

# 스마트 홈 센서와 3축가속도센서를 이용한 실시간 실내 기본생활행위 인식

방선리<sup>o</sup> 김민호 송사광 박수준

한국전자통신연구원

{slbang<sup>o</sup>;mhkim;smallj;psj}@etri.re.kr

## Toward Real Time Detection of Basic Living Activity in Home Using a Triaxial Accelerometer and Smart Home Sensors

Sunlee Bang<sup>o</sup>, Minho Kim, Sa-kwang Song, Soo Jun Park

Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요 약

독거노인의 수가 증가함에 따라 노인의 건강한 생활 패턴 유지 및 응급상황탐지 등을 위해 생활모니터링에 대한 연구가 요구되고 있다. 본 논문에서는 단순히 사물에 대한 접촉만으로 일상생활행위(ADL : activity of daily living)를 인식하기 보다는 노인의 행동과 연관이 있는 사물의 접촉을 함께 고려한 행위인 요소ADL를 인식하여 정확하게 최종 ADL를 인식할 수 있도록 한다. 또한, 행위센서로부터 인식된 물리적 행위분류는 간혹 튀는 데이터들로 인해 잘못된 결과가 나오므로, 이를 보정함으로써 인식의 정확성을 더 보장한다. 실험결과는 8개의 요소ADL에 대해 97% 이상의 인식 결과를 보이며, 이는 최종 ADL을 인식하는데 효율적으로 적용할 수 있음을 보인다.

### 1. 서 론

건강에 대한 관심 증대와 경제 및 의료기술의 발달로 인해 사망률이 감소하면서 노령화 사회로의 진입이 급속도로 진행되고 있다. 이러한 추세는 이미 2000년에 노령화사회로 진입한 우리나라뿐만 아니라 세계적으로 이루어지고 있다. 특히 핵가족화가 되어가면서 65세 이상의 혼자 사는 노인의 비율 또한 증가하고 있다[1,2]. 이와 더불어, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 발달로 인해 고령자의 건강한 생활패턴 유지 및 응급상황 인식을 위한 여러 u-헬스케어프로그램이 가정으로 확대되어 가정 내 일상생활행위(ADL : activity of daily living) 인식의 연구가 활발히 진행되고 있다[3,4]. 건강한 생활패턴 유지 및 응급상황 인식을 위해 ADL를 알아내기 위한 연구로는 생활과 관련된 사물에 RFID 태그를 부착하여 RFID 리더기를 부착한 사용자가 사물에 대한 접촉을 수행하면 해당 ADL를 추론하는 연구가 있다. 이는 사용자의 행위를 고려치 않고 사물에 대한 접촉만으로 고려한다는 한계가 있다[5,6]. ADL 인식을 위해서는 사물에 대한 반응뿐만 아니라 기본적으로 주체자가 행하는 행위를 알아야 한다. 주체자의 행위를 분류하기 위해 삼축가속도센서 등을 허리나 어깨 등에 착용하여 통계적인 기

법 및 기계학습방법을 통해 상세 행위를 인식하는 연구가 진행되고 있다[7,10]. 그러나 센서의 민감함으로 인해 데이터의 오류가 발생할 수 있으며, 이러한 현상으로 인해 분류의 정확도가 떨어지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다중센서를 사용하지만 대부분의 연구가 동일한 센서를 서로 다른 위치에 부착하는 정도에 미치고 있다. 특정 ADL를 추출하는 데는 그 행위를 행하는데 필요한 움직임과, 사물에 행해지는 반응을 함께 고려하여야 한다. 밥을 먹기 위해 식탁에 앉는 행위는 주체자의 행위가 '앉다'라고 인식이 되어야 하며, 의자에 무엇인가가 올려져 있다는 반응을 얻어내야 한다. ADL는 주체자의 행위 및 행위와 관련된 사물의 반응에 의해 인식되므로 이 둘의 연관성을 이용하여 인식하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 행위를 최종ADL를 얻는데 핵심이 되는 요소ADL이라 칭하며, 보다 정확한 요소ADL를 얻기 위한 방법에 대해 설명한다.

