

무선센서 네트워크를 통한 실내 거주자의 일상생활 행동 모형 정립 연구

조승호*

A Study on Establishing Resident's Behavioral Model in Daily Living based on a Wireless Sensor Network

Cho Seungho *

요 약

고령화 사회를 넘어 고령사회를 눈앞에 두고 있는 우리나라에서 노인 문제는 더욱 심각할 것으로 예상되고 있다. 본 연구에서는 집 또는 복지/요양 시설에서 생활하고 있는 거주자들의 일상생활 행동 모형을 정립하는 연구를 수행하였다. 이를 위해 본 연구에서는 사건 발생을 중심으로 하는 일상 행동 모형 $W_{ip}(n)$ 을 제안하였다. 본 연구에서는 제안된 행동 모형을 기반으로 조도/온도 센서로 구성된 무선 센서 네트워크 시스템을 구축하였다. 본 연구에서 구축한 시스템에서 거주자들의 일상 행동 양상에 대하여 실험을 수행하였다. 실험을 통해서 거주자의 일상생활이 정규적인 범위에 있는지 벗어나 있는지 구분하고자 시도하였다. 제안된 일상 행동 모형이 미래에 집이나 사회복지 시설의 거주자들을 효과적으로 보살피는데 매우 잘 적용될 것임을 실험 결과들이 알려주고 있다.

Abstract

While the issue of caring for the elderly that faces the modern society has reached a serious level, it is expected that it will be particularly true in the Republic of Korea where an aged, not an aging, society is impending. In this paper I did research on establishing behavioral model of residents who dwell in home or welfare facilities. I suggested a behavioral model in daily living, $W_{ip}(n)$, based on event triggering. A multi-hop routing-based wireless luminance/temperature sensor network was built based on the proposed resident's behavioral model. I did experiments on behavioral activities of residents on the wireless sensor network system. According to experimental results, I could classify whether the daily activity of a resident someday is regular or not. These experimental results show that the proposed behavioral model is highly applicable in caring for residents in home or welfare facilities effectively in the future.

- ▶ Keyword : 행동 모형(behavioral model), 일상생활 행동(ADL, Activity of Daily Living), 조도센서(luminance sensor), 무선센서 네트워크(wireless sensor network), 센서 웹(sensor web).

• 제1저자 : 조승호

• 투고일 : 2008. 12. 29, 심사일 : 2009. 1. 6, 게재완료일 : 2009. 1. 29.

* 강남대학교 컴퓨터미디어공학부

※ 이 논문은 2007학년도 강남대학교 교내연구비 지원에 의한 것임

I. 서론

오는 2050년에는 한국이 일본에 이어 경제협력개발기구(OECD) 30개 회원국 중에서 두 번째로 고령인구 부양부담이 큰 국가가 될 것이라는 분석이 제시되었다. 현대사회가 당면하고 있는 노인 문제는 매우 심각한 수준으로, 이러한 노인 문제는 고령화 사회를 넘어 고령사회를 눈앞에 두고 있는 대한민국에서 더욱 심각할 것으로 예상되고 있다. 고령사회의 문제는 경제발전애 따른 국민소득의 증가와 더불어 핵가족화 진전에 따른 가족제도의 변화 등에 의해 거의 필수적으로 뒤따르는 사회 변동인 것이다.

또한, 우리나라에서는 여러 선진국에 비해 고령사회로 전환되는 속도가 매우 빠르게 진행되고 있는 특징이 있다[15]. 전통사회에서는 가족이 노인을 부양하는 1차적인 기능을 수행하였지만, 현대는 가족 크기 변화, 여성 권리신장으로 인한 사회진출 등으로 인하여 노인에 대한 부양 부담이 지역사회로 이동되고 있는 추세이다. 21세기 고령사회에서 다양한 형태로 나타나게 될 노인복지 수요에 대처하기 위해서는 복지서비스 공급의 보편화가 요구되고 있는 것이다. 그에 따라 노인 보호 서비스에 대한 사회적 수요가 폭발적으로 증가하고 있는 추세이다.

본 연구에서는 집 또는 복지/요양 시설에 살고있는 거주자들의 일상생활 행동 모형을 정립하는 연구를 수행하였다. 이를 위해 본 연구에서는 사건 발생을 중심으로 하는 일상 행동 모형을 제안하였으며, 이러한 행동 모형을 통해 거주자의 생활 양식과 습관이 정규적인 범위에 있는지 벗어나 있는지 파악하고자 하였다.

본 연구에서는 거주자들과 관련된 일상생활에서 행동 정보들을 수집 및 분석하여, 보다 예방적인 차원에서 거주자들의 일상생활을 보살피는데 그 목적이 있다. 본 연구에 의해 구축된 시스템은 다양한 센서 노드들로 구성된 무선 센서 네트워크, 센서 데이터 저장 및 검색 등을 수행하는 지역 서버, 데이터 검색을 제공하는 클라이언트 등으로 구성된다.

본 연구에서는 제안한 행동 모형을 근거로 거주자들의 행동 양상 사례를 중심으로 실험을 수행하였다. 이러한 실험들은, 본 연구에서 제안한 행동 모형이 유용함을 검증할 수 있었다. 앞으로, 거주자의 행동 양상 정보들을 보다 정교하고 연속적으로 수집하여, 거주자의 정규적인 행동 모형을 정립할 것이다. 특히, 다른 보호자의 보호를 요하는 노인 요양 시설 등에서 생활하는 거주자들인 경우에는, 본 연구에서 제안한 개별 거주자마다 일상생활에서의 고유한 행동 모형에 의거해,

이들을 보살피는데 소요되는 비용을 크게 절감하면서 동시에, 효과는 크게 높일 수 있을 것이다.

