



u-헬스케어용 활동량 기기 소개

목 차

1. 활동량 기기 소개
2. 규격
3. 활동량과 헬스케어
4. 향후 발전 방향

김승남 · 백혁재 · 정재룡
(LIG넥스원)

1. 활동량 기기 소개

Ubiquitous Healthcare는 IT, BT 등을 융합하여 다가 오는 고령 사회에 “어디서나, 언제든지” 개인의 건강 상태를 monitoring하여 전문가의 적절한 진단을 통한 처방으로 건강한 삶을 유지하는 것을 목적으로 한다. 개인의 건강 상태를 진단할 수 있는 주요 생리 신호(Vital Physiologic Sign)로서 혈압, 맥박, 혈당, 체온, 산소 포화도, 호흡 등이 있다. 최근에 이러한 생리 신호 이외에 신체 활동(Physical Activity)도 건강 상태를 판별할 수 있다는 연구가 많이 발표되고 있다 [1][2][3].

신체의 움직임을 측정하려는 방법으로는 전통적으로 걸음 걸이 수(pedometer, 만보기)로 판단하는 방법을 사용하였다. 만보기는 간단히 신체에 착용하여 일정 기간 착용자의 걸음 걸이 수를 통해 활동량을 monitoring하거나 기타 착용자의 신체 정보를 이용하여 소비 칼로리를 계산하는 장비이다. 운동량을 간단히 monitoring 할 수 있는 장점이 있으나, 운동량의 강도를 측정하기 위해서는 부정확한 점이 있다. 이 단점을 보완하

기 위해 가속도 센서가 사용 되는 데, 최근에 MEMS 기법을 이용하여 하나의 부품으로 3축 가속도를 동시에 측정할 수 있는 제품들이 출시 판매되고 있다[4].

본 논문에서 활동량기기와 합은 3축 가속도를 탑재한 기기를 말하는 것으로 Ubiquitous 환경에 적합하도록 설계 제작된 장비로서 주로 손목에 착용하여 신체 움직임의 가속도, 즉 손목의 움직임을 측정하는 기기에 한정하여 논한다. 2장에서는 활동량기기의 규격에 관련된 사항과 3장에서는 활동량기기를 헬스케어에 응용하는 분야 및 향후 발전 방향을 4장에서 결론으로 논한다.

2. 규격

일상 생활 중에 손목에 착용하여 손목의 움직임을 감지할 수 있기 위해 관성 센서가 탑재되어야 한다. 관성 센서에는 가속도 또는 각속도 센서가 있으나, 본 논문에서는 가속도센서를 탑재한 것에 한한다. 일상 생활에서 신체 운동에 의한 손목 가속도 크기는 3g 정도 이하이다. 이 크기는 손목을 수평상태에서 어깨관절을 중심으로 자유 낙하 시 팔뚝 방향으로 걸리는 최대 가속도

이기도 하다. 따라서 측정 가속도의 최대치를 각 측당 3g 이상은 되어야 한다.

또 한 일 상 생활 중 무 자각으로 활동량을 측정하기 위해 기기를 손목에 착용한 여부를 알 수 있어야 한다. 이는 미 착용시 기기에서 측정된 활동량과 착용시 동작이 없는 경우 활동량과 구별하기가 모호하기 때문이다.

장기간 활동량 data를 측정하여 적절한 저장하기 위해서 활동량기기는 충분한 memory를 자체 탑재하거나 유,무선 통신을 통해 또 다른 저장 매체로 전송할 수 있어야 한다. Ubiquitous 환경에서 활동량기기를 운용하기 위해서는 외부 저장 매체로 실시간 또는 저장 후 전송하는 유 무선 통신 수단이 갖추어져야 한다[5].

기타 부가 센서로서 활동량과 밀접한 관계를 갖는 외부 광량을 재는 센서 또는 Vital physiologic sign으로 맥박 등 동시에 측정하여 운용하는 것도 향후 상품화 될 것이다 .