### 2. 관련연구

유비쿼터스 컴퓨팅 환경과 의료기술의 발달로 인해 개별적인 건강에 대한 관심이 늘어났으며, 의료기관을 중심으로 제공되었던 건강관리 서비스가 개인 또는 가정

으로 확대되어 실내 ADL추론에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

IBM의 PROACT 시스템[5]에서는 생활에 관련된 사물인 각종 가구 및 가전제품에 RFID 태그를 부착하고 사용자는 RFID 리더기를 장갑형식으로 만들어 손에 끼고, 각종 실내행위를 한다. 사용자가 차를 마시기 위해 주전자와 찻잔을 만지면, 리더기가 태그 정보를 읽어 들여, 이는 차를 마시는 행위로 인식한다. 이러한 방법은 실제 사용자의 움직임 행위와는 무관하게 사물과의 접촉만으로 ADL을 인식하고 있다. 그러다 보니, 간식준비, 차준비, 전화통화하기 등, 주방, 및 거실 등에서의 소소한 행위 인식에 머물러 있다. ADL을 보다 정확하게 판단하기 위해서는, 기존에 사물에 대한 접촉으로 인식하는 방법에서 벗어나, 사물의 접촉과 그때 주체자의 행위를 연관 지어 인식해야 한다.

DOMUS Lab.[8]에서는 주체자의 행위를 알기 위해, 3축가속도 센서를 손목에 착용하고 생활과 관련된 사물에 RFID 태그를 부착하여 이들 반응에 대해 상호관계를 이용하여 ADL을 인식하고 있다. 예를 들어, 손목이 회전을 하고, 주전자와, 차가 담겨있는 상자의 ID가 인식이 되었다면, 이는 차를 준비하는 행위로 인식한다. 이 방법은 행위정보를 고려하긴 했지만, 행위인식을 위한 센서를 손목에 부착하여, 손의 움직임에 대한 정보만을 이용함으로써, 신문읽기, 차준비, 음료수마시기 등 너무 소소한 행위에 대해 인식을 하고 있다.

ADL의 인식은 단순히 노인의 소소한 생활을 모니터링 하기 보다는 취침시간이 불규칙하거나 외출 후 귀가를 하지 않는 등과 같은 이상징후를 감지하거나 또는 낙상과 같은 긴급상황을 가족 및 간병인 등에게 알리는 것이 더 중요하다. 이러한 서비스를 위해서는 세세한 ADL에 대해 모두 인식하기 보다는 기본적인 생활 및 응급상황을 인식하는데 있어서 중요한 행위인 낙상, 식사, 용변, 수면, 외출 및 귀가, 휴식 등의 인식이 필요하다[9].

이를 위해, 본 논문에서는 3축가속도 센서를 허리에 착용하여 ‘걸다’, ‘앉다’ 등 보행과 관련된 행위들만 인식을 하고 기본적인 생활에 필요한 환경에만 센서를 부착하였다. 3축 가속도 센서를 이용한 행위분류의 성능방법은 해당행위의 전체 수행시간 동안에 해당동작이 올바르게 수행된 시간의 비율로 정확도를 표현하고 있으며[10], 최신기술의 성능은 전반적으로 93%에 이르고 있다[7]. 이러한 분류의 결과는 해당 행위구간 내 잘못된 행위가 가끔씩 나타나기 때문일 것이다. 예를 들어, “걸기”라는 동작을 행하고 있는 동안 “걸기”-“앉기”-“걸기” 처럼 중간에 “앉기”라는 행위가 나오므로써, 정확도가 떨어지게 된다. 정확한 ADL을 인식하기 위해서는 행위분류의 정확성이 선행되어야 한다

본 논문에서는 특히, 인식 정확률을 높이기 위해,

3축가속도센서에 의해 얻어진 행위분류결과를 행위패턴으로부터 보정한 후, 사용자의 행위와 연관 있는 사물의 반응을 고려하여 요소ADL를 결정한다.

