



Title	Research on Sound-based Context Recognition Methods for User's Surroundings using Smart Devices
Author(s)	Dissanayake, Dingiri Bandage Madushan Thilina
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/91995
rights	© 2022 IEEE.
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (DINGIRI BANDAGE THILINA MADUSHAN DISSANAYAKE)	
Title	Research on Sound-based Context Recognition Methods for User's Surroundings using Smart Devices (スマートデバイスによる音声を用いたユーザ周辺のコンテキスト認識に関する研究)
Abstract of Thesis Smart devices such as smart watches and smartphones are commonly used in every aspect of the user's daily life. These versatile smart devices are equipped with high quality sensors, that can be employed to sense contextual information of the user. Contextual information about the user's body is generally collected by means of devices placed on the user's body, i.e., wearable devices. Contextual information about the user's surroundings can be collected either by distributing sensors in the user's environment or by remotely sensing the user's surroundings employing a probing device placed on the user's body. On-body sensors such as accelerometers, provide information regarding the user's activities that can be employed to develop context-aware applications. However, the user's surroundings also provide a rich stream of information regarding the user's context. For example, information regarding the user's environment and the objects in close proximity is abundantly available in the user's surroundings. Capturing such information makes it possible to estimate information regarding attributes of such objects and the user's interactions with them, and characteristic attributes of the user's environment. This information can then be used to recognize the user's context. In this thesis, we focus on capturing contextual information about the user's surroundings. Specifically, we employ the user's smart devices, i.e., smartphones and smartwatches, and sound sensing to capture contextual information from the user's surroundings. In recent studies, sound sensing is widely being adopted in capturing contextual information of a smart device user's surroundings. Furthermore, the characteristics of sound sensing allow us to employ cost-effective, easy-to-maintain methods to sense the user's surroundings with a less number of sensor nodes. Moreover, high-quality microphones and speakers are already included in the off-the-shelf smart devices that further increase the adaptability of such methods. In this thesis, we first propose a method to capture information regarding the user's interactions with door objects in the surroundings. The user's interactions with door objects in an indoor environment provide vital information that can be employed in applications in the security, infrastructure, and healthcare sectors. We use a single disused smartphone placed in an environment (room) to recognize the user's interactions with multiple door objects. Our method not only captures the open/close events of the door objects but also captures the opened/closed states of the door objects at any given time which increases the adaptability of our method to applications such as HVAC control. Furthermore, our method also can capture information regarding human movements in the environment which is an essential factor in applications such as surveillance. We evaluated our method using sensor data from five household environments. Our method could recognize door events/states of multiple door objects in an environment with a single probing device with high accuracy. Next, we propose a method to capture the user's indoor location attributes using sensor data from the user's smartwatch. We employ both the acoustic data as well as acceleration data from the user's arm to capture location-specific sensor data segments (location-specific acoustic characteristics and acceleration data segments) and estimate the user's indoor location class. We propose a novel matrix manipulation method that automatically extracts short segments of location-specific data from time-series sensor data. Furthermore, we describe a method to automatically build a location classifier without requiring handcrafted rules and templates. We collected data from four different household environments and evaluated our method. Our method could estimate seven different location classes without requiring training data collected from the target environment.	

Finally, we propose a method that employs sound sensing via a smartphone to estimate the distance and the relative velocity of the obstacles in front of the user, which can be used to aid distracted pedestrians to avoid a collision with an oncoming obstacle. We employ a novel acoustic probing signal that facilitates distance and velocity estimation of both static and mobile roadside obstacles. Furthermore, our novel neural network architecture considers the mobility of the obstacle to efficiently estimate its distance and relative velocity. We evaluated our method using acoustic data from 327 obstacle encounters. Our method achieved an obstacle mobility estimation with a 94% F-measure. The mean absolute error (MAE) of distance and relative velocity estimation was as low as 20.6 cm and 0.19 ms^{-1} .

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (DINGIRI BANDAGE Thilina Madushan Dissanayake)		
論文審査担当者	(職)	氏 名
	主 査	准教授 前川 卓也
	副 査	教授 原 隆浩
	副 査	教授 下條 真司
	副 査	教授 藤原 融
	副 査	教授 松下 康之
	副 査	教授 鬼塚 真
	副 査	准教授 大倉 史生
論文審査の結果の要旨 提出された論文では、スマートフォンやスマートウォッチなどのデバイスから得られたセンサデータを用いた、ユーザの周辺のコンテキストを推定する手法について、特に音響情報を用いたアプローチに着目して述べている。ウェアラブルセンサを用いたユーザのコンテキスト認識手法はこれまでに多く研究されているが、センサが直接添付された対象のコンテキストのみを対象としている。本論文では、アクティブサウンドセンシングを用いて屋内のドアオブジェクトのイベント推定を行う手法、ユーザが滞在する部屋の場合セマンティクスを推定する手法、および、屋外歩行時の障害物の属性推定を行う手法に関して、以下の研究成果について述べている。 1つ目の主な成果として、スピーカーとマイクを備えたスマートフォンなどのデバイスを用いた屋内のドアの開閉イベント検知手法を提案している。屋内に設置されたデバイスは、サイン波とスウィープ信号を定期的に発信し、その反射波を解析してドアのイベントを認識する。ドア板の開閉動作により発生するドップラーシフトや、ドアの開状態と閉状態で異なる音響特徴を捉えることで、高精度なイベント認識を達成している。また、スマートフォンのスピーカーから発信される音の周波数によって異なる伝搬特徴を利用して、屋内にある複数のドアのイベントを区別している。2つ目の主な成果として、スマートウォッチから得られたセンサデータを用いた、ユーザが滞在する部屋の場合セマンティクス推定手法を構築した。音声や加速度信号から、その場所に特有な波形をモチーフとして自動検出する手法を提案し、推定手法に組み込んでいる。具体的には、スウィープ信号の反射波から得られるインパルス応答を用いて、部屋のフロアの素材などに関するその場所に特有の音響特徴を捉えている。また、加速度データを用いて、その場所に特有の身体の動きを捉えている。そして、抽出されたモチーフから転移学習手法を用いて環境に依存しない特徴を抽出し、位置セマンティクスの推定に用いている。3つ目の主な成果として、屋外を歩行するスマートフォンユーザのための、道路上の障害物の属性を推定する手法を提案している。ユーザが携帯するスマートフォンからアクティブサウンドセンシングを行い、その反射波を解析することで他の歩行者や看板などの障害物との距離と相対速度を推定している。このとき、速度と距離の同時推定を可能にするためのサイン波とスウィープ信号を組み合わせたプルービング信号および、距離と速度の微分・積分関係を考慮した深層学習に基づく属性推定手法を考案している。 本論文は、スマートデバイスから得られた音声などのセンサデータを用いてユーザの周辺のコンテキストを推定するための基礎技術を実現した。部屋に設置した単一のデバイスで、複数のドアのイベントを推定する手法はこれまでに多く研究されておらず、その先進性が認められる。また、位置セマンティクスを推定するために場所特有のモチーフを検出する手法は、手で作成されたルールに依存した既存手法から大きく脱却を図るものである。さらに、障害物の属性推定手法では、スマートフォンのスピーカーとマイクのみを用いて実現しており、外部デバイス等に依存する既存手法に比べて実現性が高いと言える。本論文により達成された成果は、身近なデバイスであるスピーカーとマイクを利用したユーザ周辺のコンテキストを推定する先端的な情報技術手法の研究として、情報科学に寄与するところが多い。よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。		