



Achieving Healthy and Quality Life of One-person Households Using IoT and Machine Learning

Niu, Long

(Degree)

博士 (計算科学)

(Date of Degree)

2019-03-25

(Date of Publication)

2020-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第7520号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1007520>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



論文内容の要旨

氏 名 _____ 鈕 龍 _____

専 攻 _____ 計算科学専攻 _____

論文題目 (外国語の場合は, その和訳を併記すること。)

Achieving Healthy and Quality Life of One-person Households Using IoT and Machine Learning

IoT と機械学習を用いた独居者の健康な生活の維持・向上に 関する研究

指導教員 _____ 中村 匡秀 _____

(注) 2, 000 字~4, 000 字でまとめること。

In the world, more and more people are living in One-Person Households (OPHs, for short). Due to the global aging and the late/less marriage, the number of OPH grows rapidly across countries. Among European countries, OPHs of 40% or more are reported in Denmark, Finland, Germany, and Norway in 2015. In Japan, 37.4% of all households will become OPHs in 2030. However, there is an issue for people in OPH. According to a lot of healthcare researches, people in OPHs have a significantly high risk of suffering some disease, such as cardiovascular, fatty livers. The reason is that people in OPHs significantly easier lose control of daily life rhythm compared with those living with family or others, and the chaos of life rhythm often leads to the health deterioration. The research of life rhythm and circadian rhythm (dian means day) show that a key factor for achieving good health-related quality of life (HRQoL) is to maintain a healthy life rhythm. Therefore, there is a research question that how can we find and keep the healthy life rhythm of a person in OPH.

Recently, due to the spread of smartphones and Internet of Things (IoT) technologies, there are a lot of studies and applications, which aim to support user's health by recording daily activity log (e.g., sleep, sport, transfer), or recognizing the pattern of a day (e.g., workday, hospital visit day). Many studies of human activity recognition have been conducted for real life and human-centric applications such as eldercare and healthcare. Some approaches try to directly capture daily living using camera or microphone. However, such systems are too intrusive on the user, in the sense that all aspects of daily living are exposed. Some studies use state-change sensors and/or indoor positioning systems to recognize daily activities. However, these systems are also intrusive in the home, as the user has to install the sensors into around the house and into objects. The deployment and maintenance is usually expensive. Moreover, most of them just provide features of recording and visualizing the activity logs, whereas the interpretation and assessment of the achievement are left to users. As a result, it is not easy for individuals to understand what a healthy life rhythm should be, and how they improve the current situations.

To cope with the limitation, we proposed a system that supports maintenance and improvement of healthy life rhythm of person in OPH. The proposed system monitors daily activity in home and intervenes in OPH to encourage the user maintaining or improving life rhythm using IoT and machine learning technologies. In order to achieve

the system, there are 3 technology challenges: (1). Sensing and collecting data of user's daily activities with low cost of deployment and low level of intrusions for the resident and their place; (2). Recognizing individual daily activities with high accuracy; (3). Detecting personalized optimal life rhythm and intervening in OPH to encourage the user maintaining or improving life rhythm. In this dissertation, we provided and evaluated our proposed methods for the 3 challenges.

We summarize the main contribution of this dissertation.

- Chapter 3: Collecting People's Daily Activity Data in OPH
- Chapter 4: Recognizing Indoor Daily Activity
- Chapter 5: Detecting and Maintaining Personal Healthy Life Rhythm

In the chapter 3, we provided a framework of collecting user living data. In order to minimize the cost of deployment and the intrusions of people and property, our key idea is sensing people's indoor position and indoor environment. For sensing indoor position, in order to minimize the development cost and effort, we proposed a Web-based integration framework, called WIF4InL, which can reuse location data or operation of existing Indoor Positioning System (IPS). And we also developed a BLE-based location system, called BluePIN, which for OPH of not installing IPS yet. As for sensing indoor environment, we exploit an IoT-based environment-sensing device, called SensorBox. The SensorBox has been developed in our previous work, and is designed to minimize the effort of deployment and operation. Once a power cable is connected, the SensorBox autonomously measures 7 types of environment attributes (temperature, humidity, light, sound, vibration, gas pressure, and motion) around the box, and then periodically uploads the data to a cloud server.