### 3. 스마트 홈 센서 및 시스템 설계

요소ADL인식을 위한 행위 정보는 3축가속도(MMA 7260Q Chip)센서를 허리에 착용하여 보행에 대한 정보를 얻고, 보행과 관련하여 사물의 반응을 얻을 수 있도록 압력센서(CUI회사의 IESF-R-5L Force sensing register)와 PIR센서(파라소닉의 AMN14112)를 집안처럼 꾸며놓은 실험실에 그림 1과 같이 설치했다. 휴식, 식사, 용변, 수면, 외출 및 귀가를 인식하기 위해 압력센서를 소파, 식탁의자, 변기, 침대와 출입문 앞의 발판에 설치한다. 특히, 외출과 귀가를 더 정확히 인식하기 위해 집안에 사람이 있는 지를 감지할 수 있도록 출입문 위 천정에 PIR센서를 설치한다. 이러한 센서들로부터 발생하는 데이터들은 Zigbee를 통해 리시버로 전달된다.

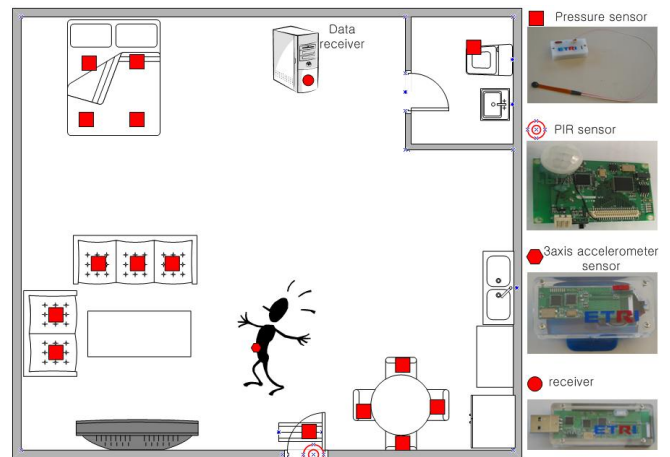


그림 1 센서 설치 환경

요소ADL인식시스템의 전체적인 구성도는 그림 2와 같다. 시스템의 입력데이터는 [11]와 같이 3축 가속도 데이터에 대해 분류알고리즘을 이용하여 나온 결과인 원소행위와 압력센서값, PIR센서값이다. 실시간으로 인식 결과를 얻기 위해, 원소행위는 0.3초 단위로 전달되며, 이러한 원소행위들은 구간데이터로 구성하여 행위큐에 저장한다. 구간데이터 구성시, 순차적으로 입력되는 원소행위들에 대해, 이전 행위와 다른 행위가 들어올 경우, 또는 실시간 분석을 위해 연속으로 동일한 행위가 2초 이상 입력되는 경우를 기준으로 구간데이터를 만든다. 예를 들어, 0.3초 단위로 “앉기”-“걸기”가 입력되는 경우, “걸기”는 이전행위인 “앉기”와 같지 않으므로 이전행위 “앉기”의 시작시간 및 끝시간에 대해 구간데이터를 구성한다. 또는 0.3초 단위로 “앉기”라는 행위가 2초 이상 입력될 때, 처음 “앉기”의

시작시간과 2초 이상 입력된 시점의 “앉기”의 끝시간으로부터 구간데이터를 구성한다.

