

가속도센서를 이용한 신체활동량 정량화 기법 개발

노윤홍*, 정완영*, 정도운**

*동서대학교 디자인 & IT 전문대학원, **동서대학교 컴퓨터정보공학부

Development of the Body Activity Quantitative Techniques Using Accelerometer

Yun-Hong Noh*, Wan-Young Chung*, Do-Un Jeong**

*Graduate School of Design & IT, Dongseo University

**Division of Computer & Information Engineering, Dongseo University

E-mail : noh108@nate.com, dujeong@dongseo.ac.kr

요 약

의료서비스 분야에서 유비쿼터스 IT 기술과 헬스케어 기술을 접목함으로써 일상생활 중 지속적으로 건강상태를 모니터링하여 항상 건강한 상태의 유지가 가능하도록 하는 유비쿼터스 헬스케어기술이 급부상하고 있다. 본 연구에서는 유비쿼터스 헬스케어와 관련하여 일상생활 중 활동 상태에 따른 가속도 변화를 측정하여 활동 상태를 판단하고 활동량을 정량화하기 위한 지표를 개발하고자 하였다. 먼저 활동상태에 따른 가속도 정보를 측정하기 위해 단일칩의 3축가속도 센서를 사용하였으며, 아날로그 가속도신호를 디지털로 변환하고 데이터의 무선전송을 위해 무선센서네트워크 기술을 적용한 센서노드를 활용하였다. 그리고 무선으로 전송된 가속도 신호를 PC또는 휴대형 단말기에서 모니터링하기 위해 모니터링 프로그램을 구현하였다. 측정된 가속도 신호로부터 활동상태의 분류 및 활동량의 정량화를 위한 방법을 제시하고 그 타당성을 평가하였다.

키워드

Activity, Fuzzy, Ubiquitous Health Care, Accelerometer

1. 서 론

최근 비만과 신체활동부족은 각종 퇴행성 질환과 사망원인의 직간접적인 원인으로 작용하고 있으며 선진국으로 갈수록 더욱 심각한 것으로 나타나고 있다. 우리나라의 경우에도 고도의 산업화와 생활의 자동화, 식습관의 서구화에 따른 절대적 신체활동부족은 비만과 각종 퇴행성질환을 일으키는 원인 중 한가지로 밝혀지고 있다. 또한 우리나라의 경우 국민건강조사원에서 발표한 자료에 따르면 20세 이상 전체 성인의 하루 30분 이상 걷는 비율이 점차 줄어들고 비만율이 증가되고 있는 것으로 확인되며 이는 규칙적인 신체활동을 하지 않는 것으로 해석할 수 있다. 신체활동이 증가할 수록 만성질환의 유병률을 감소시키며, 건강관리 측면에서 신체활동량의 모니터링이 중요하게 인식되고 있다[1-2].

최근 유비쿼터스 헬스케어 기술이 부각되면서 지속적인 건강정보의 모니터링을 통해 건강의 이상 징후를 조기에 발견하고 낙상 등과 같은 응급상황을 인지하여 신속한 후속조치가 가능하도록 하는 시스템에 대한 관심이 증가하고 있다.

특히 고령인구의 증가에 따라 노인의 건강관리의 수단으로서 유비쿼터스 헬스케어기술을 접목하여 인체의 동작상태 구분, 응급상황인지, 동작의 형태에 따른 활동량의 정량화는 매우 중요한 기술로 인식되고 있다[3].

본 연구에서는 유비쿼터스 헬스케어와 관련하여 일상생활 중 활동 상태에 따른 가속도 변화를 측정함으로써 개인의 활동 상태를 판단하고 또한 가속도 신호로부터 활동량을 정량화 하기 위한 방법을 제시하고자 한다.

먼저 신체의 활동상태에 따른 가속도 정보를 측정하기 위해 3축가속도 센서를 사용하였으며, 아날로그 가속도신호를 디지털로 변환하고 데이터의 무선전송을 위해 무선센서네트워크 기술을 적용한 센서노드를 활용하였다. 그리고 무선으로 전송된 가속도 신호를 PC또는 휴대형 단말기에서 모니터링하기 위해 모니터링 프로그램을 구현하였다. 측정된 가속도 신호로부터 활동상태를 추출하기 위하여 하이브리드 멤버쉽수를 사용한 퍼지분류 알고리즘을 구현하였으며, 활동량의 정량화를 위한 지표를 개발하고자 하였다.

