

치매환자를 위한 스마트 시계 및 모니터링 시스템 개발

신동민*, 신동일, 신동규
세종대학교 컴퓨터공학과
e-mail : gentletiger@gce.sejong.ac.kr

Smart Watch and Monitoring System for Dementia Patients

Dong-min Shin*, Dong-il Shin, Dong-kyoo Shin
Dept. of Computer Engineering, Sejong University

요 약

치매 환자들은 안전한 생활과 건강한 삶을 위해 행동 정보에 대한 모니터링이 필요하다. 이러한 서비스를 위해 휴대가 간편하면서 항상 착용 가능한 모니터링 도구가 필요하며, 기억과 인지장애로 인한 배회 활동과 넘어짐과 같은 응급상황에 빠르게 대처하기 위한 다양한 센서기술의 적용이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 현재 개발 중인 치매환자를 위한 시계형 장치(스마트 시계)와 서버시스템의 구조 및 기능에 대해서 서술하면서, 3 축 가속도 센서 기반의 개선된 걸음 수 검출 알고리즘을 제안한다. 개선된 걸음 수 검출 알고리즘은 일반적인 걸음 수를 96%의 정확도로 검출함을 확인했다.

1. 서론

현대사회는 의학기술의 발달로 인한 수명연장과 출생률 저하로 인해 중 장년층으로 인구가 증가되는 문제를 야기시켰다. 치매는 여러 가지 원인에 의해 인지기능의 저하와 일상생활에 장애를 초래하는 상황을 의미한다. 치매 환자의 초기 증세는 기억력 감퇴로 시작해 점차 기본적인 일상생활에 영향을 주고 된다. 일반적으로 수개월에서 수년에 걸쳐 서서히 진행되는 데 첫 증상은 경미하지만 나중에는 심각한 기억력소실을 가져온다. 또한 인지장애로 인해 가족을 알아보거나 복잡한 일을 수행하는 판단능력이 저하된다.[1] 치매환자들의 인지, 판단 능력 저하는 길을 헤매게 되는 배회증세로 나타날 수 있으며 73%이상의 환자들이 배회증상으로 길을 잃고 행방불명되는 위기를 겪는다.

본 논문에서는 다음과 같은 치매환자들의 건강과 안전을 위한 방법으로 Smart Watch 시스템을 개발하였다. Smart Watch 시스템은 GPS, 조도센서, 가속도센서를 내장하고 있는 손목시계 형 디바이스와 주기적으로 시계와의 통신을 통해 환자의 위치, 채광량, 보행 횟수를 검출해 환자의 개인 프로파일을 생성, 모니터링하는 서버 시스템을 포함한다.

본 논문에서 개발한 시스템은 GPS 를 통해 환자의 위치를 주기적으로 파악해 치매 노인이 겪는 배회증상과 행방불명의 위험을 방지할 수 있다. 또한 채광량과 보행 횟수는 환자의 활동 정보들로 기록되어 정확한 운동량을 파악해 환자의 치료와 건강증진을 위한 의료데이터로 사용될 수 있다.

본 논문의 구성은 치매환자를 위한 smart watch 시스템의 구성과 가속도 센서를 이용한 보행 횟수 검출 알고리즘 개발로 환자의 정확한 운동량 측정 방법으로 구성되어 있다.

2. 관련 연구

치매환자들을 위한 의료 서비스로는 스페인의 Keruve 사에서 개발한 GPS 내장형 팔찌와 휴대기기 형태의 기기를 포함하며 삼각 측량을 통해 GPS 가 미치지 않는 실내에 있더라도 환자의 위치를 정확하게 추적하는 것이 특징이다.[2]

한국의 KT 는 GPS 및 CDMA 를 이용한 위치 추적 서비스를 개발하였고 강남구는 u-Safe 강남 시스템으로 2009년 5월 USN(Ubiquitous Sensor Network)기술과 GPS 위치 인식 기술, 초소형 휴대 단말기등을 이용해 위치 확인 및 추적서비스, 긴급 경보 서비스등을 제공할 수 있는 시스템을 구축해 자폐, 지적장애인과 아동 등 사회 취약 계층의 안전을 목적으로 서비스 되고 있다.[3-4]

