

스마트 홈 환경에서의 재실자 일상생활 활동 패턴 추출을 위한 행동 컨텍스트화 프로세스에 관한 연구

이보경¹ · 이현수* · 박문서¹

¹서울대학교 건축학과

Behavioral Contextualization for Extracting Occupant's ADL Patterns in Smart-home Environment

Lee, Bogyong¹, Lee, Hyun-Soo*, Park, Moonseo¹

¹Department of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University

Abstract : The rapid increase of the elderly living alone is a critical issue in worldwide as it leads to a rapid increase of a social support costs (e.g., medical expenses) for the elderly. In early stages of dementia, the activities of daily living (ADL) including self-care tasks can be affected by abnormal patterns or behaviors and used as an evidence for the early diagnosis. However, extracting activities using non-intrusive approach is still quite challenging and the existing methods are not fully visualized to understand the behavior pattern or routine. To address these issues, this research suggests a model to extract the activities from coarse-grained data (spatio-temporal data log) and visualize the behavioral context information. Our approach shows the process of extracting and visualizing the subject's space-activity map presenting the context of each activity (time, room, duration, sequence, frequency). This research contributes to show a possibility of detecting subject's activities and behavioral patterns using coarse-grained data (limited to spatio-temporal information) with little infringement of personal privacy.

Keywords : Activities of Daily Living (ADL), Behavioral Contextualization, Non-intrusive Sensing Approach, Smart-home

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 인구의 급격한 고령화가 사회문제로 대두되고 있으며 우리나라 역시 2018년에 65세 이상 인구가 총 인구의 14% 이상을 차지하게 되는 고령사회(Aged Society)로 접어들다(통계청, 2017). 치매와 같은 퇴행성 뇌질환은 장기 치료가 필요한 대표적인 인지장애 질환으로 고령화 추세와 함께 급증할 것으로 예상되며(중앙치매센터, 2016), 이는 곧 사회 전체가 부담해야하는 비용으로 직결되기 때문에 이를 줄이기 위한 노력이 필요하다. 특히 1인 고령자 가구의 경우 기능저하 질환의 발생에 따른 증상을 스스로 감지하고 대

응하기 어렵기 때문에 고령자 스스로 상시적인 건강 모니터링이 가능하도록 하는 스마트 홈 헬스케어 시스템에 대한 수요 또한 증가하고 있다.

이를 위해 재실자의 행동과 관련된 데이터를 수집하여 건강상태와의 관련성을 확인하거나 행동패턴을 추출하는 연구가 활발히 수행되고 있다. 재실자의 일상생활을 촬영하거나 재실자가 웨어러블 디바이스를 직접 착용하게 하여 재실자의 생리적(Physiological) 데이터를 실시간으로 수집하는 등 센서를 활용하여 재실자의 움직임 및 자세를 감지하는 데 초점을 맞추고 있다.

이러한 직접적(Intrusive) 센싱 방식은 재실자의 단일 활동(ex. 걷다, 앉다, 뛰다)을 감지하기에 용이하다는 장점이 있으나 해당 활동이 발생한 공간, 시점, 선·후 활동들 간의 관계 등과 같은 맥락적(Behavioral Context) 정보를 함께 추출하기는 어렵다. 또한 추가적 기기들의 설치에 대한 고령자들의 거부감·불편함이나 개인정보의 과도한 노출 등의 단점 또한 상당하다(Lee et al., 2015; Galinina et al., 2016; Zhang

* Corresponding author: Lee, Hyun-Soo, Department of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University, Seoul 08826, Korea
E-mail: hyunslee@snu.ac.kr
Received October 24, 2017; revised -
accepted November 28, 2017

et al., 2016). 이러한 한계점들을 보완하기 위해 재실자가 추가적인 기기와 직접적으로 대응하지 않으면서도 일상생활 활동을 추출하고 모니터링 할 수 있는 기술을 개발할 필요가 있다.

이를 위해 본 연구에서는 간접적(Non-intrusive) 센싱 방식(비부착적 모션 센서)을 활용하여 재실자의 시·공간 데이터 로그(Spatio-temporal data)만을 수집하고, 이를 활용하여 재실자의 일상생활 활동(Activity)을 추출하는 방법을 제안한다. 또한 그 과정에서 재실자의 시간대별 공간 활용 및 수행 활동 간의 순서, 빈도 등 행동 맥락적 정보를 시각화하는 과정을 제안하고자 한다. 이는 최소한의 재실자 개인정보를 활용하여 일상생활 활동 패턴을 추출하기 위한 선행적 연구로서, 향후 고령자를 위한 상시적인 건강 모니터링의 기반 기술로 활용될 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 재실자의 시·공간 데이터 로그만을 추출하여 재실자가 시간대별로 수행한 활동을 추출하는 프로세스를 제시하고 향후 일상활동 패턴 추출에의 활용 가능성을 밝히는 것을 목적으로 한다. 본 연구의 프로세스를 통해 추출하고자 하는 일상생활 활동은 일반적인 ADL (Activities of Daily Living) 관련 활동들 중 주거공간 내에서 발생하는 활동들(목욕 및 위생관리, 옷 입기, 화장실 가기, 식사하기, 취침하기, 집의 상태 유지하기(설거지, 청소, 빨래 등))로 한정한다.

본 연구의 수행방법은 다음과 같다.

- (1) 선행연구 분석을 통해 기존 데이터 수집 및 행동패턴 추출 방법의 한계를 확인하고 본 연구에서의 차별성을 도출한다.
- (2) 기존 이론을 통해 본 연구에서의 재실자 일상생활 활동 관련 데이터의 구성요소 및 정보의 컨텍스트화 과정을 정의한다.
- (3) 재실자 시간대별 활동 추출 및 시각화 모델을 제안한다.
- (4) 사례 분석으로서 혼자 사는 성인을 대상으로 비부착적 모션 센서(Tomographic Motion Sensors)를 활용하여 재실자 시·공간 데이터 로그를 수집한다.
- (5) 본 연구에서 제안하는 행동 컨텍스트화 프로세스를 통해 수행 활동을 추출한 후, 시간대별 실제 수행된 활동의 내용과 비교하여 그 결과를 분석한다.

2. 선행연구 분석

2.1 재실자 행동 및 일상생활 활동(ADL)

2.1.1 일상생활 활동(ADL) 패턴이 갖는 고령자 건강 진단에서의 의의

고령자의 원활한 일상생활 활동(ADL, Activities of Daily Living) 수행이 건강의 척도와 유관하다는 연구는 1960년대

부터 본격적으로 수행되어 왔다(Katz et al., 1963). 일상생활 활동은 매일 본인의 상태를 유지하기 위해 스스로 행하는 활동을 의미하며 주로 목욕 및 개인위생 관리, 옷 입기, 화장실 가기, 거동하기, 식사하기에 관련된 활동을 포함한다(Katz et al., 1963; Nouri & Lincoln, 1987; Covinsky et al., 2003; Roehrig et al., 2007). 고령화가 진행될수록 신체·정신적 기능이 저하되면서 ADL 수행의 완결성이 저하될 수 있는데, 특히 노인성 질환인 치매, 뇌졸중으로 인한 인지 장애, 노인성 우울증 등과 같은 질병은 ADL의 기능 저하와 높은 관련성을 가진다(Covinsky et al., 2003; Andersen et al., 2004; Urwyler et al., 2017). ADL의 기능 정도는 옷 입기, 화장실 가기 등의 행동을 타인의 도움 없이 스스로 해낼 수 있는지가 중요한 판단 기준이 되며 고령자 당사자에게 가능 여부를 설문하는 방식으로 그 정도를 정량적으로 평가 한다(Katz et al., 1963).