3. 활동량과 헬스케어

3.1 신체 활동량

일상 생활 중에 신체 활동량을 측정하여 평가하는 여러 가지 방법이 제시되고 있다. 그 중에 설문지를 통해 신체 활동을 평가하는 방법으로 “국제 신체 활동설문지(International Physical Activity Questionnaire, IPAQ)”가 이용되거나 우리나라의 경우는 “한국어판 국제 신체 활동 설문지 소개”[6]에 한국어판으로 소개되어 있다. 설문지는 답변자가 직접 여러 가지 질문에 대해 기입하게 되어 있으며, 질문에는 신체 활동의 여러 가지 종류, 이를테면 무거운 물건 나르기, 자전거 타기, TV 시청 등 다양한 활동이 예시되어 있다. 이러한 답변에 대해 활동 강도를 저강도, 중강도, 고강도 등으로 나누어 활동 상태를 평가한다. 따라서 답변자가 직접 기입하여 검사할 수 있는 장점이 있으나, 답변자가 하루

활동 내용을 기억해야 하므로 자료의 신뢰성이 떨어진다. 이러한 단점을 해소하기 위해 착용할 수 있고 또 한 활동 상태를 자동으로 측정할 수 있는 기기들이 개발되어 있는 데, 예를 들면 만보계, activity monitor 등이 있다.

당사에서 개발한 활동량기기 [7]는 시계형태로서 손목에 착용하여 장기간의 활동 상태를 측정할 수 있는 데, 활동 강도를 4단계로 나누어 sedentary, light, moderate, vigorous 등으로 나눌 수 있고, 이 또한 자동으로 구분되므로 설문지보다 좀 더 자료의 신뢰성이 있다. 여기서 sedentary activity는 잠자기 TV 시청 등 극히 적은 신체 활동을 말하며, light activity는 사무실에서 사무 보는 정도의 신체 활동, moderate activity는 걷기 정도로 일반 성인이 3km/h에서 8km/h의 속도로 걷는 정도를 말하며 vigorous activity는 8km/h로 뛰는 정도의 활동을 의미한다.

3.2 circadian rhythm

circadian rhythm이란 하루 24시간 동안 생리 신호 리듬을 말한다. 주요 생리 신호들은 하루 24시간 동안 일정치 않고 일정한 형태를 가지고 변화한다. 이 변화를 일으키는 주요 변수로써 수면이 있는데, 수면 시작 전 후의 생리 신호들은 일상 생활 중 보다 크게 변화한다[8]. 생리 신호에 대한 circadian rhythm 뿐만 아니라 신체 활동도 circadian rhythm을 보이는 데, 특별히 활동량으로 수면 상태를 감지할 수 있기 때문에 더욱 중요하다.

3.3 수면

수면 상태를 monitoring 하기 위해 여러 가지 센서를 생리 신호를 측정하는 polysomnography(PSG)가 있는데, 신호로는 EEG, ECG, EMG 등의 신호를 측정하여 수면 상태를 판별한다. PSG는 이와 같이 여러 가지 센서가 있어야 하므로 전문적인 시설이 필요하다. 따라서 일

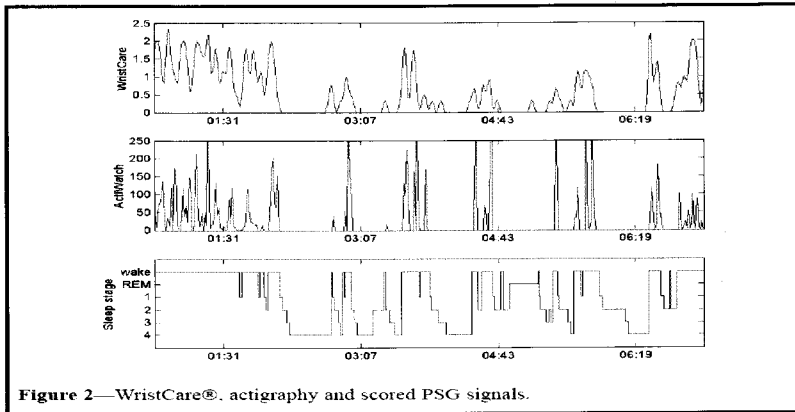


Figure 2—WristCare®, actigraphy and scored PSG signals.

