

Wi-Fi 信号と音響情報による マルチモーダル歩容センシング

関口琴音[†] 山崎大地[‡] 川喜田佑介[§] 戸辺義人[†]青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科[†]青山学院大学大学院理工学研究科理工学専攻[‡]神奈川工科大学情報学部情報工学科[§]

1. はじめに

Wi-Fi センシングは CSI (チャネル状態情報, Channel State Information) を取得することで人物の識別や位置, 人数を推定することが可能となる技術である. 人物の顔やプライベートな部屋等の撮影を行わないことによるプライバシー保護が可能となると, 市販の無線 LAN アクセスポイント (AP) の使用が可能のため低コストでの運用が可能である. しかし周囲に置かれている物体の形状や量, 着用している衣服によって人物のシルエットが変化し, Wi-Fi 信号の伝播状況及び取得する CSI パターンが大きく変化してしまい正しい識別が困難になってしまう[1].

本研究では CSI と追加のモダリティとして音響情報を使用し, 2 種のモダリティを相補的に利用して服装の異なる場合の人物識別を行うことを目的とする[2].

2. 関連研究

本研究では以下に示す関連研究を参考にデータ収集や実験環境の設定, データの処理を行っている.

Deng らによるシステムの GaitFi は CSI と映像の 2 つのモダリティを利用して歩容から人物識別を行う研究である. 識別精度は 94.2% であり, 単一のモダリティでの人物識別よりも高い精度を出している[3].

また 1 つのモダリティによる研究として Wang らの WifiU は CSI を用いて 5.5m 程度の歩行から人物識別を行っている. 50 人の被験者の中から識別し, トップ 1, 2, 3 の精度はそれぞれ 79.28%, 89.52%, 93.05% を達成している[4].

堀らの研究では 1 歩分の足音を利用して人物の識別を行っている. 足音をメルスペクトログラムとし, CNN で分類を行うことで識別精度 98% を達成している[5].

3. システム設計

3.1 概要

本研究では, 同時に取得した CSI と音響情報を利用する WiAudina (Wi-Fi and Audio Identification of Gait) というシステムを提案する. 図 1 はこの WiAudina のシステム構造を示したものである.

前処理を適用した CSI と音響情報をカラースペクトログラムとして CNN への入力とし, 双方の特徴ベクトルを抽出する. その後に 2 つの特徴量を融合し分類を行うシステムである.

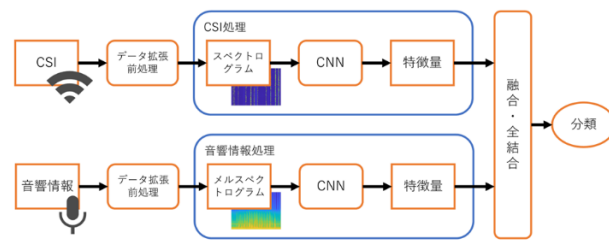


図 1 WiAudina システム概要図

3.2 前処理

それぞれのモダリティにはノイズを付与することでデータ拡張を行い, その後信号の処理を行う.

CSI は時間的ドリフトにより, 同じ環境であっても取得できるパターンに変化が起こる[6]. そのため人が歩いている時と歩いた時のパターンの差分を算出することで, 歩行者が CSI パターンに及ぼした影響を取得することができる.

音響情報にはノイズの低減と足音の特徴抽出を容易にするためにローパスフィルタを適用した後にメルスペクトログラムに変換を行う.

3.3 データ取得

データ取得は青山学院大学相模原キャンパス N 棟 501 教室の前の廊下を使用する. 図 2 は被験者が歩き始める方向から撮影した写真である. またデータ取得に使用したデバイスは表 1 のとおりである.

計 15 名の被験者に 8m の歩行を図 3 のように上着あり/なしで繰り返し行ってもらい, その間に CSI と音響情報の取得を行った. 全データ数は 2,338 である.

なお CSI の取得には Nexmon のファームウェアを利用しており, 秒間 800 パケットの通信を 10 秒間, 8,000 パケットの取得を行う. また, 音響情報はそれに合わせた 10 秒間のデータとしている.

