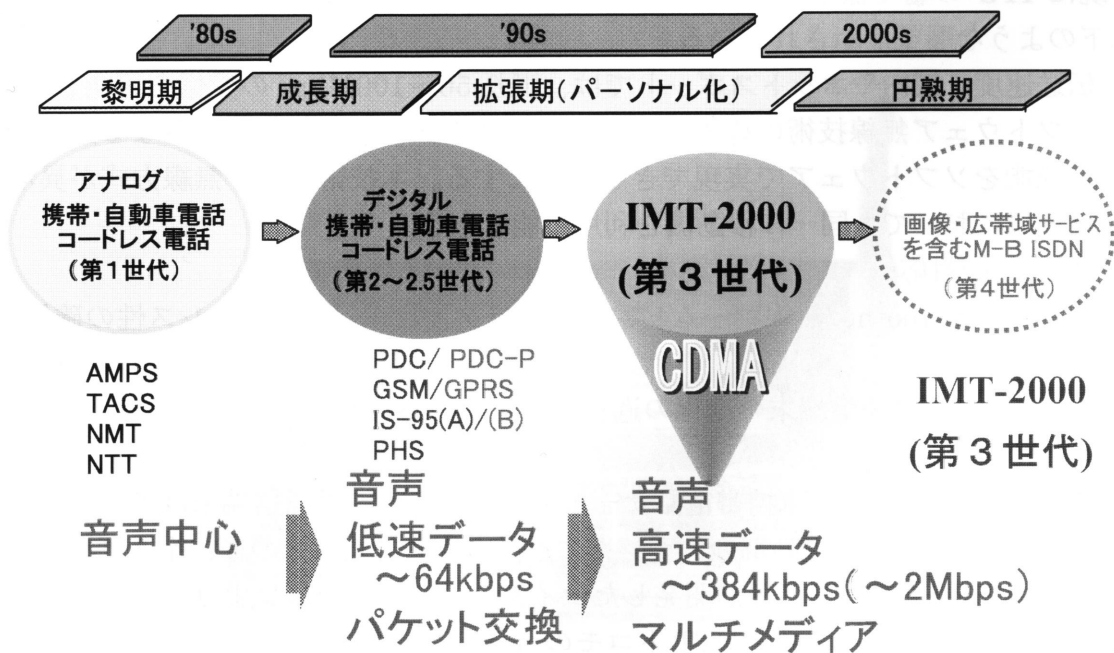


図 2. 9 携帯・自動車電話システム発展の歴史

スが 2001 年 5 月に試験提供された。第 2 世代の移動通信システムは、GSM, PDC, cdmaOne の間で互換性がなく、自分の携帯電話をワールドワイドに利用することが出来なかった。このような課題を解決するために ITU で検討が始まったのが FPLMTS(Future Public Land Mobile Telephone System)である。この FPLMTS を基に、2000 年サービス開始を目途に標準化を進められたのが IMT-2000 である。それ故、IMT-2000 への要求条件として、第 2 世代システムの課題解決が中心となっており、

- ・ マルチメディア
- ・ グローバルモビィティーへの対応が謳われている。
- ・ 高い通話品質の実現
- ・ 周波数利用効率の向上

が謳われている。

第 3 世代には、日本の W-CDMA (ヨーロッパでは、UMTS と呼ばれている。)の他、cdmaOne の発展系に属する cdma2000 がある。また、IMT-2000 のマーケットに対しては、GSM の高速パケットシステムである GPRS を更に高速化した EDGE (Enhanced Data rates for GSM and TDMA-136 Evolution)[63,64]も参入しようとしている。

携帯・自動自動車電話システムは、電話機能からスタートし、モバイルコンピューティング、モバイルインターネットを経てモバイルマルチメディアへと進歩しているといえる。

3G 方式は、既存の携帯電話方式と比較すれば非常な高速化が図られた訳だが、有線系のブロードバンドサービスと比べれば非常に低速と言える。そのため、研究開発レベルでは、更なる高速化を目指した IMT-2000 の後継方式 4G の研究開発が進められており、既に ITU の場で標準化がスタートしている。サービスイメージとして、総務省から以下のような展望が示されている。

- ・ 伝送速度；構内やホットスポットでは、下り 50~100Mbps の受信を可能とする。
- ・ ソフトウェア無線技術の導入；アンプやフィルター、変調部等からなる無線送受信機能をソフトウェアで実現できるようにする。本技術により無線方式が異なった地域においても同一の移動機を利用可能となる。
- ・ IPv6 への対応
- ・ 次世代 Bluetooth、無線ホームリンク、デジタル放送とのシームレス性の確保

2. 3. 2 移動通信端末の進化の過程

1979 年に始まった自動車携帯電話サービスでは、その移動通信端末はアタッシュケース程の大きさがあり、自動車のトランクに設置されていた。その後、徐々に小型化が進み、1990 年にモトローラ社が開発したマイクロタックの登場により、本格的な携帯電話時代に突入した。その後、NTT ドコモの i モード端末登場まで、音声通信機能のみの携帯電話は急速に小型・軽量化が進んだ。1996 年には、ついに 100g/100cc を切り、プロトタイプではあるが、長野オリンピックにおいて腕時計タイプの PHS 端末が

登場するに至っている。

その一方、高機能化に向けた研究開発も進められ、1994年、アメリカにおいてIBMが開発し、Bell Southが発売したSIMONが登場した。これは携帯電話とパームトップコンピュータが一体になったような端末であった。このように携帯電話とパームトップコンピュータ/PDAが一体になった端末は、“スマートホン”と総称されていた。日本においても1995年、ジュネーブで開催されたTelecom'95においてドコモがアドバンスセルラーホンを参考出典したのに引き続き、数社がこの形態の端末を発売した。しかし、いずれもPDAとしての機能を優先したことから、携帯電話としてはサイズが大き過ぎたことに加えて、メモリ/CPU/電源等の課題もあったことから、いずれも成功したとは言えない。その中で唯一、ノキア社が現在もCommunicatorを出荷し続けている。

1999年、イントラネットにおけるネットワークコンピュータのコンセプトを携帯電話に適用したIP携帯電話が、モバイルインターネット端末として登場した。スマートホンが大きさや端末リソースの問題で苦しんでいたのに対し、ブラウザホンはアプリケーションプログラムをメールとブラウザに限定し、各種アプリケーションをサーバ側に持たせることにより、スマートホンの抱えていた問題はほぼ解決された。ディスプレイサイズは、1画面当たりの情報量を増やし利便性を向上させるため、大きくなる傾向にある。また、機能面についてもスケジューラやアドレス帳が充実し、更にJavaが搭載されるに至り、スマートホンに近づきつつある状況といえる。

そのIP携帯電話も高機能化が続いており、カメラ、GPS、外部メモリスロットなどの機能が次々と搭載され続けている。



写真 2.1;NOKIA Communicator

2. 3. 3 IMT-2000

第2世代の移動通信システムの課題であるシステム間の互換性の無さの解消、音質の向上、マルチメディアへの対応を中心に標準化が進められたのが、IMT-2000[15,16,17,18]である。

具体的には

- ・伝送速度として
 - 室内においては、2Mbps
 - 歩行時には、384Kbps
 - 自動車等での高速移動時には、144Kbps

となっている。また、データの伝送形態としては、

- ・ 回線交換データ伝送
- ・ パケット交換データ伝送
- ・ マルチメディア伝送
- ・ 非対称データ伝送
- ・ 可変伝送速度

が規定されている。

具体的に開発が行われている IMT-2000 システムには、日本およびヨーロッパが中心となって標準化を進めている UMTS (W-CDMA) とアメリカを中心に標準化が進められている cdma2000 がある。両者の大きな違いは、周波数の使い方にある。両者のスペクトラム分布の比較を表 2.1 に示す。W-CDMA は上下回線共に 3.84Mcps で拡散するのに対し、cdma2000 は、当初、上下回線共に 1.2288Mcps でスタートし、384kbps に高速化する際に上り回線を 3.6864Mcps

で拡散、下り回線については 1.2288Mcps の回線を 3 つ束ねる構成としている。スタート時点の方式を 1X、高速化時の方式を 3X と呼んでいる。この周波数の使い方の違いから、表 2.2 に示すように具体的サービスであるドコモの FOMA と au の 1X の間で違

表 2. 1 W-CDMA と cdma2000 のスペクトラム分布の比較







		周波数の使い方		周波数利用効率	導入の容易性
		Up Link	Down Link		
W-CDMA		 3.84 Mcps	 3.84 Mcps	◎	○
cdma 2000	3 ×	 3.6864 Mcps	 1.2288 Mcps × 3	○	○
	1 ×	 1.2288 Mcps	 1.2288 Mcps	△	◎

表 2. 2 ドコモ FOMA と au 1X の違い

		DoCoMo FOMA	au cdma2000 1X
伝送速度	up	64Kbps	64Kbps
	down	384Kbps	144Kbps
既存システムとの互換性		なし	cdmaOneと互換

いがある。大きな違いの1つが、auの1xが、既存サービスであるcdmaOneとの間で互換性があるため、普及が容易であることから短期間にサービスエリアの全国展開ができた点である。その一方、W-CDMAの方は伝送速度が速いことから、将来的にサービスの多様化に優れているといえる。

2. 3. 4 W-CDMA (IMT-2000 3GPP)

W-CDMA[15,16,17]のネットワーク構成は図2.10のようになっており、他の多くの移動通信システムと同様、移動端末、基地局、コアネットワーク、他の電話系ネットワークとの接続ポイント POI およびデータ通信系ネットワークと接続するためのゲートウェイノード GW から成り立っている。

コアネットワークは、MSC と G-MSC から成る回線交換ネットワークおよび SGSN および G-GSN から成るパケット交換ネットワークの2つから構成されている。既存のPDCとはG-MSCを経由して接続する。プロトコルスタックモデルは図2.11のようになっている。無線区間の物理レイヤーL1はW-CDMAの無線回線確立プロトコルとなっている。また、上位のRLCは無線区間の伝送信頼度を向上させるプロトコルである。コアネットワークにおけるIPパケットのルーティングは、既存の無線パケットシステムであるPDC-Packetと同様、移動端末の位置管理は電話番号で行い、内部アドレスでルーティングする方式を採用している。それ故、内部アドレスでデータを送るためのL1~L4のプロトコルスタックがあり、その上にユーザパケットのL3以上のプロトコルスタックがある構成となっている。

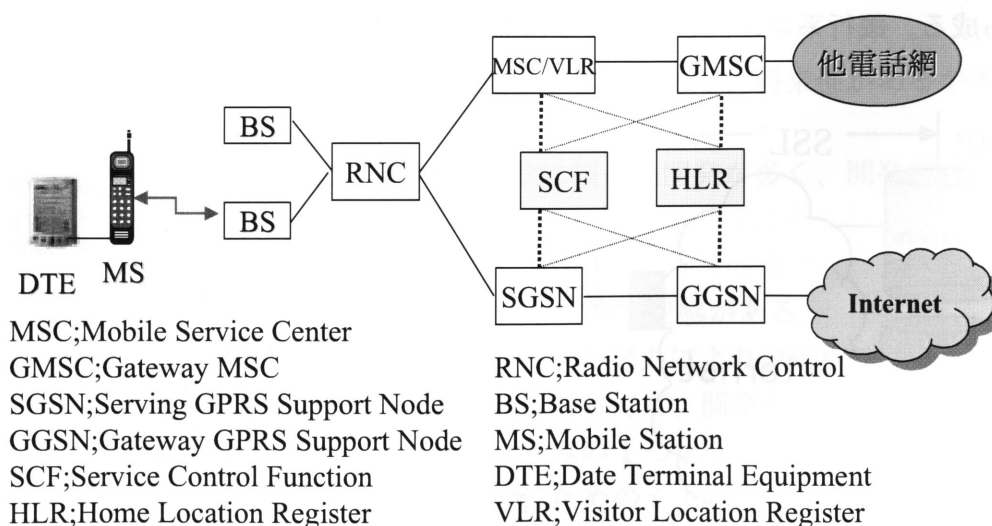


図 2.10 IMT-2000 (3GPP)のネットワーク構成

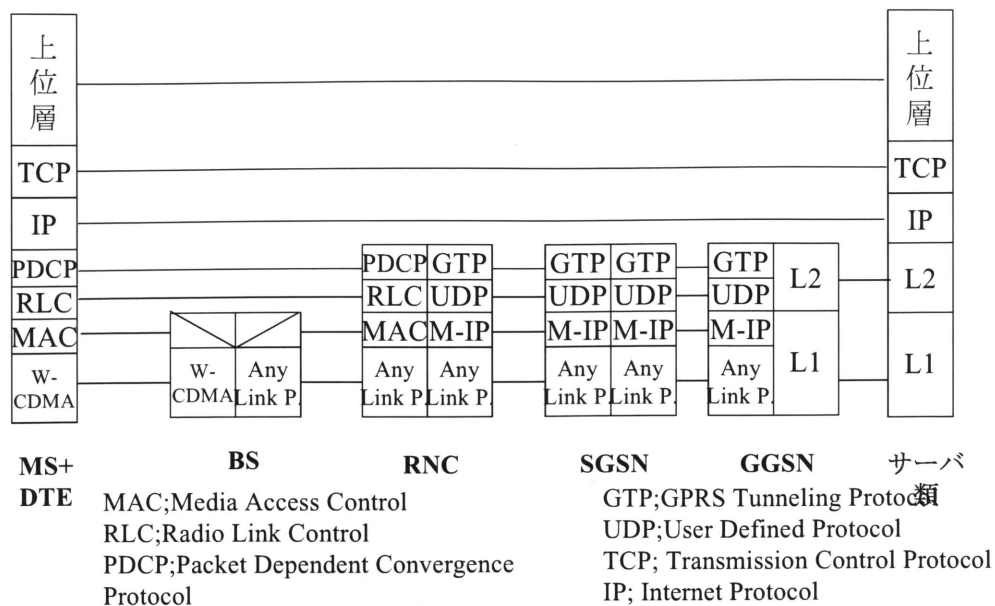


図 2.11 IMT-2000 (3GPP)のプロトコルスタック

2. 4 モバイルインターネットのネットワーク構成

代表的なモバイルインターネットサービスである i モードサービスのシステム構成[7]を図 2.12 に示す。システムは、ブラウザ機能が搭載された携帯電話、コアネットワークとしての PDC-Packet、GW、Internet および情報提供者 IP や企業内のコンテンツから成る。銀行系コンテンツのように高いセキュリティーを要求する IP を除き、

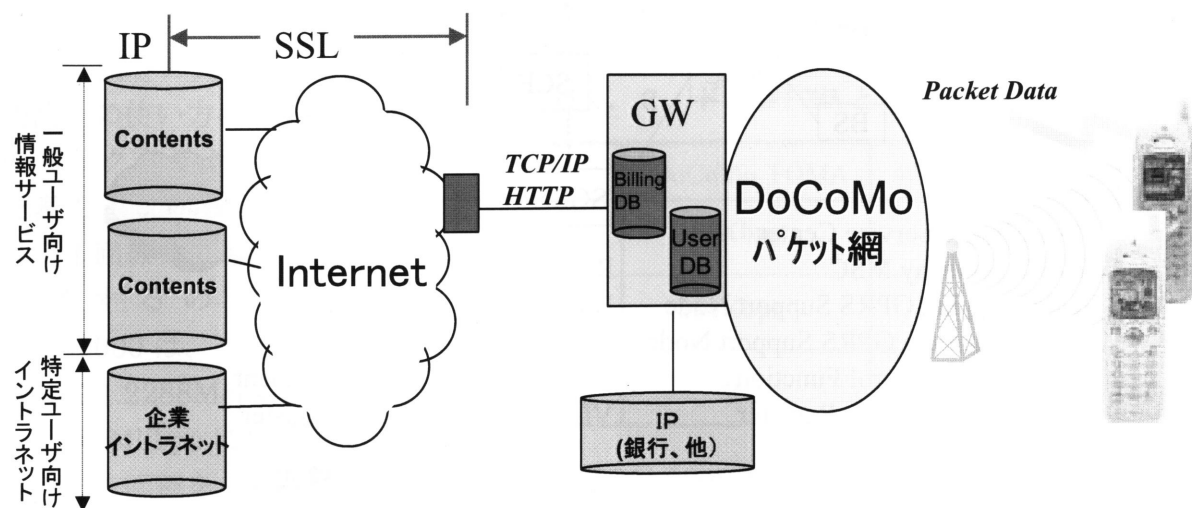


図 2.12 i モードシステムの構成

GW と IP の間は Internet 経由で接続されている。GW では、ユーザ管理や各ユーザのコンテンツ利用料金の管理と共に、i モードでは携帯端末～GW 間に Internet の標準的なプロトコルを採用していないことから、GW～IP との間でプロトコル変換を行っている。コアネットワークとして、情報量課金システムである PDC-Packet を採用していることから、通信時間を気にせず Web サーフィンできる点も i モード成功要因の一つとなっている。

2. 5 モバイルインターネットの課題

これまで述べてきたように移動通信市場の飽和に対応するべく、無線パケットシステムや IMT-2000 といった多様なサービスに対応可能な移動通信システムが提供されている。しかし、これまでにモバイルインターネットにおいてビジネス的に成功したのは、i モードを始めとする軽量コンテンツの提供だけであり、リモートモニタリング等のユビキタス系サービスやペイメント系サービスについては、これからという状況である。その理由としては、

- ・ IMT-2000 のカバーエリアの早期拡大
- ・ 上記に対応し、ビジネスへの適用も考慮した端末の早期登場
- ・ 通信料金の低廉化

と言った基本的な問題に加えて

- ・ これらのサービスがまったくの新規サービスであり、将来性があるか不透明である。
- ・ それであるが故に、開発者の経験と勘に頼った開発が多く、開発投資額が限られていることが多い。

といった新規サービスに付きまとう将来性に対する不安感がある。

上記 3 つの基本的問題については、通信事業者の努力により早晩解決すると考えられる。その一方、市場の将来性に対する不安感に対しては、開発投資をはじめとする先行投資を低減する仕組みが必要である。その仕組みの 1 つとして、通信事業者等の移動通信関連事業者による、サービス開発を支援するためのミドルウェアの提供がある。例えば、軽量コンテンツビジネス成功要因の 1 つに、通信事業者がコンテンツ事業者に料金代行回収サービスを提供したことが挙げられている。適切なミドルウェアが提供されることにより、サービス開発・提供事業者の先行投資に対するリスクは大きく低減され、いろいろな取り組みが可能となると考えられる。

2. 6 あとがき

携帯電話の普及率は60%を超え、市場が飽和しつつあり市場拡大にブレーキがかかってきたことから、通信事業者を始めとする移動通信関連企業が、無線パケットシステムやIMT-2000を開発・提供し、新たなサービスを提供し始めたことを述べた。その中で最も成功したのがiモードをはじめとするモバイルインターネット市場であり、わずか4年間で日本の全人口の50%がIP携帯電話を通じていつでもどこでもインターネットに接続されている環境が整ったことになる。モバイルインターネットは、単なるエンタテインメントサービスのツールではなく、パソコンによるインターネット接続以上の社会インフラになったといえる。これまでもメールの普及により、街中にケータイでメールを打つ人があふれたり、人との待ち合わせスタイルが変わるなど、ライフスタイルに変化を引き起こしている。今後更にその傾向は進み、ライフスタイルやビジネススタイルが大きく変わると考えられる。

この変化の方向を左右するのが、移動通信システムおよび携帯端末の提供機能である。第2世代移動通信システムでは、データ伝送速度が数十Kbpsと低速ながらそのパケット通信機能、情報量課金といった特長を生かすことにより、メールやWWWによるコンテンツアクセスといったモバイルインターネットサービスを産み出した。更に、第3世代移動通信システムの登場とあいまって、GPSやカメラ付きの携帯電話などが登場し、多様なアプリケーションが生まれ始めている。

しかし、その一方でビジネス的に成功したのは軽量コンテンツ提供サービスだけであり、ユビキタス系やペイメント系のサービスはこれからというのが実情である。その解決策としてミドルウェアの提供が重要であることを述べた。

次章以降、今後現れてくると予想されるアプリケーションを体系的に整理すると共にミドルウェアについても整理する。また、いくつかのミドルウェアについて研究開発し、その評価結果について述べる。

第3章

モバイル&ユビキタスアプリケーション（モビキタスアプリケーション）の体系化

3. 1 まえがき

移動通信システムは、第2章で述べたように1970年代末にアナログ方式（1G）としてスタートし、わずか20数年の間にデジタル方式（2G）を経てIMT-2000（3G）へと質的にも大きく変化してきた。また、市場サイズも1995年から急激に拡大し、2002年末には普及率60%を越えた。同様に移動通信システムを利用したデータ通信サービスも短期間に大きく変化してきている。サービスコンセプトの変化を図3.1に示す。

移動体データ通信サービスは、データを安定して送信可能となったデジタル方式（2G）の登場と共に本格化した。利用形態はノートPCと無線モデムを利用してサーバにアクセスする形態であり、一般的にモバイルコンピューティングと呼ばれていた。続いて1990年代中期に登場したスマートホンを経て、携帯電話にブラウザを搭載したIP携帯電話によってインターネットにアクセスするモバイルインターネットが出現し、その契約数は2003年3月末時点で6,000万台となり、その普及率は50%を超えている[8]。モバイルコンピューティングの時代を第1世代（1G）とするとモバイルインターネットは第2世代（2G）といえる。

モバイルインターネットサービスにおけるコンテンツは、ゲームや着メロ提供といったエンタテインメント系だけでなく、新幹線の座席予約やバンキングといった実用的なサービスも多く提供されている。モバイルインターネットにおけるコンテンツの分類方法はいろいろ考えられるが、iモードの場合は、

- ・ エンタテインメント；ゲーム、音楽情報、占い、等
- ・ 生活情報系；ニュース、天気予報、他
- ・ 取引系；バンキング、クレジットカード、航空券予約、他
- ・ データベース系；辞書、乗り換え案内、他

に分類されている[90]。au や J-Phone も同様である。この分類は、情報内容に応じて提供者側の論理で分類されたといえる。

2002 年に発売された携帯電話のほとんどにカメラが搭載される状況にあり、GPS 内蔵携帯電話も発売され始めた。それと共にそれらを利用したサービスも多数出てきている。また、IP 携帯電話と QR-Code[9,10]を組み合わせる自動販売機からソフトドリンクを購入[11]したり各種機器を遠隔監視・コントロールするといったユビキタス系のサービスも提供され始めた。既に携帯電話への内蔵が始まっている Ir-DA や Bluetooth[12,13,14]に加えて非接触 IC カードの内蔵も計画されており、これら近距離通信システムを利用したユビキタス系サービスが今後広く展開されると考えられる。この傾向は、ドコモ/J-Phone の W-CDMA、au の cdma2000 といった第 3 世代移動通信システムの普及により、加速するものと予想される。現にドコモではモバイルマルチメディアアプリケーションの今後の方向性としてマルチメディア/ユビキタス/グローバルの 3 つを提示し、開発を進めている[26]。

以上述べたように、IP 携帯電話を中心とする通信機能を有する携帯情報端末を利用したアプリケーションの概念は、従来のコンテンツアクセスといったサイバーワールドを中心とするモバイルインターネットの概念にユビキタスコンピューティングやロケーションサービスの概念が加わり、サイバーワールドとリアルワールドが連携する方向に変化している。このサービス概念は、第 2 世代とは質的に異なっており、第 3 世代(3G)といえる。

現在、研究レベルとしては、ネットワーク家電や PDA、ロボット、センサー等のアプリケーション、コンテンツ、アプリケーションサーバ等のオブジェクトをネットワークで結ぶことによりサイバーワールドとリアルワールドが一体化した超環境を前提とする全く新たなサービス、システムの研究開発が進められている。超環境を前提としたサービスは、一般的にユビキタスサービスと呼ばれている。現在、移動通信システムを中

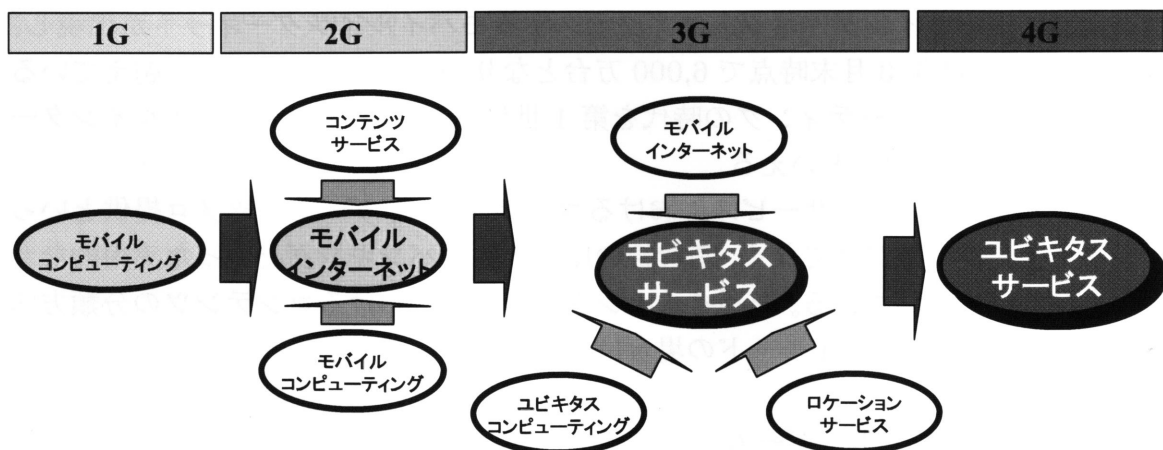


図 3. 1 移動体データ通信におけるサービスコンセプトの推移

心に実用的な開発が進められている第3世代のサービス概念の発展形態が、第4世代というべきユビキタスサービスといえる。

なお、第3世代のサービスコンセプトを第4世代のユビキタスサービスと区別するために、ここではモビキタスサービスと呼ぶこととする。

以上述べたように、移動通信アプリケーションは急速に変化しており、サイバーワールドとリアルワールドとの連携が強まると予想されるが、具体的アプリケーションの開発に当たって、そのターゲットは手探り状態というのが実情である。

本稿では、ターゲットを明確化し、効率的な開発に資するため、モバイルアプリケーションの体系的整理を行う。また、それらのアプリケーションに要求される機能から共通的功能を切り出すことにより、ミドルウェアの体系的分類を行う。更に、それらアプリケーションが構築されるプラットフォームであるネットワークについてモデル化する。

3.2節において、『通信系アプリケーションは、通信を行う主体と取り扱う情報種別によって分類される。サービスは人間に対して提供されるものであることから、通信主体の一方は人であり、情報関連ツールを通してアプリケーションは利用される。』との仮説に基づき、多様なモビキタスアプリケーションを提供する側ではなく、それを利用するユーザの観点に基づく分類法を提案する。さらに3.3節において、IP携帯電話に代表されるモビキタス端末と手帳やクレジットカード、MDプレイヤー等の既存のオフライン端末を比較評価し、アプリケーションの今後の方向性を探る。

3.4節では、先に整理したモビキタスアプリケーションから共通的功能取り出すことによるミドルウェアの体系的分類法を提案する。3.5節では、ミドルウェアの位置付けも含めて、ネットワークのアーキテクチャモデルを提案する。

3.2 モビキタスアプリケーションの体系的分類

モビキタスアプリケーションを体系的に分類する方法としてはいろいろあるが、本稿では以下の仮説に基づいて多様なモビキタスアプリケーションを整理する。

仮説1；通信系アプリケーションは、通信を行う主体と取り扱う情報によって分類される。

仮説2；サービスは人間に対して提供されるものであることから、通信主体の一方は人であり、情報関連ツールを通してアプリケーションは利用される。

アプリケーションを移動関係に限定することから、人との関係は、図3.2に示すように

ケース1；人が移動通信環境下でモバイル情報通信機器を利用してアプリケーションを利用

ケース 2 ; 自動販売機や自動車等の機器にモバイル情報通信機器を設置し、人が P C あるいはモバイル情報端末を利用して前記機器から何らかの情報を得る、あるいは移動体に対して情報を発信する [11]。