(그림 1) PSG와 활동량 기기의 수면 상태 상관관계[9]

상 생활에서 수면 상태를 측정하는 기기가 필요한데, 최근에 활동량기기를 이용하여 수면 상태를 관찰하기도 한다[9]. 아래 그림은 PSG와 활동량 기기인 Wristcare 또는 Actiwatch로 수면 상태를 관찰한 것이다. 활동량 기기 모두 다 PSG로 측정된 깨어 있는 상태와 수면 상태가 활동량 기기의 각 상태에 대한 활동량과 유사한 상관 관계를 보여 주고 있다. 따라서 전문적인 시설 및 전문가가 필요한 PSG 보다 간편한 활동량 기기로 일상 생활 중에 수면 상태를 관찰할 수 있는 가능성을 보여 준다.

그러나 활동량기기는 기본적으로 활동 형태(activity pattern)으로 수면 상태를 관찰하므로 잠자기 전의 무 동작 상태인 경우는 수면 시간을 과다 예측 할 수 있으며, 불면증 환자의 경우 과소 예측할 수 있다 [10]. 따라서 PSG가 가능하지 않은 경우에 한해서 여러 가지 수면관련 질환에 대해 활동량기기로 수면 상태를 평가할 수 있다.

3.4 하루 소비 칼로리

하루 소비 칼로리는 resting energy expenditure, thermic effect of feeding, physical activity energy expenditure 등으로 나눌 수 있다[11]. resting energy expenditure는 신체 활동

을 하지 않는 상태에서의 소비 칼로리로 하루 소비 칼로리의 65%~75%정도 차지 한다. Thermic effect of feeding은 음식의 소화, 흡수 등에 소비 되는 칼로리로 보통 5%~10%정도 차지하며 신체 활동에 의한 소비 칼로리가 그 나머지를 차지 한다.

3.4.1 소비 칼로리 측정 방법

하루 소비되는 칼로리를 측정하기 위해 Doubly layered water(DLW) 방법[12]와 같은 방사선 동위원소를 사용하거나, 호흡에 의한 산소 소모량 과 이산화 탄소 배출량으로 계산하는 방법 등이 있다. 이러한 방법은 밀폐된 장소에서 사용하거나, 또는 호흡기를 부착하여 활동을 해야 하므로 일상 생활 중에 측정하기는 거의 불가능하다. 이 점을 보완하기 위해 만보계와 같은 기기로 외부 신체 활동을 측정하여 여러 가지 신체 조건과 함께 소비 칼로리를 계산하기도 한다[13].

활동량기기는 신체 활동량을 측정하므로 소비 칼로리를 신체 활동에 따른 소비 칼로리를 알 수 있다면, 기기의 재현성이 보장되는 한 활동량기기로 소비 칼로리를 계산할 수 있다. 따라서 활동량기기와 칼로리미터를 동시에 착용한 상태에서 일정 행동에 대해 측정된 활동량과 칼로리미터를 이용하여 측정된 소비 칼로리의 상관관계를 조사하여 계산하는 방법이 제시될 수 있다

[14][15][16]. 이 경우 상관관계를 구하기 위해서는 오차를 줄이기 위해 least mean square 방법을 사용하여 활동량의 크기에 따른 1차 근사 함수 또는 여러 근사 함수 관계를 구할 수 있다. 이러한 방법의 문제점으로 걷기, 뛰기 등 상대적으로 활동량이 큰 행동의 경우 소비 칼로리가 under-estimated되고, sedentary, light activities 인 경우는 over-estimated 되는 경향이 있다. 최근에는 이를 보완으로 변동계수(coefficient of variation) 방법을 사용하여 일정 시간 동안 변동계수에 따라 근사 함수를 다르게 적용하므로 오차를 줄이는 방법이 발표되었다[17].

이와 같이 칼로리미터를 이용하여 활동량과 소비 칼로리의 근사식으로 구할 수도 있으며, 또한 일정 행동에 따른 대사 활동량(Metabolic Energy Expenditure, MET)을 이용하여 활동량과 소비 칼로리를 계산할 수 있다[18].