치매와 같은 노인성 질환의 발병 초기단계에서 일상생활 활동 중 평소의 패턴과 다른 이상행동이나 급격한 패턴의 변화가 발생할 수 있으며(Ditzler, 1991; Blankevoort et al., 2010), 이러한 행동패턴의 변화를 노인성 질환 조기진단의 근거로 활용할 수 있다. 따라서 일상생활 활동의 상시적인 모니터링을 통해 이상행동 패턴이나 급격한 패턴 변화를 감지할 수 있다면 노인성 질환을 조기에 진단할 확률 또한 높일 수 있다. 상시적으로 행동패턴을 모니터링하고 급격한 패턴의 변화가 발생했을 때 이를 감지하기 위해서는 선행적으로 재실자의 행동패턴을 추출할 수 있어야 한다. 이를 위해 본 연구에서 활용하는 단위 정보인 재실자 시·공간 데이터로부터 재실자의 행동패턴을 구성하는 행동 맥락 정보의 구성요소에 대해 정의할 필요가 있다.

2.1.2 일상생활 활동패턴(ADL Routine)의 구성요소 및 행동 맥락 정보(Behavioral Context)의 정의

개인의 행동패턴을 분석하고 미래의 행동을 예측하여 마케팅에 활용하거나, 특정 공간 내에서의 이동 패턴 또는 일상생활에서의 반복적 행동특성 분석을 통해 삶의 질을 개선하는(Ziebart et al., 2008; Davidoff et al., 2010) 등 다양한 분야에서 관련 연구가 수행되고 있다. 특히 주거공간에서의 재실자의 행동패턴을 분석하고 예측하는 연구는 스마트 홈 시스템 기술 개발과 함께 재실자의 주거생활의 질을 높이는 데 기여하고 있다(Roy et al., 2003; Roy et al., 2007; Alirezaie et al., 2017). 관련 연구에서의 활동(Activity)과 행동(Behavior), 행동 패턴(Behavioral Pattern) 등의 개념은 포함 정보의 상세 정도에 따라 아래와 같이 구성 된다(Fig. 1).

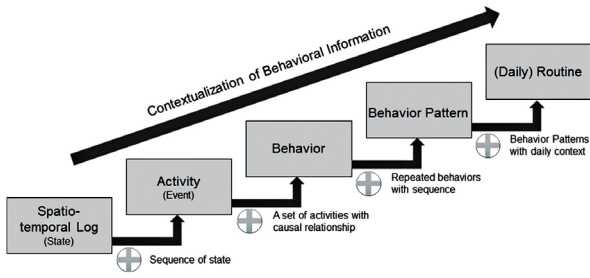


Fig. 1. Concept of the Contextualization of Behavioral Information

시·공간 데이터 로그는 대상자의 행위 및 행동에 관한 맥락적 정보가 없는 형태의 가장 거친(Coarse-grained) 정보로서, 특정 시간의 공간적 위치에 있었던 상태(State)만을 나타낸다. 이러한 시·공간 데이터 로그들을 순차적으로 모으면 하나의 활동(Activity)을 표현할 수 있다(Banovic et al., 2016; Alirezaie et al., 2017; Kim et al., 2017). 예를 들어, 저녁 9시에 화장실의 세면대 근처에 위치하여 약 10분간 머물렀다가 10분 후 화장실이 아닌 곳에 위치하는 시·공간 데이터를 모으면 이는 '화장실에 들어간다.', '세면대를 사용한다.', '화장실에서 나온다.'와 같은 세 가지의 활동을 유추할 수 있다. 관련성이 높은 활동들 간의 인과 관계를 파악하여 연결하면 하나의 행동(Behavior)을 표현할 수 있다(Taylor, 1950; Hodgson, 1997; Brdiczka et al., 2010; Banovic et al., 2016). 위의 세 가지 활동 간의 인과관계, 즉, '화장실에 들어간 것은 세면대를 사용하기 위함이다.', '10분 동안 세면대 근처에 머무른 것은 세면대를 사용하여 씻기 위함이다.', '화장실에서 나온 것은 화장실에서의 활동이 끝나고 다음 활동하기 위함이다.'와 같은 활동의 인과관계를 결합할 때 '화장실에서 10분 동안 세수를 한다.'라는 하나의 행동을 도출할 수 있다. 이렇게 도출한 연속적인 행동들 중 일부가 반복적으로 발생할 때, 해당 행동들의 집합을 행동패턴으로 정의한다. 일상생활 활동의 범주에 포함되는 행동들이 일 단위(Daily)의 시간대별로 반복적으로 수행될 때 이를 일상생활 활동 루틴(ADL Routine)으로 정의할 수 있다. 본 연구에서의 재실자 행동 정보 관련 개념은 위의 정의를 따르며, 3장에서 제안하는 모델은 시·공간 데이터 로그로부터 행동까지를 맥락화한다.

2.2 재실자 활동 데이터 수집 및 수행 활동 추출

2.2.1 간접적(Non-intrusive) 센싱 방식을 통한 재실자 활동 데이터 수집

재실자의 일상생활 활동을 감지하기 위해 재실자의 물리적인 움직임(자세 변화) 및 생체반응에 초점을 맞춰 직접적(Intrusive)인 센싱 방식(ex. 카메라 촬영, 신체 부착형 웨어러블 센서 등)을 적용하는 관련 연구가 활발히 수행되고 있다. 그러나 재실자의 신체에 직접적으로 부착하는 형태

(Contact-based)의 센서 활용은 행동패턴 추출이라는 원래의 목적을 달성하기 위해 필요한 정보보다 더 많은 개인의 생체 정보를 외부로 노출시킬 위험이 있다는 점에서 개인정보 침해에 관한 우려가 상당하다. 또한 카메라 촬영 방식은 재실자의 신체와 직접 접촉하지는 않지만, 재실자가 카메라의 존재를 의식하게 됨으로써 일상생활의 편의성이 저해되고 추출된 데이터의 정밀도에 영향을 미칠 수 있다.

이러한 기존의 직접적 센싱 기반 데이터 수집 방식의 한계를 보완하면서도 재실자 행동패턴을 추출할 수 있는 대안적 센싱 방식을 적용하고자 하는 시도가 있어왔다(Zoha et al., 2012; Chen et al., 2013). 재실자 자체의 정보보다는 재실자를 둘러싼 환경의 상태를 센싱하는 방식으로, 재실자의 움직임 유무를 감지할 수 있는 모션 센서나 에너지 사용량 및 사용시간 등을 감지하는 스마트 플러그 등이 대표적인 예다.

본 연구에서는 재실자의 움직임이 감지된 시간과 위치를 감지할 수 있는 비부착적 모션 센서(Tomographic Motion Detection System)를 활용하여 재실자의 시·공간 데이터 로그를 수집하고 이를 통해 재실자의 활동, 행동 및 행동패턴을 추출하는 방법을 그 대안으로 제시하고자 한다. 이는 재실자의 직접적인 데이터를 최소한으로 수집하는 동시에 재실자의 행동 추출이라는 본질적인 목적을 달성할 수 있음을 보여주는 데 그 의미가 있다.