본 연구의 2장에서는 기존의 행동 모형과 관련된 연구들을 비교 소개하였으며, 3장에서는 일상 행동 개념, 본 연구에서 제안한 행동 모형, 적용 대상 등을 기술하였으며, 4장에서는 전체 시스템 구성을, 5장에서는 시스템에 구축된 미들웨어 구조, 사건 발생, 센서 웹 등에 대하여 기술하고, 6장에서는 무선 조도 및 온도 센서를 중심으로 행동 모형을 적용한 거주자 행동을 관찰하는 실험 사례들을 분석하였고, 7장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

무선 센서 네트워크들이 다양한 일상생활 분야에 적용되고 있다[2,9]. 각 분야에서 센서의 특성, 데이터 특징, 데이터 전송률, 배터리 생존시간, 노드 수 등 여러 요인에 따라 서로 다른 요구사항들을 충족시키고자 시도되고 있다. 의료 또는 노인복지 분야에서 센서 네트워크를 통한 모니터링은 건강정보 수집, 거주자 행동 특성, 노드 이동성, 응급상황시 긴급 연락, 위치 추적 등 여러 측면에서 전통적인 모니터링과는 다른 특징을 보여주고 있다[6,7,8,12].

그동안 사람의 일상생활 리듬에 대한 연구가 진행되어 왔다. 보통 사람의 일상생활은 사회적 리듬과 생물학적 리듬에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 그중에서도 사람들은 24시간을 주기로 반복되는 생물학적 리듬을 나타낸다고 연구되어 있다[1].

일상생활 리듬에 대한 연구로는 신체 움직임을 측정하는 가속기 센서를 활용하여 수면의 질을 평가하는 연구가 있었다 [4]. 또, 적외선 센서 및 스위치류를 사용하여 문의 개폐와 같은 사건들을 파악하여, 거주자의 일상생활을 관찰하고자 하는 연구가 시도된 적이 있었다[13].

비디오 카메라와 저장장치를 사용하여 거주자의 행동을 직접적으로 촬영하여, 일상생활 행동(ADL, Activity of Daily Living)[5]을 유추하고자 하는 연구가 있었다. 이 연구에서는 아침시간대 움직임 센서의 감지, 밤 시간대에 발생하는 마지막 움직임 감지 등을 통해 기상 시간 및 취침 시간의 추이를 파악하고자 하였다[3,14].

또다른 연구에서는 집안내 거주자의 일상생활에서 반복적으로 발생하는 행동들을 무선 센서들을 통해 관찰하여 거주자의 규칙적인 행동 양상을 식별하고자 하였다. 구체적으로, 적외선 센서를 사용하여 집안내에서 기상/취침 시간, 식사시간 등 반복되는 일상생활 양상을 측정하고자 시도하였다

[10,11].

거주자가 일상생활에서 반복하는 행동을 모델링하는데 있어서, 본 연구에서는 위 연구들과 달리 사건 발생을 기반으로 행위 모델을 정립하였으며, 제안된 행위 모델을 기초로 거주자의 일상 행동 양상을 파악하고자 한 점이 기존 연구들과의 차이점이다.

III. 행동 모형

본 연구에서는 노인요양이나 복지시설 등에 거주하거나 혼자 생활하는 사람들의 일상생활을 관찰하여, 이들의 일상생활 양상을 파악하고자 한다.

1. 일상행동 개념

본 연구에서는 집 또는 복지/요양 시설에 살고있는 거주자들의 일상생활을 관찰하고자 한다. 이를 위한 집안내 일상 행동 모형을 정립하는 것이 필요하다. 이러한 행동 모형을 통해 거주자의 생활 양식과 습관이 정규적인 범위에 있는지 벗어나 있는지 파악할 수 있게 된다. 특정 일시에 일어난 거주자의 행동이 행동 모형의 정규적인 범위를 벗어난 것으로 판단되면, 관리자, 보호자 또는 가족 등에게 통지하는 조치를 한다.

본 연구에서는 무선 센서노드로부터 연속적인 조도 값의 수집을 통해, 거주자가 생활하는 실내의 밝기를 관찰한다. 조도값들에 대한 관찰에 의해, 실내 거주자가 언제 전등을 켜는지, 끄는지 등을 알 수 있을 뿐만 아니라, 실외에서 측정된 조도값들은 당일의 날씨가 맑은지 흐린지 등을 파악할 수 있다.

이러한 조도센서 값을 통해 파악된 정보들의 분석을 통해 거주자가 일어난 시간, 잠든 시간, 혹은 밤에 깨었다가 다시 잠든 시간 등을 유추할 수가 있다. 예를 들어, 관찰기간을 한 두달 정도 지속한다면, 거주자의 정상적인 생활 활동 사이클을 파악할 수 있다. 어느 날 관찰된 정보가 거주자의 정상적인 일상생활 사이클을 벗어난 것으로 판단되는 경우, 이것은 거주자 생활에 이상 징후가 발생한 것으로 추정할 수 있다. 이러한 사건들 중에서 중대한 사건은 가족이나 시설내 사회복지사 또는 간호사에게 통지하여 이들이 거주자가 생활하는 현장을 방문하게 할 수 있다[11].

2. 일상행동 모형

본 연구에서는 일상생활에서 발생하는 중요 사건을 중심으로 한 일상생활 행동 모형을 제안한다. 다음 식은 본 연구에서 제안한 행동 모형을 구성하는 각 지표들을 계산한다.

$$\overline{W_{ip}} = \sum_{n=1}^N W_{ip}(n)/N, \quad \forall i, p \tag{1}$$

$\overline{W_{ip}}$: W_{ip} 의 평균값
 $W_{ip}(n)$: n 일차 장소 p 거주자의 행동 i 가 발생시간 또는 지속시간
 N : 장소 p 거주자의 행동 i 의 특성을 파악하고자 하는 구간(총 일수)

식 (1)에서 일상생활 지표 i 를 기상시간(wakeup)이라고 하고, 장소 p 를 시설내 101호실이라고 가정하자. $W_{ip}(n)$ 는 n 일차가 되는 날에 이 장소에 거주하는 사람의 기상시간을 나타낸다. N 은 101호실에 거주하는 거주자의 정상적인 기상시간을 계산하기 위하여 해당 거주자의 기상시간을 측정할 총 일수를 뜻한다. $\overline{W_{ip}}$ 는 N 기간동안 측정할 기상시간의 평균값으로서 장소 p 에 거주하는 거주자가 보통 기상하는 기대시간으로 활용된다.

