

修 士 論 文

NGN/IMS を用いた ユビキタスヘルスマニタリングシステム

指導教員 森川 博之 教授
 南 正輝 准教授



東京大学大学院工学系研究科
電気工学専攻

氏 名 37-076429 力武 紘一郎

提 出 日 平成 21 年 2 月 4 日

目次

第 1 章	序論	1
1.1	背景と目的	1
1.2	本論文の構成	3
第 2 章	関連研究	4
2.1	はじめに	5
2.2	関連研究の動向と課題	6
2.3	関連研究における本研究の位置づけ	10
2.4	おわりに	12
第 3 章	NGN/IMS の概要	13
3.1	はじめに	14
3.2	IMS における要求事項	16
3.3	IMS で用いられるプロトコル	19
3.4	IMS のアーキテクチャ	21
3.5	IMS におけるユーザ識別	25
3.6	NGN/IMS のサービス	27
3.7	おわりに	28
第 4 章	Ubiquitous Health Monitor の設計	29
4.1	はじめに	30
4.2	システムデザイン	31
4.3	要件	33
4.4	NGN/IMS に基づくアプローチ	33
4.5	おわりに	41
第 5 章	実装および動作例	42
5.1	はじめに	43
5.2	プロトタイプシステムの構成	44
5.3	システムの動作例	49

5.4	実用環境との比較	53
5.5	おわりに	54
第 6 章	結論	55
6.1	本研究の成果	56
6.2	今後の課題	57
参考文献		59
発表文献		62

目次

2.1	IT の発展に伴う医療サービスとヘルスマonitoringシステムの変遷	6
2.2	一般的なユビキタスヘルスマonitoringシステムのモデル	8
2.3	被災地など地域限定型のヘルスマonitoringシステム	9
2.4	関連研究のシステムモデルとその課題	11
2.5	本研究が目指すシステムモデル	11
3.1	NGN/IMS で実現するサービス	15
3.2	NGN/IMS アーキテクチャ	21
3.3	3GPP IMS アーキテクチャ	22
3.4	パブリックユーザ ID とプライベートユーザ ID との関係	26
4.1	本システムの利用イメージ	32
4.2	本システムのブロック図	34
4.3	リアルタイム転送機能	35
4.4	XDMS への生体データの蓄積	36
4.5	本システムで扱う様々なデータの例	37
4.6	XDMS のデータ構造	39
4.7	XDMS におけるイベント通知機能	40
5.1	プロトタイプシステムの構成	44
5.2	IMS クライアントのユーザインターフェース	46
5.3	リアルタイム転送機能の動作順序	47
5.4	イベント通知機能の動作順序	48
5.5	心電図の表示	49
5.6	新しい要素を該当する時刻の場所に追記	50
5.7	最新の 1 分間のデータを通知させる場合の SUBSCRIBE メッセージ	51
5.8	最新の 1 分間のデータを記述した NOTIFY メッセージを受信	51
5.9	Internet Explorer から XDMS のデータを閲覧	52

■ 表目次

4.1	ユーザから見た利用場面と 3 機能の使い分け	32
4.2	現在の主な医療データ規格	38
4.3	プロトコルスタック	41

■ 第 1 章

序論

1.1 背景と目的

近年の高齢化の進展や人々の健康志向の高まりを背景として、IT(Information Technology) を利用して、いつでも、どこでも、健康状態を把握可能なユビキタスヘルスマonitoringの必要性が高まっている。このようなサービスの実現により、人々は医療機関へ出向くことなく、日常生活の中で気軽に健康状態を管理する事が可能となる。また、従来の対処医療から予防医療への転換を促し、人々の生活の質的向上と高騰する医療費の削減に繋がると期待されている。

ユビキタスヘルスマonitoring実現の鍵となる技術は、専門知識を持たない一般の人々が手軽に扱える小型で高性能な生体センサ技術と、センサデータをデータセンタなどへ転送するためのネットワーク技術である。まず、生体センサに関しては、半導体やMEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 技術の発展により、装着したまま日常生活が可能な生体センサが開発されている。このようなセンサを用いれば、日常生活における健康状態を長期間に渡って継続的にモニタリングする事が可能となる。また、ネットワークに関しては家庭からの高速インターネット接続はもちろんのこと、近年では携帯電話での高速パケット通信も一般的となっている。この点で、いつでも、どこでも、ネットワークに繋がるユビキタスネットワーク社会は既の実現していると言える。こうした技術を背景に、家庭で取得した生体データをデータセンタへ転送し、遠隔地に居る医師などの医療関係者から健康管理上のアドバイスを受ける在宅医療サービスが既に商用化されている。例えば国外の事例として、Health Hero Network[1] や、AMD Telemedicine[2] などが代表的である。

現在商用化されているサービスの多くは、主に家庭での利用を想定したものである。これに対し、あらゆる場所で利用できるユビキタスヘルスマonitoringを実現するためには、無線ネットワークを用いた広範なネットワーク接続性の確保と、プライバシーに関わる生体データを不正アクセスから守るための認証基盤が必要となる。加えて、今後のサービス展開を考慮すれば、多様なサービスをサポートするための柔軟な拡張性が必要となる。これまでも、アクセスネットワークとして携帯電話網や無線 LAN を用い、インターネット上にサービスを展開する事により、どこからでも利用可能なヘルスマonitoringシステムに関する研究が数多く行われてきた。しかし、関連研究の多くはインターネットの IP 層以上に、それぞれが想定するヘルスマonitoringサービスを独自の方式で実装しており、結果的に垂直統合型の拡張性を欠いたシステムになってしまっている。この状況はユーザの利便性の低下を招き、結果的にサービスの普及の障害となる事が予想される。そのため、今後このようなシステムが広く普及するためには、個々のサービスを独自に実装するのではなく、多くのサービスに共通する機能をサービスに非依存な形で実装したオープンシステムが必要である。

本研究では、ユビキタスヘルスマonitoringを実現するためのプラットフォームとして、次世代ネットワーク NGN/IMS(Next Generation Network / IP Multimedia Subsystem)[3] に着目している。NGN は従来の固定電話網と携帯電話網を IP ベースで統合する次世代ネットワークの総称であり、IMS はその中核となるシステムである。NGN/IMS では、IMS の機能によりサービスの安定性と安全性、すなわち QoS(Quality of Service) と AAA(Authentication, Authorization and

Accounting) を保証した上で、音声と映像を主体とする多様なマルチメディアサービスを提供する事が可能となる。

次世代ネットワークにおけるヘルスマonitoringシステムのあり方は、これまでも NGN の代表的なサービスの 1 つとして議論されてきた [4][5]。しかし、国際的な標準化組織である 3GPP(Third Generation Partnership Project)[6] で策定された IMS アーキテクチャに基づく NGN/IMS を用いてヘルスマonitoringシステムを構築する具体的なアプローチに関する検討は未だ無い。IMS は特定の機能を持ったサービス制御用のサーバ群で構成されている。柔軟な拡張性を持つシステムを構築するためには、各コンポーネントの役割を十分に理解し、それらの機能を活用した設計が必要である。

筆者らは関連研究の調査に基づき、ユビキタスヘルスマonitoringに必要な機能をリアルタイム転送、データ蓄積およびイベント通知の 3 点に集約し、緊急時の遠隔診断と慢性疾患患者の継続的な監視、さらに健常者の健康管理まで含めた日常生活のあらゆる場面へ適用可能なユビキタスヘルスマonitoringシステム “Ubiquitous Health Monitor” の構築を進めている [7]。本システムでは NGN/IMS を用いる事により、実用上必要な AAA とともにリアルタイム転送に必要な QoS と呼制御を備え、先に述べた 3 機能を共通の認証基盤上でシームレスに提供する。加えて、イベントとデータを管理するサーバとして XDMS(XML Document Management Server) に着目し、SIP イベント通知フレームワーク内で XQuery[8] を扱う拡張を行っている。

本研究では本システムの有効性を示すため、オープンソースのソフトウェアを用いて IMS テストベッドを構築し、プロトタイプシステムを実装している。プロトタイプシステムでは QoS を除くほぼ全ての機能を実装し、基本的なサービスの動作検証を行った。その結果、システムが意図した通りに動作する事を確認する一方で、携帯端末などの実用的な環境で実証実験を行うためには、オープンな開発用の端末と、携帯電話並みの低い処理能力しか持たない機器でも動作するよう最適化されたソフトウェアが必要である事が分かった。

本研究の主な成果は、様々な関連研究において独自に実装されてきたヘルスマonitoringシステムの機能要件をリアルタイム転送、データ蓄積およびイベント通知の 3 機能に集約し、それらを NGN/IMS のアーキテクチャに基づき実装した点と、XDMS において多様なイベント通知要求とクエリに対応するため、SIP イベント通知フレームワーク内で XQuery を扱う拡張を行い、さらに継続的な生体データの蓄積に適したデータフォーマットを決定した点である。これにより、共通の認証基盤上で多くの関連研究を包含する機能を提供するとともに、XQuery で記述可能な範囲で任意の通知条件 (イベントフィルタ) を設定可能なイベント通知機能を実現している。

1.2 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。

- 第 1 章 序論
- 第 2 章 関連研究
- 第 3 章 NGN/IMS の概要
- 第 4 章 Ubiquitous Health Monitor の設計
- 第 5 章 実装および動作例
- 第 6 章 結論

1. ではユビキタスヘルスマニタリングの必要性が増している社会的背景と、その実現に向けた技術的背景について述べた。また、本研究で構築している Ubiquitous Health Monitor を実現するためのアプローチの概要、さらに主な成果について述べた。

2. では関連研究について述べる。IT の発展とともにヘルスマニタリングシステムのあり方がどのように変化してきたかを示すとともに、近年の関連研究の動向とその課題について述べる。また、関連研究における本研究の位置づけを明らかにする。

3. では NGN/IMS の概要について述べる。NGN/IMS のアーキテクチャと主要なサービスについて述べるとともに、既存のインターネットとの違いと IMS の必要性について述べる。

4. では本研究で構築している Ubiquitous Health Monitor の概要とそれを実現するための要件、さらに具体的な設計について述べる。

5. ではテストベッドを用いたプロトタイプシステムの実装とその動作例について述べる。

6. では本論文のまとめと今後の課題について述べる。

■ 第 2 章

関連研究

2.1 はじめに

IT の発展とともに、医療サービスとヘルスマニタリングシステムはより日常生活に近く、より手軽なものへと変化していった。この変化を図式化したものを図 2.1 に示す。かつては患者が病院などの医療機関へ出向いて、直接医師の診察を受ける以外の選択肢は無かった。この形態は患者の病態が医師に最も伝わりやすく、またあらゆる医療機器が使用できることから、現在でも医療サービスの主体となっている。しかしその一方で、患者が自覚症状を伴った段階で初めて利用するケースがほとんどであることから、対応が後手に回る対処医療とならざるを得ず、結果的に医療費を高騰させる一因となっていた。また、患者の利便性の観点からも、直接医療機関へ出向く事は負担が大きい。

その後、時代の流れとともに病院への通院が困難な高齢者の増加や、過疎地における医師不足などの問題を背景として、自宅で診察や治療を行う在宅医療が行われるようになった。在宅医療の形態は複数あり、例えば医師が定期的に患者の自宅を訪問して診察を行う場合や、在宅医療機器を患者の自宅に設置して治療を行う場合、またインターネットや専用回線を用いて遠隔診断を行う場合などがある。これらの中でも特に近年登場したものが、ネットワークを利用した遠隔診断サービスである [1][2]。このようなサービスでは専用の端末を自宅に設置する事で、遠隔地にいる医師との間でインターネットを通じて音声と画像を用いた遠隔診断、体温や血圧といった生体データの転送、投薬時のアドバイスなどを受ける事ができる。しかし、現状の在宅医療は利用場所が自宅に限定されるため、日中外出する事の多い人にとっては利用し難いという問題点がある。また、若年層から中年層の比較的健康な年齢層にとっては、もっと簡易なセンサのみで手軽に健康管理をしたいという要求の方が強いと考えられる。

そのため、近年では携帯電話に歩数計や体脂肪計、脈拍センサを搭載したり、加速度センサのデータから消費カロリーを計算するアプリケーションを搭載するなど、主に健常者をターゲットとして健康管理用の機能を搭載する例がある [9]。携帯電話に健康管理用の機能を付加する最大の利点は、いつでも、どこでも、サービスを利用できるようになる事である。また、これにより健常者も手軽に日常的な健康管理を行う事ができ、結果としてコストの安い予防医療への転換を促す事ができると考えられる。以上の事から、IT を利用したヘルスマニタリングの媒体はより利便性の高いモバイルネットワークへと拡大する傾向にある。

本章では、医療サービスとヘルスマニタリングシステムがこれまでに述べたような変遷を辿ってきた事を踏まえた上で、特に大学や企業の研究機関における取り組みに焦点を当て、近年の関連研究の動向と課題について議論する。さらに、それら関連研究における本研究の位置づけを明らかにする。

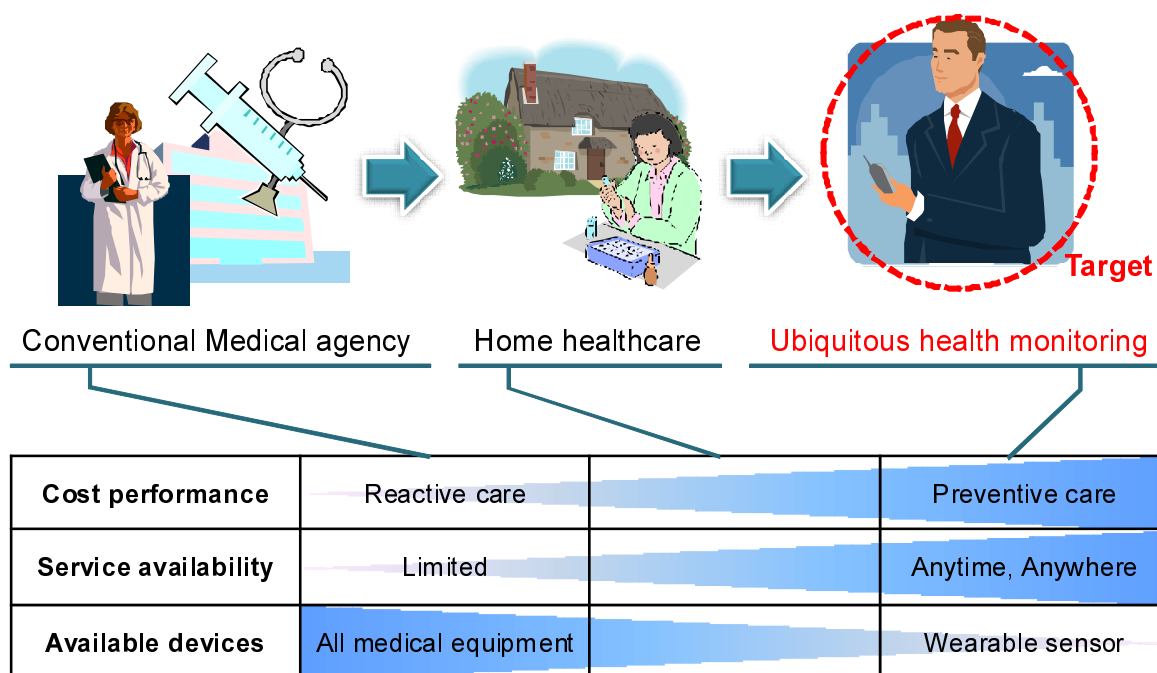


図 2.1 IT の発展に伴う医療サービスとヘルスマニタリングシステムの変遷

2.2 関連研究の動向と課題

先に述べた社会的背景や技術的背景のもと、近年ではネットワークを用いたヘルスマニタリングシステムに関する研究が数多く行われている。ここでその関連研究をいくつか紹介し、開発動向と課題について述べる。

Anliker ら [10] は重度の心臓病や呼吸器疾患患者をモニタリングするためのシステムを構築している。このシステムでは、専用に開発した腕に装着する形状の生体センサで心拍数、SpO₂(動脈血酸素飽和度)、血圧、体温、加速度(アクティビティレベル)などを取得する。センサ端末は GSM(Global System for Mobile) とのインターフェースを備えており、1日に3回サービスプロバイダが提供するデータセンタへデータを転送する。また、同時に患者の持つ端末側でもある程度のデータ解析を行い、異常を検出した場合には自動的にデータセンタへの通報を行う。関連研究の中では、特に専用端末とデータセンタ側のサーバの構築に加え、実際に心電図などの波形から情報を読み取るアルゴリズムを実装しており、目的とするサービスに向けた包括的な開発を行っている点が特徴的である。

Koyama ら [11] は医療機関で働く医師や看護師が遠隔地にいる患者の状況を把握するためのシステムを構築している。このシステムは音声と映像、さらに生体データを交えた多地点コミュニケーション機能により、遠隔診断を実現している。また、患者のデータを自動的にアップロードする機能や、点滴の状況を監視する機能も備える。加えて、インターネット上に仮想的な会議ルーム

などを構築している．このシステムでは携帯電話などモバイルネットワークの利用は想定しておらず，ユーザは PC からインターネットを通じてサーバに接続する．関連研究の中では，特に医療関係者同士や患者とのコミュニケーションを重視したユーザインターフェースとシステムの開発を行っている点が特徴的である．

Chen ら [12] はターゲットを特定の疾患に絞らず，患者から健常者まで幅広いユーザが，いつでも，どこでも，サービスを利用する事を想定したヘルスマonitoringシステムを構築している．このシステムは携帯電話網を用いてデータ転送する事が 1 つの重要な要素となっており，日本国内で採用されている PDC(Personal Digital Cellular) 規格の携帯電話を用いたデータ転送システムを実装している．生体センサと携帯電話の間は PC などでも普及している Bluetooth 規格の無線で接続されており，汎用性の高いシステムになっている事がうかがえる．生体センサでは心電図，体温，身体電気抵抗，加速度を取得し，データベースへの蓄積やアプリケーションサーバにおける解析を行う．さらに，病院で用いられる医療情報システムとの連携の可能性についても言及している．関連研究の中では，特に本研究が目的とするユビキタスヘルスマonitoringのイメージに近く，システムの構成としても極めてオーソドックスである．

Istepanian ら [13] は，いつでも，どこでも，利用可能なヘルスマonitoringに関する一連の技術を “M-Health (mobile computing, medical sensor, and communications technologies for health-care)” と総称し，一般的なシステムの構成とその要素技術について，現状と将来の展望をまとめている．これによれば，対象者が複数の生体センサを身に着け，それらを Bluetooth や ZigBee などの近距離無線通信を用いて WBAN(Wireless Body Area Network) を構築，さらに携帯電話や PDA(Personal Digital Assistant) などからインターネットを通じてデータ転送するモデルが一般的であるとしている．また，様々なアプリケーションの可能性についても言及しており，日常生活における個人のヘルスマonitoring，戦場における兵士のモニタリング，緊急医療の現場や大規模災害時における利用，在宅医療，リハビリテーション，慢性疾患患者の SNS(Social Network Service) などを挙げている．さらに，将来的な技術課題として，サービスの実装やセンサのメンテナンスにかかる負担の軽減，増大するデータのシームレスかつ安全な統合，高性能な装着型生体センサの開発，ヘルスマonitoringシステムの WBAN に適したプロトコルの開発，QoS 制御などを挙げている．

Wang ら [14] は，リアルタイムの生体データが多量のデータストリームになり，従来のトランザクションベースのシステムでは処理が困難となる事に着目し，ストリームデータ処理に特化したミドルウェアシステムを開発している．ストリームデータ処理においては，生体データから特定の情報を抽出するフィルタを組み合わせ，順次処理する手法を用いている．この研究は最終的な適用先としてこれまでに述べた関連研究と良く似たモデルのヘルスマonitoringシステムを想定しているが，特にシステムの内部処理に主眼を置いている点が特徴的である．

これまでに紹介した関連研究は，目的とするサービスに違いはあるものの，これまで医療サービスの中心だった病院などの医療機関以外のあらゆる場所でヘルスマonitoringを実現するという点で共通している．ユビキタスヘルスマonitoringの最大のメリットは，いつでも，どこでも，ユーザの健康状態を把握できる事である．このようなシステムが現実味を帯びてきた技術的な背景とし

