

週間進捗報告

権藤陸

2022 年 8 月 24 日

1 進捗

- 先週の weekly report に関する修正
- DDLM(Distributed Deep Learning Model) に関するサーベイ

2 DDLM について

2.1 DDLM の利点 [1]

DDLM というモデルは、双極子という対となる電気的な極に例えられる概念を導入し、クローズセットとオープンセット（テストセットに未知の人物が含まれる）の両方で人間識別の精度を上げることに成功した。双極子は、既知のアイデンティティごとに 1 つ設定され、負極に同一人物のサンプル（特徴量）が集まり、正極は可能な限りサンプルを遠ざけるように学習を進める。テストの段階では、サンプルと極の間の距離によって、サンプルがどの ID に属するかを決定する。負極までの距離が設定された閾値よりも小さいか、正極までの距離が設定された距離よりも大きい場合にある特定の ID であると判断し、そのどちらの基準も満たさない場合は未知の人物として判断される。

2.2 DDLM の課題

未知の人物は”unknown”としか分類されないため、未知の人物が誰であるかを分類したい場合には再学習が必要になる。学習にかかる時間は言及されていないため不明だが、アプリケーションとしてのリアルタイム性は保証されないと考えられる。よって実用上は、既知の人物のみしか入らないはずの建物内における侵入者検知などに限られる。

2.2.1 DDLM の応用例 [2]

DDLM の応用例として、歩行 MD(Micro Doppler) シグネチャに基づくオープンセットの個人識別がある。FMCW レーダで得た歩行に関する特徴量を入力として、DDLM で識別した結果、93.9% の精度を達成した。本論文では、DDLM は比較対象のモデルとして実験がなされていたが、SoftMax Loss, Center Loss, Cosine Loss を組み合わせた Triple Joint Loss を用いた提案法では 95.5% を達成している。使用されたデータセットは下図のような歩行シナリオで、11 名のサンプルを収集し、10 名を既知 (学習に使用しない)、1 名を未知

(テストにのみ使用) としてサンプルが収集された。

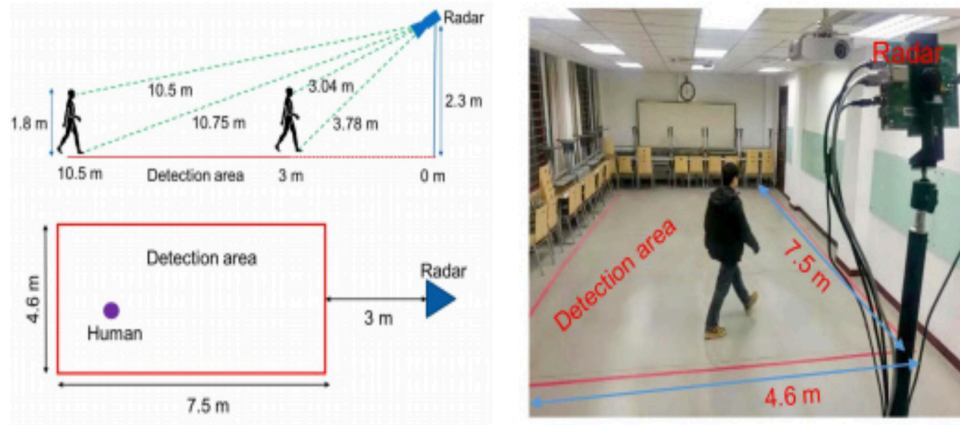


図 1: 実験の正面図と上面図

3 心拍を用いた人物識別 [3]

24GHz ドップラーレーダで得た心拍信号を短時間フーリエ変換でスペクトログラムへ変換し、それらを DCNN(Deep Convolutional Neural Network) へ入力する。得た信号に対して、実験の結果、時間窓を 0.139 秒、スライディングステップを 1/2000 秒として適用した。4 人の異なる人物の心拍信号に短時間フーリエ変換を行って得たスペクトログラムは、以下ようになった。