の 2 つになる。

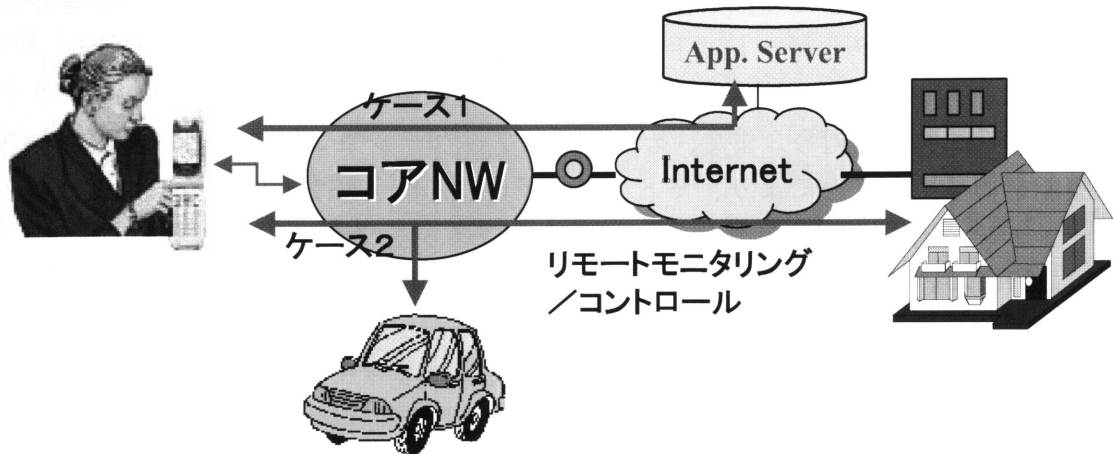


図3. 2 人とモビキタスアプリケーションの関係

ケース 1 の場合のアプリケーションとしては、移動環境下で行っている情報関連作業のモバイル&ユビキタス化と言える。それ故、情報種別としては以下に集約される。

- ・ 鞆や身に付けて持ち歩く情報関連ツールで取り扱われる情報
- ・ 家電機器等のコントロールに利用するリモコンを利用して取り扱う情報
- ・ 業務用におけるハンディーターミナル等を利用したデータ入力作業、データ参照作業の中で取り扱う情報

鞆の中や身につける情報ツールは非常に多くあり、利用目的も多様である。ケース 2 においては、モバイル通信機器が取り付けられる対象物は多様であるが、授受する情報種別としては対象物からのセンサー情報や対象物をリモートコントロールするための情報に限られており、作業としてもリモートモニタリングやリモートコントロールが中心である。取り扱う情報別に作業を整理すると以下のようにまとめられる。

【コンシューマ・実用系】

- ・ PIM & グループウェア ; 手帳、ノート、ミニアルバム、PDA 等を利用した個人情報管理、メモ作業やスケジュール管理
- ・ コミュニケーション ; はがき、手紙、携帯電話、ポケベル、等を利用して人とコミュニケーションをとる作業

- ・M（モバイル）-ラーニング；教科書、等を利用した学習
- ・健康管理；万歩計等を利用した健康管理。なお、介護支援システムは、リモート監視や予約機能が組み合わさったサービスであり、本範疇には入れない。
- ・情報提供&広告；ちらし、雑誌、他

【コンシューマ・エンタテインメント系】

- ・ゲーム；ポータブルゲーム
- ・音楽/映像/書籍 配信；読書や携帯オーディオを利用した音楽鑑賞、ビデオ鑑賞、着メロや壁紙等のダウンロードといった IP 携帯電話や PDA のカスタマイズ作業
- ・録画&録音；カメラ、ビデオカメラ等を利用した録音・録画

【コンシューマ&ビジネス系】

- ・資料作成&管理；各種書類を読む、あるいは資料、報告書を作成する作業
- ・認証；免許証、保険証、パスポート、各種会員カード、印鑑、等を利用して認証を受ける作業
- ・M（モバイル）-コマース&決済；クレジットカード、デビットカード、現金、預金、ポイントカードを利用した支払いやポイント関連作業
- ・リモート監視&コントロール；遠隔地にある機器に対して PC 等を利用して監視&情報収集&制御、リモコンを使用した至近距離にある機器の制御
- ・ロケーション；地図、GPS、カーナビを利用して、自分の位置、目的の場所あるいは経路を知る作業

【ビジネス】

- ・データベースアクセス；ハンディターミナル等を利用した受発注や SFA におけるデータ入力およびデータ参照作業
- ・予約；医院や歯科医院の診察券等を利用した予約作業

と整理される。この作業分類がモビキタスアプリケーションの分類といえる。M-ラーニングについては、その作業内容が資料作成&管理機能やエンタテインメントと重複するところがあるが、目的が異なることから別とした。

企業内利用を中心とするモバイルコンピューティングのコンセプトに基づくアプリケーションの分類[65]とは異なり、この分類にはコンシューマ利用も含んでいることから、決済、認証、情報提供&広告、ゲーム、音楽/映像/書籍配信、録画・録音、M-ラーニング、リモート監視&コントロール、検討管理が追加されている。M-ラーニングや検討管理については、これまで具体的なサービス提供は見当たらないが、早晚でできると予測される。移動通信環境下で取り扱うことに適した新たな情報が現れた場合には、そのクラスを追加する必要がある。

なお、自動車関連のアプリケーションとして ITS があり、活発に研究開発されているが、以下の理由からここでは取り扱わないこととした。

- ・ ITS においては、人だけでなく自動車（ドライバーに対するエージェント機能を有する）といった道路を中心とするオブジェクトも通信主体となる。それ故、アプリケーションの領域が、人を中心としたアプリケーションに加えて、自動車と自動車、自動車と道路（信号等の道路関連設備を含む）といったコミュニケーションに基づくものへと大幅に拡大し、体系化する対象が非常に複雑多岐にわたる。
- ・ 自動車を運転しながらアプリケーションを利用する場合とそうでない場合では、利用できるアプリケーションが大きく異なるが、その境界線は明確ではない。

3. 3 モビキタスアプリケーションの方向性

モビキタスサービスは、無線通信機能を利用して必要に応じてコンピュータネットワークに接続可能である。この特徴故、モビキタス端末は無線通信機能を有しない手帳や免許証等の既存の情報ツールに比べて、以下の特徴を有する。

- ・ Internet 等に対して常時オンラインに接続可能である。
 - リアルタイム
 - インタラクティブ
 - NW リソースを利用可能；データのシンクロナイズ保存、サーバに保存された情報の利用
 - 通信費用が発生
- ・ 通常、モビキタス端末は各個人が所有することから、非常にパーソナル性が強い。
- ・ データ通信だけでなく、音声通信との共用が可能である。
 - 音声操作可能
 - 生体認証情報として声紋利用可能
 - データを見ながらの音声通話可能
- ・ ディスプレイサイズは、一般的に書類に比べて小さく、テキスト入力機能も弱い。

また、モビキタス端末に GPS 等の測位機能や Bluetooth 等の近距離通信機能が搭載されることにより、以下の特徴も有する。

- ・ リアルタイムに位置情報を取得可能である。
- ・ 近距離通信機能（非接触カード、Ir-DA, Bluetooth）を利用して数メートル以内にある機器と通信可能である。

更に、サイバーワールドへアクセスするモビキタス端末をリアルワールドで自由に持ち運び可能なことから

『モビキタス端末はリアルワールドとバーチャルワールドを結ぶ窓』

ともいえる特徴を有する。

決済、認証等ほとんどのアプリケーションについて、モビキタス端末は既存ツールに比べて優位である。しかしながら、M-ラーニングと資料作成&管理についてはある程度の大きさのディスプレイとある程度強力なテキスト入力機能が必要な機会が多いことから、適用領域は限られる。エンタテイメントにおける読書やビデオ鑑賞についても同様である。

以上のモビキタスの得失を考慮することにより、分類したアプリケーション群がどのように変化するか推測する。

【コンシューマ・実用系】

- ・PIM & グループウェア；住所/スケジュール/メモ/ジョブの各情報をモビキタス端末上で持つと共に NW サーバ上にシンクロナイズ保存する。更に、グループウェアとの連動が可能となる。
- ・コミュニケーション；人と人とのコミュニケーションについては、自動通訳を除きほぼ全ての機能が実現されている。今後は、コールセンタ機器やコンピュータ上のエージェントとマルチメディアを利用してコミュニケーション可能となる。自動通訳機能が実現されるまでは、携帯電話からオペレータに接続して通訳等のサービスが実現される。
- ・M（モバイル）-ラーニング；PC ベースの e-ラーニングと比較して、容易に持ち運べ、いつでも学習できることがメリットである一方、ディスプレイサイズやデータ入力に問題があることから、外国語の辞書や会話事例紹介や選択式の Q&A に限られる。
- ・健康管理；健康に対する意識の向上、人口構成の高年齢化により、この分野への需要は強まり、健康測定センサーの一部がモビキタス端末に取り込まれる可能性がある。
- ・情報提供 & 広告；必要な情報種別を事前登録しておくことにより、TPO にあわせて欲しい情報を取得可能となる。情報提供業者は配信先ユーザの嗜好・動向をデータ分析し、欲すると思われるデータを送る。

【コンシューマ・エンタテイメント系】

- ・ゲーム；ゲームについては、ネットワークゲームや近距離通信機能を利用したゲームが中心となる。
- ・音楽/映像/書籍 配信；音楽配信やビデオ配信については、IMT-2000 サービスの特徴を生かしており、今後の普及が期待される。書籍配信については、ディスプレイの大きさの制限もあり、特定分野に限られるか、あるいは新たな表現形態が創出されると考えられる。
- ・録画&録音；サウンドレコーディング、ビデオレコーディング共に出揃っており、今後は品質の向上が望まれる。

【コンシューマ&ビジネス系】

- ・資料作成&管理；モビキタス端末のディスプレイサイズが小さいことから、モビキタス化のメリットは少ない。訪問先に持っていく書類を忘れた際に、オフィースのパソコンと連動してドキュメントを訪問先にメールあるいはファックスに転送など、適用領域は限られる。
- ・認証；音声通信との共用が可能であることから、生体情報の1つである声紋情報による個人認証や音声認識を利用した個人情報の入力・照合による個人認証が容易である。
- ・M（モバイル）-コマース&決済；非接触カード/ Ir-DA / Bluetooth / 2次元バーコードを利用して決済処理を行う相手端末との間で決済処理に必要な情報交換および口座から引き落とし等の処理を行う。その際、必要に応じて上記により本人性の確認を行う。また、モビキタス端末はリアルワールドとバーチャルワールドを結ぶ窓であることから、両者を結びつけたモバイルコマースへ展開する可能性が高い。決済に当たっては、下記のように多様化する。
 - 課金単位の多様化；課金単位の小額化、任意課金
 - 決済方法の多様化；事後決済、事前入金タイプ
- ・リモート監視&コントロール；第2.5～3世代のセッションの常時接続性を利用したサービスであり、既に企業レベルでは始まっており、自宅等のモニタリング等、コンシューマ領域に広がる可能性を秘めている。
- ・ロケーション；位置管理単独ではなく、コンシューマ利用としては、情報提供サービスやセキュリティーサービスとの連携が進む。また、ビジネス利用としては、ロジスティックスやSFAとの連携が進む。

【ビジネス系】

- ・データベースアクセス；既にオンラインによるデータ入力は始まっており、この傾向が更に進む。
- ・予約；サービス提供者側の人員削減につながることから、今後とも普及する。

3. 4 アプリケーションミドルウェアの体系的分類

通信系アプリケーションは、情報をセNDERからレシーバに送る（通話サービスやメールサービスのようにセNDERとレシーバが適宜入れ替わることはある。）のが基本であり、そのバリエーション要素として下記の5つの項目が考えられる。

- (1) 取り扱う情報種別
- (2) 情報を授受するオブジェクト種別；人やコンピュータ、各種機器、等
- (3) センダーとレシーバ間における情報の共有形態；1：1／1：n／n：nのいずれか

- (4) 通信のリアルタイム性；リアルタイム系／待ち合わせ系，およびそれらの併用
- (5) 情報の送受信形態；Push / Pull、およびそれらの併用

上記項目を実現するため、システムとしては、図 3.3 に示すようにセnderとレシーバに間に入って以下の機能を必要に応じて提供する必要がある。なお、各機能について、既存の提供状況を併せて記した。

- (1) オブジェクト間でデータの授受を行う伝送機能
- (2) 情報の授受を行うオブジェクトの管理機能
 - ・オブジェクト管理；情報の授受を行うオブジェクトのプロファイルの管理（登録／変更／削除）
 - ・個人認証&管理；情報の授受を行うオブジェクト（一般的にはユーザ）の認証およびプロファイル管理。ネットワークへの接続を許可した端末に対して、照合実施。サーバ等にアクセスしてきた携帯電話の発信者番号がアクセス時に送出されることから、認証に利用できる。認証情報としては、ユーザ ID およびパスワードが一般的である。利用ユーザのプロファイル、利用状況等の管理については、各アプリケーションの中で独自に実現、提供されている。
- (3) ストレージ；取り扱い情報の蓄積。WWW サーバや FTP サーバが広く利用されている。また、Open Mobile Alliance OMA[29]において、シンクロナイズ機能付きストレージ機能の標準化が進んでいる。
- (4) プロトコル変換；取り扱い情報を End-End 間で授受できるようプロトコル変換を行う。マルチメディア伝送制御（MPEG-4⇔3G-324M）に対応したミドルウェアが既に提供されている。より高品質かつ高効率な伝送制御ミドルウェアが望まれる。W3C で標準化を進めている CC/PP[92]（ディスプレイの大きさやメモリ量といったリソース条件の異なる端末にコンテンツを対応させるためのミドルウェア）もこのクラスに属する。
- (5) 転送；取り扱い情報を転送したり、同報配信したりする。SMTP サーバや POP /IMAP サーバが広く利用されている。
- (6) ポータル&検索
 - ・ポータル；WWW の中で広く利用されている。
 - ・検索；多くの情報検索エンジンが広く提供されている。
- (7) 課金；アプリケーション利用料金の課金、請求。コンテンツ利用料については、代行回収サービスを移動通信事業者が提供。クレジットカード利用を含め、多様化が進んでいる。

移動通信システムの特徴的な機能として、End-End ユーザ間に伝送路を確立するだけでなく、以下の機能を提供可能である。

(8) 位置検出；既にいくつかの事業者が携帯電話の位置情報提供サービスを提供している[27]。

(1) の伝送機能は、通常、通信キャリア事業者が提供しており、(2)～(8)の機能はアプリケーションシステムとして実現する必要がある。しかし、(2)～(8)の機能は扱う情報種類によって大きく異なることはなく、共通的に利用できる事項が多いことから、アプリケーションの開発効率を考えるとミドルウェアとして提供されることが望ましい。

特に、(2)のオブジェクト管理やユーザ認証&管理を行うミドルウェアについては、各アプリケーションが個別に実現してきていることもあり、ミドルウェアとしての提供が望まれる。また、プロトコル変換についても十分にミドルウェアが提供されているとはいえず、今後の充実が望まれるところである。

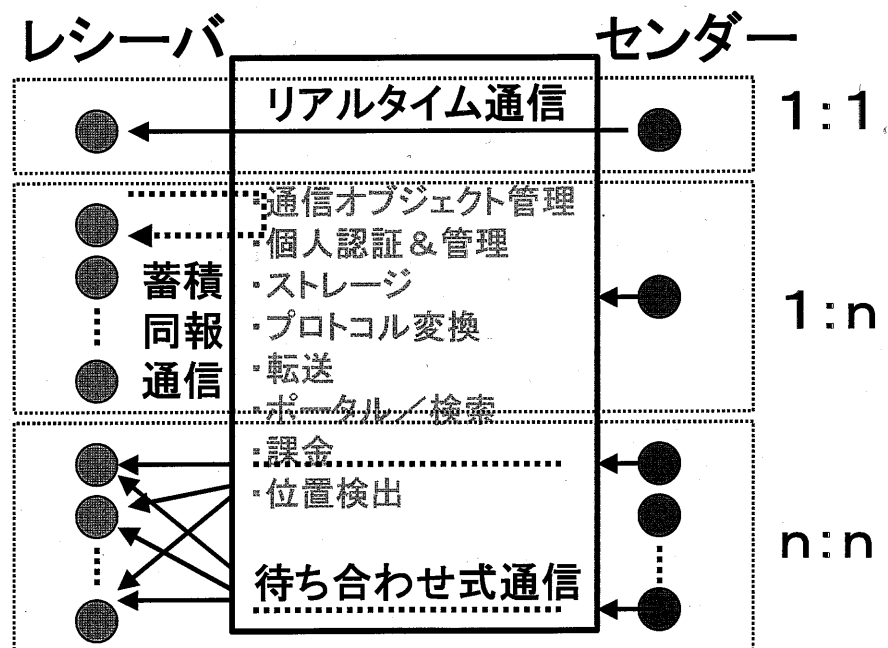


図3.3 モビキタスアプリケーションの基本構成要素

3. 5 モビキタスアプリケーションシステム構成

移動通信環境でインターネット等のコンピュータネットワークと接続してデータ通信を行う場合のシステム構成は、IMT-2000 のネットワーク構成にあるように

- (1) 携帯端末；人が持ち歩いて使用する端末
- (2) コアネットワーク；移動通信ネットワーク
- (3) ゲートウェイ GW；移動通信ネットワークとデータ通信ネットワーク間のプロトコル変換機能を提供
- (4) アプリケーションサーバ；各アプリケーション独自の機能を提供

の4つの要素から構成される。モビキタス端末については近距離通信機能も搭載されることから、コアネットワークと近距離通信機能はハイブリッド化されることが考えられる。

アプリケーションの実現にあたっては、

『仮説3；アプリケーションは、利用者である人間との直接のインタフェースであるモビキタス端末がネットワーク上のリソースであるコアネットワーク、GW およびアプリケーションサーバと連携をとって実現される。』

が成り立つと考えられる。それ故、モビキタス端末上にはネットワークリソースに対抗する機能が搭載されている必要がある。これは、アプリケーション群を実現するための全ての機能が搭載されているということではなく、ユーザが欲するアプリケーションを実現するための機能が搭載されていることを意味する。

アプリケーションの実現形態としては、

方法1；プログラムインストール型

方法2；ネットワークコンピュータ型 (ex. WWW)

方法3；シンクライアント型 (ex. Java)

の3つがある。方法1は、モビキタス端末上のアプリケーションプログラムのメンテナンス／バージョンアップ等に問題があることから、現在の IP 携帯では方法2および方法3の併用となっている。実際には、アプリケーションプラットフォームとしてブラウザおよび KVM²あるいは BREW³が標準として搭載されている。アプリケーション実現のために必要なハードウェア、例えば、マルチメディアに対応するためのオーディオプレイヤーやビデオコーデック、位置情報取得のための GPS は、搭載の有無が端末価格に反映されることから、全機種に搭載される訳ではない。

前節で整理したように、アプリケーションミドルウェアは、課金／ユーザ認証／位置情報提供のようにコアネットワークが既に提供している、あるいはプロトコル変換機能

2. <http://jp.sun.com/software/consumer-embedded/kvm/>

3. <http://www.qualcomm.com/brew/>

のようにコアネットの伝送機能強化的もの（これを下位ミドルウェアと呼ぶ）とストレージやオブジェクト管理のようにアプリケーション寄りのミドルウェア（上位ミドルウェアと呼ぶ）に分けられる。下位ミドルウェアは、一般的にコアネットワークとコンピュータネットワークとの間にゲートウェイの機能として位置付けられる。一方、上位ミドルウェアはコンピュータネットワーク上のアプリケーションと同様の位置付けとなる。以上から、アプリケーションシステムの構成としては、図 3.4 のような構成となる。また、アプリケーション実現の為の機能のレイヤー関係は図 3.5 のように 4 階層となる。

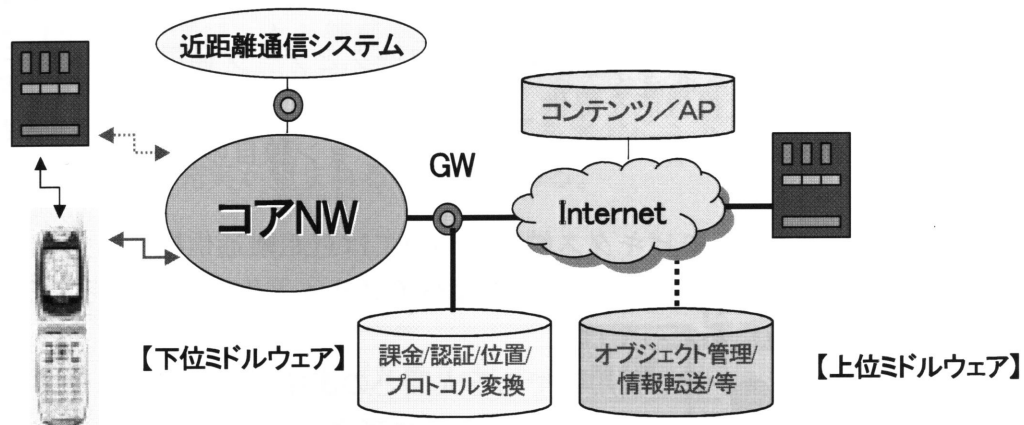


図 3. 4 モビキタスアプリケーションシステム構成

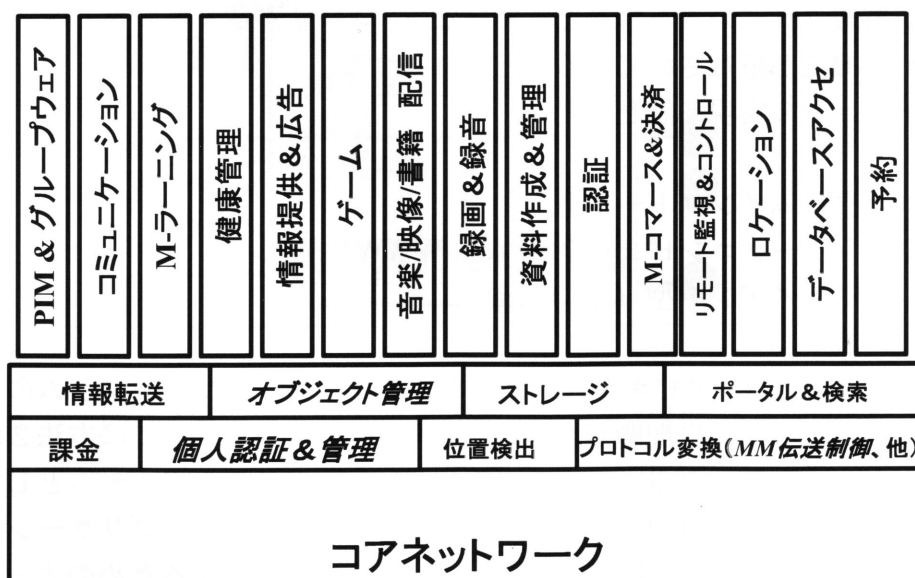


図 3. 5 モビキタスアプリケーションシステムのレイヤー構成

3. 6 あとがき

IP 携帯電話を利用したアプリケーションは、既存のアプリケーションの概念であるモバイルコンピューティングとユビキタスコンピューティングおよびロケーションアプリケーションが融合する方向に変化している。その概念をモビキタスサービスと呼び、サービスは人が利用するものであるとの仮説に基づきモビキタスアプリケーションを体系的に整理した。これまでに提供あるいは提案されているアプリケーションは、ほぼこの体系の中に入ると考えられる。

モビキタスアプリケーションは” 認証” をはじめとして 15 クラスに分類され、アプリケーション群をサポートするミドルウェアは 8 種類からなりコアネットワーク寄りの下位ミドルウェアとアプリケーション寄りの上位ミドルウェアに分類されることから、モビキタスアプリケーションは 3 階層からなるプラットフォーム上に実現されるモデルを提案した。これにより、具体的なモビキタスアプリケーションのシステム設計を行う上で必要となるミドルウェアの選択・組み合わせが明確になり、個別に開発すべき事項が明確になることが期待できる。また、必要となるミドルウェアが明確になり、その充実につながることを期待できる。

次章以降、第 3 世代移動通信サービスの中で注目されているユビキタス/M-コマース/マルチメディアに関連し、具体的なミドルウェアがないあるいは機能向上が望まれるミドルウェアの設計法について述べる。また、具体的に開発したシステムについて、設計法および評価結果を示す。具体的には、下記ミドルウェアの開発を行った。

- ・ リモート監視オブジェクト管理ミドルウェア；ユビキタス系サービスであるリモート監視&コントロールにおいて、監視対象物に取り付けられたセンサーおよび監視対象物の管理を行う。
- ・ 個人認証ミドルウェア；M-コマースを中心に重要な機能である個人認証機能を音声認識機能を利用して提供する。
- ・ 映像ストリーミングミドルウェア；主要マルチメディアサービスである映像配信サービスにおいて、移動通信の伝送特性に適した映像伝送制御（プロトコル変換）を行う。

第4章

リモート監視オブジェクト管理ミドルウェア

4. 1 まえがき

従来有線回線を利用して大気汚染状況等のリモート監視[66]が行われてきた。無線パケットシステムの登場により、その特徴である設置場所に対する制限の少なさ、情報量課金、そしてセッションの常時接続性を活かして、リモート監視システムの導入が産業界で静かに進んでいる。監視対象もエレベータの管理から農業用温室の温度管理、環境汚染の監視など非常に幅広い。

ビジネス利用だけでなくコンシューマ市場においても、昨今の侵入盗、自動車盗、ひったくりといった重要犯罪件数の増加によりセキュリティー対策として、ドア／窓の開閉状況やガスコンロの火の消化状況、室内や敷地内の状況を外出先においても携帯電話を利用してリモート監視したいとの要望が強まっている。

リモート監視サービスが広く普及するためには、多種多様な監視対象物と監視希望者の多様な要望に応えるため、監視者～監視対象物～センサーといったオブジェクト間の関係を、プロフィールデータを含んで柔軟に管理するミドルウェアが望まれる。

4. 2節では、リモート監視オブジェクト管理ミドルウェアに要求される機能を整理する。4. 3節において関連研究について紹介し、4. 4節において4. 2節で整理した要求条件を満足するオブジェクト管理モデルとして4階層オブジェクト管理モデルを提案する。4. 5節において、リモート監視オブジェクト管理ミドルウェアを用いて具体的に開発した自動販売機等の機器に対するリモートモニタリングシステムについて、要求機能、システム構成、および性能評価結果について述べる。

また、同様に4. 6節においてリモート監視オブジェクト管理ミドルウェアを利用して開発した家庭向けセキュリティーシステムについて要求条件、システム構成および性能評価結果について述べる。

4. 2 課題および要求条件

モバイルリモートモニタリングへの要望が強い対象物としては、市場調査結果[67]から

- ・ 定期点検対象機器；配電盤、ガスメータ、エレベータ、他
- ・ 独立機器；自動販売機、洗車機、大気汚染監視装置、気象観測ロボット、他
- ・ 農業／漁業設備；温室、養魚場、他
- ・ 建物；自宅、ビル、工場、他
- ・ 移動体；自動車、土木機械、他

がある。用途は事業利用から個人利用まで幅広く、監視項目も水道やガスの検針メータの値、自動販売機や業務用冷蔵庫の温度、温室ボイラーの灯油タンクの残量、気象観測ロボットの風速／雨量／温度／大気汚染状況など多種多様である。センサー種別も温度センサーや湿度センサーだけでなく、各種メータ、ビデオカメラなど多種多様である。このようにセンサー監視の対象は、事業利用から個人利用まで幅広く、監視対象物の構成も監視項目もユーザによって異なる。

また、リモートモニタリングには、モニタリング情報にアクセスできる人間を管理する必要がある。工場や家庭向けのセキュリティーシステムに第三者が容易にアクセスできるようでは、逆に犯罪を助長しかねない。他の利用形態でも同様である。

このように複雑な構成の監視対象を安全にセンサー監視するに当たっての課題をまとめると

- ・ ユーザによって監視対象物の構成が異なる。
- ・ 監視対象物によって管理項目、データ取得項目、障害と判断する条件が異なる。
- ・ 上記項目が監視期間中に変更になることがある。
- ・ 監視対象物が、一般に広く分布する
- ・ 第三者のシステムへの侵入は、情報漏洩やプライバシー等の問題につながる可能性がある。

となる。上記課題に対応するため、リモート監視のためのオブジェクト管理ミドルウェアは、以下の要求条件を実現する必要がある。

【要求条件】

- ・ 多様な監視対象物の構成（センサー～監視対象物～ロガーの関係）に柔軟に対応
- ・ 適宜変更される監視対象物のプロファイルデータをリアルタイムに管理
- ・ 管理データをリアルタイムかつ確実に保存
- ・ 障害発生と判断した場合にアラームあるいは必要なデータを送出

- ・ システムへのアクセス権者の管理
- ・ 各ユーザ毎の独立性

これらの要求条件を実現するためには、センサーを監視端末の構成にあわせて管理する必要がある。

4. 3 関連研究

センサー等のデバイスや情報関連機器をコンピュータネットワークに接続して新たな生活環境を開発する研究が進められており、このようなネットワーク環境を『ユビキタスネットワーク』と呼んでいる。これらの研究の中で、センサー等のオブジェクトの管理に関する主な研究を以下に示す。

4. 3. 1 オブジェクトの発見

ユビキタスネットワークの研究の多くは、多種多様なオブジェクト（センサーや情報機器等の『アプライアンス』、『アプリケーション』、『コンテンツ』を総称してオブジェクトと呼ぶ）がいたるところに存在することを前提としており、移動先においてオブジェクトを見つけ出し、希望するサービスが受けられるようにすることを目指している。

オブジェクト管理の基本は、

- ・ オブジェクトをネットワーク上のデータベースにどのように登録するか？
- ・ オブジェクトに対してどのようなネーミングを与えるか？

といえる。

オブジェクトの検索方法としては、“オブジェクトがユビキタスネットワーク上のどこにあるか”を検索する“where to find”型と“どのようなオブジェクトを探すか”という“what to find”型の研究がされている。

