

RFID를 이용한 고령자 행동 패턴 학습 시스템 설계 및 구현

구영현¹ 강한준¹ 김명철¹ 박수준² 유성준¹
세종대학교 컴퓨터공학과¹ 한국전자통신연구원²
downtoyou@naver.com, kangcom@paran.com,
designedbyofe@gmail.com, sjyoo@sejong.ac.kr

KISS 33rd Fall Conference

Y.H Gu¹ H.H Kang¹ Y.C Kim¹ S.J Park² S.J Yoo¹
¹School of Computer Engineering, Sejong University
²Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

오늘날 갈수록 인구의 고령화가 심각해지고 있다. 이러한 고령화로 인하여 노약자들을 위한 다양한 환경과 시스템이 필요한데 행위 인식 기술은 이러한 기술의 전처리 기술로서 활용될 수 있다. 본 논문에서는 RFID tag와 Reader를 이용하여 정보를 가져온 뒤 사용자의 행위를 추론하고 이를 기록하는 시스템을 설계 및 구현을 하였고 앞으로 개선되어야 할 부분을 지적하였다.

1. 서 론

오늘날, 전세계 인구의 대략 10% 이상이 60세 이상의 고령자로 구성되어 있고, 특히 앞으로 2050년 이후에는 그 비율이 두 배 이상으로 증가할 것으로 전망하고 있다. 우리나라 역시 2000년 이후 65세 이상의 인구 비율이 7.2%를 넘어서면서 사회 각 부문에서의 고령자의 삶에 대한 관심이 높아지고 있다. 물론 여전히 많은 수의 고령자들이 건강을 유지하고 생산적인 일을 수행할 능력을 가지고 있지만 전반적으로 고령자가 젊은 아들에 비하여 보다 높은 육체적, 정신적 약화 과정의 대상이 되고 있는 것이 현실이다. 이미 고령화 사회에 들어 선 우리나라의 경우 그에 따른 문제들이 심화되고 다양화 되고 있는 시점이고, 이에 따른 경제, 사회, 문화적 대안책을 마련하는 정책이 시급한 상황이다.

결과적으로 고령화 사회에서 현재 직면해 있는 경제, 사회, 문화적인 주요 문제들을 살펴볼 때, 앞으로 고령자들을 돌볼 수 있는 젊은이들의 수가 급격히 줄어들게 될 것이며, 고령자 보조를 위한 경제적 비용 또한 크게 증가할 것이다. 1940년 중반부터 시작되었던 흠 오토메이션 기술은 현재 국내외 여러 기업과 학교를 중심으로 하여 스마트 흠이라는 주제로 발전되어 활발하게 연구되고 있다. 국내에서는 인터넷을 이용하여 가전기기를 제어하는 흠 네트워크 기술을 중심으로 하는 연구가 LG, 삼성 등의 대기업을 중심으로 진행되고 있고, 국외에서는 흠 네트워크 기반의 집과 거주자의 환경 정보를 수집하는 context-awareness에 대한 연구가 기업과 학교를 중심으로 연구되고 있다. 또한 한국

전자통신연구원에서도 유비쿼터스 건강관리 모듈과 시스템¹⁾을 개발 중에 있다. 본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경과 기억 보조를 위한 U-health 기술의 전처리 기술로서 활용될 수 있는 행위 인식 기술을 연구함으로써, 유비쿼터스 건강관리 시스템의 요소 기술을 제안한다.

2. 관련 연구

현재 Activity Recognition 기술 연구가 여러 곳에서 이루어지고 있는데 그中最 대표적인 곳으로는 Intel[1]이 있다. 아직은 연구단계라 실제 상용화 수준까지 이루어지려면 상당한 시간이 필요할 것으로 생각된다. Intel은 주로 RFID만 이용하여 시스템을 구축하였다.

다른 방법으로는 RFID나 암력센서 등 주로 바이너리 센서 위주로 이용한 연구가 있는데 이러한 다양한 센서를 이용한 방식은 통합 Activity Recognition 연구가 필요하다 [2]. 이 연구는 일반 가정 내에 RFID 칩과 센서를 설치하여 이를 통해 얻은 정보를 통해 ADLs(Activities of Daily Living) 정보를 수집한다. 수집된 센서의 정보를 세그먼트화 시키고 일련의 시간 정보를 통해서 에피소드로 나눈다. 그 후 센서의 정보들을 통해서 사용자의 행동을 추론하고 기록한다. 이때 사용되는 기계학습 기법이 HMM (Hidden Markov Model)이다. 하지만 센서를 통해서 얻어진 정보를 통하여 일반적인 사람들의 ADLs 정보를 수집하여 일반화 시켜 이미지로만 표현하기 때문에 이를 다른 시스템과 연

1) 본 과제는 정보통신부 선도과제 ‘유비쿼터스 건강관리 모듈/시스템 개발’의 지원으로 이루어진 연구이다.

