

**バイタルセンサの臨床データ取得とそのユビキタス
健康監視への応用に関する研究開発 (092307004)**
Gathering of Clinical Test Data for a Wireless Vital Sensor
and Its Application to Ubiquitous Health Care Monitoring

研究代表者

原 晋介 大阪市立大学
Shinsuke Hara Osaka City University

研究分担者

竹内一秀 中村 肇 中島重義 辻岡哲夫
Kazuhide Takeuchi Hajime Nakamura Shigeyoshi Nakajima Tetsuo Tsujioka
大阪市立大学
Osaka City University

研究期間 平成 21 年度～平成 22 年度

概要

2 電極 1 誘導型心電計と 3 軸加速度計を装備した簡易型無線バイタルセンサの臨床試験を行い、ネットワークを通して収集されたバイタルデータを自動解析するトリアージエンジンを構築する。センサデータと 5 電極 2 誘導型ホルター心電データを健常者と循環器疾患患者から収集し、用いるセンサの能力と構築するトリアージエンジンの性能を検討する。健康や安全・安心のために医師が国民一人ひとりに 24 時間付き添っているようなユビキタス医療センシング環境の実現を目指す。

Abstract

For a wireless vital sensor measuring Electro-Cardio-Gram and three-dimensional acceleration, we conduct a clinical test and evaluate its vital data gathering capability by comparing it with that of a Holter monitor. Using the result and data obtained in the clinical test, we develop a triage engine which can automatically analyze and classify vital data gathered through wired and wireless networks. The purpose of this research and development is to realize a ubiquitous medical sensing environment as if a medical doctor were with each person anytime and anywhere.

1. まえがき

日本の医療現場が抱える問題には、人口当たりの病床数が少ない、平均在院日数が非常に長い、医師と看護師が慢性的に不足している等があり、このような状況を打破するためには、情報通信技術 (ICT) を積極的に医療現場で活用すること、すなわち、医療 ICT の推進が必要不可欠である。医療 ICT 推進の鍵の一つは、現状 ICT を医療現場で使用し、得られるデータから医師が満足いく情報を引き出せるかどうかを検証することである。そしてもう一つの鍵は、得られた検証結果から、現状 ICT で提供できる医療システム/医療サービスと、新しい ICT が必要となる医療システム/医療サービスを切り分け、現状 ICT で提供できるものについては商用化を目指し、一方、新しい ICT が必要となるものについては得られた結果を業界団体や標準化団体にフィードバックすることにより、医療現場で必要とする新しい ICT の研究/開発に役立てることである。

2. 研究内容及び成果

2. 1 臨床試験によるバイタルデータ取得

上記の目的のため、平成 21 年度と平成 22 年度にバイタルセンサ (ワイヤレスセンサ) を用いた臨床実験を行った。図 1 に示すように、心電図 (ECG: Electro-Cardio-Gram) と 3 軸加速度が連続して取得できるワイヤレスセンサとホルター心電計を被験者に装着し、それらの 24 時間データを取得した。被験者に関しては、平成 21 年度は健常者 67 名 (男性 30 名、女性 37 名、21-49 歳)、平成 22 年度は循環器に疾患を持った患者 60 名 (男性 47 名、女性 13 名、25-84 歳) であった。



図 1 ワイヤレスセンサとホルター心電計を用いた臨床実験

2. 2 ワイヤレスセンサの性能解析

ワイヤレスセンサは 2.4GHz 帯の信号を使ってバイタルデータをノート PC に無線伝送するため、フェージングやブロッキングによりデータに欠損が生じる。図 2 は、全被験者のデータを用いて算出したデータ欠損率である。

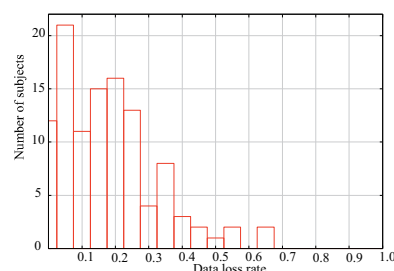


図 2 データ欠損率

この図から、平均で約 20%のデータが欠損することがわかる。従って、データ欠損率を改善する方法が必要となる。その方法の一つとして、ノート PC を複数台用いて受信を行う受信機ダイバーシティを提案した。データ欠損率は、設置場所をうまく選択することにより、2 台のノート PC を用いると 10 分の 1 以下、3 台のノート PC を用いると 100 分の 1 以下にできることを明らかにした。

一方、ホルター心電計と比較して、ワイヤレスセンサの ECG の性能は、サンプリングレートと AD 分解能の点で若干劣るが、不整脈を検出する能力についてはほとんど差がないことを定量的に明らかにした。

2. 3 バイタルデータ解析アルゴリズム開発

期外収縮性不整脈は、健康者でも 1 日数回は発生しており、それも運動中に発生することが多い。従って、ECG 波形から不整脈を検出するアルゴリズムを開発する場合、同時に運動状態を推定する必要がある。一方、致死性不整脈は、検出されると運動状態にかかわらず医師に直ちに知らせる必要がある。

被験者から取得した ECG データを用いて期外収縮性および致死性不整脈検出アルゴリズムを開発した。期外収縮性不整脈検出アルゴリズムは、リアルタイムに取得される ECG 波形とテンプレート波形とを時間領域で相関をとる方法に基づいており、一方、致死性不整脈検出アルゴリズムはその周波数スペクトルの特徴を利用した瞬時離散フーリエ変換 (ST-DFT) による周波数領域での信号処理に基づいている。開発した検出アルゴリズムの性能は、データ損失率が 20%でも、見逃し確率が 10%以下であった。

