

Bluetoothを用いた生体情報モニタリングシステム

南部雅幸¹, 田村俊世²

1 大阪電気通信大学医療福祉工学部, 四條畷市清滝1130-70

2 千葉大学工学部, 千葉市稲毛区弥生町1-33

nanbu@isc.osakac.ac.jp

Abstract: Continuous monitoring of health condition, for example, acceleration, heart rate, body temperature or ECG are necessary for health control. On the other hand, biomedical monitoring systems that has been proposed before or the commercial product are too large to carry for 24 hours in a day. Even if the package is enough small, the problem of power consumption even remains. In addition, some subjects dislike wearing the monitor of the wristwatch type or the pendant type. In this paper, we describe the body surface mount biomedical monitoring system which is composed on thin substrate. This system is flexible and has wireless communication system. Therefore, the subject is free from the restraint by wiring or the belt. This system is able to connect to the network, because we adopt the Bluetooth for wireless communication system. As the result of the experiment, we succeeded to acquire the data of behavior of the subject. Furthermore, we confirmed that we are able to correspond to various biomedical information, because the modality of the measurement will be changed easily.

Keywords: Bluetooth, biomedical measurement, health control

1. はじめに

高齢社会から超高齢社会に移行しつつある我が国では、医療費の高騰ともなあって健康保険、介護保険等の社会保険制度が破綻する可能性さえ危惧されている。これまでの社会保障体制を維持しつつ医療費の高騰を抑制するためには日常的な健康管理による疾患の重篤化を予防することが重要であり、そのためには、24時間健康管理が可能なシステムの開発と提供が必要不可欠である¹⁾。日常のかつ継続的に健康状態の計測が実現すれば、利用者のQOLの向上と医療費支出の低減を図ることが可能となる。一方ユビキタスコンピューティングシステムの普及が進みつつあり、この技術を日常的な健康管理に利用することで、より詳細な健康管理の実現を目指すシステムが開発されている²⁾³⁾。このような現状にあつて、我々は、加速度センサを用いた携帯可能なシステムにより、行動や、転倒の計測を試みてきた。これらの使用に際し、常に問題となるのは、装置を携帯する方法である。我々の従前の研究を含め、現在実用化されているシステム⁴⁾⁵⁾⁶⁾は、腕時計型のシステムや歩数計のようなペンダントタイプのものが主流であるが、いずれも利用者の積極的な意志の元に携帯することが必要で、携帯することを忘れてしまえば、連続的な計測は実現しない。また、拘束感を嫌って利用を忌避するケースもある。他方計測装置を体内に埋め込むインプラントタイプの研究も進んではいるが、体内に異物を埋め込むことは、疾患の治療、管理には必要であっても、健康な利用者に対しては受け入れられないことが多い。さ

らに、いずれの場合もできる限り小さいパッケージで構成することが望ましいが、小型化により、電源の制約が発生し、長時間の使用が困難になることがある。本研究では、ユビキタスコンピューティングシステムの一部として機能する生体計測システムの新しいアプローチとして体表面に貼付して利用するシステムを開発し、その有用性と、応用についての評価を行った。

2. 体表面貼付型生体モニタ

前述の通り、我々はこれまでに、携帯型の加速度計を提案してきた⁷⁾。このシステムは、携帯時の拘束感をできる限り低減するように小型化を行った。その結果常時携帯可能なサイズにはなったが、使用者が意識して使用するという問題は解決されておらず、小型化による電源の制約という問題が発生した。この問題をふまえ、Fig.1.に示すように体表面貼付型生体モニタリングシステムを提案した⁸⁾。このシステムは、人体の表面にセンサおよび計測システムを貼付して使用するものある。

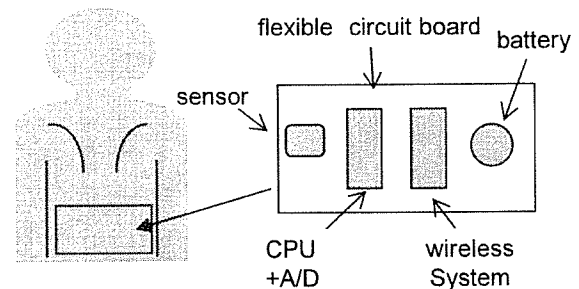


Fig. 1. Attachment of monitoring system to body surface.

