

WLAN信号を用いた屋外人体センシングシステムの初期評価

Initial Evaluation of Outdoor Human Sensing System Using WLAN Signals

宮崎 雅彦* 石田 繁巳* 福田 晃* 村上 友規† 大槻 信也†
 Masahiko MIYAZAKI Shigemi ISHIDA Akira FUKUDA Tomoki MURAKAMI Shinya OTSUKI

*九州大学大学院システム情報科学府・研究院 / ISEE, Kyushu University

†日本電信電話株式会社アクセスサービスシステム研究所 / Access Network Service Systems Laboratories, NTT Corporation

1 はじめに

WLAN通信における伝搬環境の変化から人体の所在や動作をセンシングする手法が提案されている。これらの手法ではIEEE 802.11n/acのWLANシステムにおいてOFDMサブキャリア単位の受信電力や位相情報を含む伝搬チャネル情報(CSI: Channel State Information)を取得し、その変化を解析することでセンシングを行う。これまでに提案されている手法は屋内空間を対象としているが、屋外で用いる場合にはマルチパスが少ないためにセンシングが困難となることが予想される。本稿では、WLAN信号を用いた屋外環境下における人体センシングに向けたセンシングシステム Wohd (WLAN Outdoor Human Detector) 及びその初期評価を示す。

2 屋外人体センシングシステム Wohd

図1に屋外人体センシングシステム Wohdの概要を示す。Wohdは、データ取得ブロック(Data Acquisition Block)、前処理ブロック(Pre-Process Block)、機械学習ブロック(Machine Learning Block)から構成される。

データ取得ブロックでは、IEEE 802.11acで規定されているサウンディングプロトコルを使用した高効率CSI取得システム[1]を用いてCSIデータを取得する。高効率CSI取得システムはアクセスポイント(AP)、CSI収集局(CSI monitoring station)、1台以上のCSI測定局(CSI measuring station)から構成され、APとCSI測定局間の通信時に送信されるVHT compressed beamformingフレームをCSI収集局で取得してCSIを抽出する。抽出されるCSIは各OFDMサブキャリア毎に $\phi \in [0, 2\pi]$, $\psi \in [0, \frac{1}{2}\pi]$ により表現される角度情報に圧縮されている。圧縮角度 ϕ および ψ は、それぞれアンテナ間の相対的な位相および振幅の差を示す値である[2]。

前処理ブロックでは、まず角度情報 ϕ を $\sin \phi, \cos \phi$ に変換する。角度情報 ϕ は位相情報であり単位はラジアンであるため、 0 と 2π は同じ角度を意味する。位相の連続性を考慮し、 $\sin \phi$ と $\cos \phi$ を用いて角度情報 ϕ を表現することで不連続な値を連続的に解釈することが可能となる。次に変換された ϕ 及び ψ に対してローパスフィルタ(LPF)を適用する。無線信号の伝搬環境は木の揺れなどの影響を受けて変化し、CSIにノイズとして現れる。これらノイズ成分は人体の動作と比較して高い周波数の成分であることからLPFによって除去する。予備実験の結果に基づき、1秒間の単純移動平均LPFを用いる。最後に、 $\sin \phi, \cos \phi$ の変化の範囲と同じ範囲の値を取るよう角度情報 ψ を $[-1, 1]$ の範囲に正規化する。

機械学習ブロックでは、多クラス分類問題として人体の存在エリアを推定する。Wohdでは分類手法を限定しないが、本稿では一例としてDNN(Deep Neural Network)アルゴリズムを用いる。構築したDNNネットワークは、入力層、2つの全結合層、softmax出力層から構成される。前処理ブロックから出力された角度情報を入力とし、人体が存在するエリアに対応するラベルを出力とする。

3 評価

3.1 評価環境

Wohdの性能を評価するため、九州大学の屋外環境で評価実験を行った。図2に実験環境を示す。センシング対象エリアは一辺18mの正方形エリアであり、一辺6mの正方形のサブエリア1~9に分割した。図2に示すように、AP(試作機)とCSI測定局(Galaxy S7 edge)を三脚を用いて地表から1mの高さに設置し、APの近くにCSI収集局(Intel Compute Stick STK2m364CC)を設置した。

試作機のアンテナは4本、CSI測定局のアンテナは1本として通信

が行われるため、これらデバイスを用いた場合に取得されるCSI、すなわち角度情報は6つである。52本のサブキャリアを用いて通信が行われていることから合計312(=6角度情報×52サブキャリア)の角度情報を取得した。なお、 ϕ は $\sin \phi$ と $\cos \phi$ に変換されるため、前処理ブロックの出力は468次元である。