2.2.2 재실자 수행 활동 추출을 위한 시·공간 데이터의 시각화

사람의 시·공간 데이터를 시각화한 결과물을 통해 재실자의 공간적인 이동경로를 파악하거나 특정 시간대별 행동패턴을 파악하는 등의 분석이 가능하다. 대상자의 시·공간 데이터 로그 시각화는 최종 결과물을 통해 보는 사람의 이해를 도울 수 있을 뿐 아니라 시각화 과정 자체가 의미 있는 데이터의 추출 및 분석을 포함할 수 있다. 본 연구에서의 시·공간 데이터 로그 시각화는 로그 데이터가 가진 단순 정보를 시각적으로 표현하는 것 외에 데이터 발생 당시의 맥락 정보를 순차적으로 표현하는 과정까지를 포함한다.

시·공간 데이터의 시각화 방법은 결과물의 최종 목적에 따라 크게 다음의 두 가지로 분류할 수 있다(Andrienko et al., 2003).

- 1) 시간대별 위치의 순차적 표현(with respect to time)
- 2) 공간별 머무른 시간 및 빈도의 표현(with respect to space)

시간대별로 존재했던 위치를 순차적으로 표현할 경우 시간에 따른 이동경로를 파악하기 쉬우며, 이동의 순서를 파악할 수 있으므로 활동의 선·후행 관계를 파악하는 데 주효하다. 따라서 대상자의 시간대별 이동경로 및 공간 이용패턴 등의 파악 및 예측에 적용된다(Guo et al., 2006; Bach et al.,

2014). 공간에 초점을 맞춘 시각화의 경우, 각 공간별로 사람이 머물렀던 시간(Duration), 머무른 횟수(Frequency)가 표현될 수 있도록 하는 것이 최종 목적이다(Qi & Du, 2013; Lee et al., 2016). 시·공간 데이터를 활용한 이동패턴 시각화의 경우 위의 두 가지 목적을 모두 반영하여 시간대별 공간 이용의 밀도(Density, 시간과 횟수)를 표현함으로써 가능하다(Andrienko et al., 2003).

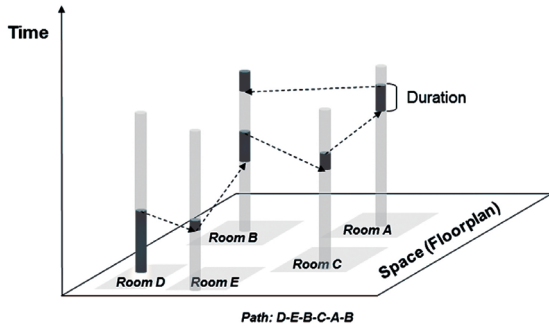


Fig. 2. Space-time Alignment (adapted from Shoval & Isaacson, 2007)

(Fig. 2)는 사람의 특정 공간에서의 이동패턴(시간대 별 공간 활용패턴)을 파악하기 위해 제시된 개념을(Hägerstrand, 1970) 본 연구에서의 문제 상황(주거공간 평면도에서 머무른 시간을 표현)에 맞게 응용하였다. X-Y평면 위에 주거공간 내에서의 위치를 표시하는 것 외에도 차원을 추가함으로써 (예) (Fig. 2)의 원기둥의 너비로 공간별 방문 빈도 등을 표현) 시간과 공간 외의 속성 또한 표현할 수 있다(Shoval & Isaacson, 2007). 대부분의 연구에서 시간대별로 재실자가 수행한 활동을 추출한 후 이를 시각화할 때 (Fig. 3)과 같은 Activity Map을 작성한다(Roy et al., 2007; Banovic et al., 2016; Urwyler et al., 2017).

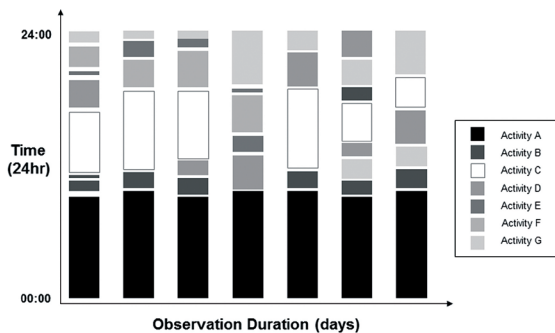


Fig. 3. Concept of Activity Maps from Observation Results (adapted from Banovic et al., 2016; Urwyler et al., 2017)

이들 연구에서의 시각화 목적은 개별 활동들을 구분하여

표현하거나 가장 높은 밀도로 발생한 활동을 표현하는 것으로, 단위 활동이 지속된 시간 및 빈도, 시점을 한 눈에 표현한다. 다만 여러 활동 간의 인과 관계나 상위 레벨인 행동패턴을 표현하는 데는 한계를 가진다. 또한 이들 연구에서는 시·공간 데이터 로그로부터 활동을 추출하지 않았기 때문에 각 활동 간의 공간적 맥락까지 시각화되지는 않았다는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 관련 연구에서 제안된 시·공간 데이터 및 Activity Map 작성 방식을 응용하여 추출된 활동이 발생한 시점, 실(Room), 활동 내용, 발생순서, 빈도 등을 시각화하고자 한다.

3. 재실자 행동 컨텍스트화 모델 개발

3.1 재실자 시·공간 데이터 로그의 추출 및 특성 분석

재실자의 시·공간 데이터 로그의 속성은 데이터 수집의 시점과 재실자가 감지된 위치의 좌표로 구성된다. 이 때, 시간과 공간 데이터의 형태는 데이터 수집에 활용된 센서의 종류 및 공간의 특성에 따라 달라진다. 본 연구에서의 공간은 주거공간 내에서의 위치를 의미하므로 x, y축의 2차원 평면에서의 좌표만을 수집할 예정이며, 좌표의 크기는 대상 주거공간의 실측치 또는 상대적 크기를 따를 수 있다. 일정한 시간간격으로 재실자의 위치를 감지하고 이를 기록한 데이터 로그의 형태는 (Table 1)과 같다.

Table 1. Examples of the Spatio-temporal Raw Data Log

Timestamp	Coordinates (x)	Coordinates (y)
2017-09-28 15:00:45	-18.0281	-0.9157
2017-09-28 15:00:50	-15.2376	-1.2379
2017-09-28 15:00:55	-12.1759	2.3875
2017-09-28 15:01:00	-12.9763	2.5794

3.2 재실자 행동 컨텍스트화 프로세스

3.2.1 시간대별 수행 활동 추출 모델의 개요

(Fig. 4)는 재실자의 주거공간에서의 시·공간 데이터 로그로부터 일상활동 패턴을 추출하기까지 요구되는 데이터 컨텍스트화 과정과 그에 따른 데이터의 속성, 시각화 예시를 나타낸다. 본 연구에서 제시하는 행동 컨텍스트화 모델은 시·공간 데이터 로그로부터 시간대별 수행 활동을 추출하고 그 과정에서 발생하는 결과를 단계별로 시각화하는 과정을 포함한다.

