

論文内容の要旨

論文題目

ウェアラブル生体・環境情報センシングシステム

氏名 ロペズ ギョーム

近年におけるインターネットを取巻く急速な技術革新は、デバイスの小型・高性能・省電力化、超広帯域 IP ネットワーク、時間や場所を選ばずにインターネット接続ができる小型無線端末、サービスのプラグ・アンド・プレイを実現する自動設定技術などをもたらし、ユビキタス・コンピューティングが目指した世界が今まさに幕を開けようとしている。同時に、先進国におけるの医療費の増加、ヘルスケアへの意識の増大により、信頼できる緊急医療システム、回復後の連続的なモニタリング、生活習慣病、日常生活において個人が実際に曝露している環境情報の健康への影響等に対する日々の健康管理、安全性を保證できる福祉システムの新しい形態が要求されている。そこで、センシング、情報技術と通信ネットワークングに基づいた様々なソリューションが研究されているが、その多くは単一のセンサを用いるため、得られる情報が少なく、満足のいくシステムとなっていない。

このような背景を踏まえ、本論文では、異なる多数のウェアラブルセンサを効率的に接続し、家庭内、屋外、工場などあらゆる環境でシームレスに生体及び環境データを入力、蓄積、共有、解析できる汎用的なベンチプラットフォームの構築によって、近い将来にウェアラブルセンサを用いた生体や環境情報システムをどのように日常生活に導入されるかを検討し、それに基づいた生体と環境情報を統合した日常生活の支援に有利な応用方法を提案するシステムに関する研究をまとめた。

今までのユビキタス・コンピューティングに関する研究では、多くの物にセンサが搭載され、そこから大量のデータが収集され、人間の生活環境をバックアップする技術についての研究が多い。しかし、本来のユビキタス・コンピューティングは複数のセンサを組み合わせることで人間の行動や感情などの情報を識別し、それに応じたコンテンツを提供するコンテキストウェアネスの概

念が重要である。そのため、生体環境や自然環境にもセンサと IT を用いて、幅広く日常生活の支援ができるシステムの構築が可能となる。そこで、ウェアラブルでセンシングを行うことが求められている。要求されるセンサの数は少ないが、ユーザごとに種類が異なるので、システム開発にコストをかけられない。どのようなセンサ、通信方式がベストか分からない。現場実験までやらねば、決められないがシステム開発コストがネックになっている。ウェアラブルでセンシングを行うことによる具体的な課題を以下に列挙する。

- モバイル性：移動しながらのセンシング、通信、視覚化の実現。
- 低重量化：センサ・コントローラ・通信モジュールの小型化。
- 無線化：チャンネル数が限られている（有線だと線を引けば良い）。
- 電池の寿命：長時間連続計測が求められている。
- いつもネットに繋いでいない：蓄積データではなくて、リアル・タイムでデータの前処理による簡易フィードバックを行う。
- センシングシステムの流れの自動化。

従来のセンシングシステムにおいて、データ処理は、センシング → 通信 → 蓄積 → 解析 → 公開の手順で行なわれるが、本研究の際はウェアラブル情報センシングにおいて、データ処理が各分野共通で行えるような手順を開発することができることを目標とした。

それを実現するために、本研究においては、ウェアラブル生体・環境情報センシングシステムを以下の5つにカテゴリ化し、

- ① ウェアラブルセンシングシステムの評価プラットフォーム
- ② ウェアラブル生体センサに基づいた診断支援ツール
- ③ 携帯端末を用いた環境情報モニタリングシステム
- ④ ウェアラブル生体・環境情報センシングによる行動認識を用いた日常生活情報フィードバックシステム
- ⑤ 福祉現場の作業支援における行動認識の評価システム

それぞれのシステムにおけるニーズを挙げ、そのニーズを満たすようなアプリケーションの開発例を実際に示すことで、ウェアラブルセンシングシステム共通なデータ処理の流れの評価を行った。

