

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：32612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24656258

研究課題名(和文)電波見守りセンサ

研究課題名(英文)Monitoring Sensor Using Radio Wave

研究代表者

大槻 知明(Ohtsuki, Tomoaki)

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：10277288

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、アレーアンテナの受信信号から固有値や固有ベクトルといった電波特徴量を抽出し、各状態・位置と、それら電波特徴量の関係を、各送受信機配置に対して実験により評価した。次に、その結果に基づき、電波特徴量に基づくサポートベクターマシンを用いた状態識別法・位置推定法を提案した。また、位置推定に関して、すべての位置で学習(トレーニング)することは、事前の手間がかかり望ましくない。そのため、電波特徴量に基づき、学習していない位置もある程度の精度で推定できる位置推定法を提案した。以上の検討に基づき提案した電波センサによる状態識別精度・位置推定精度を、複数の実験により評価した。

研究成果の概要(英文)：In this research we first evaluated the relation between each radio feature and state and/or position, where radio features are eigenvalue and eigenvector expanding signal subspace by experiments. Based on the evaluation, we proposed state classification techniques using machine learning such as support vector machine. We also proposed a localization technique based on radio features obtained by array sensor. Our localization technique is a kind of fingerprinting technique so that we need training in advance. It is not so practical to test in many positions in advance. Thus, we want a localization technique that can localize positions where test is not done in advance. Our proposed localization technique can localize even positions without training and achieve higher localization accuracy, compared with the conventional radio signal strength (RSS) based localization technique, such as Nuzzer.

研究分野：情報通信工学

キーワード：アレーセンサ 固有値 固有ベクトル 位置推定 状態識別

1. 研究開始当初の背景

日本は高齢者の一人暮らしが急増しており、遠隔地でも高齢者の安否を確認できる見守りシステムが求められている。家の中にカメラを設置すれば見守りは容易だが、プライバシーの点から導入は困難である。また、お風呂等でも見守るためには、人に何も持たせずに見守る必要がある。さらに家中にセンサを設置するのは、外観や設置コストの点から望ましくない。

受信電波強度の変化に基づき人を検出するシステムが国内で提案されている。しかし、受信電波強度は、静的な状態でも雑音等により変動するため検出率が低い。また、詳細な人の状態・部屋の状況は検出できない。

ドップラーレーダとサポートベクターマシンを用いて行動を検出するシステムが国外で提案されている。歩く、走るなどの複数の行動を識別できるが、人が見通し内にいない場合や、反射波が多い環境では正しく動作しない。当然、家全体をモニタすることはできない。

2. 研究の目的

本研究では、カメラのようなプライバシー侵害が無く、また、人に何かを持たせたり、家に多くのセンサを設置せずに高齢者等の見守りが可能な電波センサを提案する。提案センサは、アレーアンテナをアレーセンサ及びドップラーセンサとして用いる。アレーセンサとして家の中の電波伝搬情報を取得し、ドップラーセンサとしてドップラー周波数情報を得る。そして、これらの情報に基づく機械学習により、家全体をモニタする。提案センサは、映像を用いず、また人に何かを持たせたり、多くのセンサを設置せずに、人の行動や位置など高精度に推定する。そのため、独居老人や病室の患者をプライバシーを侵害せずに見守ることができる。

3. 研究の方法

本研究では、以下の項目順に研究を進めた。

- ・各状態・位置と電波特徴量の関係解明
- ・電波特徴量に基づく状態識別法の提案
- ・電波特徴量に基づく位置推定法の提案

まず、アレーアンテナの受信信号から固有値や固有ベクトルといった電波特徴量を抽出し、各状態・位置と、それら電波特徴量の関係を、各送受信機配置に対して実験により評価した。

次に、前年度の研究成果に基づき、電波特徴量に基づくサポートベクターマシンを用いた状態識別法・位置推定法を提案した。送受信機配置や、サポートベクターマシンへの入力情報、学習(トレーニング)について検討した。事前に識別したい重要な状態(例えば転倒)や位置(リビング、寝室等)のクラスを定義し、それ以外の状態も学習の更新により対応できるようにした。

また、位置推定に関して、すべての位置で学習(トレーニング)することは、事前の時間がかかり望ましくない。そのため、電波特徴量に基づき、学習していない位置もある程度の精度で推定できる位置推定法を提案した。

以上の検討に基づき提案した電波センサによる状態識別精度・位置推定精度を、複数の実験により評価した。

4. 研究成果

(1) 機械学習を用いた状態識別法

アレーセンサを見守りに用いる場合、見守り対象の人の行動を識別する必要がある。例えば、転倒して動かなくなっている、座って休んでいるなどの動きにあまり差がない行動・状態を識別する必要がある。そのような電波伝搬の変化の観点からは似通った行動の識別のために、我々は機械学習を用いた行動識別法を提案した。実験により、簡単な動作の検出・識別であれば、信号部分空間を張る第一固有ベクトルの時間変化を表す1つの評価関数を用いるだけで可能であることを確認した。しかし、複雑な動作の識別の場合、伝搬環境の変化を表す複数の特徴量を用いる必要がある。例えば、信号部分空間を張る第一固有ベクトルに加えて、その大きさを表す第一固有値、及び受信信号強度とそれらの統計量を、機械学習アルゴリズムの特徴量として用いた。機械学習アルゴリズムとして、例えば Support Vector Machine (SVM)を用いた。また、近年注目されている Deep Learning を用いた識別も行った。