식 (1)을 근거로 정규적인 일상행동의 범위를 다음과 같이 정의한다.

$$[T_{ip}^*, T_{ip}] = [\overline{W_{ip}} - a^* S_{ip}, \overline{W_{ip}} + a^* S_{ip}] \tag{2}$$

T_{ip}^* : 장소 p 거주자의 행동 i 에 대한 하위 기준 값
 T_{ip} : 장소 p 거주자의 행동 i 에 대한 상위 기준 값
 S_{ip} : W_{ip} 의 표준편차
 a : 장소 p 거주자의 행동 i 에 대한 일탈상수

예를 들어, $T_{ip}^* \leq W_{ip}(n) \leq T_{ip}$ 라면 이날 거주자의 행동은 보통 때와 비슷한 습관적인 행동이라고 보는 반면에, $W_{ip}(n) \geq T_{ip}$ 또는 $W_{ip}(n) \leq T_{ip}^*$ 라면 이날 거주자의 행동은 습관적인 행동 범위를 이탈한 것으로 본다. 여기서, a 의 값은 반복 실험을 통해 결정될 필요가 있다.

IV. 시스템 구성

본 시스템은 다양한 센서 노드들로 구성된 무선 센서 네트워크, 센서 데이터 저장 및 검색 등을 수행하는 지역 서버(local server), 데이터 검색을 제공하는 클라이언트 등으로 구성된다. 본 연구의 센서노드에 설치된 센서 종류로는 온도, 조도, 습도, 마이크 센서 등이 있고, 이들 센서로부터 감지된 데이터가 무선 네트워크를 통해 싱크 노드에게 전송된다. 싱크 노드를 통해 수집된 센서 데이터들이 직렬 통신을 통해 지역 스테이션의 데이터 수신자(data receiver)에게 전송된다. 그림 1은 이러한 시스템 구성을 보여준다.

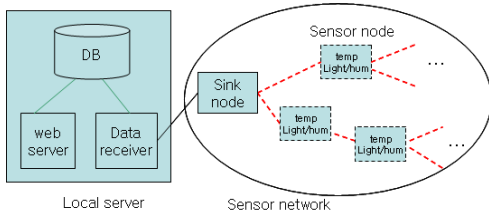


그림 1 전체 시스템 구성
Fig.1 Overall system organization

본 연구의 무선 센서 노드 Hmote[22]에는 온도/습도 센서(SHT11), 조도 센서(GL5537), 마이크 센서(WM-62A)가 장착되어 있고, Zigbee 무선 통신의 멀티홉 라우팅 프로토콜(multi-hop routing protocol)을 이용하여 센서 노드가 감지한 데이터를 전송한다. 센서들은 미리 설정한 감지 주기 단위로 데이터들을 이웃 노드들에게 전송하며, 결과적으로 센서 네트워크에서 감지한 값들이 싱크 노드에게 전송된다.

온도 센서는 난방 여부나 화재 유무 등을 측정하는데 활용 가능하고, 조도 센서는 실내 전등의 점등 및 소등 여부, 또는 바깥의 날씨 등을 파악하는데 활용할 수 있다. 또한, 마이크 센서는 소리의 파장을 측정하여 센서 노드가 설치된 장소의 상황을 추정하는데 활용 가능하다.

표 1. Hmote 주요 사양[17]
Table 1. Major specification of Hmote

항목	내용
MCU	MSP430 16bit Processor - Speed : 8MHz/32KHz - Program Space : 48kb, RAM : 10kB
RF Transceiver	CC2420 - Frequency : 2400~2483MHz - Data rate : 250kbps
LED	Blue LED, Green LED, Yellow LED
기타	USB Interface 확장 Connector, Embedded System과 연동(PXA270TKU)

본 연구에는 표 1의 사양을 가진 Hmote에 Telos 플랫폼을 채택한 센서 보드를 사용하였다. 표 1에서 보는 바와 같이, 센서 보드는 TI사의 MSP430 MPU와 Chipcon사의 CC2420 RF칩을 사용한다. CC2420은 2.4 GHz 대역의 ZigBee 무선 통신의 송수신 신호를 처리하며, 250kbps의 데이터 전송률로 전송한다. 내부적으로 EEPROM 512KB를 사용한다. 또한, USB 모듈이 장착되어 PC와 USB를 통한 UART 통신이 가능하다. Hmote는 센서 노드일 뿐만 아니

라, 싱크 노드로도 활용이 가능하다. 싱크 노드는 센서 노드들로부터 수신한 데이터들을 USB의 UART 통신을 통해 지역 서버의 데이터 수신자에게 수집된 센서 데이터들을 보낸다. 센서 노드의 센서 데이터 수집 부분은 tinyOS로 구현되었다[9,19].

본 연구에서 사용된 센서 노드들은 여러 장소에 흩어져서 배포되므로 멀티홉 라우팅 프로토콜을 사용한다. 멀티홉 라우팅 프로토콜에서는 모든 센서 노드들이 이웃한 센서 노드에게 감지된 데이터를 전송한다. 노드들간에 설정된 데이터 경로를 따라 데이터가 전송된다. 센서 네트워크상에서 감지된 센서 데이터들이 마지막에 싱크 노드에 모아진다. 그림 2는 멀티홉 라우팅 프로토콜에 의해 동작하는 무선 센서 네트워크의 구성을 보여준다. 센서 노드들은 센서가 데이터를 10번 감지하는 시점에서, 센서와 연결된 무선통신 모듈이 이들 10개 데이터를 패킷에 실어 이웃 노드에게 Zigbee 무선 통신으로 전송한다. 라우팅 알고리즘은 tinyOS로 구현된 것이 사용되었다[19].

