

유비쿼터스 헬스케어를 위한 활동상태 분류기 개발

김세진^{*} · 정완영^{**} · 정도운^{**}

^{*}동서대학교 디자인 & IT 전문대학원, ^{**}동서대학교 컴퓨터정보공학부

Development of the Activity Posture Classifier for Ubiquitous Health Care

Se-Jin Kim^{*} · Wan-Young Chung^{**} · Do-Un Jeong^{**}

^{*}Graduate School of Design & IT, Dongseo University,

^{*}Division of Computer Information Eng., Dongseo University,

E-mail : dujeong@dongseo.ac.kr

요 약

인체의 실시간 활동 모니터링은 활동량과 활동능력에 대한 중요한 정보를 제공한다. 본 연구에서 3축 가속도 센서와 무선센서노드를 활용하여 인체의 활동을 평가하고 응급상황을 인지할 수 있는 시스템을 개발하였다. 본 연구에 의해 구현된 실시간 시스템은 구현된 분류알고리즘을 통해 다양한 자세와 자세변화를 분류할 수 있으며, 추가적으로 낙상을 감지할 수 있다. 구현된 시스템의 성능평가 결과 높은 분류 정확성을 보였다.

ABSTRACT

The real-time monitoring about the activity of the human provides useful information about the activity quantity and an ability. This study developed a system for human physical activity assessment in ambulatory monitoring using portable sensing device combining a tri-axial accelerometer and wireless sensor node. This real-time system is able to identify several postures, posture transitions and movements with classification algorithm. In addition, this system also features fall detection capability. The results of the assessment for evaluating the performance of the system show high identification accuracy.

키워드

Activity monitoring, Accelerometer, Fall detection, TinyOS

I. 서 론

현대사회는 보건위생수준의 향상, 의료기술의 발달 등 사회적 환경과 과학기술의 발달 평균수명이 연장되어 우리사회에서 노인이 차지하는 비율이 점차 높아지고 있다. 2000년도 65세 이상 인구의 비중은 7.2%로 이미 고령화 사회에 접어들었으며, 2004년도에는 8.4%로 증가하였다. 그리고 향후 2019년에는 14.4%로 2026년에는 20.0%로 초 고령사회에 도달할 전망이다[1].

급속한 고령화와 함께 나타나고 있는 독거노인 인구의 증가는 특별한 관심을 요구하고 있으며 노인의 건강 모니터링 기술의 발전은 독거노인 문제에 하나의 해법을 가져다 줄 수 있을 것

이다. 건강 모니터링시스템의 기본이 되는 건강 모니터는 고령자에 부족한 각종센서로부터 여러 종류의 생체신호들을 측정하고 이를 처리 분석하여 환자의 상태에 관한 정보를 추출, 의료진에게 출력해 주는 장치이다. 현재까지의 다양한 센서와 다양한 판별 알고리즘을 이용하여 일상생활의 활동에 대한 모니터링 할 수 있는 연구가 행하여지고 있다[2]-[6].

본 연구에서는 일상생활 중 편리하게 활동 모니터링 및 낙상 등의 응급상황을 인지하기 위한 상황 인지 알고리즘에 대한 연구를 수행하였다.

향후 활동량 모니터링 및 낙상 등의 응급상황 시 응급기관과의 자동신고 시스템에 활용 가능성을 평가하고자 하였다.

II. 시스템의 구현

1. 전체시스템의 구성

본 연구에서는 일상생활에서의 상황인지 알고리즘을 이용하여 활동 모니터링, 낙상 등의 응급 상황 인지에 활용할 수 있는 시스템을 구현하였다. 이를 위하여 가속도 센서를 사용하여 인체의 X, Y, Z축의 가속도 정보를 계측 할 수 있도록 하였다. 계측된 가속도 신호를 무선전송하기 위하여 IEEE 802.15.4 센서네트워크기술에 기반으로 한 Zigbee 호환 무선 센서노드를 이용하였다. 무선 전송된 가속도 신호를 PC에서 디스플레이, 저장, 분석하기 위하여 모니터링 프로그램을 구현하였으며, 구현된 시스템의 개략적인 구성은 그림 1과 같다.

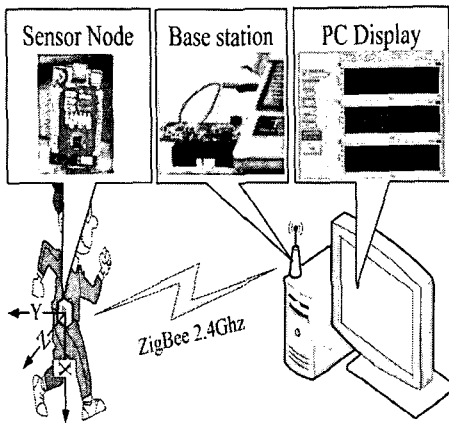


그림 1. 전체 시스템의 구성도.