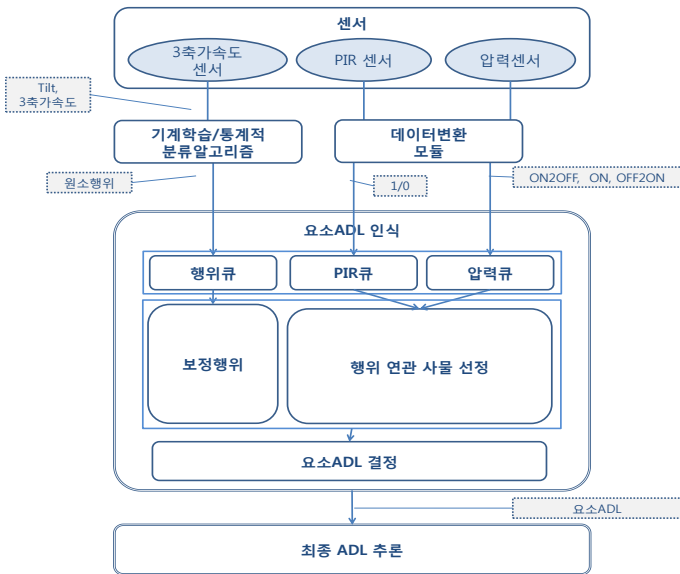


그림 2 요소ADL 인식 시스템 구성도

압력센서의 전달값은 ON2OFF(압력이 인지되다 사라진 때), OFF2ON(압력이 인지되기 시작할 때), ON(압력이 계속 인지될 때)의 3가지 타입이 전달된다. PIR센서의 전달값은 움직임이 감지될 때 ‘1’, 움직임이 감지된 후 움직임이 감지되지 않을 때 ‘0’을 보내준다. 이러한 전처리들을 통한 입력값에 대해 요소ADL 인식모듈은 오분류라 여겨지는 행위를 보정하는 모듈과 여러 사물데이터의 반응으로부터 사용자의 움직임과 연관되는 반응을 일으킨 사물을 찾는 모듈, 이 두 모듈의 결과들을 조합하여 요소ADL를 결정하는 모듈로 이루어진다. 이렇게 결정된 요소ADL는 최종 ADL 추론 모듈로 전달되어 이 요소ADL의 지속시간 및 발생시간 등을 고려하여 최종ADL이 결정된다.

#### 4. 요소ADL 인식

요소ADL 인식은 크게 오분류된 원소행위 보정, 행위관련 연관 사물 선정, 행위와 연관사물의 조합으로 요소ADL를 판단하는 단계로 이루어진다.

##### 4.1 오분류 원소행위 보정

정확한 요소ADL를 얻기 위해서는 정확한 원소행위분류가 선행되어야 한다. 그러나 간혹 센서데이터 전송 중 데이터가 손실되거나 노이즈가 발생하는 경우, 잘못된 원소행위를 얻게 된다. 본 논문에서는 연속되는 원소행위의 패턴을 분석하여 이렇게 오분류된 행위를 보정한다. 장시간의 원소행위 패턴을 가지고 오분류된 초기행위를 보정하는 방법이 보다 정확히 보정할 수 있겠지만, 이러한 방법은 보정을

위해 읽어 들인 행위의 수행시간만큼 지연된 결과가 출력되는 문제가 있다. 본 논문에서는 실시간으로 분석을 하기 위해, 연속적인 3개의 원소행위로 구성된 트리플의 패턴으로부터 보정을 수행한다. 트리플에서 보정의 대상이 되는 행위는 이전원소행위와 다르면서 수행시간이 최소수행시간보다 짧은 행위를 오분류행위로 본다. 보정대상행위를 포함한 트리플의 패턴은 그림 3과 같다. 기본적으로 거의 90%의 정확도를 보이는 행위분류 결과를 보장하기 위해 보정대상이 아닌 행위들은 보정을 수행하지 않는다.