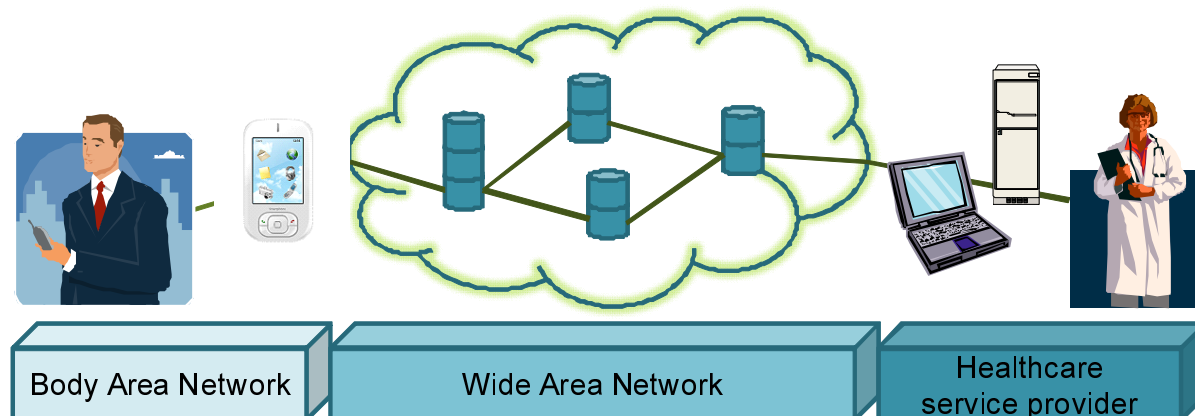


図 2.2 一般的なユビキタスヘルスマニタリングシステムのモデル

て、小型の装着型生体センサ技術と、携帯電話網や無線 LAN に代表されるモバイルネットワーク環境の普及が挙げられる。これまでに見てきたように、関連研究の多くが装着型生体センサで生体データを取得後、携帯電話や PDA に一旦データを集約し、そこから携帯電話網や無線 LAN を通じてデータセンタへ転送するモデルをとっている。その理由は、ヘルスマニタリング用に独自の無線センサネットワークを構築するよりも広範なネットワーク接続性と広い帯域を確保できるためである。

ユビキタスヘルスマニタリングの一般的なシステムモデルを図 2.2 に示す。このモデルは大きく分けて 3 つの部分から構成される。生体センサからユーザの持つデータを集約する携帯電話や PDA といった端末までの BAN (Body Area Network)、端末で集約したデータを医療関係者や解析サービスなど提供する事業者まで転送するために用いるインターネットなどの WAN (Wide Area Network)、そしてサービスを提供する主体となるヘルスケアサービスプロバイダである。代表的な生体データとして、心電図や SpO₂、血圧、体温、加速度 (アクティビティレベル) などを取得するセンサがあり、目的に応じて組み合わせて用いられる。生体データは即時性を重視して逐次転送する場合や、患者側の端末に一定期間保存した後で定期的に転送する場合、さらに患者側の端末ある程度の解析を行い異常があった時のみ通知する場合などがある。これはモニタリングサービスの目的や使用するセンサの特性、端末の性能、通信コストなどの複数の要素に依存する。

一方で、上記とは異なる目的のため、図 2.2 とは異なるシステムモデルに基づく関連研究も存在する。Lorincz ら [15][16] は災害時に被災者の重篤度判定を行うためのシステムを構築している。このシステムでは図 2.3 に示すように、生体センサに相互通信機能を付加したセンサノードを用いて、被災地でセンサネットワークを構築し、心拍や呼吸など重篤度の判定に必要なデータを救助隊へと転送する。このノードは救助隊が被災者を発見次第設置する。救助隊員は PDA を用いて被災地一帯の被災者の重篤度をリアルタイムに監視する事ができ、重篤度に応じて救助を進める。このシステムでは単にセンサからのデータを受け取って表示するだけでなく、センサネットワークに対するクエリを実行し、所望のデータを取得する事も可能である。

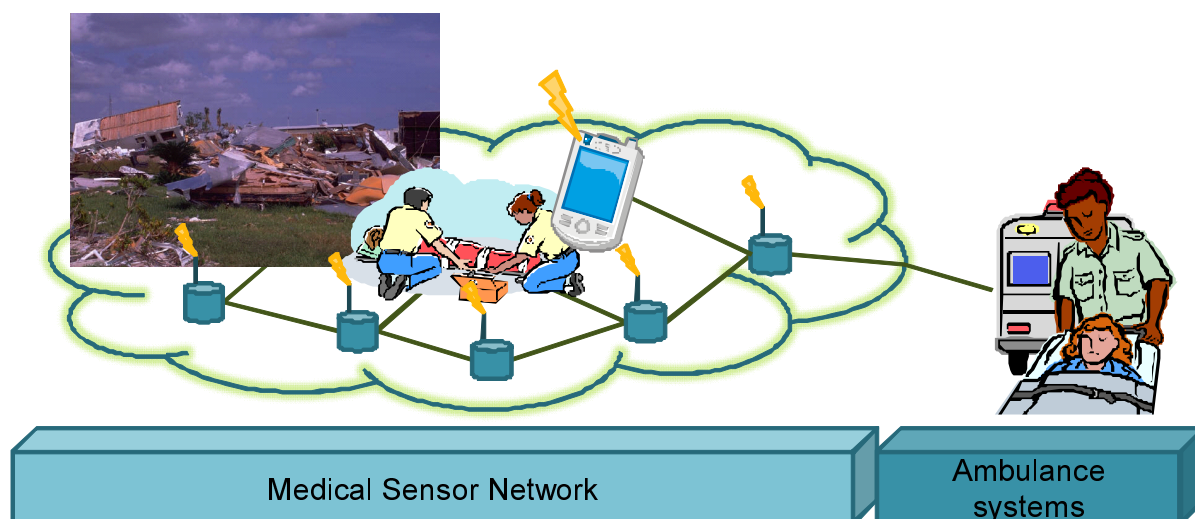


図 2.3 被災地など地域限定型のヘルスマニタリングシステム

Wood ら [17] は、主に家庭内における生活補助を目的として、複数の環境センサと生体センサを用いたセンサネットワークシステムを構築している。環境側に設置されたセンサで気温や空気の清浄度合い、人の位置、明るさなどを取得する一方で、人が装着した生体センサで心電図、SpO₂、加速度などを取得し、それらを統合する事で家庭内の環境と人物の双方の状況を把握する。収集したデータはセンサネットワークをマルチホップして家庭内のサーバへ転送され、そこでデータの蓄積や解析が行われる。このサーバにはインターネットを経由して接続でき、外部から状況を把握する事ができる。このシステムはヘルスマニタリングの一種であるが、特定の範囲内の環境側に多数のセンサを設置する点は [18] に代表されるような、いわゆるスマートホームに近いアプローチである事が特徴である。

このように、センサネットワークを用いた地域限定型のヘルスマニタリングシステムは、被災地での重篤度判定や家庭内の環境と人物のモニタリングなど、特定の範囲に存在する対象者をモニタリングするために用いられる。

これまでに、近年の関連研究について代表的なものを取り上げた。ヘルスマニタリングシステムのシステムモデルは主に2つに大別される。広範なネットワーク接続性と様々な用途を目的としたBAN, WAN, ヘルスケアサービスプロバイダで構成される3層モデルと、主にセンサネットワークのみで構成される地域限定型のモデルである。本研究は緊急時の遠隔診断と慢性疾患患者の継続的な監視、さらに健常者の健康管理まで含めた日常生活のあらゆる場面へ適用可能なシステムの構築を目的とする事から、多くの関連研究と同様に3層モデルに着目する。

ここで、先の3層モデルについて、各関連研究の間にもどの程度の相互接続性があるかについて述べる。まず、センサ機器同士で構成されるBANに関しては、これまで各ベンダ独自の仕様に基づいて設計され、互換性が無い場合が多かった。しかし、近年では企画を統一するための標準化団体 Continua Health Alliance [19] が設立されるなど、規格統一に向けた動きがある。一方で、WAN

とサービスプロバイダに関しては、インターネットの標準技術に基づいて実装されているものの、IP 層以上に関してはサービスごとに独自の実装がされており、複数のサービスを1つのユーザIDに基づきシームレスに利用したり、蓄積したデータを相互利用する事は全く考慮されていない。この状況では、例えば普段は事業者Aの血圧モニタリングサービスを利用しているユーザが、新たに事業者BのSpO₂モニタリングサービスを利用する場合、それぞれのデータは異なる方式で保存管理されるため、データを統合して有意な情報を抽出するなどの柔軟な運用ができない。そのため、今後このようなシステムが広く普及するためには、個々のサービスを独自に実装するのではなく、多くのサービスに共通する機能をサービスに非依存な形で実装したオープンシステムが必要である。

こうした観点から、Blountら[20][21]はヘルスマニタリングシステムの中核となるデータマネジメントサーバとそのAPIを提供する事で、ヘルスマニタリング用のプラットフォームを構築している。しかし、HTTP(HyperText Transfer Protocol)によるデータ転送しかサポートしておらず、心電図のような波形データのリアルタイムモニタリングやイベントドリブン型のサービスなど、多様なサービスを提供する事は考慮されていない。

2.3 関連研究における本研究の位置づけ

関連研究のシステムモデルとその課題を図2.4に示す。この図の左側に示すように、多くの関連研究はIPネットワーク上に独自のサービスを構築しており、複数のサービスを1つのユーザIDに基づきシームレスに利用したり、蓄積したデータを相互利用する事は全く考慮されていない。また、先のBlountら[20][21]の例のように、ヘルスマニタリングに必要な機能を共通化してミドルウェアとして提供しプラットフォームを構築する場合でも、現状ではHTTPによるデータ転送という1つの機能しかサポートせず、リアルタイムモニタリングやイベントドリブン型のサービスなど、多様なサービスを提供する事が困難である。

筆者らは個々のサービスを独自に実装するのではなく、多くのサービスに共通する機能をサービスに非依存な形で実装したオープンシステムが必要である。そこで、関連研究の調査に基づき、ヘルスマニタリングシステムの機能要件をリアルタイム転送、データ蓄積およびイベント通知に集約した。本研究が目指すシステムモデルを図2.5に示す。リアルタイム転送機能は緊急時の遠隔診断など情報の即時性が求められ、ユーザが意図するタイミングでモニタリングを開始する場合に使用する。データ蓄積機能は過去のデータを解析し有意な情報を得るために使用する。イベント通知機能はあらかじめ設定した条件を満たした場合に、任意の宛先に情報を通知する機能である。これは慢性疾患患者や高齢者の遠隔見守りサービスなど、偶発的に起こるイベントを継続的に監視する場合に使用する。本研究はこれらの3機能により関連研究における様々な機能要件を包含しつつ、共通の認証基盤上で提供するシステムの構築を目的とする。

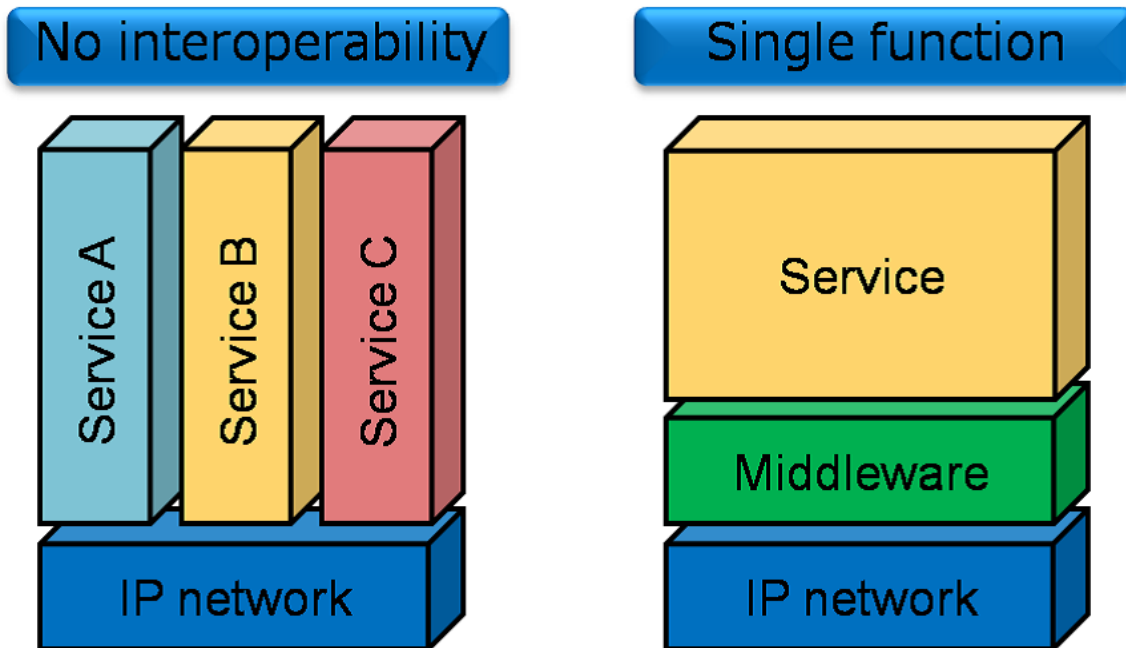


図 2.4 関連研究のシステムモデルとその課題

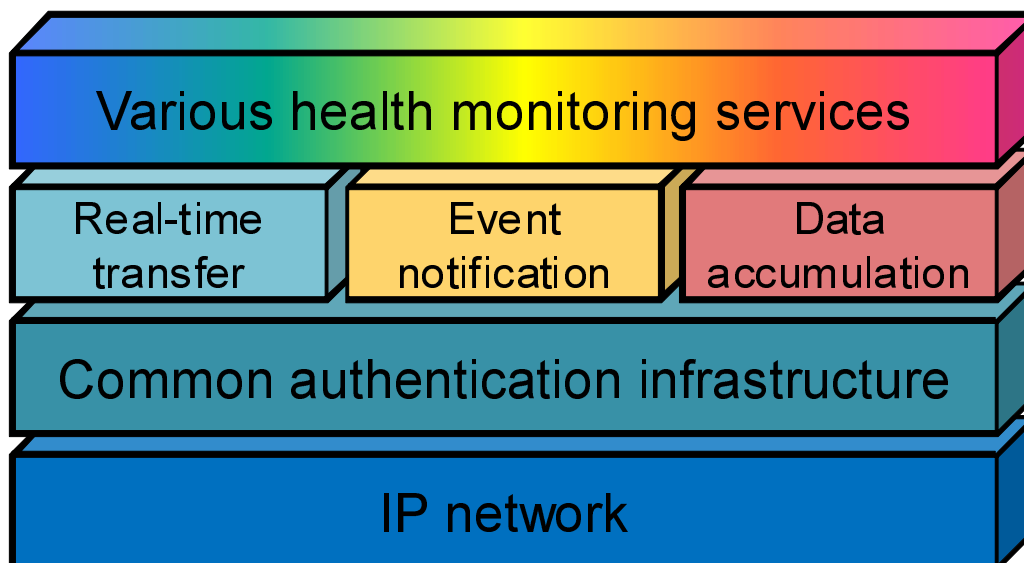


図 2.5 本研究が目指すシステムモデル

2.4 おわりに

本章では IT の発展とともに医療サービスのあり方がどのように変化してきたかを示し、近年の関連研究の動向について述べた。従来は患者が医療機関へ出向いて診察や治療を受ける以外に選択肢は無かったが、IT の発展とともにある程度の医療行為を自宅で行えるようになってきた。さらに、近年では携帯電話や PDA のような通信端末の普及と、携帯電話網や無線 LAN のようなワイヤレスネットワーク環境の性能向上に伴い、日常生活のあらゆる場面で手軽に利用できるヘルスマニタリングシステムに関する研究が盛んに行われており、一部では実際の商用サービスも登場している。

関連研究の多くはユーザが生体センサを装着し、そのデータを携帯電話や PDA といった通信端末を用いてインターネット経由でデータセンタへ転送する 3 層モデルを採用している。これは広範なネットワーク接続性を確保するとともに、インターネットを用いる事で汎用性のあるシステムが構築できるためである。また、他のアプローチとしては特定のエリアに複数の無線センサノードを配置して、ヘルスマニタリング用のアドホックネットワークを構築する場合がある。これは災害の被災地における多数の人々を対象とした重篤度判定など、ある特定の目的に特化したモニタリングシステムを構築する例がある。本研究は緊急時の遠隔診断と慢性疾患患者の継続的な監視、さらに健常者の健康管理まで含めた日常生活のあらゆる場面へ適用可能なシステムの構築を目的とする事から、多くの関連研究と同様に 3 層モデルに着目する。

サービスの観点からは、関連研究においては生体データの即時性を重視して逐次転送する場合や、患者側の端末に一定期間保存した後で定期的に転送する場合、さらに患者側の端末ある程度の解析を行い異常があった時のみ通知する場合などがある。しかし、各関連研究ではそれぞれが目的とするサービスを実現するための独自のシステムを構築しており、複数のサービスを 1 つのユーザ ID に基づきシームレスに利用したり、蓄積したデータを相互利用する事は全く考慮されていない。

著者らはヘルスマニタリングシステムの機能要件をリアルタイム転送、データ蓄積およびイベント通知に集約した。本研究はこれらの 3 機能により関連研究における様々な機能要件を包含しつつ、共通の認証基盤上で提供するシステムの構築を目的とする。

■ 第3章

NGN/IMS の概要

3.1 はじめに

NGN は従来の固定電話網と携帯電話網を IP ベースで統合する次世代ネットワークの総称である。したがって、NGN という言葉自体は特定の規格や仕様を指すものではない。一方、IMS は各国の標準化団体によって運営される 3GPP において策定されたアーキテクチャである。IMS はこれまでに IETF(Internet Engineering Task Force)[22] で標準化されたインターネットのプロトコルを用い、IP ネットワーク上に構築される。その実体は NGN/IMS で提供されるあらゆるサービスを制御する機能を提供するサーバ群である。すなわち、NGN は IMS が提供するサービス制御機能を中核として、IP ネットワーク上に構築されるオーバーレイネットワークである。

NGN/IMS により実現される機能は主に次の 3 点に分類できる。それは、QoS、課金、および複数サービスの統合である。先に NGN が固定電話網と携帯電話網を IP ベースで統合すると述べたが、現在のインターネットがそのままリアルタイムのマルチメディアサービスを提供する基盤として適さない理由は、インターネットが QoS の無いベストエフォートのサービスを提供している点である。インターネットではユーザが利用する帯域量やパケットの伝送遅延については保証されておらず、VoIP(Voice over IP) による会話の品質は通話中に激しく変化する可能性がある。したがって、IMS を用いる利点の 1 つはリアルタイムのマルチメディア通信をストレスなく行うための QoS を提供する事である。IMS はユーザが期待する QoS の設定とセッション確立の同期を可能にしている。

IMS の課金に関する機能も、インターネットと比較して新たに加わる重要な要素である。現在のインターネットでは転送されるデータに関して、事業者側からそのデータが VoIP セッションなのか、インスタントメッセージなのか、電子メールなのか、ウェブページなのかを認識する事ができないため、それぞれに対して異なる課金体系のビジネスモデルを適用する事ができない。これに対し IMS ではマルチメディアセッションに対して適切な課金を行う事ができるようになる。例えば、インスタントメッセージに対してはその長さによらず固定料金を設定する事ができる。一方、マルチメディアセッションならば、転送したデータのバイト数に関係なくその継続時間に対して課金を行う事が出来るようになる。

IMS におけるもう 1 つの重要な要素は複数サービスの統合である。通信機器ベンダや通信事業者は自らもマルチメディアサービスを開発するだろうが、他の多くのサービス事業者はそのようなサービスだけに縛られるのは都合が悪い。NGN/IMS を利用するサービス事業者としては、サードパーティによって開発されたサービスを使ったり、組み合わせたり、既存のサービスと統合したりして、新しいサービスを提供したいと考えているはずである。例えば、ある事業者が音声メッセージを録音するボイスメールサービスを提供しており、サードパーティがテキストと音声を変換するシステムを開発したとする。サービス事業者はこの変換システムをサードパーティから購入しさえすれば、音声版のテキストメッセージサービスを提供する事ができるようになる。