“where to find”型に対応したネーミングとしては、全てのオブジェクトに対してIDを付与する方法が提案されている。AutoIP[68]のようにオブジェクトに対して既に付与されたIDとは別に一律にIDを付与するものと、NTTドコモの万物ID[31]のように既存のIDを考慮したものがある。“what to find”型に対応したネーミングとしては、INS[55], STONE[56], SIONet[57]などのプロジェクトで研究している。

サービスを提供するに当たっては、検出したオブジェクトを組み合わせで提供している。各オブジェクトに対してプロファイルが事前に付与されており、それを参考にサービスが構成される。

4. 3. 2 センサーネットワーク

リアルワールドに多数設置されたセンサーをネットワークに接続し、互いに連携して

神経網的なネットワークを構築するセンサーネットワークの研究が行われている。

センサーを接続するセンサーノードとして無線通信機能を組み込んだものも提供されている[69]。

センサーネットワークの研究としては、センサーデータのルーティング手法に関する研究[70,71]が多かったが、センサーネットワークの管理・運用のためのミドルウェアの研究[72]も行われている。その主題は、独立した1つのオブジェクトと存在する各センサーをいかに連携させるかによって多様な利用を可能にすることを追求している。

リモートモニタリングの主目的は監視対象の状態管理であり、センサーと他のオブジェクトを連携させたサービスの提供ではない。リモートモニタリングにおける各センサーは、監視対象物の構造に合わせて複数取り付けられ、センサーデータを監視対象物の場所や構造等のプロファイルと共に管理する必要がある。それ故、各センサーは、監視対象物によっては独立ではなく、互いに関連しているものもある。センサーデータにしても取り付けられた対象物によって、データの取得タイミングやスムージング処理等のデータ処理が異なる。

また、ユビキタスネットワークの研究の多くがオブジェクトに対しては誰でも自由にアクセスできることを前提としたものが多いが、リモートモニタリングシステムおよびセンサーデータへ誰でも自由にアクセスできることは問題であり、アクセス権者も制限する必要がある。

4. 4 4階層オブジェクト管理モデル

4. 4. 1 階層構造

監視対象とセンサー、データロガーとの関係は、図 4.1 に示すように

モデル1；各機器（デバイス）に複数のセンサーを付け、1つのデータロガーで複数の機器を監視

モデル2；自動車のように構成部品が複数の系統に分類され管理されており、各部品に1つないし複数のセンサーが付けられている機器を監視

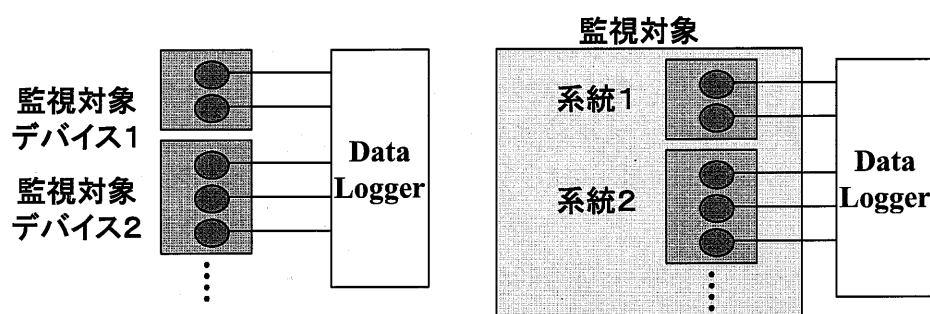
に分かれる。モデル 1、モデル 2、共に最もシンプルな構成が、1つの監視対象物に1つのロガー、そして1つのセンサーという組み合わせである。

ロガーに接続されるセンサーの種類は、圧力センサー、温度センサー、湿度センサー、各種メータ類と多種多様である。また、カメラもセンサーの1つといえる。一般的に素子としてのセンサーは、電圧等のアナログ情報が出力されるだけであり、閾値の判定も

数値データ化もセンサーが接続された制御機器が行う。データロガーには、素子としてのセンサーに対応するため、アナログデータをデジタル信号化するための A/D 変換回路が搭載されているものもある。センサー素子に対して目的別に信号処理を施したものは、データの形式別に下記の 3 つに分類される。

- ・ 2 値型；ドアや窓の開閉状況を検出するマグネットセンサーのように出力が ON/OFF の 2 値であるタイプ
- ・ 数値データ型；温度センサーや車速センサーを始めとする数値データを出力するタイプ。GPS もロケーションデータが数値で出力されることから、このタイプに属する。
- ・ 画像データ型；カメラ等、静止画や動画といった画像データを出力するタイプ。

理論的にはテキストデータを出力するセンサーが考えられるが、現実には見当たらない。



【監視対象モデル1】

【監視対象モデル2】

図4.1 リモートモ監視対象物の構成モデル

上記モデル1とモデル2は、物理的には両者の構成は異なるが、モデル2のシステムをモデル1のデバイスとみなすことにより、論理的なオブジェクトの関係は両モデル共に同一となり、データロガー／デバイス／センサーの3階層構造となる。ミドルウェアとして、サービス提供するためには、機器の監視に先立ちクライアントを管理することから、図4.2のような4階層モデルで監視対象を管理することが望ましい。各事業者が自社システムのためだけにシステムを構築する場合には、“クライアントオブジェクト”は縮退される。

各オブジェクトの機能は、以下の通りである。

＜クライアントオブジェクト＞

- ・ クライアント企業とそのサービス内容の管理
- ・ アクセス権管理；アクセス権者管理
- ・ 監視システムの構成管理

＜データロガーオブジェクト＞

- ・ データロガーのプロファイルおよび状態管理
- ・ データロガー内のタイマー同期制御

＜デバイスオブジェクト＞

- ・ デバイスあるいはシステム系統のプロファイルおよび状態管理
- ・ **デバイスあるいはシステム系統の障害判定条件の設定**

＜センサーオブジェクト＞

- ・ センサーのプロファイル（センサー種別、閾値設定、データ処理、等）および状態管理
- ・ センサーデータの送受信制御

クライアントオブジェクトの機能として、データロガーとの情報交換が必要な項目はなく、自分に属するデータロガーであることが識別できればよい。それ故、各オブジェクト識別のための ID の構成としては、各オブジェクトが階層構造をとっていることから、

＜クライアント ID>+＜データロガーID>+＜デバイス ID>+＜センサーID>
との階層構造となるが、実際には、＜クライアントオブジェクト ID>+＜データロガーID>は各データロガーに対して一律に払いだす IP アドレス代替できる。

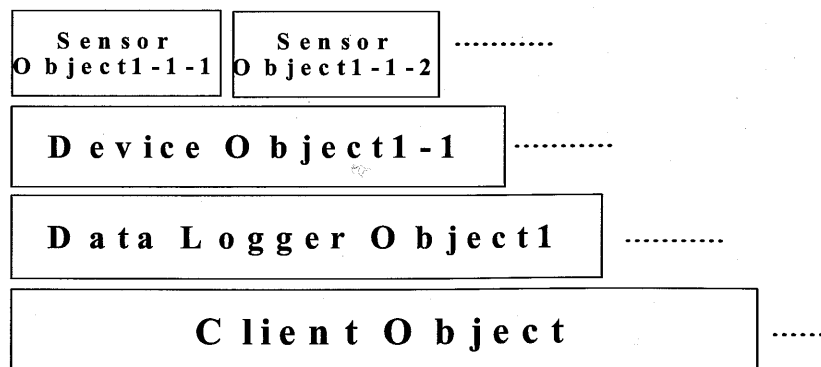


図4. 2 4階層オブジェクト管理モデル

4. 4. 2 プロトコルスタック

アプリケーション層としては、上記各オブジェクトの機能を実現するため、監視対象を4層で管理することと同様に、データロガーレイヤー／デバイスレイヤー／センサーレイヤーから成るプロトコルレイヤー構成とする。各層の概要は以下のとおりである。

- ・ データロガーレイヤー；データロガーのオブジェクトとそれに対応したサーバ内のデータロガーオブジェクト間での通信プロトコルで、データロガーのプロファイルデータの授受、タイマーの校正を行なう。
- ・ デバイスレイヤー；具体的監視対象であるデバイスのプロファイルおよび状況をマネジメントするために必要な情報交換を行なう。
- ・ センサーレイヤー；個々のセンサー種別、センサーに対する指示といったプロファイルの管理やセンサーからのデータの授受に関するデータパケットおよび制御パケットの授受を行なう。

各センサーや監視対象機器のプロファイルを効率よく管理するためには、Plug-and-Play 的な機能の搭載が望まれる。しかし、Plug-and-Play については、多くのデータロガーにプロファイルの書き込み機能がないことから、センサー管理ミドルウェアにはそれに準ずる方式も実現しておく必要がある。

各レイヤーでの具体的信号種別を以下に示す。

【データロガーレイヤー】

下り；サーバ→データロガー

- (1) プロファイル要求信号；ロガープロファイルデータを要求
- (2) 基準タイマー信号；基準時刻を送信
- (3) ロガー監視信号；データロガーが動作していることを確認するための応答要求。応答信号がなかった場合はロガーが故障していると判断。

上り；データロガー→サーバ

- (4) プロファイル信号；データロガーにセットされているプロファイルデータを送信。
- (5) 基準タイマー応答信号；基準タイマー信号への応答
- (6) 監視応答信号；ロガー監視信号への応答。動作していないデバイス ID を返信。

【デバイスレイヤー】

下り；サーバ→データロガー

- (1) 状態判断信号；デバイスが正常であるか否かを判断するための情報を送信
- (2) デバイスプロファイル要求；デバイス配下のセンサー関連のプロファイ

データの送信要求

- (3) 状態送信要求信号；デバイスに取り付けられているセンサーの動作状況の報告要求

上り；データロガー→サーバ

- (4) デバイスプロファイル信号；配下のセンサー種別、取り付け情報、等を報告
- (5) デバイス状態報告信号；デバイスに設置されているセンサーの正常／異常報告

【センサーレイヤー】

下り；サーバ→データロガー

- (1) センサープロファイル要求信号；ロガー内のセンサーオブジェクトがセンサーデータを送出するための条件を送信
- (2) データ送信要求信号；センサーデータを即送信する指示
- (3) データ送信停止信号；センサーデータの送信を停止指示
- (4) データ処理内容；センサーデータの処理（移動平均処理、差分処理、等）を指示

上り；データロガー→サーバ

- (5) センサープロファイル信号；センサー種別、データ送出条件、等を送出
- (6) データ信号；センサーデータを送出。

各レイヤーにおけるプロファイル管理を行うに当たっては、Plug-and-Play が望ましい。ロガーを本ミドルウェアを経由してアプリケーションサーバに接続時、ロガーからミドルウェアに対して各レイヤーの全プロファイルデータが自動的送出されることが望ましい。しかし、現実にはプロファイルデータの書き込み機能を有するデータロガーは少ないことから、オブジェクト管理 DB に必要なプロファイルデータを後から書き込むことになる。

同様にデータロガーから出力されるデータ信号は、送出当初だけセンサー出力（処理済みデータの場合もある）およびその取得タイミング（タイムスタンプやロケーションデータ、等）の単位をデータと共に送り、それ以降は、センサーID とセンサー出力データおよび取得タイミングのみとし、単位は送らないことが望ましい。

以上の信号フォーマットを利用することにより、

- ・ センサーの種類や数量の変化に柔軟に対応可能
- ・ サーバからデータロガーに対して、データ送出条件の変更／送出停止等の指示が可能
- ・ 出力データをそのままグラフで表示可能

となり、低コストでユーザ企業の多様な要望に応え、運用コストの低減が可能となる。

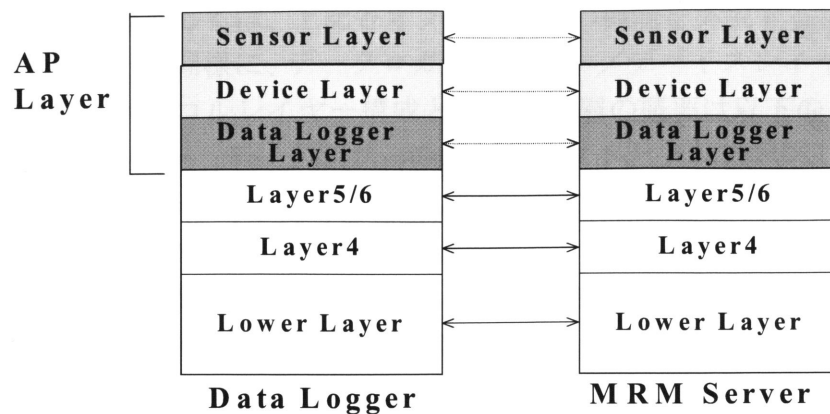


図4. 3 3階層アプリケーションプロトコルスタックモデル

4. 5 機器リモートモニタリングシステム

複数のユーザが1つのシステムを共用するASPサービスの1つとして、業務用冷蔵庫や温室、自動車等の機器をリモートモニタリングするシステムを、4階層オブジェクト管理モデルに基づいて設計したオブジェクト管理ミドルウェアと組み合わせて構築した。

4. 5. 1 サービス要求条件

リモート監視システムは、大きく分けて

- ・ アラーム通知機能；監視対象に問題が生じた場合、緊急対処に必要な情報と共にアラーム信号を保守者に早急かつ確実に通知する。
- ・ 状態監視機能；監視対象の状態を示すセンサーからのデータを確実に監視者に伝送し、状態表示する。

の2つの要求機能からなり、監視対象によってはアラーム通知機能のみを利用する場合がある。カスタマイズ性としては、

- ・ クライアントの希望するデータロガーへの対応
- ・ クライアントの希望するセンサーへの対応
 - センサー数/種類の追加・削除への対応
 - センサーデータの処理内容の変更
- ・ メール伝文のカスタマイズ

が要求される。アラーム通知機能として上記要求条件を実現するため

- ① クライアントが障害と判断する条件を監視端末からサーバ経由でデータロガーに対して設定可能とする。
- ② 障害対処に必要な情報として、障害情報（データロガー識別、センサー識別、アラーム発生時刻、異常内容、他）に加えて監視対象機器のプロファイルを保守者に早期に伝送する。
- ③ データロガーが能動的に障害を検出し、アラーム情報をサーバおよび保守運用者の端末に送出する。

が挙げられる。

状態監視機能としては、

- ④ センサーの出力データ（通常はアナログ情報）をリモート監視システムに一時保存する。場合によっては移動平均等のデータ処理を行った上で、データ取得時間と共に一時保存する。
- ⑤ クライアントが監視端末を使って、データ取得および送出条件、さらにデータの処理内容を監視端末から変更可能とする。
- ⑥ データロガーからサーバに対してデータ送出するプッシュ型データ伝送機能
- ⑦ 監視端末からの指示に基づいてデータをサーバに送出するプル型データ伝送機能
- ⑧ サーバが受信したデータを保守運用者が希望するように表示する。

が必要となる。

更に、サーバ設備を共有するため

- ⑨ 個々のクライアント企業の独立性確保
 - ・サーバは複数のクライアント企業に対して共用することから、各クライアント企業に関するデータをソフトレベルで独立を確保
 - ・クライアント企業毎にその監視対象のプロファイル管理
 - ・システムおよびセンサーデータへのアクセス権者の管理

が求められる。

4. 5. 2 システム要求機能

先に述べたサービス要求条件を満足するためにシステムに要求される機能を以下に示す。

4. 5. 2. 1 オブジェクト管理ミドルウェア

個々のクライアント企業の独立性を確保しつつ、各企業の要求する多様な監視対象に対応するため、本機器リモートモニタリングシステムでは、4階層オブジェクト管理モデルに基づいて監視対象物とユーザの管理およびセンサーデータの管理を行う。

4. 5. 2. 2 データロガーの自立分散制御

障害発生時のアラーム通知等の遅れ解消、要求条件にあったときのみデータを送出することによる送信データ量の低減、しいては通信費の低減を図るため、データロガーをサーバからの指示に基づいて動作する形式ではなく、センサーデータやアラーム信号の送出条件、センサーデータの処理内容（場合によっては処理プログラム）のみをサーバからデータロガーに指示し、その後はデータロガーが自立的に動作する形式とする。但し、緊急にデータを取得したい事態に対応するため、監視端末からの指示によるデータ取得機能を設けておく必要はある。

高機能化に伴うバグや落雷等により、データロガーが動作しなくなることがある。また、通信システムとして無線パケットシステムを使う場合、通信回線の不安定さからセッションが切れることがある。そのため、リモート監視サーバからデータロガーに対して動作確認のための監視パケットを送り、応答の有無を確認する機能を提供する。パスを常に確立するために、リモート監視サーバからデータロガーに対してだけでなく、データロガーからリモート監視サーバに対しても能動的に PPP を起動してパスを確立する機能を提供する。

4. 5. 2. 3 メールメッセージのスク립ト化

データロガーが障害を検出した際の保守運用者へのメールについては、クライアント企業によって保守運用者に送信するメッセージの内容が異なることが想定されることから、障害通知と監視異常（データロガーが無応答）に対して

- ・ 送信先の設定
- ・ 件名の設定
- ・ 本文の設定

を可能とする。

更に、障害が発生した監視対象であるデータロガー／デバイス／センサーを件名および本文に明示可能とするため、

“@Logger”

“@Device”

“@Sensor”

の3つのスク립トを用意する。これにより、障害が発生したデータロガーID／デバイ

ス ID/センサーID が自動的にメッセージに組み込まれる。

4. 5. 3 システム概要

データロガーとして東芝機械の TC-mini⁴を対象として、上記の技術を採用したシステムの開発を行った。

但し、TC-mini は、Windows や Linux といった汎用 OS を搭載していないこと、メモリー等のシステムリソースが充分ではないこと等から、以下のような制約がある。

- ・ システムリソース不足から、HTTP は上りのみの対応
- ・ JVM を搭載できないことから、Java の利用不可
- ・ アプリケーションレベルの通信プロトコルとして、独自プロトコルを採用

そのため、データロガーと監視サーバ間のセッション管理として HTTP をフルに利用せず、アプリケーションレイヤーでも対応した。また、センサーデータをロガー内で処理するプログラムをリモート監視サーバから転送することは見送った。

4. 5. 3. 1 システム構成

システム構成としては、ASP として多くの企業クライアントに対してサーバ設備を共用することもあり、図 4.4 に示すように

- ・ 各種センサーが接続されたデータロガー
- ・ データロガーからのデータを一時蓄積し、監視端末に配信するためのリモート監視サーバ(Mobile Remote Monitoring Center;MRMC)
 - データ一時蓄積サーバ(Sensor Data Storage Server)
 - WWW/SMTP サーバ
 - クライアント管理サーバ(Client Management Server)
 - 保守/運用端末(Administration Terminal)
- ・ 監視端末(Client Terminal)

の大きく 3 つのノードから構成する。後ほど述べるようにモジュール構成として、クライアント管理とデバイス管理を分離している。クライアント管理は、ASP として企業クライアントに提供するサービスとして共通的な必須機能であることから、デバイス管理を行うサーバとは分離した。同様の理由からメール送信のための SMTP サーバも分離することとした。

4. <http://www.toshiba-machine.co.jp/seiji/prod/tcmini/>

データロガーは、センサーからのデータを受信し、必要に応じ処理する。その結果をサーバとの間に TCP/IP によりパスを確立し、MRMC にセンサーのデータを送出する。機能としては、

- ・ センサーからのデータの受信
- ・ 受信したデータの処理
- ・ サーバからの指示に基づいて、定期的にデータをサーバに送出あるいは送出停止
- ・ 異常データを検出した場合、アラーム情報をサーバに送出
- ・ サーバからのデータ送出条件／送出停止指示を受信
- ・ サーバからの指示によるセンサーデータの送出

である。

MRMC では、データロガーから送られてきたデータを一次蓄積し、監視端末からの要求に応じてデータを転送する。また、アラーム情報を受信した場合、あるいは受信データの閾値が特定の値を超えた場合には、保守監視者等アラーム信号をページャあるいは携帯メール等で保守者に周知する。機能としては、

- ・ アクセス権管理およびクライアント企業のプロフィール管理
- ・ データロガーの構成管理
- ・ データロガーから送られてきた情報の一時蓄積
- ・ 保守者に対するアラームをインターネットメール経由でページャあるいは携帯電話に送出
- ・ 基本操作画面を WWW ベースで提供。PC 端末およびモバイルインターネット端末対応を準備
- ・ デフォルト操作以外を要望するクライアントに対する API の提供

監視端末は、Web ベースでセンサーからのデータを保守者の希望するグラフ形式で表示、あるいはリモート監視サーバからのデータダウンロード等を行なう。監視端末からリモート監視サーバへのアクセス時のセキュリティ対策としては、ADSL における固定 IP の取得費用が廉価になったことから、監視端末に固定 IP を割り当て、ファイアウォールで許可した IP の端末からのみのアクセスを許容することとした。

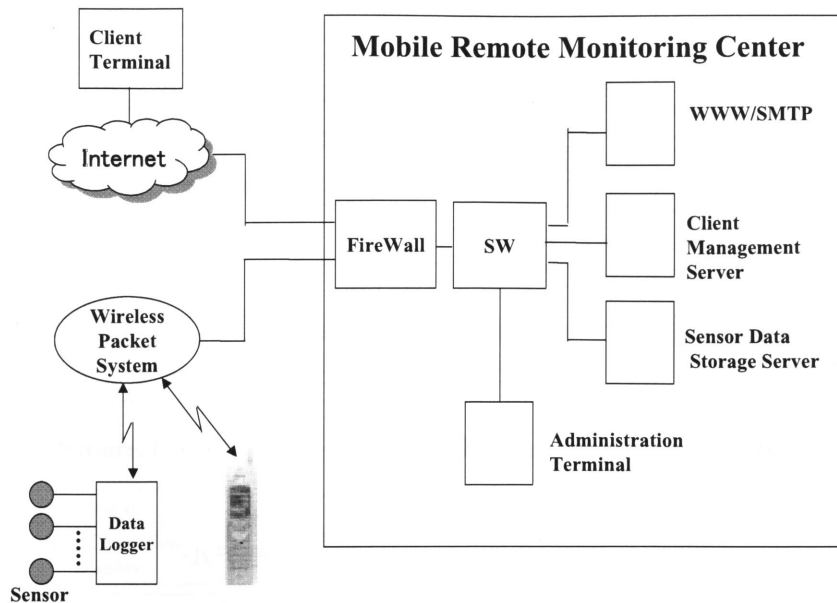


図4.4 モバイルリモート監視システム構成

4. 5. 3. 2 通信プロトコルスタック

データロガーとサーバ間の通信は、監視対象を常時監視しながら状況に応じて速やかにデータを送出する必要がある。それ故、NTT ドコモの PDC-Packet を始めとする無線パケットシステムを採用した。その場合のプロトコルとしては、UDP/IP および無手順プロトコルを採用していることが多く、その無手順プロトコルはデータロガーを開発・提供する企業によって異なっている。単にセンサーから得たデータをサーバに送出するものから、送信条件等をサーバからデータロガーに指示できるものまである。ASP としてリモート監視システムを提供するためには、低機能なデータロガーにも対応しつつ、多様な要望に応えるためセンサー個々に対してデータ送信条件／停止等の指示可能な構成とする。そのため、図 4.5 に示すようにセッション層として各社のプロトコルに対応する。その上位であるアプリケーション層としては、4. 4. 2 節で述べたプロトコルスタックを利用した。

リモート監視サーバと監視端末間は、専用線を張ることも考えられるが、そのコスト面と ADSL をはじめとするブロードバンドインターネットの普及から、インターネットによる接続とした。通信プロトコルとしては、監視端末におけるプログラム保守を軽減するため WWW を採用した。

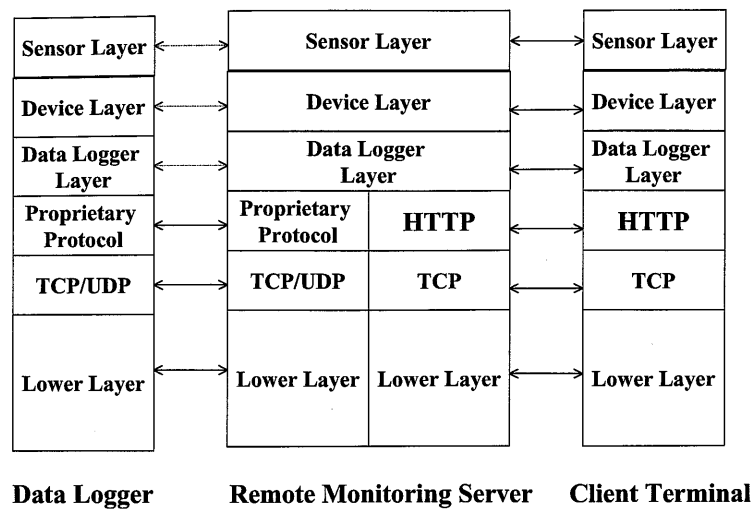


図 4. 5 プロトコルスタックモデル

4. 5. 3. 3 プログラム構成

東芝機械の TC-mini の制限を考慮して、上記の機能を実現するためのプログラム構成を図 4.6 に示す。

オブジェクト管理ミドルウェアは、User Management DB および Device Information DB, Sensing DB とそれらのコントローラから構成される。User Management 部は、クライアントの契約状況や問い合わせへの対応に必要なデータを管理すると共に、リモート監視サーバへの監視端末およびデータロガーからのアクセス権を管理する。Device Information DB は、監視対象物の構成等のプロファイルを管理し、Sensing DB はセンサーからのデータをデータロガー／デバイス／センサーの 3 階層で管理する。

コネクション部はデータロガーとの間で TCP/IP によりパスを確立する。その上位プロトコルとしては、複数のデータロガー対応する必要があることからマルチセッションに対応した汎用プロトコルとして HTTP を利用することが望ましい。しかし、TC-mini の機能上の制限から HTTP をフルサポート出来なかったため、データロガーからリモート監視サーバへの上り回線のみ HTTP をサポートすることにし、データ受信部でデータロガーから送られてくるデータを受けけるようにした。下り回線については、TC-mini が汎用プロトコルでなく固有のプロトコルを採用していたことから、コマンド組立部においてデータロガーへの制御信号を組み立てることとした。このモジュールを変更することにより、他のデータロガーにも対応可能となる。

API 部はリモート監視システムの操作部を作成するためのインタフェースを提供しており、本サービスの利用者が独自の操作画面を Web ベースで構築可能となっている。

その構成を図 4.7 に示す。利用者へのライセンス管理系と監視対象の管理系に分けてオブジェクトを構成している。

基本操作画面はデフォルトとして提供している操作画面であり、監視対象の4階層管理、メール伝文のカスタマイズ、取得データの転送に対応するため、図 4.8 に示す遷移の操作画面を用意した。監視対象の機器をイメージできるグラフィックやテキストを変更可能である。一例として、複数のコンビニエンスストアの冷蔵庫をまとめて監視する画面（データロガー情報）を示す。

オブジェクト管理ミドルウェアとそれ以外（アプリケーション部）の開発プログラムのステップ数の比は、4階層オブジェクト管理モデルという汎用性の高いコンセプトに基づいて設計したこともあり、約6：4となった。