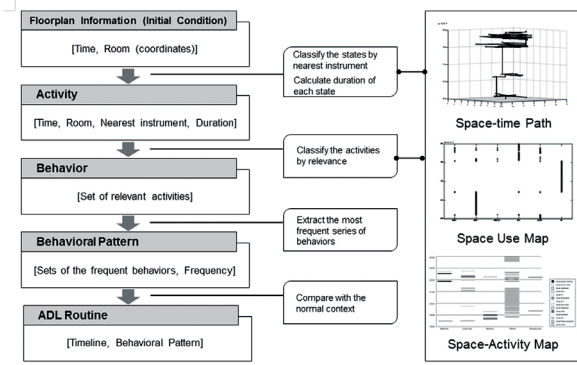


Fig. 4. Model Framework for Occupant's Behavioral Contextualization

3.2.2 데이터의 컨텍스트화를 통한 수행 활동 추출

재실자의 시·공간 데이터 로그는 시간 순서에 따른 재실자의 위치 정보만을 가지고 있으며 이는 특정 시간에 따른 재실자의 일시적인 위치(State)를 표현한다. 본 정보를 활용하여 재실자의 활동을 자동적으로 추출하기 위해서 사람의 활동과 관련 있는 실별 도구(Instrument)의 위치 정보 및 해당 위치에 머무른 시간(Duration)을 활용한다. 이를 위해, 본 모델에서는 재실자의 위치로부터 가장 가까운 곳에 있는 도구의 영역에서 유의미한 시간(5초 이상)만큼 머무른 경우 해당 도구를 사용하는 활동을 수행했다고 가정한다. 본 가정은 주거공간 내에서 발생하는 대부분의 일상생활 활동(ADL)이 실별로 배치된 활동 관련 도구들을 사용함으로써 발생한다는 사실에 근거한다.

대상 주거공간이 가지는 고정 초기 조건(평면 정보 및 실별 활동관련 도구의 위치 데이터)을 활용하여 개별 좌표에 공간적 맥락을 부여할 수 있다. <Table 2>의 예시에 따르면 '재실자가 10초 간 세면대를 사용했다'라는 단위 활동을 추출할 수 있다. 이를 위해서는 일반적인 주거공간 내에서의 실별 도구의 종류와 해당 도구를 활용하여 발생하는 활동, 그리고 해당 활동의 목적을 포함하는 행동에 관한 분류체계가 필요하다 <Fig. 5>.

Table 2. Examples of the Spatial Contextualization

Timestamp	Coordinates (x,y)	Room Name	(Nearest) Instrument
2017-09-28 15:00:45	(-18.0281, -0.9157)	Bathroom	Washstand
2017-09-28 15:00:50	(-15.2376, -1.2379)	Bathroom	Washstand
2017-09-28 15:00:55	(-12.1759, 2.3875)	Bathroom	Washstand
2017-09-28 15:01:00	(-12.9763, 2.5794)	Living room	PC

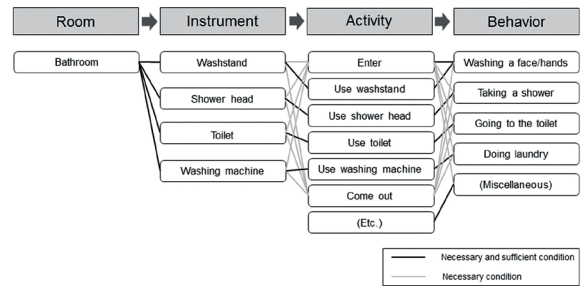


Fig. 5. Examples of Room-Instrument-Activity Relevance Map (Bathroom)

실-도구-활동의 관련성 기반 분류기준을 통해 재실자의 행동을 추출한 후에는 가장 빈번하게 발생한 것으로 나타나는 일련의 행동들을 나열하고, 이를 재실자의 행동패턴으로 규정한다. 마지막으로 추출된 행동패턴이 발생한 시간대(오전, 오후, 밤)와 발생한 공간(실), 걸린 시간 등을 고려할 때, 해당 행동들이 유의미하게 가능했는지를 판단한다. 본 연구에서는 제안한 프로세스 중 추출된 활동의 유효성을 확인하기 위해 다음 장에서 실제 사례자를 통한 실험을 수행하고, 데이터 추출 및 시각화 과정을 통해 도출된 결과와 실제 재실자가 기록한 행동패턴 결과를 비교한다.

실내 평면에서의 위치 좌표를 2차원 평면(X-Y)에 표시하고 각 위치에 머물렀던 시점을 z축에 표시하면 3차원 공간에서의 시간대별 재실자 이동 경로 (Space-time Path)를 표현할 수 있다. (x, y, Timestamp)의 3차원 좌표는 주거공간의 정보를 표현하지 않는 상태이며 (x, y) 좌표에 공간적 맥락을 부여하면(Room, Timestamp)의 형태로 표현(Space Use Map)할 수 있다. 본 연구에서의 최종 결과물인 시간대별 수행 활동이 추출되면 (Room, Timestamp, Extracted Activity) 정보를 시각화하여 'Space-Activity Map'을 도출한다. 이를 통해 각 실에서 발생한 시간대별 수행 활동의 순서와 기간, 빈도 등을 한 눈에 파악할 수 있다.


4. Case Study

4.1 사례적용의 개요

3장에서 제시된 재실자 시·공간 데이터 로그의 컨텍스트화를 통한 행동 추출 프로세스의 유효성을 분석하기에 적합한 실제 사례자의 주거공간을 대상으로 실험을 진행하였다.

사례자는 혼자 사는 30대 성인으로, 평일동안 일정한 시간에 출근하는 직장인의 생활패턴을 가진다. 대상 주거공간은 침실, 거실, 부엌, 드레스 룸, 화장실의 총 5가지 기능적 공간으로 나뉘어 있다. 다양한 상황에서의 데이터 수집 및 분석 가능성을 확인하기 위하여 실험 대상자가 특정한 행동규칙을 수행해야 하는 등의 제약 없이 평소와 동일하게 생활하도록 하였다.

Table 3. Outline of Case Project

Classification	Contents
Type	RC Structure
Area	490 ft ² (45.5m ²)
Floorplan	
Experimental Date	2017-10-16 (00:00:00) ~ 2017-10-20 (23:59:55)

사례자의 주거공간 내에서의 시·공간 데이터 로그를 수집하기 위하여 재실자의 움직임이 발생한 시간과 위치를 센싱할 수 있는 Tomographic 모션 센서 (Xandem사)를 활용하였다. 본 장비는 각 실의 콘센트에 설치하는 센서 노드(Node)들과 노드 간의 네트워크 정보를 수신하는 허브로 구성되어 있다. 본 실험 공간의 전 영역 커버를 위해 10개의 노드를 설치하였으며 각각의 실 구성과 실별 도구의 위치는 <Fig. 6>과 같다. 본 모션 센서는 노드들을 연결하는 허브 시스템 내부에 주거공간의 실측 사이즈를 설정하면 감지된 움직임의 위치를 ft 단위의 좌표로 기록한다.