IMS は新サービスを提供するだけでなく、インターネットが現在から将来に渡って提供する全てのサービスについても提供できるようにすることを目標としている。そのために、IMS では

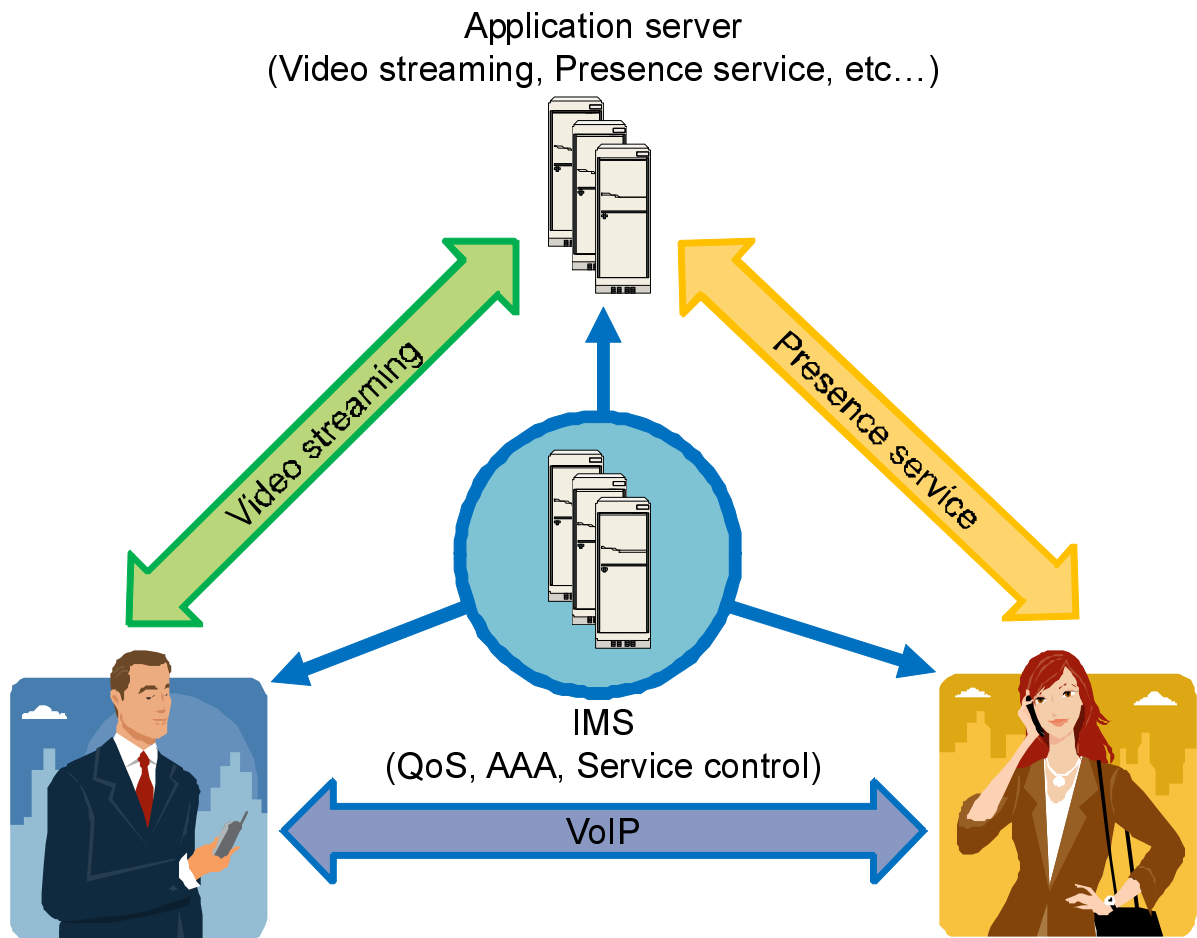


図 3.1 NGN/IMS で実現するサービス

インターネットで用いられているプロトコルを利用している。したがって、IMS ユーザ間、IMS ユーザとインターネットユーザ間、インターネットユーザ間のいずれの場合においてもマルチメディアセッションは同じプロトコルを用いて確立される。また、サービス開発者のためのインターフェースもまたインターネットのプロトコルに基づいている。すなわち、IMS は、携帯電話の技術を使って広範なネットワーク接続性を提供し、インターネットの技術を使って様々なサービスを提供する。

本章では、本システムの基盤となる NGN/IMS について、規格が策定された背景と目的、アーキテクチャ、さらにサービスの観点から概要を述べる。

3.2 IMS における要求事項

先に IMS が誕生した背景と IMS よって実現される新たなサービスの概要について説明した。具体的には、IMS は以下のような目的を実現するために設計された。

1. 最新技術のトレンドの反映
2. モバイルインターネットの実現
3. 多様なマルチメディアサービスを開発するための共通プラットフォームの構築
4. モバイルパケット交換網の利用領域の拡大

3GPP の設計における要求事項には、IMS は「エンドユーザに IP マルチメディアサービスを提供するために作られたアーキテクチャ・フレームワーク」として定義されている。これらの目的を実現するためには、具体的に以下のような要求事項を満たす必要がある。

1. IP マルチメディアセッション確立のサポート
2. QoS をネゴシエーションする機構のサポート
3. インターネットと回線交換網の相互接続性のサポート
4. ローミングのサポート
5. 通信事業者によるサービス制御のサポート
6. 標準化を必要としない迅速なサービス開発のサポート
7. あらゆるアクセスネットワークからの接続のサポート

以降では、これらの各項目に関して具体的な説明を述べる。

3.2.1 IP マルチメディアセッション

IMS では実に様々なサービスを提供する事が可能である。その中でもユーザにとって重要なサービスが、音声と映像を交えたコミュニケーションサービスである。この要求を満たすため、IP ネットワーク上でマルチメディアセッションという主要サービスをサポートする必要がある。マルチメディアとは、いくつかの種類メディアが同時に存在する事を意味し、多くの場合は音声と映像を指す。マルチメディアコミュニケーションは既にこれ以前の 3GPP リリースにおいても標準化されていたが、これらはパケット交換網上ではなく回線交換網上で実現されていた。IMS ではリアルタイムのコミュニケーションサービスも全てパケット交換網上でサポートする事を目的としている。

3.2.2 QoS

QoS とはネットワーク上である特定の通信のための帯域を予約し、一定の通信速度を保証する技術である。音声や動画のリアルタイムストリーミング配信やテレビ電話など、通信の遅延や停

止が許されないサービスを IP ネットワークなどパケット交換網上で実現するには特に重要となる。各セッションにおける QoS は、ユーザの契約やネットワークの状態に基づいてユーザに割り当てられる最大帯域などの多数の要素により決定される。IMS ではユーザの取得する QoS を通信事業者が制御できるため、事業者は特定の顧客グループの扱いを他のユーザと差別化する事が可能である。

3.2.3 インターネットと回線交換網の相互接続性

将来的に IMS のユーザは IMS を通じて既存のインターネットへと接続する事になる。インターネットは IMS からのマルチメディアセッションの接続先候補を無数に提供する可能性があるため、IMS がインターネットとの相互接続性をサポートする事は必須の要求事項である。インターネットと相互運用できるようにすると、マルチメディアセッションにおける接続元と接続先の候補数は劇的に増加する。

また、IMS では PSTN(Public Switched Telephone Network) や既存の携帯電話網といった回線交換網との相互運用も要求される。NGN/IMS がサービスインしたとしても、当面の間は市場に登場する IMS クライアントは音声と映像を扱うために、回線交換網とパケット交換網の双方に接続できるものになると考えられる。そのため、ユーザが PSTN や携帯電話網上の相手に電話をかける時には、IMS クライアントは従来通り回線交換網に接続する事になる。実際には初期段階におけるほとんどの IMS クライアントが回線交換網との接続機能もサポートすると見込まれるため、回線交換網との相互運用性のサポートに関する要求事項は、パケット交換のサポートのみで IMS クライアントが製造されるようになった後の将来的な要求事項である。

3.2.4 ローミング

ローミングとは契約している通信事業者のサービスを、その事業者のサービス範囲外でも、提携している他の事業者の設備を利用して受けられるようにするサービスの事である。現在でもインターネット接続サービスや携帯電話などで提供されている。国際ローミングサービスを利用すると、海外でも現地の事業者の設備を使ってサービスを受けることができる。ローミングのサポートは第 2 世代の携帯電話網である GSM からの一般的な要求事項である。ユーザは外国を訪れた際など、異なるネットワーク間でもローミングできなければならない。そのため、自網とローミング先の他網との間で契約されたローミングに関する同意が存在する事を条件として、ユーザが諸外国でローミングできるようにする必要がある。

3.2.5 サービス制御

一般的に通信事業者はユーザに対してサービス上のポリシーを適用する。このポリシーはネットワーク上の全てのユーザに適用される一般的なポリシーと、特定のユーザにのみ適用される個別のポリシーに分類される。

一般的なポリシーはネットワーク上の全てのユーザに適用される制限事項を示す。例えば、事業者は広い通信帯域を必要とする音声コーデックをネットワーク上で使用する事を禁止し、その代わりにより狭い帯域通信を行うコーデックを推奨する場合がある。

一方、個別のポリシーは各ユーザに合わせられたポリシー群となる。例えば、あるユーザが映像を使用しない IMS サービスの契約をしていた場合、IMS 端末が映像機能をサポートしていたとしても、ユーザが映像を含むマルチメディアセッションの確立を試みた場合には、事業者はこのセッションが確立されないようにする。このようなポリシーはユーザ契約における利用条件に依存するので、ユーザごとに設定されている。

3.2.6 迅速なサービス開発

サービス開発に関する要求事項は、当初から IMS アーキテクチャの設計に大きな影響を持っていた。この要求事項は IMS サービスが標準化される必要が無いことを示唆している。これまで、あらゆるサービスは標準化されているか、もしくは完全に独自の実装がされていた。したがって、標準化される必要はないという要求事項は、携帯電話網の設計手法に大きな変化をもたらした。例えば、これまでサービスが標準化されていた時であっても、他網にローミングしたときにそのサービスが動作する保証はなかった。標準化作業を経た場合であっても、個々のサービスを完全に均一化する事は困難なのである。

IMS では新しいサービスの導入にかかる期間の短縮を図っている。これまではサービスの標準化と相互運用性のテストに長い時間を必要とした。一方、IMS ではサービスではなくサービス機能を標準化する事により、この時間を短縮する事ができる。

3.2.7 多様なアクセス

IMS は NGN/IMS で提供されるあらゆるサービスを制御する機能を提供するサーバ群であり、IP ネットワーク上に構築されるオーバーレイネットワークである。つまり、IMS は本質的には単なる IP ネットワークの 1 つであり、他の IP ネットワークと同様に下位レイヤにおけるアクセス手段に依存する事はない。したがって、無線 LAN や ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line) 回線、CATV(Cable television) 回線などのあらゆるアクセスネットワークから原則として IMS に接続する事が可能である。

この要求事項はユーザの利便性に大きな影響を与える。多様なアクセスネットワークをサポートする事により、ユーザは外出先と自宅の両方で同質のサービスを利用する事ができ、いわゆるユビキタスサービスを実現する事ができる。

3.3 IMS で用いられるプロトコル

IMS はこれまでに IETF によって開発されてきたインターネットのための IP プロトコル群を基礎としたシステムである。3GPP は IMS 独自のプロトコルを開発するにあたって、欧州の電気通信分野における標準化機構である ETSI(European Telecommunications Standards Institute)[23] が過去に標準化してきた成果を分析し、IETF や ITU-T(International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector)[24] のような他の標準化団体によって既に開発されたか、もしくはその時点で開発中であったプロトコル群を再利用することにした。このように、3GPP はプロトコルの設計において IETF や ITU-T の過去の資産を再利用する事により、標準化と開発のコストを同時に削減した。以降では、IMS で用いられる主なプロトコルについて述べる。

3.3.1 セッション制御プロトコル

IMS のセッション制御プロトコルとして用いられているのは SIP である。SIP は IP ネットワーク上でマルチメディアセッションを確立し管理するためのプロトコルとして、IETF によって策定された。SIP は 3GPP が IMS 用のセッション制御プロトコルを選定するための議論を行っている期間に、既にインターネット関連の業界で一定の評価を得ていた。

SIP では IETF で開発された多くのプロトコルで用いられているクライアント/サーバモデルが採用されている。SIP の開発者は SMTP(Simple Mail Transfer Protocol) や、特に HTTP から設計原則を取り入れており、これら 2 つのプロトコルの特徴の大半を継承している。HTTP と SMTP はインターネットにおいてもっとも成功したプロトコルであり、この点は SIP における重要な強みである。また SIP は BICC(Bearer Independent Call Control) や H.323 といった他のセッション制御プロトコルとは異なり、UNI(User-to-Network Interface) と NNI(Network-to-Network Interface) とが同じであり、SIP 単独で End-to-End のセッションを確立する事ができる。さらに、SIP がテキストベースのプロトコルである点も、他のセッション制御プロトコルとは異なる。そのため、SIP は拡張やデバッグ、サービス構築が比較的容易である。SIP が採用された最大の理由もこの開発が簡単であるという点が評価された事が大きく、SIP サービスの開発者は CGI(Common Gateway Interface) や JAVA サーブレットなどの HTTP のために開発された全てのサービスフレームワークを利用する事が可能である。

マルチメディア通信では、音声や映像、テキストなど様々なメディアを扱う。このような通信を行うために SIP がサポートする機能は、通信相手の位置すなわち IP アドレスを確認する機能、通信相手に応答の可否を確認する機能、使用するメディアに関する合意を行う機能、さらにセッションを制御・管理する機能である。一方、SIP 自体はセッションを確立するだけで、メディアデータを転送する機能は持っていない。そのため、メディアデータの転送には後述するリアルタイムデータ転送プロトコルが用いられる。

3.3.2 セッション記述プロトコル

SIP でセッションを確立する際にそのセッションの内容を記述するためのプロトコルが SDP(Session Description Protocol) である。SDP はプロトコルと呼ばれるものの、接続手順を定めたものではなく、実際はセッション情報を記述するための 1 つの様式にすぎない。SDP も SIP と同様にテキスト形式で表現される。

SDP が記述する情報は、セッション名や識別子などのセッション記述情報、セッションの開始時刻や終了時刻などセッションの有効時間を示す時間記述情報、IP アドレスやポート番号、メディアの種類やコーデックなどのメディア記述情報である。

3.3.3 リアルタイムデータ転送プロトコル

SIP と SDP によりセッションを確立した後、実際にメディアデータを転送するために使用されるのがデータ転送プロトコルである。IMS において、VoIP による音声通話やテレビ電話のようなリアルタイムサービスに用いられているのは RTP(Real-time Transport Protocol) である。RTP パケットを受信したホストは各パケットに記述された時間の情報から時間的な関係を把握し、送信された順序とタイミングでデータを再生する事ができる。RTP パケットも他のパケットと同様に、ネットワークを経由して転送されていく中で、喪失や遅延が発生する。しかし、映像や音声のデータは一部が欠けていても再生が可能であるため、データの受信側では喪失や遅延したパケットは無視し、受信側が期待する時間に到着したパケットだけを利用してデータの再生を行うことができる。そのため、RTP は情報伝達の確実性よりも即時性を重視した UDP(User Datagram Protocol) 上に実装される。

一方、この RTP とセットで用いられ、データフローを制御する機能を持つプロトコルが RTCP(Real-time Transport Control Protocol) である。RTCP はメディア接続時に、送信バイト数、送信パケット数、ロスパケット数、ジッタ、フィードバック情報、ラウンドトリップタイムといった統計情報を集めるとともに、通信相手との間で定期的に制御パケットをやり取りしフロー制御を行う。

3.3.4 AAA プロトコル

IMS で AAA を制御するプロトコルとして用いられているのは Diameter である。Diameter はインターネット上で AAA を実現するために広く使われている RADIUS を発展させたものである。現在のインターネットにおいては、例えばユーザが ISP(Internet Service Provider) に接続した際、ネットワークのアクセスサーバはユーザの認証と認可に RADIUS を用いる。IMS ではいくつかのインターフェースで Diameter が用いられているが、その全てにおいて同じ Diameter が用いられている訳では無い。Diameter 基本プロトコル [25] をベースに、セッション確立中に SIP と連携する目的や、課金制御を実行する目的など、役割に応じて異なる拡張仕様が用いられる。

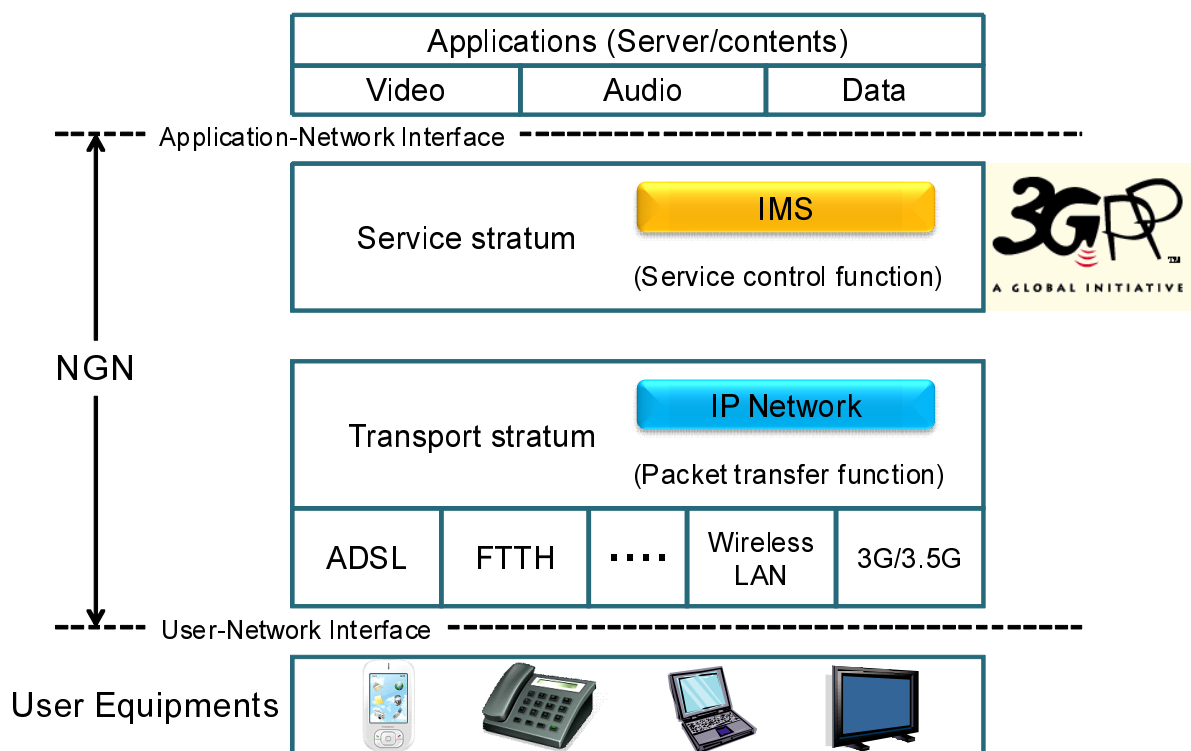


図 3.2 NGN/IMS アーキテクチャ

3.4 IMS のアーキテクチャ

NGN/IMS のアーキテクチャを図 3.2 に示す。NGN/IMS はストラタムと呼ばれる 2 つの階層から構成されている。それは、メディアデータを転送するトランスポートストラタムと、その上位層に位置し、メディアデータのセッション制御を行うサービスストラタムである。これまで述べてきた IMS はサービスストラタムの中核を成すシステムである。IMS 上の制御メッセージは、先に紹介した SIP や Diameter などのプロトコルを用いてやり取りされる。実際には各種インターフェースに応じて専用のプロトコルが細かく規定されているが、これに関しては本論文の範疇を超えるため省略する。ユーザの持つ IMS クライアント端末は UE (User Equipment) と呼ばれ、携帯電話網や無線 LAN などあらゆるアクセスネットワークから NGN/IMS に接続する事が可能である。