3.5 응급 상황 감지

일상 생활 중에 신체 활동에 의한 응급 상황이 발생하는 경우 활동량기기를 이용하여 이를 감지하여 외부에 경보를 알려 신속한 후속 조치를 할 수 있다. 여기서 응급 상황이라 함은 일상 생활 중의 신체 활동 중 비정상적인 경우를 말한다. 예를 들면 낙상 등(fall down) 신체의 급격한 충격에 의한 비정상 경우이거나 장기간 신체 활동이 없는 경우, 이를 테면 독거 노인의 비정상적 장기간의 수면 등 응급 상황이 의심 되는 경우이다. 현재 개인용 응급 상황 경보 장치(Personal Emergency Response System, PERS)를 상품화하여 판매되고 있다. 기존의 응급 상황 감지 시스템으로 착용자가 응급 시 기기의 응급 버튼을 조작하여 외부에 경보를 알려 주는 수동식 경보 장치[19], 또는 허리에 착용하여 자동으로 응급 상황을 감지하는 장치 [20], 또는 침대 시트 밑에 장착하여 수면자가 침대에 없는 경우를 monitoring 하는 장치 [21] 등이 있다.

활동량기기를 이용하여 낙상 등 응급 상황이 감지되는 경우 현재 여러 가지 방법이 제시되어 있다. 손목에 착용하여 낙상 시 발생하는 손목의 가속도를 측정하는 방법, 가속도 뿐 만 아니라 손목의 중력 방향에 대한 자세를 계산하여 오차를 줄이는 방법 등 여러 가지가 시도되고 있다.

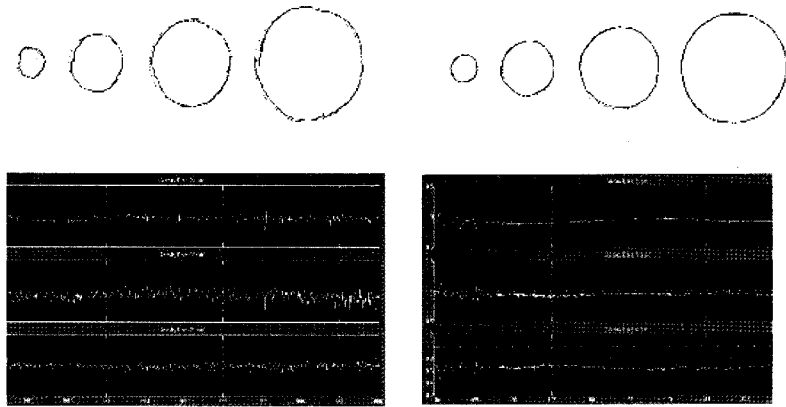
이러한 응급 상황 감지 시스템에서 주요한 점은 오 경보(False positive) 또는 미 경보(False negative) 신호 발생의 경우를 줄여야 할 것이다. 특별히 낙상에 의한 응급 상황 감지에서 착용자의 무의식 상태에서 미 경보는 심각한 운용 문제가 될 수 있으며, 장 기간 신체 활동이 없는 응급 상황 감지에서 일상 생활 중 잦은 오 경보는 오히려 착용자의 기기에 대한 신뢰성에 문제를 제기할 수 있으므로, 이러한 미 경보 및 오 경보의 오차를 줄이기 위해 여러 가지 보완 장치를 구비해야 한다.

3.6 진단

만성 질환에 의한 신체 활동의 변화를 측정하여 질환의 유무 또는 그 정도를 판단하려는 연구가 최근에 많이 보고되고 있다. 최근 발표되는 자료 중 Parkinson 환자의 경우 신체 활동의 circadian rhythm이 일반인과 다름이 보고되거나[22], 수전증 환자의 경우 손목에 착용하여 떨림의 정도를 정량화 하려는 연구 [23], 또는 초등 학생 등에 발생하는 주의력 결핍 및 과잉 행동 증후군(Attention Deficiency and Hyperactivity Disorder, ADHD) 환자에게 나타나는 비 정상적 신체 활동을 이용한 초기 screen 작업 등이 있다.