[†] Kotone Sekiguchi, Aoyama Gakuin University

[‡] Taichi Yamazaki, Aoyama Gakuin University

[§] Yuusuke Kawakita, Kanagawa Institute of Technology

[†] Yoshito Tobe, Aoyama Gakuin University

表1 使用したデバイス

アクセスポイント (2台)	ASUS RT-86U
PC (2台)	CHUWI HeroBox2023
マイクروفオン	SENNHEISER E935



図2 データ取得場所



図3 被験者の上着の有無の比較

4. 評価

評価は A: 上着着用時データを学習・テスト共に使用する. B: 上着着用時データを学習, 非着用時データをテストに使用する. という2通りのデータ解析を行い, それぞれで CSI のみ・音響情報のみ・WiAudina の3通りの分類手法を用いる.

学習とテストはそれぞれ20回以上行い, 図4は全体の精度について, 表2はその精度の平均を示すものである.

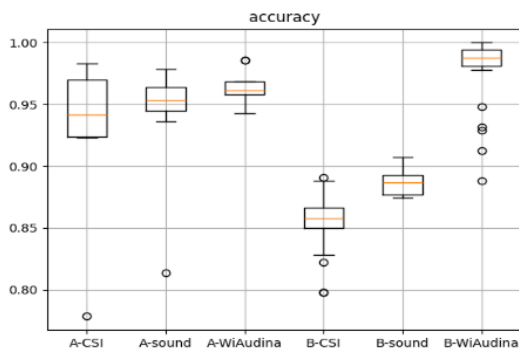


図4 各手法の複数回の精度

表2 各手法の識別精度(%)

	A (学習着→テスト着)	B (学習着→テスト非着)
CSI のみ	93.30	85.46
音響情報のみ	94.19	88.66
WiAudina	96.42	97.88

5. 考察

手法 A (環境変化なし) において, 1つのモダリティを使用した分類の識別精度は 93.30%, 94.19%であり, WiAudina はそれを上回る 96.42%と約2%の精度向上がみられた. また, 外れ値を含めると WiAudina の識別精度の最大値は1モダリティの分類よりも大きい値を達成している.

手法 B (服装の変化あり) では, 1モダリティの識別精度が 85.46%, 88.66%と手法 A の精度より大幅に減少したことが確認された. これは服装の変化により各取得情報のパターンに変化が起こり, 正しい識別が困難になったことが示される.

しかし手法 B の WiAudina の識別精度は 97.88%と手法 A の WiAudina と同等の精度であり, かつ手法 B の1モダリティの分類と比較して大幅な精度の増加が確認された.

以上のことを踏まえ, WiAudina は上着による環境変化がない場合はもちろん, 上着の有無により CSI や音響情報の片方のみでは識別が困難となった場合であっても高精度の人物識別が可能であるということが示された.

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP23H01636 の助成を受けたものです.

参考文献

- [1] Ebenezer R.H.P. Isaac, Susan Elias, Srinivasan Rajagopalan, and K.S. Easwarakumar, "Trait of Gait: A Survey on Gait Biometrics", arXiv:1903.10744, 2019.
- [2] Jia-Ling Huang, Yun-Shu Wang, Yong-Pan Zou, Kai-Shun Wu, Lionel Ming-shuan Ni, "Ubiquitous WiFi and Acoustic Sensing: Principles, Technologies, and Applications", Journal of Computer Science and Technology 38, 2023.
- [3] Deng L, Yang JF, Yuan, SH, Zou, H, Lu CX, Xie LH, "GaitFi: Robust Device-Free Human Identification via WiFi and Vision Multimodal Learning", 2023, IEEE Internet of Things Journal 10.
- [4] Wang W, Liu AX, Shahzad M, "Gait Recognition Using WiFi Signals", UBICOMP'16: Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, 2016.
- [5] 堀佑貴, 安藤崇央, 福田晃, "一歩分足音を用いた個人識別手法", 情報処理学会研究報告 2019-AVM-107, 2019.
- [6] 茅野恵大, 太田翔己, 小寺奏恰, 西尾理志, "Wi-Fi センシングに向けた CSI 特徴量の時間的ドリフトの実験評価", 電子情報通信学会研究報告 SeMI2023, 2023.