

拘束感がなく常時モニタリング可能なネックレス型リアルタイム心拍センサの設計と実装

藤原聖司* 柏本幸俊 荒川豊†

概要. 近年の健康志向の高まりにより、ユーザの心拍数を常時モニタリングできるウェアラブル心拍センサが注目されている。これまで、常時モニタリングが可能なウェアラブル心拍センサは多数提案されているが、固定バンドを用いて常に電極を皮膚に密着させる必要があり、ユーザへの負担が大きい。そこで我々はうなじに電極を軽く接触するだけで心電を計測できる、ネックレス型心拍センサを開発した。ユーザは今回開発した拘束度の少ないネックレス型心拍センサを日常的に装着することで、手軽に常時心拍を測定できる。このネックレス型心拍センサは、首かけ部分、皮膚接触電極、心拍数推定処理プロセッサ、BLE無線ユニットからなり、ネックレス型のアクセサリを首からさげることで心拍の計測を行う。ネックレス型心拍センサを実現する上で、うなじから取得できる心電は微弱でかつ環境ノイズの影響を受けやすい為、正確な心拍数の取得が難しいという課題が存在した。そこで、電極材料とフィルタ回路を工夫することでこの課題を解決した。まず、既存の心拍センサの電極は鉄を用いるが鉄電極は接触抵抗が大きく、心拍数の正確な取得が難しいという課題が存在した。そこで、我々は塩化銀を塗布した電極を開発し接触抵抗を低減することでこの課題を解決した。次に、環境ノイズの影響によって正確な心拍数の取得が難しいという課題が存在した。そこで、複数のフィルタ回路を試作・実験を行い、周波数帯域 1.6Hz~160Hz のみを通過するバンドパスフィルタを新規に設計した。本論文では心拍センサの詳細と実際に開発したプロトタイプについて述べ、今後の展望についても述べる。

1 はじめに

近年、健康志向の高まりとデバイスの低価格化により、心拍センサが身近なものになっている。胸にバンドで装着するタイプ [1] だけではなく、腕時計タイプも多数 [2][3] 販売されている。このような背景のもと、我々は心拍センサを日常生活の行動モニタリングに利用できないかと考えている。日常生活での利用（常時モニタリング）を想定した場合、重要となるのは、拘束感の有無とバッテリーライフである。拘束感が強い場合、常時身に付けることは難しい。また、消費電力が高いと大きなバッテリーを搭載することになり、不快感がまってしまう。現在発売されているデバイスについて考えると、胸にバンドで装着するタイプ [1] や首を挟むタイプ [4] は拘束感が強く適していない。また、腕時計型は、光学センサを用いて心拍数を推定するが、光源となる LED の駆動や画像処理のために電力を必要とするため、常時モニタリングは難しい。そこで、本論文では、うなじに電極を軽く接触するだけで心電を計測できるネックレス型心拍センサを提案する。ユーザは今回開発したネックレス型心拍センサを日常的に装着

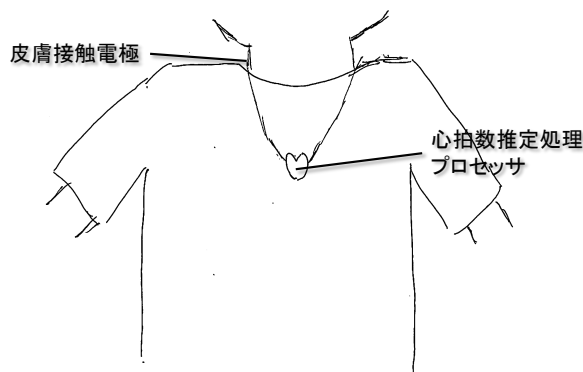


図 1. 完成イメージ

することで、常時手軽に心拍を測定できる。

2 システム構成

本研究では図 1 のようなネックレス型心拍センサの開発を目的とする。この心拍センサの特徴はネックレス型とすることで拘束感を少なくできている点とアクセサリになっているのでユーザが日常的に装着して心拍数の常時モニタリングが可能な点である。また、ネックレスとして使いたくない時は服の内側に装着することで、心拍センサとしてのみ使用する

Copyright is held by the author(s).