上記のウェアラブルセンシングシステムの各モデルに基づき、実際に特定の生体・環境情報センシングをウェアラブルで行うシステムを構築した。次の①-⑤の各ウェアラブルセンシングシステムの構築方法及びシステムの評価を行った。

- ① あらゆるウェアラブルセンサに適用可能なデータフォーマット、無線・有線プロトコル、センサの追加・変更柔軟な簡易診断アルゴリズム、標準的なデータ取得が可能な試験環境を構築した。生データを送るだけではなく、有用情報として生データを解析する機能を備えたアプリケーションを付け加え、実用化のための応用分野の絞込みが素早くできるように、ウェアラブル生体情報システム用の評価プラットフォームの設計を行った。
- ② エキスパートシステムを用いて、ウェアラブルに計測した血中酸素濃度と心電波

形データの並列リアル・タイム処理から、呼吸不全、喘息などの病変の簡易認識を行うシステムを構築した。

- ③ 同研究室において構築された PDA 型端末を用いた大気浮遊粒子状物質モニタリングシステムの計測データを迅速（測定した直後）に公開するために、センサーデータ受信、データサーバへ格納・加工し、モニタリング情報を端末上で提示するソフトウェア環境を自作した。
- ④ モバイル環境において、センサにより得られる個人の環境情報（生体、位置、照度など）と、インターネットにより取得可能な公共の環境情報（天気、ニュース、電車の時刻表等）を結合し、日常生活での行動認識を行い、自動的に時々刻々有用な情報を提供するシステムの設計とプロトタイピングを行った。
- ⑤ 福祉現場の作業支援における、患者の歩行中の足圧を計測し、無線で両足の生データを伝送できるセンサシューズを開発し、そのデータを長時間連続的にウェアラブル端末上で蓄積し、解析できるようなシステムを構築した。

本研究では、多様なアプリケーションのフィールドによる検証し、多数の事例を試して、システム構成法のノウハウを蓄積した。さらに、構築した各システム全体の情報の流れ踏まえ、本研究で扱ったウェアラブルセンシングシーンにおける共通のデータ処理手順を抽出し、それをそれぞれのウェアラブル生体・環境情報センシングシステムにおいて汎用的に応用する方法について述べた。そのための主なアイデアは生データの扱いとして、XML に基づいた共通のアプローチを用いたことで、「データ量が少ないこと」に特徴がある。センサデータは主として1次元の低周波信号である為、冗長なデータ構造を用いても、データ量増大の問題は起こらないため、XML が使える。また、生体・環境情報としては多くのシステムに共通して有用である情報を検討し、これにより人間の心理的・生理的側面を反映した情報の取得が可能であると示した。これにより、人間の日常生活において、主に医療分野、救急医療分野、健康管理分野、生活環境分野と作業環境分野に焦点を当てたウェアラブルで生体・環境情報センシングの有効的な活用方法の実現可を明記した上でそのシステムをもとに結論づける。

図 1 に示したのは、ウェアラブル生体・環境情報センシングシステムのデータ処理の流れ。二つのデータの扱い方がある。それは以下の二つのユーザを想定する時に必要となってくる：

- 研究者 → 生データを利用する。
- 一般の人 → パターン化（特徴量抽出）したデータを利用する。

パターン化という処理は主に生データから特徴量を抽出することである。それによって、ハイレベルな情報になり、一般ユーザにとって直感的に意味の分かるデータとなる（例：診断結果、運動パターン）。統一した通信モジュールとして、通信速度が高く、扱いが簡易、多元接続が出来る Bluetooth を想定している。状態認識処理はエキスパートシステムや行動識別等のアルゴリズムによる現状態を推定する処理を意識している。さらに、知識データベースに、医療診断だけではなく、機械故障診断の知識や、環境情報に基づいた診断の知識も組み込めることが可能であると考えられる。