2. 가속도 측정 및 무선통신

3축의 가속도 정보를 검출 할 수 있는 MMA 7260Q(Freescale Co. Ltd., USA)가속도 센서를 사용하여 인체의 자세 및 활동에 따른 X, Y, Z축의 가속도 정보를 계측 할 수 있도록 하였다. 3축의 활동 데이터를 무선으로 전송하기 위하여 Zigbee호환의 무선 센서노드인 TIP710CM(Maxfor Co. Ltd., Korea)을 이용한다. 센서노드의 마이크로프로세서인 MSP 430F1611 내부에 내장된 A/D변환기기를 사용하여 각 채널별로 초당 100회의 데이터 샘플링을 통해 가속도센서로부터 출력되는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 전송하도록 구현하였다.

3. PC 모니터링프로그램

센서보드를 통해 계측된 신호를 PC상에서 수신하여 디스플레이, 데이터 저장, 신호분석 등의 처리를 위하여 LabView8.0을 이용한 모니터링 프로그램을 구현 하였다.

모니터링 프로그램에서는 LabView8.0 내부의 여러 함수를 사용하여 데이터를 문자열 형태로

변환하고 헤더부분을 제거한 후 데이터부분만 추출한다. 그리고 채널정보를 통하여 각 채널별로 데이터를 디스플레이 하도록 프로그래밍 하였으며 위의 그림 2에서 각 함수의 역할에 따른 구성도를 나타내었다.

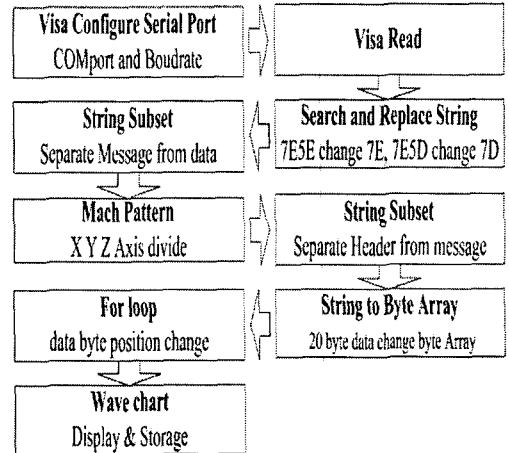


그림 2. 모니터링 프로그램의 구성도.

III. 실험 및 결과

1. 구현된 시스템

3축가속도 센서와 필터를 내장한 가속도센서 신호검출용 PCB를 설계 및 제작하였다. 제작된 센서보드의 부착된 센서노드와 PC상에서 무선으로 모니터링하기 위하여 구현된 실험세트 및 실제 PC상에서 활동에 따른 가속도 신호가 모니터링 되고 있는 장면을 그림 3에 나타내었다.

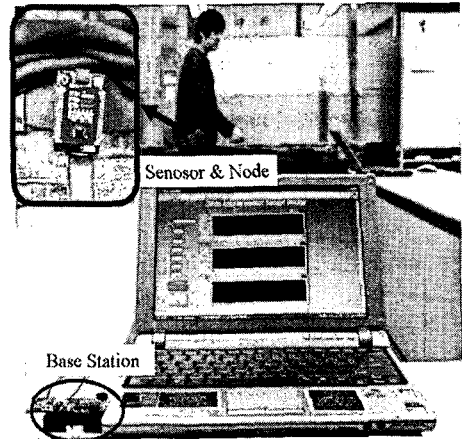


그림 3. 센서노드와 구현된 실험셋.

2. 시스템의 계측성능 평가

구현된 시스템의 계측성능 평가를 위하여 가속도 센서보드가 부착된 무선센서노드를 오른쪽 허리에 부착하여 인위적인 자세변화에 따른 가속도신호의 변화를 계측 및 분석하였다. 자세변화는 서있는 자세(standing, St.), 바로 누워있는 자세(lying, Ly.), 뒤집어 누워있는 자세(lying-front, LyF.), 왼쪽으로 누워있는 자세(lying-left, LyL.), 앉은 자세(sitting, Si.) 등을 반복하며 가속도 변화를 계측하였다. 표 2는 그 결과를 가속도 g단위로 변환하여 각 상황에 따른 통계치를 나타내었으며, 이 결과는 정적인 자세를 판별할 수 있는 근거가 되었다.