* 大阪府立大学工業高等専門学校

† 奈良先端科学技術大学院大学

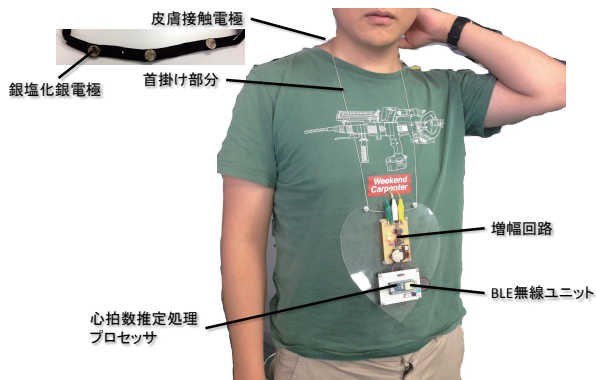


図 2. 開発したプロトタイプ

ことができる。以下では、実際に開発したプロトタイプについて述べながら、この心拍センサを開発する上での課題とその解決方法に関して述べる。

2.1 ハードウェア

開発したプロトタイプを図2に示す。提案する心拍センサは、首かけ部分、皮膚接触電極、増幅回路、心拍数推定処理プロセッサ、BLE¹無線ユニットからなる。首かけ部分に実装した皮膚接触電極をユーザのうなじに軽く接触し、心電を取得する。次に、取得した心電を増幅回路で約2500倍に増幅する。心拍数推定処理プロセッサで、心拍波形のピーク間の時間を計測することで心拍数を推定する。最後に、推定した心拍数をBLEモジュールを経由してスマートフォン等に送信する。心拍数はBLEで規定しているHRP²プロファイルに変換して送信する。従って、HRPプロファイルに対応するスマートフォンアプリケーションを用いて心拍数を取得できる。今回の実装では、増幅回路にAnalog Devices社の計装オペアンプ(AD627)、汎用オペアンプ(AD8607)を用いた。また、心拍数推定処理プロセッサにSwitch Science社のmbed HRM1017、BLE無線ユニットにはHRM1017内蔵のBLEモジュールを用いた。

2.2 工夫点

プロトタイプを開発する上での工夫点について述べる。まず、皮膚との接触抵抗を低減させるため、塩化銀を塗布した電極を用いた点が工夫点として挙げられる。既存の心拍センサでは鉄電極等を用いる場合が多いが、鉄電極は皮膚との接触抵抗が大きい。特にうなじから得られる心電は微弱であるため、正確に心拍数を取得できない課題が存在した。そこで、

我々は塩化銀を銀電極に塗布し、接触抵抗を低減することに成功した。次に、ノイズの影響を低減させるため、 $1.6\text{Hz} \sim 160\text{Hz}$ のみを通過させるBPF³を設計した点が工夫点として挙げられる。ノイズの主な原因としては、体動を中心とした低周波ノイズやPCや蛍光灯等の高周波ノイズがある。そこで我々は複数のフィルタ回路を試作し、これらの影響を低減できるBPFを設計した。

3 今後の展望

今後の展望としては、ペンダントトップの小型化とユーザの生活支援アプリケーションの開発である。まず、今回のプロトタイプではディスクリット部品やユニバーサル基板を用いて実装したため、巨大なペンダントトップとなっている。しかし、日常的な利用を考えた場合、ペンダントと同程度のサイズで実装できることが望ましい。そこで、表面実装部品やプリント基板を用いることで、図1のように日常的に使用可能なアクセサリとして開発する予定である。次に、心拍数とユーザのコンテキストとの相関を活用したユーザの生活支援アプリケーションの開発を考えている。例えば、心拍数からユーザの感情を推定し、イライラしているときはリラックスできる音楽をスマートフォンから再生する。

謝辞

本研究に際して、様々なアドバイスを頂きました照岡正樹様に感謝いたします。

参考文献

- [1] Suunto ハートレートモニタ.
<http://www.suunto.jp/ja-JP/sport-watch-collections/Suunto-Quest-Collection/>.
- [2] OMRON HR-500U.
<http://www.healthcare.omron.co.jp/product/etc/hr/hr-500u.html>.
- [3] Apple iWatch. <https://www.apple.com/jp/watch/overview/>.
- [4] 池田志帆・石村仁志・松村雅史. 心電図センサと光電脈波センサを配置したネックバンドによる脈波伝播時間の計測. 信学技報, vol. 112, no. 101, MBE2012-17, pp. 23-26, 2012年6月.

¹ Bluetooth Low Energy

² Heart Rate Profile

³ Band Pass Filter