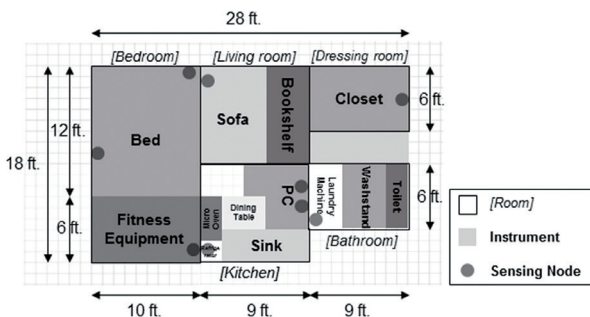


Fig. 6. Case Floorplan (Locations of Rooms, Nodes, and Instruments)

위 장비를 통해 수집되는 데이터의 형태는 <Table 1>과 같다. 본 실험에서는 5초에 한 번씩 재실자의 움직임과 그 위치를 감지하여 데이터 로그를 수집하도록 했다. 본 센서는 움직임을 감지하는 센서로서 공간 내에 움직임이 감지되지 않으면 공간 좌표는 모두 0으로 기록된다. 이 때, 재실자는 직전에 움직임이 감지된 위치에서 더 이상 이동하지 않고 계속 머무르고 있다고 판단할 수 있으므로 다음 움직임의 위치가 기록되기 전까지 직전 위치의 좌표를 기록하는 방식으로 데이터를 보정하였다.

4.2 재실자 행동 컨텍스트화 프로세스의 수행

10월 17일 24시간동안 수집된 시·공간 데이터 로그를 Space-time Path로 시각화한 결과는 <Fig. 7>과 같다. 특히 오전 8시 41분 20초부터 오후 6시 30분 20초까지(9시간 49분)와 오전 1시 11분 35초부터 오전 8시 30분 25초까지(7시간 18분 50초)는 오랜 시간 위치의 변화가 감지되지 않았는데, 각각 출근하여 집이 비어있는 상태와 침실에서 잠을 자는 시간대와 일치함을 알 수 있다.

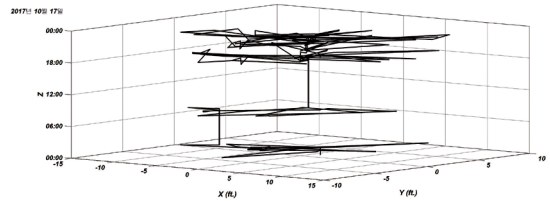


Fig. 7. Space-time Path of Case Project (2017-10-17)

그러나 공간 내에서의 움직임이 많은 시간대(<Fig. 7>에서의 오후 6시부터 오전 12시까지)의 경우 위치 좌표를 시·공간 경로로 단순 시각화하는 것으로는 재실자의 행동관련 정보를 파악하기는 어려움을 알 수 있다.

5일 간의 실험기간 중 실험 대상자가 가장 긴 기간 동안 연속적으로 집 안에 머무른 시간대인 2017년 10월 17일 오후 6시부터 자정까지(총 6시간) 발생한 시·공간 데이터 로그를 단계적으로 컨텍스트화 하여 그 결과를 실제 발생 활동과 비교·분석한다.

4.2.1 시간별 위치 데이터의 실-도구 레벨 분류

시간별 재실자의 위치 데이터에 주거공간의 실(Room) 및 사용 도구(Instrument)의 공간적 맥락을 부여하기 위해 해당 주거공간의 실별 좌표 정보(<Fig. 6>)를 활용하여 공간 데이터 분류를 수행하였다.

시간별 재실자의 위치를 실별로 분류하면 <Fig. 8>의 Space Use Map과 같으며 본 시각화 과정을 통해 시간대별 재실자의 실별 이용 기간과 빈도, 순서 등을 파악할 수 있다. 시간대별 공간 활용 결과에 따르면 실험 대상자는 퇴근 후 대부분의 시간을 부엌과 거실에서 보냈음을 알 수 있다.

같은 방식으로 각 공간 좌표를 실 내부에 위치한 도구들이 포함하는 영역과 연결 지어 시간별 수행 활동으로의 컨텍스트화를 수행했다(<Fig. 6>). 각 공간 좌표가 포함된 실 내부의 도구들 중 가장 가까운 도구와 라벨링되도록 하였다.

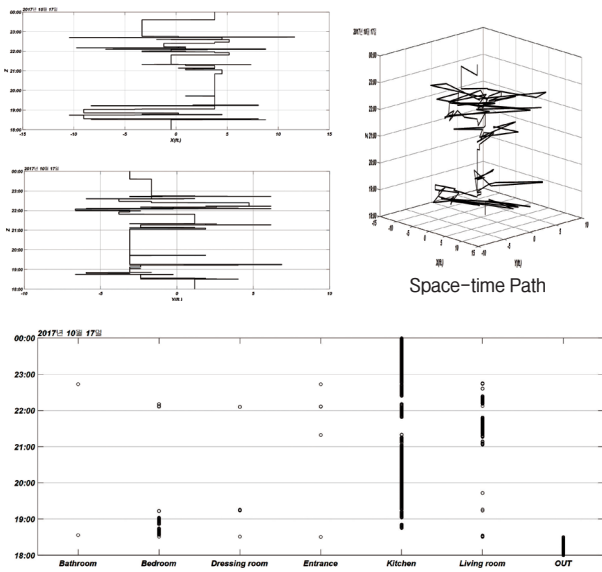


Fig. 8. Space Use Map for Case Project (2017-10-17 18:00 ~ 24:00)

4.2.2 시간별 수행 활동 추출

재실자가 위치한 실과 도구, 머무른 기간을 산정하여 재실자의 시간별 활동을 추출하였으며 그 결과는 <Table 4>와 같다. 이 때, 재실자가 10초 이상 같은 위치가 유지되었을 때, 라벨링된 도구를 활용하는 활동을 유의미하게 수행했다고 판단했다.

Table 4. Results of Activity Extraction of Case Project (2017-10-17 18:00~24:00)

No	Timestamp	Duration (min)	Extracted Activity	Activity Done
1	2017-10-17 18:30:55	0.3	Using laundry machine	Washing hands
	2017-10-17 18:31:10			
2	2017-10-17 18:31:15	0.4	Using bookshelf	Putting down the bags
	2017-10-17 18:31:40			
3	2017-10-17 18:31:45	1.3	Using sofa	
	2017-10-17 18:33:05			
4	2017-10-17 18:33:10	0.3	Using shower head	Using toilet
	2017-10-17 18:33:25			
5	2017-10-17 18:33:30	11.6	Using bed	Changing clothes
	2017-10-17 18:45:05			
6	2017-10-17 18:45:10	0.6	Using micro oven	-
	2017-10-17 18:45:45			
7	2017-10-17 18:45:50	1.2	Using PC	-
	2017-10-17 18:47:00			

