

週間進捗報告

権藤陸

2022 年 7 月 6 日

1 進捗

- CL 法を用いた range-angle map のサンプルコードの理解 → range fft と doppler fft を実装途中
- "Sparsity Based Non-Contact Vital Signs Monitoring of Multiple People Via FMCW Radar" の概要把握

2 レンジアングルマップ

石川さんのコードを実行し, CFAR の効果について確認した. レーダは中心周波数が 79 GHz, 3×4 のアンテナで計測時間は 60 s, 帯域幅は 3.4391 GHz, サンプルングレートは 160 Hz である.

表 1 FMCW レーダ実験諸元

送信アンテナ数	3
受信アンテナ数	4
中心周波数	79 GHz
帯域幅	3.4391 GHz
サンプルングレート	153.8 Hz

表 2 CFAR 実験諸元

ガードセル長 (距離)	3
ガードセル長 (角度)	7
トレーニングセル長 (距離)	5
トレーニングセル長 (角度)	7

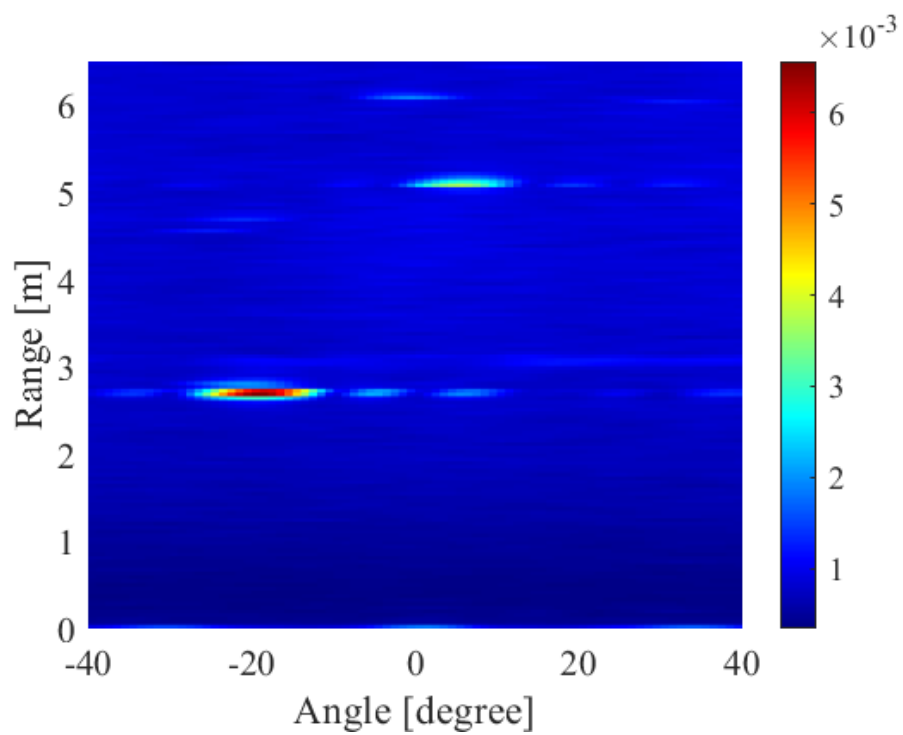


図1 レンジアングルマップ (CFAR なし)

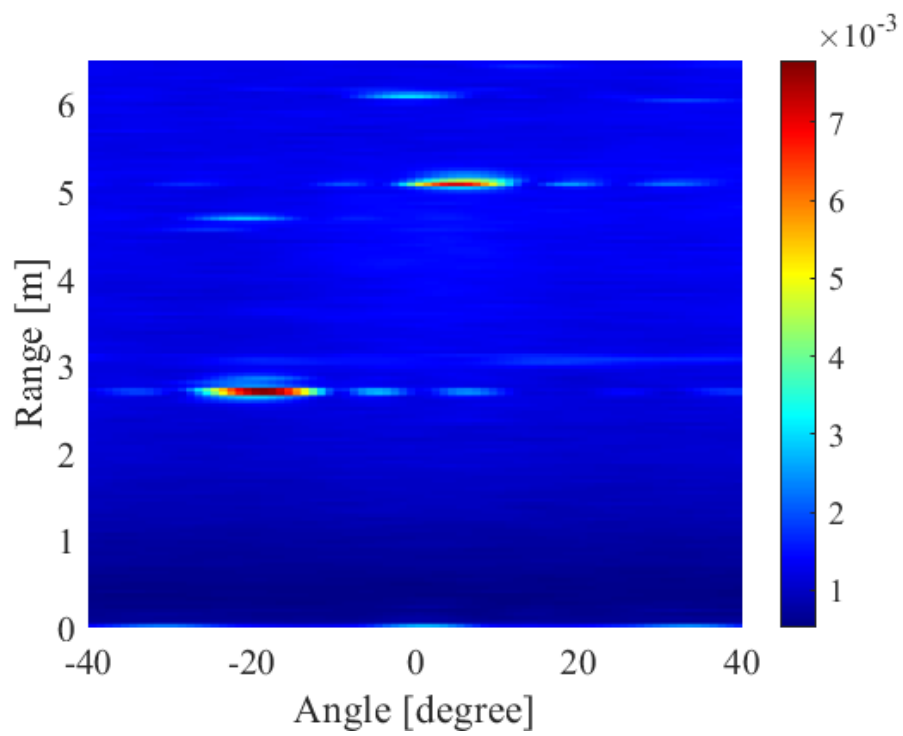


図2 レンジアングルマップ (CFAR あり)