3GPP は IMS のノードではなく機能を標準化している。これはつまり、IMS アーキテクチャは標準化されたインターフェースにより結び付けられる機能の集まりであるという事である。IMS のアーキテクチャを図 3.3 に示すとともに、各コンポーネントの役割について述べる。

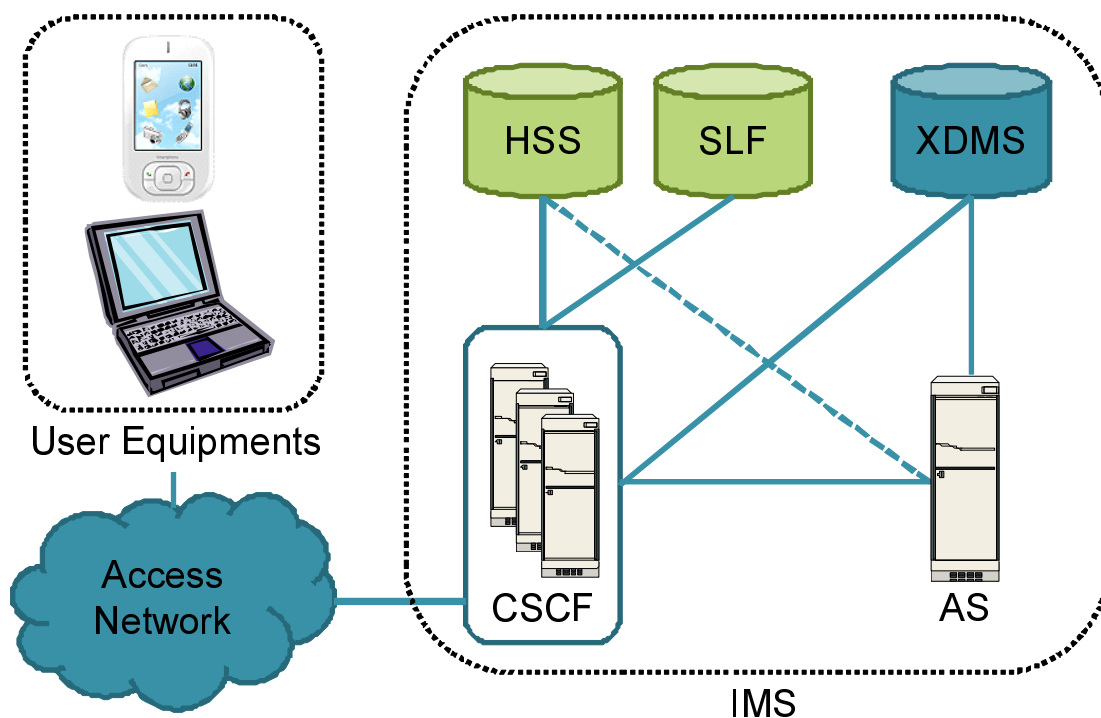


図 3.3 3GPP IMS アーキテクチャ

3.4.1 HSS

HSS(Home Subscriber Server) はユーザ情報を扱う中心となるデータベースである。HSS はマルチメディアセッションを確立する際に必要となるユーザの契約情報をすべて持っている。これらの情報の中には、位置情報、認証認可情報を含むセキュリティ情報、ユーザの加入しているサービス情報を含むユーザプロファイル情報、ユーザが割り当てられている後述の S-CSCF(Call/Session Control Function) に関する情報などがある。

加入者数が多すぎて 1 つの HSS で扱いきれない場合、ネットワークには複数の HSS が存在する事になる。ただし、どのような場合においても、特定のユーザに関する情報は全て 1 つの HSS に格納される。また、HSS を複数持つネットワークでは後述する SLF(Subscription Locator Function) が必要となる。

3.4.2 SLF

SLF はユーザのアドレスと HSS とを結びつける単純なデータベースである。ユーザのアドレスを入力として SLF に問い合わせると、そのユーザに関する情報を持つ HSS を出力として得る事が出来る。先の HSS も SLF も、IMS に特化した Diameter アプリケーションを使う Diameter プロトコルを実装している。

3.4.3 CSCF

CSCF は IMS 上の SIP メッセージを処理し、トランスポートストラタムの制御を行う IMS の中核となる SIP サーバ群である。役割に応じて、以下の 3 種類のコンポーネントが規定されている。

S-CSCF

S(Serving)-CSCF は、CSCF の中でも中心的な役割を果たすコンポーネントである。S-CSCF の主な役割は SIP メッセージを検査し、各種 AS(Application Server) もしくは最終的な宛先に転送する事である。IMS クライアントが送受信する全ての SIP メッセージは割り当てられた S-CSCF を通過する。また、SIP サーバとしての機能に加えて、S-CSCF はレジストラサーバとしての機能も持つ。つまり、あるユーザがログオンしている IP アドレスとパブリックユーザ ID との対応表を保持している。加えて、S-CSCF は通常の電話番号と SIP URI を変換する SIP ルーティングサービスや、ネットワーク事業者のポリシーをユーザに対して適用する機能も有している。通常 IMS ネットワークにはスケーラビリティと冗長性のために、複数の S-CSCF が存在している。各 S-CSCF はノードの処理能力に応じた数の IMS クライアントを処理する。

P-CSCF

P(Proxy)-CSCF は IMS クライアントと IMS ネットワークの境界に位置するコンポーネントである。全ての SIP リクエストとレスポンスは P-CSCF を通過し、適切な宛先へ向けて転送される。IMS クライアントは IMS ネットワークに接続している間は同じ P-CSCF と通信を行う。P-CSCF の主な役割はセキュリティに関するものである。P-CSCF は IMS クライアントとの間でいくつかの IPSec による SA(Security Association) を確立し、通信の完全性すなわちメッセージが生成時から改ざんされていない事を保障する。一旦 P-CSCF が IMS クライアントを認証すると、P-CSCF はネットワーク上の他のノードに対してユーザ ID を保証する。このように他のノードは P-CSCF を信頼しているため、さらなるユーザ認証を行う必要はない。ネットワーク上の他のノードでは、P-CSCF によって保証されたユーザ ID はユーザ個別のサービスの提供や課金記録の生成といった多くの目的に使用される。また、P-CSCF は IMS クライアントによって送信された SIP リクエストの正当性をチェックする。これにより IMS クライアントが SIP 規則に従わない SIP リクエストを生成する事を防いでいる。加えて、P-CSCF は SIP メッセージの圧縮解凍機能を持つ。この機能は一般的に IMS クライアントも備えている。SIP はテキストベースのプロトコルであるために、メッセージサイズが大きくなってしまふ場合がある。このような場合、広帯域接続であれば短い時間でメッセージ転送は可能であるものの、無線リンクのような狭帯域接続ではメッセージ転送に数秒かかってしまふ場合がある。そのため、SIP メッセージを圧縮して送信し、受信側で解凍するというメッセージの転送時間を短くするための機構が備わっている。通常 IMS ネットワークにはスケーラビリティと冗長性のために、複数の P-CSCF が存在している。各 P-CSCF はノードの処理能力に応じた数の IMS クライアントを処理する。

I-CSCF

I(Interrogating)-CSCF は管理ドメインの末端に配置されるプロキシサーバである。I-CSCF のアドレスはそのドメインの DNS(Domain Name Server) のレコードに登録されており、SIP サーバが SIP の手順にしたがってメッセージの次のホップを探すとき、宛先のドメインの I-CSCF のアドレスを取得する。プロキシサーバとしての機能に加え、I-CSCF は SLF と HSS へのインターフェースを持っている。このインターフェースは Diameter プロトコルに基づいている。I-CSCF はユーザの登録情報を取得し、SIP リクエストを適切な宛先 (一般的には S-CSCF) に転送する。通常 IMS ネットワークにはスケーラビリティと冗長性のために、複数の I-CSCF が存在している。

3.4.4 XDMS

XDMS は、各 AS がサービスを提供する際に必要となるあらゆる情報を XML 形式で保存、管理するコンポーネントである。IETF の RFC4827 で規定される XCAP(XML Configuration Access Protocol)[26] と呼ばれるプロトコルを用いて、ネットワークを通じて格納された XML ファイルに対してアクセスする事ができる。XCAP は HTTP をベースとしており、格納されている XML データに対して GET メソッドによる取得、PUT メソッドによる追記と変更、DELETE メソッドによる削除を行う。一般的には IMS のプレゼンスサービスにおけるフレンドリストを格納する用途などに用いられるが、IMS の規格自体には XDMS に格納すべきデータに関して明確な規定は無い。したがって、将来的には AS とサービスの多様化とともに、XDMS は様々なデータを格納する用途に用いられる。

3.4.5 AS

AS は、NGN/IMS における様々なサービスを実装し提供するためのコンポーネントである。代表的なものとして、プレゼンスサービスを提供するプレゼンスサーバや、ビデオのストリーミング配信サービスを提供するストリーミングサーバなどが挙げられる。基本的に IMS で提供されるサービスが実装されたコンポーネントは全て AS と見なす事ができるため、IMS で用いられるプロトコルに準じている限り、備えるべき明確な要件などは特に存在しない。

3.5 IMS におけるユーザ識別

IMS に限らず、ネットワークにおいてはユーザを一意に識別できる必要がある。これは PSTN において一連の番号をダイヤルすると、ある特定の電話を鳴らす事ができるという特性と同等である。すなわち、呼を適切なユーザに接続するためには、通信事業者がユーザを識別する必要がある。PSTN のユーザは電話番号によって識別される。加入者を識別する電話番号は、地域の短縮番号、長距離番号、国際番号などの異なるフォーマットで表される場合があるものの、本質的にはこれらは同じ電話加入者の異なる表現にすぎない。番号の長さは呼の宛先に依存する。つまり、同じエリアなのか、異なるエリアなのか、それとも外国なのかなどである。さらに、特定のサービスを提供するために、番号によってサービスを識別する必要がある場合も存在する。PSTN においては通常、800 番などの頭につける特別な番号によって識別される。IMS でもまた同様にサービスを識別する機構が提供される。IMS においてユーザを識別するために設定される ID は、主にパブリックユーザ ID とプライベートユーザ ID の 2 種類である。以下ではこれらの役割について述べる。

3.5.1 パブリックユーザ ID

IMS において PSTN の電話番号とほぼ同様の役割を持つのがパブリックユーザ ID である。IMS ユーザには 1 つ以上のパブリックユーザ ID が割り当てられる。ホームネットワークの通信事業者は各加入者に対するパブリックユーザ ID の割り当てに関する責任を持つ。パブリックユーザ ID は SIP URI か TEL URI のどちらかであり、この ID は連絡先として一般的に公開可能なものである。IMS ネットワーク内ではパブリックユーザ ID は SIP メッセージを転送するために用いられる。パブリックユーザ ID が SIP URI の場合、IMS 事業者は自由にそのフォーマットを決定できるが、一般的には sip:alice@example.com といったフォーマットが用いられる。SIP では登録処理時に使う URI が SIP URI であるため、このようなフォーマットが必要となる。また、通信事業者は 1 人のユーザに対して複数のパブリックユーザ ID を割り当てる事もできる。例えば友人や家族に知られている個人的な ID と、会社の同僚に知られている仕事上の ID を区別するような場合である。これらの ID に対して別のサービスを起動する事も想定される。

3.5.2 プライベートユーザ ID

IMS において、ユーザではなく端末 (加入者) 自体の認証に用いられるのがプライベートユーザ ID である。これは GSM の端末に挿入されている SIM カード (Subscriber Identity Module Card) に記録された IMSI (International Mobile Subscriber Identity) とほぼ同様の役割を持つ。各 IMS 加入者には 1 つのプライベートが割り当てられる。パブリックユーザ ID と異なり、プライベートユーザ ID は NAI (Network Access Identifier) のフォーマットで記述される。NAI のフォーマットは alice@example.com といったものである。プライベートユーザ ID はパブリックユーザ ID とは異なり、SIP リクエストを転送する目的では使用されず、主に加入者識別や認証のために

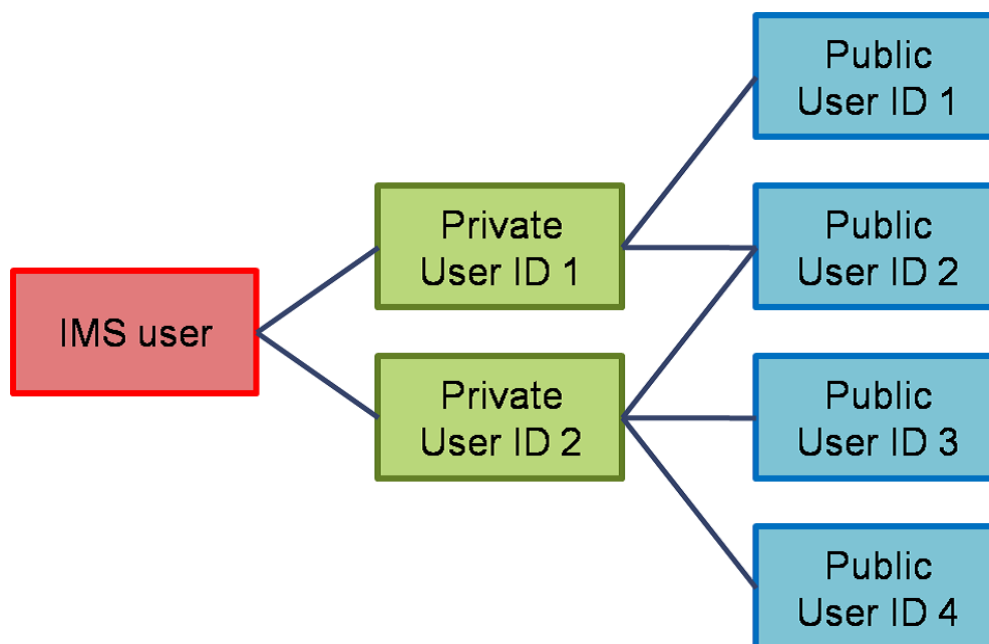


図 3.4 パブリックユーザ ID とプライベートユーザ ID との関係

用いられる。プライベートユーザ ID は IMS クライアントに挿入されるスマートカード内に記録されるので、ユーザがその値を知っている必要は無い。

3.5.3 パブリックユーザ ID とプライベートユーザ ID との関係

通信事業者は各ユーザに対して、1 つ以上のパブリックユーザ ID と、1 つのプライベートユーザ ID を割り当てる。一般的には IMS クライアントに挿入されるスマートカードにプライベートユーザ ID とパブリックユーザ ID が記録される。IMS においてはユーザに割り当てられたプライベートユーザ ID とパブリックユーザ ID のリストは、加入者に関する全データを扱う一般的なデータベースとして HSS が保持する。また、HSS と S-CSCF はパブリックユーザ ID とプライベートユーザ ID との結びつきも管理する。

なお、最新の 3GPP リリース 6 においては、1 人の加入者が複数のプライベートユーザ ID を持つ事が可能なように拡張されている。そのため、例えばユーザが異なる IMS 端末に差し込む別々のスマートカードを持っている場合や、あるパブリックユーザ ID が複数のプライベートユーザ ID に対して用いられる場合もある。さらに、1 つのプライベートユーザ ID が同時に 2 つの IMS 端末によって用いられ、それぞれに対し異なるプライベートユーザ ID を割り当てる事もできる。このように、IMS ではパブリックユーザ ID とプライベートユーザ ID という 2 つの ID を組み合わせる事により、ユーザの状況に合わせた柔軟なサービスの提供が可能である。

3.6 NGN/IMS のサービス

IMS はリアルタイム・マルチメディアサービスを含むインターネットサービスを、適切な QoS をもって適切な価格で提供する事ができる。実はこうしたサービスは既存のインターネットや電話網でも適切に設計すれば提供可能である。しかし、IMS を用いる事でより最適な方法でサービスを実現できる。その理由として、まず IMS ではその全てのサービスを回線交換方式よりも一般的には効率的であるパケット交換方式を使って提供している点が挙げられる。単に効率的であるという以上に、パケット交換方式を使うことによる本当の強みは、セッション制御のあらゆる段階に対してもアクセスする事が可能なサービス開発環境を提供するという点である。これにより、サービス事業者は全てのサービスが個別に提供される環境と比べて、より高度なサービスを作り出す事ができるようになる。

例えば、あるサービスでは電話会議中にネットワーク上で、同僚の状態を示すプレゼンス情報が「ビジー」から「通信可」に変化する事など何らかのイベントがあった時、そのイベントの内容を知らせるアナウンスを聞かせる事ができる。あるいは、発信者のホームページを着信者の端末のディスプレイに表示するようにする事も可能となる。また、同じように電話会議中に、自動的にユーザのプレゼンス情報をビジー状態に設定し、着信があった場合はボイスメールサーバではなく、電子メールサーバの方に転送するように設定する事も可能である。

ネットワーク上のサービスを実現する上で、このようにセッション制御のあらゆる段階にアクセスできるようになると、サービスに必要な制御処理をネットワーク側で行う事ができるようになり、ネットワークと端末間の無線上でのデータの転送量を少なくすることができる。その結果、空いた無線伝送容量を、既存のユーザに対してより良い QoS を提供するために使ったり、これまでと同じ QoS レベルでさらに多くのユーザを収容するために利用する事ができる。また、回線交換方式に依存していない事から、回線交換方式へのインターフェースを持たない端末からでもソフトウェアを用いてインターネット経由で用意に IMS と相互接続する事が可能となる。これによって、様々なタイプのメディアをつかて IMS ユーザが通信できる相手の数は劇的に増加する。このように、NGN/IMS は既存のサービスと今後開発されるであろう新しいサービスを統合的かつ効率的に提供する事が可能である。

3.7 おわりに

本章では NGN/IMS の機能とアーキテクチャについて述べた。NGN/IMS により実現される主な機能は、QoS、課金、および複数サービスの統合である。これらに機能により、インターネットよりも最適化された形でリアルタイムのマルチメディアサービスを提供する。また、インターネットで用いられる標準化され公開されているプロトコル群を用いる事により、サービスの開発コストや参入障壁を低減し、新しいサービスの構築が容易に行える。

NGN/IMS はインターネットの技術の上に成り立ち、既存のインターネットのサービスをも補完するものであるが、現実的には今のインターネットの全てが NGN/IMS に置き換わる訳では無い。今後もインターネットは引き続き存在し、その一方でリアルタイムのマルチメディアサービスなど既存のインターネットでは十分な品質を得る事が難しいようなサービスを補完する形で NGN/IMS が併存すると考えられる。

■ 第4章

Ubiquitous Health Monitor の設計

4.1 はじめに

これまでに、2. の関連研究の調査を通して、ヘルスマonitoringシステムの機能要件をリアルタイム転送、データ蓄積およびイベント通知に集約し、これらの3機能により関連研究における様々な機能要件を包含しつつ、共通の認証基盤上で提供するシステムの構築が必要である事を述べた。筆者らは、この条件を満たすためのプラットフォームとして、3. で述べた NGN/IMS が最適であると考えている。NGN/IMS は各種のサービス制御機能により、現在のインターネットでは困難な QoS、課金、および複数サービスの統合を実現している。また、あらゆるアクセスネットワークを利用できるため、ユビキタスサービスの提供が可能である。加えて、NGN/IMS はリアルタイムのマルチメディアサービスを前提に設計されている事から、生体データのリアルタイム転送を実現する上でも適している。また、プレゼンスサービスの仕組みは本研究でのイベント通知機能とほぼ同等の機能要件を満たしており、同様のフレームワークを用いる事ができる。

本研究ではこうした NGN/IMS に備わっている機能を活用し、ユビキタスヘルスマonitoringシステムを構築する。まず、生体データのリアルタイム転送機能に関しては、NGN/IMS で提供される VoIP による音声通話サービスと同様のアプローチで実現する。これにより、VoIP と同等の QoS と呼制御が利用できるとともに、IMS における音声や映像を用いた他のサービスとの連携も容易に実現する事ができ、関連研究に見られる個別に実装した場合に比べてサービスの幅が格段に広がる。また、IMS の標準的なコンポーネントである XDMS に対し、SIP イベント通知フレームワーク内で XQuery を扱うための拡張を行う。これにより、要求の異なる複数のユーザに対するイベント通知と、柔軟なデータ蓄積が可能なイベント/データマネジメントサーバを実現する。本章では、まず本システムのシステムデザインを示した後、これを実現するための要件を述べ、さらに要件を満たすための具体的なアプローチについて述べる。