기존에 개발된 치매환자용 의료서비스는 대부분이 GPS 를 통한 위치추적 기능에만 국한 되어 있다. 본 논문에서 개발한 시스템은 시계 형으로 손목에 착용 가능하며 GPS 기능과 활동, 채광량을 측정해 환자의 위치와 운동량과 같은 건강 증진을 위한 프로파일 기능을 추가해 기존에 연구된 smart care service 보다 향상된 서비스를 제안한다.

가속도 센서를 이용한 걸음 수 검출과 행동량 검출에 대한 연구는 다양하게 진행되어 왔다. Jun Yang 은 스마트폰을 이용해 움직임 트리를 생성해서 가속도 센서를 이용한 움직임 검출 알고리즘을 제안했다. 움직임 검출 알고리즘은 걸음 수를 검출하기 위한 기본적인 방법 중 하나이다. 패턴인식 알고리즘을 이용해 사용자의 행동패턴을 구분하는 연구는 사람의 기본적인 행동패턴을 찾고 걸음에 해당하는 특징벡터를 찾아내 다양한 움직임을 검출하는 방법으로 진행되고 있다.[5-9]

이 방법은 사용자의 걸음 수 외에도 앉기, 서기, 넘어짐과 같은 정상, 비정상 행동의 구분을 목적으로 하고 있다. [10-12]

본 논문은 다음과 같은 연구들을 휴대형 단말기인 스마트 시계에서 검출된 가속도 정보를 이용하여 정확한 걸음 수를 검출해 치매환자의 건강정보를 나타낼 수 있다.

3. 시스템 구성

본 논문에서 개발한 시스템은 Smart watch(portable device)와 서버시스템으로 구분된다. 스마트시계는 GPS와 3축 가속도 센서, 조도센서를 포함하고 있다.

스마트시계는 환자의 손목에 착용되며 주기적으로 서버와의 통신으로 환자의 위치, 채광량, 활동량 정보를 전송한다. 보호자, 의사는 웹페이지를 통해 환자의 건강상태를 모니터링 할 수 있다.

서버는 스마트시계로부터 전송된 환자데이터를 통해 위치를 표기하고 걸음수 검출 알고리즘을 통해 환자의 운동량을 측정하고 채광량과 함께 환자의 건강정보에 대한 프로파일을 생성한다.

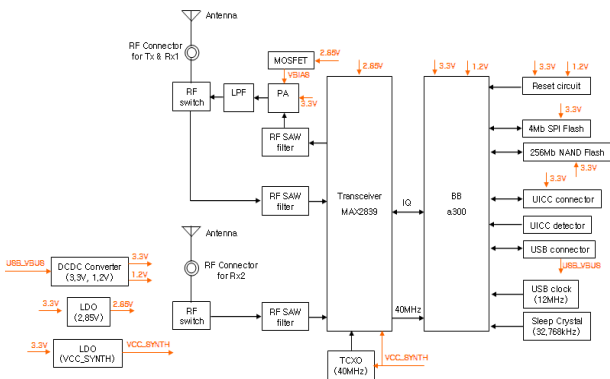
형으로 치매환자가 쉽게 착용할 수 있고 조임쇠로 고정되어 환자가 벗어버리거나 분실을 방지할 수 있어 치매환자들이 배회 증세나 위급한 상황을 빠르게 대처할 수 있다.

서버시스템은 기능적으로 데이터 송수신을 하는 리시버모듈, 데이터를 분석하는 건강관리 모듈, 환자의 모니터링, 관리 기능을 하는 웹페이지로 구분된다.