8	2017-10-17 18:47:05	0.7	Using micro oven	-
	2017-10-17 18:47:45			
9	2017-10-17 18:47:50	3.3	Using dining table	Sitting at the table
	2017-10-17 18:51:10			
10	2017-10-17 18:51:15	11.6	Using bed	Using bed (Watching TV)
	2017-10-17 19:02:50			
11	2017-10-17 19:02:55	0.4	Using micro oven	Using refrigerator
	2017-10-17 19:03:20			
12	2017-10-17 19:03:25	9.5	Using PC	Eating dinner (Using PC)
	2017-10-17 19:12:55			
13	2017-10-17 19:13:00	0.9	Using bed	Eating dinner (Using PC)
	2017-10-17 19:13:55			
14	2017-10-17 19:14:05	1.5	Using closet	Eating dinner (Using PC)
	2017-10-17 19:15:35			
15	2017-10-17 19:15:50	27.0	Using PC	Eating dinner (Using PC)
	2017-10-17 19:42:50			
16	2017-10-17 19:43:00	0.3	Using sofa	Using PC
	2017-10-17 19:43:20			
17	2017-10-17 19:43:25	79.6	Using PC	Using PC
	2017-10-17 21:03:00			
18	2017-10-17 21:03:05	3.2	Using sofa	Using PC
	2017-10-17 21:06:15			
19	2017-10-17 21:06:20	1.3	Using PC	Using PC
	2017-10-17 21:07:35			
20	2017-10-17 21:07:40	0.8	Using bookshelf	Clearing up the rooms
	2017-10-17 21:08:25			
21	2017-10-17 21:08:30	0.3	Using sofa	Clearing up the rooms
	2017-10-17 21:08:45			
22	2017-10-17 21:08:50	7.2	Using PC	Clearing up the rooms
	2017-10-17 21:16:00			
23	2017-10-17 21:16:05	3.2	Using sofa	Clearing up the rooms
	2017-10-17 21:19:15			
24	2017-10-17 21:19:25	0.4	Using PC	Clearing up the rooms
	2017-10-17 21:19:50			
25	2017-10-17 21:19:55	0.2	Using micro oven	Clearing up the rooms
	2017-10-17 21:20:05			
26	2017-10-17 21:20:10	28.7	Using sofa	Cleaning the living room
	2017-10-17 21:48:50			
27	2017-10-17 21:48:55	6.5	Using laundry machine	Using washstand (Washing hands/face)
	2017-10-17 21:55:25			

28	2017-10-17 21:55:30	2.9	Using PC	Using sink (Washing dishes)	
	2017-10-17 21:58:25				
29	2017-10-17 21:58:30	0.3	Using dining table		
	2017-10-17 21:58:50				
30	2017-10-17 21:59:35	0.8	Using sink	Using sink (Washing dishes)	
	2017-10-17 22:00:25				
31	2017-10-17 22:00:30	0.7	Using micro oven		
	2017-10-17 22:01:10				
32	2017-10-17 22:01:15	3.3	Using sink		
	2017-10-17 22:04:35				
33	2017-10-17 22:04:40	0.9	Using PC		Cleaning the room
	2017-10-17 22:05:35				
34	2017-10-17 22:05:40	0.3	Using closet		
	2017-10-17 22:06:00				
35	2017-10-17 22:06:15	0.9	Using closet		
	2017-10-17 22:07:10				
36	2017-10-17 22:07:20	0.2	Using sofa		
	2017-10-17 22:07:30				
37	2017-10-17 22:07:35	2.7	Using PC		
	2017-10-17 22:10:15				
38	2017-10-17 22:10:20	0.4	Using bed		
	2017-10-17 22:10:45				
39	2017-10-17 22:10:55	13.2	Using sofa	Clearing up the living room	
	2017-10-17 22:24:05				
40	2017-10-17 22:24:10	3.8	Using PC	Taking a shower	
	2017-10-17 22:28:00				
41	2017-10-17 22:28:05	7.6	Using laundry machine		
	2017-10-17 22:35:40				
42	2017-10-17 22:35:50	0.5	Using dining table		
	2017-10-17 22:36:20				
43	2017-10-17 22:36:30	5.5	Using PC	-	
	2017-10-17 22:42:00				
44	2017-10-17 22:42:20	0.8	Using PC		
	2017-10-17 22:43:10				
45	2017-10-17 22:43:20	0.3	Using shower head		Using toilet
	2017-10-17 22:43:40				
46	2017-10-17 22:43:45	1.6	Using sofa		Using PC
	2017-10-17 22:45:20				
47	2017-10-17 23:36:15	23.7	Using PC		
	2017-10-17 23:59:55				

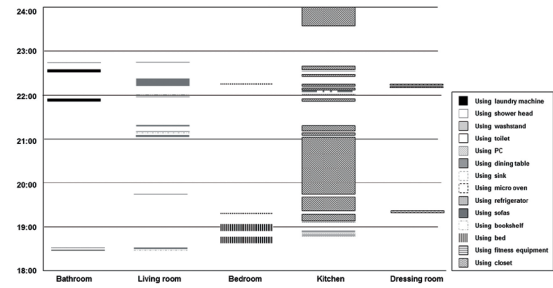


Fig. 9. Extracted Space-Activity Map of Case Project (2017-10-17 PM06~AM00)

6시간 동안 총 47개의 활동이 추출되었으며 본 모델에 따르면 전체 시간 중 약 76%(272분)동안 도구를 활용한 활동을 했음을 알 수 있다. 추출결과에 포함되지 않은 경우는 다음의 세 가지의 경우와 같다.

- 1) 해당 위치에서의 지속 시간이 10초 미만인 경우
- 2) 실험 공간 내에서 도구와 무관한 공간에 머무르는 경우 (PM10:45:25 ~ PM10:36:10; 50분 45초 간)
- 3) 재실자가 부재한 경우 (PM6:00:00 ~ PM6:30:20; 30분 20초 간)

실험대상 공간 중 부엌의 일부 공간은 어떠한 도구도 포함하지 않기 때문에 활동과 무관한 공간으로 설정되었는데 (〈Fig. 6〉 약 12ft²) 50여분 간 해당 공간에 위치한 것으로 측정되어 활동이 추출되지 않았음을 알 수 있다.

추출된 활동의 수행 순서 및 공간 정보를 함께 시각화하여 도출된 Space-Activity Map은 〈Fig. 9〉와 같다. 이를 통해, 시간대별로 가장 빈번하게 수행된 활동과 각 활동들 간의 발생순서 등을 한 눈에 파악할 수 있다. 본 단계까지의 컨텍스트화를 통해 추출된 활동의 실제 수행여부를 확인하기 위해 실험 대상자가 주거공간 내에 있을 때 본인이 수행한 활동들과 그 시점을 기록하게 하고 추출 결과와 비교하여 일치 여부를 확인하였다. 실험 결과의 비교 대상인 '실제 수행 활동'은 실험 대상자가 직접 기록한 시간대별 수행 활동으로서, 앞서 연구의 범위에서 제시했던 ADL의 범위에 해당하는 활동만을 기록하도록 했다. 예를 들어 가만히 서서 핸드폰을 보거나 통화를 하면서 여러 공간을 배회하는 행동 등은 기록되지 않았다.

4.3 사례적용의 결과

4.3.1 제안 프로세스의 유효성 및 한계 분석

3장에서 제안한 시·공간 데이터의 컨텍스트화 과정을 통해 추출된 행동과 실험 대상자가 실제로 수행한 행동의 일치 여부를 정성적으로 분석하였으며 다음의 네 가지 고려사항을 발견하였다.

컨텍스트화 과정에서 다루는 도구들 중, 해당 도구가 명확한 하나의 활동을 의미하는 경우는 매우 정확한 추출이 가능함을 알 수 있었다. 예를 들어, 화장실에서 발생하는 활동들 중 변기를 사용하거나 세면대를 사용하는 경우는 용변을 보거나 손 또는 얼굴을 씻는다는 명확한 단위 행동을 지칭하기 때문에 본 실험에서도 해당 활동은 수행 시간과 지속 시간이 실제와 일치함을 확인할 수 있었다. 다만, 위의 시간대에 화장실 공간에서의 센싱 노드 커버 범위가 부정확하여 평면의 X축 감지에 일부 오류가 발생하였다(변기 사용 영역이 샤워기 사용 영역으로, 세면대 사용 영역이 세탁기 사용 영역으로 감지됨).