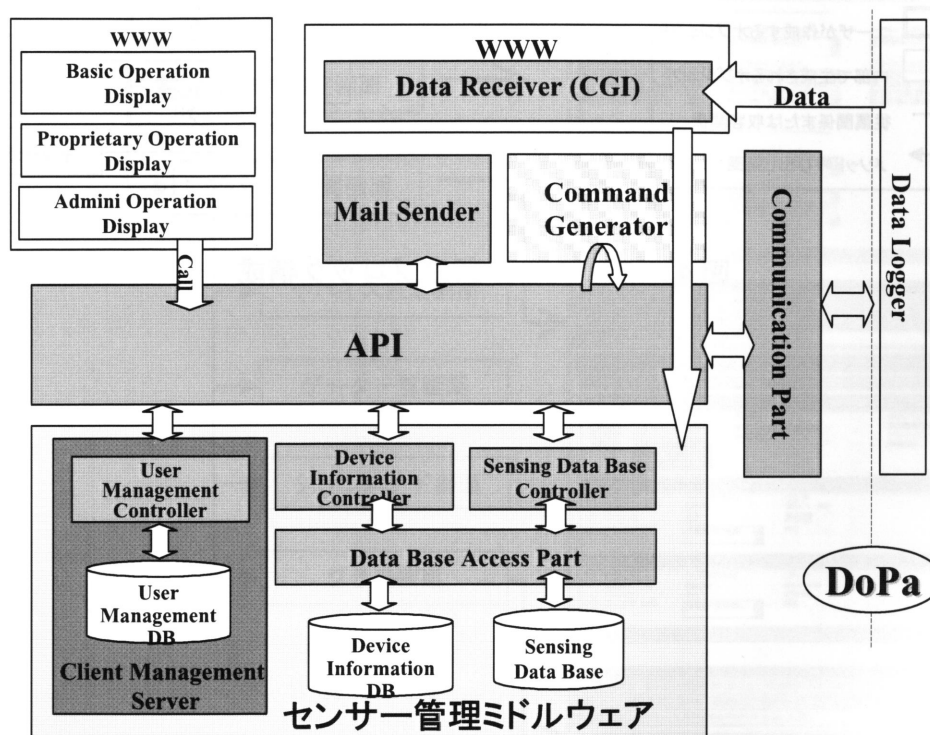


図 4. 6 MRMセンターサーバのプログラム構成

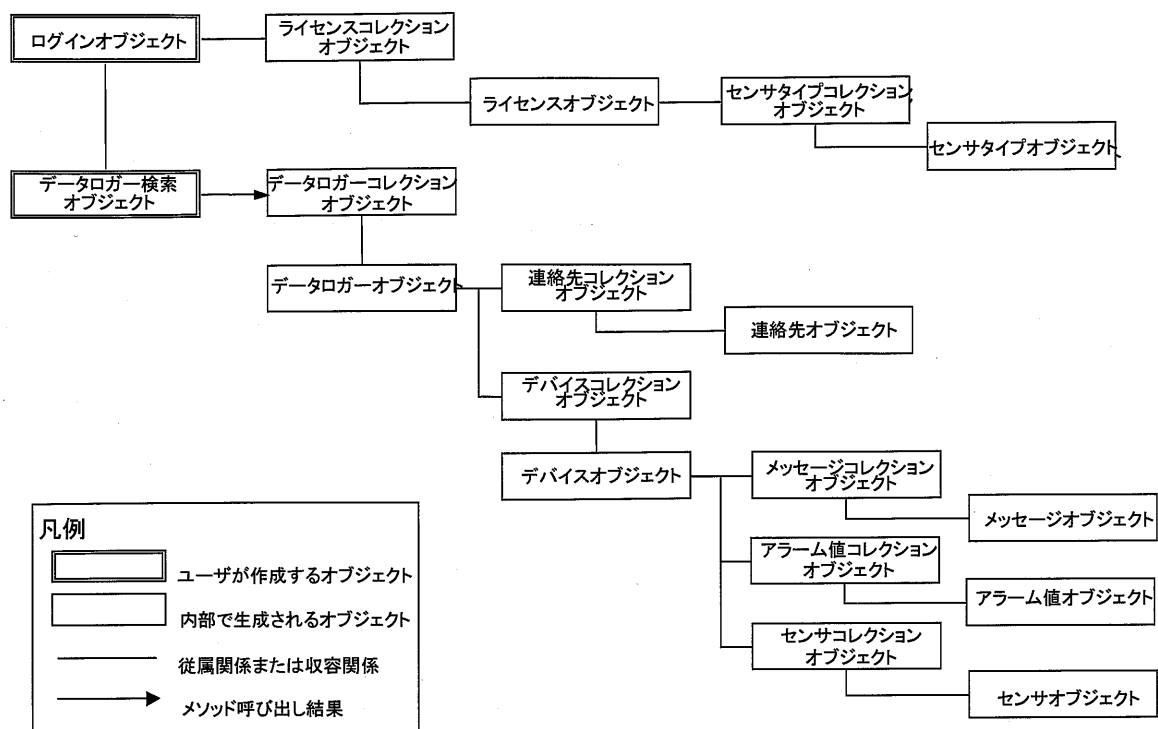


図 4. 7 API 部のブロック構成

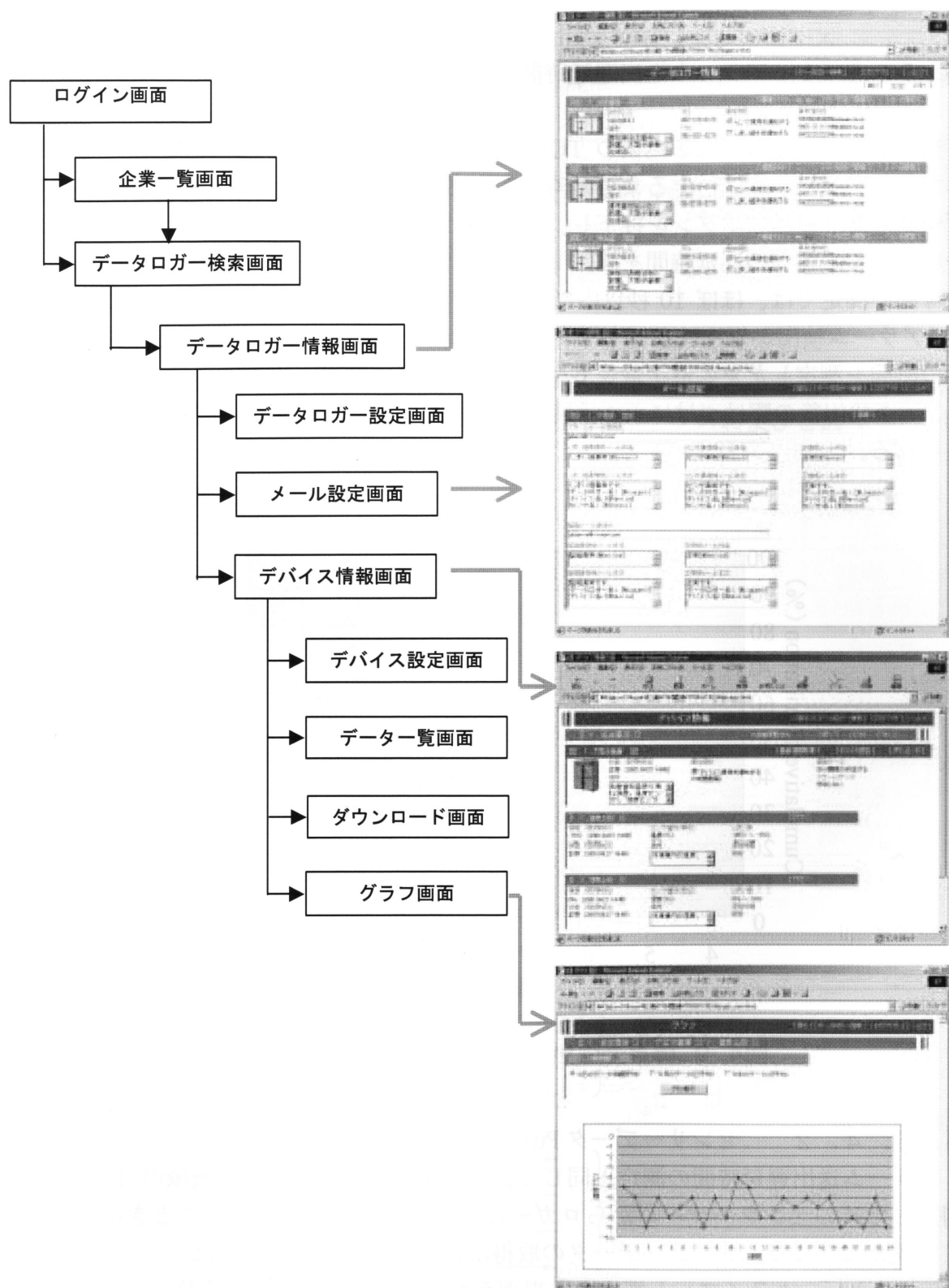


図 4. 8 操作画面構成例

4. 5. 4 システムデータ

4. 5. 4. 1 アラーム送出遅延時間

データロガーとして東芝機械の TC-mini を利用した時のデータロガーで障害を検出してからアラームを受信するまでの時間を測定した。その結果を図 4.9 に示す。試験は、データロガーの送信ボタンを押下し、リモート監視サーバが i モード端末に対してメールを送出するまでの遅延時間を測定した。

今回の測定では、ほぼ 10 秒以内に送出完了していることが分かった。参考ではあるが、アラーム検出からインターネット経由で i モード端末でアラーム信号を受信するまでの時間を測定したところ、最長 6 分弱の遅延があったが、平均的には 1 分 30 秒であり、障害検出後の駆けつけに要する時間と比較すると、多くの場合問題ないレベルと考えられる。

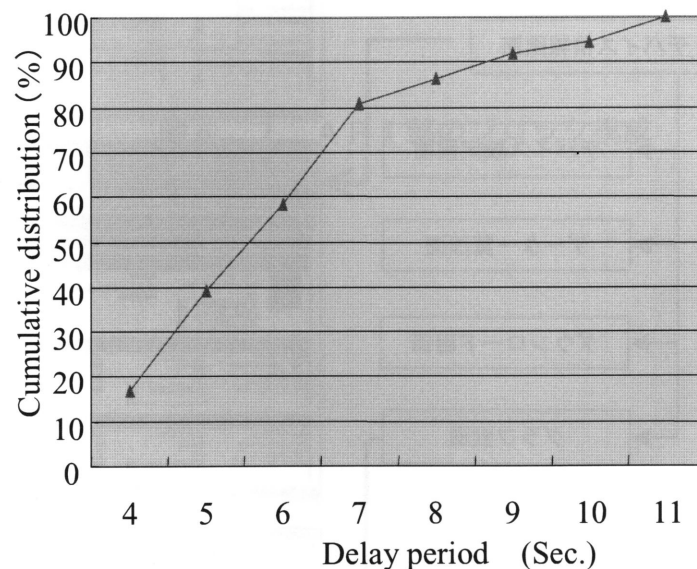


図4. 9 障害発生からアラームメール送信までの時間

4. 5. 4. 2 センサーデータ Pull 時の送受信バイト数

アラーム送出遅延時間の測定と同じく、データロガーとして東芝機械の TC-mini を利用した時のセンターサーバからロガーにセンサーデータ取得に行くときの送受信バイト数を測定した。センサーデータの取得は、以下の手順で行なった。

- 1) クライアント端末の監視画面からデータ取得操作を実施。
- 2) リモート監視サーバ上の監視ウェブプログラムが API 部をキックする。

- 3) API 部はコネクション部を起動してデータロガーとの間にセッションを確立し、データロガーにデータ送信要求パケットを送信する。
- 4) リモート監視サーバ上のデータ受信部は、データロガーから送信されたセンサーデータを受信する。

31 個のセンサの値を取得した。なお、センサー数 3 の時の制御パケットは

送信 : [ESC]5,D000,D001,D002[CR]

受信 : 1,0,2[CR]

となる。”D” がセンサーを表すので、31 個目のデータを取得するときは、D031 を指示する。リモート監視サーバとデータロガー間の通信シーケンスおよびを図 4.10 にしめす。

その時のデータ量は

- ・ 制御コマンド ;
 - 下り : 158 バイト 上り : 62 バイト
- ・ 通信バイト数
 - 下り : 460 バイト 上り : 354 バイト

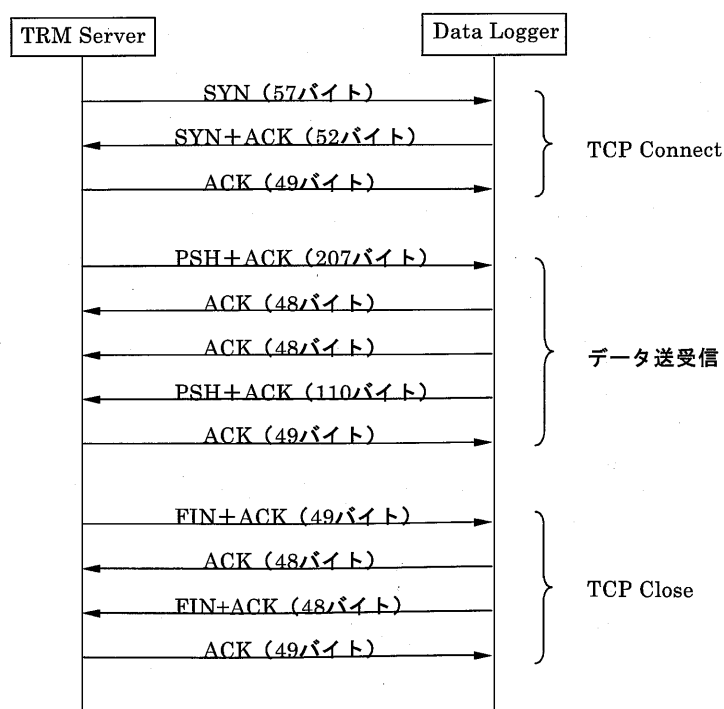


図 4. 10 センサーデータ取得時の制御シーケンス

であった。

センサ数を変えた場合、すなわち送信するデータ量を変えた場合のヘッダの変化を測定した。表 4.1 にコマンドのバイト数とヘッダのバイト数の関係を示した。

センサー数を 31 から 16 へ変えた場合、TC-mini 通信コマンドの送信バイト数は 77 バイト減り、全送信量は 74 バイト減る。同様に TC-mini 通信コマンドの受信バイト数は 30 バイト減り、それに伴い全受信量も 30 バイト減る。

したがって、センサー数を 31 から 16 へ変えた場合、TC-mini 通信コマンドのバイト数の差分と全通信量の差分がほぼ等しいと言え、センサー数の増減によるヘッダの増減は小さいと言える。当然ではあるが、各センサーのデータをまとめて送った方が、トータル通信バイト数を減らすことが可能であり、通信コストの低減につながる。

表 4. 1 コマンドのバイト数とヘッダのバイト数の関係

センサー数	送信コマンド	受信コマンド	全受信量	全送信量
31	158 バイト	62 バイト	354 バイト	460 バイト
16	81 バイト	32 バイト	324 バイト	386 バイト

4. 5. 4. 3 センサーデータ Push 時の送受信バイト数

データロガーからサーバへセンサーデータを Push 型で送出する場合の送受信バイト数を測定した。

データロガーからサーバへセンサーデータを送出する場合の送受信バイト数の測定は以下の手順で行なった。

- 1) データロガーの送信ボタンを押す。
- 2) データロガーからリモート監視サーバにアクセスし、コネクション部との間にセッションを確立する。
- 3) リモート監視サーバ上のデータ受信部は、データロガーから送信されたセンサーデータを受信する。

Push 形式で 3 個のセンサーデータを送出する時の制御コマンドは、

```
送信 : POST[SP]/cgi-bin/Str.cgi[SP]HTTP/1.0[CR][LF]
      User-Agent: [SP]TCMini/1.0[CR][LF]
      Host: [SP]192.168.1.13:9810[CR][LF]
      Content-Length: [SP]20[CR][LF]
      [CR][LF]
```

D000=1&D001=0&D002=2[CR][LF]

受信: HTTP/1.1[SP]200[SP]OK[CR][LF]

Server:[SP]Microsoft-IIS/5.0[CR][LF]

Date:[SP]Tue,[SP]23[SP]Apr[SP]2002[SP]09:36:30[SP]GMT[CR][LF]

Content-Type:[CR][LF]

[CR][LF]

リモート監視サーバとデータロガー間の通信シーケンスおよびを図 4.11 に示す。
センサー数を 31 個とした時のデータ量は

- ・ センサーデータのデータ量 ; 223Byte
- ・ 制御コマンド ;
 - 下り : 327 バイト 上り : 98 バイト
- ・ 通信バイト数
 - 下り : 669 バイト 上り : 348 バイト

であった。センサーデータの情報量に比べて、最終的に送受信するバイト数が 5 倍近くになり、オーバーヘッドが大きい。

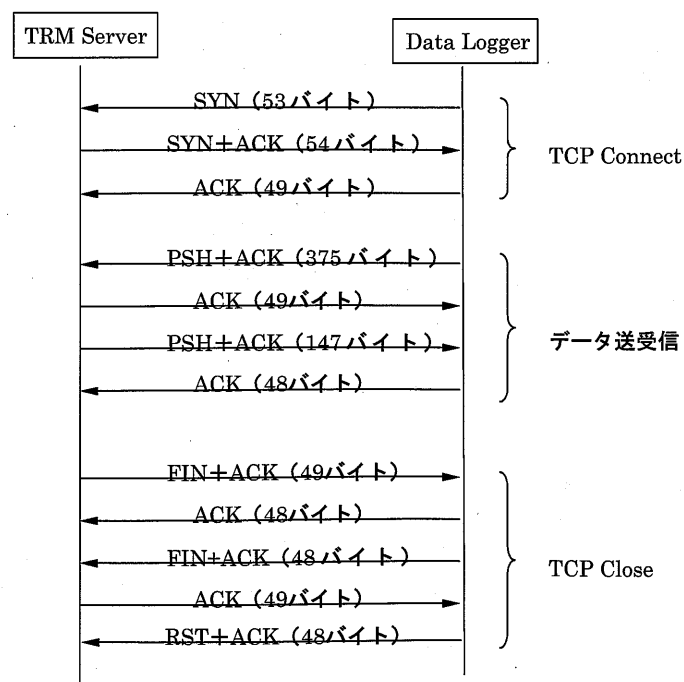


図 4. 1 1 Push 形式でデータを送出する時の制御シーケンス

4. 5. 5 まとめ

リモート監視システムにおける監視対象オブジェクトの管理を行うミドルウェアに要求される機能を整理し、汎用性の高い管理モデルとしてクライアントオブジェクト／データロガーオブジェクト／デバイスオブジェクト／センサーオブジェクトの4階層モデルを提案した。カスタマイズ化、リモート監視サーバ設備の共有のために導入した技術を述べた。また、それをデータロガーとして東芝機械の TC-mini を対象として開発したリモート監視システムについて、システム構成、ブロックダイアグラム、システム特性を紹介した。リモート監視システムに要求されるアラームの送出に対しては、障害検知からメール送出まではほぼ 10 秒以内に完了しており、実用上問題がないと考えられるデータを得ている。現在、プラントの監視やダイオキシン濃度の監視等に利用されており、その利用が広がっている。プログラム量は大きくなったが、汎用性に優れた4階層オブジェクト管理モデルに基づいたリモート監視向けオブジェクト管理ミドルウェアを採用したことから、これまで監視対象の構成によって本 ASP を適用出来なかった事例は発生していない。

但し、センサーデータのデータ量に対して相対的に制御コマンド、TCP や PPP によるパスの確立に必要な制御パケットのバイト数が多い。これらについては、より軽量なプロトコルに置き換えることが望ましい。

4. 6 映像系リモートモニタリングシステム

ー家庭向けセキュリティーシステムー

4階層オブジェクト管理モデルを採用したセンサー管理システムとして、自宅やオフィスのセキュリティーへの適用を考慮した個人住宅向けリモート監視&セキュリティーシステムをビデオ機能付きインターフォン⁵とデータセンターの組み合わせにより実現した。

4. 6. 1 要求条件

システムへの要望を整理すると、

- ・帰宅前に訪ねてきた人の確認や自宅周辺に不審者がいないか確認したい。
- ・訪問者があった場合に、外出時においても相手の顔を見た上で話をしたい。
- ・外出時に何らかのトラブルが発生した場合には、緊急連絡して欲しい。
- ・施錠状況やガス器具の消火状況を外出先において確認したい。消火や施錠し忘れが見つければその場で消火や施錠をしたい。
- ・鍵ではなく、携帯電話で鍵の施錠／開錠を実施したい。(鍵穴のない鍵)

5. <http://www.aiphone.co.jp/>

- ・防犯ではないが、要介護者やペットを自宅に残してきた場合、外出先から状況をビデオモニタリングしたい。

に集約されると考えられる。それらの要望に応える機能としては、

【リモートモニタリング&コントロール系】

- ・異常（不審者侵入、自動車への危害、火災、等）検知時の警報音の発出とアラームのリモート通知
- ・屋内外の画像モニタリング
- ・扉や窓の施錠状況、ガス器具等の消火状況のリモートモニタリングとリモートコントロール

【コミュニケーション系】

- ・相手の顔を確認した上でのリモート通話

がある。その際、システムとして提供するためには、以下の点を考慮する必要がある。

- ・システムへの第3者による侵入禁止
- ・リモート環境から、アラームの送出先の切り替え、モニタリング画像の選択等の各種設定および変更を実施

4. 6. 2 システム要求条件

先に述べたサービス要求を実現するためにシステムとして実現すべき機能とその実現手段を以下に示す。

4. 6. 2. 1 オブジェクト管理機能

個人住宅向けリモート監視&セキュリティーシステムをビデオ機能付きインターフォンを利用して構築する場合、システムを構成するオブジェクトと4階層オブジェクト管理モデルに対応させると以下ようになる。

- ・クライアントオブジェクト；一般的には、各戸の居住者
- ・データロガーオブジェクト；ビデオカメラ付きインターフォンの親機
- ・デバイスオブジェクト；本システムの対象としては、該当オブジェクトなし。
- ・センサーオブジェクト；ビデオカメラ付きインターフォン子機、監視カメラ、電気錠、ガスコンロのセンサー、等

このオブジェクト構成をリモート監視オブジェクト管理ミドルウェアに対応させ、オブジェクト管理する。

4. 6. 2. 2 リモート通話におけるセキュリティー機能

相手の顔を確認した上でのリモート通話を実現するためには、

Step1 ; ビデオインターフォン子機のボタンが押下されたことをトリガーにビデオ画像あるいは静止画像を撮影

Step2 ; 上記撮影データをビデオインターフォンの親機からテレビ電話機能付き携帯電話あるいは静止画表示機能付き携帯電話に送信

Step3 ; 送信されてきた画像を見た上で通話モードに移行

という手順を短時間に実施する必要がある。通話に至るまでに何十秒もかかるようでは、訪問者は不在とみなして立ち去ってしまう。現在市販されているテレビ電話機能付き携帯電話としてドコモの FOMA 端末があるが、FOMA 端末間でのテレビ電話に限られている上に発信してから TV 電話できるようになるまでに 20 秒程度かかり、サービス提供条件を満足しない。また、静止画の場合では、ビデオインターフォンのカメラで取得した映像を WWW サーバにアップロードし、それに携帯電話からアクセスに行くことにより訪問者を確認することになる。この場合、訪問者を確認後、ビデオインターフォン親機に再接続する必要がある、数十秒以内に接続することは困難といえる。

それ故、今回は相手の顔を確認した上でのリモート通話の実現は見送り、インターフォンのボタン押下の後、即、携帯電話を呼び出す構成とした。実現に当たっては、図 4.12 のようにビデオインターフォンの親機に PHS を取り付け、携帯電話を呼び出す構成とした。

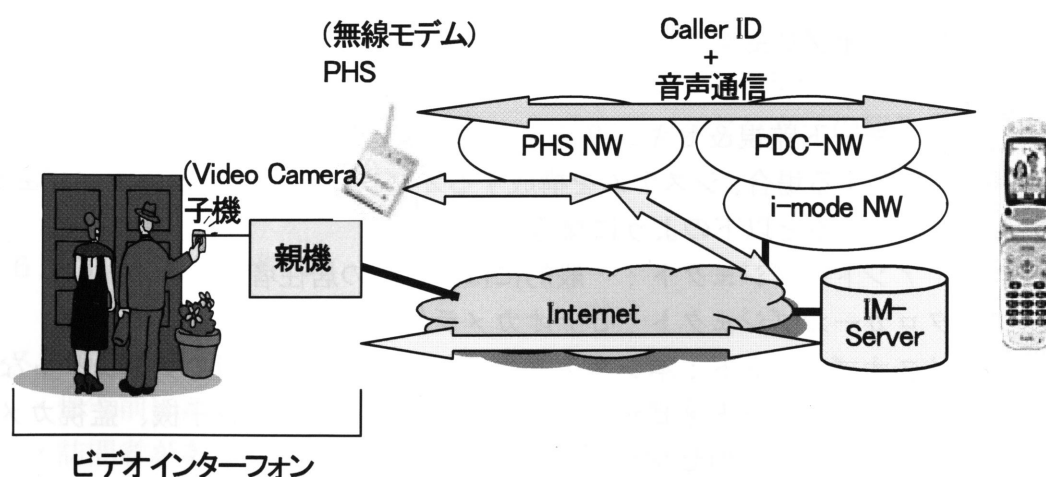


図 4.12 ビデオインターフォンを利用した自己防犯システム

その際、顔によって相手を確認することなく、通話モードに移行することから、以下の要件を満足する必要がある。

- ・通常の電話機からの着信と間違えて不用意な応答を避けるため、ビデオインターフォンからの呼び出しであることを事前に認識できる。
- ・話中あるいは圏外・電源断時のトーキが流れることにより外出中であることを認識されないようにする。

その実現のため、今回は、ビデオインターフォン子機のボタンが押下されたことに伴い、

- Step 1 ; ビデオインターフォン子機と PHS 間の通話路を保留する。
- Step 2 ; 携帯電話を呼び出す。
- Step 3 ; 携帯ユーザの応答に対して、ビデオインターフォンの親機からの呼び出しである旨のトーキを流す。
- Step 4 ; ビデオインターフォンからの呼び出しであることを認識した上で、“#” ボタン（他のキーでも良い）なりを押下する。
- Step 5 ; ビデオインターフォン子機と PHS 間の通話路を接続

の手順により、高いセキュリティーを保ちながらリモート通話可能とした。TV 電話の接続処理時間が短縮された場合においても、相手の顔を確認した上で通話路を接続する必要がある。

4. 6. 2. 3 画像リモートモニタリングにおけるセキュリティー機能

インターネット上における第三者の侵入を防ぐセキュリティー技術としては、Firewall や VPN が一般的である。これらの技術は LAN に対する侵入を防止するものであり、単体として設置されたインターネットカメラやインターフォンシステムに適用するには高価であり、適用困難といえる。

セキュリティーの問題を引き起こす大きな原因の1つが、インターネットカメラやインターフォンシステムをインターネット上におけるサーバに位置付けることである。常時インターネットに接続されており、クライアント端末からアクセスする構成では、第三者からの侵入を容易にする。

一方、インターネットカメラやインターフォンシステムをクライアント端末と位置付けることにより常時 IP アドレスを持っているのではなく、必要時のみインターネットに接続することにより、第三者による侵入機会を大幅に低減可能となる。今回のシステムでは、リモート通話機能を実現するために PHS を搭載していることから、発 ID を利用した CTI 技術と一時蓄積サーバを組み合わせることにより実現した。

訪問者がビデオインターフォン子機のボタンを押下した場合、リモート通話した後、通話中に撮影した画像情報をサーバにアクセスし、一時蓄積する。サーバは、新規データが蓄積されたことをメール形式で IP 携帯電話に通知する。連絡を受けたユーザはサ

サーバにアクセスし、Web ベースで画像情報を見る。

ユーザサイドからリモート画像端末にアクセスする場合、まず、サーバにアクセスし、携帯上の操作画面を利用しておこなう。指示を受けたサーバは、PHS に電話をかけ発 ID を送った後、切断する。起動指示を受けたリモート画像端末はサーバにアクセスし、画像情報をサーバに転送する。

サーバに対するインターネットからの侵入に対しては、既存技術である Firewall および SSL で対応する。

4. 6. 2. 4 リモートコントロール機能

従来のホームテレメトリーでは、電話の PB 信号の組み合わせを利用するものがほとんどであった。しかしながら、この構成では管理装置に専用の電話回線を用意すると共に音声応答機能を搭載する必要があった。また、操作的にも音声による指示とダイヤルキーの押下であることから、操作性に優れていると言いがたい。また、四国電力の OpenPlanet[38,39,40]のように Java を利用したものも出てきている。

今回は、モニタリング端末としてブラウザを搭載した IP 携帯電話を利用した。インターフォン親機に JVM を搭載することが困難であったことから、リモート端末～サーバ間、サーバ～モニタリング端末間共に Web インタフェースのみを実装し、リモート端末側に実行させたい URL (=CGI プログラムのパス) をサーバからリモート端末に転

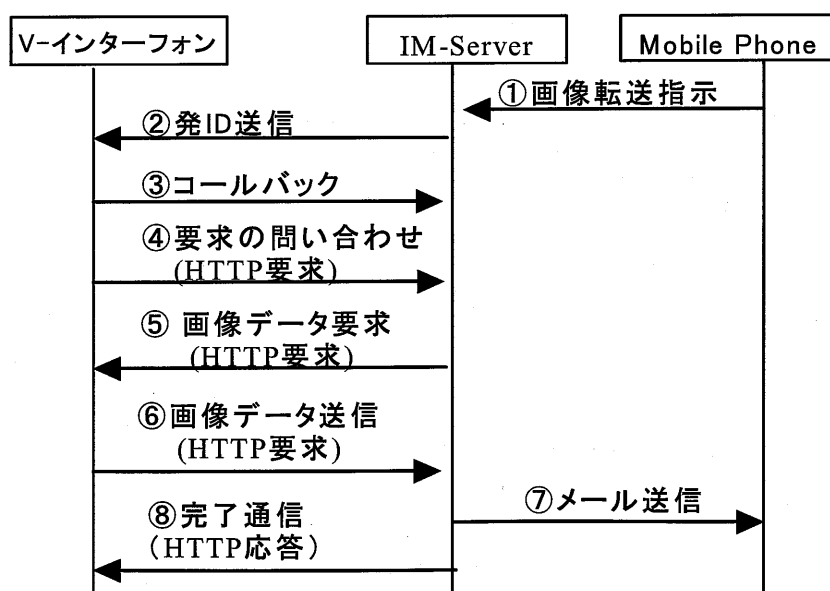


図4. 13 リモートコントロール制御方式

送することにより OS に依存することなくリモートコントロールを実現する方式を考案した。具体的なシーケンスは、図 4. 13 に示すように IP 携帯電話からサーバにアクセス