먼저 리시버 모듈은 스마트시계의 SMS를 기다리는 SMS 리시버를 통해 시계의 접속을 관리한다. 연결 SMS를 받은 리시버 모듈은 TCP/IP 통신으로 소켓, 쓰래드를 할당하고 정의된 프로토콜에 따라 시계에 저장된 주기간의 데이터를 받는다.

건강관리 모듈은 전송받은 데이터를 분석해 환자별 프로파일을 생성하는 역할을 한다. GPS 신호는 사용자가 지정한 안전 범위를 벗어났는지 여부를 검사하고 조도 센서는 채광량이 0이 아닌 지점에서의 노출 시간과 노출 정도를 계산해 0~100까지의 백분율로 환산한다.

마지막으로 3축 가속도 센서는 걸음 수 검출 알고리즘을 통해 해당 주기에 활동한 걸음수를 측정한다.

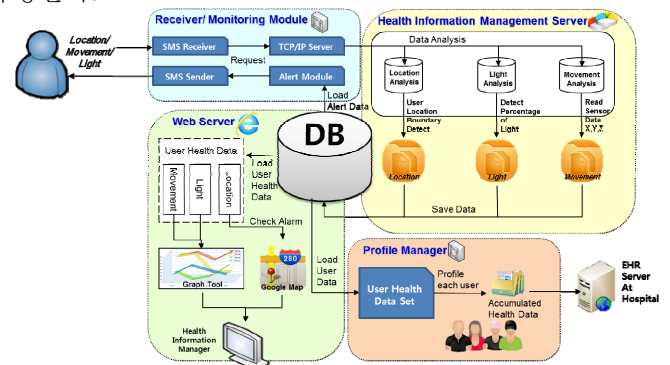


(그림 1) 스마트 시계 회로도

스마트시계는 GPS 센서를 통한 위치추적 기능으로 환자의 현재 위치와 이동 경로를 모니터링 할 수 있다. 조도 센서는 시계에 노출된 태양광의 크기를 측정 후 기록해 환자가 태양광에 노출된 시간과 측정된 채광량을 알 수 있다. 3축 가속도 센서는 환자의 움직임을 나타내는 x, y, z 축의 값을 실시간으로 기록하며 서버에서 걸음 수 검출 알고리즘을 통해 환자의 보행 횟수를 취득할 수 있다.

취득된 각 센서들의 값들은 CDMA 망을 이용해 서버와 TCP/IP 통신으로 데이터를 전송하며 전송을 위한 서버 오픈 SMS, 전송 종료 SMS 등과 같이 SMS를 통한 서버와의 연결 후 데이터를 주고 받는 역할을 한다. 이때 전송되는 시간은 사용자가 정의한 일정 주기에 따라 서버에 접속해 데이터를 전송하고 서버에서는 일정관리기능을 통해 환자의 투약시간, 안전범위 벗어남과 같은 특수 이벤트 시 알람을 통해 환자 혹은 보호자에게 알릴 수 있다.

본 논문에서 개발한 스마트시계 시스템은 시계



(그림 2) 스마트 시계 구조도

건강관리 모듈에서 취득된 환자의 데이터들은 각각 DB에 저장된다. DB에 저장된 데이터는 환자별 프로파일로 기록되고 웹 페이지를 통해 모니터링 할 수 있다.

웹 페이지는 취득된 환자의 건강정보와 위치추적과 같은 모니터링 역할을 한다. 먼저 보호자는 설정을 통해 시계의 통신 주기, 안전 범위, 일정 등을 설정할 수 있다. 설정된 정보를 기준으로 서버는 정해진 주기에 시계와의 통신모듈을 연결하고 환자의 위치를 추적해 안전범위 내에 있는지를 표시한다. 안전 범위는 지도를 통해 환자의 현재 위치와 안전 범위가 원형으로 표시되어 환자의 안전을 보장할 수 있다. 채광량은 그래프를 통해 시간, 노출량으로 시간 대비 노출 정도를 나타내며 활동량 역시 시간대별 보행 횟수를 그래프로 표현한다. 특히, 환자가 야외 활동 시 측정되는 채광량과 위치 그리고 시간순으로 나열된 행동량을 통해 환자의 상태를 모니터링 할 수 있어 환자의 건강과 안전을 지킬 수 있다.