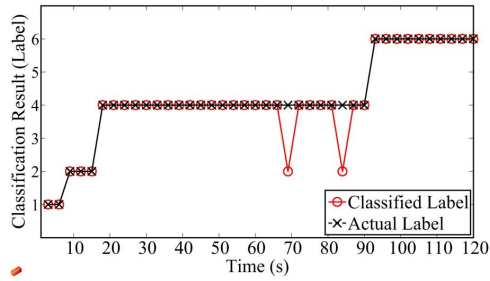


図 1 浴室における状態識別結果例

(2) アレーセンサを用いた転倒検知

見守りの際、特に重要なのが転倒の検知である。近年、介護施設などでは、介護に従事する人の不足が問題となっている。特に夜間は人手が絶対的に足りず、多くの入居者・部屋を数名程度の介護従事者で見守る施設も少なくない。そのような施設では、各部屋の見守りが1時間に1回程度しかできない場合もある。残念ながら、各部屋の見守りと見守りの間に事故が起き、時には命を落とす例などもある。転倒などの事故を瞬時に検出できれば、少ない介護者でもすぐに駆けつけて、命を落とすなどの最悪の事態を避けられる確率が高くなると期待される。本研究では、アレーセンサを用いた転倒検知の開発に成功した。前記したように、これらの関数やそれらの統計量に基づく機械学習アルゴリズムを用いて転倒を検出する。表1に示すように、複数環境で行った実験例では、95%以上の確率で転倒を検知できることを確認した。

表 1 転倒検知確率

		識別された行動		
		転倒	着座	歩行
実際の行動	転倒	95.0 %	5.0 %	0.0 %
	着座	5.0 %	95.0 %	0.0 %
	歩行	0.0 %	0.0 %	100 %

(3) アレーセンサを用いた位置推定

電波特徴量に基づくサポートベクターマシンの用いた状態識別法・位置推定法を提案した。送受信機配置や、サポートベクターマシンへの入力情報、学習(トレーニング)について検討した。その結果、トレーニングした位置以外の場所も推定できる位置推定アルゴリズムの開発に成功した。表2に提案位置推定法の位置推定精度を示す。

表 2 提案法の位置推定精度

伝搬環境	アンテナ配置	RMSE		MDE	
		従来法 (Nuzzer)	提案法 (PLAS)	従来法 (Nuzzer)	提案法 (PLAS)
見とし内	中央配置	2.45 m	2.06 m	2.27 m	1.68 m
	分散配置	1.95 m	2.08 m	1.64 m	1.82 m
見とし外	中央配置	2.36 m	1.99 m	2.23 m	1.74 m
	分散配置	1.77 m	2.13 m	1.49 m	1.85 m
平均		2.13 m	2.06 m	1.91 m	1.77 m

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

J. Hong and T. Ohtsuki, "Signal Eigenvector-based Device-Free Passive Localization using Array Sensor," IEEE Trans. on Vehicular Technology, vol. 64, no. 4, pp. 1354--1363, Apr. 2015. 査読有

Y. Inatomi, J. Hong, and T. Ohtsuki, "Hidden Markov Model Based Localization Using Array Antenna," International Journal of Wireless Information Networks, Vol. 20, Issue 4, pp. 246-255, DOI: 10.1007/s10776-013-0211-y, June 2013. 査読有

S. Tomii and T. Ohtsuki, "Learning Based Falling Detection Using Multiple Doppler Sensors," Advances in Internet of Things, vol. 3, no. 2A, pp. 33-34, June 2013. 査読有

J. Hong and T. Ohtsuki, "State Classification with Array Sensor using Support Vector Machine for Wireless Monitoring Systems," Trans. of IEICE, Vol. E95-B, No.10, pp. 3088-3095, Oct. 2012. 査読有

J. Hong, S. Kawakami, C.N. Nyirenda, and T. Ohtsuki, "Array Antenna based Localization Using Spatial Smoothing

Processing," Journal of Communications, Vol. 7, No. 6, 427-435, June 2012. 査読有

〔学会発表〕(計8件)

J. Hong and T. Ohtsuki, "Device-Free Passive Localization from Signal Subspace Eigenvectors," IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM2014), Austin, TX, Dec.11, 2014

Y. Hino, J. Hong, and T. Ohtsuki, "Detecting Unexpected Fall Using Array Antenna," IEEE International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC2014), Washington D.C., U.S.A., Sep. 5, 2014.

J. Hong and T. Ohtsuki, "(Invited Paper) Array Sensor: Monitoring Using Wireless Signals," International Conference on ICT Convergence (ICTC2013), Jeju, Korea, Oct.16, 2013

J. Hong, S. Tomii, and T. Ohtsuki, "Cooperative Fall Detection Using Doppler Radar and Array Sensor," IEEE International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC2013), London, UK, Sep.10, 2013

J. Hong and T. Ohtsuki, "Ambient Intelligence Sensing using Array Sensor: Device-Free Radio based Approach," The 4th Workshop on Context-Systems Design, Evaluation and Optimisation (CoSDEO 2013): Device-Free Radio-Based recognition, Zurich, Switzerland, Sep.9, 2013

S. Tomii and T. Ohtsuki, "Falling Detection Using Multiple DopplerSensors," IEEE 14th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom 2012), Beijing, China, Oct. 11, 2012

Y. Inatomi, J. Hong, and T. Ohtsuki, "Hidden Markov Model Based Localization Using Array Antenna," IEEE International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC2012), Sydney, Australia, Sep.10, 2012

F. Dirhold and T. Ohtsuki, "A New Human Model for Doppler Radar Simulation," IEEE International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC2012), Sydney, Australia, Sep. 11, 2012

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大槻 知明 (OTSUKI, Tomoaki)
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号：10277288

(2) 研究分担者

()
研究者番号：

(3) 連携研究者

()
研究者番号：

(4) 研究協力者

Jihoon Hong (Hong, Jihoon)
研究者番号：