V. 미들웨어 구조

1. 미들웨어 구조

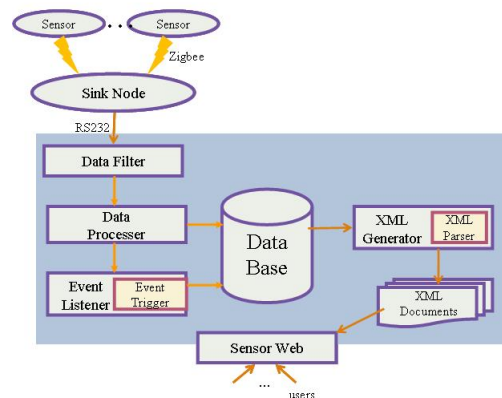


그림 2 미들웨어 구조
Fig. 2 Middleware architecture

그림 2는 지역 서버에서 센서 데이터 처리를 위해 수행되는 미들웨어의 구조를 보여준다. 센서 데이터들을 저장하는 데이터베이스를 중심으로 왼쪽 부분은 센서 데이터들이 데이터베이스에 저장될 때까지 거치는 3단계의 처리기들을 보여준다. 센서 데이터들이 데이터베이스에 저장된 후의 처리 과

정은 데이터베이스 오른쪽 부분에서 보여진다. 센서 네트워크 외부의 사용자가 센서 웹을 통해서 데이터베이스에 저장된 센서 데이터들에 대한 정보 검색이 가능하다. 정보 접근에 대한 사전의 허가 절차를 거쳐 권한이 부여된 사용자에게만 센서 데이터에 대한 검색 서비스가 제공된다. 이 절에서는 싱크 노드로부터 데이터베이스 저장까지의 단계들을 기술하고, 데이터베이스 저장 후의 처리는 뒷 절에서 기술한다.

그림 2에서 왼쪽 부분에 위치한 3개 처리기에 의해 센서 데이터가 데이터베이스에 저장될 때까지 3단계로 처리가 이루어진다. 이들 3단계는 크게 데이터 필터링(data filtering), 데이터 처리(data processing), 사건 유발(event triggering) 단계이다. 그림 3은 센서 데이터가 처리되는 흐름을 보여준다.

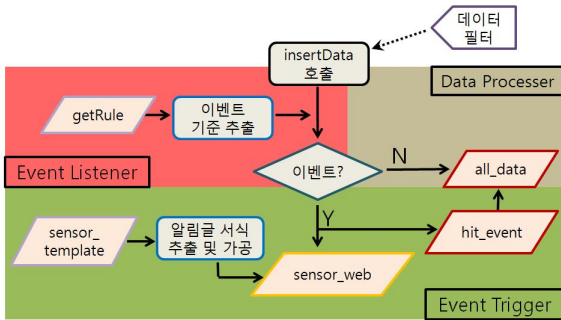


그림 3. 센서 데이터의 흐름
Fig. 3 Flow of sensor data

1)데이터 필터링 단계

싱크 노드로부터 수신한 데이터를 데이터베이스에 저장하기 전에, 수신된 데이터가 적합한지 여부를 먼저 검사한다. 그림 3의 데이터 필터부에서 수행된다.

2)데이터 처리 단계

입력된 센서 데이터가 사건 발생 기준에 해당하는지 판단하는 단계이다. 테이블 getRule에 사건 발생 여부를 판단하는 규칙들이 저장되어 있다. 이 테이블로부터 사건 발생 판단 규칙을 추출하여 센서 데이터에 적용한다. 식 (2)에 의거 현 센서 데이터 w_{ip} 가 기준값인 T_{ip}^* 와 T_{ip} 를 벗어난 경우, 사건을 발생시킨다. 사건이 발생하지 않은 경우에는 테이블 all_data에 저장된다. 그림 2의 데이터 처리기에서 수행이 이루어진다.

3)사건 유발 단계

센서 데이터가 기준값인 T_{ip}^* 와 T_{ip} 를 벗어난 경우, 사건 기록 테이블 hit_event 및 사건 발생 통지 테이블 sensor_web

에 저장한다. 사건을 유발한 센서 데이터들은 공지용 템플릿으로 가공되어 공지용 게시판에 자동 게시된다. 관리자나 가족들은 공지용 게시판을 통해 발생한 사건들을 쉽게 파악할 수 있다. 이 단계는 그림 3의 사건 유발기에서 처리되며, 긴급한 사건인 경우에는, SMS(Short Message System)을 통해 보호자나 가족들의 휴대폰으로 전송할 수 있도록 확장 가능하다.

본 연구에서는 센서 데이터의 적합성 여부 검사, 사건 발생 여부 판단 등 데이터베이스 관련 작업 수행 및 저장 속도를 향상시키기 위해 저장 프로시저(stored procedure)[23]를 호출한다. 저장 프로시저는 미리 컴파일된 질의들로 구성되어, 데이터베이스에 삽입 연산을 효율적으로 수행한다. 예를 들어, 매 삽입 연산시마다 삽입(insert) 질의를 직접 수행하는 것보다 처리 속도가 빠르며, 질의와 관련된 추가 작업 처리시 매우 용이하다. 저장 프로시저는 MS-SQL 서버 2005에서 구현되었다.

2. 사건 발생

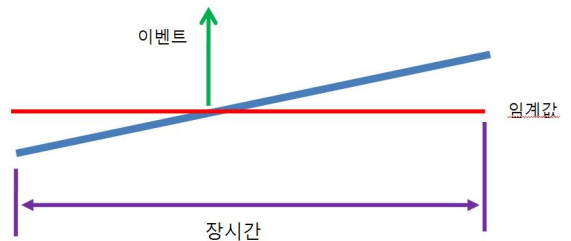


그림 4. 기준값 초과
Fig. 4 crossing a threshold

그림 4는 입력되는 센서 데이터가 사건을 발생시키는 여부를 판단하는 기준을 보여준다. 온도 센서를 예로 들어 보자. 온도 데이터가 식 (2)의 기준값을 넘거나 이하로 내려간 경우, 이 데이터는 사건을 유발한다. 감지된 온도가 실내 환경에 따라 다르겠지만, 예를 들어, 여름철 실내 환경인 경우 실내에서 측정된 온도가 약30℃를 넘었다고 하면, 실내 거주자는 큰 더위를 느낄 것이다. 이러한 상황 발생은 실내 설치된 환풍기를 켜다든지 또는 에어컨을 켜다든지 하는 조치를 취하도록 통지가 수반된다. 이러한 사건 발생은 시설 관리자에게 통지가 되든지 아니면, 원격으로 실내 냉방기를 가동시키는 제어가 가능하도록 확장이 가능하다.