し、最新画像情報の転送指示等をブラウザ画面から行う (①)。その指示を受けたサーバはインターフォン親機に装着されている PHS に対して電話をかけることにより発 ID を送信した後、発信を中止する (②)。PHS 経由で受け付けした発 ID を受信したビデオインターフォン親機はインターネットアクセス回線あるいは PHS 回線を利用してサーバとの間にセッションを確立し (③)、サーバからの要求が何であるのかを知るために、HTTP 要求でサーバへ問合せを行う (④)。問合せを受けたサーバはインターフォンが実行すべき画像アップロード用の URL を HTTP 応答で送信する (⑤)。インターフォン親機は、受け取った URL に適切な引数 (送信する画像ファイル名など) を付加した上で、サーバへアクセスすることにより所定の処理 (画像情報の転送や設定値の変更、等) を実現する (⑥)。

4. 6. 3 システム概要

業務用機器に対するリモートセンサー監視を主目的とするモバイルリモートモニタリングシステムとは異なり、自己防犯システムは個人用途を中心とする構成とする必要がある。センターサーバは、監視端末としてビデオインターフォンだけでなく監視カメラにも対応できるように設計した。

4. 6. 3. 1 ノード構成

自己防犯システムでは、監視者は企業のシステム保守担当者より個人が圧倒的に多い。それ故、システム構成としては図 4.14 に示すように

- ・ リモート端末 ; ビデオインターフォン
- ・ 画像監視センター(Image Monitoring Center; IM Center)
- ・ モニタリング端末(Monitoring Terminal) ; 業務用と個人用で 2 種類の監視端末を用意。

① PC ベース

② IP 携帯電話ベース

の大きく 3 つのノードから構成する。ビデオインターフォンは、

- ・ 親機 ; 画像データの一時蓄積メモリ、各種センサーとの接続ポートおよび PHS の接続インタフェースを有する。

- ・ 子機 (カメラ付き)

から構成する。

機能としては、

- ・ サーバに対する各種設定操作

- ー通話転送先
- ーメール送信先
- ーセンサーの異常判定の設定
- ー通話転送時、子機のボタン押下に応じて、PHS を利用して転送先に電話発信
- ー上記と平行して、子機のカメラを利用して所定の要領に従って写真を撮影
- ー撮影したビデオデータを IM Center に転送
- ー接続ポートが異常感知した場合のメール送信

である。IM Center は、

- ・ アプリケーションサーバ
- ・ WWW／SMTP サーバ
- ・ アドミニストレーション端末

から構成する。機能としては、

- ・ 画像データの一次蓄積；リモート端末からのビデオデータをサムネイル形式に変換・保存。保存後、保守監視者等にビデオデータ受信完了メッセージを携帯メールで保守監視者に通知
- ・ ユーザ登録／解除
- ・ アラーム通知；アラーム情報を受信した場合、あるいは受信データの閾値が特定の値を超えた場合端末に接続された PHS の電話番号、転送先電話番号、転送先メールアドレス、モニタリング端末、等の登録

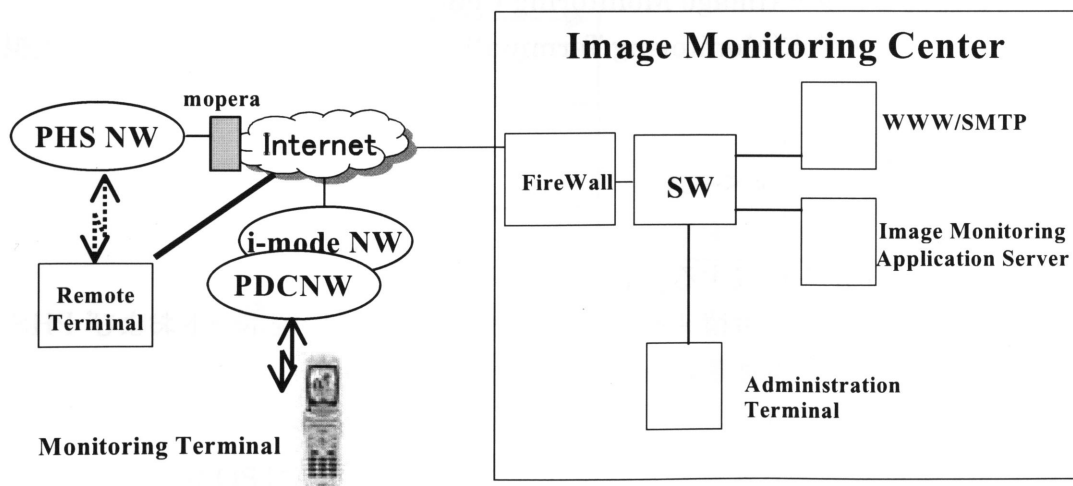


図4. 14 自己防犯システムの構成

- ・モニタリング端末に対する操作インタフェース (cgi) の提供
- ・リモート端末に接続された PHS への発信制御
- ・オペレーション操作インタフェースの提供

4. 6. 3. 2 通信プロトコル

リモート端末と IM Center 間は、物理回線として PHS 電話回線とインターネットアクセス回線の 2 系統を用意した。但し、ADSL 回線を引けないことを考慮し、画像伝送を含めた全ての機能を PHS のみでも実現可能としている。IM Center とモニタリング端末間は、モバイルインターネット回線（ドコモの場合は、i モードシステム）を利用した。セッションの確立・維持については、標準的なプロトコルである TCP/IP および HTTP を利用した。

各ノード間の通信プロトコルを図 4.15 に示す。

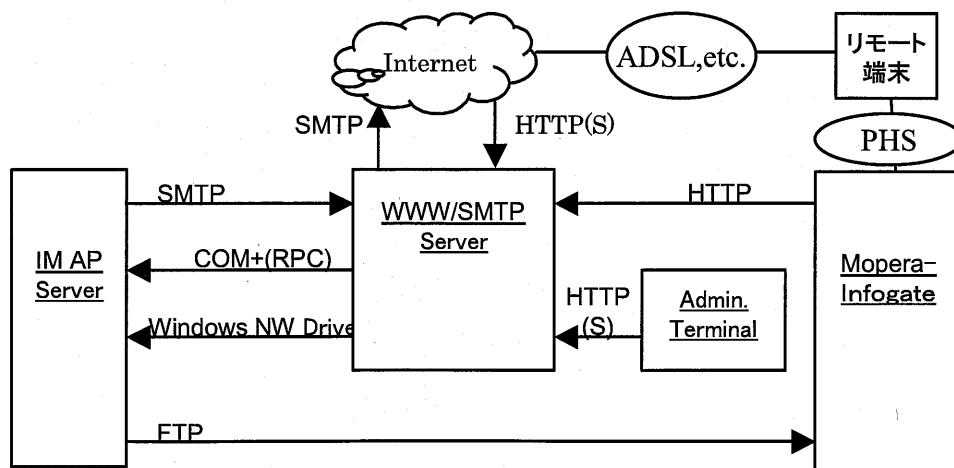


図4. 15 通信プロトコル

4. 6. 3. 3 プログラム構成

Image Monitoring Application Server のプログラム構成を図 4.16 に示す。オブジェクト管理ミドルウェアは、機器リモートモニタリングシステムで利用したものをそのまま使用した。但し、インストールに当たっては、User Management DB および Device Information DB, Sensing DB を全て一つのサーバにインストールした。User Management 部は、ユーザの契約状況や問い合わせへの対応に必要なデータを管理すると共に、リモート監視サーバへの監視端末およびデータロガーからのアクセス権を管理する。Device Information DB は、監視対象物の構成等のプロフィールを管理し、

Sensing DB はデバイスオブジェクトが該当しないことから、センサーからのデータをセンサー／ロガーの2階層で管理する。なお、インターフォン子機で撮影した画像データはDBに直接保存ではなく、ファイルに保存しDBとリンクをとる形式とした。

本システムでは、セキュリティを確保するため CTI 技術を導入しており、電話発信制御部がインターフォン子機に対する発呼制御を行っている。

携帯電話とのインタフェースは HTTP とし、GUI を作成する。同様に保守監視者向けにも GUI を作成し、PC に操作画面をみせている。

オブジェクト管理ミドルウェアとそれ以外（アプリケーション部分）の部分の開発プログラムステップ数の比率は、約 6：4 となった。

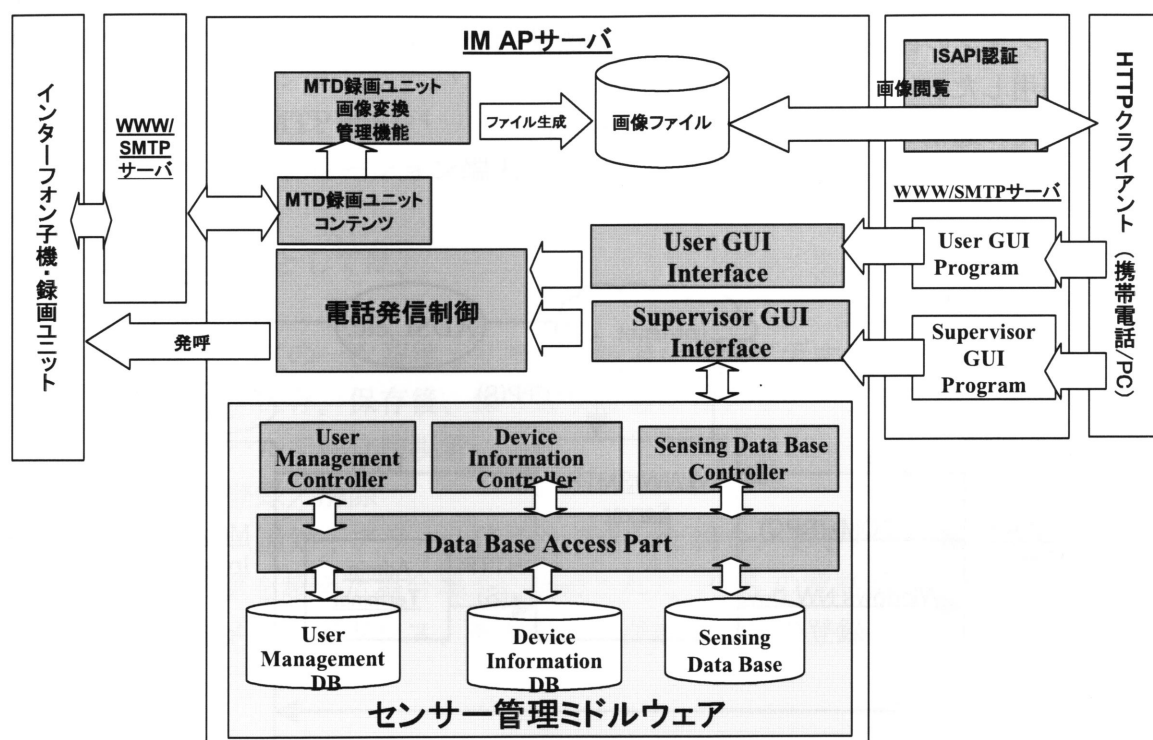


図4.16 Image Monitoring アプリケーションサーバのプログラム構成

4.6.4 システムデータ

4.6.4.1 通話転送遅延特性

インターフォンの場合、ボタンが押下されてからの応答が遅いと訪問者が帰ってしまうことが多いことから、ボタンが押下されてから応答可能になるまでの時間が重要な評価項目となる。

インターフォン子機のボタンが押下された後、PHS を起動して携帯電話を呼び出すまでの時間を測定した。その分布を図 4.17 に示す。ほぼ 10 秒以内で IP 携帯電話のリングングが始まっており、インターフォンからの着信である旨のトーキを確認しても 15 秒程度で応答可能であり、過去経験から使用上の問題点はないと判断できる。

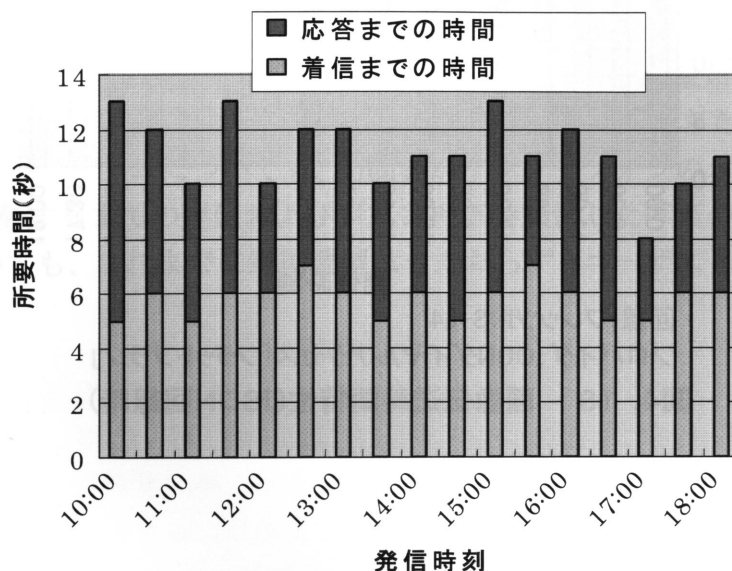
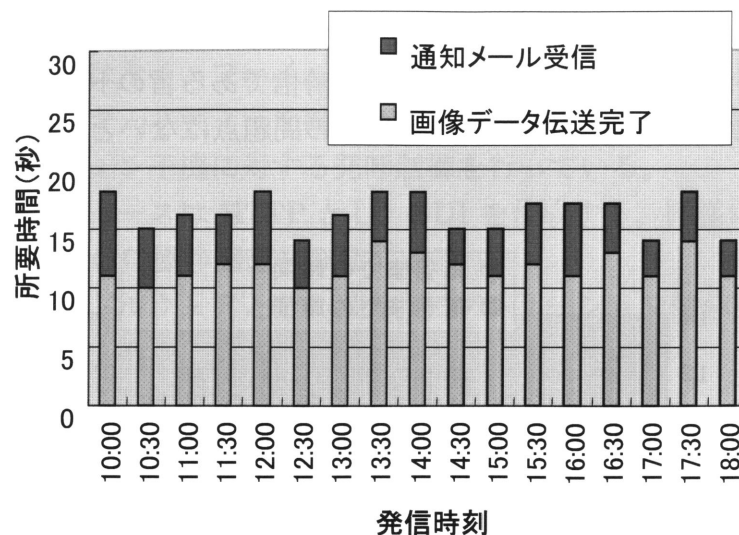


図4. 17 子機ボタン押下からの着信時間特性

4. 6. 4. 2 画像伝送完了時間特性

実際のサービスでは、インターフォン子機のボタン押下後、1, 5, 9, 13 秒のタイミングで計 4 枚の写真をとり、一時蓄積した上で、サーバに送信する。送信される画像データは、画像サイズが 640×480 ドット、ファイルサイズが 25KB 前後の JPEG ファイルである。

画像データを受信するとサーバは、IP 携帯電話のディスプレイへの通常表示やサムネイル表示に最適な画像サイズとファイルサイズに画像データを変換する。また画像形式も JPEG 以外に GIF 形式の生成も行う。これらの変換作業が完了すると、サーバは画像受信完了メールを IP 携帯電話にメールする。写真を撮影後、画像受信通知メールを送るまでの時間を測定した。その結果を図 4.18 に示す。インターネット経由のアクセス回線としては NTT 西日本のフレッツ ISDN の 64kbps 回線、プロバイダとしては NTT コミュニケーションズの OCN ダイアルアクセス「フラットプラン」を利用した。INS-64 の利用でも十数秒で画像伝送が完了しており、ADSL を利用すれば数秒で画像伝送完了すると想定され、より快適に利用可能になると考えられる。



回線;フレッツINS-64

プロバイダ;OCNダイヤルアクセス「フラットプラン」

図4. 18 画像伝送時間特性(ISDN回線時)

4. 6. 5 まとめ

今回、自己防犯システムに求められる機能の整理を行い、具体的にビデオインターフォンをクライアント端末とし、PHSを組み込むことにより高いセキュリティー性を確立した防犯システムを開発した。開発に当たっては、4. 5節で述べた機器リモートモニタリングシステムで利用したオブジェクト管理ミドルウェアを利用したことから、その開発量は全体の40%で済み、大幅な開発効率の向上を図ることができた。

システムの応答時間を測定し、実用レベルに達していることの検証も行った。なお、今回のシステムを使った市場調査を共同で行ったところ、ユーザはリモートコミュニケーション機能にも増してセキュリティー機能に対する関心を強く持っていることが判明した。

4. 7 あとがき

典型的なユビキタス系アプリケーションの1つであるリモートモニタリング&コントロールに関して、センサーおよび監視対象物を管理するミドルウェアへの要求条件を明確にし、それに適した管理モデルとして4階層オブジェクト管理モデルを提案した。4階層オブジェクト管理モデルに基づいてリモート監視におけるオブジェクト管理ミドルウェアを構築し、自動販売機等の機器をリモート監視する機器リモートモニタリングシステムを開発した。また、そこで開発したオブジェクト管理ミドルウェアを利用して、

家庭向けセキュリティーシステムを開発した。後者の開発において、オブジェクト管理機能をリモート監視オブジェクト管理ミドルウェアをそのまま流用して実現できたことから、開発効率は大幅に向上した。

今回開発したいずれのシステムも実際にサービス提供し、ユーザに利用頂いている。機器リモート監視システムについては、これまでにいくつかの企業に利用されているが、監視対象物の構成に対するカスタマイズでの問題は発生しておらず、4階層オブジェクト管理モデルが非常にカスタマイズ性に優れていることが確認された。また、リモート監視システムとしての基本性能である障害検出後からアラーム報知までの遅延についても、短縮要望はきておらず、ユーザにとって許容範囲と判断できた。同様に、家庭向けセキュリティーシステムについても、訪問者がインターフォンのボタンを押下してから、着信音が鳴動するまでの遅延およびボタン押下時撮影した写真の確認いたるまでの遅延時間についても、これまでに短縮要望はきておらず、ユーザにとっての許容範囲と判断できた。

第5章

音声認識を利用したユーザ認証ミドルウェア

5. 1 まえがき

IP 携帯電話は、コミュニケーションツールやゲーム端末だけでなく、各種サービスにおけるユーザ認証や決済のためのツールとして利用可能である[73]。その際、サーバにアクセスするに当たってユーザ認証機能が必須である。ユーザ認証の方法としては、ユーザ名とパスワードの組み合わせが最も一般的であるが、より高いセキュリティーレベルを実現する方法としてトークン型ワンタイムパスワード[73]も広く利用されている。しかし、トークン型ワンタイムパスワードは、カードの紛失や盗難にあった場合、セキュリティーレベルは著しく低下する。その対策として、指紋や顔貌等の生体情報に基づくバイオメトリクス認証[44,45,74]の研究開発が進められている。モバイルリモートアクセスを行おうとした場合、指紋認証や顔貌認証では指紋や顔写真を撮ってサーバに伝送する必要がある。これは、精神的に抵抗を感じるだけでなく、IP 携帯電話に指紋撮影機能や高品質のカメラが必要となり、データ伝送するためかなりの通信コストが発生してしまう。

その対応として音声を利用する方法がある。音声であれば、携帯電話に新たな機能を付加する必要がなく、認証結果やワンタイムパスワードをメールや WWW で通知することが容易である。また、発信者の番号を通話前に通知する発信者番号機能も有効に利用可能である。実際、テレホンバンキング等で利用されている[50]。しかし、アプリケーションサーバ個々が音声によるユーザ認証機能を持つことは、中小規模のサービスでは経済的に困難なことが多い。

本論文では、その対策として、複数のアプリケーションサーバが共用する“音声認識を利用したユーザ認証ミドルウェア”を提案する。また、具体的に構築したプロトタイプシステムについてシステム構成および性能評価結果を報告する。

5. 2 節では、音声利用ユーザ認証ミドルウェアに要求される条件について、5. 3 節では、システム設計を行うための基本設計条件について述べる。5. 4 節では、5. 2 節、5. 3 節の内容をうけて開発したプロトタイプシステムについて紹介し、5. 5 節

で開発したプロトタイプシステムの評価結果について述べる。

5. 2 要求条件

ユーザ認証ミドルウェアを共用する形態としては、

形態1 ; 1つの事業者が複数のアプリケーションを提供しており、各事業者内でユーザ認証ミドルウェアを共有

形態2 ; 複数の事業者がインターネット等を経由して1つのユーザ認証ミドルウェアを共有

の2つがある。

上記のいずれもユーザ認証ミドルウェアが利用されるネットワーク構成としては、図5.1に示すように

- ・ ユーザ認証ミドルウェア
- ・ 上記システムへの登録者の管理端末
- ・ アプリケーションサーバ
- ・ アプリケーションサーバへログインするPCあるいはIP携帯電話
- ・ IP携帯電話

からなる。但し、形態2の場合、ユーザ登録用管理端末は、一般的にインターネットあるいは専用線を経由して本サービス利用事業者のオフィスに置かれることに対応する必要がある。

音声認識を利用したユーザ認証システムがミドルウェアとして存在するためには、下記の要求条件を満足することが望ましい。

【要求条件】

- ・ セキュリティレベルとしては、トークン型ワンタイムパスワード方式以上の高いセキュリティレベルを実現できること
- ・ サーバアクセス時の操作が、他方式より簡単、あるいは少なくとも同等であること
- ・ 導入コストおよびランニングコストが、他方式より安価、あるいは少なくとも同等であること
- ・ 運用面では、一人のユーザが複数のアプリケーションを利用する場合においても、認証情報を含めたユーザ情報の登録／修正／削除が容易かつ効率的にできることが要求される。

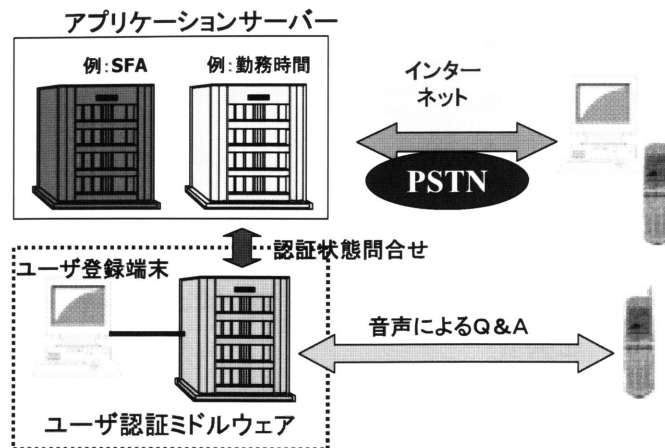


図5. 1 共通型ユーザ認証システムの基本構成

5. 3 基本設計条件

5. 3. 1 セキュリティーレベルの確保

IP 携帯電話と音声の組み合わせとしては、

- ・ IP 携帯電話の発信者番号（発 ID）による認証
- ・ IP 携帯電話から PB 信号としておくられた ID による認証
- ・ 生体情報としての音声を利用した認証[46,47,48]
- ・ 事前に登録してある本人しか知らない情報（例えば、母親の旧姓）を質問し、音声認識機能[49]を利用して回答を確認することによる認証

の4つの認証機能が利用できる。それぞれの優位点／課題を表5.1に示す。一部事業者において、IP 携帯電話の音声 CODEC[85,86,87]が通信の混雑状況により自動的に切り替わる問題がなければ、発 ID により窃盗犯以外からのアクセスを排除した上で、音声認証と音声認識の組み合わせにより個人の特定性と音声情報の登録性に優れた方式[75]を採用することが望ましい。しかしながら、音声 CODEC の問題やユーザの音声情報の登録／変更作業の煩雑さを考慮すると、次善策として発 ID と音声認識を組み合わせる方式が望ましいといえる。この方式の場合、個人情報複数を登録しておき、全ての項目についてあるいはランダムに項目を抽出して質問することが可能である。ランダム抽出の例を以下に示す。

【登録個人情報】；出生地、祖父の名前、愛犬の名前、好きな歌手、母親の旧姓

1. 愛犬の名前は

→ ぽち

2. お母さんの旧姓は

→ 田村

3. あなたの生まれた場所は

→ 岐阜

全ての個人情報を確認する場合においてセキュリティーレベルをワンタイムパスワードシステムと比較すると

ワンタイムパスワードシステム：[発 ID+音声認識]=

トークンカードの盗難率*パスワードの盗難率：IP 携帯電話の盗難率*個人情報 1 の盗難率*個人情報 2 の盗難率 --- (5-1)

と表され、

トークンカードの盗難率=IP 携帯電話の盗難率 (5-2)

パスワードの盗難率=個人情報 n の盗難率 (5-3)

といえることから、個人情報を複数利用する[発 ID+音声認識]方式の方がセキュリティーレベルとして優れていると言える。ランダムに Q&A を行った場合でも同様である。実現するにあたって、何回も Q&A を繰り返すことは認証のための通信時間と通信費用の増加につながることから、複数の個人情報の中からランダムに選択して Q&A をする方式の方が望ましい。

表 5. 1 IP 携帯電話を利用した時に利用可能な認証機能とその得失

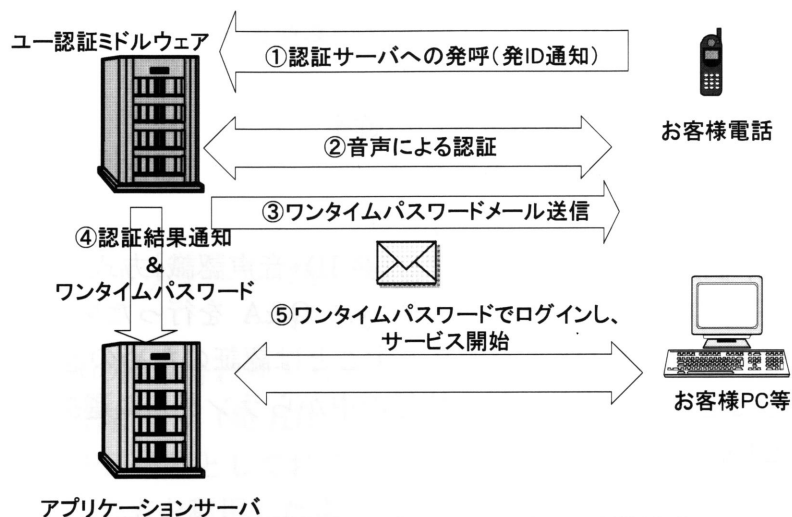
	優位点	課題
発信者番号認証	発信者番号は通信事業者だけが送信でき、第3者による不正送出は困難。	携帯端末の紛失や盗難に対しては、弱い。通信事業者に連絡し、使用停止にすることは可能。
PB信号によるID認証	音声認識や音声認証等のための特別や装置が不要。	IDを他人に知られた場合には、無力。IDを忘れやすい。
音声認証	発生キーワードをサーバから指定するテキスト指定型を利用すると、キーワードの盗難や紛失の危険もない。	歯を抜くなどとすると本人なのに他人と認識する可能性がある。テキスト依存型の場合、録音音声を利用される可能性がある。通信事業者(ドコモ)によっては、音声CODECが通信状況によって自動選択され、事前登録時とアクセス時でCODECを確実に同一にすることが困難。音声情報の登録/変更作業が煩雑。
音声認識による個人情報認証	個人情報をテキストで登録でき、登録作業が容易。音声情報を録音・登録不要。	認証個人情報が1つでは、盗難に対しては、弱い。

5. 3. 2 ユーザ認証制御フロー

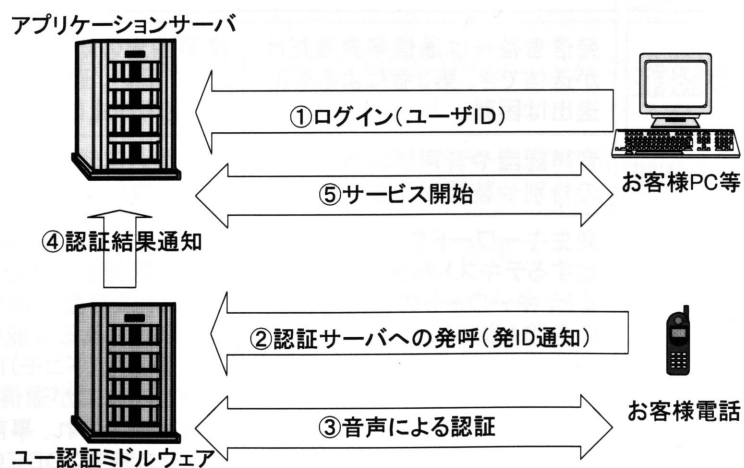
アプリケーションサーバへのアクセスが許容されるまでの各ノード間の制御信号の流れとしては、大きく図 5.2 (a), (b)に示すように

案1 ; 最初にユーザ認証ミドルウェアにアクセスして、許可をとった上（トークンを受け取る）でアプリケーションサーバにアクセスする方法

案2 ; 最初にアプリケーションサーバへログインし、その流れの中でユーザ認証を行い、認証結果をアプリケーションサーバに返すことにより、ログインを完了する方法



(a) ワンタイムパスワード介在方式



(b) ワンタイムパスワード非介在方式

図 5. 2 AP サーバアクセス時の制御シーケンスの比較

が考えられる。案1の方式ではトークンとしてのワンタイムパスワードを IP 携帯電話で受信した上で、サーバアクセス時に受信したワンタイムパスワードを入力しなければならず、操作性に課題が残る。また、インターネット上をメール等を利用してワンタイムパスワードを送ることから、一度パスワードを盗聴されると、その後容易に盗聴される可能性がある。案2の方式においても、ログイン作業途中で電話をかける必要があり、ワンタイムパスワードシステムに比べて操作性に優れるとは言えないが、案1に比べればアクセス可能になるまでの操作数は少ない。