본 프로세스를 통해 도출된 활동들 중 지속 시간이 5분 미만인 활동들에 대해서는 실제 수행 활동과 대부분 일치하지 않거나 다른 목적을 가진 행동을 위한 구성 활동인 경우가 많았다. 예를 들어 실험 대상자는 오후 9시 3분부터 20분까지 약 17분여 간 부엌과 거실 공간을 돌아다니면서 짐을 정리하고 청소를 했는데, 추출된 활동의 경우 컴퓨터를 사용하거나 소파에 앉아있는 것으로 감지되어 실제 수행여부와 다른 결과가 도출되었다. 제안된 컨텍스트화 과정은 공간 내부의 도구를 중심으로 추출되기 때문에 해당 실에 위치한 도구를 사용하지 않는 활동을 수행하는 경우는 자동적으로 정확한 활동을 추출할 수는 없다.

감지된 도구를 사용했으나 동시에 또 다른 활동을 수행한 경우 역시 정확한 추출이 어려움을 알 수 있었다. 실험 대상자는 오후 7시부터 30분 간 컴퓨터를 사용하면서 저녁식사를 했는데, 추출 결과로는 컴퓨터의 사용 여부 외에 동시에 수행된 다른 활동(식사하기)은 도출할 수 없었다. 해당 시점에 컴퓨터를 사용하기 전 냉장고를 사용했다는 사실을 고려하면 이는 곧 저녁식사와 관련된 행동임을 유추할 수 있으나 이는 데이터 분석 시 주관적인 판단에 의해서만 가능하다.

또한 도구의 특성 상 해당 도구와 가까이 있지 않으면서 사용하는 활동의 경우 역시 본 프로세스로 추출되기 어렵다. 대표적인 예로 TV의 경우 사용하는 기간 동안 반드시 가까이 위치할 필요가 없는 도구이므로 자동 추출이 어렵다. 본 실험 대상자는 주로 침대를 사용하는 동시에 TV를 시청하는 습관을 가지고 있는데, 침대를 사용하는 것은 추출 가능하지만 TV 근처에 머문 기록이 발생하지 않기 때문에 해당 데이터만으로는 추출이 불가능하다.

도출된 Space-Activity Map을 통해 시간대별 단위행동의 발생 위치, 순서, 빈도 등을 시각화하는 것은 가능함을 확인했으나, 대부분의 일상생활을 주거공간에서 보내는 고령자의 경우 추출되는 활동의 종류가 본 실험에 비해 훨씬 더 많아질 수 있음을 고려할 필요가 있다. 또한 본 Space-Activity Map 상에 행동 정보 맥락화 과정의 상위 단계에서 도출되는 행동 패턴이나 패턴으로부터 벗어난 행동여부 등을 시각화하는 방

법 또한 필요하다.

4.3.2 제안 프로세스의 기능적 보완 방안

본 연구에서 제안한 재실자 시·공간 데이터의 컨텍스트화 프로세스는 단일 도구의 사용을 전제로 재실자의 행동을 추출하기 때문에 동시에 여러 도구를 사용하거나 주거공간 내의 어떠한 도구도 사용하지 않으면서 수행되는 일상생활 활동이 추출되지 않는 한계를 가진다. 본 연구의 차별성인 간접적(Non-intrusive) 데이터 수집 방식을 유지하면서도 위의 한계를 보완하기 위해서는 재실자의 일상생활 활동을 저해하지 않는 방식의 다른 센서를 다층적으로 적용하는 방식을 고려할 수 있다. 예를 들어, 전자제품의 사용 시간 및 사용량을 측정할 수 있는 스마트 플러그를 활용하면 청소기나 세탁기, 전자레인지 등과 같은(사용 자체가 곧 명확한 활동을 의미하는) 전자제품의 사용여부 및 시간을 정확히 감지할 수 있다. 또한 간접적인 센싱 방식으로서, 재실자의 자세변화 및 단시간 내의 움직임 감지할 수 있는 Wifi CSI (Channel State Information) 데이터의 활용 등을 본 연구서 제안하는 프로세스와 함께 적용할 수 있다.

수집된 데이터 분석 과정에서의 보완 방안으로는 적용 대상자에게서 반복적으로 발생하는 활동 데이터의 패턴을 추출하여 학습시키는 방법이 있다. 예를 들어, 위 실험 결과에서의 '청소하기'와 같은 행동은 짧은 시간동안 주거공간 내의 여러 실을 돌아다니는 활동들로 구성되는데, 이러한 특성을 본 모델에 학습시키면 유사한 활동 패턴이 감지되면 해당 재실자가 청소한다는 행동을 자동적으로 추출할 수 있다. 이를 위해서는 적용 대상인 재실자의 시·공간 데이터 로그를 충분한 기간 동안 수집하고, 실제 재실자에게서 반복적으로 발생하는 활동 패턴을 찾는 등의 데이터 모델링이 필요하다.

5. 결론

본 연구는 고령자의 일상생활 활동 패턴을 추출하고 그 결과를 시각화하기 위한 기초 연구로서, 스마트 홈 환경에서의 재실자 시·공간 데이터 로그를 활용하여 시간대별 수행 활동을 자동적으로 추출하고 그 결과를 시각화하는 행동 컨텍스트화 프로세스를 제안하였다. 재실자의 시·공간 데이터 로그와 주거공간의 실 및 도구의 위치정보를 활용하여 재실자가 수행한 활동을 자동적으로 추출할 수 있는데, 특히 단일 도구를 사용하는 일상활동의 경우 최소한의 재실자 관련 데이터 수집만으로도 수행 행동 추출이 가능함을 확인하였다.

본 연구에서는 기존의 직접적 센싱 방식과 달리 간접적 센싱 방식에 따른 시간대별 행동 추출 프로세스를 제안함으로써, 개인정보의 과도한 수집에 따른 우려 및 재실자의 사용 편의성 저해와 같은 한계를 보완할 수 있는 가능성을 제시했다.

다만 본 연구에서는 제안한 행동 컨텍스트화 프로세스 중 에서 단위 행동을 추출하는 단계까지만을 연구의 범위로 한정하였기 때문에 행동 패턴 및 루틴 추출 단계에서의 컨텍스트화 과정에 대해서는 추가적인 유효성 검증이 필요하다. 또한 간접적 센싱 방식을 활용함에 따라 단위 행동 추출 성능에 일부 한계를 보이는데, 재실자 단위 활동의 크기(Motion Magnitude)나 에너지 사용 패턴 등의 추가적인 데이터를 수집하여 다층적으로 적용하는 등의 후속 연구가 진행된다면 본 연구의 프로세스의 적용성을 더 향상시킬 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 R&D 국토교통촉진연구사업의 연구비 지원(17CTAP-C128499-01)에 의해 수행되었습니다.