표 1. 자세변화에 따른 시스템 출력의 통계치

		St.	Ly.	LyF.	LyL.	Si.
X - axis	Mean	1.09	0.13	0.05	-0.04	0.93
	St.	0.16	0.01	0.01	0.01	0.01
Y - axis	Mean	0.12	1.05	-0.94	0.06	0.04
	St.	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03
Z - axis	Mean	-0.05	0.04	0.00	-0.02	0.01
	St.	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02

3. 상황인지 알고리즘

본 연구에서는 상황인지 알고리즘을 개발하기 위하여 자세변화에 따른 출력 통계치와 견고 있을 때(working, Wk.), 뛰고 있을 때(Running, Rn.), 인위적인 낙상을 유발하였을 때(falling, Fall.)의 상황을 추가하여 연출하고 각각의 상황에서 가속도 변화를 계측하였다. 그 결과 걷거나 뛸 때에는 신체와 수직방향인 X축의 가속도 변화가 가장 크게 변화하는 것을 확인 할 수 있었으며, 낙상을 가정 한 상황에서는 넘어지는 방향에 따라 각 축의 가속도 변화의 형태는 다르지만 일반적인 활동에서는 볼 수 없는 짧은 시간에 급격한 가속도의 변화를 관찰 할 수 있다.

본 연구에서는 피 실험자의 활동 상태와 휴식 상태, 낙상유무를 구분하기 위하여 사전 연구[7]에서 사용 되어진 SVM(Signal Vector Magnitude)(1)을 사용하였다. SVM은 적어도 2개의 센서신호가 절정 값이 기록되면 낙상이 일어났다고 판단 할 수 있으며, 낙상을 판단하기 위한 기준 값으로 사용하기 위하여 SVM을 다시 미분하여 절대값에 대한 평균값 계산하여 DSVM (Differential Signal Vector Magnitude)(2)을 구하였다. 이 DSVM은 걷는 상태와 뛰는 상태, 낙상 등의 활동형태를 구분하기 위한 중요한 기준값으로 사용하였다.

$$SVM = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \quad (1)$$

$$DSVM = \frac{1}{t} \left(\int_0^t |(SVM)'| dt \right) \quad (2)$$

아래 그림 4는 MatLAB2006을 이용하여 3축의 가속도 데이터와 활동변경 구간과 낙상유무, 걷기, 뛰기등 활동패턴에 따른 DSVM을 나타내었고, 그 결과 각 활동패턴에 따른 DSVM의 값이 활동패턴 구분 인자로서 사용 가능하다고 판단 되었다.



그림 4. 활동 변화에 따른 출력 특성과 DSVM.

활동패턴 구분인자들을 이용하여 먼저 DSVM 이 기준값(3.5) 보다 큰 값을 가지면 활동으로 판단하고 작으면 휴식상태로 판단하였다. 활동상태일 경우 DSVM를 통하여 낙상과 걷기, 뛰기 등의 활동을 구분하고 휴식상태의 경우에는 0.5 초 동안의 X, Y, Z축의 평균값을 계산하여, X축 평균 데이터가 기준값(0.8)보다 작으면 누운 자세로 판단하고 크면 서있는 자세로 판단하였다. 그리고 누운 자세로 판단될 경우 Y축의 평균데이터가 기준값(0.5)보다 크면 뒤로 누운 상태이고, 작으면 앞으로 누운 상태로 판단하였다. 그리고 Z축의 평균 데이터가 기준값(0.5)보다 크면 오른쪽으로 누운 상태, 작으면 왼쪽으로 누운 상태로 판단하였다.

4. 낙상보정

정확한 낙상을 인지하기 위하여 낙상 후 일정 시간동안 피 실험자의 활동유무를 통하여 낙상을 판단하여 좀 더 정확한 낙상을 판별하고자 하였다. 이것은 낙상이 일어난 후 일정시간동안의 상태는 낙상으로 인한 움직임이 있을 수 있으므로 일정시간 이후의 데이터가 누운 상태에서 움직임이 없을 경우 최종적으로 낙상으로 판단하였다. 그림 5에 본 연구에서 사용된 판단 알고리즘의 순서도를 나타내었다.

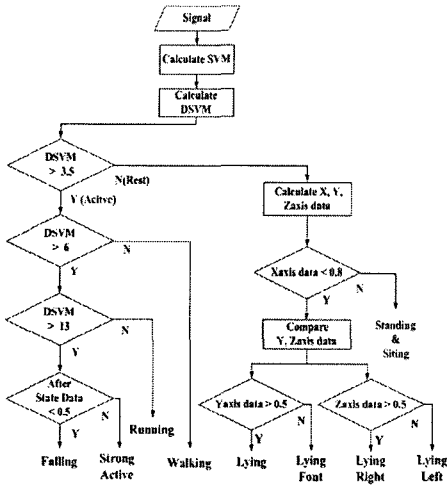


그림 5. 활동패턴 구분 알고리즘.