5. 3. 3 システム基本構成

複数のアプリケーションサーバに対してユーザ認証ミドルウェアを共用可能とするためのシステムの基本構成について述べる。

一人のユーザが複数のアプリケーションを利用している可能性があることから、ユーザ認証ミドルウェアでは図 5.3 に示すように、各ユーザ ID を引数として

- ・ 利用する全アプリケーションの ID （ AP-ID ）
- ・ 認証する IP 携帯電話の電話番号（発 ID）
- ・ 照合する個人情報とそれに対応する質問メッセージ

をユーザデータベースとして持つ。ユーザがアプリケーションサーバにアクセスしてき

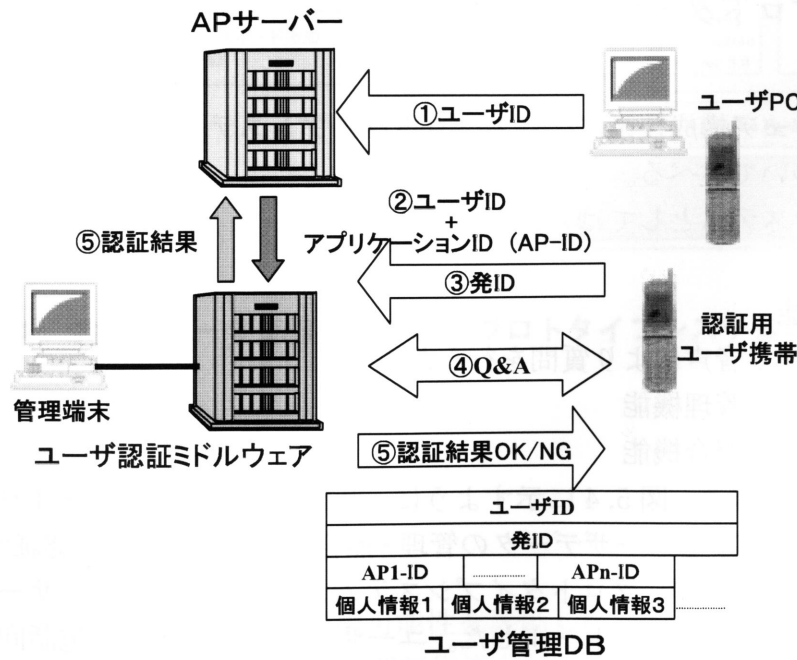


図 5. 3 ユーザ認証制御における ID 情報と DB の関係

た場合、そのサーバはユーザ ID と共に AP-ID をユーザ認証システムに送る。ユーザ認証ミドルウェアは所定の発 ID からの着信を受けたら、事前に登録してある個人情報の中から質問項目をランダムに選択し、質問する。回答が適切であれば、認証 OK としてアプリケーションサーバに結果を返す。それを受けたアプリケーションサーバはアクセスを許容する。

ユーザ認証ミドルウェアへのユーザデータの登録／変更／削除は、管理端末からテキストデータとして実施する。

アプリケーションサーバへのサービス ID の払い出しは、5. 2 節で述べた 2 つのユーザ認証システムの共有形態のいずれにも対応するため、1 つのユーザ認証ミドルウェアを共用する全てのアプリケーションサーバに対してユニークに払い出す必要がある。

5. 3. 4 メッセージポリシー

本システムは高いセキュリティーレベルを保つためのシステムであることから、本ミドルウェアに電話をかけた場合にそのシステムに関する情報ができる限り洩れないことが望ましい。また、認証に要する通信費用がユーザの負担にならないよう、認証作業に要する時間を短くすることが望ましい。それ故、認証サービスについては、省略あるいは簡略化する。例えば、質問については、「出生地は？」と簡略化する。認証完了についても、OK/NG をトーンで出すなどが望ましい。

5. 4 プロトタイプシステム

上記ミドルウェア構成技術に従ってプロトタイプシステムを構築した。本プロトタイプシステムについて述べる。

ユーザ認証システムとしては

- ・ 音声認識機能
- ・ 音声合成機能；音声により質問を行うため
- ・ ユーザデータの管理機能
- ・ ユーザデータの照合機能

の 4 つの機能から成る。図 5.4 に示すように、音声認識と音声合成を 1 つのサーバ（音声認識サーバと呼ぶ）とユーザデータの管理・照合を 1 つのサーバ（認証サーバと呼ぶ）に分けて設計しているが、プロトタイプシステムということもあり、サーバの処理能力から、1 つのマシンにインストールした。ユーザ認証システムへの電話回線は十数回線用意する必要があることから、携帯電話の交換機との間の回線は多重回線とし、PBX を介して多重回線に対応した VoIP 機能付きダイヤルアップルータ（CISCO2620）に接続する構成とした。今回、音声認識ソフトウェアとして IBM 社の WebSphere Voice

Server⁶を利用し、VXML[76]を利用してQ&A機能を実現した。認証サーバは、Microsoft IIS 5.0 および MS-SQL を利用してユーザ管理データベースを構築し、照合作業を行うこととした。ユーザデータの登録／変更は管理端末をWebインタフェースで実施する。両サーバ間のインタフェースについては、システム内の通信であることから、HTTPを採用した。一方、アプリケーションサーバと認証サーバ間については、インターネットで接続されることを考慮し、SSLによるHTTPSあるいはIP-Secを利用することが望ましい。今回はHTTPSとした。認証サーバの管理端末については、管理端末がサービス利用事業者のオフィスに置かれる可能性が高いことから、HTTPSとした。アプリケーションサーバとユーザ端末間については、ユーザポリシーによるが、インターネットを経由する場合は、上記と同様、IP-SecあるいはHTTPSが望ましい。

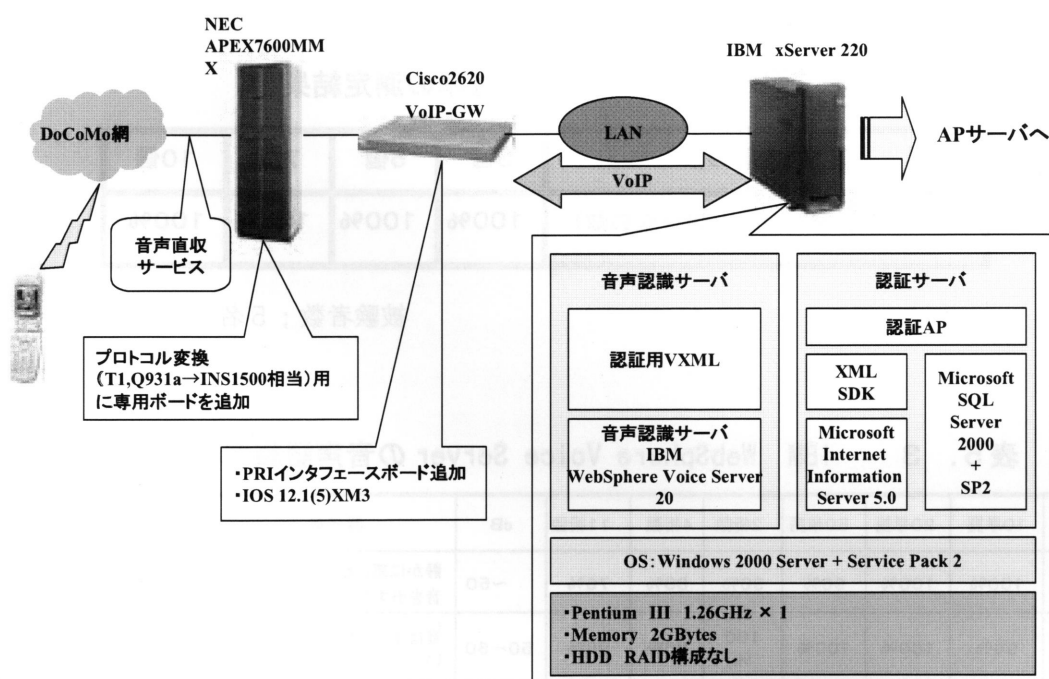


図 5. 4 共通型ユーザ認証システムのプロトタイプシステムの構成

5. 5 システム評価

プロトタイプシステムを利用して利用可能性を評価した。試験は、質問数を 3, 5, 7, 10 と変化させ、各質問数について 10 回認証作業を行った。認証結果を表 5.2 に示す。被験者数は 5 人と少なかったが、認識率は 100%であった。なお、今回のプロトタイプシステムに利用した音声認識エンジンである WebSphereVoice Server について携帯電

6. http://www-3.ibm.com/software/pervasive/products/voice/voice_server.shtml

話経由で音声認識率を測定した結果を表 5.3 に示す。認識候補単語数および周囲環境を変えてテストした。その結果、認識候補単語数が 20 の場合では JR 名古屋駅の構内において 100%の認識率を得ている。

以上のことから、今回提案の音声認識を利用した認証ミドルウェアでは認識候補単語数が 1 つであることから、音声認識率による問題はないといえる。なお、10 単語時の騒音下における認識率が 20 単語時に比べて低い、これはプロトタイプシステムに利用した WebSphereVoice Server の特性として、利用開始時の認識率が低く、その後トレーニングによって認識率が向上するためと考えられる。今回音声認識エンジンの数字に対する認識率は低かったことから、回答は全て単語とした。

質問数が 3 程度であれば、認証に必要な通話時間を 20 秒以内に抑えることは充分可能であり、1 回当たり 10 円で認証可能となる。

表 5. 2 ユーザ認証率の測定結果

質問と回答の数	3個	5個	7個	10個
ユーザ認証率(10回中認証成功数)	100%	100%	100%	100%

被験者数；5 名

表 5. 3 IBM WebSphere Voice Server の音声認識率の測定結果

	10単語	20単語	50単語	2桁数	4桁数	11桁数	dB	雰囲気	具体的場所	被験者数
静か	100%	100%	96%	96%	88%	76%	～50	静かに感じる。 音を出すのがためらわれる	オフィス	50人
騒音 小	96%	100%	100%	100%	96%	96%	50～60	音はするが特に気にならない。	久屋大通公園 内	23人
騒音 中	90%	100%	100%	97%	84%	68%	60～70	ざわざわしている。 屋外の日常的な騒音。	大垣駅前	31人
騒音 大	81%	100%	94%	88%	88%	63%	70～	騒々しい。 明らかに騒音と認識する。	JR名古屋駅構 内	16人

5. 6 あとがき

複数の事業者あるいは複数のアプリケーションが、IP 携帯電話と音声認識機能を利用したユーザ認証ミドルウェアを共有する場合の要求条件、それを実現するにあたっての技術、運用ポリシーを示した。また、それに基づいてプロトタイプシステムを開発し、認証率については問題ないことを示した。認証のための通信費用は、2 回／日のアクセスとすれば、1 端末当たり約 500 円／月となり、本サービスの利用料金にもよるが、ト

ークン型ワンタイムパスワードシステムの使用料金と比べてもリーズナブルと言える。また、トークン型のワンタイムパスワードシステムに比べて、盗難や紛失の問題も少ないことから、事業性は高いと言える。

本認証ミドルウェアでは、他のアプリケーションサーバとの間で授受する情報は“ユーザ ID+アプリケーション ID”および“認証結果”と非常にシンプルであることから、非常に汎用性が高く、各種アプリケーションに適用可能と考えられる。

第6章

映像ストリーミングミドルウェア

6.1 まえがき

PHSより高速伝送を可能とする IMT-2000 の普及拡大に伴い、モバイル環境でも映像を鑑賞できる環境が整ってきた。モバイル環境でのビデオ鑑賞は、ビデオを鑑賞する環境や端末に加えて通信費用がかかる点が、従来の TV や DVD プレイヤーだけでなくブロードバンドインターネットとも異なっている。それに伴いモバイル映像ストリーミングサービスに適したコンテンツも従来の伝送メディアとは異なる。

また、配信における形式も、TV では各放送局（コンテンツプロバイダー）が1つのチャンネルの中で複数のコンテンツを編集・提供しており、1つの放送局がユーザ個々の要求に応えることは出来ない。一方、インターネットを利用した場合にはオンデマンド形式であり、ユーザ個々が欲するコンテンツにアクセス可能である。移動通信における映像配信では、通信費用の関係から数分以上の映像の場合には、パケット交換伝送方式ではなく、回線交換伝送方式が使われることが多い。回線交換伝送方式による映像配信においては、各コンテンツプロバイダーが複数のチャンネルを利用して映像配信可能となり、TV におけるブロードキャスティングとインターネットにおけるビデオンデマンドの中間的な提供形態になる。

鑑賞に要求される画像品質も単に空間解像度が高く、1秒当たりの送信フレーム数が多ければ良いというものではなく、モバイル環境に適したものである必要がある。鑑賞に当たっての神経の集中度も自宅のリビング等における時に比べて一般的に低いといえる。通信費用があまりかからず、高い品質で映像を配信するためには、これまでの伝送品質に応じて空間解像度や送信フレーム数を変化させるだけでは不十分であり、人間の主観的要素も取り入れることにより伝送効率を上げることが望ましい。

移動通信市場において、映像配信サービスが普及・発展するためには、上記の環境条件や市場からの要求条件に対応した映像ストリーミングミドルウェアの提供が望まれる。本研究において、映像ストリーミングミドルウェアへの要求条件を整理し、それに適した映像ストリーミング伝送制御方式を提案する。

6. 2 節ではモバイルに適したコンテンツの分類および回線交換移動通信システムを利用した場合の新たなコンテンツ配信方法について提案する。6. 3 節において、映像ストリーミングミドルウェアに要求される機能を整理する。6. 4 節において、映像ストリーミング伝送制御方式として、映像コンテンツ製作者が映像の意味的内容に応じて優先順位をつけることにより、伝送品質が変化しても映像を鑑賞している人に対して感覚的に品質の変化を感じさせないコンテンツ指向時空間的解像度制御方式 SSM を提案する。更に提案方式を PC 上に実装することによりミドルウェアのプロトタイプを構築し、無線ネットワークエミュレーション環境でのデータ転送、および再生データの主観評価を行った結果について述べる。

6. 2 モバイル映像配信サービスの分類

インターネット上における映像配信サービスは、配信形式から大きく

- ・ ダウンロードタイプ；サーバから映像データをダウンロードした後、プレイヤーで再生する。映像データは PC 上に保存される。
- ・ ストリーミングタイプ；サーバから映像データをダウンロードしつつ再生する。一般に映像データは PC 上に残らない。

に分類される。なお、再生形式としては、メモリースティックや SD メモリといった外部メモリを利用した方式も存在する。品質を重視する映像素材の場合には、一般的にダウンロードタイプを採用するが、違法コピーや著作権の問題、ビジネス上の関係からストリーミングタイプが主流となっている。インターネット、特に最近急激に普及が進んでいる ADSL を始めとするブロードバンドインターネットでは、接続時間を気にすることなく自宅の部屋等において大きなディスプレイでゆっくり映像を鑑賞できる。一方、移動通信環境下における映像配信サービス（モバイル映像配信サービス）は、移動通信サービスの料金形態が時間課金あるいは情報量課金であり、通信時間や受信するデータ量を気にせざるを得ない。また、端末のディスプレイも小さく、鑑賞する場所・時間も休息時間にオフィスや外出先であるいは移動中の電車の中といった環境が中心となる。じっくり落ち着いて鑑賞することは困難に近い。それ故、サービス分類は、単にダウンロードタイプかストリーミングタイプかということではなく、配信する映像コンテンツの時間からも分類する必要がある。その分類としては、映像素材から

- ・ ショートクリップ；1 分以内の極短いもの。ニュース等の映像、等
- ・ ショートビデオ；5～10 分程度のもの。音楽のプロモーションビデオ、等
- ・ ロング；それ以上。TV におけるドラマやスポーツ等、多くの素材がこれに属す。

と分類することが望ましいと考えられる。

長さから分類した映像素材と再生形式による分類の組み合わせが全て存在する訳で

はなく、ユーザの観点から移動通信サービスの料金水準および映像再生までの遅延時間によって受け入れられる組み合わせが選択される。その組み合わせと再生形式および具体的コンテンツ例を表 6.1 に示す。

モバイル環境下で移動通信システムを利用してビデオ映像を鑑賞するサービスとしては、ショートクリップおよびショートビデオが中心とも言える。それ以上の長時間ビデオを鑑賞する場合には、PC 等を利用して外部メモリにコンテンツをダウンロードして再生することが望ましい。

表 6. 1 モバイル映像配信サービス分類

	再生時間	再生形式	適用領域
ショートクリップ	1分以内	ダウンロード	・ニュース ・ショートコント
ショートビデオ	10分程度	ストリーミング	・音楽系プロモーションビデオ ・スポーツ名場面集
レギュラービデオ	制限なし	外部メモリ	一般ビデオ映像

回線交換伝送方式を利用した映像ストリーミング配信サービスでは、1つのコンテンツプロバイダーが複数のチャネルを利用して映像配信可能であり、ショートビデオタイプのメディアの伝送に適している。このような条件下におけるコンテンツ編集の考え方を示す。

編集の考え方を検討するに当たっての要求条件および前提条件を以下に示す。

【要求条件】

- ・ 通信料金の関係から、欲するコンテンツにアクセスし見終わるまでの時間が 5～10 分程度であることが望ましい。
- ・ コンテンツへのアクセス操作が直感的に分かりやすい。

【前提条件】

- ・ 1つのコンテンツプロバイダーが複数のチャネルを利用できる。
- ・ 各チャネルへのアクセスに Web インタフェースを利用でき、コンテンツの概要をテキストで説明できる。

以上より、各チャネルのコンテンツ構成は、図 6.1 に示すように意味的に1つのまと

まりになったコンテンツ群（Super Frame）を 5～10 分程度に編集し、それを繰り返し放送することが適切と考えられる。Web による番組紹介においては、編集された個々のコンテンツの概要をテキストで説明することが望ましいといえる。

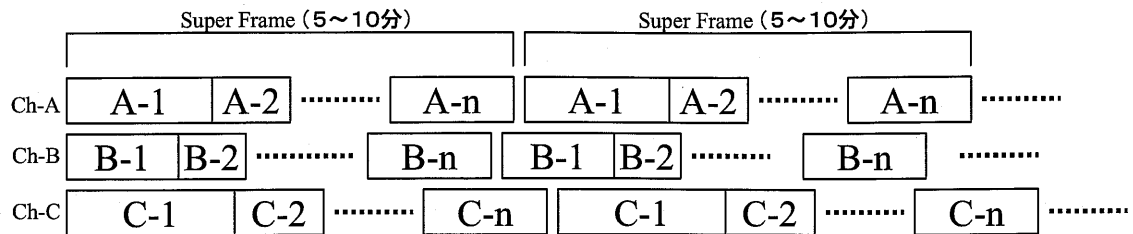


図 6. 1 複数チャネルを利用したコンテンツ配信の概念

6. 3 映像ストリーミングミドルウェアへの要求条件

映像ストリーミング配信システムは、図 6.2 に示すように映像ソース、ミドルウェア、ポータル、移動端末から構成される。映像ソースは、大きく、カメラから直接送り込まれるライブ映像と録画・編集されたアーカイブ映像の 2 種類に分類される。

映像ソースは、インターネットあるいは、専用線等を経由して映像ストリーミングミドルウェアに送られて、一定期間映像ソースを保存、あるいはバッファリングした上で、アクセスしてきたユーザに対して映像配信を行う。

以上から、映像ストリーミングミドルウェアの機能としては

- ・ 映像ソースの受け入れ
- ・ 映像ソースの蓄積
- ・ 多重配信機能
- ・ 移動端末との間で映像伝送制御

が必要となる。上記 3 つの機能は移動通信固有の機能ではなく、インターネットにおける映像ストリーミング配信サービスにおいて、既に利用されている。その一方、画像伝送制御機能については、H263[88], MPEG-4[52]が移動通信環境を考慮した方式として実サービスに利用され始めているが、高効率かつ主観的に優れた映像品質を確保できる方式が望まれる。

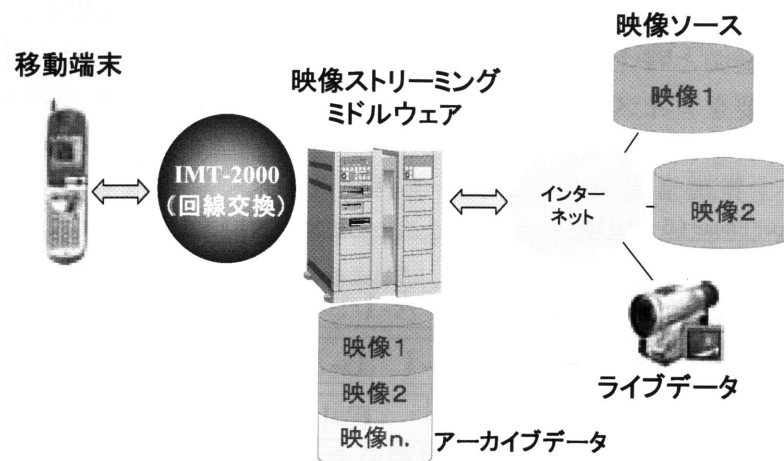


図6. 2 映像ストリーミング配信システム構成

6. 4 映像ストリーミング伝送制御方式

本節では、マルチメディアコンテンツの内容に応じて時間的・空間的解像度を制御し、低速・不安定な無線リンク上でも高品質なストリームサービスを提供するコンテンツ指向時空間的解像度制御方式SSM（Contents Oriented Time and Spatial Resolution Control Scheme for Mobile Multimedia Streaming Service）を提案する。SSMでは単に伝送路の品質に応じて送信フレームの間引きや、空間解像度の低いデータを送るのではなく、マルチメディアコンテンツの製作者によって映像フレームおよびオーディオサンプルごとに与えられた意味的な優先度を使用して、送信フレームの間引き、および空間的解像度の調整を行う。更に、SSMでは通信路の状態を監視し、実効帯域が低下した場合、低優先度のシーンを低品質の解像度で送信し、優先度の高いシーンはできるだけ高い解像度で伝送する。これにより、伝送路の許容帯域を最大限に活かし、シーンに応じたフレームレートと解像度でコンテンツを提供することを可能とする。

6. 4. 1 関連研究

6. 4. 1. 1 符号化方式

インターネットや移動通信のように伝送品質が安定せず、伝送帯域幅が変化する通信システム下でもビデオやオーディオといったマルチメディア情報を伝送するべく、様々な符号化方式が研究され実用化されている[77]。DVDなどに使用されているMPEG-2では、部分的にコンテンツの内容を用いた解像度の制御を行っている。また、インターネットおよび移動通信環境下でのマルチメディア伝送を目的に標準化された

MPEG-4[52]は、符号化能率が高いことに加えてエラー耐性も強い。とくにMPEG-4シンブルプロファイルにおいては、伝送品質の劣化に対してフレーム内の誤り訂正やフレームの再送といった誤り訂正制御に加え、伝送帯域の低下に対するフレームレートの低下、オーディオ品質の低下といった制御が行われている。

6. 4. 1. 2 適応的レート制御手法

インターネットやワイヤレス通信環境における通信サービスの変動に適応する手法がこれまで提案されてきた[78,79,80]。H.261符号化方式を利用するインターネット上のビデオ会議システムIVS (INRIA Videoconferencing System) [81]はH.261のパラメータを動的に調整することで映像の出力データ量を制御する。PAVS (Packet Audio Video System) [82]は、ネットワークの負荷に応じてパケット生成率を動的に制御する。これにより負荷変動のレベルに応じて適切にデータ量を調整し、安定した再生表示を行う。ASRC (Adaptive Source Rate Control) [83]は、通信路の状況に応じてビデオの符号化レートを調節する。これによりリアルタイムビデオの効果的な伝送を可能とする。

6. 4. 1. 3 選択的マルチメディア通信方式

MPEG-2やMPEG-4などの符号化方式では、伝送品質が劣化し帯域が狭くなった場合、その意味的重要度に関係なく一律に単位時間当たりのフレーム数の削減や解像度の劣化を行っており、意味的に重要なシーンとそれ以外を区別して伝送することができなかった。コンテンツ製作者や配信者がコンテンツのフレームに対してタグを付与する方式として、MPEG-7[84]がある。MPEG-7では、各フレームに対して検索のためのタグを付加する。例えば、サッカーのゲームにおいてシュートシーンだけに対してタグを付加し、そのシーンだけを再生可能となる。しかし、伝送帯域に応じてフレームに優先順位をつけて伝送するといった伝送制御は行われていない。

このような課題に対し筆者らは、これまで選択的マルチメディア通信方式SMAP (Selective Multimedia Access Protocol) [54]を提案してきた。SMAPは、コンテンツの内の意味的に重要な情報を優先して伝送することを目的としたマルチメディアアクセスプロトコルである。マルチメディアコンテンツの作成者らは、自らの主観に基づいて各映像フレーム／オーディオブロックに対して、その意味的な重要度に応じて優先度を与える。SMAPは、この優先度に基づき予測される帯域内で映像フレーム／オーディオブロックを選択的に伝送する。実効帯域が減少した場合、低優先度の映像フレーム／オーディオブロックはスキップされるものの、優先度の高い情報は確実に伝送される。これにより重要なシーンは、時間的解像度において高品質に再生される。しかしながら、SMAPは時間的解像度の制御のみで伝送帯域の変化に対応することから、ビデオ再生時にはフレームレートの変化が激しいという問題がある。

6. 4. 2 コンテンツ指向空間的解像度制御方式SSM

本章では、マルチメディアコンテンツ内の意味的に重要な情報を空間的解像度において高品質に提供するコンテンツ指向時空間的解像度制御方式SSM (contents oriented time and Spatial resolution control Scheme for Mobile multimedia streaming service) を提案する。

6. 4. 2. 1 SSMの概要

6. 4. 1 節で述べたように、従来の適応的手法にはマルチメディアコンテンツの意味的な重要度を考慮していないという問題がある。また、SMAPは意味的に重要な情報を確実に伝送できるものの、再生時のフレームレートの変動が激しいという問題があった。

SMAPのフレームレートの変動は、空間的解像度を一定にしたままで、優先度に応じて時間的解像度のみを制御していたことに起因する。そこでSSMでは、(i) 優先度および通信路の予測実効帯域に基づいて送信ビデオ・音声データの空間的解像度を動的に制御し、(ii) 動画像データの動きの激しさに応じた空間的解像度および時間的解像度の調整を行う。

■優先度に基づいた制御

優先度に基づいて送信するビデオデータの解像度および音声データの品質の調整を行う。高優先度のデータは高品質で伝送し、低優先度のデータは低品質で伝送する。これにより、意味的に重要なシーンを高品質で再生しながら全体の伝送量を削減する。また、各優先度のデータに対応する品質は送信時の通信路の状態に応じて動的に決定される。これにより、実効帯域が小さい場合でも確実にデータを送信することができる。優先度に基づく制御の詳細は6.4.2.3.2項(3)および6.4.2.3.3項(1)で述べる。

■動画像の動きの激しさに応じた制御

一般にビデオデータの中には動きの激しいシーンと逆に動きの少ないシーンが混在している。この動きの激しさの度合いを本研究では活動度と呼ぶことにする。人の目から見た場合、動きの激しいシーンでは、フレームレートの減少は認識されやすいが、画質の劣化は認識されにくい。逆に、静止しているシーンでは画質の劣化は認識されやすいが、フレームレートの減少は認識されにくいと考えられる。そこで、SSMは動きの激しいシーンでは高フレームレート・低画質、静止しているシーンでは低フレームレート・高画質というようにシーンの活動度に応じて空間的解像度と時間的解像度の調整を行う。これにより限られた通信路をより有効に活用する。この具体的手法については6.4.2.3.2項(2)で述べる。

以上の制御により、SSMはネットワークのサービス品質が変動した場合でも、意味的

に重要なシーンの高品質な再生、およびデータ全体にわたっての安定したフレームレートでの再生を可能とする。以下、SSMでの処理の詳細について述べる。

6. 4. 2. 2 コンテンツの前提条件

本方式で扱うコンテンツの前提条件として、ビデオは任意のフレーム番号に対し M 段階 ($1, 2, \dots, M$) の空間的解像度のフレームが得られ、音声は任意のサンプル番号に対し L 段階 ($1, 2, \dots, L$) の品質の音声サンプルが得られることとする (ともに値が大きいほど品質が良い)。

コンテンツの作成者もしくは配布者は、意味的な重要度に基づいて各シーンに N 段階 ($P = 1, 2, \dots, N$) の優先度を与える。優先度付与作業の効率を考慮しGOP (Group of Picture☆) 単位で優先度を付与する。また、ビデオデータには、各シーンの動きの激しさに応じて 3 段階の活動度 (A: 動きが激しい, S: 静止している, N: どちらでもない) も付与する。

各シーンへの優先度及び活動度の与え方は、優先度と活動度を付与する人間の主観にゆだねられる。例えば、コマーシャルビデオにおいては、商品の説明のシーンに高い優先度が与えられると考えられる。また、活動度に関しては、アクションシーンのような動きの激しいシーンには活動度Aが与えられ、風景や図面などの静止シーンにはSが与えられる。