4.2 システムデザイン

本システムの利用イメージを図 4.1 に示す。主なユーザは患者などの被観察者と、医療関係者などの観察者に大別される。被観察者は生体センサで取得したデータを、クライアント端末からネットワークを通じて観察者やデータベースへと転送する。具体的なサービスは観察者側で構築され、各サービスの機能要件に応じてリアルタイム転送、データ蓄積およびイベント通知の3機能を使い分ける。

大まかな機能の使い分けを表 4.1 に示す。本システムを利用しヘルスマニタリングサービスを受けるユーザは、何らかの疾患を持つ患者と、現在は特に大きな健康上の問題点を持たない健常者の2つに大別される。患者の具体的な利用場面や用途としては、まず慢性疾患患者の監視が考えられる。具体的には、心疾患や糖尿病、睡眠時無呼吸症候群などの患者である。この際にモニタリングの対象となるデータは、心疾患であれば心電図、糖尿病であれば血糖値、睡眠時無呼吸症候群であれば SpO₂ が代表的である。慢性疾患患者のモニタリングの際には、上記パラメータの急激な変化など各疾患に特有の事象の継続的な監視と、異常発生時の関係各所に対する即時通知が求められる。こうした要求を満たすのが本システムのイベント通知機能である。

また、患者のもう一つの利用場面として、事故や急病時の容体の監視が考えられる。この際にモニタリングの対象となるデータは心電図、心拍数、血圧、SpO₂ などが代表的である。パラメータの種類としては先の慢性疾患患者の監視とほぼ同様であるが、異なる点は心電図などの高サンプリングレートの波形データを含むリアルタイムモニタリングであるという点である。慢性疾患患者の監視の場合は波形そのものではなく、異常が生じたという情報のみを通知する点でリアルタイムモニタリングとは性質が異なる。こうした要求を満たすのが本システムのリアルタイム転送機能である。

一方、健常者の利用場面や用途としては、まず運動中の体調管理が考えられる。これは例えば、トレーニング中のアスリートの心電図、心拍数などをトレーナーが遠隔で監視し、トレーニングの最適化に役立てる場合など考えられる。

また、健常者のもう一つの利用場面として、日常の健康管理に用いる事で生活習慣病の予防などに役立てる事が考えられる。この際に対象となるデータは血圧や体脂肪率、消費カロリーなどが考えられる。このような用途に求められる機能は長期的かつ継続的なデータの蓄積であり、この要求を満たすのが本システムのデータ蓄積機能である。

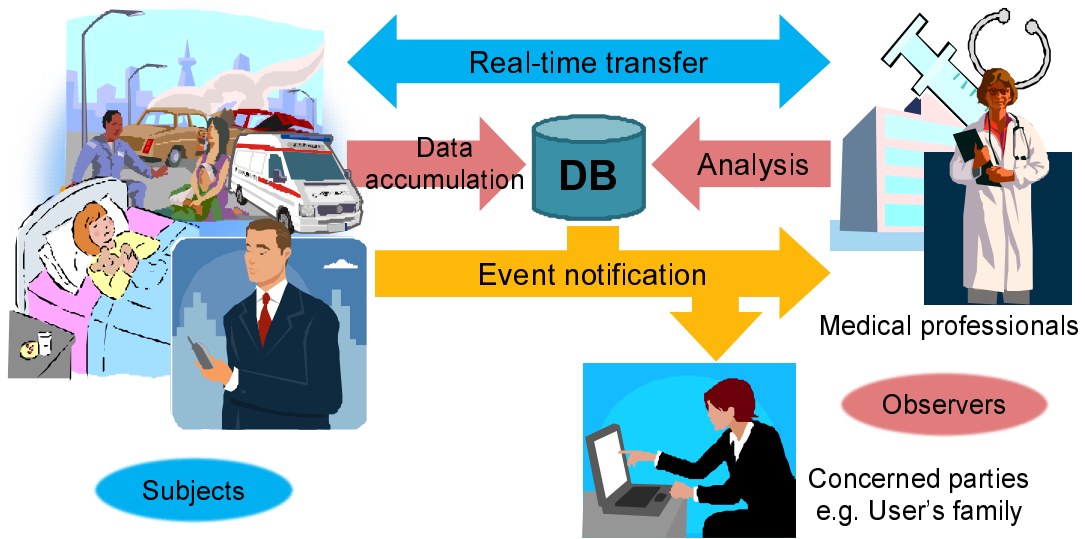




図 4.1 本システムの利用イメージ

表 4.1 ユーザから見た利用場面と 3 機能の使い分け

利用者	利用場面, 用途	対象となるデータ	特徴
患者	・慢性疾患患者の監視 -心疾患 -糖尿病 -睡眠時無呼吸症候群 etc... 	各疾患に特有のパラメータ	各疾患に特有の事象の継続的監視 (イベント型)
	・事故, 急病時の容体の監視 	・心電図 ・心拍数 ・血圧 ・血中酸素飽和度 etc...	高レート of データ (心電図等) を含むリアルタイムモニタリング
健常者	・運動中の体調管理 	・血圧 ・体脂肪率 ・消費カロリー etc...	長期的, 継続的なデータの蓄積
	・日常の健康管理 -生活習慣病予防 etc... 	・血圧 ・体脂肪率 ・消費カロリー etc...	長期的, 継続的なデータの蓄積

4.3 要件

本システムはユビキタスヘルスマニタリングシステムの名の通り、あらゆるサービスとデータを 1 つユーザ ID の下でシームレスに利用するための共通の認証基盤と、いつでも、どこでも、利用できる広範なネットワーク接続性を備える必要がある。

これに加えて、先の 3 機能を実現するための要件が存在する。まず、生体データのリアルタイム転送を行うため、QoS と呼制御に関する機能を備える必要がある。また、多様化するデータとアプリケーションを、システムに対して大きな変更を加えることなく蓄積するための柔軟なデータ管理機構が必要である。さらに、要求の異なる複数のユーザに対するイベント通知機構が必要である。これにより、例えばデータの更新時に医師は一定期間のセンサデータを取得し、一方で家族は要約された診断結果を取得するなど、要求の異なる複数のユーザに対するイベント通知を実現する。

4.4 NGN/IMS に基づくアプローチ

本システムにおいて NGN/IMS を用いる利点は、全てのクライアントが一意に定まる SIP URI を付与され、実用上必要な AAA すなわち認証基盤を備える点と、携帯電話網や無線 LAN などのあらゆるワイヤレスネットワークから接続できる点、さらにリアルタイム転送に必要な QoS と呼制御を備える点である。ユーザは SIP URI に基づき認証され、複数のサービスをシームレスに利用したり、蓄積したデータを相互利用できる。また、在宅時はコストの安い無線 LAN を使用し、外出時は携帯電話網に切り替えるなどの柔軟な運用ができる。さらに、NGN/IMS は当初から VoIP による音声通話のようなリアルタイムサービスを想定しており、これと同等の QoS と呼制御を利用する事ができる。NGN/IMS を用いる事により、ユビキタスサービスプラットフォームとしての要件と、リアルタイム転送機能のための要件を満たす事ができる。一方で、データ蓄積機能とイベント通知機能の要件を満たすためのコンポーネントが必要である。本研究ではこれを踏まえ、NGN/IMS アーキテクチャに基づくシステムの設計を行った。

本システムのブロック図を図 4.2 に示す。HSS と CSCFs(S, P, I-CSCF) は AAA と呼制御を提供する。IMS クライアントは生体センサと IMS を繋ぐゲートウェイとしての機能と GUI(Graphical User Interface) を提供する。AS はデータ解析などの付加的なサービスを提供する。XDMS は NGN/IMS のサービスに関わる様々な情報を XML 形式で管理するサーバで、本システムではイベントとデータを管理するサーバとして利用する。以降では、リアルタイム転送、データ蓄積、イベント通知の 3 機能を実現する具体的なアプローチについて述べる。

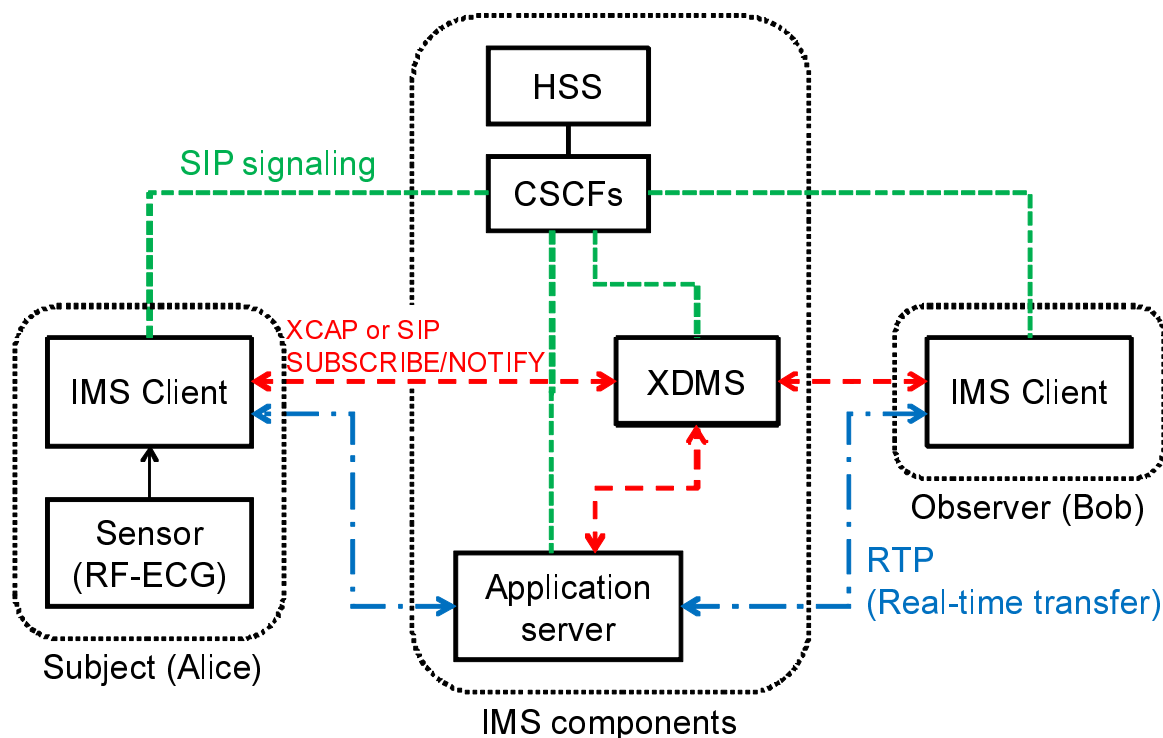


図 4.2 本システムのブロック図

4.4.1 リアルタイム転送

リアルタイム転送は NGN/IMS における VoIP と同様のアプローチを採用する。リアルタイム転送機能の利用イメージを図 4.3 に示す。クライアントは SIP により確立したセッションを通じ、RTP によるデータ転送を行う。RTP は音声や映像をストリーミング再生するための UDP をベースとしたプロトコルである。本システムではこれを用いて、体温や血圧のような数値データに加え、心電図のような波形データもリアルタイムで転送し再生する。

ユーザは SIP URI を用いて、任意の医療関係者や解析サービスに接続する事ができる。この際、観察者側と被観察者側のどちらからでもモニタリングを開始する事ができる。したがって、患者側で何らかの自覚症状があった場合に掛り付け医に相談する場合や、逆に一定期間連絡の無い患者に対して医師の側から連絡を取る場合など、柔軟な運用が可能である。加えて、複数点間のセッションを確立する事で、リアルタイムデータを中継処理する事も可能である。本機能は NGN/IMS における音声通話やテレビ電話と同様の呼制御を用いている事から、生体データと音声や映像を交えたマルチメディアサービスの構築も容易である。

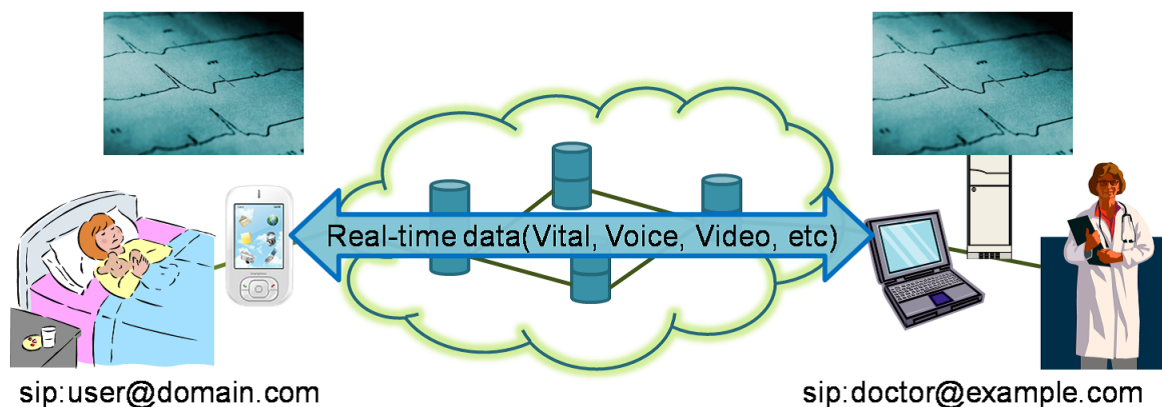


図 4.3 リアルタイム転送機能

4.4.2 データ蓄積

4.4.2.1 XDMS の機能と利点

生体データを蓄積するサーバとして XDMS を利用する。XDMS へ生体データを蓄積するイメージを図 4.4 に示す。XDMS を用いる利点は、IMS で規定された手続きでデータにアクセスできる点と、柔軟性の高い XML データを扱える点である。XDMS に対する標準的なアクセスプロトコルは XCAP である。XCAP は HTTP をベースとしており、格納されている XML データに対して GET メソッドによる取得、PUT メソッドによる追記と変更、DELETE メソッドによる削除を行う事ができる。また、XDMS はスキーマレスに XML を格納する事により、利用する当事者間でデータの場所や内容に関する合意の元で、XDMS 自体に手を加えずデータ構造を拡張できる。そのため、将来的に扱う生体データの種類やサービスが多様化した場合でも、XDMS には新しい要素や属性を追加するだけで良い。この点は RDB(Relational database) に対する XMLDB(XML database) の優位性と同等である。ここで、RDB、XMLDB、XDMS の特性の違いについて述べておく。

まず、RDB は表向き (つまりフロントエンドから見た場合) も内部構造も表形式のデータベースである。一方、XMLDB は表向きには全て XML 形式であるが、内部構造にはいくつかの種類がある。XMLDB の内、一般的にネイティブ XMLDB と呼ばれるものは、表向きも内部構造も XML 形式となっている。一方、XMLDB として知られる製品であっても、表向きは XML だが内部構造は RDB となっており、内部で XML から RDB の表形式への変換を行っているものも存在する。この場合はデータ構造の変換処理のためにネイティブのものに対してパフォーマンスが低下する。RDB と XMLDB を比較した場合、一般的に RDB の方がパフォーマンスが高いが、一方で RDB はデータ構造の変更があった場合に大掛かりなテーブルの設定変更が必要となる欠点がある。そのため、柔軟性の点では様々な様式の記述が可能な XML データ構造を持つ XMLDB の方が優れている。

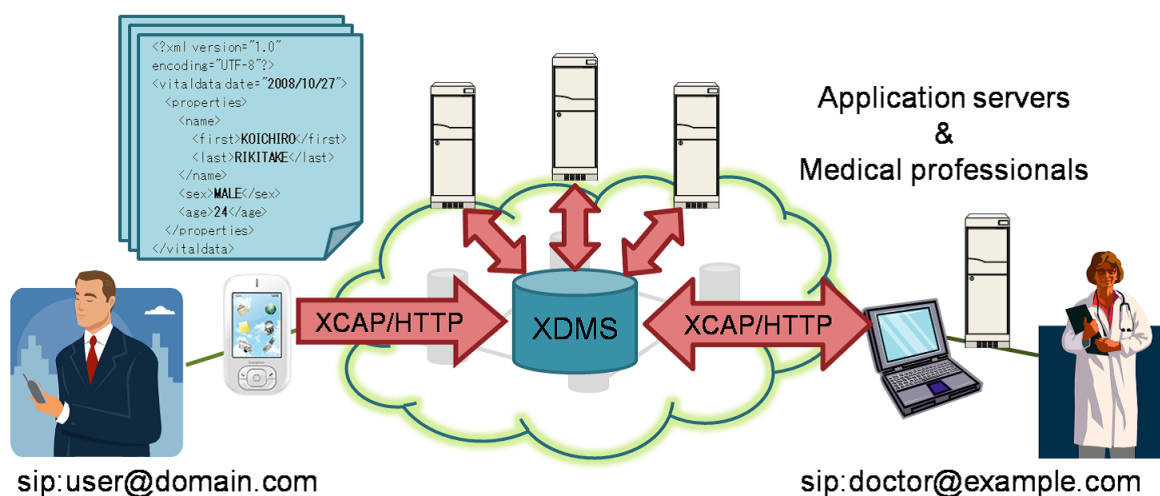


図 4.4 XDMS への生体データの蓄積

RDB と XMLDB がデータベースであるのに対して、XDMS は本来データベースとは区別されるべきものである。XDMS は XML 文書を管理するためのコンポーネントであり、XCAP を用いた明示的なデータの操作は可能であるが、クエリ文を用いた検索には対応していない。また、XDMS のバックエンドは RDB の場合と XMLDB の場合の両方が存在する。本システムの XDMS の詳細に関しては 5. の実装の項で述べるが、本システムでは XMLDB をバックエンドに持つ XDMS を用いる。以上の議論を踏まえると、XDMS を用いる利点は以下のような複数の段階に分けて論じる事ができる。

第一に IMS の XDMS を用いる利点は、IMS で標準化された手続きでデータにアクセスでき、IMS の他のサービス（プレゼンスサービス等）と統合的に運用する事ができる点である。第二に XQuery に対応した XDMS を用いる利点は、複数のリソース（XML ファイル）に対する検索が可能である点である。一方、通常の XDMS では明示的なデータの取得しかできない。第三に XML データ構造を持つ事による RDB に対する利点は、スキーマレスに XML を格納する事により、利用する当事者間でデータの場所や内容に関する合意の元で、XDMS 自体に手を加えずデータ構造を拡張できる点である。

一方、XML データ構造では元データと比べてオーバーヘッドが増加する欠点がある。しかし、上記の利点から日常生活のあらゆる場面で取得する様々なデータを統合的に蓄積するためには、XDMS を用いるアプローチが最適であると考えられる。

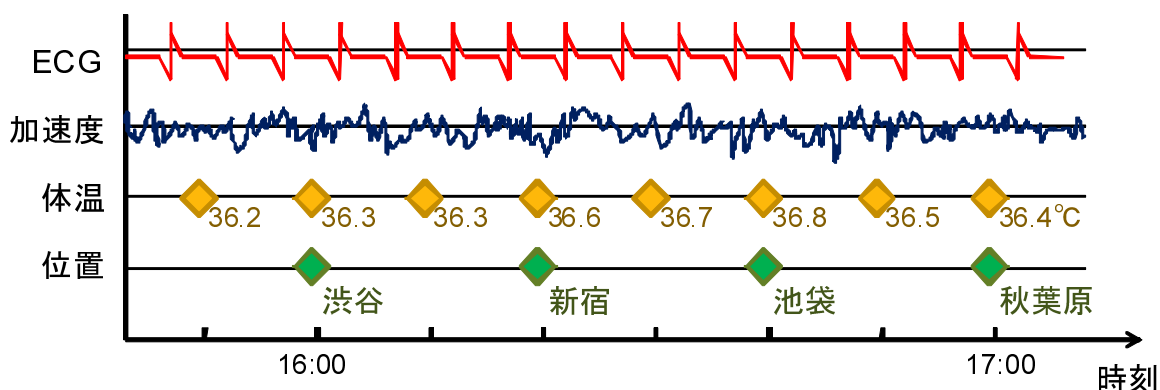


図 4.5 本システムで扱う様々なデータの例

4.4.2.2 XDMS で扱うデータの種類と管理手法

本システムのデータ蓄積機能の主な目的は生体データを長期間に渡り継続的に蓄積する事である。また、端末の機能によってはユーザの位置情報なども統合的に蓄積し、後からのデータ解析に役立てる。このように、ユーザに関わる複数のデータを継続的に取得するイメージを図 4.5 に示す。