4. 개선된 걸음 수 검출 알고리즘

4.1 전처리

본 논문에서 제안한 알고리즘은 실험자들이 스마트 시계를 착용하고 30~60 초간 걸은 걸음수를 직접 측정해 해당 걸음 수와 가속도 센서를 분석해서 취득한 걸음 수를 비교하도록 했다.

실험은 20 대의 실험자 8 명이 매일 빠른 걸음, 느린 걸음 일반적인 걸음에 해당하는 3 회씩 총 179 개의 데이터를 생성했으며 생성된 데이터는 각각 실험 날짜, 시간, 측정된 보행횟수로 구분되어 DB 에 저장한다. 저장된 실험 데이터는 전 처리를 통해 에너지 값으로 변경되고 해당 파형의 피크 찾기를 통해 걸음 걸이의 특징을 찾는다.

특징은 걸음과 비 걸음을 구분하기 위한 방법으로 사용되며 이렇게 검출된 걸음 수는 실험자가 측정된 걸음 수와 비교 한다.

취득된 데이터는 8 바이트의 Double 형 x, y, z 축의 데이터로 초당 80 회를 측정한다. 따라서 동시에 3 값을 모두 계산하는 것 보다 효율적인 SVM (Signal Vector Magnitude)값으로 변환해 하나의 값으로 계산하는 것이 효율적이다. 본 연구에서 사용한 SVM 은 다음과 같은 식으로 표현 된다.

$$SVM = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}$$

가속도 센서는 초당 80 회의 값을 측정하며 미세하게 움직이는 신호까지 검출한다. 따라서 환자가 정지해있더라도 계속적으로 변화되는 움직임을 검출해 낸다. 이런 미세한 신호는 잡음으로 판단되어 걸음 수 검출 시 에러로 나타날 수 있다. 본 논문에서는 다음과 같은 미세한 움직임으로 인한 에러를 방지하기 위해 Moving Average Filter 를 적용했다. Moving Average Filter 는 Low pass filter 의 성질을 가지고 있으며 다음과 같은 식으로 표현 할 수 있다.

$$T[n] = \frac{1}{5}(svm[n-2] + svm[n-1] + svm[n] - svm[n+1] + svm[n+2])$$

$$= \frac{1}{5} \sum_{m=-2}^2 svm[n-m]$$

4.2 걸음 수 검출

본 논문에서 제안한 걸음 수 검출 방법은 전처리된 데이터에서 Peak 를 찾고 기준선을 정해 기준선 위에 있는 Peak 값을 세는 방법을 선택했다.