本システムは、Fig.2.に示すようにフレキシブル基板上に計測回路を構成するもので、緩衝材とともに通気性のある防水フィルム⁹⁾により体表面に貼付する。これを背面に貼付すれば、使用感が抑さえられるため、長時間の使用も可能になると期待される。

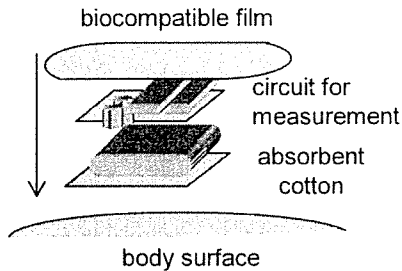


Fig. 2. Structure of monitoring system

体表面への貼付を前提とすることで、高さの制限が発生するが、他方実装面積の問題が回避できるため、電源や、回路部品の配置などの問題が緩和される。

3. Bluetoothを用いた通信システム

これまでに提案したシステムでは、無線通信システムに微弱電波を利用した無線通信システムを採用してきた。微弱電波を用いたシステムは、電波法上の免許あるいは承認の取得が不要であること、スペクトラム拡散によるデジタル通信を利用したパッケージが容易に入手可能であることなどの利点を有する。一方本システムでは、無線通信システムをこれまでの微弱電波を利用した無線システムからFig.3.に示すBluetooth¹⁰⁾¹¹⁾に変更した。Bluetoothを採用した理由は下記の通りである。

1. PCとの接続が簡単で、ネットワークとシームレスに接続可能
2. デジタル通信のため、信号強度の変化や周波数ドリフトなどに対して堅牢で、暗号化のフレームワークを実装済み
3. 微弱電波の無線通信システムに比べて到達距離が長い
4. 容易に入手可能で認証済みのパッケージが存在する。

さらに、今回採用したパッケージでは、組込システムでの利用を前提とするため、シリアル通信のフレームワークを実装済みで、組込用CPUと直接接続可能であり、電圧レベルの変換など特別な外付け回路が不要となるため回路構成がシンプルとなって、消費電力の低減にも寄与する。また

同時に、回路の高さを抑制することが可能な点も、本システムに望ましい。

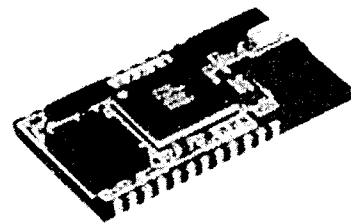


Fig. 3. Bluetooth core, AKC21, Rabbit Semiconductor, CA USA

Fig. 4. に本システムのブロック図を示す。本システムは、センサ部、制御用CPU、Bluetoothユニット、電源から構成される。制御用CPUにはAtmel社のAVRMega48を採用した。本CPUは6チャンネルのA/D変換器とシリアル通信ポートを内蔵しているため、ほとんど外付け部品を使用することなく、計測と通信が可能である。さらに、CPU、Bluetoothユニットとも、3Vでの駆動が可能のため、リチウムイオン電池の使用が可能である。