동시키기 힘들다.

또 다른 연구로는 바이너리 센서만을 이용하여 자동으로 건강 모니터링을 하는 연구가 있다[3]. 오디오나 비디오 센서를 이용한 Activity 인식 방법은 효과적이기는 하나 경제성, 설치의 용이성, 유지나 관리, 내구성 그리고 프라이버시의 문제가 있기 때문에 익명의 바이너리 센서가 각광을 받고 있다. 하지만 때때로 인식에 있어 모호한 부분이 많은데 이는 센서를 증가시킴으로써 가능하기도 하나 비용의 문제 때문에 센서의 능력이나 해상도를 증가시켜서 해결하거나 다양한 센서를 설치하고 센서의 일도를 높이는 방법이 있다. 이 연구에서는 기존 Bayes filter로는 다중 사용자 환경에서의 행위 인식이 어려웠던 점을 Particle filter를 사용하여 해결하는 연구가 이루어졌다. Particle filter는 가능한 상태와 데이터 조합의 표본을 만들어서 그 중 최고로 가능성が高い 것을 선택하는 알고리즘이다. 또한 개인적인 행위는 고유한 변환 확률에 의해 표현되는데 다중 사용자 환경의 경우 어마어마한 트레이닝 데이터가 필요하게 된다. 이를 해결하기 위해서 EM(Expectation Maximization) 알고리즘을 사용하였다. 이와 비슷한 접근 방법으로는 GPS를 사용한 위치추적 방법이 있다.

다른 연구들을 살펴보면 현재 대다수의 연구는 센서 정보들을 통해서 추론된 여러 사용자의 행동들을 일반화시키기 때문에 각각의 사용자에 맞는 행위인식은 하기 힘들다. 또한 한 가정 내에 사용자가 여러 명이면 이를 인지하고 구별하기가 어렵다. 이를 해결하기 위해서는 유저의 프로파일 데이터를 별도로 가지고 있어야 하며 다중 사용자를 위해 RFID 센서뿐만 아니라 다른 센서들과도 연동해서 복합적으로 인식을 해야 할 것이다.

최근 다중 사용자 환경을 고려한 연구도 시작되었는데 이러한 연구에서는 각각의 사용자가 서로 독립적이라고 가정한다. 하지만 실제로는 이들 사용자를 간에 교집합 되는 부분이 있는데 여기서는 이를 고려하지 않았다. 이를 해결하기 위해서는 이들의 공통된 부분을 인정해야 하는데 실제로 이는 쉽지 않다. 가장 간단한 방법으로는 또 다른 개인 인식 센서를 사용하는 것이다. 그렇기 때문에 앞으로 진정한 다중 사용자 환경에 대한 연구가 필요하다.

3. 행위 인식 시스템

본 논문에서 제안하는 고령자를 위한 행위인식 시스템의 시나리오는 다음과 같다.

1. 사용자의 ADL(Activity of Daily Living)과 IADL(Instrument Activity of Daily Living) 측정 및 저

장

2. 사용자가 주방에서 가스레인지에 물을 끓임
3. 사용자는 물이 끓는 동안 화장실에 감
4. 평소 사용자가 화장실을 이용하는 평균 시간이 지났는데도 나오지 않음
5. 알람을 이용하여 사용자에게 알림
6. 사용자의 반응이 없을 경우 문제 상황 발생으로 가정
7. 간병인, 가족에게 알림
8. 이웃 또는 인근 병원에 알림

이러한 시나리오를 구체적으로 표현한 그림은 아래와 같다.

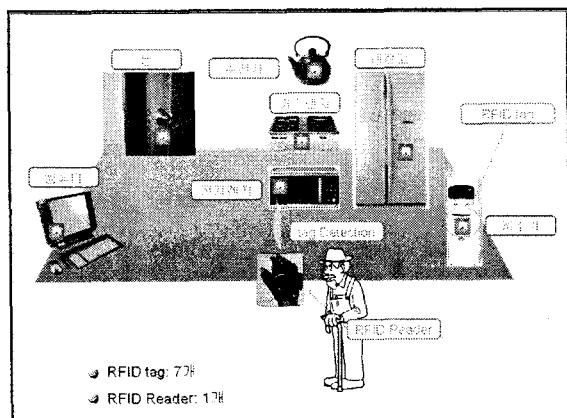


그림 1 시나리오 환경

가정 내에 있는 대표적 가전제품들 중 냉장고, 정수기, 가스레인지 등 모두 7가지의 object에 RFID tag를 붙이고 이를 사용자의 손목에 부착된 RFID Reader를 통해 정보를 얻어오는 방식이다. 이렇게 얻어온 정보를 이용하여 행위인식 시스템 내에서 아래의 표와 같이 7가지의 행위를 유추해낸다.