II. 시스템의 구현

1. 가속도 측정시스템의 구현

본 연구에서는 신체의 활동상태에 따른 가속도 정보를 측정하여 활동상태의 판별 및 활동량의 정량화를 위한 지표를 개발하고자 하였다. 이를 위해 저전압, 저전력 동작 및 슬립모드를 지원하는 MMA7260Q(Freescale Co. Ltd., USA) 3축 가속도센서를 이용하였으며 가속도센서로부터 출력되는 각 축의 아날로그 신호를 처리하기 위하여 본 연구진의 기수행 연구에서 가속도 측정 센서보드를 설계하였다. 가속도 센서보드의 동작전원은 배터리를 사용하였으며, 센서내부의 클럭노이즈를 제거하기 위해 각 출력단에 필터 회로를 설계하였다. 그리고 출력신호의 인터페이스 시 발생할 수 있는 임피던스 부정합을 방지하기 위하여 단전원으로 동작 가능한 연산증폭기(OPA4379, Burr-Brown, USA)를 이용한 버퍼 회로를 설계하였다. 또한 가속도 센서로부터 계측된 신호를 A/D변환 및 무선전송을 위해 Zigbee 호환 무선 센서노드인 TIP710CM(Maxfor Co., Korea)을 이용하였으며 무선으로 전송된 가속도 신호를 PC 또는 휴대형 단말기에서 모니터링하기 위해 모니터링 프로그램을 구현하였다. 본 연구에서 적용한 활동가속도 검출 및 모니터링을 위한 전체적인 시스템 구성을 그림 1에 나타내었다.

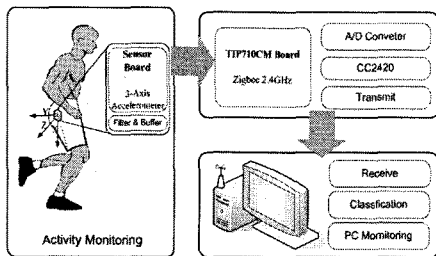


그림 1. 시스템의 전체적인 구성.

2. 활동상태 분류

본 연구에서는 활동상태를 분류하기 위하여 계측된 3축가속도센서로부터 검출된 신호를 차단주파수가 0.1 Hz인 고역통과필터를 거쳐 지자계에 의한 가속도 오프셋을 제거 후 VM(vector magnitude)를 계산하였다. VM의 값이 기준 값보다 크면 활동상태로 판단하였으며, 기준값보다 작으면 정적인 자세로 판별하였다.

먼저 VM이 기준값 보다 작은 정적인 경우에는 실제 계측된 각 축의 가속도신호 크기에 따라 누워 있을 때(lying, Ly.), 앉아 있을 때(sitting, Si.) 그리고 서 있을 때(standing, St.)등으로 세분화 하여 분류하였다. 그리고 VM이 기준 값보다 큰 값을 갖는 경우는 활동상태로 판별하였으며, ISVM과 DSVM을 이용하여 걷거나

뛰는 속도에 따라 3단계로 분류하도록 분류알고리즘을 구현하였다. 특히 활동상태로 판별된 경우 급격한 가속도 변화가 발생하고 정적인 자세로 활동상태가 전환되었을 경우 1차 낙상으로 판별하고, 1차 낙상 후 3.5초 이후에도 지속적으로 정적자세로 판단되면 최종 낙상으로 판별하였다. 본 연구에서 구현한 활동상태 판별 알고리즘을 그림 2에 나타내었다.

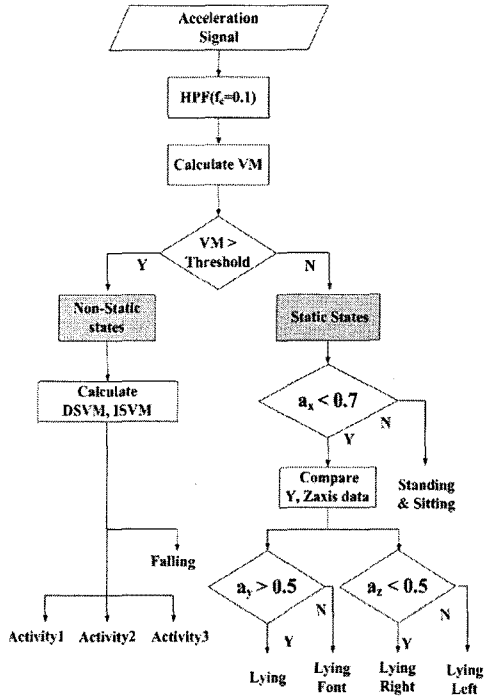


그림 2. 활동상태 분류알고리즘.