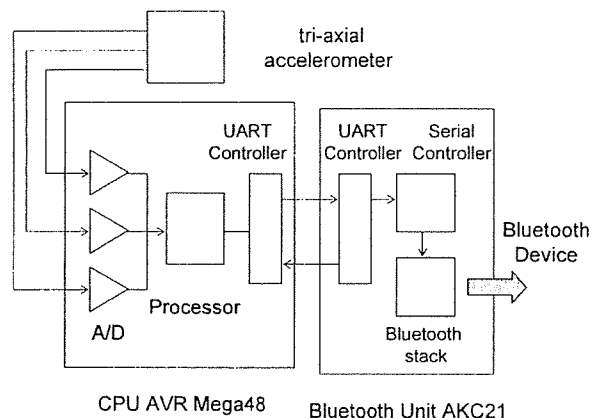


Fig. 4. System diagram

4. 評価実験と結果

本システムの有効性を確認するため、実験を行った。センサには加速度センサ（スター精密、ACA302）を用い、日常生活行動中の加速度を計測した。センサは背面に貼付するとともに、着衣上に固定したポーチ内部にも取り付け、同時に計測を行った。Fig.5. およびFig.6.に計測結果の一部を示す。Fig.5.は貼付型および着衣上のセンサにより獲得された信号であり、Fig.6.はそれぞれの信号のスペクトルである。貼付型センサにより獲得された信号には、着衣上のセンサによっては得られない信号が確認された(図中楕円部)。

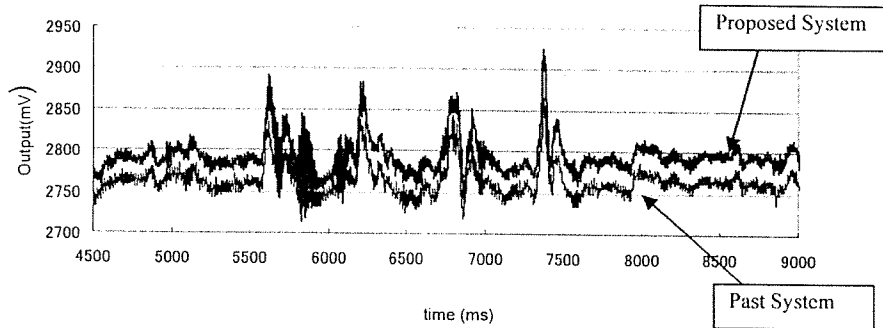


Fig. 5. Acquired signal of acceleration .

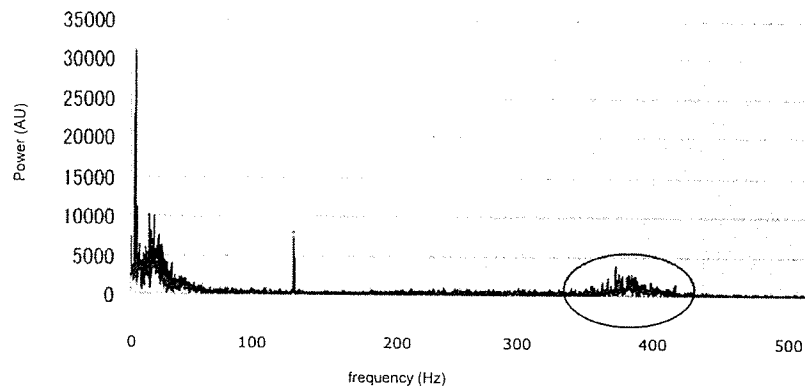


Fig. 6. Spectrum of acquired signal of acceleration .

5. 考察

実験結果から、本システムによって獲得された信号には、着衣上のセンサによって獲得された信号にはない成分(図中楕円部)が確認された。両手法の違いから原因を推測すると、着衣または、取り付けに利用したポーチが緩衝材すなわちダンパとして作用した結果、体幹部における微小な振動を吸収するため、本来計測されるべき信号が計測されなかったことによると考えられる。この成分は、例えば加速度の二重積分による速度および位置の推定には大きな影響を与えると推測されるが、静止状態でも運動状態と同様に観測されるため、利用者に発生した異常の検出にも応用可能と考えられる。実際に、計測データ中における3mの直線歩行中の速度変化や移動距離の推定結果をFig.7.に示す。推定誤差は約10%と一般家屋内での位置推定では十分な結果が得られた。