各サブエリア内を1人の人間がランダムに歩行している間に60s間に渡って10ms間隔でAPからCSI測定端末にUDP通信を行い、各UDPフレームに対してCSI測定局に通知されるCSIをCSI収集局にて取得した。また、サブエリア1~9に人体が存在しない場合のデータも同様に取得し、サブエリア0としてラベル付けを行った。通信に使用したチャンネルは5GHz帯のチャンネル100である。UDP通信が失敗した場合にはCSIを取得できないため無視した。

サブエリア0~9の10個のサブエリアで取得したデータを使用し、「どのサブエリアに人が存在するか」を検出するためにDNNで10クラス分類を行った。提案システムの正確な検出精度を測定するために10分割交差検証を100試行実施した。DNN学習モデルは各試行毎に再生成した。

3.2 評価結果

図3にサブエリア検出結果の混同行列を示す。各セルの値は、行が示す実際のサブエリアのデータを、列が示すサブエリアと推定した回数を示している。サブエリアの検出精度(全試行に対する正しい各サブエリア検出回数)は96.40%であった。

サブエリア0~2とサブエリア8~9における検出精度が比較的高い傾向が確認された。サブエリア0の結果は人体の存在・不在を明確に区別可能であることを示しており、センシング対象サブエリア内の人体の有無でCSIに大きな変化が生じるためと考えられる。サブエリア1,2はAP及びCSI測定局の近くに位置するため、信号の伝搬に大きく影響を与えたために高い検出精度となったと考えられる。サブエリア8,9については付近に複数の植木があり、それらによりマルチパスが増加した結果として高い検出精度となったと考えられる。

AP及びCSI測定局から近い位置に存在するサブエリア3の検出精度が最も低くなった。図3より、サブエリア3は隣接していないサブエリア4と誤検出されることが多いことが分かる。離れた場所においても似たCSIの変化が得られる場合があるためと考えられる。

4 おわりに

本稿では、WLAN信号を用いた屋外人体センシングシステム Wohdを提案した。WohdはIEEE 802.11acで定義されているサウンディングプロトコルから抽出される圧縮角度情報 ϕ および ψ を特徴量とし、その変化をDNNにより解析することで人体の存在を検出する。実証実験の結果、特定のデバイス設置環境において96.40%の高い精度で推定できることを確認した。

謝辞

本研究の一部は、科研費(JP15H05708, JP18K18041)の助成で行われた。

参考文献

- [1] T. Murakami, M. Miyazaki, S. Ishida *et al.*, "Wireless LAN based CSI monitoring system for object detection," *MDPI Electronics*, vol. 7, no. 11, pp. 1-11, Nov. 2018, article no.290.
- [2] H. Yu and T. Kim, "Beamforming transmission in IEEE 802.11ac under time-varying channels," *The Scientific World J.*, vol. 2014, pp. 1-11, Jul. 2014, article ID 920937.

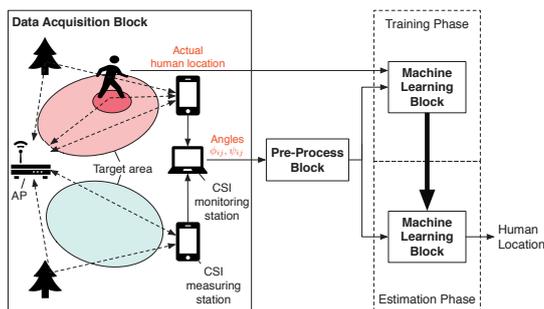


図1 Wohdのシステム概要

2019/3/19 ~ 22 東京

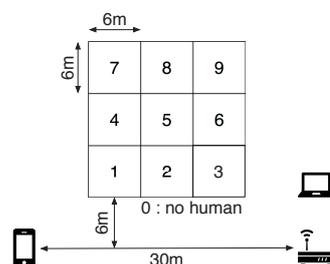


図2 評価実験環境

352

Actual Area	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	546157	648	572	0	0	130	0	3	190	0
1	1306	590031	532	0	185	0	0	13	202	31
2	1489	1081	531188	10893	3711	1814	977	633	489	27
3	360	56	5510	509207	12613	688	16210	2263	65	28
4	776	85	4651	19857	515386	5140	4449	2025	0	31
5	668	91	2654	721	4215	521756	5	14938	597	2655
6	268	16	922	10535	4261	109	529219	767	112	691
7	1009	159	1287	4629	2719	13242	794	516688	6678	95
8	819	574	78	28	0	2417	290	4475	534157	4162
9	949	583	35	5	69	668	1438	210	6314	543129
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

図3 サブエリア検出結果の混同行列

Copyright © 2019 IEICE