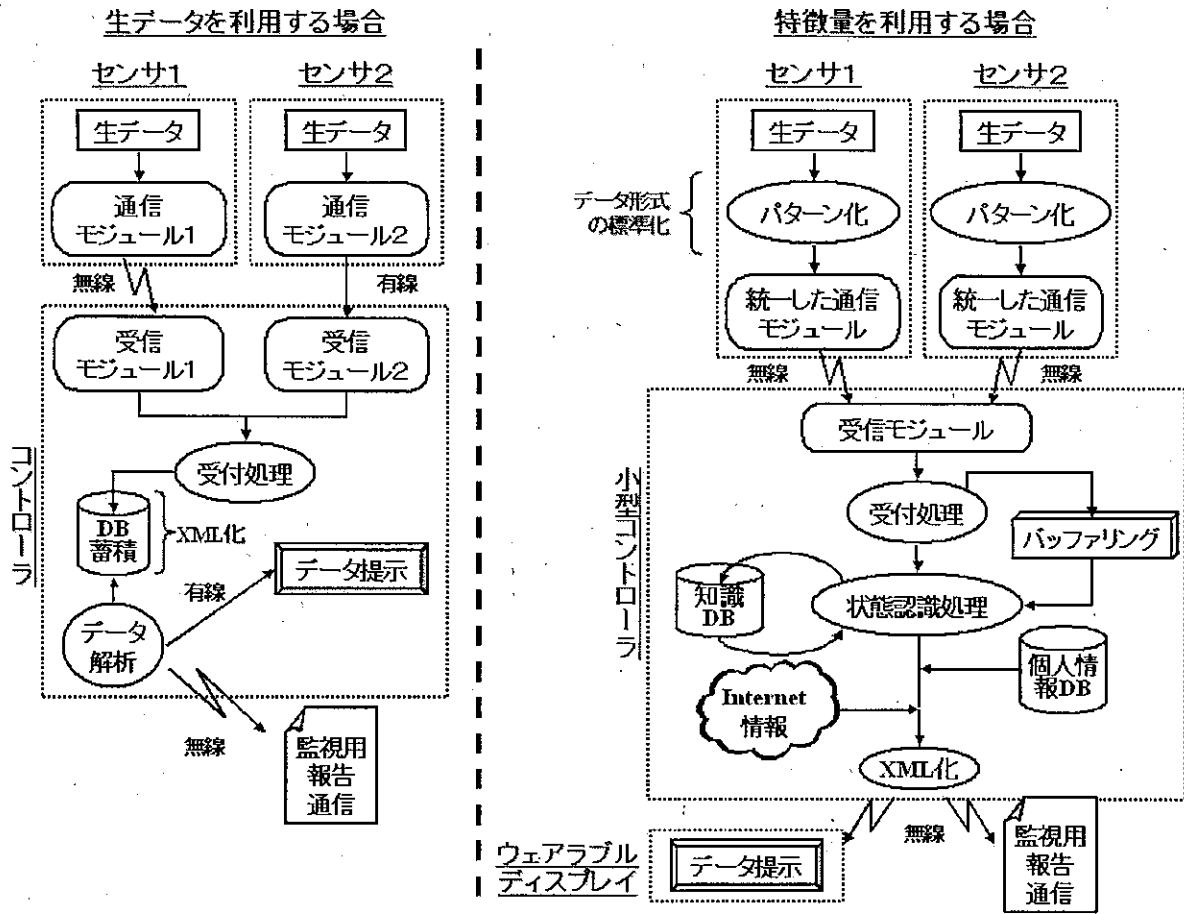


図 1 ウェアラブルセンシングシステムのデータ処理の流れ

このデータ処理の流れに沿って、本研究で構築した各ウェアラブル生体・環境情報センシングシステム内のデータ処理の流れを振り返り、表 1にまとめた。

表 1 本研究で構築した各システムにおけるデータの流れ

生データを利用する場合	特徴量を利用する場合
ウェアラブル生体センシングシステムの評価プラットフォーム	ウェアラブルセンサに基づいた診断支援ツール
携帯端末を用いた環境情報モニタリングシステム	ウェアラブル生体・環境情報センシングによる行動認識を用いた日常生活情報フィードバックシステム
福祉現場の作業支援における行動認識の評価システム	