표 2 인지하는 Activity의 종류

Activity #	Activity Name
1	Drinking water
2	Making a snack
3	Using microwave
4	Boil water
5	Using computer
6	Using door (in and out)
7	None of the above

예를 들어 가스레인지와 주전자와의 RFID tag가 연이어 Reader를 통해 읽혀지면 이는 물을 끓이는 행위(Boil water)로 간주하는 것이다. 아직은 초기 데모 시스템이라 Activity의 가지 수가 적고 단순화 시켰지만 앞으로는 분류할 Activity의 수와 좀 더 복잡한 Activity까지 분류해야 할 것이다.

3.1 시스템 구조

본 시스템의 기본적 기능은 다음과 같다.

첫째, 고령자의 ADL(Activity of Daily Living)과 IADL(Instrument Activity of Daily Living)을 측정하고 저장한다. 둘째, 고령자의 Activity를 이용하여 문제 상황 발생 시에 고령자, 간병인, 가족에게 알린다. 그림은 시스템 구조도이다.

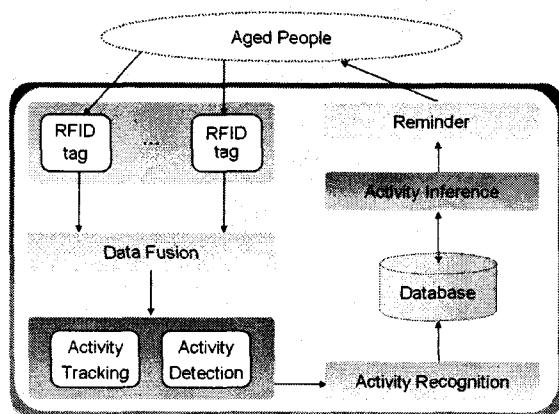


그림 2 시스템 구조도

각각의 역할은 아래와 같다.

- RFID tag: RFID Reader를 통한 입력
- Activity Detection and Tracking: Machine Learning 알고리즘을 이용하여 입력된 고령자의 행동을 검출한 다음 DB에 저장된 행동을 검색
- Activity Recognition: Machine Learning 알고리즘을 이용하여 고령자의 검출된 행동을 DB에 저장된 행동과 비교하여 인지
- Database: 고령자의 ADLs와 IADLs를 미리 planning 해서 저장
- Activity Inference: 인지된 행동을 추론
- Reminder: 평소의 행동과 다른 점이 발견되면 고령자, 간병인, 가족들에게 알리도록 한다.

3.2 센서

현재 비디오 센서를 제외하고 이루어지는 행위 인식 시스템은 크게 두 가지의 방식의 센서를 사용한다.

먼저 기존의 방범시스템이나 화재경보 시스템의 바이너리 센서를 활용하여 구축한 시스템이 있는데 이 시스템의 장점으로는 기존의 방범시스템들을 이용하기 때문에 가격이 저렴하고 물이나 금속 근처에서도 인식에 이상이 없다. 또한 사용자가 비교적 간단한 장치만 착용하여 사용자에게 부담을 주지 않는다. 반면에 단점으로는 방범시스템이 구축되어 있지 않는 가정에서는 매우 비싼 방식이며 바이너리 센서의 특성상 센서의 밀집도(density)를 높이기 힘들어서 정교한 Activity를 인식하는데 한계가 있다. 또한 대상(Object)의 인식과 구별이 RFID 기술에 비해 상대적으로 어렵다. 그리고 가장 큰 취약점 중의 하나는 사용자가 여러 명일 경우 구별이 매우 어렵다는 것이다.

다음 방법으로는 RFID tag를 이용한 방법이 있다. 최근 RFID 기술의 발전과 산업화로 인하여 RFID tag의 가격이 많이 저렴해져서 일반적으로 이 방식이 좀 더 가격이 저렴하며 설치가 용이하다는 장점이 있다. 그리고 대상(Object)의 인식과 구별이 상대적으로 쉬우며 다중사용자를 구분하기 용이다. 단점으로는 물이나 RFID의 특성상 금속이나 물 근처에서는 전파방해로 인하여 인식이 거의 이루어지지 않으며 tag의 밀집도를 높일 경우 일어나는 collision 문제가 있을 수 있다. 그리고 팔찌 형태의 리더기를 이용하여 tag를 detecting하기 때문에 침실이나 욕실 등에서 사용하기에 불편하다.

본 시스템에서는 RFID를 이용하여 Activity를 인식하는 방법을 사용하였으며 향후에는 RFID의 단점을 극복하기 위해 선택적으로 바이너리 센서와 다른 센서들을 이용하려고 한다.

