

77GHz 帯 FMCW レーダを用いて生成した心拍波形の模擬手法に関する一検討

A Study of Heart Waveforms Simulation for 77GHz FMCW Radar

○篠原迅人¹, 胡堯坤¹, 戸田健²Hayato Shinohara¹, * Hu Yaokun¹, Takeshi Toda²

Abstract: Nowadays, biometrics using fingerprints, iris and other physical characteristics is gaining attention. This has led to research on biometric identification using heartbeat signals. However, biometrics have been reported to be forged in some cases. Similarly, heart rate signals can be forged as well. In this study, heartbeat waveforms were acquired using 77 GHz FMCW radar, and the acquired waveforms were manipulated using linear actuator. It was then acquired again with 77 GHz FMCW radar and the acquired displacements were compared to the original heartbeat waveforms. The RMSE ranged from 0.12 to 0.20 [mm], with an average of 0.16 [mm]. From this, it was possible to show the possibility that the heartbeat waveform can be simulated by a non-contact biometric authentication system.

1. はじめに

本研究ではなりすましの可能性が低いとされている心拍信号^[1]について、非接触による生体認証システムとしての可能性を 77GHz 帯 Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW)方式レーダとリニアアクチュエータを用いて検討した。

2. レーダ信号処理

本研究では FMCW 方式レーダモジュールで心拍検出を行い、得られた心拍波形をリニアアクチュエータで模擬した。以下 FMCW 方式レーダモジュールによる心拍検出方法について説明する。モジュールから線型的に周波数が増加するチャープ信号を繰り返し照射し、反射波が受信された差から IF signal の周波数を算出する。IF signal の周波数は信号の傾き K 、レーダモジュールから物体までの距離 R_0 、光速 c より $f_b = 2KR_0/c$ で表わされる。IF signal は送信波と受信波をミキサーで合成することにより生成される。次に ADC によってデジタルベースバンド信号に変換され、ターゲットの位置情報を取得するために Range-FFT をした後、被験者の胸部変位を取得するために DC offset 及び Phase unwrapping を施した。その後 Empirical Mode Decomposition(EMD)より被験者の呼吸と心拍信号に分離した^{[2][3]}。

3. 模擬方法

心拍波形を模擬をするために用いた 77GHz 帯 FMCW 方式レーダ及びリニアアクチュエータの諸元についてそれぞれ表 1 及び表 2 に示す。実験では EMD による時間領域での分析手法により得た 200 フレーム(20 秒)の

心拍波形を同様にリニアアクチュエータで 20 秒間動作させる。リニアアクチュエータは万力で固定して動作部分のみ動くようにし、動作部分にステンレス板(縦 80 mm×横 120 mm×厚さ 3 mm)を取り付けた。そしてステンレス板に対してレーダチャープを送信し、その反射波を取得した。実験環境は今回用いた心拍波形を計測した際と同様になるよう、リニアアクチュエータに対してレーダモジュールは 1 m の間隔で設置した。

10 回の測定を行い、その後ミリ波レーダで捉えたりニアアクチュエータの振幅と元の心拍波形の振幅とを比較し、root-mean-square-error(RMSE)を算出した。

RMSE は $\sqrt{\frac{1}{i} \sum_{i=1}^n (y_i - o_i)^2}$ で表される。ここで i は測定の観測ウィンドウの数、 y_i はミリ波レーダで捉えたりニアアクチュエータの振幅、 o_i は元の心拍波形の振幅である。

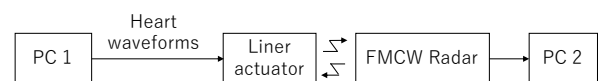


Figure 1. Flow chart of the experimental process

4. 結果及び考察

10 回の実験結果より、レーダで捉えたりニアアクチュエータの振幅と元の心拍波形の振幅より算出された RMSE は平均 0.16 [mm] となった。この誤差はリニアアクチュエータの表より、1 点の動作につき再現性 < 1 [μm]、反動 < 4 [μm] の誤差が生じてしまうことが原因であると考えられる。そのことからよりスペックの高いリニアアクチュエータを用いることでさらに精度の高い結果を得ることができると考える。

1 : 日大理工・院 (前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気

5. まとめと今後

本研究では、77GHz 帯ミリ波レーダを用いて生成した心拍波形をリニアアクチュエータで動作させ再度ミリ波レーダで取得し、取得した変位を元の心拍波形と比較した。その結果、10 回の実験の RMSE の平均は 0.1599 [mm]であることがわかった。

このことから心拍信号を用いた非接触での生体認証システムが実用化された場合、何らかの方法で対象者の心拍信号を取得し、信号処理を施した波形をリニアアクチュエータで動作させた場合、認証される可能性がある。今後はリニアアクチュエータの誤差要因の改善を努め、また認証方法についても検討する予定である。

6. 参考文献

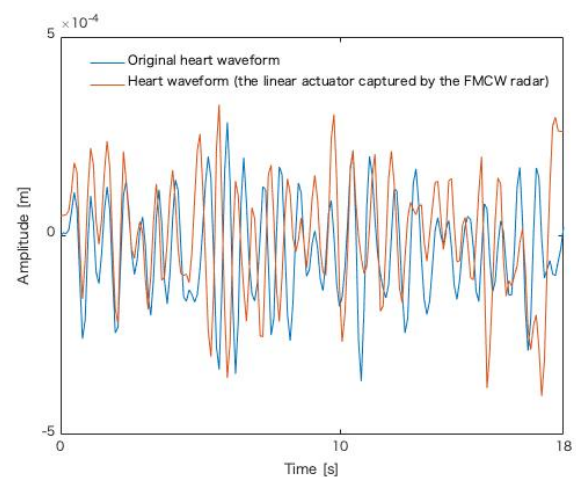
- [1] Md Saiful Islam, Naif Alajlan, “Biometric template extraction from a heartbeat signal captured from fingers”, *Multimed Tools Appl*, vol76, pp12709–12733, 2017.
- [2] 胡堯坤, 戸田健, “ミリ波センサによる EMD を用いた心拍及び呼吸推定の検討”, 2020 年 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-19-15, 16 September 2020.
- [3] 胡堯坤, 佐藤 駿佑, 戸田 健, “ミリ波レーダによる ICEEMDAN を用いた多方向からの心拍推定の一検討”, 2020 年 IEICE ヘルスケア・医療情報通信技術研究会 (MICT) 第 3 回, 4 November 2020.

Table 1. Radar parameters

Specification	Value
Bandwidth	3.99 [GHz]
Frame time	57 [μ s]
Sweep time	100 [ms]
Slope	70 [MHz/ μ s]

Table 2. Liner actuator parameters

Specification	Value
Travel Range	50.8 [mm]
Microstep Size (Default Resolution)	0.048 [μ m]
Repeatability	<1 [μ m]
Backlash	<4 [μ m]
Minimum Speed	0.22 [μ m/s]
Maximum Speed	8 [mm/s]
Weight	0.15 [kg]

**Figure 2.** Original heart waveform vs Heart waveform (the linear actuator captured by the FMCW radar)