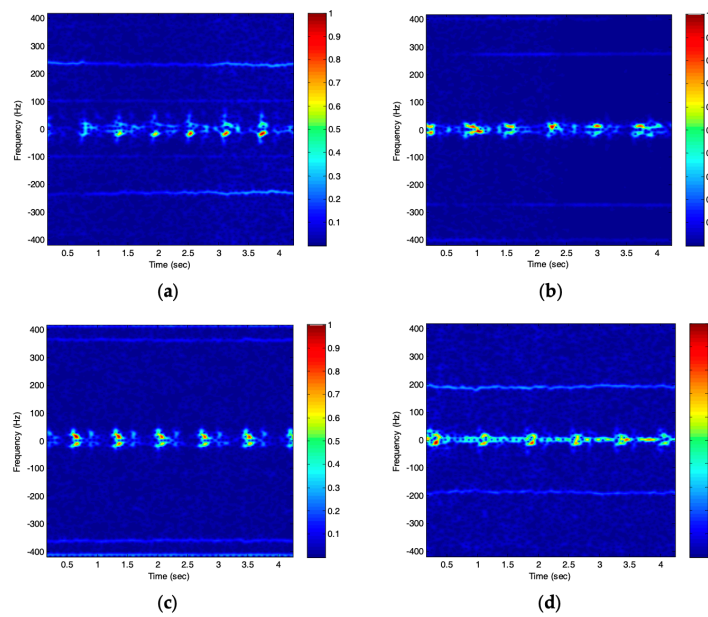


図 2: 4 人の被験者の心拍信号のスペクトログラム

DCNN は AlexNet を基にしたネットワークであり、以下のような構造である。

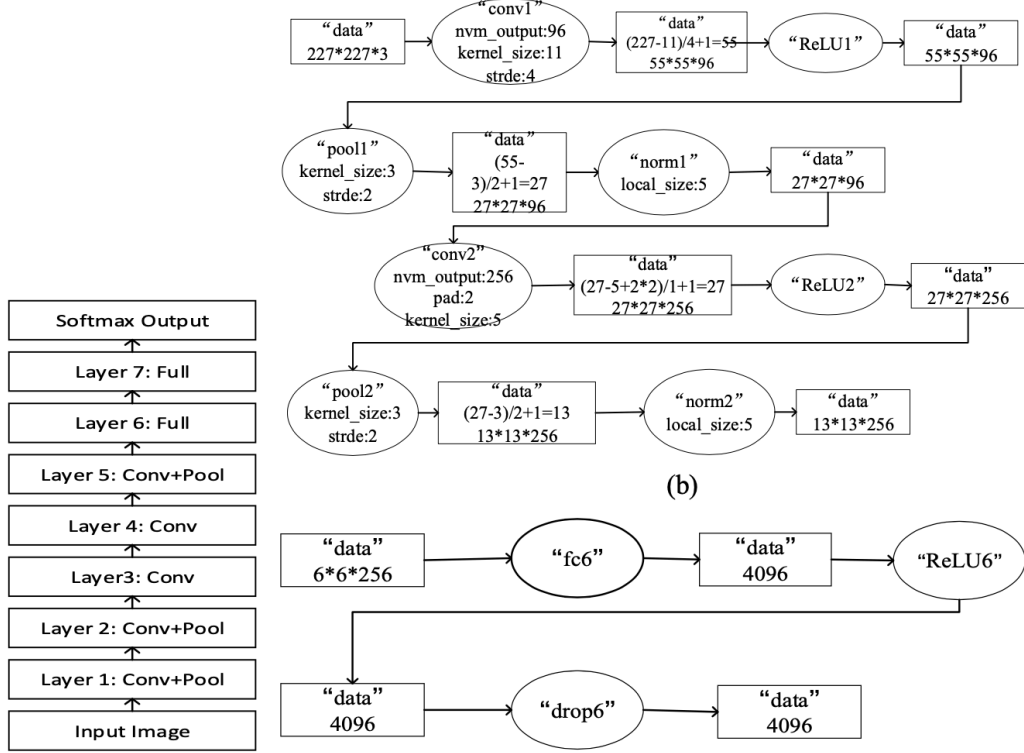


図 3: DCNN の全体構造と初め 2 層の構造

本論文では特徴量として、心拍の周期、心拍のエネルギー、ドップラー信号の帯域幅を使用した。レーダ信号の全エネルギーについては、 E を信号の全エネルギー、 S_B をレーダ信号とすると、以下のように表される。

$$E = \int S_B(t) * S_B^*(t) \quad (1)$$

損失関数 $J(\theta)$ は、

$$J(\theta) = -\frac{1}{m} \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k 1\{y_i = j\} \log \frac{\exp(\theta_i^T x_i)}{\sum_{l=1}^k \exp(\theta_l^T x_i)} \right] \quad (2)$$