一方で、将来的には病院などで用いられる医療情報システムとの連携も想定する。医療情報システムで扱うデータは主に文章、波形/数値、画像の 3 つに大別される。文章は医師の診察結果やデータに対するアノテーションなど、数値では表現できない情報である。波形/数値は医療機器から取得したデータである。画像は CT(Computed Tomography), MRI(Magnetic Resonance Imaging), CR(Computed Radiography) などの医療機器から得られる画像である。現在、これらに関して世界的な標準化が進められている。現在の主な医療データ規格を表 4.2 に示す。まず、文章に関しては XML ベースの HL7(Health Level 7) 規格が事実上の標準となっている。また、画像に関しても JPG 画像とメタデータから成る DICOM 規格が標準的に用いられている。一方、波形/数値のうち波形に関しては、心電図、脳波などの各波形ごとに特化したバイナリ規格が存在している。以上から、現在は HL7 をベースに波形/数値と画像を関連付けて扱うシステムが主流である。HL7 は XML ベースのため XDMS との親和性は高いが、生体データを長期間に渡り継続的に蓄積する事は想定していない。したがって、HL7 を包含しつつ本システムの要件を満たすデータ構造を検討する必要がある。

XDMS に蓄積するデータは生体センサの時系列データと、医師の診断結果のような非時系列データに大別される。これらを XML で記述するため図 4.6 のデータ構造を用いる。本データ構造は時系列データを記述するデータエリアと、非時系列データを記述するプロパティエリアで構成される。データエリアは時刻をタグとして構造化することにより、取得頻度の異なる生体データを同一の XML ファイルに記述する。ただし、心電図のような波形と画像データの多くは専用のバイナリ形式で記述されるため、代わりにパスなどのデータの取得に必要な参照情報を記述する。バイナリ

表 4.2 現在の主な医療データ規格

記述対象	規格名	特徴	データ形式	提唱国
文章	HL7	あらゆる医療データ(波形含)の標準化 電子カルテの事実上の標準	テキスト (Ver. 2: EDI) (Ver. 3: XML)	米国
	MML	電子カルテの標準化 現在はHL7と統合	テキスト (XML)	日本
波形	SCP-ECG	心電図に特化した規格 心電波形とメタデータを統合して記述	バイナリ (心電波形 +メタデータ)	欧州
	MFER	医療波形に特化した波形の汎用規格 波形と最低限の付属データのみを記述 HL7の上位規格	バイナリ (波形のみ)	日本
画像	DICOM	医療画像(波形含)の標準化 事実上の標準	バイナリ (JPEG等の画像 +メタデータ)	欧州

リデータ本体は HTTP など別のインターフェースで転送する事を想定しているが、現状では具体的な手法に関する検討は行っていない。一方、プロパティエリアには名前や性別などユーザに関する任意の固有情報を記述する。HL7 規格のデータもここへ記述する事を想定する。

なお、本研究の初期段階においては、波形データも時系列データの一種である事に着目し、数値データと同様に時刻タグを用いて XML で構造化する事も検討した。しかし、波形データは一般にサンプリングレートが極めて高く(例えば心電図の場合は 200Hz など)、XML 化の過程で生じるオーバーヘッドが相当大きくなるという問題があったため、最終的には標準規格にしたがってバイナリデータで記述したものを参照情報に関連付ける手法を採用した。

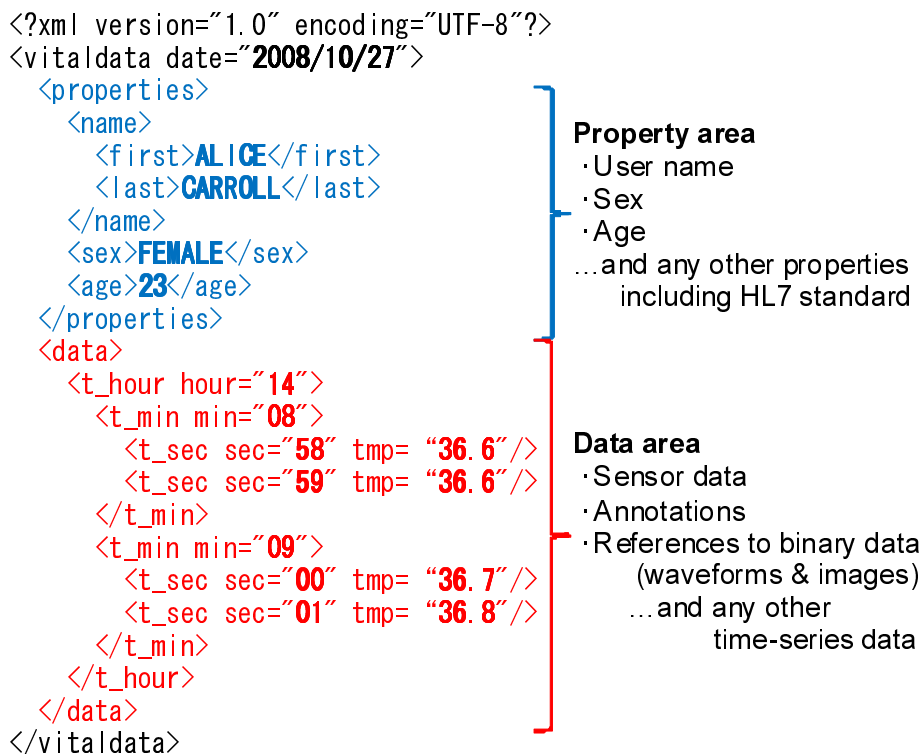


図 4.6 XDMS のデータ構造

4.4.3 イベント通知

イベント通知では SIMPLE(SIP for Instant Messaging and Presence Leveraging Extensions) で定義されるイベント通知フレームワークを用いる。SIMPLE ではイベントを受信する購読者 (Subscriber) と通知を行う通知者 (Notifier) が SIP SUBSCRIBE/NOTIFY メソッドを用いて購読登録と通知を行う事によりイベント通知を実現する。具体的には、まず購読者が通知者に対して SUBSCRIBE メッセージを送信し購読の登録を行う。一方、通知者側は登録されたイベントが発生すると購読者に対して NOTIFY メッセージを送信し通知を行う。以降では、本システムのユーザに合わせ、購読者を観察者 (Observer)、通知者を被観察者 (Subject) と表記する。

XDMS におけるイベント機能のイメージを図 4.7 に示す。本システムでは XDMS における最新のデータの変化をイベントと見なし、データの更新をトリガとして XDMS から観察者に対する通知を行う。被観察者と観察者の両クライアント間でイベント通知フレームワークを動作させず XDMS を用いる理由は、クライアントでは一般的に処理能力が低く検出できるイベントが限定される点と、XDMS にあらゆる情報を集約する事により多様なイベント通知サービスを提供できるためである。

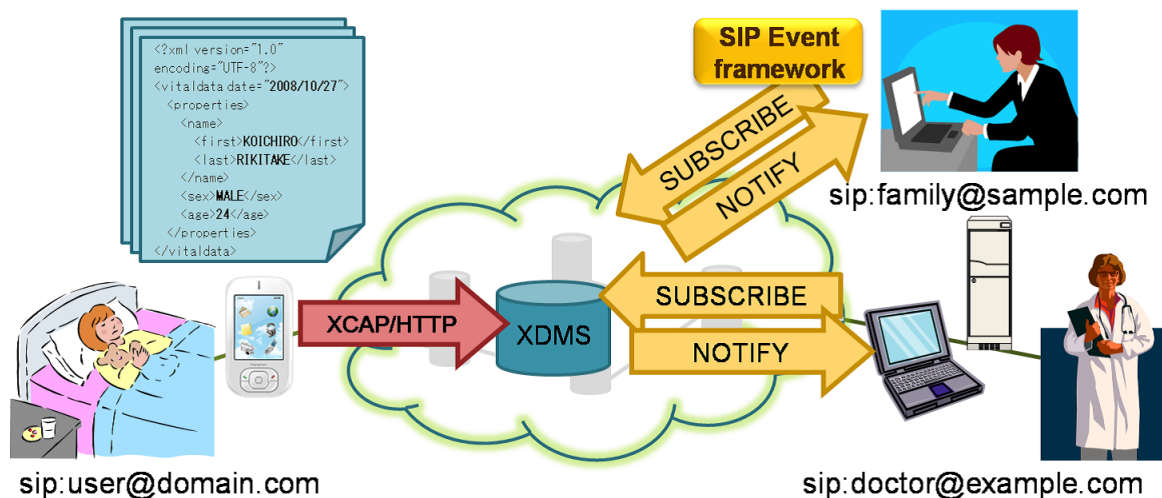


図 4.7 XDMS におけるイベント通知機能

先の要件で挙げた、要求の異なる複数のユーザに対するイベント通知を実現するため、本システムではイベント通知フレームワーク内で XQuery を用い、XQuery で記述可能な範囲でユーザが任意のイベントフィルタを設定できるよう拡張する。具体的には、SUBSCRIBE メッセージのボディに XQuery を記述し XDMS にイベントフィルタを設定する。一方、XDMS はデータの更新時にクエリを実行し、結果を NOTIFY メッセージのボディに記述して通知する。また、従来の XCAP によるデータの操作に加え、XQuery による問い合わせが可能となる。この機能を図 4.6 データ構造に適用する事により、例えばデータが更新されるたびに最新のデータを通知させたり、一定期間のデータから閾値を超える箇所のみ抽出するなど、様々な運用が可能となる。

表 4.3 プロトコルスタック

Real-time transfer	Event notification	Data accumulation
RTP/RTCP (Initiated by SIP)	SIP (SUBSCRIBE/ NOTIFY)	XCAP
		HTTP
UDP		TCP
IP		

4.5 おわりに

本章では本研究が目指す Ubiquitous Health Monitor の概観とそれを実現するための要件，さらに具体的な設計について述べた．本システムはヘルスマonitoringシステムの機能要件をリアルタイム転送，データ蓄積およびイベント通知に集約し，これらの3機能により関連研究における様々な機能要件を包含しつつ，共通の認証基盤上で提供する事を目的としている．本システムの要求を満たすプラットフォームとして NGN/IMS に着目し，これらの機能の具体的な実現手法について述べた．各機能の使用するプロトコルスタックを表 4.3 に示す．リアルタイム転送機能は NGN/IMS の VoIP による音声通話機能と同様のアプローチにより実現する．また，イベントとデータを管理するためのサーバとして IMS の基本的なコンポーネントである XDMS に着目し，本システムの要件を満たすため SIP イベント通知フレームワーク内で XQuery を扱うための拡張を行った．さらに，病院などで用いられている医療情報システムとの将来的な相互運用も視野に入れ，現在の医療データの標準規格である HL7 を包含しつつ，本システム特有の要件である時系列データの柔軟な格納を実現するためのデータ構造についても検討を行った．次章では，本章で述べた設計を IMS テストベッド上に構築するとともに，基本的な機能の動作例を示す．

■ 第 5 章

実装および動作例

5.1 はじめに

これまでに、本研究が目指す Ubiquitous Health Monitor の概観とそれを実現するための要件、さらに具体的な設計について述べた。本システムは NGN/IMS をベースとしているため、現状ではサービスイン可能な形でシステム全体を実装する事は困難である。しかし、オープンソースで IMS のコアコンポーネントとクライアントを実装しているプロジェクトが存在しており、その成果物を用いる事で本システムの基本的な機能の動作を検証する事は可能である。本研究では研究室内に IMS テストベッドを構築し、クライアントにヘルスマニタリング用の機能を拡張する事で本システムのプロトタイプシステムを実装した。また、XDMS に関しては本研究室の関連研究にて実装したものをベースに、SIP イベント通知フレームワーク内で XQuery を用いるという本システムの要求を満たすよう拡張を行った。

本章ではまずプロトタイプシステムの構成について、全体を IMS コアコンポーネント、クライアント、アプリケーションサーバ、XDMS の 4 つに区分してそれぞれの実装手法について述べる。その後、本システムの特徴的な機能であるリアルタイム転送、データ蓄積およびイベント通知を用いるデモシナリオに沿って、各コンポーネントの動作を説明する。

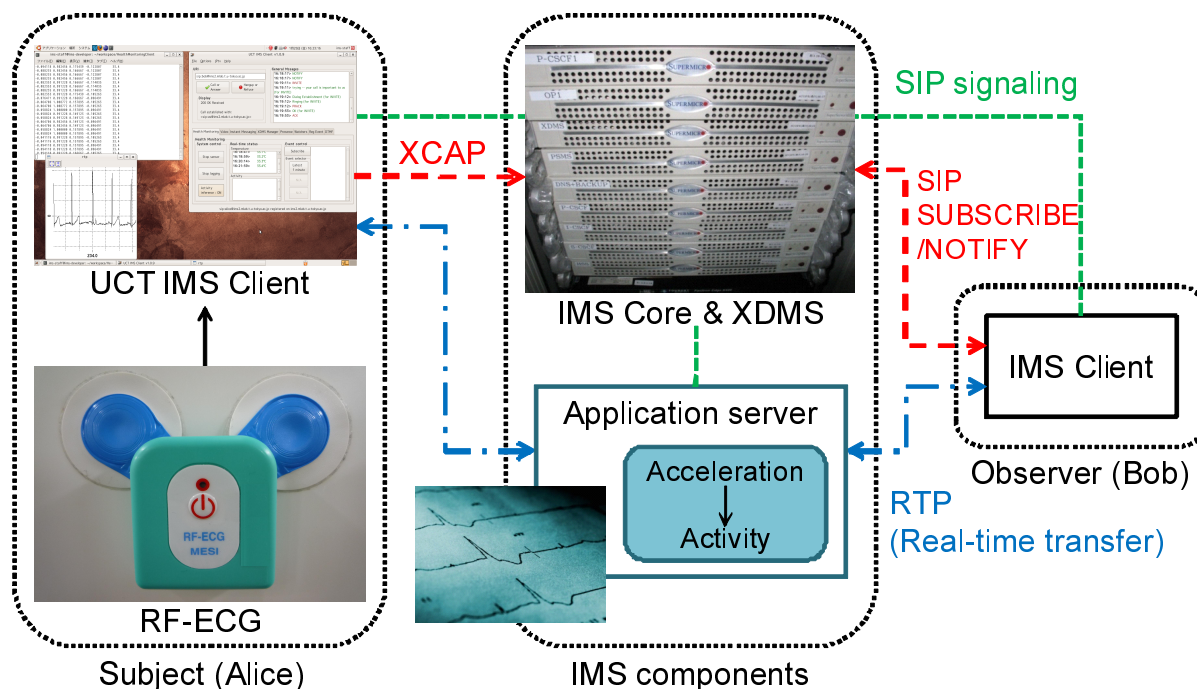


図 5.1 プロトタイプシステムの構成

5.2 プロトタイプシステムの構成

本システムの有効性を示すため、図 5.1 に示すプロトタイプシステムを実装した。以降では、プロトタイプシステムを構成する 4 つのコンポーネント (IMS, IMS クライアント, XDMS, AS) について説明する。本実装ではプロトタイプシステムの移植性を考慮して、全てのコンポーネントを VMware Server 2 で動作する Ubuntu linux 上に実装している。なお、3.3 で NGN/IMS を用いる利点の 1 つとして QoS を挙げたが、本実装では QoS 制御に対応する機器を使用していないため QoS をサポートしない。

5.2.1 IMS

システムの基盤となる IMS の実装には、オープンソースの Open IMS Core[27] を利用している。Open IMS Core によって提供されるコンポーネントは C-CSCF, I-CSCF, S-CSCF, HSS の 4 つである。各 CSCF の詳細な役割に関しては 3. で述べた通りである。本システムを利用するクライアントはあらかじめ HSS にアカウント情報を登録する。システムを利用する際には Registration を行い、HSS の登録情報とユーザが入力した認証情報が一致する事を確認する。

5.2.2 IMS クライアント

IMS クライアントは生体センサと IMS を繋ぐゲートウェイとしての機能と GUI を提供する。IMS クライアントの実装には、オープンソースの UCT IMS Client[28] にヘルスマニタリング用の機能を拡張し利用している。

リアルタイム転送のため、UCT IMS Client の音声通話機能で呼制御を行う SDP(Session Description Protocol) にヘルスマニタリング用の属性を追加し、音声通話と同様の手順で生体データのリアルタイム転送セッションを開始する。UCT IMS Client には元から音声と映像によるマルチメディアコミュニケーションサービスが実装されているため、カメラとマイクをセットすれば本実装でも音声、映像、生体データを交えた遠隔診断サービスを実現する事ができる。リアルタイム転送には RTP ライブラリを用いており、生体センサがデータを取得する度にそのデータを 1 つのパケットで送信する。

また、XDMS へのデータの転送は一定期間分のデータをクライアント側で XML 化し、それを XCAP で PUT する。XDMS は図 4.6 のデータ構造となっているため、最初のアクセス時に雛型となる XML ファイルをアップロードした後は、各時刻に該当する部分を指定して XML の要素を追記する。時間の経過とともに時系列データの部分は延長されてゆくが、あまりに長期間のデータを 1 つのファイルに保持すると検索性能が低下するため、通常は 1 日など期間を区切って新しいファイルへ移行する。

一方、イベント通知機能は実装上の都合により、UCT IMS Client の GUI から SIPp プログラムを呼び出し SUBSCRIBE/NOTIFY メッセージを送受信する。SIPp は SIP を用いたシステムを構築する際に使用される性能試験ツールである。SIP による通信順序を XML のシナリオファイルで記述する事により、その通りの動作を実行する事ができる。

生体センサとして RF-ECG(株式会社医療電子科学研究所) を使用し、心電図、体温、3 軸加速度を 204Hz で取得する。RF-ECG で取得したデータは 2.4GHz 帯高度化小電力データ通信システムにより専用の USB 受信機を介して UCT IMS Client へ転送される。RF-ECG と USB 受信機間の転送プロトコルはセンサ独自の方式である。本研究では USB 受信機で受信した生体データを IMS クライアントで利用するため、新規に Linux 対応のドライバを開発した。現在の実装では取得可能なデータのうち体温のみを蓄積し、一般的にバイナリ形式で記述される心電図や加速度のような波形データは蓄積しない。先に述べたように、バイナリデータに関しては図 4.6 のデータエリアにパスなどのデータの取得に必要な参照情報を記述し、バイナリデータ本体は HTTP など別のインターフェースで転送する事を想定している。この場合、データにアクセスする際に参照情報とバイナリデータ本体に対する複数回のアクセスが必要となるが、この処理を IMS の枠組み内で実行するための具体的な手法は今後の課題とする。一方、リアルタイム転送では取得可能な全てのデータを転送する。