다른 사건의 사례로는, 센서 데이터 값이 갑자기 기준값 범위를 벗어나는 경우를 들 수 있다. 이러한 경우는 온도 센

서가 설치된 환경에서 갑작스럽게 온도 변화가 발생한 것으로, 화재 등과 같이 위험한 상황이라고 추정될 수 있다. 이러한 사건들은 즉시 관리자 PC에게 메시지를 띄운다든지, 관리자 휴대폰으로 단문 문자 통지를 보낼 수 있도록 확장 가능하다. 또한, 기존의 연구에서는 위급한 상황이 예견되는 사건 발생시에는 온도 센서가 설치된 실내공간에 설치된 카메라를 원격으로 동작시켜 실제 상황을 관찰할 수 있는 기능을 제공한다[19].

식 (2)에 의거 사건들이 발생한 경우, 사건을 발생시킨 센서 데이터를 게시판에 자동적으로 등록시킨다. 그림 5는 사건 발생시 사용되는 제목 템플릿들의 예시를 보여준다. 이들은 sensor_template 테이블에 저장되어 있는 title 항목 값이다. 그림 5에서 파란색으로 표시된 단어들이 실제 게시될 때에는 데이터베이스로부터 추출된 값들로 대체가 이루어진다.

[경고] <장소>의 <이름>센서가 <기준>°C 를 넘었습니다.
 [경고] <장소>의 <이름>센서 온도가 갑자기 <기준>°C 보다 크게 올랐습니다.
 [경고] <장소>의 <이름>센서 온도가 갑자기 <기준>°C 보다 크게 내렸습니다.

그림 5. 제목 템플릿의 예
 Fig. 5 Examples for template of a title

그림 6은 사건 발생시 게시판에 자동 등록된 제목들의 사례를 보여준다. 그림 5에서 보여진 템플릿내 파란색으로 표시된 항목들이 그림 6에서 실제 값들로 대체된 사례들을 볼 수 있다. 이들은 사건 발생을 통지하는 공지용 게시판에 자동 게시된다. 아래 2개의 사건은 온도 변화가 급격히 일어난 상황에 대한 게시물들로서 조치가 요구되는 사건들을 나타낸다.

[경고] 103호의 중앙 온도센서가 25°C 를 넘었습니다.
 [경고] 103호의 중앙 온도센서 온도가 갑자기 25°C 보다 크게 올랐습니다.
 [경고] 103호의 중앙 온도센서 온도가 갑자기 25°C 보다 크게 내렸습니다.

그림 6. 제목 예
 Fig. 6 Title examples

3. 센서 웹

지역 서버상의 데이터베이스에는 무선 센서 네트워크를 통해서 수집한 센서 데이터, 거주자, 거주장소, 센서 네트워크의 구성, 센서 노드, 건물 평면도, 거주자의 보호자인 가족관계 등 인적사항, 사건 발생 공지 등이 저장된다. 데이터베이스에 저장된 센서 데이터들은 센서 웹을 통해 외부 사용자들에게 검색 서비스된다.

그림 7은 이러한 센서 웹의 내부 구성을 보여준다. 왼쪽 하단부의 센서 등록기 및 센서 관리자는 센서들을 본 시스템에 등록하고 관리하는 모듈이며, 중앙 하단부의 센서 위치 등록기 및 관리자는 센서가 설치된 위치를 등록하고 관리한다.

오른쪽 하단부의 사용자 등록기는 사용자를 등록하고, 접근 권한 관리자는 사용자가 검색할 수 있는 거주자 선택, 센서 데이터 범위 등을 구별하여 접근 권한을 부여한다.

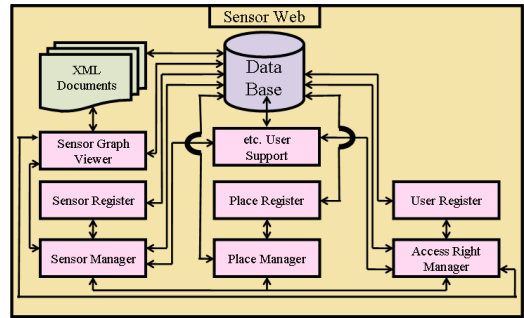


그림 7 센서 웹 구성도
 Fig. 7 Organization of sensor web

왼쪽 상단의 센서 그래프 표시자는 데이터베이스로부터 검색된 데이터들을 XML 문서로 넘겨 받아 이를 센서 그래프 형태로 사용자에게 제시한다. 그림 8은 센서 데이터가 변환된 XML 문서를 보여주고 있다. 그림 8의 중간에 있는 <Rooms> 태그는 센서 설치 위치를 나타내고, 하단부에 위치한 <SensorData> 태그에는 sensor id와 센서 데이터인 count=144를 볼 수 있다.

```
<?xml version="1.0" encoding="euc-kr" ?>
<Sensors>
  <GraphInfo group="1">
    <graph ItemSize="10" ItemSizeY="2" GraphLineSize="30" GraphLineSizeY="20" StartXIndex="0" />
    <group color="0xFF0000">2010100</group>
  </GraphInfo>
  <Times>
    <year>2004</year>
    <month>1</month>
    <day>1</day>
  </Times>
  <Rooms group="1">
    <roomId RoomID="2">
      </Rooms>
    <Report group="1">
      <information id="2010100">
        </Report>
      <SensorData group="1">
        <sensor id="2010100" count="144">
          <SensorData>
        </Sensors>
```

그림 8 센서 데이터의 XML 문서
 Fig. 8 XML document for sensor data

센서 그래프 뷰어 모듈은 Macromedia사의 Flash Action Script 2.0으로 구현되었다[16]. 이것을 사용한 이유는 MS사의 Explorer 뿐만 아니라 Mozilla, Firefox 등 거의 모든 웹 브라우저에서 동일한 시각화를 제공하는 장점을 갖고 있기 때문이다.

