

Logical Activity Recognition Model for Smart Home Environment

Jung-In Choi*, Sung-Ju Lim**, Hwan-Seung Yong***

Abstract

Recently, studies that interact with human and things through motion recognition are increasing due to the expansion of IoT(Internet of Things). This paper proposed the system that recognizes the user's logical activity in home environment by attaching some sensors to various objects. We employ Arduino sensors and appreciate the logical activity by using the physical activity model that we processed in the previous researches. In this System, we can cognize the activities such as watching TV, listening music, talking, eating, cooking, sleeping and using computer. After we produce experimental data through setting virtual scenario, then the average result of recognition rate was 95% but depending on experiment sensor situation and physical activity errors the consequence could be changed. To provide the recognized results to user, we visualized diverse graphs.

▶ keyword: Activity Recognition, Logical Activity Recognition, IoT, Arduino, Smart Home

1. Introduction

오늘날 스마트 기기의 발전으로 사람과 상호작용을 하며 사용자의 기호에 맞는 개인화된 서비스가 늘어나고 있다. 개인의 특성과 행동 패턴을 통한 서비스를 제공하기 위해서는 사용자의 행동 패턴을 사용자가 입력하지 않고서도 기기가 스스로 파악할 수 있어야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 스마트 홈 환경에서 사용자의 동작을 인식하는 연구를 진행하였다.

동작 인식을 위해 먼저 아두이노와 스마트폰으로 센서 데이터를 실시간으로 추출한다. 스마트폰에서 추출된 데이터를 통해 이전 연구에서 진행된 물리동작 인식 모델로 사용자의 물리동작을 인식한다. 물리동작은 걷기, 서기, 앉기, 눕기 등과 같은

사람의 기본 동작이다[1]. 물리동작은 주로 가속도 센서를 사용하여 인식하며 인식률은 현재 96%이상으로 매우 높다[2]. 단, 물리동작 인식은 사용자가 스마트폰을 계속 지니고 있다는 전제가 있다. 본 연구에서 인식하는 논리동작은 물리동작에 상황이나 장소, 목적, 대상이 포함된 모든 동작을 일컫는다[1]. 예를 들어 수업 듣기와 영화보기는 같은 앉기라는 물리동작에 다른 장소인 강의실과 영화관으로 다른 동작임을 구분한다. 하지만 강의실에 앉아 있더라도 MP3나 TV가 작동하고 있다면 다른 목적 대상이 있기 때문에 음악감상이나 TV 시청으로 인식한다. 아두이노 센서 데이터를 통해 스마트홈 내에서 사용자의 위치와 사물과의 상호작용을 파악한다. 인식된 물리동작과 사용자의 위치, 사용자와 사물간의 관계를 통해 논리동작을 인식

• First Author: Jung-In Choi, Corresponding Author: Jung-In Choi

*Jung-In Choi (peach0206@nate.com), Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Woman's University

**Sung-Ju Lim (sungju8967@naver.com), Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Woman's University

***Hwan-Seung Yong (hwan.seung.yong@gmail.com), Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Woman's University

• Received: 2015. 05. 07, Revised: 2015. 06. 28, Accepted: 2015. 08. 18.

• This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(2012R1A1A2003764)

한다. 인식률을 높이기 위해 주변 사물의 현재 정보를 포함하였다. 스마트홈 환경에서 사람의 동작을 인식하는 기존의 연구에서는 주로 영상데이터를 사용했지만 본 연구에서는 영상데이터는 제외하였다. 실제 스마트홈 환경에서 모든 공간에 CCTV와 같은 영상센서가 설치되어 늘 녹화되고 있다면 거부감이 들기 때문에 생활하며 인지하기 어려운 아두이노 센서와 스마트폰 센서를 사용하였다. 실험을 위해 가상의 시나리오를 만들어 다양한 장소와 시간으로 센서데이터를 생성하였다. 가정에서 일어나는 행동에 대한 기본적인 상식데이터(Common Sense)를 기반으로 논리동작 인식 알고리즘을 구축하였으며 높은 인식률을 도출하였다. 사용자 맞춤형 서비스에 활용하기 위해 인식된 논리동작으로 사용자의 라이프로그(Life Log)를 분석하여 시간별 사용자의 행동 패턴을 분석하고 가시화하였다.