3.6.1 수전증

수전증(hand tremor)의 종류에는 Parkinson 환자 등에서 나타나는 resting tremor와 일상 생활 중에 특별한 행동 시 나타나는 essential tremor 등이 있다 현재 수전증을 판단하는 기준



(그림 2) 원형 그림을 그릴 때 Parkinson 질환자(왼쪽)와 정상인(오른쪽)의 손목에서 측정된 활동량

은 문진을 통해 판단하는 방법이 있다. 그런데 이러한 방법에 문제점으로 전문가의 입회 하에 판단하거나 또 한 정량적인 방법이 없다는 데 있다. 이러한 문제점을 보완하고자 손목의 떨림 정도를 활동량기기를 이용하여 정량화하려는 시도가 있다. 또 한 현재 미국 FDA에서 2006년부터 일상 생활 중에 떨림의 정도를 판단코자 임상 실험 중에 있다[24].

당사에서 개발한 활동량기기를 이용하여 떨림 정도를 정량화하려는 시도가 있었다[25]. 현재 수전증이 일상 생활 중 언제 발생하는 지 또는 어떤 행동을 할 때 나타나는 지 정확히 알 수 없다. 따라서 일정 상황에서 일정 행동을 할 때 손 떨림의 정도를 평가한다면 수전증 환자의 떨림의 추이를 추적하는 데 용이할 것이다. 예를 들면 위 그림에서 왼쪽은 Parkinson 질환자와 정상인의 손목에 움직임을 활동량기기로 측정할 결과이다. 여기서 일정 행동은 직경이 다른 원을 활동량기기를 dominant arm에 착용하고 그렸다. 두 시험자가 그린 원은 형태에 차이가 있었고 또 한 떨림의 정도가 확연히 차이가 난다. 따라서 이러한 차이를 이용하여 손떨림 정도를 정량화할 수 있다.

3.6.2 ADHD 관련

수전증의 경우는 일시적 신체 비정상적인 활동이나 ADHD의 경우는 비교적 장 기간의 비정상적인 활동으로 특징되어 진다. 현재 활동량과 ADHD 환자와 상관 관계를 연구한 자료는 상대적으로 적다[26]. ADHD 질환자의 경우 정상인에 비해 상대적으로 적은 활동량을 보이거나 갑작스런 행동으로 인해 많은 활동량을 보이기도 한다. 우리나라에서는 2007년 NIA에서 RFID/USN 적용 u-헬스케어 시범 사업으로 아주대가 주관이 되어 ADHD와 활동량의 상관관계를 연구 중에 있다(기간 :2007.07~2007.12).

4. 향후 발전 방향

지금까지 활동량기기 자체의 용도에 관련하여 살펴 보았다. 이러한 용도를 Ubiquitous 환경에서 적용하려면 무선 network가 필수적이다. 현재 이러한 시도로 당사에서 경원대학교 주관으로 “Ubiquitous Cluster 산업구축” 사업의 일환으로 2007년 03월부터 약 3개월 간 경기도 성남시 수정구 보건소와 함께 만성 질환 노인들 대상으로 시범 사업을 하였다. 시범 사업 시 무선 Network는 Zigbee를 이용하여 맥 내 무선 Gateway를 설치하였으며 활동량기기의 service는 하

루 활동량, 소비 칼로리 제공 및 장기간 무동작 시 자동 응급 경보 발생 등이다. 이러한 맥 내 무선 Gateway 방법뿐 만 아니라 휴대폰을 Gateway로 사용하는 방법[5]도 제시되어 일상 생활 중 신체 활동에 대한 측정이 용이하게 되어 향후 많은 활동량 관련 service가 제공 되어질 것이다.

현재 활동량기기에 대한 표준화 작업도 이루어 지고 있으며, 표준화가 가능하다면 현재 상용화되어 있는 전자건강기록시스템(Electronic Healthcare Record)과 더불어 향후 Personal Healthcare Record[27]의 주요한 Device로써 더욱 발전할 가능성이 있다.