그림 9는 센서 관리용 테이블의 일부를 보여 주고 있다. 센서 종류, 센서 ID, 센서 설치 위치 등의 정보를 검색할 수 있다. 여기서 관련 센서를 클릭하면 해당 센서와 관련된 사건

발생 기준값 등의 정보들이 검색되며, 설치 위치를 클릭하면 센서가 설치된 위치를 보여준다.

8방에 설치된 센서 목록

번호	센서 종류	센서 ID	설치위치
38	마이크 센서	8010603	아우내 창가
33	조도센서	8010502	아우내 창가
32	습도센서	8010501	아우내 창가
31	온도센서	8010500	아우내 창가
26	마이크	8011003	아우내 창가
25	조도 센서	8010902	아우내 창가
24	습도 센서	8010901	아우내 창가
23	온도 센서	8010900	아우내 창가

그림 9 센서 목록
Fig. 9 Sensor list

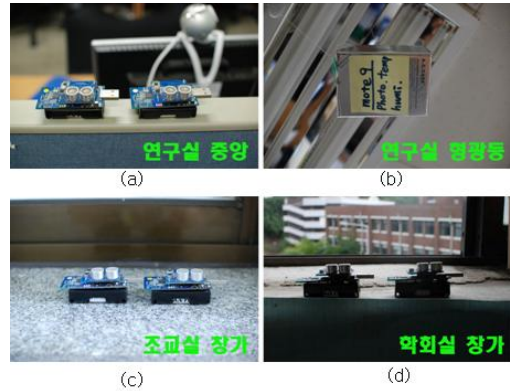


그림 10 실험 중인 무선 센서 노드들
Fig. 10 Wireless sensor nodes in use

VI. 실험 환경 및 결과

1. 실험 환경

본 연구에서는 표 2에서 보는 바와 같이 총10개의 무선 센서 노드들을 서로 다른 장소에 설치하였다. 설치된 무선 센서로부터 조도 센서와 온도 센서 값들을 수집한 실험에 대하여 기술한다.

표 2. 실험 환경
Table 2. Experimental environment

구분	내용
실험 기간	3개월
센서 종류	멀티센서 : 온도/습도/조도 센서 MIC센서 : 소리감지 센서
감지 주기	1분~10분
설치 장소	연구실 : 멀티센서 3대, MIC센서 3대 조교실 : 멀티센서 1대, MIC센서 1대 학회실 : 멀티센서 1대, MIC센서 1대

무선 센서 노드들은 서로 다른 3곳에 설치되었다. 실험 장소인 연구실은 20대 중반의 남학생들이 사용하는 공간이고, 조교실의 경우에는 일과 시간이 일정하게 정해진 조교가 사용하는 공간이다. 학회실인 경우에는 센서 노드가 창가에 설치되어 외부 날씨를 파악할 수 있는 공간이다. 그림 10은 설치된 센서 노드들을 보여주며, 이들에 대해 약3개월간 걸쳐 실험이 반복적으로 수행되었다. 이들 실험에 의해 축적된 데이터 양은 약 187MB 정도이다.

그림 10의 (a)과 (b)는 연구실에 설치된 센서 노드들의 설치 모습을 보여준다. (a)는 연구실 중앙에 설치하여 온도/습도/조도를 측정하고, (b)는 연구실의 형광등에 직접 설치하여 조도를 측정하였다. (c)는 조교실 창가에 설치하였고, (d)는 학회실 창가에 설치하였다. 현재는 실험 환경이 비교적 양호한 학교에서 실험이 이루어졌으나, 향후에는 혼자 생활하는 거주자나 노인 복지 또는 요양 시설의 거주자들을 대상으로 행동 양상을 수집 및 분석할 예정이다.

2. 실험 결과

1) 실험사례 1



그림 11 사례 1: 행동 관찰
Fig. 11 Case 1: behavior monitoring

그림 11은 연구실에 설치된 조도센서를 통해 거주자의 행동 양상을 추정한 사례를 보여준다. 빛의 세기를 측정하는 조도 센서에 의해 거주자가 머물고 있는 실내가 형광등 불빛인

지, 햇빛인지 아니면 불이 꺼진 상태인지를 구별할 수 있었다. 이 그래프에 의하면, 12월10일 새벽 약 3시30분경에 조도값이 급격히 하락한 사건이 발생하였다. 이 시각에 실내 전등이 꺼졌다는 사실을 알려주는 것으로, 새벽 3시30분이 이날의 취침시간이었던 것을 의미한다.

아침 약7시 이후 조도값이 조금씩 증가하는 것은 창밖으로부터 햇빛이 실내로 들어오고 있음을 나타낸다. 오전 11시경에 조도값이 급격히 상승한 사건이 발생하였는데, 이것은 이 시점에서 실내 전등이 다시 켜졌다는 사실을 뜻한다. 결론적으로, 12월10일 연구실내 거주자가 새벽 4시경에 전등을 끄고, 오전 11시까지 약7시간정도 수면을 취한 것으로 추정 가능하다.

반복적으로 거주자는 12월11일에는 밤 12시경에 취침하였다가 오전11시경에 일어나 11시간 정도 잠을 잔 것으로 추정되며, 12월12일에는 새벽 3시경에 잠들었다가 오전 10시경에 깬 것으로 미루어 7시간정도 수면을 취한 것으로 추정된다.

이 실험의 대상인 거주자는 20대 중반의 남학생으로서 실험 기간이 기말시험 고사 기간이었으므로 기말시험을 대비하느라 일상의 규칙적인 행동 양상을 나타내지 못한 것으로 간주된다. 또한 관찰기간이 3일 정도밖에 안되어 향후 지속적인 관찰이 요구된다.

본 실험의 경우에는 연속 실험 기간이 짧고, 생활 양상의 불규칙성이 높은 성향의 20대 중반의 남학생이었던 관계로 규칙적인 행동 양상을 얻기가 어려운 한계가 있었다. 그러나, 이러한 행동 양상 정보들을 통해 다른 보호자의 보호를 요하는 거주자들인 경우에는, 일상생활의 행동 양상 파악이 이들을 효과적으로 보호하는데 큰 도움이 될 것으로 보인다.