최근 스마트 디바이스의 센서를 부착하여 간단한 물리동작을 인식하는 연구가 활발해짐에 따라 S헬스케어와 같은 운동 관련 어플리케이션이 등장하게 되었다. 본 연구에서 제안하는 논리동작 인식 모델을 사용하면 운동뿐 아니라 사용자의 생활 습관을 파악할 수 있으며 나아가 동작 예측을 할 수 있다. 다양한 동작을 실시간으로 인식하여 스마트홈의 가전제품과 보안에 필요한 어플리케이션에 적용할 수 있다. 또한 몸이 불편한 사람이나 노약자의 위험상황을 감지하고 알림을 해주는 시스템을 구축할 수 있다.

본 논문의 2장에서 동작인식과 스마트홈 관련 연구에 대해 기술하고 3장에서 논리동작 인식을 위해 설치된 아두이노 센서와 가상의 시나리오로 생성된 데이터를 설명한다. 4장에서는 상식데이터를 기반으로 한 인식 모델을 제안하고 5장에서는 실험 결과 및 가시화를 서술하며 6장에서 결론을 맺는다.

II. Related Works

1. Related works

물리동작 인식 연구로는 양혜경 등[2]의 연구에서 스마트폰에 내장되어 있는 3축 가속도 센서만을 이용하여 실시간으로 사용자의 물리동작을 인식하는 기법을 제안하였다. 앉기, 서기, 걷기, 뛰기의 총 4가지 동작을 인식하였으며 실시간으로 생성되는 가속도 데이터를 수집하여 동작을 인식하였다. 어플리케이션을 통해 실시간으로 변하는 동작을 확인할 수 있었으며 인식률 또한 80%이상을 보였다. Blum의 2명은 카메라와 녹음기, 그리고 2개의 가속도 센서를 이용하여 사용자의 행동을 분석하고 자동으로 다이어리를 작성하는 연구하였다[3]. Reddy 외 5명은 GPS와 가속도센서를 이용하여 걷기, 뛰기, 자전거타기, 그리고 운송수단을 인식하는 연구를 하였다[4]. 또한 Stenneth 외 3명은 GPS와 GIS를 이용하여 어떤 운송수단을 이용하는지 판별하는 연구를 진행하였다[5].

논리동작 인식은 사용자의 물리동작과 주변 사물에 대한 정보를 통해 사용자의 현재 상태를 파악하는 것이다[6]. 정찬민

외 5명은 스마트폰이나 스마트워치와 같은 개인화된 모바일 기기를 통해 사용자의 신체활동 패턴을 파악하는 연구를 하였다[7]. 이러한 연구는 동작들을 일관적으로 포착하고 이에 적절한 응용과 서비스 제공에 초점을 두고 있다.

사물인터넷을 활용한 동작 인식 연구로는 S. Amendola 등[8]의 연구가 있다. 이 연구에서는 사용자의 주변환경과 건강 상태를 실시간으로 모니터링하며 온도, 습도 및 사용자의 생활 환경 정보를 수집했다. 이때 저비용으로 에너지 효율을 높일 수 있는 RFID 센서를 사용하였다. 사용자 주변에 RFID 리더기를 부착하여 사용자의 움직임뿐만 아니라 주변 환경에 대한 정보도 수집하였다. 이와 같은 방법으로 수집된 사용자의 동작 정보는 마이닝을 통해 분석하여 중요한 이벤트가 발생한 경우 경보가 울리게 하였다. 이처럼 사물인터넷을 활용한 기존의 연구는 수집된 동작 정보를 통해 일정 패턴을 분석하여 사용자의 이상 행동을 감지하는 연구가 주를 이룬다.

L. Chen 등[9]의 연구에서는 실험환경을 스마트홈 이라고 부르며 사용자의 물리동작을 인식하기 위해 센서 데이터를 사용하였다. [10][11]의 연구에서는 스마트홈에서 거주하는 노인을 대상으로 행동을 실시간으로 수집하여 분석하였다. 이러한 연구는 혹시 모를 사고에 대비하여 사고 발생률을 줄이는데 큰 도움이 된다. 또한 행동에 따라 사용자의 건강관리에도 도움을 줄 수 있다.

T. Gu 등[12]의 연구에서는 스마트홈 환경에서 생활하는 4명의 사용자의 행동을 수집하고 분석하여 동작인식을 위한 통합 프레임워크를 구축하였다.

본 연구에서는 양혜경 등[2]의 연구를 활용하여 인식된 물리동작과 센서를 통해 장소와 사물을 통해 논리동작을 인식하는 모델을 제안한다. 기존의 스마트홈에서 논리동작 연구와 다르게 사용자의 연령과 성별에 제한을 두지 않았으며 다양한 동작을 실험하였다.