学習には確率的勾配降下法を用いて、ネットワークが収束するか最大反復に達するまで学習を繰り返し、損失関数 $J(\theta)$ を最小化する。

DCNN の他に、SVM, Naive Bayes, SVM と Naive Bayes を組み合わせた手法と比較した。結果は以下のようになった。

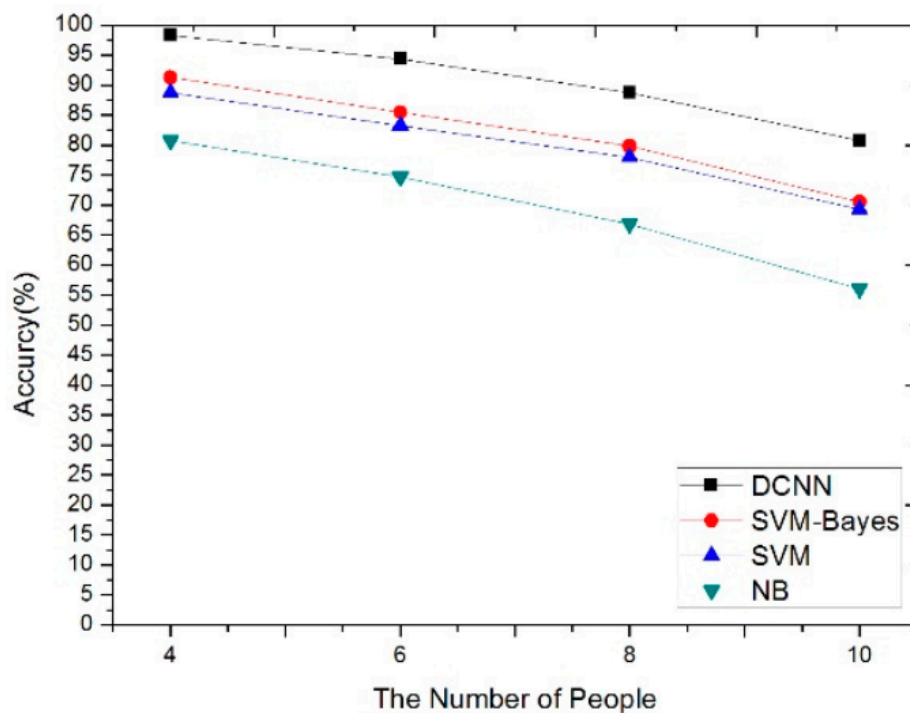


図 4: 人数を変化させた場合の分類精度

図 5: 人数が 4 人の場合の各アルゴリズムの精度比較

Method	Accuracy	Training Time	Identification Time
DCNN	98.5%	12 min	1.539 s
SVM-Bayes	91.25%	4.267 s	0.771 s
SVM	88.75%	1.982 s	0.643 s
NB	80.75%	1.674 s	0.558 s

4 計画

- DDLM の実装
- バイタルサインに基づく人物識別のサーベイ
- 夏合宿用の資料用意

参考文献

- [1] Yan, Baiju, et al. "Heart signatures: Open-set person identification based on cardiac radar signals." Biomedical Signal Processing and Control 72 (2022): 103306.

- [2] Y. Yang, B. Huang and Z. Ni, "Open-set Person Identification with Triple-Joint Loss Based on Radar Gait Micro-Doppler Signatures," 2022 7th International Conference on Intelligent Computing and Signal Processing (ICSP), 2022, pp. 1787-1791, doi: 10.1109/ICSP54964.2022.9778544.
- [3] Cao, Peibei, Weijie Xia, and Yi Li. 2019. "Heart ID: Human Identification Based on Radar Micro-Doppler Signatures of the Heart Using Deep Learning" Remote Sensing 11, no. 10: 1220. <https://doi.org/10.3390/rs11101220>