향후, 이러한 행동 양상 정보들이 보다 정교하고 연속적으로 수집되어 거주자의 규칙적인 행동 양상을 추출하게 된다면 이들의 정보 가치는 매우 크다고 볼 수 있다. 특히, 노인 요양 시설 등에 거주하는 노인들의 경우에는 본 연구에서 제안하는 행동 양상을 수집하여 노인 거주자들의 건강과 일상 생활을 보살피는데 큰 기여를 할 것으로 여겨진다.

2) 심각한 행동 이탈 사례

그림 12는 다른 일시에 연구실의 거주자가 취침 중 깨었던 적이 있는 사건이 발생한 행동을 보여준다. 이날 거주자는 새벽 2시경에 소등하여 잠에 들었다가 새벽 5시경에 실내 전등을 약30여분간 다시 켜다는 사건을 알려준다. 이러한 사건은 그림 12에서 관찰한 일상의 정규적인 행동 양상에서 심각한 이탈이 발생한 것이다. 이러한 상황은 지난 밤에 거주자에게

무슨 불편한 일이 있었는지 파악할 필요가 있음을 암시한다.

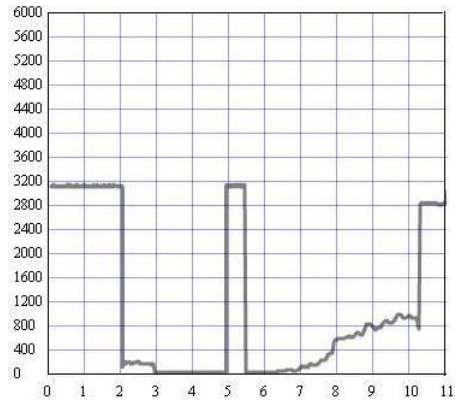


그림 12 사례 2: 심각한 행동 이탈
Fig. 12 Case 2: Severe behavior deviation

본 연구의 데이터베이스에는 전등의 점등/소등 등의 사건들이 감지/저장되고, 이러한 사실들이 관리자용 계시에 자동으로 게시된다. 관리자나 거주자의 센서 데이터에 대한 접근이 허용된 가족들은 이 관리자용 계시에 게시된 사건 통지들을 확인해 봄으로써, 보호 대상 거주자의 일상 생활에 무슨 일이 있었는지 매일매일 쉽게 파악할 수 있는 근거가 되므로, 거주자를 보살피는데 매우 유용하다.

3) 외부 환경 실험

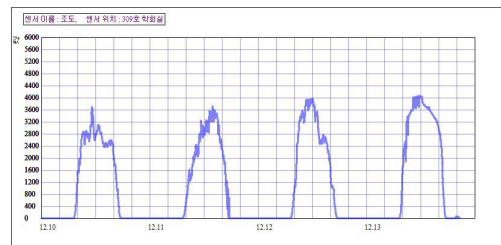


그림 13 사례 3: 날씨
Fig. 13 Case 3: weather

그림 13은 그림 11에 대응하는 기간동안 외부 날씨를 알려준다. 학회실의 창가에 설치된 조도센서는 연구실에서의 실험결과와 확연한 차이를 나타낸다. 이 그래프가 보여주듯이, 오전 8시 전후로 급격한 조도값 변화가 발생하였으므로 사건이 기록되었다. 반대로, 오후 4~5시경에도 급격한 조도값의 변화를 나타내는 사건들이 기록되었다. 이 기간의 외부 날씨를 대체로 비슷한 정도의 맑은 날씨들을 보였다.

외부 날씨와 같은 환경 정보는 실내 공간내 거주자의 행동 양상과 깊은 연관관계를 가질 수 있다. 특히, 거주자의 행동 양상에 일탈이 발생한 원인이 심리적 요인이 차지하는 비중이 큰 경우, 커다란 일탈이 발생한 일시와 외부 날씨간의 연관관계는 향후 연구할 가치가 높은 주제이다. 예를 들어, 거주자가 잠재적인 우울증을 가진 사람이라면 이러한 연관성 연구는 거주자의 심리적 변화 등을 추론하는데 큰 기여를 하게 될 것이다.

Ⅶ. 결 론

본 연구에서는 집 또는 복지/요양 시설에 살고있는 거주자들의 일상생활 행동 모형을 정립하고자 시도하였다. 이를 위해 사건 발생을 중심으로 하는 일상 행동 모형을 제안하였으며, 이러한 행동 모형을 통해 거주자의 생활 양식과 습관이 정규적인 범위에 있는지 벗어나 있는지 파악할 수 있게 되었다.

본 연구에서는 거주자들과 관련된 일상생활에서 행동 정보들을 수집 및 분석하여, 보다 예방적인 차원에서 거주자들의 일상생활을 보살피는데 그 연구 목적이 있다. 본 연구에 의해 구축된 시스템은 다양한 센서 노드들로 구성된 무선 센서 네트워크, 센서 데이터 저장 및 검색 등을 수행하는 지역 서버, 데이터 검색을 제공하는 클라이언트 등으로 구성되었다.

본 연구의 실험에서는 연속적인 실험 기간이 짧았고, 생활 양상의 불규칙성이 높은 성향을 지닌 20대 중반 남학생을 대상으로 하였던 관계로 규칙적인 행동 양상을 얻기에는 어느 정도 한계가 있었다. 또 다른 실험에서는 연구실내 거주자가 취침 중 깨었던 적이 있는 사건이 발생한 행동 사례를 보여주었다. 이 실험은 심각한 행동 일탈이 있었던 사례로 간주된다.