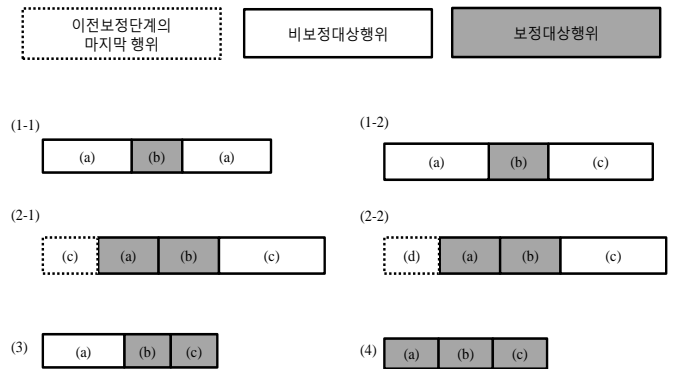


그림 3 보정대상행위를 포함한 트리플

트리플 내 보정대상행위의 보정은 양 옆의 비보정대상행위를 보고 수행한다. 그림 3-(1-1)과 같이 보정대상행위의 양쪽 행위가 같은 경우 옆의 행위로 보정된다. 예를 들어, “앉기”-“걸기”-“앉기”와 같은 패턴에서 보정대상인 “걸기”를 “앉기”로 보정한다. 트리플의 보정을 수행 후, 트리플의 마지막 행위는 다음 보정단계의 트리플로부터 더 정확히 보정할 수 있으므로 요소행위결정모듈로 넘기지 않고 다음 보정단계의 트리플의 첫번째 행위가 된다. 그림 3-(2-1)과 (2-2)와 같이 트리플내 비보정대상행위가 하나인 경우 이전 보정단계에서 요소행위결정모듈로 넘겨진 마지막 행위를 보정대상행위의 왼쪽행위로 보고 보정을 수행하며, (2-1)의 경우는 (1-1)과 같은 방법으로 수행한다. (1-1)과 (2-1)을 제외한 트리플들은 패턴의 적합성을 고려한다. 연속된 행위의 적합패턴은 그림 4와 같이 행위상태는 노드로 행위의 변화는 에지로 표현한 그래프 형식으로 표현하며, 행위 변화에 대해서는 확률값이 주어진다. 그림 4에서 ‘앉다’에서 ‘앉아있다’로 변하는 상태의 확률 값은 1.0으로 이는 P(‘앉아있다’|’앉다’)로 표현된다. 먼저, 적합패턴과의 매칭을 위해 트리플에서 기준행위를 찾는다. 기준행위는 비보정대상행위와 오랜 시간 수행된 행위 순으로 선정하며, 기준행위에 대해 적합패턴 그래프에서의 패스를 탐색하여 보정한다. 예를 들어, 트리플이 “뛰다”-“앉다”-“앉아있다”이고 기준행위가 “앉다”인 경우, “앉아있다”는 “앉다”와 연결된 패스가 있으므로,

보정대상 행위는 “뛰다”가 된다.

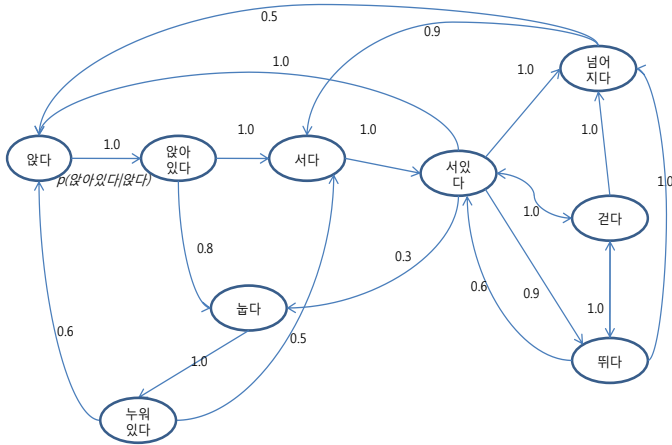


그림 4 연속된 행위의 적합 패턴 그래프

기존행위에 대한 패스로 “서있다”-“앉다”-“앉아있다”와 “넘어지다”-“앉다”-“앉아있다”, “누워있다”-“앉다”-“앉아있다”가 존재하고, 각 패스가 이루어지는 상태변화의 결합확률 값은 아래 수식에 의해 순서대로 각각 1.0, 0.5, 0.6이다.