本システムでは、これまでの微弱電波によるスペクトラム拡散方式に代わりBluetoothを利用した。両方式共、デジタル変復調による通信方式のため、空電ノイズや温度変化に伴う周波数ドリフトなどの異常には堅牢である。しかしながら、微弱電波方式が

電界強度による制限を受けるのに対し、出力に一定の制限はあるもののclass2 (出力 1 mW) で約10mの到達距離を実現している。特に2.4GHz帯では、人体による吸収が大きく、センサシステムの設置位置、例えば前面と背面で、到達距離に大きく差が出るが、本システムではその違いは確認されなかった。

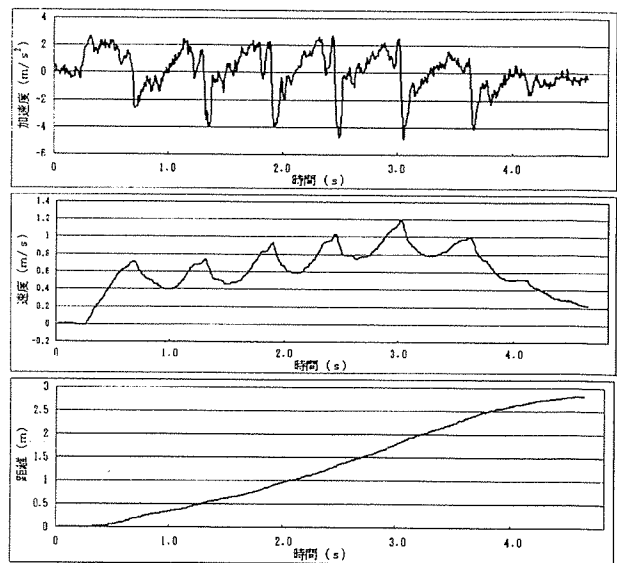


Fig. 7. Estimation of distance of movement from acceleration

本論文において述べた実験においては、加速度センサを用いた計測を行った。しかしながら、A/D変換器を含むCPUと無線通信ユニットは、汎用であり、センサを取り替えることで複数のモダリティに対応可能である。特に、人体表面に密着して使用可能であるため、体表面に誘導される電気信号、例えば心電図や筋電図などを連続計測することも可能である。また、温度センサで体表面の温度を計測することで、体温変化の相対的な傾向を検出することも可能である。計測モダリティ変更への対応は、同時に複数のモダリティの計測を実施することも可能であることを示しているため、複数モダリティの情報の相関から、診断の制度を向上する可能性も考えられる。

ユビキタスコンピューティングの基盤技術として、無線ICタグすなわちRF-IDがあげられる。RF-IDとして最も一般的に利用されている方式が外部電界による誘導方式を用いた受動型RF-IDである。受動型RF-IDでは電源は不要であるが、リアルタイムに信号を送出することは困難である。他方、電源内蔵のRF-IDすなわち能動型RF-IDは、その問題はないが、専用の受信機を必要とし、ネットワークとの連携には別途ソフトウェア他のシステムが必要である。他方、本システムは、電源の問題は内在するが基本的には通信のための汎用規格であるBluetoothを採用しているため、通信速度は約1Mbpsと通信速度に関しては優位である。また、Bluetoothでは、一様のIDが割り当てられるため擬似的にRF-IDと同様の利用法も可能である。したがって、一台の受信機の近傍に複数の利用者が存在するときも、その信号が輻射し弁別が不能になることはない。

