体導音センサを用いた脈拍計測と位置情報取得

江 鵬里^a 中島 翔太^a 田中 幹也^a

^a 山口大学

1. はじめに

近年, 日本では高齢化が深刻になっている。日本の総人口は平成 26 年 10 月 1 日時点で 1 億 2708 万人であり, そのうち高齢者人口は, 過去最高の 3300 万人(前年 3190 万人)となった。そのうち, 独居高齢者の数は約 500 万人である。それに伴い, 現在問題となっている孤独死の数も増加しており, 東京都 23 区内における独居高齢者の自宅での死亡者数は, 平成 25 年に 2733 人となっている。この問題を解決するために, 本研究では日常生活における脈拍数を計測できる装置を構築する。脈拍数は体導音センサを用いて体導音を測定し, 導出する。体導音とは体の内外にある音源によって引き起こされた振動が, 体内や体表を伝搬する音である⁽¹⁾。本研究では, 体導音として手首の橈骨動脈上の皮膚にセンサを装着し, 体導音を取得することにより脈拍数を導出する。また, 位置情報を取得し, これら 2 つのデータをメール送信するシステムを構築する。

2. 脈拍数計測システム

脈拍数計測システムは, 体導音センサおよび脈拍数導出部, Bluetooth 通信機, Android 端末から構成されている。脈拍数計測システムの構成を Fig. 1 に示す。

2.1 体導音センサ

体導音センサはエレクトレットコンデンサマイクロフォン(ECM)をアクリル製樹脂および塩化ビニル製樹脂で構成されたケースに固定されている。ECM の表面には充填剤を貼り付けている。

(a) エレクトレットコンデンサマイクロフォン(ECM)

体導音センサはプリモ社製のエレクトレットコンデンサマイクロフォン(ECM)を使用している。ECM は低周波数帯域において高感度特性であり, 空気の微少な圧力変化など低周波数帯域から可聴領域まで検出できるマイクロフォンである。

(b) 充填剤

ECM の表面にエクシールコーポレーション社製ポリウレタンエストラマ樹脂の充填剤を使用している。これを皮膚に貼り付けることで, 皮膚にマイクを埋め込んだのと同等の効果を得られる。それによって体動時の摩擦

性雑音, および接触性雑音, 感音面の気道外部雑音の除去が可能となり, より正確な体導音を取得できる。

2.2 脈拍数導出部

脈拍数導出部は情報処理装置および体導音測定回路により構築されている。

(a) 情報処理装置

処理装置には ARM 社製の mbed を使用している。mbed は高速プロトタイピング向けのマイコンモジュールのことであり, 処理能力が高く, メモリ容量が大きいといった特徴を持っている。本研究では, 脈拍数導出部として取得した体導音のデータから信号処理を行い, 脈拍数の導出を行っている。

(b) 体導音測定回路

体導音の主成分は 50 Hz~500 Hz の低周波成分である。それ以外の高周波成分を除去するため, 本研究では回路にローパスフィルタを組み込んでいる。また, 体導音を測定した時の出力電圧は ± 0.8 V であるのに対し, mbed の AD コンバータは 0 V~3.3 V であるため, バイアス回路と増幅回路も組み込んでいる。

2.3 Bluetooth 通信機

エイディシーテクノロジー社製の組み込み用 Bluetooth Class1 モジュールを使用している。使用周波数は 2.4 GHz 帯である。本通信機を用いて mbed によって導出した脈拍数を Android 端末に送信している。

2.4 Android 端末

対象者の位置情報を取得するために Android 端末の GPS 機能を用いた。ここでは GPS2Mail というアプリケーションを使用した。これは位置情報取得周期とメール送信周期を任意に設定し, 位置情報をメールで送信するものである。このシステムでは, 脈拍数の計測結果を Bluetooth で Android 端末に送信する。送信後, Android 端末で GPS2Mail に切り替わり, 位置情報を取得し, 指定されたアドレスに一定間隔でメールを送信する。

Fig. 1. Structure chart.

3. 脈拍数導出過程

脈拍数導出部では、体導音センサで取得した体導音のデータに対して、移動平均、自己相関を行うことによってデータの周期を求め、その周期から脈拍数を導出している。

3.1 移動平均

周波数の高い雑音を取り除く手法の一つで(1)式で表される。

$$m = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_{i+1} \quad (1)$$

ここで、取得した信号を x_i ($i = 0, 1, 2, \dots, N-1$)、出力信号を m 、移動平均の点数を N とする。

3.2 自己相関関数

自己相関関数⁽²⁾を適用することによってデータ系列の周期性を求めることができる。自己相関関数 $R(j)$ を式(2)に表す。取得したデータは $v(i)$ 、遅延時間は j ($j = 0, 1, 2, \dots, N$)、 M は自己相関の計算範囲を決定する定数である。自己相関とは信号処理において、その信号に含まれる繰り返しパターンを探すのに有用であり、ノイズに埋もれた周期的信号の存在を判定することができる。

$$R(j) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M v(i) \cdot v(i+j) \quad (2)$$

3.3 脈拍数導出方法

取得した体導音のデータに移動平均法を適用して高い周波数の雑音を取り除く。その後、自己相関関数を用いて、信号に含まれる繰り返しパターンを探すことで、脈拍数の周期を求めることができる。式(3)に脈拍数を導出する式を表す。

$$H = \frac{60}{T} \quad (3)$$

ここで脈拍数を H 、1拍の周期を T とする。

4. 実験

4.1 実験目的

本実験では日常生活において脈拍数と位置情報の取得を正確に計測できるかを検証する。

4.2 実験条件と実験方法

被験者は20代男性とし、安静時の平均脈拍数は68.0 bpmであり循環器系に持病はない。自宅での身支度、および歩行、会話をした時の脈拍数と位置情報の取得を行った。位置情報の取得は1分間隔で行い、メールは2分間隔で送信することにした。

4.3 実験結果

Fig. 2 と Fig. 3 に実験結果を示す。Fig. 2 より、自宅で

身支度をしている10分間の平均脈拍数は70.3 bpm、自宅から大学まで歩行している20分間の平均脈拍数は81.2 bpm、大学で会話をしている10分間の平均脈拍数は73.4 bpmとなった。対象者の安静時の平均脈拍数は68.0 bpmであるため、身支度や会話等の軽度の活動をしているときの脈拍数は2.3 bpm~5.4 bpm高くなった。また、歩行時は身支度や会話よりも7.8 bpm~10.9 bpm高くなった。Fig. 3 では取得した40個の位置情報を表した。

5. まとめ

本研究では、体導音を測定することと位置情報を取得することで、日常生活における脈拍数の確認を行うシステムを構築した。そして実験では、自宅から歩いて大学に向かい、その時の脈拍数と位置情報を取得できることを確認した。したがって、日常生活における脈拍数計測システムの開発をすることができた。今後、体導音センサを用いて肺音や腸蠕動音など他の体導音を測定することで様々な転用が期待できる。

文 献

- (1) 清水奨太, 平原達也, 大谷真:「小型体導音センサの構造と感度特性」, 日本音響学会講演論文集, Vol. 2008, No. 255, pp. 637-638, 2008
- (2) 中山仁史, 重川直紀, 横内孝史:「瞬時処理・瞬時認識のためのハードウェア音声認識システム」, 日本音響学会講演論文集, Vol. 110, No. 331, pp. 13-18, 2010

Fig. 2. Measuring heart rate at usual day.

Fig. 3. Location information during measurement.