참고문헌

- [1] <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=4563>
- [2] <http://www.dsf.health.state.pa.us/health/cwp/view.asp?a=186&q=237149>
- [3] IBM, "Healthcare 2015: Win-win or lose-lose"
- [4] <http://www.theactigraph.com>
- [5] <http://nokia-activity-monitor.en.softonic.com>
- [6] 김병성, "한국어판국제신체활동설문지 소개", 가정의학지, 제27권, 제4호, pp348~354, 2006
- [7] 김승남, "Introduction to Activity Monitor and Its Application in Ubiquitous Environment", 경기 U-Healthcare 포럼, 2007.11.12
- [8] <http://healthlink.mcw.edu/article/922567322.html>
- [9] Jyrki L?j?nen PhD, "Automatic Sleep-Wake and Nap Analysis with ,..., Worn Online Activity Monitoring Device Vivago WristCare", SLEEP, Vol. 26, No. 1, 2003
- [10] Timothy Morgenthaler, ,..., "Practice Parameters for the Use of, ,..., in the Assessment of Sleep and Sleep Disorders: An Update for 2007", SLEEP, Vol. 30, No. 4, 2007
- [11] <http://www.obesityonline.org/slides/slide01.cfm?tk=34&dpg=1>
- [12] Joan M Conway, ,..., "Comparison of energy expenditure estimates from doubly labelled water, a physical activity questionnaire, and physical activity records", American journal of Clinical Nutrition, Vol. 75, No. 3, March 2002
- [13] PATRICK L. SCHNEIDER, ,..., "Pedometer Measures of Free-Living Physical Activity: Comparison of 13 Models", —MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE®, 2004, Department of Health and Exercise Science, University of Tennessee.
- [14] Validation and Calibration of Physical Activity Monitors in Children -OBESITY RESEARCH Vol. 10 No. 3 March 2002
- [15] Physiology, Vol. 77, No. 1, pp64-80: Predicting Activity Energy Expenditure Using the Actical Activity Monitor Daniel P. heil
- [16] A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure. J. Appl. Physiol 100:1324-1331. 2006
- [17] Scott E., ,..., "A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure" J. Appl. Physiol 100:1324-

1331.2006

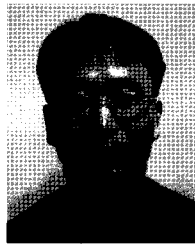
- [18] Henry J.M.,..., "Measuring Physical Activity and Energy Expenditure", Human Kinetics, 1996. ISBN 0-87322-500-7
- [19] <http://www.rescuealert.com>
- [20] <http://vnacarenetwork.org>
- [21] <http://www.dynamic-living.com/bed-fall-alert.htm>
- [22] Paula Paavilainen1,...,"Circadian Rhythm in Demented and Non-demented Nursing Home,...;WristCare Activity Signal", IST Technology Oy [23] Peter R.
- [23] Schuurman,...,"New Actigraph for Long-Term Tremor Recording", Movement Disorders,Vol. 21, No. 8, 2006., pp1136~1143
- [24] ClinicalTrials.gov,US.,NCT00291265
- [25] Seungnam Kim,...,"A Feasibility Study for Identification of Hand Tremor,...,Real Time Activity Monitor", IHF 35th World Hospital Congress, Program book,pp.240
- [26] Suzanne McMaster, Ph.D. "Interim Report, Development a Sampling Strategy : Prepare to Implement a Cohort Study of Children's Environmental Health", U.S., Environmental Protection Agency, EPA 600/R-05/008
- [27] <http://www.projecthealthdesign.org/overview-phr>

저자약력



김승남

1983년 연세대학교 전자공학과(학사)
 1990년 U.of Michigan 전기공학과(박사)
 1991년 금성 정밀(현 LIGNex1) 입사
 현재 LIGNex1 수석 연구원
 관심분야 : Healthcare
 이 메 일 : snkim@lignex1.com



백역개

1994년 건국대학교 전자공학과(학사)
 1994년 금성 하니웰(현 한국 하니웰) 입사
 1995년 LG 정밀(현 LIG넥스원) 입사
 현재 LIG넥스원 책임연구원
 관심분야 : U-Service
 이 메 일 : hjbaek@lignex1.com



정재룡

2001년 한국과학기술원 기계공학과(학사)
 2004년 한국과학기술원 산업공학과(석사)
 2005년 넥스원퓨처(현 LIGNex1) 입사
 현재 LIGNex1 주임 연구원
 관심분야 : Healthcare
 이 메 일 : jrjung@lignex1.com