$$p(\text{서있다}, \text{앉다}, \text{앉아있다}) = p(\text{앉다}|\text{서있다}) \times p(\text{앉아있다}|\text{앉다}) = 1.0 \times 1.0 = 1.0$$

$$p(\text{넘어지다}, \text{앉다}, \text{앉아있다}) = p(\text{앉다}|\text{넘어지다}) \times p(\text{앉아있다}|\text{앉다}) = 0.5 \times 1.0 = 0.5$$

$$p(\text{누워있다}, \text{앉다}, \text{앉아있다}) = p(\text{앉다}|\text{누워있다}) \times p(\text{앉아있다}|\text{앉다}) = 0.6 \times 1.0 = 0.6$$

따라서 해당 연속행위는 결합확률 값이 최대인 “서있다”-“앉다”-“앉아있다” 패스에 맞추어 “뛰다”가 “서있다”로 보정된다. 적합한 연속 행위 패턴에 대한 정의는 특정 포맷에 맞추어 파일 형식으로 지정되어 시스템에 의해 수정이 가능하도록 한다.

4.2 행위 연관 사물 찾기

일반적으로 독거노인의 환경에선 같은 시간에 여러 개의 사물센서가 감지되지 않는다. 그러나, 만약 노인의 몸무게와 같은 물체를 소파 위에 올려놓고, 잠을 자러 간다면, 침대와 소파가 동시에 감지될 수 있다. 이때, 사용자의 행위와 연관되어 반응이 있는 사물이 무엇인지를 알아야 하며, 이를 본 논문에서는 연관사물이라 정의한다. 예를 들어, 그림 5-(1)과 같이 행위수행시간 동안 단지 하나의 사물이 감지되는 경우는 해당 사물이 연관사물이 된다. 그러나, 그림 5-(3)과 같이 행위수행시간 동안, OFF2ON과 ON2OFF가 모두 감지된 경우는 짧은 시간 동안 잠깐 앉았다 바로

일어난 행위일 경우 발생하므로, 이 사물은 연관사물로 처리하지 않는다. 그림 5-(2)처럼, 행위구간내 여러 개의 사물에서 반응이 있는 경우는, 행위의 시작시간과 사물이 반응한 시간의 차가 작은 사물을 연관사물로 한다. 그림 5-(2)에서, 소파의 반응시작시간은 t1이고, 식탁의자의 반응시작시간은 t2이므로 “앉다”의 시작시간인 t2와 차이가 적은 사물인 식탁의자가 연관사물이다. 특별히, 출입문앞의 발판에서 반응이 있는 경우, 정확하게 “외출/귀가”를 인식하기 위해 PIR 센서의 반응을 함께 고려한다. 외출을 하면, 방안에서 움직임이 감지되지 않으므로, 발판의 반응이 있는 후, 일정시간후에 pir센서의 반응이 없으면, “외출” 인식에 대한 연관사물로 ‘out\_mat’라고 선정한다. 외출후 귀가하는 문을 열고 들어올 때 움직임이 감지되므로, “외출”이 감지된 후, PIR센서의 반응이 있는 후, 발판의 반응이 있으면, “귀가” 인식에 대한 연관사물로 ‘in\_mat’를 선정한다.

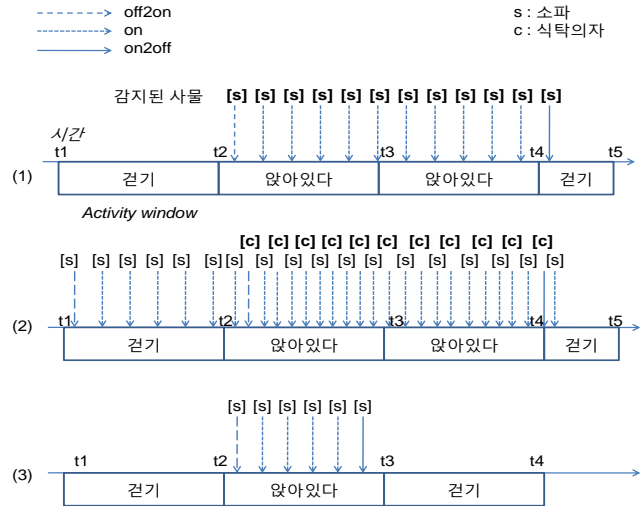


그림 5 연관사물 선택의 예

4.3 요소ADL 결정

요소ADL은 보정과정을 걸친 행위와 연관사물의 조합을 통해 아래와 같이 총10개로 결정된다.