一方、3 軸加速度データから運動状態を推定するアルゴリズムも開発した。このアルゴリズムは 3 軸加速度データから「歩いている」、「走っている」、「座っている」、「立っている」、「寝ている」、「自転車に乗っている」、「階段を上っている」および「階段を下りている」の 8 つの運動を推定できる。開発した推定アルゴリズムの性能は、階段の上り/下りの推定精度が良くないが、それ以外の運動に対しては 71%以上の高い推定精度が得られた。

2. 4 遠隔ヘルスケアシステムの開発

上記で開発した不整脈検出アルゴリズムと運動状態推定アルゴリズムをコアにしてトリアージエンジンを開発した。そして、そのトリアージエンジンを装備した遠隔ヘルスケアシステムを構築した。開発した遠隔ヘルスケアシステムとトリアージエンジンの構成を図 3 に示す。ノート PC の中で、取得したバイタルデータは最大 8 サブスレッドからなるリングバッファに一度格納される。デスクトッ

ブ PC で開発されたトリアージエンジンからノート PC のバッファに格納されているバイタルデータには、IP アドレス、ポート番号とバッファ番号を指定するだけで HTTP コマンドによりリモートアクセスできるので、ノート PC とデスクトップ PC は有線 LAN あるいは無線 LAN で接続できる。また、ダイバーシティとして最大で 3 台までのノート PC を 1 台のデスクトップ PC に接続できる。例えば、家庭内でのヘルスケアシステムの場合、受信機となる複数のノート PC を屋内に、トリアージエンジンは最寄りの病院に設置できるし、また、病院内での術後患者の見守りシステムの場合、ノート PC は病室や ICU に、そしてデスクトップ PC はナースステーションに設置できる。

3. むすび

バイタルセンサの性能を把握するために、現在購入可能なワイヤレスセンサを対象として、バイタルデータを取得するための大規模な臨床実験を行った。臨床実験では、ホルター心電計のデータも同時に取得した。そして、両デバイスの性能を比較することにより、本バイタルセンサの不整脈を検出する能力は、ホルター心電計のそれとほとんど同じであることを明らかにした。ただし、バイタルセンサの無線伝送部でデータの欠損が約 20%発生することも明らかとなった。

最終的に、取得した ECG データと 3 軸加速度データを用いて不整脈検出アルゴリズムと運動状態推定アルゴリズムから構成されるトリアージエンジンを開発し、そのトリアージエンジンをコアとして持つ遠隔ヘルスケアシステムを構築した。

【誌上発表リスト】

- [1] H. Sugano, S. Hara, T. Tsujioka, T. Inoue, S. Nakajima, H. Nakamura, T. Kozaki, K. Takeuchi, "Development of a Triage Engine Enabling Behavior Recognition and Lethal Arrhythmia Detection for Remote Health Care System", Proc. 33rd Annual International IEEE EMBS Conference (EMBC2011), in CD-ROM, (2011 年 8 月 31 日)。
- [2] 原 晋介, "はじめに — 情報通信技術の健康・医療分野への活用に向けて", 電子情報通信学会誌, vol. 94, no. 3, pp. 166-171 (2011 年 3 月 1 日)。
- [3] 原 晋介, "バイタルセンサの臨床データ取得とそのユビキタス健康監視への応用", 電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン, No. 17, pp.21-25 (2011 年 6 月)。

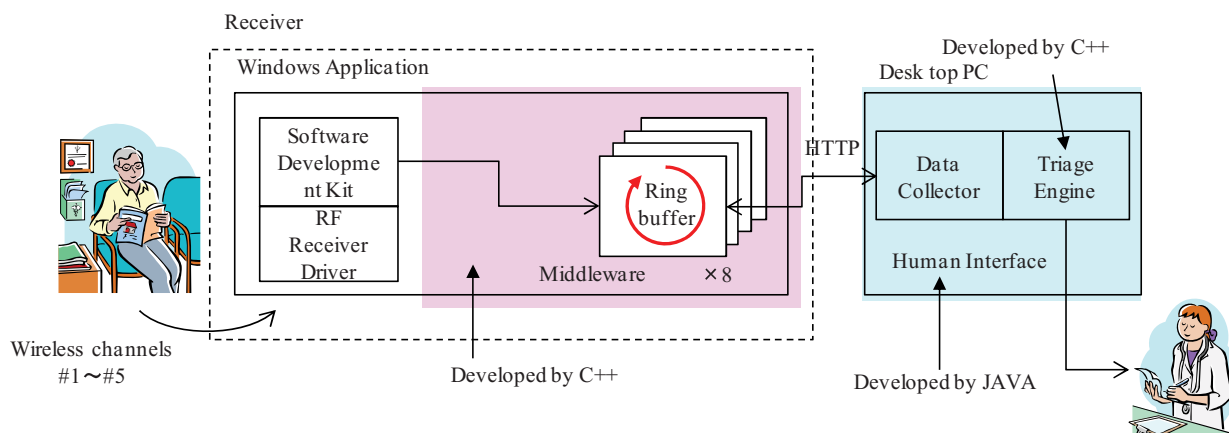


図3 開発した遠隔ヘルスケアシステム