III. Sensor data for Logical Activity Recognition

본 장에서는 논리동작 인식을 위해 스마트홈 환경에 설치된 아두이노 센서에 대해 기술한다. 덧붙여 가상의 시나리오를 통해 생성한 데이터를 분석한다.

1. 스마트홈 환경을 위한 아두이노 센서

사용자의 논리동작을 인식하기 위해서는 물리 동작과 사물의 정보를 수집해야 한다. 본 연구에서 사용한 센서의 종류는 총 4가지이며 사물의 특징에 맞게 센서를 부착했다.

표 1에서는 논리동작 인식을 위해 사용한 센서와 사물간의 관계를 보여주고 있다. 사물은 각각의 공간을 대표하는 것으로 정했으며 사용자가 사물을 만지거나 주변을 지나가면 센서를

통해 정보를 수집하도록 했다. 모션 센서는 사용자의 움직임을 감지하는 근적외선 인체 감지 센서이다. 모션 센서 앞으로 움직임이 감지되면 센서 값의 변화가 나타나기 때문에 움직임을 감지 할 수 있다. 진동 센서는 충격이 발생하면 최대 90V정도의 교류 전압이 생성되어 이를 통해 충격이나 진동을 감지한다. 압력을 측정하는 압력 센서는 얇은 필름 방식으로 제작되었다. 간단한 접촉으로 압력 값을 측정 할 수 있다는 특징이 있다. 버튼 센서는 스위치와 같은 역할을 하는 것으로 제어를 위한 수단으로 많이 사용된다.

Table 1. Relationships with Objects and Arduino Sensors for Recognition.

센서	센서가 부착될 사물
모션 센서	문, 소파, 냉장고, 오븐, 식탁, 의자, 침대, 베개
진동 센서	스피커
압력 센서	칼, 포크, 컴퓨터, 책
버튼 센서	각종 리모콘

표 1에서는 논리동작 인식을 위해 사용한 센서와 사물간의 관계를 보여주고 있다. 사물은 각각의 공간을 대표하는 것으로 정했으며 사용자가 사물을 만지거나 주변을 지나가면 센서를 통해 정보를 수집하도록 했다. 모션 센서는 사용자의 움직임을 감지하는 근적외선 인체 감지 센서이다. 모션 센서 앞으로 움직임이 감지되면 센서 값의 변화가 나타나기 때문에 움직임을 감지 할 수 있다. 진동 센서는 충격이 발생하면 최대 90V정도의 교류 전압이 생성되어 이를 통해 충격이나 진동을 감지한다. 압력을 측정하는 압력 센서는 얇은 필름 방식으로 제작되었다. 간단한 접촉으로 압력 값을 측정 할 수 있다는 특징이 있다. 버튼 센서는 스위치와 같은 역할을 하는 것으로 제어를 위한 수단으로 많이 사용된다.

Table 2. Setting the Effective Range of the Sensor Value.

센서	유효범위
모션 센서	1 0 물체가 있다 물체가 없다
진동 센서	150 이상 0~150 소리가 있다 소리가 없다
압력 센서	7000 이상 터치 했다
버튼 센서	1 0 버튼을 눌렀다 버튼을 누르지 않았다

센서 값을 확인하기 위해 아두이노 스케치 기능을 사용하였다. 모든 센서 값을 1초마다 저장하였다. 압력 센서는 0~1023 까지 출력된다. 하지만 압력센서는 바람에도 값이 측정될 만큼 민감하기 때문에 Rfsr 관계식[13]을 사용하여 압력센서의 저항 값을 계산한다.Rfsr 관계식은 다음과 같다.

$$R_{fsr} = \frac{9.78 * V_o}{1 - \left(\frac{V_o}{1023.0}\right)}$$

이처럼 각 센서는 전처리 과정을 거친 후 유효범위를 설정하였다. 표 2는 센서 값의 유효범위를 나타낸다.

Table 3. Relations with Activities and Surrounding Objects.