4. 활동상태 분류 평가

이러한 알고리즘을 통하여 활동데이터에 대한 활동상태 분류를 평가해 보았다. 활동에 대한 활동판별을 1. 서기와 앉기, 2. 눕기, 3. 앞으로 눕기, 4. 우로 눕기, 5. 좌로 눕기, 6. 걷기, 7. 뛰기, 8. 낙상, 9. 휴식 중 예러, 10. 활동 중 예러, 11. 낙상보정 등 숫자로 구분하여 그림 6의 state에 나타내었다. 낙상보정 그림은 낙상이후의 데이터에 따라 보다 정확한 낙상을 판별한 후의 결과를 나타내었다. 이때 State에서 8로 인식된 낙상상태가 낙상보정 이후 11로 변화하였으며 낙상이후 정지상태가 가장 짧은 79초에서의 낙상은 정확한 낙상이 아닌 것으로 판단되었다. 이 실험에서는 편의상 낙상 후 1초 이후의 상태에서 3.5초까지의 활동 데이터를 판단하였지만 실제에서는 5초 이후의 상태에서 30초까지의 활동 데이터를 판단하여 정확한 낙상을 판별할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 활동상태 변화 구간에서는 2초정도 걷기와 뛰기 등으로 판단되는 것을 볼 수 있다.

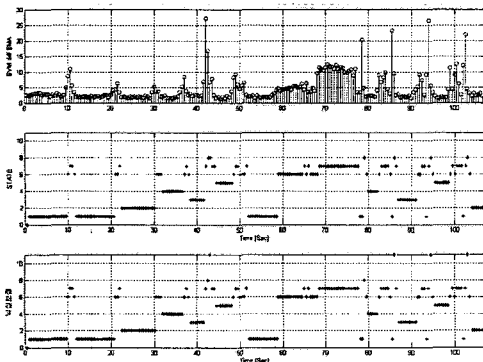


그림 6. 알고리즘을 이용한 활동패턴 구분 평가.

IV. 결론

본 연구에서는 일상생활 중 활동패턴과 낙상 등의 응급상황을 인지하기 위한 기초시스템과 상황인지 알고리즘에 대한 구현 및 평가를 실시하였다. 3축가속도 데이터를 무선으로 PC에 전송하도록 하였으며, 전송된 데이터를 분석하여 일상생활의 활동패턴으로 분류하고자 하였다. 특히 낙상에 분류에 중점을 두었으며, 분류알고리즘 평가 결과 서기, 걷기 뛰기, 누운 방향 등의 활동패턴 분류가 가능하였다. 특히 낙상의 경우 낙상이후의 특정한 활동패턴을 이용하여 보다 정확한 분류가 가능하였다.

본 연구를 통해 활동량 모니터링을 위한 기초시스템을 구현하였고, 실제 일상생활에서의 활동량 모니터링 가능성을 확인하였다. 향후 연구에서는 본 연구의 결과를 토대로 보다 다양한 조건에서의 상황인지 및 이를 통한 활동량 모니터링이 가능하도록 파라미터 및 분류알고리즘의 개발에 관한 지속적인 연구가 필요하리라 판단된다.

감사의글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 고령화 사회의 복지기술. KISTI 한국과학기술정보연구원 2005. 12.
- [2] Seung-Hyung Lee, Ye-Teak Lim, Kyung-Joung Lee "A Disign of algorithm for Analysis Active Using 3-Axis Accelerometer", KIEE, Vol. 53D, No. 5. 2004.
- [3] M. J. Mathie, A. C. F. Coster , N. H. Lovell, and B. G. Celler., "A pilot study of long term monitoring of human movement in the home using accelerometry", J. Telemed, Telecare, Vol. 10, pp. 144-151, 2004.
- [4] M. J. Mathie, N. H. Lovell, A. C. F. Coster, and B. G. Celler, "Determining activity using a triaxial accelerometer", in Proc 2nd joint EMBS-BMES Conf., Houston TX, Oct., 2002.
- [5] Najafi, B., Aminian, K., Paraschiv-Ionescu, A., Loew, F., Büla, C. J., Robert, P., "Ambulatory System for Human Motion Analysis Using a Kinematic Sensor: Monitoring fo Daily Physical Activity in the Elderly", IEEE Trans Biomed Eng, Vol.50, No.6, JUNE 2003.