References

- Alirezaie, M., Renoux, J., Köckemann, U., Kristoffersson, A., Karlsson, L., Blomqvist, E., and Loutfi, A. (2017). "An ontology-based context-aware system for smart homes: E-care@ home." *Sensors*, IEEE, 17(7), pp. 1585-1607.
- Andersen, C. K., Wittrup-Jensen, K. U., Lolk, A., Andersen, K., and Kragh-Sørensen, P. (2004). "Ability to perform activities of daily living is the main factor affecting quality of life in patients with dementia." *Health and quality of life outcomes*, 2(1), pp. 52-58.
- Andrienko, N., Andrienko, G., and Gatalaky, P. (2003). "Exploratory spatio-temporal visualization: an analytical review." *Journal of Visual Languages & Computing*, 14(6), pp. 503-541.
- Bach, B., Dragicevic, P., Archambault, D., Hurter, C., and Carpendale, S. (2014). "A review of temporal data visualizations based on space-time cube operations." *Proceedings of Eurographics conference on visualization*.
- Banovic, N., Buzali, T., Chevalier, F., Mankoff, J., and Dey, A. K. (2016). "Modeling and understanding human routine behavior." *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 248-260.
- Blankevoort, C. G., Van Heuvelen, M. J., Boersma, F., Luning, H., De Jong, J., and Scherder, E. J. (2010). "Review of effects of physical activity on strength, balance, mobility and ADL performance in elderly subjects with dementia." *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 30(5), pp. 392-402.
- Brdiczka, O., Su, N. M., and Begole, J. B. (2010). "Temporal task footprinting: identifying routine tasks by their temporal patterns." *Proceedings of the 15th international conference on Intelligent user interfaces*, pp. 281-284.
- Chen, D., Barker, S., Subbaswamy, A., Irwin, D., and Shenoy, P. (2013). "Non-intrusive occupancy monitoring using smart meters." *Proceedings of the 5th ACM Workshop on Embedded Systems For Energy-Efficient Buildings*, pp. 1-8.
- Covinsky, K. E., Palmer, R. M., Fortinsky, R. H., Counsell, S. R., Stewart, A. L., Kresevic, D., and Landefeld, C. S. (2003). "Loss of independence in activities of daily living in older adults hospitalized with medical illnesses: increased vulnerability with age." *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(4), pp. 451-458.
- Davidoff, S., Zimmerman, J., and Dey, A. K. (2010). "How routine learners can support family coordination." *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2461-2470.
- Ditzler, K. (1991). "Efficacy and tolerability of memantine in patients with dementia syndrome. A double-blind, placebo controlled trial." *Arzneimittel-Forschung*, 41(8), pp. 773-780.
- Galina, O., Mikhaylov, K., Huang, K., Andreev, S., and Koucheryavy, Y. (2016). "Wirelessly powered urban crowd sensing over wearables: trading energy for data." *arXiv preprint arXiv:1611.05910*.
- Guo, D., Chen, J., MacEachren, A. M., and Liao, K. (2006). "A visualization system for space-time and multivariate patterns (vis-stamp)." *Transactions on visualization and computer graphics*, IEEE, 12(6), pp. 1461-1474.
- Hägerstrand, T. (1970). "What about people in regional science?" *Papers in regional science*, 24(1), pp. 7-24.
- Hodgson, G. M. (1997). "The ubiquity of habits and rules." *Cambridge journal of economics*, 21(6), pp. 663-684.
- Katz, S., Ford, A. B., Moskowitz, R. W., Jackson, B. A., and Jaffe, M. W. (1963). "Studies of illness in the

- aged: the index of ADL: a standardized measure of biological and psychosocial function.” *Jama*, 185(12), pp. 914–919.
- Kim, J. Y., Liu, N., Tan, H. X., and Chu, C. H. (2017). “Unobtrusive monitoring to detect depression for elderly with chronic illnesses.” *Sensors, IEEE*, 17(17), pp. 5694–5704.
- Lee, S., Lim, J., Park, J., and Kim, K. (2016). “Next place prediction based on spatiotemporal pattern mining of mobile device logs.” *Sensors, IEEE*, 16(2), pp. 144–162.
- Lee, Y. J., Lee, J., and Nah, J. Y. (2015). “Older adults experience of smart-home healthcare system.” *The Journal of the Korea Contents Association*, 15(5), pp. 414–425.
- National Institute of Dementia. (2016). “Korean dementia observatory 2016.”
- Nouri, F. M., and Lincoln, N. B. (1987). “An extended activities of daily living scale for stroke patients.” *Clinical rehabilitation*, 1(4), pp. 301–305.
- Qi, F., and Du, F. (2013). “Tracking and visualization of space-time activities for a micro-scale flu transmission study.” *International journal of health geographics*, 12(1), pp. 6–21.
- Roy, A., Bhaumik, S. D., Bhattacharya, A., Basu, K., Cook, D. J., and Das, S. K. (2003). “Location aware resource management in smart homes.” *Proceedings of the First IEEE International Conference*, IEEE, pp. 481–488.
- Roy, A., Das, S. K., and Basu, K. (2007). “A predictive framework for location-aware resource management in smart homes.” *IEEE Transactions on mobile computing*, 6(11), pp. 1270–1283.
- Shoval, N., and Isaacson, M. (2007). “Sequence alignment as a method for human activity analysis in space and time.” *Annals of the Association of American geographers*, 97(2), pp. 282–297.
- Statistics Korea. (2017). “2017 Statistics of the elderly.” (Sep. 26, 2017).
- Taylor, R. (1950). “Purposeful and non-purposeful behavior: A rejoinder.” *Philosophy of Science*, 17(4), pp. 327–332.
- Urwyler, P., Stucki, R., Rampa, L., Müri, R., Mosimann, U. P., and Nef, T. (2017). “Cognitive impairment categorized in community-dwelling older adults with and without dementia using in-home sensors that recognise activities of daily living.” *Scientific Reports*, 7, 42084–9.
- Zhang, J., Wei, B., Hu, W., and Kanhere, S. S. (2016). “Wifi-id: Human identification using wifi signal.” *Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)*, IEEE, pp. 75–82.
- Ziebart, B. D., Maas, A. L., Dey, A. K., and Bagnell, J. A. (2008). “Navigate like a cabbie: Probabilistic reasoning from observed context-aware behavior.” *Proceedings of the 10th international conference on Ubiquitous computing*, pp. 322–331.
- Zoha, A., Cluhak, A., Imran, M. A., and Rajasegarar, S. (2012). “Non-intrusive load monitoring approaches for disaggregated energy sensing: A survey.” *Sensors, IEEE*, 12(12), pp. 16838–16866.

요약 : 고령자 가구의 급격한 증가는 전 세계적 추세이며 의료비 등 사회적 비용 또한 급격히 증가할 것으로 예상된다. 치매와 같은 노인성 기능 질환의 경우 고령자의 일상생활 활동 (ADL) 패턴을 상시적으로 모니터링하고 평소와 다르거나 비정상적인 패턴이 발생하는 경우 이를 치매 조기진단의 근거로 활용할 수 있다. 그러나 사생활 침해의 우려가 큰 기존의 직접적 센싱 방식과 달리 간접적 센싱 방식 (Non-intrusive approach)을 활용하여 재실자의 최소한의 정보 (Coarse-grained data)만을 수집하고, 이를 통해 활동 정보를 추출하는 연구는 거의 이루어지지 않았다. 또한 추출된 활동 및 활동패턴을 이해하기 위해 활동의 맥락적 정보를 시각화하는 방법 또한 추가적인 연구가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 재실자의 정보 중 시·공간 데이터 로그만을 활용하여 재실자의 수행 활동을 추출하고 컨텍스트화 된 행동 정보를 공간-활동 지도 (Space-Activity Map)로 시각화한다. 본 연구는 재실자의 일상생활 활동 패턴을 추출하는 데 기반이 되는 연구로서, 향후 고령자를 위한 상시적인 건강 모니터링 기술의 도입에 기여할 수 있다.

키워드 : 일상생활 활동, 행동 컨텍스트화, 간접적 센싱 방식, 스마트 홈