In the chapter 4, we proposed a system that recognizes 7 kinds of daily activity (cooking, working, cleaning, bath, sleeping, eating, going out), based on non-intrusive environmental sensing with machine learning. For the labeled dataset, we apply supervised learning algorithms to construct a model of activity recognition for the house. For this, we perform careful feature engineering to determine essential predictors that well explain activities in OPH. Furthermore, we try several different classification algorithms to compare the performance. However, the proposed recognition system did not perform well, the micro-averaged and macro-averaged

precision of most of the recognition models was only around 60%. In order to improve the quality of the system, we then proposed an advanced activity recognition system by integrating environment sensing and Bluetooth Low Energy (BLE) beacon technology and evaluated the advanced version system by comparing the experimental data collected from a real resident in OPH. We deployed the proposed system in an actual setting, and the apartment with single resident (OPH) and conducted the experiment since May 29th 2017 to July 31th 2018, and retrieve valid data of 31 days from the period.

Finally, we proposed a system that quantitatively assesses one's life rhythm, based on the daily activity logs and the self-assessment of quality of life (QoL). The proposed system tries to find correlations between the activities and user's QoL, then establishes a personalized model that explains the QoL by the daily activities. Using the model, the user can easily understand how good (or bad) the current life rhythm is, and how to adjust habits to achieve his or her own healthy life rhythm. We eventually consider integrating the proposed system with a life monitoring system, so that the system automatically intervenes in OPH to encourage the user maintaining healthy life rhythm. We conducted some experiments in 3 actual apartments of OPH, where activity logs and self-assessment QoL logs of about 90 days are collected. Based on the experimental results, we interpreted the personalized assessment model for the 3 residents and found personalized appropriate habits for maintaining high QoL.

氏名	鈕 龍		
論文題目	Achieving Healthy and Quality Life of One-person Households Using IoT and Machine Learning (IoTと機械学習を用いた独居者の健康な生活の維持・向上に関する研究)		
審査委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教 授	上原 邦昭
	副 査	教 授	鳩野 逸生
	副 査	教 授	横川 三津夫
	副 査	准教授	中村 匡秀
要 旨			
<p>概要</p> <p>厚生労働省は日本における単身世帯 (One-Person Household, OPH) が、2030年に37.4%になるという予想を発表している。近い将来、高齢者や若者も含め、国民の世帯3件のうち1件は一人暮らしの家ということになる。日本に限らず世界中で OPH が増加傾向にある。例えばヨーロッパにおいては、デンマーク、フィンランド、ドイツ、ノルウェーなどの国々で、2015年の段階で OPH が40%以上になっている。ヘルスケア分野の研究では、独居者の生活では、非独居者の生活より、生活リズムを乱しやすいというエビデンスが出ている。生活リズムが乱れると病気になるリスクが高まることも知られている。この背景のもとに、本研究では、最新のIoTと機械学習技術を活用して、人の屋内位置と環境センシング、独居・単身者のQoL (Quality of Life) を維持・向上するシステムを開発する。本研究の成果により、独居・単身者が健全な生活リズムを維持し、安全・安心な社会の実現に貢献することが期待できる。</p> <p>近年、スマートデバイスやIoTの発展と共に、様々なヘルスケアシステムやサービスが提案されている。これまでも、高齢者や障害者の生活向上を目的とした「見守りサービス」や、生活習慣の改善を目的とする「生活行動認識」技術の研究が盛んに行われている。しかし、従来の研究では、生活行動の認識・検出にカメラやマイクによる映像・音声認識などの方法や、GPS、状態検知センサを利用している。よって、在宅生活への身体や住宅への侵襲性、導入コストの高さ、検出精度の低さ等から、OPHに導入し長期間運用することにおいて課題がある。また、QoL改善の研究では、体温・心拍数・運動量などの侵襲性の高い特殊なヘルスケア機器を装着させ、これらから得られる生理指標によって健康状態の分析を行うものである。これらの方法は生活リズムの乱れを発見するものではなく、乱れの結果引き起こされる健康の異常を検出するものであり、生活リズムの改善という点では検出が遅いという課題がある。</p> <p>これら関連研究の課題を解決するべく、本研究では次の3つの成果を上げている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・成果1. 独居者が導入可能な低コスト・低侵襲な宅内生活データの収集基盤の開発 ・成果2. 個人の宅内生活日常生活行動を高精度に認識技術の開発 ・成果3. 独居者の生活リズムの把握し、個人に応じた質の高い生活を維持・向上する方法の提案 <p>本論文は6章で構成されている。</p> <p>第1章は、本研究の背景と目的、および論文の構成について説明している。</p> <p>第2章は、単身世帯や、生活リズムについての知識等、本論を展開するうえで必要な基本的事項について述べている。</p> <p>第3章は、上記成果1に関するもので、屋内位置と環境センシングデータの収集基盤を提案している。屋内位置に関しては、既存の測位システムが利用できる場合は、位置情報を再利用するための屋内位置情報統合フレームワーク (WIFI4InL) を提案している。測位システムがない場合は、Bluetooth ビーコン (BLE Beacon) を用いてヒトの屋内位置を簡易的に計測するシステム (BluePIN) を提案している。環境センシ</p>			