표 1 보정된행위와 연관사물의 조합에 따른 요소ADL

보정된행위	연관사물	요소ADLs
앉아있다	None	앉아있다
앉아있다	변기	변기에 앉다
앉아있다	소파	소파에 앉다
앉아있다	식탁의자	식탁의자에 앉다
누워있다	None	누워있다
누워있다	침대	침대에 누워있다
걸다	None	걸다
걸다	Out_mat	외출
걸다	In_mat	귀가
넘어짐	상관없음	낙상

행위에 대해 연관사물이 없는 경우 또는 위의 조합에 해당하는 행위 - 연관사물이 아닌 경우 기본적으로 행위가 그대로 요소ADL이 된다. 요소ADL의 시작과 끝시간은 행위의 시간을 따른다.

#### 4.4 낙상 감지

낙상은 아주 짧은 순간에 일어나므로, 낙상에 대한 원소행위는 아주 짧게 전달된다. 4.1절의 보정모듈에서 낙상원소행위가 보정되는 것을 막기 위해 낙상원소행위는 보정대상행위로 선정하지 않는다. 그러나, 간혹, 센서데이터의 오류로 다른 원소행위들이 낙상으로 잘못 분류되는 경우가 있다. 그러므로 이런 오분류된 낙상을 방지하기 위해, 낙상가능상황판단과 최종낙상판단 두단계에 걸쳐 낙상을 감지한다. 낙상가능상황은 순차적 원소행위의 시퀀스가 “!누워있다 - 넘어지다 - \*-누워있다”인 경우로 판단한다. 낙상이 일어날 때 넘어짐 후 바로 누워있는게 아니라, 눕기전 움직임이 발생하므로 “넘어지다”와 “누워있다” 행위사이에는 어떠한 행위가 나타나도 된다. 실제 낙상이 일어난 경우, 사용자는 쓰러진 상태를 계속 유지하고 있으므로, 낙상가능상황이 판단된후 “누워있다-누워있다-누워있다”의 패턴이 나오는 경우에 최종 낙상으로 판단한다.

#### 5. 실험결과

실험대상자는 남자 5명과 여자1명이며, 이들의 나이는 28세에서 35세이며, 키는 157~181cm, 몸무게는 53~71kg이다. 실험을 위한 시나리오는 “걷기 - 수면 - 용변 - 식사 - 휴식 - 외출 - 귀가 - 낙상”의 순으로 행위를 취하도록 하였다. 시나리오대로 행동하는 동안 비디오로 녹화를 하였으며, 시스템을 통해 추출된 요소ADL은 시간정보를 포함하여 파일로 저장한후, 녹화된 내용의 시간정보와 비교하여 정확성을 판단했다. 표2는 요소ADL인식에 크게 영향을 미치는 원소행위들에 대해 보정하여 향상된 결과를 나타낸다.

표 2

행위	원소행위 정확률(%)	보정된 행위의 정확률(%)
앉아있다	94.65	99.06
누워있다	96.47	99.03
걷다	93.27	97.75

“앉아있다”의 경우는 간혹 몸이 약간 뒤로 젖혀서 눕기로 나오던 상황들이 많이 보정되었으며, “걷다”의 경우는 움직임과정에서 튀는 데이터들로 인해 나오는 행위들이 많이 보정되었다. “누워있다”는 누워있는 도중에 뒤척임 과정에서 출현하는 넘어짐 데이터들이 보정되었다.

표3은 행위의 수행시간에 기반한 요소행위의 정확도를 나타낸 결과로 전체적으로 97%이상의 성능을 보인다.

표 3

요소ADL	True Time(ms)	False Time(ms)	정확 률(%)
변기에 앉다	521,356	7,520	98.77
소파에 앉다	2,378,860	639	99.97
식탁의자에 앉다	1,452,529	16,786	98.45
침대에 눕다	2,716,782	30,123	99.03
걷다	1,266,311	72,498	94.50

표4는 실행횟수로부터 요소행위의 정확도를 계산한 결과이다.