	거실		
	TV시청	음악감상	대화
문	○	○	○
소파	○	○	○
TV 리모콘	○		
Audio 리모콘		○	
스피커	○	○	○

표3은 스마트홈 환경 중 거실에서의 논리동작 인식 관계를 나타낸 것이다. TV시청이라는 논리동작을 인식하기 위해서는 문, 소파, TV리모콘, 스피커에 대한 정보가 수집되어야 한다. TV시청은 일반적으로 사용자가 거실에 있는 소파에 앉아서 보기 때문에 소파에 대한 정보가 필요하다. 그리고 TV리모콘을 만지고 스피커를 통해 소리가 흘러나오면 사용자는 ‘TV시청’이라는 논리동작을 하고 있는 것이다. 모든 논리동작에 사용되는 문에 부착된 모션 센서는 현재 사용자가 어느 위치에 있는지 파악하는 위치 정보로 사용된다. 이와 같은 방식으로 모든 거실에서 행해질 수 있는 동작과 사물과의 관계를 분석하여 관계가 있는 사물에 표 1에 따라 관련된 센서를 부착하였다. 그림 1은 거실, 주방, 침실, 공부방에 대한 센서 부착을 대략적으로 가시화 한 도면이다.

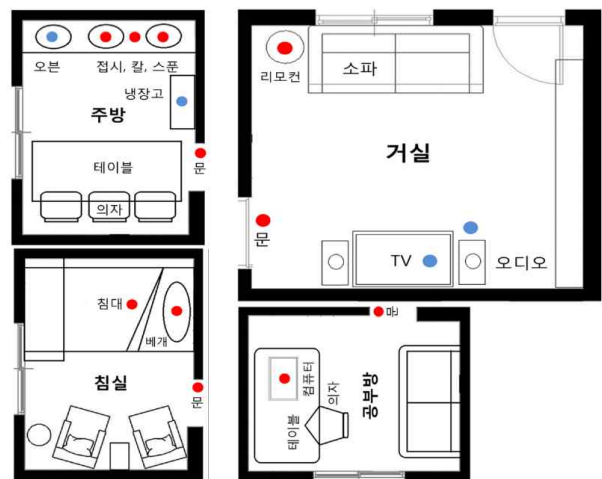


Fig. 1. Position of Arduino Sensors in the Smart Home Environment.

2. 센서 데이터 생성

본 논문에서 인식하는 9가지의 논리동작을 인식하기 위해 가상의 시나리오를 구성하여 센서 데이터를 생성한다. 9개의 동작은 TV 시청, 음악감상, 대화, 요리, 식사, 수면, 휴식, 컴퓨터하기, 공부이다.

생성된 데이터는 시간과 동작에 따라 다양하게 분포하도록 시나리오를 구성하였다. 표 4는 생성된 데이터의 분포를 개수를 정리한 내용이다.

Table 4. The Number of Created Sensor Data.

	1일	일주일	한 달
총 데이터	1269	8484	33239
TV 시청	190	1040	3130
음악 감상	130	870	3800
대화	70	990	3670
요리	110	840	3420
식사	140	830	3800
취침	180	950	3360
휴식	160	1080	3570
컴퓨터 하기	179	994	4639
공부하기	110	890	3850

생성한 센서 데이터는 정제되지 않은 raw data이다. 센서에 압력을 가하지 않아도 공기의 흐름에 따라 압력이 가해졌다고 작동하기도 한다. 그리하여 동작을 인식하기 위해 각 센서의 특징에 따라 유효범위를 설정하였다. 표 5는 센서 값의 유효범위를 나타낸다.

Table 5. The Effective Range of the Sensor Values

센서	유효범위	
모션 센서	1 0	물체가 있다 물체가 없다
진동 센서	150 이상 0~100	소리가 있다 소리가 없다
압력 센서	7000 이상	터치 했다
버튼 센서	1 0	버튼을 눌렀다 버튼을 누르지 않았다

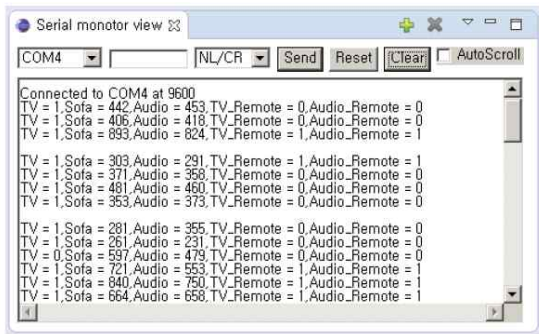


Fig. 2. Transmitted Sensor Value Example.