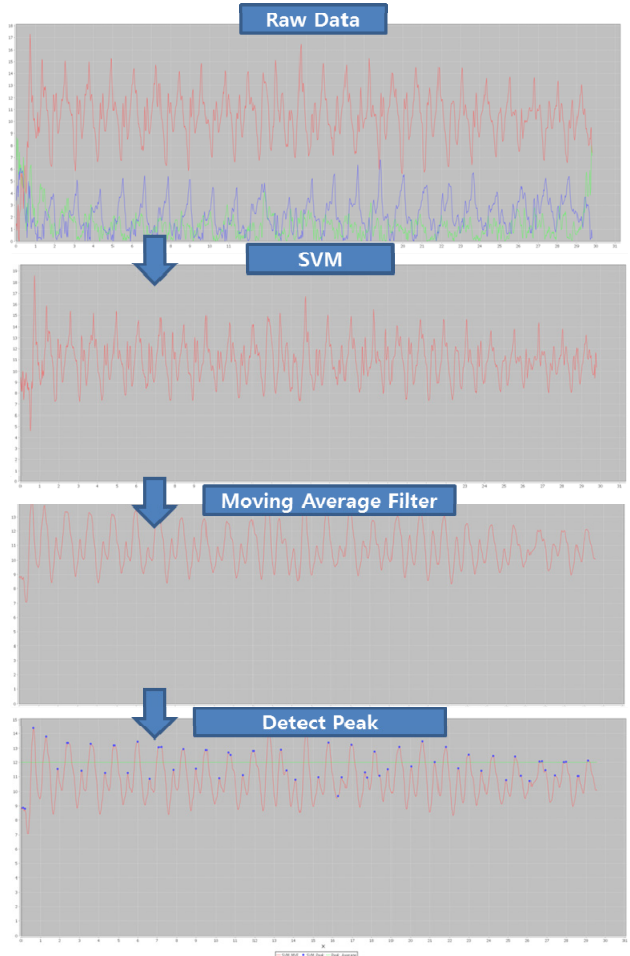
먼저 Peak 를 검출하기 위해서는 파형의 평균기울기를 사용하며 두 개의 데이터 묶음 구간으로부터 각각 구한 기울기를 평균함으로써 구할 수 있다. 이 값이 Threshold 값보가 클 경우 peak 의 시작점으로 결정하고 기울기가 음수가 되는 평균기울기 지점을 피크 후보 군으로 검출한다. 다음과 같은 수식으로 표현 할 수 있다.

$$G_n = \frac{svm_{n+1} - svm_n}{T_{n+1} - T_n}$$

$$Average \ of \ G_n = \frac{G_n + G_{n+1}}{2}$$

Peak 후보 군은 파형의 오차 혹은 잡음으로 인한 에러를 포함하고 있다. 본 논문에서는 에러를 삭제하고 진정한 Peak 를 찾기 위해 다음과 같은 방법을 사용했다. 먼저 0.3 초 이내에 2 개 이상이 존재하는 peak 후보군을 찾는다. 취득한 데이터는 걸음 수 검출을 위한 가속도 데이터이기 때문에 착용한 위치의 움직임이 일정한 간격으로 High peak 와 Low peak 를 갖는 형태를 갖는다 따라서 낮은 주기에 존재하는 peak 후보는 잘못된 움직임에 의한 잡음이다. 검출된 후보군들 중 가장 SVM 값이 높은 후보를 Peak 로 저장하고 에러로 검출된 값은 삭제한다.

검출된 peak 값은 환자의 보폭과 보행 시 흔들리는 팔의 높낮이에 따라 다양한 진폭이 발생해 파형의 크기는 개인차가 있다. 하지만 보행에서 발생하는 파형의 형태는 큰 진폭 뒤에 낮은 진폭이 발생하는 형태를 보인다. 따라서 본 논문에서는 다음과 같은 특징을 이용해 진폭의 크기에 비례하도록 1 초간의 평균 진폭을 기준선을 만들고 기준선위에 존재하는 Peak 값을 계수하는 방법을 선택했다.



(그림 3) Peak 검출 과정

5. 실험 결과

제안하는 알고리즘은 80Hz 샘플링의 가속도 센서가 내장된 스마트시계를 착용하고 각각 빠른걸음, 느린걸음, 일반 걸음에 해당하는 3 가지로 실험했고

스마트 시계는 손목에 착용 했다.

(표 1) 실험 결과

Number	Fast Step		Slow Step		Normal Step	
	U-C	R	U-C	R	U-C	R
58	117	138	33	33	71	77
71	111	120	35	36	77	75
72	111	119	40	41	71	66
83	109	117	32	33	72	72
99	116	121	39	44	68	75
110	118	123	31	31	66	61
112	117	120	32	34	66	73
150	105	109	35	36	68	78
Total	904	967	277	288	559	577
Accuracy	93.03%		96.02%		96.77%	

*U-C : 실험자가 측정한 걸음 수
R: 알고리즘에서 검출된 걸음 수

제한한 알고리즘의 정확도를 측정하기 위해 사용자가 측정한 걸음 수와 분석된 결과를 비교해서 각각의 합과 정확도를 측정했다. 실험결과 총 94.7%의 정확도를 보였으며 빠른 걸음은 93% 느린걸음은 96% 일반적인 걸음은 96.7%의 정확도를 보였다.