SSMは与えられた優先度と活動度に基づいて、送信データの空間的解像度と時間的解像度を制御する。

6. 4. 2. 3 送信手順

本節では、SSMでのビデオと音声の品質制御から送信までの手順について述べる。

一般にビデオと音声では要求される品質が異なる。ビデオの再生時の途切れがユーザに与える不快感は小さいが、音声の途切れが与える不快感は大きい。そこでSSMでは、ビデオに関しては必要なフレームのみ送信し、音声に関しては全音声サンプルを送信することでこれに対処する。ビデオと音声、それぞれの送信手順について、6.4.2.3.2 項、6.4.2.3.3 項で述べる。

6. <☆ ビデオを構成するキーフレーム (単独で再生可能) と差分フレーム (キーフレームとの差分) のグループ>

6. 4. 2. 3. 1 帯域の分配

具体的な送信手順について述べる前に、ビデオと音声データへの帯域の分配方法について述べる。SSM は、ネットワーク状況を監視し、現在利用可能な帯域幅を予測する。これを予測帯域幅 B_C とする。SSM は、ユーザの指定した割合 a ($0 \leq a \leq 1$) で B_C をビデオ用 $B_V (=aB_C)$ 音声用 $B_A (= (1-a)B_C)$ に分配する。SSM はそれぞれ B_V と B_A を超えない範囲でビデオフレームと音声データを送信する。

ビデオはGOP単位で品質調整及びスケジューリングが行われ、音声は対応するビデオのGOP単位で品質調整が行われる。これらの操作は一定の間隔で行われる。その時点で未処理の先頭GOPから順にフレームの空間的解像度と音声サンプルの品質が計算され、必要なフレームと音声サンプルが送信スケジュールされる。

6. 4. 2. 3. 2 ビデオデータの送信手順

ビデオデータの送信・再生に先立ち、まず基準となるビデオの解像度とフレームレートが決定される。この基準となる品質を基に、送信時のネットワークの状況と優先度および活動度に応じて再生時の空間的解像度が決定され、あらかじめ複数の解像度に対して用意されたビデオデータのうちから1つが選択され、1GOP分のデータが送信スケジュールされる。以下、この手順の詳細について述べる。なお、特に断らない限り、以下本項では解像度と呼んだ場合、空間的解像度のことを意味する。

(1) 基準フレームレートの決定

再生に先立ちユーザはあらかじめ用意された M 段階の解像度の中から再生時の基準となる解像度（基準解像度： $k = 1, 2, \dots, M$ ）を選択する。ユーザが使用するビデオ用の帯域 B_V において、基準解像度で伝送可能な最大のフレームレートを基準フレームレート F_b とする。 F_b は式 (6-1) から求められる。ここで V_k は式 (6-2) から求められる基準解像度 k のビデオにおける1フレームの平均容量である。式 (6-2) において、 V_k^h は解像度 k のビデオデータ全フレーム数 H のうちの h 番目のフレームの容量である。

$$F_b = B_V / V_k \quad (6-1)$$

$$V_k = \sum_{h=1}^H V_k^h / H \quad (6-2)$$

(2) 再生フレームレートの決定

次にシーンの活動度に応じて再生時のフレームレートを決定する。送信するGOPの活動度、ビデオ本来のフレームレート F_o 、基準フレームレート F_b から表6.2のように再生フレームレート F_p を決定する。再生フレームレートは、シーンの状態に応じ、動きが激しいほど高くなるように決定される。表6.2 において、 α は活動度によるフレームレートの変化の割合を決めるパラメータであり、 $\alpha \geq 1$ である。

(2) 再生解像度の決定

再生時の解像度は、GOP ごとの優先度とデータ送信時の予測帯域に従って、送信時に動的に決定される。ここで、 B_v^t および F_p^t をそれぞれ t 番目 ($t=1, 2, \dots, T$) のGOP送信時における予測帯域のビデオ分配分および、再生フレームレートとする。まず、現在の帯域で送信可能な最大解像度 j を、 F_p^t に対応した数のフレームを送信した場合のスループットが B_v^t を超えない最大の値として式(6-3)より求める。ここで、 V_j は解像度 j におけるビデオの1フレームの平均容量である。 B_p^t は t 番目までのGOPを送信する間に生じた帯域の余裕であり、式(6-4)により求める。 V^t は t 番目のGOP送信時に実際に選択された解像度におけるビデオの1フレームの平均容量である。

表 6. 2 再生フレームレート

活動度	F_o と F_b の比較	F_p (再生フレームレート)
S (静)	—	F_b / α
N (通常)	—	F_b
A (動)	$F_b < (F_o / \alpha)$	αF_b
	$F_b \geq (F_o / \alpha)$	$F_b + ((F_o - F_b) / \alpha)$

表 6. 3 優先度と解像度 (品質) の対応

優先度の段階数 (N) と解像度 (品質) の選択肢数 (j) の関係	優先度 P に対する解像度 Q_v or 品質 Q_A
$N \leq j$	$P + (j - N)$
$N > j$	$[P / (N / j)]$

$$B_v^t + B_p \geq F_p^t V_j \quad (6-3)$$

$$B_p^l = \begin{cases} 0 & (t=1) \\ B_p^{t-1} + B_v^{t-1} - F_p^{t-1} V^{t-1} & (t \geq 2) \end{cases} \quad (6-4)$$

さて、 j は式 (6-3) を満たす最大のビデオの解像度を示す値であるとともに、解像度の選択肢数でもある。 j により各優先度 P のGOPに対応した解像度 Q_v が表6.3のように求まる。すなわち、優先度の段階数より解像度の選択肢数の方が多い場合、優先度がもっとも高いGOPに対しては選択可能なもっとも高い解像度を割り当て、以下、優先度が低くなるに従って、低い解像度を割り当てる。また、優先度の段階数より解像度の選択肢数の方が少ない場合、選択できる解像度に可能な限り均一に分散するように優先度を割り当てる。低解像度のデータが選択された場合、現在利用可能な帯域に余裕が生じることになるが、ここで生じた余裕は後に送信されるより高い優先度のGOPの送信のために用いられる。

(3) フレームの送信

SSMは、再生フレームレートを達成するのに必要な分のフレーム（対象GOPの再生時間×再生フレームレート）をGOPの中から選択する。選択されたフレームは、その優先度に対応した解像度で送信される。

6. 4. 2. 3. 3 音声データの送信手順

音声データの送信では、まず、再生時に送信できる最高の品質を求め、優先度と品質の対応を決定する。

次に優先度に基づき再生品質を決定する。品質が決定すると各音声サンプルがその品質で送信される。以下、手順の詳細について述べる。

(1) 優先度と品質の対応の決定

想定した音声用の最大帯域 B_A^t を越えない範囲で全音声サンプルを再生可能な最高の品質を求める。これは、式 (6-5) を満たす品質 I の最大値として求まる。 B_A^t は t 番目までの音声サンプルを送信する間に生じた帯域の余裕であり、式 (6-6) により得られる。 A_I 、 A^t はそれぞれ品質 I における音声サンプル、および t 番目に実際に選択された品質の音声サンプルの単位時間あたりの平均容量である。

$$B_A^t + B_O^t \geq A_I \quad (6-5)$$

$$B_p^t = \begin{cases} 0 & (t=1) \\ B_p^{t-1} + B_A^{t-1} - A^{t-1} & (t \geq 2) \end{cases} \quad (6-6)$$

A_I の決定に従い、選択可能な音声の最高品質が決定される。

(2) 再生品質の決定

ビデオの場合と同様に選択可能な音声の最高品質 I は音声品質の選択肢数である。各優先度 P に対応した品質 Q_A がビデオの場合と同様に表6.3 より求められる。

(3) 音声サンプルの送信

対象となる音声サンプルを優先度に応じた品質で送信する。

6.4.3 SSMプロトタイプの実装

提案方式SSMのプロトタイプを実装した。プロトタイプでは、ビデオ伝送のみが実装され、音声の伝送は実装されていない。

6.4.3.1 ソフトウェア構成

図6.3 にSSMのソフトウェア構成を示す。優先度に基づいた品質の調整は、マルチメディア情報の送信側のアプリケーションSSM Sender と受信側でミドルウェアとして実現されるSSM Receiver によって行われる。受信したデータの再生はSSM Receiver の提供するSSM APIを介して、再生用のマルチメディアアプリケーションが行う。

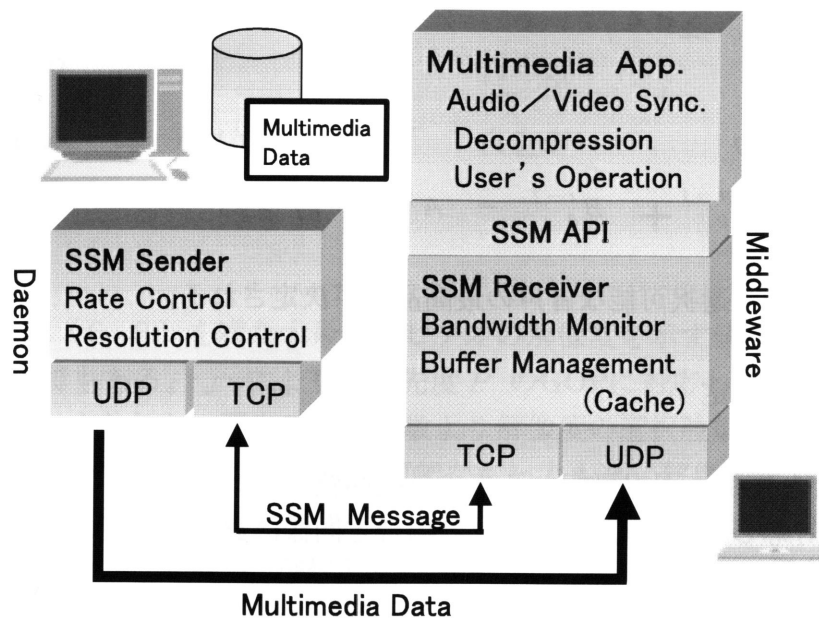


図 6. 3 S S Mのソフトウェア構成

■ S S M Sender

SSM Senderは6.4.2.3.2節で述べた送信手順に基づき、マルチメディア情報の品質の調整とレート制御を行い、UDPによりデータを送信する。また、一定間隔でSSM Receiverに対しプローブメッセージをTCPを介して送信し、その応答を受信することで現在のネットワークの遅延を予測する。

■ S S M Receiver

SSM Receiverはパケットを受信し、フレーム、音声サンプルに再構成した後、バッファに保存する。バッファの空きが無くなった場合、SSM Receiverは優先度の低いフレーム、音声サンプルから順に破棄し、新しいフレーム、音声サンプルを保存する。また、SSM Receiverは実効帯域のモニタリングとパケットロスの検出を行い、これらの情報をSSM Senderに送信する。

■ マルチメディアアプリケーション

マルチメディアアプリケーションはSSM APIを利用して、SSM Receiverが管理するビデオフレーム、音声サンプルを取得し、データの伸張を行い再生する。再生時には、メディア内の時間軸に対する同期を行う。フレームや音声サンプルデータの到着が再生

に合わない場合は、そのデータの再生はスキップされる。

6. 4. 3. 2 優先度付与支援ツール

SSMで利用する優先度、活動度をマルチメディアデータに付与するためのツールとして、優先度付与支援ツールを実装した。このツールを用いることで、マルチメディアデータの作成者、配布者は、GOP 単位でフレーム、音声サンプルに対し N 段階の優先度と3段階の活動度を与えることができる。一連の優先度付与作業から優先度ファイルが作成され、SSM Senderでの品質制御に用いられる。

6. 4. 4 評価

本章では、SSM プロトタイプを用いた性能評価について述べる。

6. 4. 4. 1 実験概要

SSMのトラフィック特性を調べるためのプロトタイプによるデータ伝送実験と、SSMによる品質制御がユーザの視覚に及ぼす影響を確認するための主観評価実験を行った。

これらの実験では、外部ネットワークの影響を防ぐため、1台のマシンの中でサーバ、クライアントを動作させた。また、ネットワークの状況をエミュレートするためサーバ、クライアント間の帯域を擬似的に変動させた。

テストデータとして長さ1分9秒のある映画のコマーシャルビデオを用いた。このビデオは映像トラックのみからなり、品質は16ビットカラー、フレームレート15fpsである。また、符号化方式はMicrosoft Video1である。提案方式を適用するため、このビデオを160×120, 200×150, 240×180, 280×210, 320×240, 360×270, 400×300, 440×330, 480×360 (pixels) の9段階の解像度で用意し、基準解像度を320×240 (pixels) とした。これらデータの送信における要求帯域は約480~3800 Kbpsであるが、実験では帯域幅を500Kbps以下に制限した。映像データには、優先度付与支援ツールを用い優先度(4 段階)、活動度(3 段階)を付与した。すべての実験において、優先度と活動度データは同一のものを使用した。

6. 4. 4. 2 データ伝送実験

優先度指定による効果、帯域幅が変動した場合の振る舞い、活動度指定による効果を調べるため3つの実験を行った。

6. 4. 4. 2. 1 優先度指定による効果

優先度に基づく伝送の効果を評価するため、映像データに優先度のみを付与して伝送した。ここで活動度は全てN（どちらでもない）を指定した。これは優先度による品質制御の効果を明確にするためである。実験では、帯域幅を500Kbpsに固定した。

図6.4 に優先度と解像度の関係を示す。この図から高優先度のフレームは高解像度で、低優先度のフレームは低解像度で再生されていることが分かる。

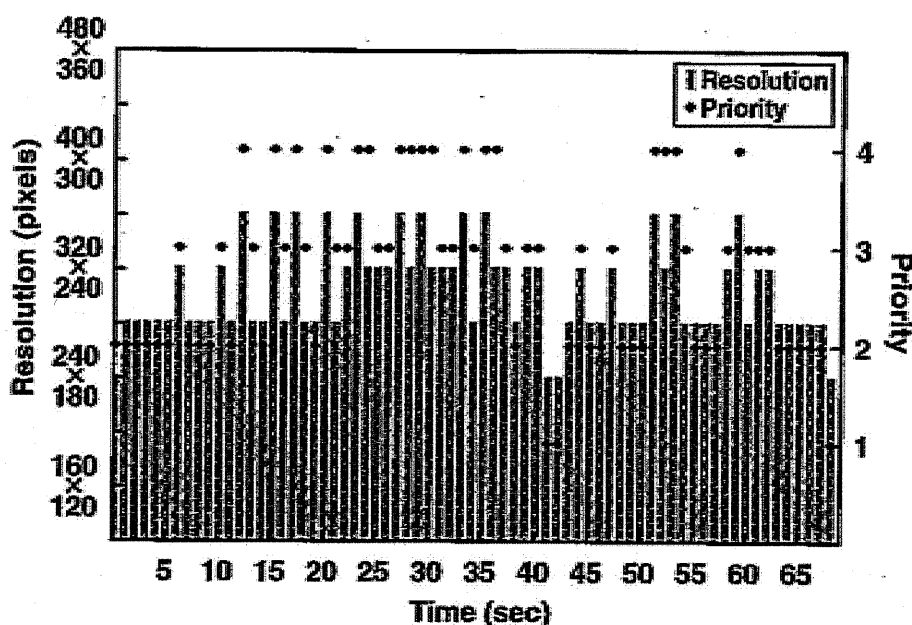


図 6. 4 優先度と解像度の関係

6. 4. 4. 2. 2 帯域幅が変動した場合の振る舞い

次に帯域幅が変動した場合の振る舞いを評価するため、優先度を考慮しない従来型の伝送SMAPと提案方式による伝送を比較した。実験では、毎秒1/2の確率で帯域幅が500Kbps～350Kbpsの間で変化するように設定した。また、本実験でも6.4.4.2.1と同様に優先度による効果を明確にするために、映像データに優先度のみを付与し、活動度は全てNとした。

SMAP、SSM それぞれの結果を図6.5、図6.6に示す。SMAPでは、帯域の変動にともない、データ再生に間に合わないフレームが発生し、再生時のフレームレートが大きく変化している。これに対し、SSMでは帯域の変動に左右されることなく、ほぼ一定のフレームレートで再生されている。60秒付近で、フレームデータが再生に間に合わなかったために再生時のフレームレートが減少しているが、これ以外は優先度による空間解像度の調整により、フレームレートが維持されている。

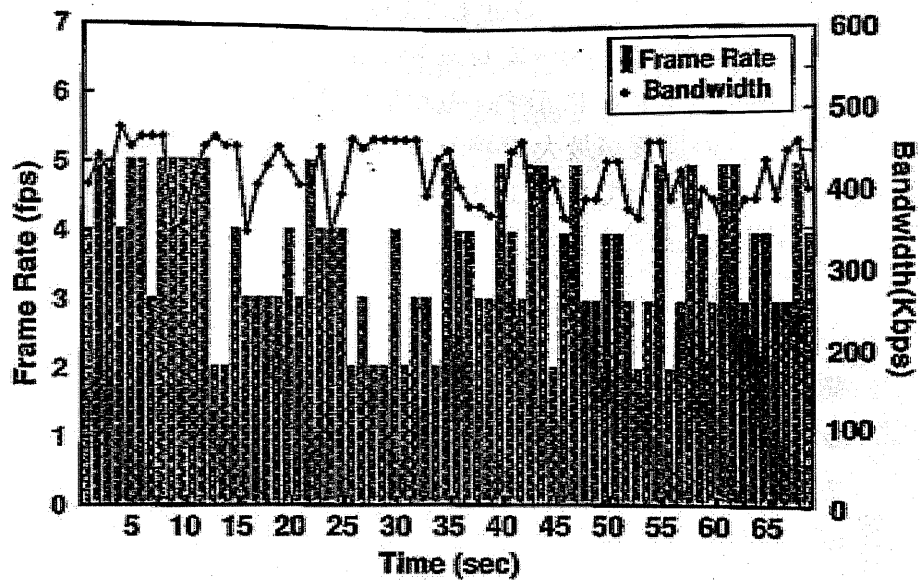


図6. 5 SMAPで得られた再生時フレームレート

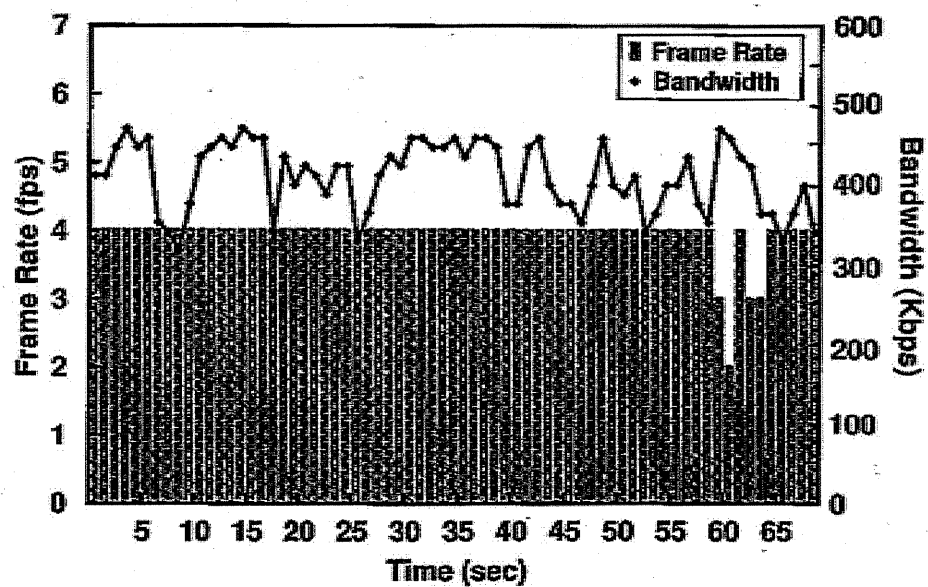


図6. 6 SSMで得られた再生時フレームレート

6. 4. 4. 2. 3 活動度に基づく伝送

活動度に基づく伝送の効果を評価するため、優先度と活動度の両方を指定してSSMによる伝送を行った。実験では、帯域幅は500Kbps固定とした。

図6.7 に活動度と実際に再生されたフレームレートの関係を示す。基準フレームレー

トは4fpsであるが、活動度Aが（動きが激しい）の場合、再生時のフレームレートが8fpsに上がっている。また、活動度がS（静止している）の場合フレームレートが2fpsに下がっており、活動度が再生時のフレームレートに反映されている。

活動度と解像度の関係を図6.8 に示す。基準解像度が280×210（pixels）であるのに対し、活動度がSの場合解像度が最大で480×360（pixels）まで上がっている。また、活動度がAの場合解像度が最小で160×120（pixels）まで下がっており、活動度が解像度に反映されている。

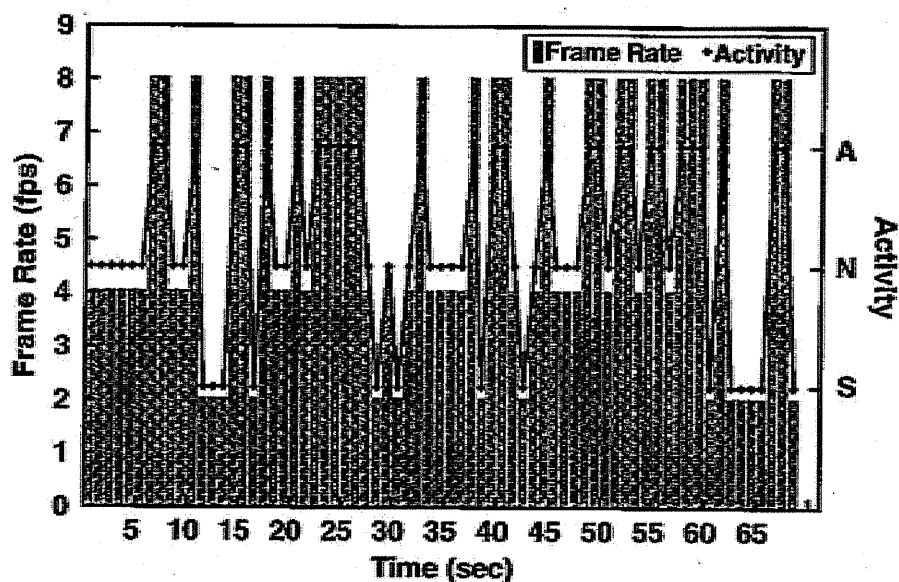


図6. 7 活動度とフレームレートの関係

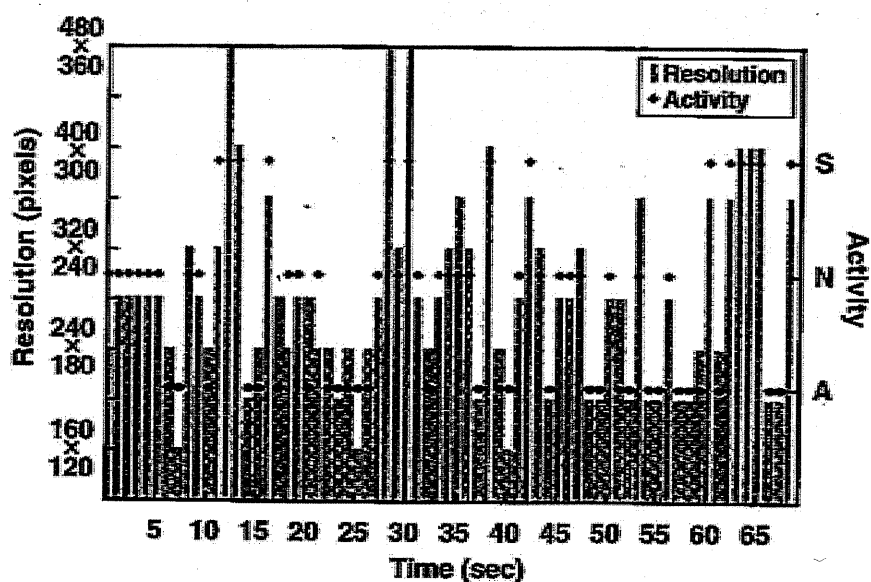


図6. 8 活動度と解像度の関係

なお、今回の実験では実効帯域を350Kbps ～ 500Kbpsという限定された値の中で変動させた結果のみを示したが、帯域がこれと異なった場合でもSSMでの品質制御の本質は変わらない。例えば、実効帯域を600Kbps ～ 1,500Kbpsに設定した場合、基準解像度は320×240 (pixels)、基準フレームレートは11fpsとなり、全体的に再生時の解像度、フレームレートは高くなるものの、優先度と活動度に基づいて再生を行うという点は変わらない。

6. 4. 4. 3 主観評価実験

SSMによる品質制御がユーザの視覚に及ぼす影響を確認するため、被験者に商業ビデオを表6.4 に示す5つの方式で見てもらい、アンケートによる主観評価を行った。

表 6. 4 実験で用いたビデオの解像度とフレームレート

	画質 (pixels) フレームレート (fps)	
a (無処理)	320×240	4
b (SMAP)	320×240	0～5
c (SSM, 優先度)	160×120～480×360	4
d (SSM, 優先度+活動度)	160×120～480×360	2～8
e (全フレーム表示)	120×90	15

実験に先立ち、まずビデオデータをネットワークを介さない普通の状態で見てもらい、実験の説明を行った。次に5つの方式でビデオを見てもらい、下記のアンケートを行った。被験者は44人の大学生、大学院生である。

順位 再生を見て良かったものから順に、1 (良い) ～ 5 (悪い) での順位付け

良かった理由 順位で一番良かったものに意図したものを選んだ理由

悪かった理由 順位で一番悪かったものに意図したものを選んだ理由

解像度の変化 cとdに関して、再生中の解像度の変化が気になったかを5段階評価で採点

フレームレートの変化 a, b, d に関して、再生中のフレームレートの変化が気になったかを5段階評価で採点

実験では、帯域幅を500Kbpsに固定した。映像データに対し、b, c, d方式には同じ優先度を付与し、d方式に関しては活動度も付与した。ここで、SMAPとは6.4.1.3項で述べた方式であり、全フレーム表示とは限られた帯域でオリジナルデータの全てのフレームを表示できるように、解像度を落として再生した方式である。

6. 4. 4. 4 アンケート結果

図6.8 にアンケートの順位の評価項目についての結果を示す。提案方式であるc, dは1～3位に評価が集中している。一方で、SMAPであるa, b, dは3～5位に評価が集中している。このことから、提案方式が高い評価を受けていることがわかる。また、1～5位にそれぞれ5～点の点数を付け、平均を取った結果を表6.5に示す。この結果からも提案方式がSMAPよりも高い評価を受けていることが明らかとなった。

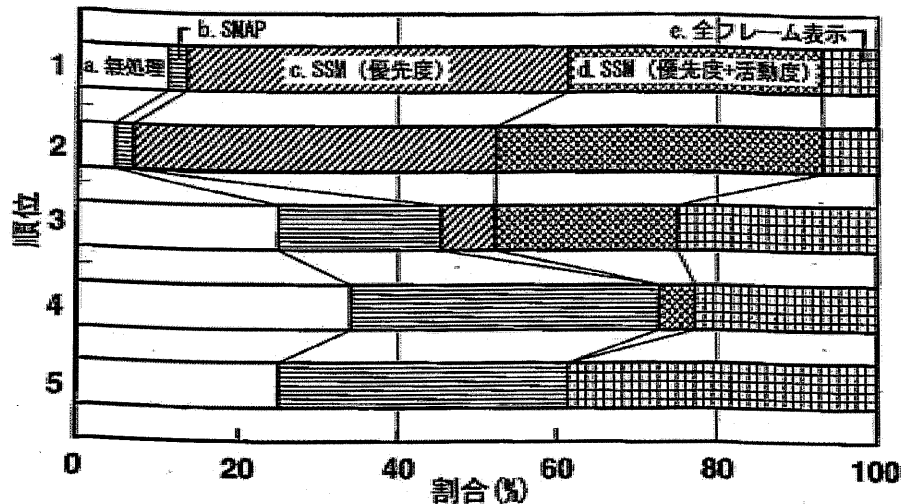


図6. 8 各順位における各方式の割合

表6. 5 各方式の平均順位

	平均点
a (無処理)	2.4
b (SMAP)	2.0
c (SSM, 優先度)	4.4
d (SSM, 優先度+活動度)	4.0
e (全フレーム再生)	2.2

c, e を一番良いと答えた被験者の多くは、良かった理由として画質とフレームレートのバランスが良かったと回答した。また、a, b を一番悪いと答えた被験者の多くは悪かった理由としてフレームレートの変化が気になったと回答している。このことからフレームレートの変化よりも解像度の変化の方がユーザに受け入れられやすいということがわかる。また、e を一番悪いと答えた被験者の多くは悪かった理由として画質が悪すぎると回答している。このことから、フレームレートが高く安定していても解像度が低すぎるとユーザの満足感を得られないことがわかる。

図6.10 に解像度の変化の項目についてのアンケート結果を示す。c に関しては77%、d に関しては61%の被験者が解像度の変化が全く気にならなかったか、あまり気にならなかったと答えている。このことから提案方式における画質の変化はユーザにとって許容可能な範囲にあることが分かる。