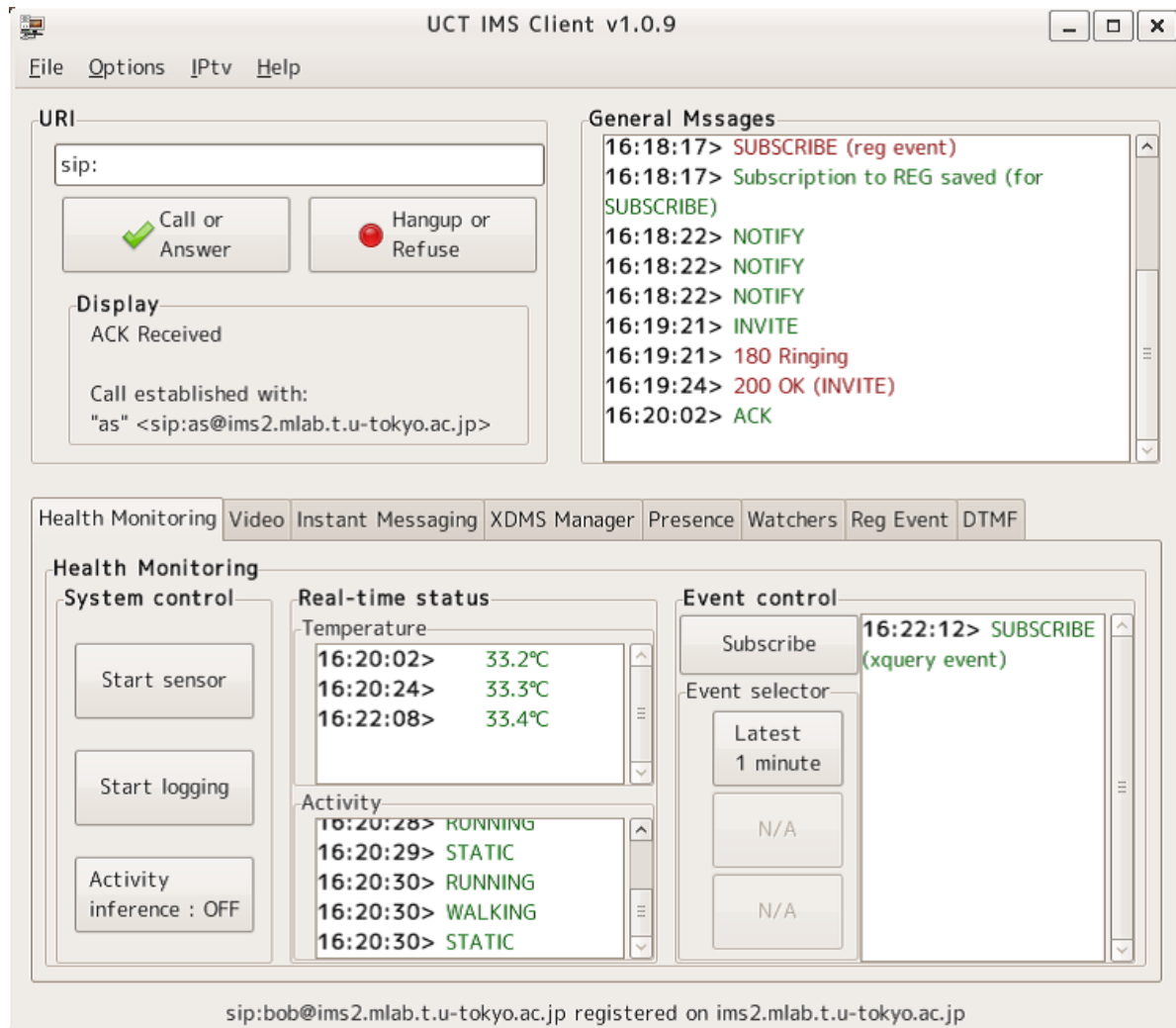


図 5.2 IMS クライアントのユーザインターフェース

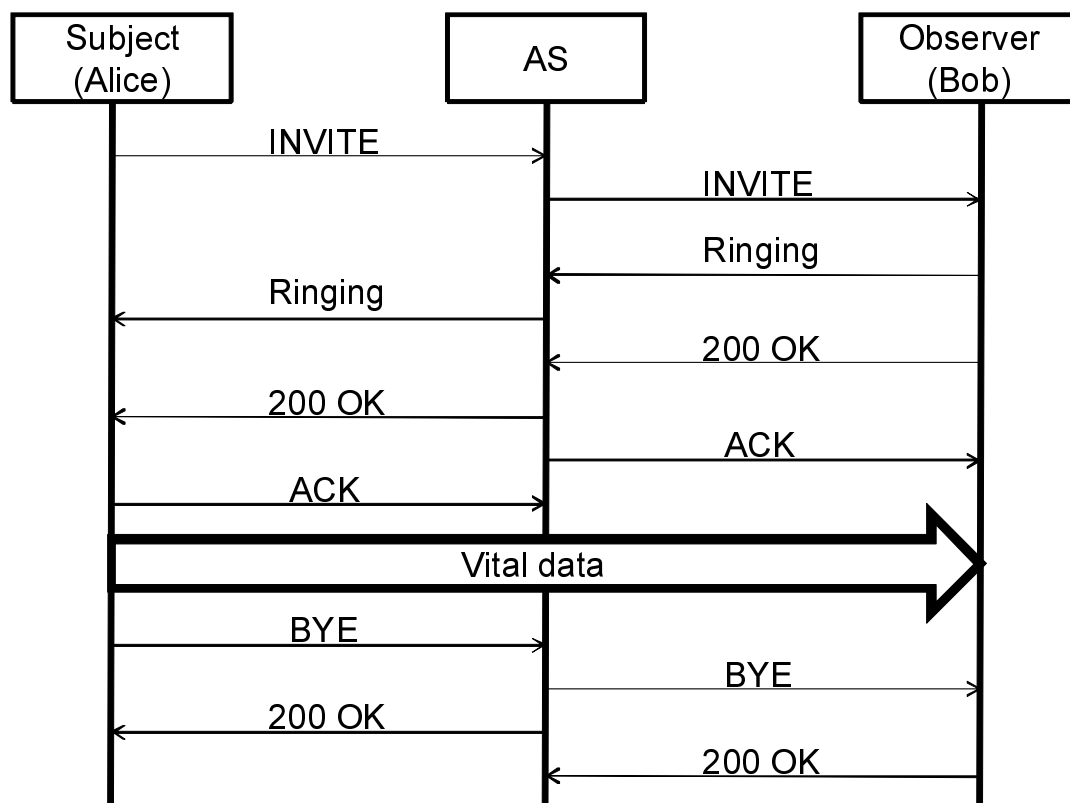


図 5.3 リアルタイム転送機能の動作順序

5.2.3 アプリケーションサーバ

リアルタイム転送時の付加的なサービスとして、データを中継し加速度から運動状態を推定する AS を実装している。クライアントとの接続性の観点から、AS も UCT IMS Client を用いて実装している。ここでは被観察者を起点として AS と観察者との 3 点間にセッションを確立する場合を例に動作を説明する。この場合の動作順序を図 5.3 に示す。まず被観察者は AS に対して中継後の転送先 (観察者) の SIP URI を SDP に付加し、INVITE メッセージを送信する。AS は INVITE メッセージから観察者の SIP URI を取得し、さらに観察者に対して INVITE メッセージを送信する。これに対し観察者が 200 OK を返すと、これを受信した AS がさらに被観察者に対して 200 OK を返す。その後はそれぞれの 200 OK に対して ACK が返され、それぞれのセッションが確立する。

AS は転送する加速度データを 20Hz でサンプリングし、5Hz で最新の 4 個の平均値、12 個の分散値、64 個の FFT パワースペクトルを計算する。これらの値を閾値判定する事で、被観察者の「走る」「歩く」および「静止」の 3 つの動作を推定する。動作に関する情報は他のデータと併せて観察者へ転送する。なお、動作推定アルゴリズムの詳細は [29] に譲る。

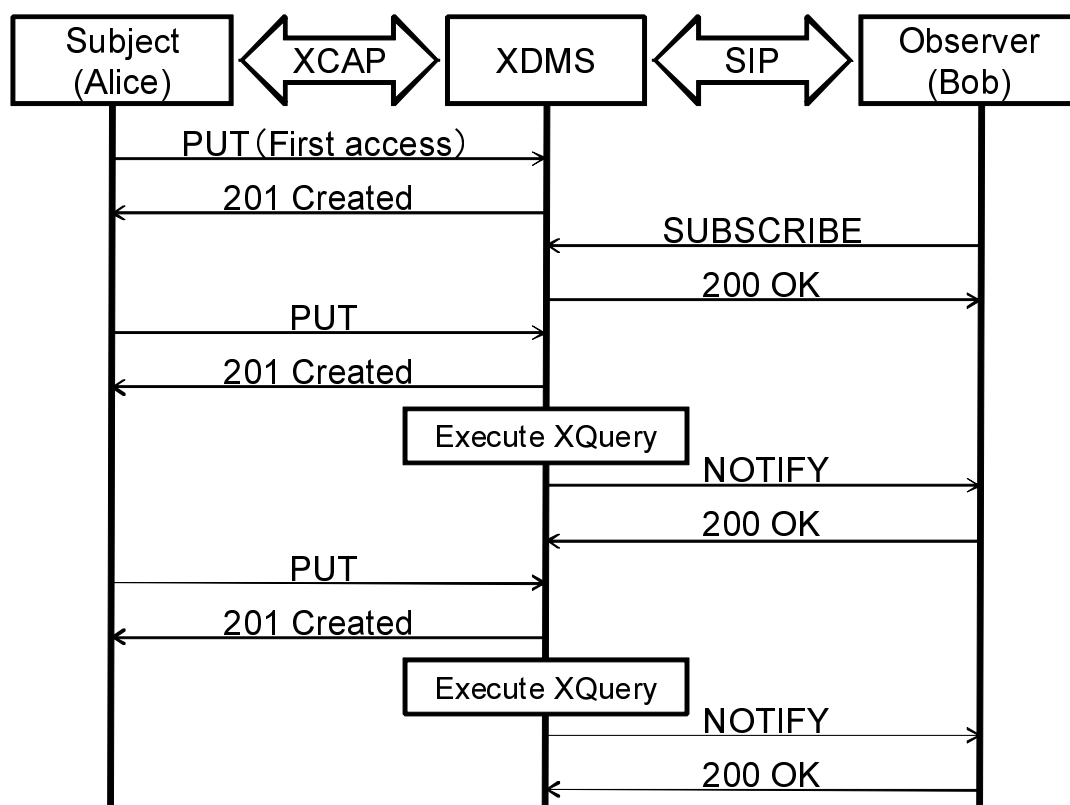


図 5.4 イベント通知機能の動作順序

5.2.4 XDMS

XDMS は XQuery に対応するため、バックエンドとして IBM DB2 9 を用いている。IBM DB2 9 は従来からの RDB をサポートする一方、ネイティブ XMLDB としての機能も備えるハイブリッド型のデータベースである。本実装で用いるのは無料で使用できる Express-C バージョンである。

一方、フロントエンドとして XCAP サーバとイベント通知フレームワークを処理する SIP サーバが動作している。SIP サーバの動作順序を図 5.4 に示す。XDMS は観察者からの SUBSCRIBE メッセージを受信すると、ボディに記述された XQuery を抽出しイベントフィルタを作成する。XDMS 内のデータは AUID(Application Unique ID) と SIP URI からなるアドレスを用いて一意に示されるため、これに基づきイベントフィルタを設定するファイルを指定する。このとき、複数のファイルにまたがるイベントフィルタを設定する事もできる。イベントフィルタの有効期限は SUBSCRIBE メッセージの Expires ヘッダで設定する。この有効期限内に監視しているデータが更新されると、これをトリガとして登録されていた XQuery を実行する。クエリの結果は前回の結果と比較され、変化があればそれを NOTIFY メッセージのボディに記述して観察者に通知する。なお、XQuery 可能な XDMS の実装の詳細は [30][31] に譲る。

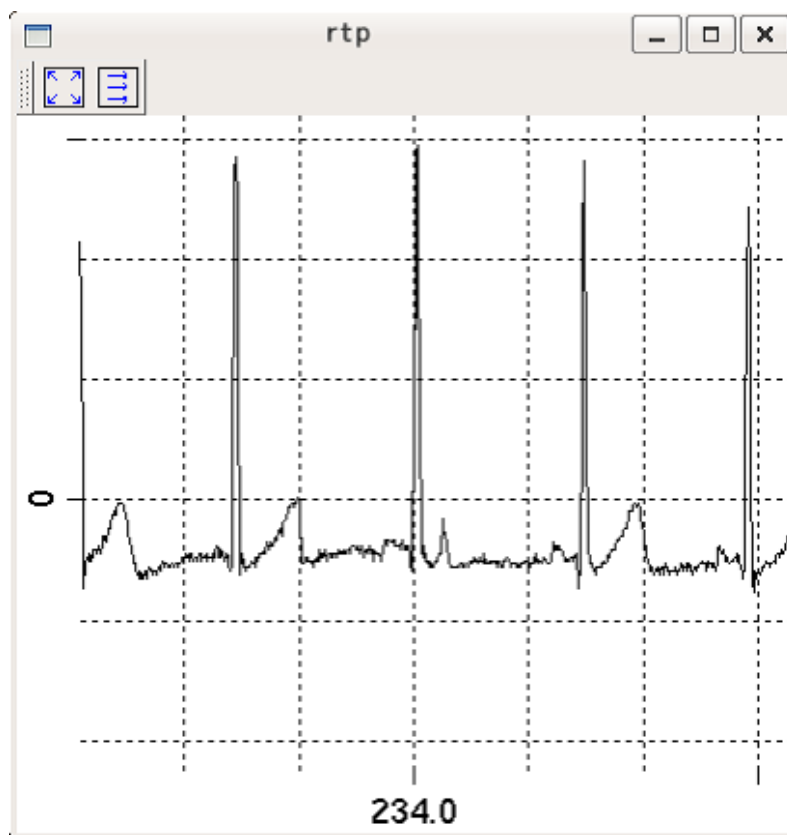


図 5.5 心電図の表示

5.3 システムの動作例

プロトタイプシステムの動作例を述べる．ここでは被観察者を Alice(sip:alice@ims2.mlab.t.u-tokyo.ac.jp) , 観察者を Bob(sip:bob@ims2.mlab.t.u-tokyo.ac.jp) とする．また, AS として (sip:as@ims2.mlab.t.u-tokyo.ac.jp) を設定する．プロトタイプシステムは心臓疾患を患う Alice の状態を主治医である Bob がモニタリングするというシナリオで動作する．リアルタイム転送では Alice から Bob へセッションを開始し, 心電図, 体温および 3 軸加速度を転送する．Alice は GUI 上で SIP アドレスによる宛先の設定と AS を中継するかどうかを選択する事ができ, AS を中継する場合は自動的に AS を含む 3 点間のセッションを確立する．各パラメータは GUI に表示し, 特に心電図に関しては Real Time Plotter と呼ばれる描画ソフトを用いて波形を表示する．転送時には生体データに加えて, データの受信判定のためのフラグを示す情報と AS で推定した動作に関する情報が加わるため, パケットのペイロードのサイズは 12 バイトとなる．これに RTP の制御情報などが加わるため, 本実装におけるリアルタイム転送のデータレートは約 13 キロバイト/秒である．参考として, Bob のクライアントで再生された心電図を図 5.5 に示す．グラフは横軸が測定開始からの時間 (秒) で, 縦軸は電位 (mV) である．

XCAP PUT

```
http://[XDMS URI]:3000/xcap/users/alice@ims2.mlab.t.u-
tokyo.ac.jp/vitaldata20081027/~~/vitaldata/data/t_hour
/vitaldata_tmp%2Exml
```

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<vitaldata date="2008/10/27">
  <properties>
    <name>
      <first>ALICE</first>
      <last>CARROLL</last>
    </name>
    <sex>FEMALE</sex>
    <age>23</age>
  </properties>
  <data>
    <t_hour hour="14">
      <t_min min="08">
        <t_sec sec="00" tmp="36.4"/>
        <t_sec sec="01" tmp="36.4"/>
        ...
        <t_sec sec="59" tmp="36.5"/>
      </t_min>
    </t_hour>
  </data>
</vitaldata>
```

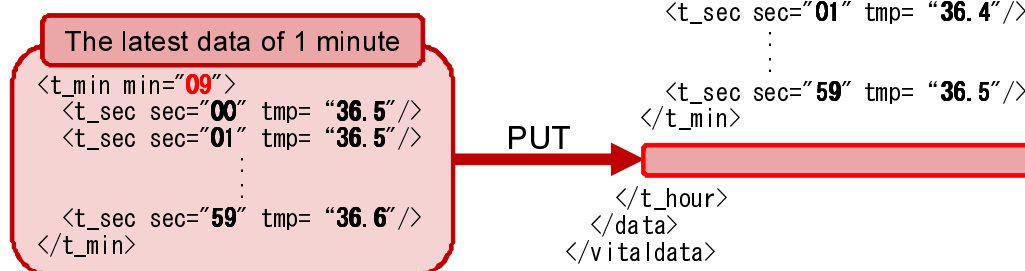


図 5.6 新しい要素を該当する時刻の場所に追記

一方，データ蓄積とイベント通知は連動するためあわせて述べる．本実装では個人の 1 日分のデータを 1 つの XML ファイルとし，取得年月日をファイル名に使用する．これは，多くの人が 1 日を生活の基本的な周期としているためである．先に述べたように，XDMS 内のデータは AUID と SIP URI からなるアドレスを用いて一意に示される．そのため，例えば Alice の 2008 年 10 月 27 日分のデータを示すアドレスは “/simple/users/sip:alice@ims2.mlab.t.u-tokyo.ac.jp/vitaldata20081027” となる．Alice は 1 日の最初のアクセス時に 1 日分のデータの雛型となる XML ファイルを PUT するとともに，図 5.6 に示すように以降は新しい要素を該当する時刻の場所に逐次追記する．本実装ではデモンストレーションでの説明を考慮し，1 分間おきに新しいデータを追記している．データこの処理はクライアントが自動的に行うため，Alice はデータ蓄積機能を有効にするだけで良い．一方，Bob は SUBSCRIBE メッセージで Alice のデータが格納されているアドレスを指定するとともに，ボディに XQuery を記述して XDMS へ送信する．本実装では，SUBSCRIBE メッセージは SIPp プログラムのシナリオファイルとしてあらかじめ用意しているため，クライアントの GUI からイベントを選択し SUBSCRIBE ボタンを押せば，外部プロセスとして SIPp が呼び出され SUBSCRIBE が実行される．例として，最新の 1 分間のデータを通知させる場合の SUBSCRIBE メッセージを図 5.7 に示す．XDMS はこの情報をもとにイベントフィルタを作成し，以降はファイルが更新される度に最新の 1 分間のデータを NOTIFY メッセージを用いて Bob に通知する．ただし，本実装では NOTIFY メッセージを受信するために別途 SIPp のプロセスを起動しておく必要がある．NOTIFY メッセージを取得したときの様子を図 5.8 に示す．また，Bob は XDMS に蓄積された過去のログを図 5.8 のように XML を表示可能な Web ブラウザを用いて閲覧する事ができる．


```

SUBSCRIBE sip:xdms.example.jp SIP/2.0
Call-Id: [call_id]
CSeq: [call_number] SUBSCRIBE
From: <sip:bob@ims2.mlab.t.u-tokyo.ac.jp>;tag=[call_number]
To: <sip:alice@ims2.mlab.t.u-tokyo.ac.jp>
Max-Forwards: 70
Via: SIP/2.0/UDP [local_ip]:[local_port]
Contact: <sip:client@[local_ip]:5070>
Event: x-ua-xquery; document="/simple/users
/sip:alice@ims2.mlab.t.u-tokyo.ac.jp/vitaldata2009125"
Accept: message/external-body, application/x-query+xml
Content-Length: [len]

```