3 論文の概要 [1]

従来の FMCW レーダを用いた非接触バイタルサインモニタリング (NCVSM) 技術は、単純化されたモデルに基づいており、複数の物体を含むノイズ環境に対する対処が困難であることが指摘されている。

複数の人物やクラッタが存在するノイズ環境における FMCW レーダ信号の拡張モデルと NCVSM(Non-Contact Vital Signs Monitoring) という入力データに含まれるバイタルサインの空間的スパース性を利用した新たなアプローチを提案する。特徴として、単一チャンネルで、入力出力ともに単一であること (SISO:Single-Input Single-Output) が挙げられる。本研究は、取得したレーダ信号を入力し、最終的に人間の呼吸数と心拍数の推定を目的とする。

4 論文の提案法 [1]

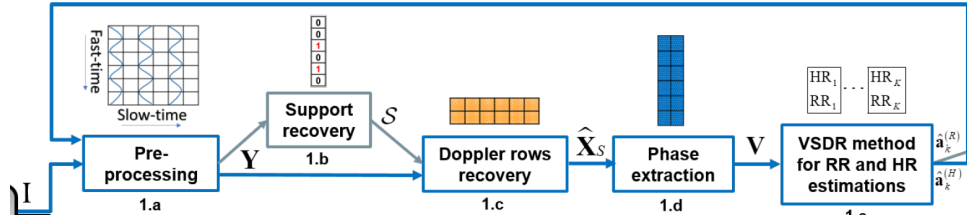


図3 NCVSM の流れ

- 前処理 (図1の Pre-processing)
ビート信号を1フレームごとに平均化することで、ノイズを低減。そして、人間の典型的な脈拍と呼吸の周波数の事前知識を用いて、静的ないし振動するクラッタからバイタルサインを分離する目的で、slow-time 方向にスペクトルフィルタリングを行う。
- FISTA アルゴリズムを用いた Joint Sparse Recovery (図1の S を求める)
ノイズが含まれた信号を復元するため、以下の式で表される最適化問題を解くために原情報推定のための再構成アルゴリズムの一つである、FISTA アルゴリズム [2][3] が用いられる。
- S を用いてレーダからの距離を計算
S は一つ前のステップで求めた、レーダより各人間の半径方向の距離を検出可能な集合であり、座標の情報 (行座標) を含む？
- Least-Squares problem[4] から F_s と入力 Y を用いて図1の \hat{X}_s を求める

$$\min_{\tilde{X}_S \in \mathbb{C}^{K \times L}} \left\| Y - A_S \tilde{X}_S \right\|_F^2,$$

このステップでは、各被験者のドップラー情報を求める。被験者は呼吸や話をしているが、静止している前提である。 F_s は、fast-time の周波数に対応する離散フーリエ変換行列の一部である

$$\hat{\mathbf{X}}_S = \frac{1}{N} \mathbf{F}_S \mathbf{Y},$$

$$\mathbf{V}(l, k) \triangleq \text{unwrap} \left(\angle \left(\hat{\mathbf{X}}_S(\mathcal{S}\{k\}, l) \right) \right)^T, \quad \begin{cases} k = 1, \dots, K \\ l = 1, \dots, L \end{cases}$$

- 以下の式から \mathbf{X}_S を用いて図 1 の \mathbf{V} を求める 関連研究の”unwrap”[5] と \arctan を用いて, $\hat{\mathbf{X}}_S$ から位相情報を抽出し, 胸部の振動に関する行列 \mathbf{V} を求める.
- 呼吸数と心拍数を VSDR(Vital Signs Dictionary Recovery) と呼ばれる手法で推定する. Dictionary-based approach について調べる.

5 計画

- doppler-range map と cfar を実装
- 論文の疑問点解消
- 関連研究のサーベイ

参考文献

- [1] Yonathan Eder, *Graduate Student Member, IEEE*, and Yonina C. Eldar, *Fellow, IEEE*, ”Sparsity Based Non-Contact Vital Signs Monitoring of Multiple People Via FMCW Radar”, arXiv:, 2205.05152v1 [eess.SP], 10 May 2022
- [2] A. Beck, and M. Teboulle, “A fast iterative shrinkage-thresholding algorithm for linear inverse problems,” SIAM journal on imaging sciences, vol. 2, no. 1, pp. 183–202, 2009.
- [3] D. P. Palomar, and Y. C. Eldar, Convex optimization in signal processing and communications, Cambridge Univ. Press, 2010.
- [4] D. Ruppert, and M. P. Wand, “Multivariate locally weighted least squares regression,” The annals of statistics, pp. 1346–1370, 1994.
- [5] M. Alizadeh, G. Shaker, J. De Almeida, P. Morita, and S. Safavi-Naeini, “Remote monitoring of human vital signs using mm-wave FMCW radar,” IEEE Access, vol. 7, pp. 54958–54968, 2019.