이러한 행동 양상 사례를 중심으로 한 실험을 통해, 본 연구에서 제안한 행동 모형이 유용함을 검증할 수 있었다. 앞으로, 거주자의 행동 양상 정보들이 보다 정교하고 연속적으로 수집되어 거주자의 정규적인 행동 모형을 추출할 수 있을 것으로 예상된다. 특히, 다른 보호자의 보호를 요하는 노인 요양 시설 등에서 생활하는 거주자들인 경우에는, 본 연구에서 제안한 개별 거주자마다 일상생활에서 행동하는 고유한 행동 모형을 정립한다면, 이들을 보호하는데 소요되는 비용을 크게 절감하면서 동시에, 보호 효과는 크게 높일 수 있을 것이다.

향후, 본 연구는 거주자의 연속적인 행동 정보의 양을 늘려서 거주자의 고유한 행동 모형을 개발하는 연구를 수행할 예정이다. 현재 실험 환경이 교육시설에 설치되어 있는 관계로 관찰 대상이 주로 20대 젊은이들이었다. 이러한 실험 대상

은 보호를 요하는 거주자들과는 행동 특성의 변화가 많은 실험 그룹이었던 것이다. 앞으로, 노인 요양 시설 등과 연계하여 60~70대 전후의 고령 세대를 대상으로 행동 실험을 수행하고자 한다.

본 연구의 현 행동 모형은 장소를 기준으로 행동 지표를 제안하였는데, 향후 거주자의 이동 범위가 넓어지는 환경을 포괄하기 위해서는 거주자를 기준으로 하는 행동 지표로 개량하는 것이 요구된다. 이러한 행동 지표 개량에는 거주자 식별을 위해 RFID 태그나 리더기를 활용해야 할 것으로 예상된다. 이를 통해, 식별된 거주자마다 맞춤형된 행동 모형을 정립하는 연구를 수행할 예정이다.

유비쿼터스 환경을 기반으로 하는 본 연구는 장기적으로 거주자에게는 건강한 삶을 통해 삶의 질을 높일 수 있고, 가족들에게는 거주자 봉양의 부담을 줄일 수 있고, 국가적으로는 사회복지 비용을 줄일 수 있는데 크게 기여할 것으로 평가된다.

참고문헌

- [1] Alwan M, Dalal S, Mack D, Kell S, Turner B, Leachtenauer, Felder R., "Impact of Monitoring Technology in Assisted Living: Outcome Pilot," IEEE Trans on ITB, Vol.10 No.1 pp. 192-198, 2006 .1
- [2] E. Dishman, "Inventing wellness systems for aging in place." IEEE Computer, 37(5), May 2004.
- [3] A.P. Glascock and D.M. Kutzik, "Behavioral Telemedicine: A New Approach to the Continuous Nonintrusive Monitoring of Activities of Daily Living," Telemed. J., vol 6, no. 3, 2000, pp.33~44.
- [4] H. Hagiwara, et. al., "Measurement of Human Behavior in a Daily Life based on the Understanding of Biological Rhythm," in Proc. 41st SICE Annu. Conf. Aug. 2002, vol. 2, pp.5~7.
- [5] S. Katz et. al., "Studies of Illness in the Aged," The Index of ADL: A Standardized Measure of Biological and Psychosocial Function," JAMA, vol. 185, 1963, pp.914~919.
- [6] K. V. Laerhoven, B. P. Lo, J. W. Ng, S.

Thienjarus, R. King, S. Kwan, H.-W. Gellersen, M. Sloman, O. Wells, P. Needham, N. Peters, A. Darzi, C. Toumazou, and G.-Z. Yang. Medical healthcare monitoring with wearable and implantable sensors. In Proc. Sixth International Conference on Ubiquitous Computing, Tokyo, Japan, September 2004.

[7] Lamma E. Mello P. Nanetti A. Riguzzi F. Storari S. Valastro G, "Artificial Intelligence Techniques for Monitoring Dangerous Infections," IEEE Trans on ITB, Vol.10 No.1, pp. 143-155, 2006.1.

[8] V. Shnayder, B. Chen, K. Lorincz, T. Jones, and M. Welsh, "Sensor Networks for Medical Care," Technical Report TR-08-05, Harvard University, 2005.

[9] Ryo Sugihara and R. K. Gupta, "Programming Model for Sensor Networks: A Survey," ACM Trans. on Sensor Networks, vol. 4, no. 2, pp.8:1~8:29, 2008.

[10] G. Virone, et. al., "Behavioral Patterns of Older Adults in Assisted Living," IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine, vol. 10, no. 3, May 2008, pp.387~398.

[11] G. Virone, N. Noury, and J. Demongeot, "A System for Automatic Measurement of Circadian Activity Deviation in Telemedicine," IEEE Trans. on Biomedical Eng., vol. 49, no.12, Dec. 2002, pp.1463~1469.

[12] Steven Warren, "Designing Smart Health Care Technology into the Home of the Future", SANDIA NRL, 1999.

[13] A. Yamaguchi, et. al., "Monitoring Behavior in the Home using Positioning Sensors," Proc. 20th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 1998, vol. 20, no.4, pp.1977~1979.

[14] 진 평수, 이 상민, 조 승호, "조도센서를 통한 노인행동 위치에 관한 연구," 제27회 한국정보처리학회 춘계학술대 회논문집 제14권 제1호, 한국, 2007.5. pp.791-794.

[15] 통계청, 장래 인구 추계 : 연령계층별 고령인구, 2006.12.

[16] Adobe Flash Player, <http://www.macromedia.com>

[17] Hybus, <http://www.hybus.co.kr/>

[18] Oracle, <http://www.oracle.com/>

[19] TinyOS, <http://www.tinyos.net/>

저 자 소 개



조 승 호

1985년 서울대학교 공대 전자계산기 공학과(학사)

1989년 서울대학교 전산과학과(석사)

1993년 서울대학교 전산과학과(박사)

1985~1987년 삼성전자 컴퓨터부문 연구원

1997년 ~ 1999년 University of Maryland, College Park, 컴퓨터 과학과 연구교수

1997년 ~ 1999년 Johns Hopkins 병원, 연구교수

1993년 ~ 현재 강남대학교 컴퓨터미 디어공학부 교수

관심분야 : 유비쿼터스 센서 네트워크, 모바일 컴퓨팅, 임베 디드 시스템.