本システムを用いた連続計測において、ほとんどの被験者は最初違和感を訴えることもあるが、10分程度の継続使用でその感覚が消失すると答えている。これは、比較的感覚の鈍い背面に貼付することに由来すると考えられる。しかしながら、入浴時にも使用される可能性を考慮すると、計測システムのためには耐水性が必要である一方、通気性が確保されなければ利用者の皮膚表面に発赤や潰瘍などの異常が発生する可能性が高くなる。またそれ以前に、蒸れによる不快感を伴い、利用者のQOLが低下する。これまで、最長2時間の利用を実施したが、その間に不快感や異常を訴えた利用者はいなかったが、今後実用化のためには材質のさらなる検討が必要である。さらに、電源に関しては、現在3Vのボタン型リチウムイオン電池で最長2時間の利用が限度であった。実用化を考慮すると最低でも24時間の連続利用が必要不可欠であり、現状では達成できていない。仮に2-3個の並列使用で6時間程度の連続使用が見込めるが、それでもまだ不足で、実用化のためにはより大容量の充電電池や回路の省電力化を図る必要がある。

6. おわりに

Bluetoothを用いて体表面に貼付し生体情報を連続モニタリング可能なシステムを開発した。また評価実験の結果、着衣上などに設置した場合には獲得不可能なデータが獲得されることも示唆された。本システムを用いることで長期の生体データを獲得することが可能になるだけでなく、利用者の位置情報の検出や、利用者に発生した異常のリアルタイムに検出および通報が可能である。さらに、RF-IDとして作用することも可能であるためユビキタスコンピューティングシステムにおける個人インターフェースへの転用も可能であると考えられる。今後は実用化に向けた材質の改善や、省エネルギー化などの改良が課題である。

References

- [1] 南部雅幸, 中島一樹, 田村俊世, “高齢者のための高齢者自立・介護支援”, 計測と制御, 40/5, pp368-369. 計測自動制御学会, 2001
- [2] Ishijima M., “Cardiopulmonary Monitoring by Textile Electrodes without Subject Awareness of Being Monitored”, MBEC, 35, pp685-690. 1997, IFMBE
- [3] 松岡克典, “住宅内行動の長期蓄積に基づく異常検知手法の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, ME とバイオサイバネティクス, 102/726, pp65-68, 電磁情報通信学会
- [4] 三輪洋靖, 松井俊浩, “ウェアラブルセンサを用いた日常の生体情報の計測による睡眠充足度の推定”, 生体医工学, 第45回日本生体医工学会大会論文集, p539, 日本生体医工学会, 2006
- [5] N.J.Kim, J.H.Hong, T.S.Lee, “A study on Power Consumption and Transmission Rate in ECG Signal Processing in Mobile Environment, Proceedings of u-Healthcare 2006, pp171-174, u-Healthcare2006, Seoul, Korea, 2006
- [6] Oleg Medvedev, Alexander Kovelev, Sergey Schookin, Maxim Jatskovsky, Garik Markarian, Igor Sergeev, “Smartphone-based Approach for Monitoring Vital Physiological Parameters in Humans”, Proceedings of u-Healthcare 2006, pp71-73, u-Healthcare2006, Seoul, Korea, 2006
- [7] 吉村 拓巳; 堀内 郁孝; 東 祐二; 中島 一樹; 藤元 登四郎; 千原 國宏; 田村 俊世, “老人転倒モニタの開発とその評価”, 電気学会論文誌C, 120/12, pp1846-1853, 2001
- [8] 南部雅幸, 田村俊世, “体表面貼付型生体モニタの開発”, 第19回生体生理工学シンポジウム論文集, pp315-316, 計測自動制御学会
- [9] やわらか防水フィル製品情報ホームページ, “<http://www.jnj.co.jp/consumer/bandaid/products/bandaid/film.html>”, ジョンソンエンドジョンソン株式会社
- [10] Official Bluetooth Wireless Information Site, “<http://www.bluetooth.com/bluetooth/>” Bluetooth Special Interest Group
- [11] ネットワークデバイスホームページ, Bluetooth OEM 組込用モジュール, “http://www.networkdevice.jp/bt_oem_module.php” 株式会社アーガイルホームテック