상대적으로 걸음이 빨라질수록 SVM 의 기울기는 가파르고 위상이 좁아지면서 Peak 검출시 높은 에러율을 보였다. 하지만 진폭이 완만한 느린 걸음과 일반 걸음은 비교적 정확하게 Peak 를 검출하고 사용자가 측정한 걸음 수에 가까운 값을 분석하는 것을 알 수 있었다.

표 1 은 실험에서 취득한 8 명의 대표 데이터들을 분석한 결과이다.

6. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 치매환자를 위한 스마트시계를 개발하고 그것과 통신을 통해 환자를 모니터링 할 수 있는 서버 시스템을 개발했다. 서버시스템은 환자의 위치뿐만 아니라 조도와 가속도 센서를 이용해 환자의 건강관리를 지원하는 역할을 하며 그 중 걸음 수 검출 알고리즘은 환자의 걸음 수를 검출해 활동량을 측정하는 데이터로 활용 할 수 있다. 실험 결과 일반적인 걸음의 수는 96%의 정확도로 검출 가능하며 평균 94%의 정확도를 보였다.

지금까지 치매환자를 위한 의료서비스는 대부분 환자의 위치를 추적해 실종사고를 방지하는데 급급했다. 본 논문에서 개발한 시스템은 기존의 연구에서 나아가 환자의 건강정보까지 모니터링 할 수 있도록 개발되었다. 본 논문의 결과를 병원, 요양원과 같은 의료시설로 확장한다면 환자의 운동량, 채광량등을 기반한 더 정확한 의료서비스가 가능할

수 있을 것이다.

향후 연구에서는 본 연구 결과를 바탕으로 걸음 수 이외에 달리기, 앉기 등 환자의 종합적인 활동 상태를 판별하는 알고리즘의 보완이 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] M,H, Tabert, X, Liu, R,L. Doty, M. Serby, D, Zamora, G.H. Pelton, K. Marder, M.W Al-bers, Y. Stern, and D.P. Devanand "A 10-item smell identification scale related to risk for Alzheimer's disease" Annals of neurology. 58-1, 155-160
- [2] Company Keruve, <http://www.keruve.com>
- [3] u-safe Gang-nam, "<http://www.gangnam.go.kr>"
- [4] kt i-search, "<http://www.kt.com>"
- [5] Jun Yang "Toward Physical Activity Diary: Motion Recognition Using Simple Acceleration Features with Mobile Phones"IMCE-2009. 1-10
- [6] Ling Bao, Stephen S. Intille, "Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data", Pervasives 2004. LNCS 3001. 1-17
- [7] Jonghun Baek, Geehyuk Lee, Wonbae Park,Byoung-Ju Yun, "Accelerometer Signal Processing for User Activity Detection", KES2004. LNAI 3215. 610-617
- [8] Nishkam Ravi, Nikhil Dandekar, Preetham Mysore, Michael L. Littman, "Activity Recognition from Accelerometer Data", Proceeding of the National Conference on Artificial Intelligence. 20-3. 1541-1546
- [9] 유향미, 서재원, 차은정, 배현덕, "3 축 가속도 센서를 이용한 보행 횟수 검출 알고리즘과 활동 모니터링", 한국콘텐츠학회논문지, vol.. 8-8 253-260
- [10] S.H. Shin, C.G Park, "Adaptive Step Length Estimation Algorithm Using Low-Cost MEMS Inertial Sensors" , IEEE Sensors Applications Symposium. San Diego. California USA.1-5
- [11] 노윤홍, 예수영, 정도운, "3 축 가속도를 이용한 활동상태 분류 시스템 구현 및 알고리즘 개발", 한국전기전자재료학회, vol. 24-1. 81-88