```

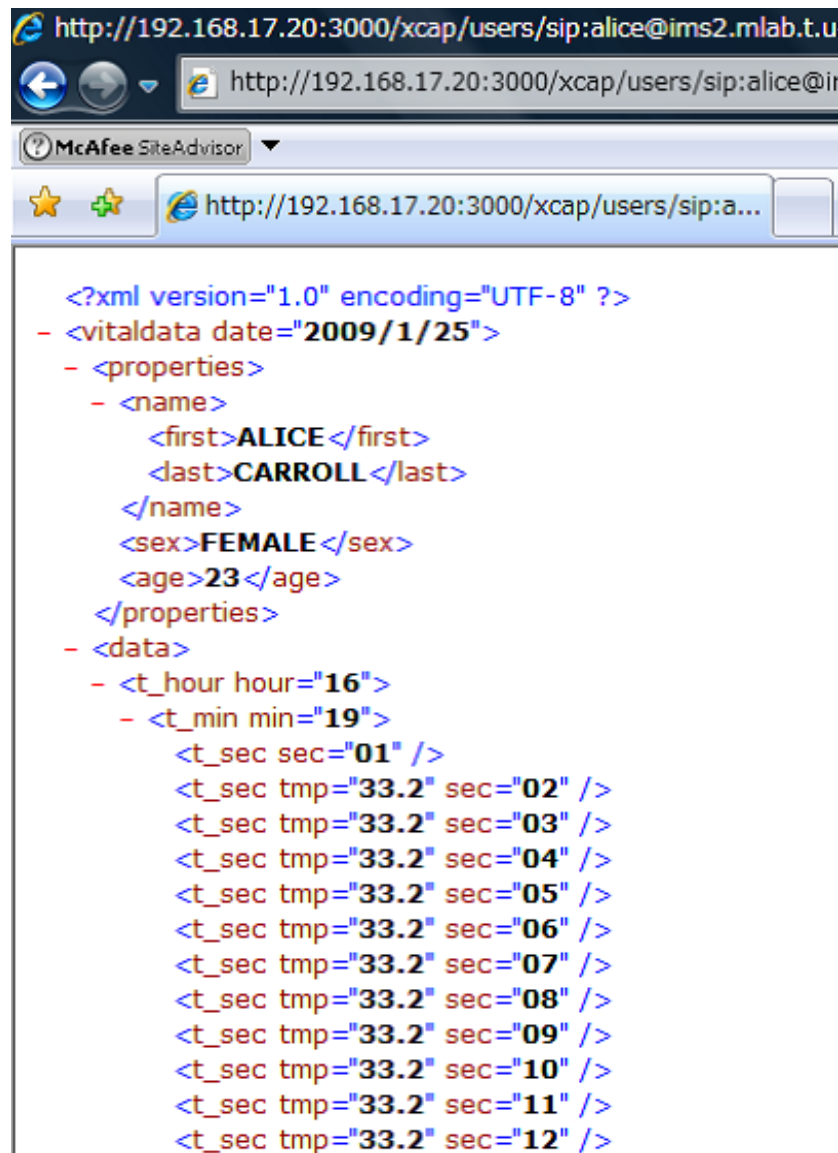
for $p in document("/simple/users
/sip:alice@ims2.mlab.t.u-tokyo.ac.jp/vitaldata2009125")
return <result>{$p/vitaldata/data/t_hour/t_min[field0]}</result>

```

図 5.7 最新の 1 分間のデータを通知させる場合の SUBSCRIBE メッセージ



図 5.8 最新の 1 分間のデータを記述した NOTIFY メッセージを受信



The screenshot shows an Internet Explorer browser window with the address bar displaying `http://192.168.17.20:3000/xcap/users/sip:alice@ims2.mlab.t.u`. The page content is XML data, displayed in a tree view. The XML structure is as follows:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <vitaldata date="2009/1/25">
  - <properties>
    - <name>
      <first>ALICE</first>
      <last>CARROLL</last>
    </name>
    <sex>FEMALE</sex>
    <age>23</age>
  </properties>
  - <data>
    - <t_hour hour="16">
      - <t_min min="19">
        <t_sec sec="01" />
        <t_sec tmp="33.2" sec="02" />
        <t_sec tmp="33.2" sec="03" />
        <t_sec tmp="33.2" sec="04" />
        <t_sec tmp="33.2" sec="05" />
        <t_sec tmp="33.2" sec="06" />
        <t_sec tmp="33.2" sec="07" />
        <t_sec tmp="33.2" sec="08" />
        <t_sec tmp="33.2" sec="09" />
        <t_sec tmp="33.2" sec="10" />
        <t_sec tmp="33.2" sec="11" />
        <t_sec tmp="33.2" sec="12" />
```

図 5.9 Internet Explorer から XCMS のデータを閲覧

5.4 実用環境との比較

本実装はシステムの機能の動作検証を行うためのプロトタイプシステムであるため、実用環境と比較した場合、いくつかの相違点がある。まず IMS コンポーネント群に関しては、現状では全ての要素を各 1 つずつ用意しているが、実用環境ではシステムのスケーラビリティと冗長性を確保するため複数用意される。また、IMS クライアントに関しては、現状は一般的なノート PC 上にソフトウェアを用いて実装しているが、実用環境では現在の携帯電話ほどの端末に IMS クライアントとしての機能が実装されると考えられる。現在は開発環境として使用できるオープンな携帯端末がほとんど存在しない（一部存在するが柔軟な拡張が行えず、また多額の費用も掛る）ため、本研究ではソフトウェアによる実装を行った。

プロトタイプシステムで使用しているプロトコルは実用環境に準じたものであるが、データ転送時の制御などは実用環境での使用に耐うるだけの最適な実装は行っていない。また、XDMS についても現状では機能の実現を優先して実装しており、同時に複数のクライアントからの要求に応える場合のパフォーマンスに関する検証は行っていない。現在の XDMS はバックエンドとして無償の IBM DB2 9 Express C を用いているが、ハードウェアの構成に制限がありパフォーマンスも制限される。よって、今後はオープンソースで開発されている XMLDB の利用も視野に入れる。AS についても同様に、現状では複数のクライアントからの要求に応える事はできず、あくまでもリアルタイム転送における付加サービスの一例として実装している。ただ、現状ではこれらの各コンポーネントのパフォーマンスの検証と最適化に関してはそれほど重要とは考えておらず、今後ある程度の規模での実証実験やサービスインなどが検討された段階で着手すべきものと考えている。

5.5 おわりに

本章ではテストベッドを用いたプロトタイプシステムの実装とその動作例について述べた。現状では開発環境の問題などからソフトウェアによる実装しかできないため、NGN/IMS を用いる大きな利点である QoS までは実装しなかった。しかし、それ以外の QoS, AAA, 呼制御といった要素の他、XDMS における XCAP を用いたデータアクセスや SIP イベント通知フレームワーク内で XQuery を用いたイベント通知機能などの主要な機能はプロトタイプシステムにて実証する事ができた。

一方、実用環境における運用と比較した場合、今回のプロトタイプシステムのような PC 上でのソフトウェアによる実装だけでは不十分で、専用のスマートカードに対応した携帯電話サイズの IMS クライアントや QoS 制御が可能な各種機器が必要である。現在のところ、こうした専用機器で実証実験に使えるような製品は市販されていないため、この点に関しては今後各種ベンダによる開発が望まれる。

■ 第 6 章

結論

6.1 本研究の成果

本論文では NGN/IMS と生体センサを用いて、日常生活のあらゆる場面におけるヘルスマonitoringを実現する Ubiquitous Health Monitor の設計と実装、さらに基本的な機能の動作検証について述べた。本研究の主たる成果は、様々な関連研究において独自に実装されてきたヘルスマonitoringシステムの機能要件をリアルタイム転送、データ蓄積およびイベント通知の 3 機能に集約し、それらを NGN/IMS のアーキテクチャに基づき実装した点と、XDMS において多様なイベント通知要求とクエリに対応するため、SIP イベント通知フレームワーク内で XQuery を扱う拡張を行った点である。これにより、共通の認証基盤上で多くの関連研究を包含する機能を提供するとともに、XQuery で記述可能な範囲で任意の通知条件 (イベントフィルタ) を設定可能なイベント通知機能を実現している。

NGN/IMS は従来の固定電話網と携帯電話網を IP ベースで統合するとともに、QoS, 課金, および複数サービスの統合のための機能を備える事で、従来のインターネットにおけるサービスに加えてリアルタイムマルチメディアサービスをも包含するサービスプラットフォームである。現在のところ、NGN/IMS におけるサービスとしては音声と映像を持ちいたリアルタイムマルチメディアサービスが想定されているが、この他にも NGN/IMS ならではの魅力的なサービスの開発が望まれる。筆者らは NGN/IMS が持つ機能がヘルスマonitoringシステムの求める要件と合致する事に着目し、関連研究の機能要件を包含しつつ、特定のサービスに縛られない柔軟な運用が可能なシステムの設計を行った。

本研究ではシステムの有効性を示すために NGN/IMS のテストベッドを構築しプロトタイプシステムを実装した。プロトタイプシステムは大部分をオープンソースで開発されたソフトウェアを用いて実装している。そのため、特に IMS クライアントに関しては実用環境との差異が大きかった。しかし、本システムを構成する各コンポーネントは全て実装しており、また使用する各種プロトコルも実用環境に準じているため、プロトタイプシステムとしての実証はできたと考えている。

6.2 今後の課題

今後は、まず IMS クライアントに関して、現在使用している RF-ECG 以外にも対応するセンサの種類を増やし、より実用的なサービスシナリオに基づく動作検証を行う。具体的なセンサとしては、関連研究でも頻繁に使用されている SpO₂ センサを検討している。また、現在は SIP イベントフレームワークの処理をクライアントとは別の SIPp のプロセスで処理している事から、今後は IMS クライアントへ機能を統合するとともに、通知可能なイベントの種類も増やす予定である。XDMS に関しては、複数のセンサデータを長期間に渡って記録した場合の XQuery とイベント通知機能のパフォーマンスについて検証する必要がある。また、波形や画像といったバイナリデータを扱うための仕組みについても具体的な検討が必要である。バイナリデータは基本的に XCAP で扱う事ができないため、バイナリデータ用に HTTP などの別の転送インターフェースを用意し、XML で記述したデータへアクセスするための参照情報を元にやり取りする事を考えている。AS も現在の実装では複数のユーザからの要求に対応できず、また安定性の面でも問題が残っている事から、改善が必要である。AS の種類に関しても、現状ではリアルタイム転送中のデータ解析しかサポートしていないが、将来的には XDMS に蓄積されている膨大なデータから有意な情報を抽出するようなサービスも必要である。さらに、現在のプロトタイプシステムは LAN での運用が主体となっているが、今後は現行のモバイルデータ通信サービスを利用し、より実用に即した環境での実証実験を進めていく予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたりまして、常日頃より有益かつ適切なご指導を頂きました森川 博之 教授、南 正輝 准教授に深く感謝致します。また、本研究の方向性を決める上で重要なヒントを与えてくださいました東京大学浅見研究室の川原 圭博 先生に深く感謝致します。全体ミーティングの場で数々の有益なご指導を頂きました今泉 英明 先生、猿渡 俊介 先生、川西 直さんに深く感謝致します。また、研究を行う環境の整備に尽力して頂きました秘書の川北 敦子さん、石崎 智子さんに深く感謝致します。

博士課程 2 年の荒木 靖宏さんには、本研究の中核となる XDMS の実装や、その他多くの面でご協力頂きました。また、博士課程 1 年のゲン ミン トゥンさんには、IMS に関する知識とテストベッドの運用ノウハウを教えて頂きました。お二人に深く感謝致します。修士課程 2 年のペドロ モラレスさんには、実装上の多くの問題点に関する相談や、英語の文法チェックなどを快く引き受けて頂きました。加えて、同期の良き友人として生活面でも精神的な支えとなってくださいました。深く感謝致します。博士課程 3 年の玉 載旭さんには、研究の事だけでなく豊富な人生経験に基づく様々な見識を教えて頂きました。深く感謝致します。博士課程 2 年の鈴木 誠さん、森戸 貴さんには、未だ研究テーマも定まらず試行錯誤を繰り返していた頃、研究に対する心構えや技術的な面でご指導を頂きました。お二人に深く感謝致します。また、森川研究室 OB のパベル プピレフさん、林 素娟さん、博士課程の李 斗煥さん、司 化さん、金 昊俊さん、修士 2 年のゲン フィレーさん、修士 1 年の李 慧さんは、研究生活の中で異文化の理解を深める大変良い機会を与えてくださいました。皆様に深く感謝致します。森川研究室 OB の石田 繁巳さん、小澤 政博さん、渡部 克弥さんには、1 期上の先輩として、研究面の相談に加え就職活動においても大変お世話になりました。深く感謝致します。また、2 年間苦楽を共にした千家 雅之 君、高木 衛 君、町田 啓太 君、優秀な同期であり、また友人に恵まれた事は、研究の進め方や進路選択において大変良い刺激となりました。深く感謝致します。修士 1 年の大原 壮太郎 君には、リフォームなど研究室の生活面で大変お世話になりました。加えて、同じく修士 1 年の林 敏樹 君、西村 亨輔 君、昨年伊庭研究室へ移った渡辺 晃生 君といった優秀な後輩に恵まれた事は、自分の研究生活のあり方を見直す上で、大変良い影響を受けました。深く感謝致します。この他にも、直接名を挙げる事は致しませんが、多くの研究室のメンバーに様々な形でお世話になりました。皆様に深く感謝致します。

最後に、2 年間の研究生活において、豊富な機材と快適な環境を提供して下さった森川研究室に心より感謝致します。

皆様、本当にありがとうございました。

平成 21 年 2 月 4 日

参考文献

- [1] Health Hero Network.
<https://www.healthhero.com/>
- [2] AMD Telemedicine.
<http://www.amdtelemedicine.com/>
- [3] Gonzalo Camarillo, Miguel A.Garcia-Martin, “IMS 標準テキスト NGN のコア技術 実践入門ネットワーク”, 2006.
- [4] 総務省「医療分野におけるICTの利活用に関する検討会報告書」ユビキタスネット時代の新しい医療の姿
- [5] El Barachi, May Kadiwal, Arif Glitho, Roch Khendek, Ferhat Dssouli, Rachida, “A Presence-based Architecture for the Integration of the Sensing Capabilities of Wireless Sensor Networks in the IP Multimedia Subsystem”, Wireless Communications and Networking Conference 2008. IEEE, 2008.
- [6] 3GPP Home Page.
<http://www.3gpp.org/>
- [7] 力武 紘一郎, 荒木 靖宏, 川原 圭博, 南 正輝, 森川 博之, “NGN/IMS を用いたユビキタスヘルスマニタリングシステム”, 信学ソ大, B-7-1, Sep. 2008.
- [8] S. Boag, et al., “XQuery 1.0: An XML Query Language”, W3C Recommendation, 2007.
- [9] ウェルネスケータイ SH706iw.
<http://www.nttdocomo.co.jp/product/foma/706i/sh706iw/>
- [10] Urs Anliker, Jamie A. Ward, Paul Lukowicz, Gerhard Troster, Francois Dolveck, Michel Baer, Fatou Keita, Eran B. Schenker, Fabrizio Catarsi, Luca Coluccini, Andrea Belardinelli, Dror Shklarski, Menachem Alon, Etienne Hirt, Rolf Schmid, Milica Vuskovic, “AMON: A Wearable Multiparameter Medical Monitoring and Alert System”, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, VOL. 8, NO. 4, DECEMBER 2004.
- [11] Akio Koyama, Junpei Arai, Satoshi Sasaki, Leonard Barolli, “Design and Implementation of a Remote Medical-Care Supporting System”, Proceedings of the First International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, pp.240-248, April 2007.
- [12] Wenxi Chen, Daming Wei, Michael Cohen, Shuxue Ding, Shigeru Tokinoya, Naotoshi

- Takeda, "Development of a scalable healthcare monitoring platform", Proceedings of the Fourth International Conference on Computer and Information Technology, pp.912-915, Sept. 2004.
- [13] Robert S. H. Istepanian, Emil Jovanov, Y. T. Zhang, "Guest Editorial Introduction to the Special Section on M-Health: Beyond Seamless Mobility and Global Wireless Health-Care Connectivity" IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, VOL. 8, NO. 4, DECEMBER 2004.
- [14] Min Wang, Marion Blount, John Davis, Archan Misra, and Daby Sow, "A time-and-value centric provenance model and architecture for medical event streams" HealthNet '07: Proceedings of the 1st ACM SIGMOBILE international workshop on Systems and networking support for healthcare and assisted living environments, pp.95-100, 2007.
- [15] Konrad Lorincz, David J. Malan, Thaddeus R.F. Fulford-Jones, Alan Nawoj, Antony Clavel, Victor Shnayder, Geoffrey Mainland, and Matt Welsh, "Sensor networks for emergency response: challenges and opportunities" Pervasive Computing, IEEE, Vol.3, Issue.4, pp.16-23, Oct-Dec 2004.
- [16] David Malan, Thaddeus Fulford-Jones, Matt Welsh, and Steve Moulton, "Codeblue: An ad hoc sensor network infrastructure for emergency medical care", In Proceedings of Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems (MobiSys), 2004.
- [17] A. Wood, G. Virone, T. Doan, Q. Cao, L. Selavo, Y. Wu, L. Fang, Z. He, S. Lin, J. Stankovic, "ALARM-NET: Wireless Sensor Networks for Assisted-Living and Residential Monitoring", Technical Report CS-2006-13, Department of Computer Science, University of Virginia, 2006.
- [18] Cory D. Kidd, Robert Orr, T. Doan, Gregory D. Abowd, Christopher G. Atkeson, Irfan A. Essa, Blair MacIntyre, Elizabeth Mynatt, Thad E. Starner, and Wendy Newstetter, "The Aware Home: A Living Laboratory for Ubiquitous Computing Research", Lecture Notes in Computer Science(LNCS), Vol.1670, pp.191-198, 1999
- [19] Continua Health Alliance.
<http://www.continuaalliance.org/home>
- [20] Marion Blount, John Davis, Maria Ebling, Ji Hyun Kim, Kyun Hyun Kim, KangYoon Lee, Archan Misra, SeHun Park, Daby Sow, Young Ju Tak, Min Wang, Karen Witting, "Century: Automated Aspects of Patient Care" 13th IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications, Aug. 2007.
- [21] M. Blount, V. M. Batra, A. N. Capella, M. R. Ebling, W. F. Jerome, S. M. Martin, M. Nidd, M. R. Niemi, S. P. Wright, "Remote health-care monitoring using Personal Care Connect", IBM SYSTEMS JOURNAL, VOL 46, NO 1, 2007.
- [22] The Internet Engineering Task Force.
<http://www.ietf.org/>

-
- [23] European Telecommunications Standards Institute.
<http://www.etsi.org/>
- [24] International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector.
<http://www.itu.int/>
- [25] Diameter Base Protocol.
<http://tools.ietf.org/html/rfc3588>
- [26] The Extensible Markup Language (XML) Configuration Access Protocol (XCAP).
<http://www.ietf.org/rfc/rfc4825.txt>
- [27] FOKUS, The Open IMS Core project.
<http://www.openimscore.org/>
- [28] University of Cape Town, UCT IMS Client project.
<http://uctimsclient.berlios.de/>
- [29] 倉沢 央, 川原 圭博, 森川 博之, 青山 友紀, “単一の無線加速度センサを用いたユーザコンテキストの推定”, 信学総大, B-19-23, Sep. 2005.
- [30] 荒木 靖宏, 森川 博之, “XQuery 可能な XDMS の設計と実装”, 信学ソ大, B-7, 2008.
- [31] 荒木 靖宏, 森川 博之, “XQuery 可能な XDMS の設計と実装”, 信学技法, IN2008-52, Sep. 2008.

■ 発表文献

- [1] 力武 紘一郎, 荒木 靖宏, 川原 圭博, 南 正輝, 森川 博之, “ NGN/IMS を用いたユビキタスヘルスモニタリングシステム”, 信学ソ大, B-7-1, Sep. 2008.
- [2] K. Rikitake, Y. Araki, Y. Kawahara, M. Minami and H. Morikawa, “ NGN/IMS-based Ubiquitous Health Monitoring System”, In Proceedings of the on 6th Annual IEEE Consumer Communications Networking Conference (IEEE CCNC 2009), Las Vegas, Nevada, USA, Jan. 2009. (Demo)
- [3] 力武 紘一郎, 荒木 靖宏, 川原 圭博, 南 正輝, 森川 博之, “ NGN/IMS を用いたユビキタスヘルスモニタリングシステムにおけるイベント/データ管理手法”, 信学総大, B-7-109, Mar. 2009. (発表予定)
- [4] 力武 紘一郎, 荒木 靖宏, 川原 圭博, 南 正輝, 森川 博之, “ NGN/IMS を用いたユビキタスヘルスモニタリングシステム”, 電子情報通信学会研究報告, 情報ネットワーク研究会 (IN2008-105), Mar. 2009. (発表予定)