IV. Logical Activity Recognition Model

센서 데이터가 입력되면 사용자의 논리동작을 구분하기 위해 데이터를 시간을 기반으로 분류한다. 그 후 문에 부착된 센서를 통해 사용자의 장소를 예측한다. 예측된 장소 데이터를 통해 재 분류를 한 뒤, 센서 데이터를 저장한다. 1분 간격으로 데이터를 입력 받고 저장한 뒤 논리동작을 인식한다. 사용자의 장

소를 통해 1차적으로 논리동작을 예측한다. 예를 들어 장소가 부엌인 경우 요리와 식사에 관련된 동작으로 예측 범위가 압축된다. 그 후 작동된 다른 센서를 통해 상세데이터를 사용하여 사용자의 논리동작을 최종적으로 파악한다. 실험을 위해 필요한 데이터는 사용자ID, 인식된 물리동작, 예측된 장소, 센서 값만 있으면 되기 때문에 만약 그 외의 센서 데이터나 정보가 입력된 경우 불필요한 데이터는 삭제한다.

Table 6. Logical Activity Recognition Method Example

IoT 작동된 센서	물리동작	인식 결과
거실 문 (PIR sensor)	걷기	거실에 들어옴
소파 (PIR sensor)	앉기	소파에 앉음
리모콘 (Button sensor)	모든 동작	TV를 켜, 채널 변경
스피커 (Piezo sensor)	모든 동작	음악 감상

표 6은 거실에서 사용자 행동을 인식하기 위해 필요한 센서와 물리동작의 간단한 예를 보여준다. 사용자 주변 사물에 부착된 센서가 작동하면 사물과 사람간의 상호작용이 있었음을 의미한다. 거실 문에 부착된 센서가 작동하고 사용자의 물리동작이 걷기이면 사용자는 거실에 들어오거나 거실에서 나갔음을 예상할 수 있다.

V. Experiments and Results

본 연구는 안드로이드 OS를 기반으로 한 어플리케이션을 java와 C로 구축하여 사용하였다. 센서 데이터는 사용자의 어플리케이션에 실시간으로 나타나며 네트워크를 통해 서버로 전송되어 저장된다. 아두이노(우노 R3 보드)와 모션(KEV-6288), 진동(7BB-20-6L0), 압력(FSR400), 버튼 센서(KEV-1388)를 사용하였다.

사용자가 스마트폰에 설치된 어플리케이션을 실행하면 스마트폰 센서와 아두이노센서를 사용하여 센서 데이터를 받아온다. 스마트폰의 3축가속도센서는 사용자의 물리동작데이터를 실시간으로 수집하고 아두이노와 연결된 3개의 센서는 사물에 대한 정보를 수집한다. 이렇게 수집된 데이터를 통해 사용자가 현재 어떠한 동작을 하고 있는지 예측한다. 동작 예측은 1분 단위로 동작이 입력될 때마다 행해지며 최종적으로 인식된 논리동작은 서버에 시간, 장소 데이터와 함께 저장된다. 결과 동작은 변경이 될 경우에만 추가적으로 저장한다. 예를 들어 1시간 동안 TV시청을 한 경우, 인식되어 저장된 논리동작은 1시간 동안 한 가지이다.

본 논문에서 제안한 센서와 모델을 통해 인식한 논리동작은 95%이상의 높은 정확도를 보여주었다. 정확도가 높게 나온 이유는 가상의 시나리오를 통해 정확한 센서 값을 저장하였으며 물리동작을 인식할 때 사용자가 평소보다 천천히 움직이며 센

서가 제대로 인식할 수 있는 충분한 시간을 가지고 데이터를 생성하였기 때문이다.

사용자의 라이프 로그를 보여주기 위해 R을 사용하여 가상 데이터를 가시화 하였다. R은 빅데이터 분석을 위한 분석용 프로그램이다[14].그림 3은 bar plot을 사용하여 한 명의 사용자가 하루 동안 집안의 어떤 장소에 머물렀는지 나타낸다.

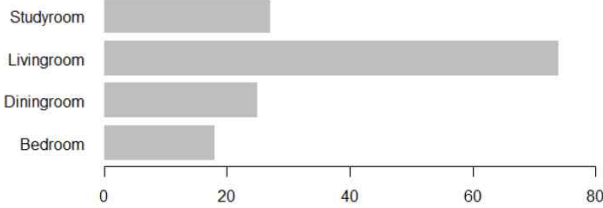


Fig. 3. A Place that User Spend by place.