표 4

요소 ADL	True Count	False Count	정확률 (%)
외출	12	0	100
귀가	11	1	98.77
낙상	10	2	99.97

귀가의 경우 제대로 인식이 되지 않은 이유는, 출입문 앞 발판의 압력이 인식이 되지 않아서이다. 낙상인식이 되지 않은 경우는 귀가가 인식되지 않은 후 낙상이 발생한 경우와 원소행위에서 낙상데이터가 나오지 않은 경우에 발생했다.

#### 6. 결론 및 향후 과제

특정 실내행위를 할 때, 물체의 반응뿐만 아니라 행위분류를 같이 결합하여 단순히 접촉에 의해 행위를 알아내는 방법에 비해 정확한 실내행위를 인식할 수 있다. 원소행위 보정과정을 통해 요소ADL은 전반적인 인식 정확도는 97%에 이른다.

향후, 기본실내행위인식의 확장을 위해 센서를 추가 할 것이며, 정확도 향상을 위해, 행위패턴네트워크구축을 통한 보정과정이 필요하다.

#### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2006-S-007-01, 유비쿼터스 건강관리용 모듈/시스템 개발]

#### 참고문헌

- [1] Administration on Aging (AoA), U.S. Department of Health and Human Services. (2008, February 6). A Statistical Profile of Older Americans Aged 65+ [Online]. Available: [http://www.aoa.gov/press/fact/ss\\_stat\\_profile.pdf](http://www.aoa.gov/press/fact/ss_stat_profile.pdf)
- [2] 송유진, “사별 후 혼자 사는 노인1인가구의 특성”, 한국지역사회생활과학회지, Vol. 18, No. 1, pp. 147-160, 2007
- [3] J. Kimel, and J. Lundell , “Long-term Deployments of Pervasive Technology into the Homes of Older Adults,” interactions, vol.14, no.4 , pp.38-41,2007
- [4] E. Dishman, “Inventing Wellness Systems for Aging in Place,” IEEE Computer. Innovative Technology for Computing Professionals, vol. 37, No. 5, pp. 34-41, 2004.
- [5] M. Philipose, K. P. Fishkin, M. Perkowitz, D. J. Patterson, D. Fox, H. Kautz, and D. Hahnel, “Inferring Activities from Interactions with Objects,” IEEE Pervasive Computing, pp. 50-57,2004
- [6] D. J. Patterson, H. Kautz, and M. Philipose, “Fine-Grained Activity Recognition by Aggregating Abstract Object Usage,” IEEE Int. Symp. Wearable Computers, pp. 44-51, 2005
- [7] J. Y Yangm Y. P. Chen, G. Y. Lee, S. N. Liou, and J. S. Wang, “Activity Recognition Using One Triaxial Accelerometer: A Neuro-fuzzy Classifier with Feature Reduction,” Entertainment Computing, pp. 395- 400, 2007.
- [8] J. P. Oudet, and P. Mabilieu, “Wearable Activity Detector Using Environmental Sensors : Design Report,” International Journal of Assistive Robotics and Mechatronics, pp. 19-28, 2007
- [9] D. H. Wilson, S. Consolvo, K. P. Fishkin. and M. Philipose, “Current Practices for In-Home Monitoring of Elders’ Activities of Daily Living: A Study of Case Managers,” Technical Report IRS-TR-05-015, Intel Research Seattle, 2005.
- [10] S. H. Lee, H. D. Park, S. Y. Hong, K. J. Lee and Y. H. Kim, “A Study on the Activity Classification Using a Triaxial Accelerometer,” IEEE EMBS, pp.2941-2943, 2003.
- [11] S. K. Song, J. W. Jang, and S. J. Park, “A Phone for Human Activity Recognition Using Triaxial Acceleration Sensor,” IEEE Consumer Electronics, 2007.