また、フレームレートの変化の項目のアンケート結果を図6.11 に示す。a では68%、c では70%の被験者がフレームレートの変化を気にしているのに対し、dでは59%の被験者が全く気にならなかったか、あまり気にならなかったと答えている。このことから、提案方式がSMAPよりもフレームレートの変化が目立たたず、ユーザにとって好ましいということが分かる。

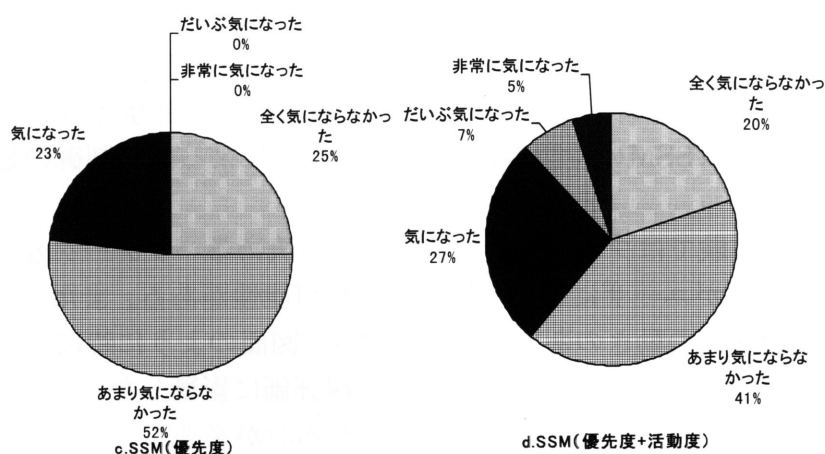


図 6. 1 0 解像度の変化に関する利用者の反応

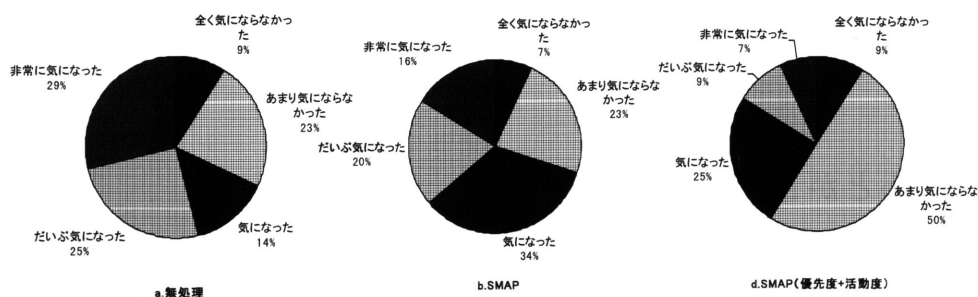


図 6. 1 1 フレームレートの変化に関する利用者の反応

6. 4. 4. 5 考察

実験の結果から、ビデオデータに付与された優先度と活動度に従い、データ伝送時に解像度とフレームレートが適切に調節されることが確認された。6.4.4.2項より帯域幅の変動に柔軟に対応できることも示され、SSM はSMAPよりも効率的に通信路を使用しているといえる。また、評価実験の結果から提案方式SSMがSMAPよりも主観的に高い評価を受けており、ユーザの視点から見た場合に高い品質でビデオを伝送できているといえる。

SSMを用いた優先度のみの指定による品質制御と、優先度と活動度の両方を指定した場合に対するユーザの主観評価の比較では、予想に反して、優先度のみによる制御を行った方がわずかながら高い評価となった。優先度のみの指定の場合、フレームレートはほぼ一定で、画像の解像度のみが変化するが、活動度も指定した場合、フレームレートと画像の解像度の両方が変化する。SSM 以外の方式との比較から、解像度の変化よりもフレームレートの変化の方がユーザの主観に大きく影響を与えることが確認されているので、この結果はSSMの特徴の1つである活動度による品質制御の是非を問うものといえる。

ただし、今回の実験ではフレームレートの変化を決めるパラメータ $\alpha = 2$ であり、フレームレートの変化がユーザにとって極端すぎた可能性がある。また、利用したビデオデータが、比較的多くの動きのあるシーンを含み、図面のように特に高解像度が期待される静止シーンが少なかったこともユーザの主観評価に影響したと考えられる。今後より多くの種類のビデオデータ、および α を用いた検討が必要である。また、視野角の課題等を含め、実際の利用環境に近いPDAを用いた評価実験も必要である。

なお、今回の実験では、ユーザに対し優先度について事前に知らせずに実験を行った。また、優先度はコンテンツの提供者側の意図により付与されたものである。これは、ユーザにとって必ずしも好ましいものではないともいえる。ユーザにとって満足のいくデータの再生を行うためには、複数の選択基準に基づく優先度付けの自動化や活動度付けの自動化を行い、ユーザの嗜好に合わせて優先度の選択基準を選択可能とすることが有効と考えられる。

6. 5 あとがき

本研究では、移動通信環境下での映像配信サービスを行うに当たってコンテンツ種別、コンテンツの提供形態について整理した。映像ストリーミングミドルウェアに要求される条件を整理し、新たな技術が要求される映像伝送制御技術として、伝送品質が変動する移動通信環境下において高品質を維持するためにコンテンツの意味的重要度を考慮した優先度に応じて、時間的・空間的解像度制御を行う時空間的解像度制御方式SSMを提案した。また、その伝送手順、アーキテクチャ、およびソフトウェア構成について述

べた。

PCベースでのプロトタイプを開発し、実験・品質評価を行った結果、(i) 優先度、活動度に応じた品質の調整、(ii) 伝送帯域幅の変動への柔軟な対応、(iii) 主観的に高い品質での再生、を確認することができた。また、(a) 活動度指定によるフレームレートの変化はユーザによっては必ずしも好まれない、(b) 優先度・活動度がコンテンツ提供者側の一方的な意図になっているといった問題点も明らかとなった。

時空間的解像度制御方式SSMを適用した映像ストリーミングミドルウェアを開発・提供することにより、高品質な映像ストリーミング配信サービスの提供が期待できる。

第7章

結論

今後の飛躍が期待されながら、なかなか飛躍できないでいるモバイルアプリケーション（モビキタスアプリケーション）の発展に向けての課題の1つとして、開発したサービスの将来性への不透明さがある。過去の事例から、開発費の低減とそれによるリスクの軽減につながるアプリケーションミドルウェアの提供が、モビキタスアプリケーションの発展に有効であると考えられる。

本研究では、モビキタスアプリケーションを体系的分類すると共に各アプリケーションに共通的に利用される機能を抽出することによりミドルウェアの体系的整理を行った。また、ミドルウェアを含めたモビキタスアプリケーションのシステム構成モデルを提案した。アプリケーションミドルウェア群の中から、第3世代移動通信サービスにおける主要アプリケーションと期待されているユビキタスコンピューティング／モバイルペイメント／マルチメディアに関連して、

- ・ リモートモニタリング&コントロールにおけるセンサーおよび監視対象物に管理に利用するオブジェクト管理ミドルウェア
- ・ 音声認識をサーバアクセス時の個人認証機能の実現に利用した個人認証ミドルウェア
- ・ 映像ストリーミングの伝送制御を行う映像ストリーミングミドルウェア

をとりあげ、要求条件を整理するとともにシステム設計法を示した。また、それに従い開発した商用システムあるいは評価プロトタイプシステムを利用した、ミドルウェアとしての評価結果についても述べた。

まず、モビキタスアプリケーションの研究開発においてその対象が手探りであることから、ターゲットの絞り先を明確にすることを目的にモビキタスアプリケーションを体系的に整理した。『通信系アプリケーションは、通信を行う主体と取り扱う情報種別によって分類される。サービスは人間に対して提供されるものであることから、通信主体の一方は人であり、情報関連ツールを通してアプリケーションは利用される。』との仮説から、モビキタスアプリケーションを”モバイルコマース”をはじめとする15クラスに分類するモデルを提案した。また、それらのアプリケーションを実現するにあたっ

て共通的に必要となる機能を切り出すことにより、ミドルウェアのクラス分けを行い、課金・個人認証といった8クラスに分類するモデルを提案した。アプリケーションミドルウェアを課金／認証／位置検出／プロトコル変換といったコアネットワークとして既にサービス提供あるいは提供することが望ましい下位ミドルウェアとオブジェクト管理やストレージといったアプリケーション寄りの上位ミドルウェアに分け、アプリケーションは3階層から成るプラットフォーム上に構築されるモデルを提案した。これまでに提供あるいは提案されているアプリケーションは、ほぼこの体系の中に入ると考えられる。モビキタスアプリケーションシステムの構成要素が明確になったことにより、アプリケーションあるいはミドルウェアを開発・事業化を行うにあたってのターゲットの絞り込みやビジネスモデルの検討が容易なることが期待できる。また、アプリケーションシステムを構築する上で、必要となるミドルウェアとその組み合わせが明確になると共に、自主開発すべき事項が明確になり、アプリケーションシステムの開発が促進されることが期待できる。

現在、いくつかの先進的企業が導入し、幅広い利用が望まれるリモートモニタリングシステム&コントロールに関して、監視対象物に取り付けられたセンサーデータと共に監視対象の管理に必要なプロファイルを一元管理するためのオブジェクト管理ミドルウェアを開発し、その設計法を示した。センサーデータおよびプロファイルの管理としてクライアント／データロガー／デバイス／センサーから成る4階層オブジェクト管理モデルを提案し、本モデルに基づいたオブジェクト管理ミドルウェアおよびそれを適用した自動販売機等の機器の監視するための「機器リモート監視システム」を開発し、その設計法を示した。ASPとしてサービス提供し、これまでにいくつかのユーザに利用されたが、ユーザから示された全ての監視対象物に対応できており、4階層オブジェクト管理モデルの汎用性の高さが確認された。また、本ミドルウェアを「家庭向けセキュリティシステム」に適用し、その設計法を示した。本オブジェクト管理ミドルウェアは、インターフォン子機や電気錠といったオブジェクトの管理にそのまま流用でき、大幅に開発効率が向上した。なお、家庭向けセキュリティシステムについては、監視センターに撮影した画像データを保存することから、高いセキュリティ性の確保だけでなく、最近の侵入盗によるセキュリティシステムの持ち去りや破壊に対しても有効であることが分かった。

モビキタスアプリケーションで、現在各種トライアルが行われているものの1つに携帯電話を利用して物の購入やサービス利用時の支払い決済を行うモバイルコマース&決済がある。その実用化に当たって、サーバにアクセスする際の個人認証は非常に重要である。セキュリティレベルの高い個人認証システムとしてトークン型ワンタイムパスワードが広く利用されている。しかし、トークン型ワンタイムパスワードは、カードの紛失や盗難にあった場合、セキュリティレベルは著しく低下することから、指紋や顔貌等の生体情報に基づくバイオメトリクス認証の研究開発が進められている。ここでは、音声を生体情報として利用するのではなく、音声認識を利用したキーワード照合方式を提案した。各種アプリケーションサーバに適用することを前提としたプロトタイプ

システムを開発し、認識率と認識に要する時間を測定した結果、充分実用化できることを確認した。高い個人認証を要求するアプリケーションを始めとする幅広い適用が期待できる。

最後に第 3 世代方式におけるキラーアプリケーションと目されている映像配信サービスについて、実用化時に考慮すべき映像配信形態を整理すると共に、技術課題の 1 つである伝送効率に優れた伝送制御方式を提案した。製作者が意味的重要度に基づいて送信フレームに優先順位をつけ、伝送品質に応じて送信フレーム数だけでなく空間解像度を制御する時空間的解像度制御方式 SSM を提案し、PC ベースでのプロトタイプを開発し、実験・品質評価を行った。その結果、(i) 優先度、活動度に応じた品質の調整、(ii) 伝送帯域幅の変動への柔軟な対応、(iii) 主観的に高い品質での再生、を確認することができた。SSM については、PC を利用したシミュレーション環境では有効性が確認された。今後、移動通信システムとして IMT-2000 を使用し、オーディオの送信・再生を含めて PDA に実装し、視野角や周囲の環境も含めた実使用環境に近い状態で評価する必要がある。

今回、多様なモビキタスアプリケーションの提供が促進されることを目的に、リモート監視オブジェクト管理ミドルウェア、音声認識を利用した個人認証ミドルウェア、映像ストリーミング配信の伝送制御をつかさどる映像ストリーミングミドルウェアの開発を進めた。

モビキタスアプリケーションの更なる発展のためには、柔軟な課金代行を可能とするミドルウェアやストレージ、各種プロトコル変換系ミドルウェア等の充実が望まれる。

謝辞

本研究の過程において、終始客観的な立場から適切なご助言と親身やご鞭撻を賜り、研究をまとめるに当たり懇切なるご指導と励ましを頂きました静岡大学情報学部情報科学科・水野忠則教授に心より御礼申し上げます。

本論文をまとめる過程で、種々なご指導ご鞭撻を頂きました静岡大学情報学部情報科学科・渡辺尚教授、梅谷征雄教授、静岡大学工学部システム工学科・大坪順次教授に感謝の意を表します。

本研究の過程において、終始適切なご助言と励ましを頂きました静岡大学情報学部・佐藤文明助教授、富樫敦教授、静岡大学工学部システム工学科・石原進助教授に深謝申し上げます。

本研究を行うに当たり、パートナーとしてシステム開発にご協力頂きました東芝機械(株)・小黒晴二氏、アイホン(株)・取締役・松島茂正氏、北川和美氏、NTT ソフトウェア・亀田康雄氏、桐山真一氏に謝意を表します。

研究の過程において多大な協力を頂いた NTT ドコモ・太田賢氏、NTT ドコモ東海・増田彰久氏、水野好則氏、都築佳生氏、杉浦克尚氏、丹羽澄人氏に深謝申し上げます。

最後に、博士号取得に対してご理解と励ましを頂きました NTT ドコモヨーロッパ社長・足立邦彦氏、NTT ドコモ東海・常務取締役・田中甲志雄氏に御礼申し上げます。

参考文献

- [1] GSM, ETSI, TBR 005, 009, 019, 020, 031, 032, 036, I-ETS 300
- [2] GSM World ; <http://www.gsmworld.com/technology/index.shtml>
- [3] 「デジタル自動車電話標準規格 RCR STD-27G」, 社団法人電波産業界
- [4] 江崎浩 監修;「要点チェック式 インターネット用語辞典」, I&E 神蔵研究所, pp. 302-314, 2000
- [5] 大貫 雅史、他;「PDC パケット通信方式」, 電子情報通信学会誌, Vol.81, No.03, 1998
- [6] 大貫 雅史、他;「移動通信パケット通信システム特集」, NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.5, No.2
- [7] 榎 啓一;「i モードサービス特集 -i モードサービスの概要-」, NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.7, No.2, pp.6 - 11, 1999.7
- [8] 社団法人 電気通信事業者協会; <http://www.tca.or.jp/japan/daisu/>
- [9] “International Symbology Specification - QR Code”, AIM International ITS/97-001
- [10] DENSO 2D Code ; <http://www.denso-wave.com/product/qr/tisiki.html>
- [11] C-Mode ; <http://www.nttdocomo.co.jp/new/contents/01/whatnew0808a.html>
- [12] The official Bluetooth Website ; <http://www.bluetooth.com/>
- [13] 服部 武、他;「ワイヤレスブロードバンド教科書」, IDC, pp.330-349, 2002.6
- [14] 渋谷、他;「Bluetooth 搭載移動機の概要」, NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.10, No.1, pp.28-32, 2002.4
- [15] 永田 清人、他;「IMT-2000 サービス特集 (1)」, NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.9, No.2, pp.6-26, 2001.7
- [16] 尾上 誠蔵、他;「IMT-2000 サービス特集 (2)」, NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.9, No.3, pp.6-70, 2001.10
- [17] 木下 耕太;「やさしい IMT-2000 -第3世代移動通信方式-」, 電気通信協会, 2001
- [18] 飛田、他;「IMT-2000 の全て W-CDMA vs. cdma2000」, ぱる出版, 2001.3
- [19] 青山 友紀;「ユビキタスコンピューティング世界を実現する革新的ネットワーク技術」, 情報処理学会誌, Vol.43, No.6, pp.612-615, 2002.6
- [20] D. Estrin ; “Connecting the Physical World with Pervasive Networks” , IEEE

- Pervasive Computing, Vol.1, No.1, pp.59-69, 2002.1-3
- [21] 徳田 英幸、他 ; 「ユビキタス空間を融合するネットワーク技術への課題」 , 情報処理学会誌, Vol.43, No.6, pp.623-630, 2002.6
 - [22] 森川 博之、他 ; 「ユビキタスネットワークキングへの道」 , 情報処理学会誌, Vol.43, No.6, pp.631-638, 2002.6
 - [23] 寺内 敦、他 ; 「電子決済システムの実装と評価」 , 情報処理学会, マルチメディア通信と分散処理、No.076-017
 - [24] 山崎 重一郎、他 ; 「モバイルエージェントによる電子発注と電子決済の重合モデルの提案」 , 情報処理学会, マルチメディア通信と分散処理、No.085-022
 - [25] 桜井 鐘治、他 ; 「モバイルからのアクセスを含む広域監視システムの検討」 , 情報処理学会, モバイルコンピューティングとワイヤレス通信、No.020-016
 - [26] 立川 敬二 ; 「モバイル・マルチメディア社会」 (抜粋) , <http://foma.nttdocomo.co.jp/>
 - [27] 藤田 学、他 ; 「DLP (DoCoMo Location Platform) サービス」 , NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.10, No.1, pp.41-47, 2002.4
 - [28] 住田 正臣、他 ; 「LIF の標準化活動状況」 , NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.10, No.3, pp.61-66, 2002.10
 - [29] 住田 正臣、他 ; 「OMA の設立とその活動」 , NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.11, No.1, pp.101-105, 2003.4
 - [30] Open Mobile Alliance, SyncML ; <http://www.openmobilealliance.org/syncml/>
 - [31] 磯 俊樹、他 ; 「ユビキタスサービスのための情報基盤技術」 , NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.11, No.1, pp.38-48, 2003
 - [32] 中野 博隆、他 ; 「新概念通信特集 -新しい通信の創造に向けて-」 , NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.11, No.1, pp.6-15, 2003
 - [33] 富永 将史、他 ; 「ジェスチャ認識のための多視点カメラによる人物位置推定および手領域抽出手法の提案」 , ヒューマンインタ フェースコンピュータビジョンとイメージメディア, pp. 85-92, 2001.9
 - [34] 安本 護、他 , 「マルチカメラ統合を用いた人物認識と顔方向推定」 , 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol. J84-D-II No. 8, pp. 1772-1780, 2001.8
 - [35] 植原 啓介、寺岡 文男 ; 「特集 インターネットと自動車」 , 情報処理学会誌, Vol.43, No.4, 2002.4
 - [36] Wide School of Internet ; http://www.soi.wide.ad.jp/class/20020003/slides/02/index_12.html
 - [37] ITS Japan ; <http://www.iiijnet.or.jp/vertis/j-frame.html>
 - [38] Open Planet ; <http://www.openplanet.co.jp>
 - [39] 服部 哲郎 ; 「電力線やインターネットを活用する監視制御システム」 , 電気学会誌, Vol.122, No.5, pp.282-310, 2002.5
 - [40] 「家庭向けサービスーオープンプラネットを活用した取組み」 , OHM, Vol.89,

No. 04, 2002. 4

- [41] TRON 電腦住宅 ; <http://tron.um.u-tokyo.ac.jp/TRON/proj95/HOUSE.html>
- [42] eHII ハウス; http://www.matsushita.co.jp/exhib/tenji_home.html
- [43] モバイル機器向け指紋認証デバイス;
<http://www.casio.co.jp/release/2003/fingerprint.html>
- [44] 内田 薫 ; 「指紋照合による本人認証」 , 情報処理学会誌, Vol. 40, No. 11, pp. 1078-1083, 1999. 11
- [45] 岸田 秀行 ; 「モバイル向け顔認証局フレームワークの開発ーモバイル端末を用いたネットワーク型顔認証技術についてー」 , OMRON TECHNICS, Vol. 43, No. 1, 2003. 3
- [46] 古井 ; 「音声による本人認証」 , 情報処理学会誌, Vol. 40, No. 11, pp. 1088-1091, 1999. 11
- [47] 古井 ; 「「音声」の識別でセキュリティーを守る」, エレクトロニクス, pp38-40, 1998
- [48] 鈴木 ; 「音声による本人認証」 , 情報処理学会誌, Vol. 40, No. 11, pp. 1092-1094, 1999. 11
- [49] 中川 ; 「確立モデルによる音声認識」 , 電子情報通信学会, 東京, 1988
- [50] アニモ Voice Passport ;
<http://www.animo.co.jp/product/vp/case.html#vpcase1>
- [51] 「第2世代コードレス電話システム標準規格 RCR SDT-28」 , 電気通信協会
- [52] 三木 弼一 : MPEG-4 のすべて, 工業調査会 (1998)
- [53] 児玉 充 ; 「FOMA ライブ映像配信プラットフォーム」 , NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol. 10, No. 1, pp. 48-52, 2002. 4
- [54] 太田 賢, 渡辺 尚, 水野 忠則 ; 「ワイヤレス通信環境における選択的マルチメディア通信方式の実装」 , 情処研報97-DPS-82, Vol. 97, No. 35, pp. 141-146, 1997
- [55] INS International Naming System ; <http://wind.ics.mit.edu/~hari/>
- [56] 森川、他 ; 「STONE : 環境適応型ネットワークサービスプラットフォーム」 , 信学技報, IN2001, 2001. 5
- [57] 星合、他 ; 「意味情報ネットワークアーキテクチャ」 , 信学論, Vol. J93-D-1, No. 9, pp. 1001-1012, 2000. 9
- [58] WAP ; <http://www.wapforum.org/>
- [59] GSM World GPRS ; <http://www.gsmworld.com/technology/gprs/index.shtml>
- [60] 江崎 浩 監修 ; 「要点チェック式 インターネット用語辞典」 , I&E 神蔵研究所, p. 322, 2000
- [61] 吉田 壺、他 ; 「IC カード技術の現状と課題」 , 情報処理学会誌, Vol. 43, No. 3, pp. 297-303, 2002. 3
- [62] 板橋 達夫、他 ; 「非接触 IC カードと携帯情報端末を利用した e コマースシステムの開発」 , Proceedings of the 11th SONY Research Forum, 2001
- [63] GSM, ETSI, TS 101 384 V7.2.0

- [64] GSM World EDGE ; <http://www.gsmworld.com/technology/edge/index.shtml>
- [65] 宮崎 淳史, 「業務向け情報端末に関する－ 考察 － PDAに求められるもの」, 放送コンピューティング研究会 3-31, 2002.11
- [66] 黒崎 悦明、久保 浩 ; 「公害監視システムにおけるコンピュータの利用」, 情報処理学会、Vol.16, No.11, pp.995-1000,1975.11
- [67] 富士総研 2003 リモート監視関連市場徹底総調査 ; <https://www.fuji-keizai.co.jp/report/index/140205826.html>
- [68] AutoID ; <http://www.autoIDcenter.org/>
- [69] MOTE, TinyOS ; <http://today.cs.berkeley.edu/tos/>
- [70] A. Intanagonwiwat, others ; “Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks” , Proc. Conference of Mobile Computing and Networking (Mobicom’ 2000), 2000.8
- [71] F. Michahelles, others ; “Detecting Context in Distributed Sensor Networks by Using Smart Context-Aware Packet” , Proc. International Conference on Architecture of Computing Systems, LNCS Vol.2299, pp.34-50 ,2002
- [72] 梅澤 猛、他 ; 「モバイルエージェントを用いたセンサネットワーク向けフレームワーク」, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.3, pp.779-788, 2003.3
- [73] RSA Security ; http://www.rsasecurity.com/japan/products/securing/software_token.html
- [74] 特集記事, 「ここまできたバイオメトリクスによる本人認証システム」; 情報処理, 40巻11号, 1999年11月
- [75] Q. Li and B.H Juang ; ” Speaker Verification Using Verbal Information for Automatic Enrollment” , Proc. ICASSP 98, pp.133-136,1998
- [76] Voice XML ; <http://www.voicexml.org/>
- [77] 若宮 直紀, 他 ; 「アプリケーションレベルの要求品質を考慮した動画像符号化転送方式」, 電子情報通信学会技術, 研究報告, Vol.98, No.668, pp.111-116, 1999
- [78] 高山 修一, 他 ; 「インターネットにおける実時間情報伝送システムの構築」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.95, No.494, pp.1-6, 1996
- [79] 阪谷 徹, 他 ; 「インターネットを利用したリアルタイムオーディオ配送システム -Audio Link-」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.96, No.3, pp5-9, 1996
- [80] 浅見 徹 ; 「インターネットのリアルタイム通信-その特徴とスケーラビリティ-」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.97, No.183, pp.39-46, 1997
- [81] Turletti, T. and Huitema, C. ; “Video conferencing on the Internet” , IEEE/ACM Trans. Networking, Vol.4, No.3, pp.340-351, 1996
- [82] 橋本 浩二, 他 ; 「圧縮ビデオデータ転送のためのパケット及びフレームレート制御法」, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.2, pp.337-346, 1998
- [83] H. Liu, M. E. Zarki ; “Adaptive source control for real-time wireless video transmission” , Mobile Networks and Applications, Vol.3, No.1,pp.49-60,

1998

- [84] 堀修 ; 「マルチメディア内容記述標準MPEG-7その応用」, 電子情報通信学会誌, Vol.84, No.9, pp.635-638, 2001
- [85] 山根淳 ; 「CELP 符号化」, Ricoh Technical Report No.23, pp.88-91, 1997.9
- [86] I. A. Gerson, M. A. Jasiuk ; Proc. ICASSP-90, pp.461-464, 1990
- [87] 三樹,他 ; 「ピッチ同期雑音励振源をもつ CELP 符号化 (PSI-CELP)」, 信学論 (A) , J77-A, No.3, pp.314-324, 1994.3
- [88] H.261, H.263, H.324 ; <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=products&lang=e&parent=T-REC-H>
- [89] Paivi Helanto ; “Retail Electronic Payments” , Digital Money Forum, <http://www.chyp.com/forum/mpapers4/helanto.pdf>, 2002.4
- [90] 松永真里 ; 「i モードサービス特集 —i モードのメディアコンセプト—」, NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.7, No.2, pp.12-15, 1999.7
- [91] Andrew Tanenbaum, Maaten Van Steen, ; “Distributed Systems Principles and Paradigms” , Prentice Hall, 2003
- [92] W3C CC/PP ; <http://www.w3.org/Mobile/CCPP/>

筆者発表論文

【学術雑誌等に発表した論文】

1. 村田嘉利; 「人を場所・時間的制約から解放するモバイルコンピューティング」, 電子情報通信学会誌, Vol.80, No.8, pp.844-849, 1997.8
2. 村田嘉利, 増田彰久, 太田賢, 石原進, 水野忠則; 「モバイルマルチメディアストリーミングサービスのためのコンテンツ指向時空間的解像度制御方式」, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3834-3847, 2002.12

【国際会議に発表した論文】

1. Y. Murata, K. Sugiura, S. Ishihara, F. Sato, T. Mizuno “Design Scheme of Shared Mobile Remote Monitoring System”, 2nd International Conference on Computer and Information Science, pp.115-121, 2002
2. Y. Murata, K. Sugiura, S. Ishihara, F. Sato, T. Mizuno ; “The Multi-Sharing Mobile Remote Monitoring System – The Four Layer Object Management Model and Practical System –”, AINA2003, The International Conference on Advanced Information Networking and Applications, #084, 2003.3
3. Y. Murata, Y.Tsudoku, S. Ishihara, F. Sato, T. Mizuno ; “Mobile Image Monitoring System using Video Interphones – Development of the Residential Self Security System –, IFICT 2003, pp.222-227, 2003.1

【研究会に発表した論文】

1. 村田嘉利, 杉浦克尚, 石原進, 佐藤文明, 水野忠則; 「モバイルリモート監視ASP設計法 – 4階層オブジェクト管理モデルに基づくモバイルリモート監視システムの開発 –」, 情報処理学会研究報告, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 2002.10
2. 村田嘉利, 石原進, 佐藤文明, 水野忠則; 「モバイルインターネットサービスの体系化に関する一考察 – アプリケーションの体系化とシステムアーキテクチャの提案 –」, 情報処理学会研究報告, 2003 – DPS – 112, pp.43 – 48, 2003.3
3. 都築佳生, 村田嘉利, 佐藤文明, 水野忠則; 「自己防犯システムの開発」, 情報処理学会研究報告, 2003 – DPS – 112, pp.55 – 60, 2003.3
4. 村田嘉利, 丹羽澄人, 佐藤文明, 水野忠則; 「音声認識を利用したユーザ認証システム」, 情報処理学会研究報告, DICOMO2003, #115, 2003.6

【著書】

1. 村田嘉利, 中川純一, 「移動体データ通信がわかる本」, 毎日コミュニケーションズ, 1999.5
2. 田村直也 (ペンネーム), 「モバイルインターネット最前線」, ソフトバンクパブリッシング, 2002.1