그림 4는 한 명의 사용자가 하루 동안 어떤 논리동작을 행했는지 보여주는 그래프이다. 이 그래프는 pie chart를 사용하여 그림 3의 그래프보다 한눈에 파악할 수 있게 가시화 하였다. 사용자는 자신의 생활 패턴과 집안에서 주로 행하는 동작을 파악할 수 있다.

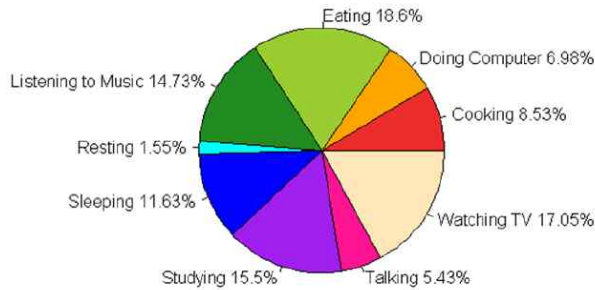


Fig. 4. Logical Activity that User acts in 1 Day.

그림 5는 하루, 일주일, 한 달간 일어난 논리 동작을 파악하여 가시화 하였다. 데이터의 생성 시간이 길어질수록 데이터 수가 급격히 증가할 뿐만 아니라 생성된 논리 동작을 그래프로 표현하는데 어려움이 따른다. 따라서 기존의 그래프와 같은 방법으로 9개의 논리 동작에 대한 범주를 설정하여 구분이 가능하도록 했다. 또한 barplot을 사용하여 가시화함을 통해 9개의 논리 동작에 대한 분포도를 파악할 수 있었다.

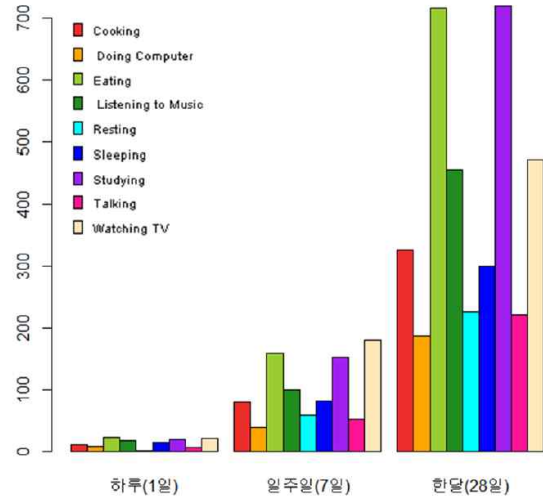


Fig. 5. The number of Logical Activity by Period.

인식된 논리동작의 가시화를 위해 다양한 방법을 사용하여 그래프에 대한 결과를 여러 시각으로 표현하였다. 똑같은 데이터를 사용한다 할지라도 사용자의 특색과 기호에 맞게 그래프를 설정할 수 있다.

VI. Conclusion

본 연구에서는 스마트폰과 아두이노를 사용하여 사용자의 논리 동작에 대해 연구하였다. 스마트폰 내장 센서를 통해 물리 동작을 인식하고 아두이노에 센서를 주변 사물에 부착하여 실시간으로 변화되는 사물 정보를 저장하였다. 이를 사용하여 논리동작을 인식하였으며 정확도를 높이기 위해 상식 데이터를 추가하였다. 데이터를 사용하여 논리동작을 인식한 뒤 사용자의 기호에 맞게 가시화하여 보여주었다.

본 연구에서는 가상의 시나리오를 통해 하루, 일주일, 한 달의 기간을 설정하여 데이터를 생성하여 인식 모듈을 실험해보았다. 오류가 없는 센서 데이터와 물리동작 데이터를 사용했기 때문에 9개의 논리동작의 인식 결과가 평균 95%이상으로 높게 나왔다.

본 연구에서 제안한 논리동작 인식 모델을 사용하면 사용자의 생활패턴을 스스로 파악할 수 있으며 이를 통해 생활의 편리성을 위한 어플리케이션과 보안에 관련된 어플리케이션을 적용하여 스마트홈 시스템을 발전시킬 수 있다. 본 연구를 실제 스마트 홈 시스템에 적용하기 위해 실생활에서 발생하는 센서 데이터를 사용하여 추가로 실험을 할 것이다. 추후실제 데이터를 수집하여 실험함으로써 실제 오류 데이터를 수집하고 인식률을 높이는 방법에 대해 연구하고자 한다.