氏名	鈕 龍
<p>ングについては、我々の研究グループが開発している自律センサボックスを利用して、温度、湿度、照度、振動、気圧、音圧、人感の7種類の環境値をセンシングする。この章の成果は、査読付き国際論文誌 International Journal of Pervasive Computing and Communications, およびロケーションシステムに関する国際会議 LocWeb2014 および 情報統合とウェブに関する国際会議 iiWAS2015 で発表している。</p> <p>第4章は、上記成果2について、屋内位置と環境センシングデータを統合した日常生活行動の認識システムを提案している。教師あり機会学習でデータを学習し、7種類の日常生活行動 (睡眠、食事、外出、入浴、掃除、仕事、テレビ視聴) を認識するモデルを構築している。また、一人暮らしの被験者の家に提案システムを配備し、半年間の評価実験を行っている。百以上の認識モデルを構築し、平均精度90%以上を達成。特に、睡眠、外出、入浴を高精度で認識できることが確認できた。本章の成果は、査読付き論文誌 International Journal of Software Innovation, および4本の査読付き国際会議 (ICAMCS2017, SNPD2017, IPIN2017, iiWAS2017) で発表している。</p> <p>第5章は、上記成果3に関するもので、生活行動ログデータを基づく生活リズムを表現し、その生活リズムの質を定量的に評価する手法を提案している。成果2で認識した生活行動の周期的な変化によって独居者の生活リズムを把握し、その人にとって質の高い生活を達成するためのアドバイスを導出する。これまで、生活リズムの維持に特に重要な睡眠と朝食に着目し、週ごとの統計的特徴量によって生活リズムを表現して、自己評価による生活の充実度に回帰するモデルを導出する手法を開発している。また、QOLの質を改善・維持するための生活リズムを評価と介入するサービスの評価実験を行っている。この成果は、査読付き国際会議 iiWAS2018 で発表している。さらに追加実験を行い、3月までに国際論文誌に投稿する予定である。</p> <p>最後に、第6章は、本論文のまとめと今後の課題について述べている。</p> <p>以上のように本研究は、IoTと機械学習を用いて独居者の生活質を維持・向上するシステムについて重要な知見を得たものとして価値があると認める。提出された論文はシステム情報学研究科学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の鈕龍は、博士 (計算科学) の学位を得る資格があると認める。</p>	