3.3 Classification

RFID tag와 Reader를 통해 얻어온 데이터를 이용하여 Activity를 분류해야 하는데 이를 위해서 본 시스템에서는 Bayesian Network를 사용하였다. 이 방법은 확률 추론을 하는데 매우 유용하며 이용 또한 매우 간단하다.

Reader를 통해서 읽어 들인 RFID tag의 UID 값은 그 자체로 feature로 주기에는 어려움이 있어서 이를 반웅한 tag의 true/false 값으로 변환하여 사용하였다.

실제로 RFID Reader에서는 끊임없이 RFID tag를 읽어들이기 때문에 실시간으로 이를 처리해서 classification을 한다는 것은 어려운 일이다. 그래서 본 시스템에서는 일정

량의 데이터를 모아서 classification을 하는 방식을 택했다. 하지만 진정한 의미의 행위 인식 시스템이라면 Real-time으로 인식이 가능해야하기 때문에 앞으로 많은 연구가 필요한 부분이다.

4. 성능평가

성능평가는 다음과 같은 항목으로 이루어졌다.

- 행위(Activity)를 인식하는데 걸리는 시간: RFID Reader를 통해 들어온 데이터가 Bayse Net을 통해 Activity를 인식하기까지 소요된 시간을 측정한다.
- 인식의 정확률: 인식된 Activity와 실제 Activity가 얼마나 일치하는지를 측정한다.

앞장에서 설명하였듯이 Classifier로는 Bayes Network와 ADTree를 사용하였고 attribute는 8개, classindex는 7 가지로 나누어서 실험하였다. 성능측정을 위해 사용한 데 이터(Instance)는 134개였으며 모델을 만드는데 걸리는 시간은 평균 0.09초였고 실제 테스트 할 때 걸린 시간은 0.02초였다.

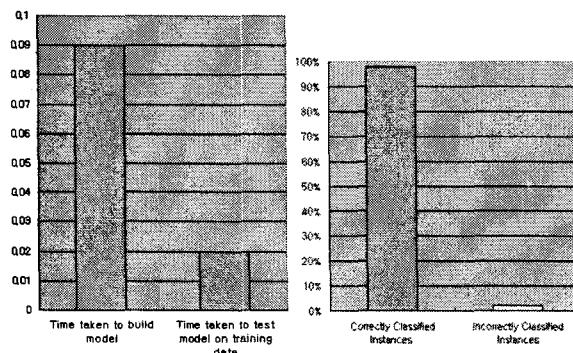


그림 3 training data를 이용하여 모델을 세우는데 걸린 시간과 모델을 이용하여 테스트하는데 걸린 시간 그리고 인식의 정확률(왼쪽부터)

본 시스템에서는 앞장에서 언급했듯이 매우 간략하게 실험 환경을 만들었고 또한 많은 제약 조건을 두었다. 따라서 이러한 이유로 실험 결과는 높게 나왔다. 하지만 실제 가정 내의 환경은 매우 복잡하고 많은 변수가 있기 때문에 이러한 실험 환경은 적합하지 않다고 생각된다. 앞으로는 가정 환경과 유사한 환경에서 실험을 하여 이러한 차이를 극복 해야 할 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경과 기억 보조를 위한 U-health 기술의 전처리 기술로서 활용될 수 있는 행위 인식 기술을 연구하고 데모 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 한국전자통신연구원의 유비쿼터스 건강관리 시스템의 행위 인식 모듈로 사용될 것이다.

행위인식 분야는 해외에서는 많은 연구가 이루어지고 있으나 국내에서는 아직 초기 단계이다. 이러한 행위 인식 기술은 건강관리 시스템, Context-Aware 시스템, 라이프로그 등 많은 곳에서 활용될 것이라 예측되며 아직도 개선할 부분이 많다.

앞으로는 실제 가정환경과 유사한 환경을 만들어야 하며 실시간 처리를 할 수 있도록 하여 보다 정밀하고 다양한 행위 인식이 이루어지도록 해야 할 것이다.

Reference

1. M. Philipose, et al., "Inferring Activities from Interactions with Objects," in *Proceedings of the Conference on Pervasive Computing*, October 2004, pp. 50-57.
2. D.H. Wilson, A.C. Long, and C. Atkeson. "A Context-Aware Recognition Survey for Data Collection Using Ubiquitous Sensors in the Home", In *Proceedings of CHI 2005: Late Breaking Results*, pages 1865-1868, Portland, OR, April 2005.
3. D.H. Wilson and C. Atkeson. "Simultaneous Tracking and Activity Recognition (STAR) Using Many Anonymous, Binary Sensors", In *Proceedings of PERVERSIVE 2005*, Munich, Germany, May 2005.