REFERENCES

- [1] Jung-in C, Hwan-Seung Y. Activity data modeling and visualization method for human life activity recognition. *Journal of Korea Multimedia* 2012; 15(8): 1059-1066 (in Korean).
- [2] H.K. Yang, H.S. Yong, "Real-Time Physical Activity Recognition Using Tri-axis Accelerometer of Smart Phone", *Journal of Korea Multimedia*, Vol. 17, No. 4, pp. 506-513, 2014. (in Korean)
- [3] M. Blum, A. Pentland, and G. Troster, "InSense: Interest-based life logging," *IEEE MultiMedia*, Vol. 13, pp. 40-48, 2006.
- [4] S. Reedy, M. Mun, J. Burke, D. Estrin, and M. Hansen, "Using mobile phones to determine transportation modes," *ACM Transactions on Sensor Networks*, Vol.6, No.2, Article 13, 2010.
- [5] L. Stenneth, O. Wolfson, P. S. Yu, and B. Xu, "Transportation mode detection using mobile phones and GIS information," In *Proceedings of the 19th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (GIS 2011)*, pp. 54-63, ACM, 2011.
- [6] S.S. Lee, H.S. Yong, "Logical Activity Recognition using Common Sense for Cause of Activity and Activity Related Object", *Proc. of the KIISE Korea Computer Congress 2013*, pp. 262-264, 2013. (in Korean)
- [7] C.M. Jung, J.H. Bang, K.H. Han, H.N. Yeom, and S.Y. Lee, "Smartphone based activity recognition for real environment," *Proc. of the KIISE Korea Computer Congress 2013*, pp. 460-462, 2013. (in Korean)
- [8] S. Amendola, R. Lodato, S. Manzari, C. Occhiuzzi and G. Marrocco, "RFID Technology for IoT-based Personal Healthcare in Smart Spaces," 2014.
- [9] L. Chen, C. D. Nugent and H. Wang, "A knowledge-driven approach to activity recognition in smart homes," *Knowledge and Data Engineering on IEEE Transactions*, vol. 24, no. 6, pp. 961-974, 2014.
- [10] M. Fahim, I. Fatima, S. Y. Lee, Y. K. Lee, "Daily life activity tracking application for smart homes using android smartphone," *Advanced Communication Technology (ICACT), 2012 14th International Conference on IEEE*, 2012.
- [11] I. Duque, K. Dautenhahn, K. L. Koay, I. Willcock and B. Christianson, "Knowledge-driven user activity recognition for a Smart House. Development and validation of a generic and low-cost, resource-efficient system," *ACHI 2013, The Sixth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, 2013.
- [12] T. Gu, L. Wang, Z. Wu, X. Tao and J. Lu, "A pattern mining approach to sensor-based human activity recognition," *Knowledge and Data Engineering on IEEE Transactions*, vol. 23, no. 9, pp. 1359-1372, 2011.
- [13] Arduino manual, <http://www.mechasolution.com/shop/board/view.php?id=notice&no=10>, 2014.
- [14] Seo Jin-su, "*R Programming*" Korean -Press, slow thinking, pp.21, 2014.

Authors



Jung-In Choi received the B.S. degree in Computer Media from Kyungwon University and M.S. degrees in Computer Science and Engineering from Ewha Woman's University, Korea, in 2010, and 2012, respectively.

Ms. Choi joined the researcher of the Department of Computer Science and Engineering at Ewha Woman's University. Seoul, Korea, in 2010. She is interested in activity recognition, mobile computing, and bigdata.



Sung Ju Lim received the B.S. degree in Geographic Information System from Namseoul University and the M.S. degree in Computer Science and Engineering from Ewha Woman's University, Korea, in 2012, and 2015,

respectively. Ms. Lim joined the researcher of the Department of Computer Science and Engineering at Ewha Woman's University. Seoul, Korea, in 2013. She is interested in activity recognition, and smart home.



Hwan Seung Yong received the B.S., the M.S. and Ph.D degree in Computer Engineering from Department of Computer Engineering . Seoul National University, 1983, 1985 and 1994 respectively in KOREA.

Hwan-Seung Yong is a professor in department of computer science and engineering at Ewha Womans university in seoul, Korea. His main research interests include data mining, ubiquitous computing, and big data management.