3. 활동량 정량화 기법 구현

본 연구에서는 상기에 기술한 활동상태 판별 알고리즘에 의해 활동상태로 판별되었을 경우 활동량을 보다 정량화 하기위하여 DSVM(differential signal vector magnitude)과 ISVM(integral signal vector magnitude)을 계산하였다. 본 연구에서 적용한 DSVM과 ISVM은 다음 수식으로 나타낼 수 있다.

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

$$DSVM = \frac{1}{t} \left(\int_0^t (|SVM|) dt \right) \quad (2)$$

$$ISVM = \int_{t=0}^T (SVM) dt \quad (3)$$

III. 실험 및 결과

1. 구현된 시스템

본 연구에서 구현된 허리 부착형 초소형 무선 가속도 계측 시스템은 그림 3과 같이 피검자 허리에 착용하여 자세변화 및 활동상태에 따라 출력 되는 3축 방향의 가속도 변화를 동시에 계측 하였으며, 계측된 가속도 신호는 무선센서노드를 통해 PC에 연결된 베이스스테이션으로 전송하도록 구현하였다. 또한 무선 전송된 가속도 데이터는 분류 알고리즘에 따라 자세 및 활동상태를 판단하도록 모니터링 프로그램을 구현하였다.

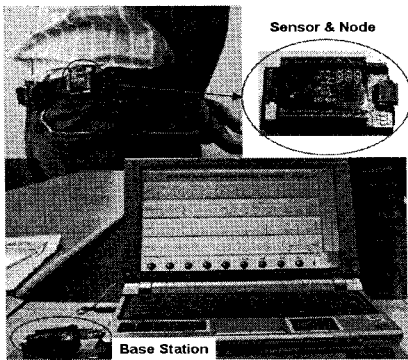
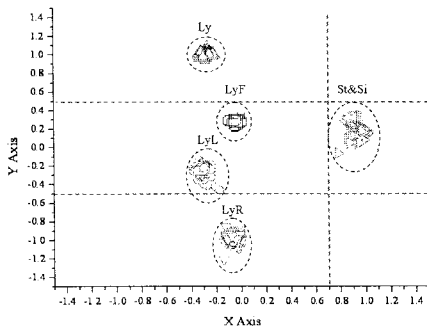


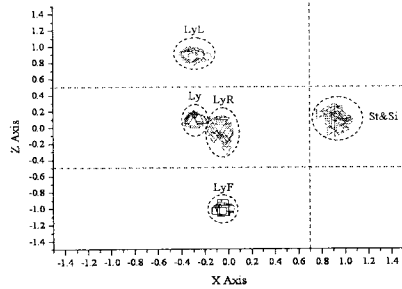
그림 3. 구현된 실험셋.

2. 정적인 자세판별

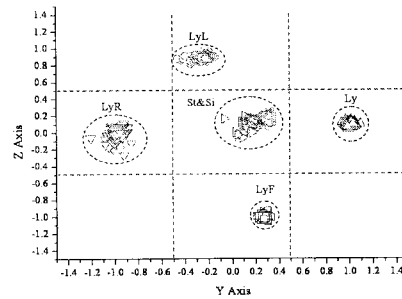
구현된 시스템의 정적인 자세 판별 성능을 평가하기 위하여 가속도 측정용 센서보드를 허리에 부착하고 인위적인 자세변화에 따른 가속도 변화를 계측하였으며, 자세변화에 따른 x-y축 가속도 변화를 그림 4의 (a)에 나타내었으며, x-z 가속도 변화를 그림 4의 (b) 그리고 y-z가속도 변화를 그림 4의 (c)에 각각 나타내었다. 그림에서 살펴볼 수 있듯이 정적인 자세변화의 경우 본 연구에서 제안한 통계치에 근거한 분류알고리즘을 적용하였을 경우 100% 분류가 가능함을 확인 할 수 있다.



(a) x-y축 가속도 변화에 따른 자세판별



(b) x-z축 가속도 변화에 따른 자세판별



(a) y-z축 가속도 변화에 따른 자세판별
그림 4. 정적 자세판별 결과.

3. 활동상태 판별 및 활동량 정량화

동적인 상태에서의 활동상태를 판단하기 위하여 러닝머신을 이용하여 3, 6, 9 km/h의 속도에서 3축의 가속도 정보를 초당 100샘플씩 데이터를 계측하였으며, 이때 각 속도변화에 따른 에너지소모량과 본 연구에서 제안한 DSVM 및 ISVM파라미터의 평균과 표준편차를 각각 계산하여 표 1과 그림 5에 각각 나타내었으며, 그림 6에서 확인 할 수 있듯이 DSVM과 ISVM을 이용하여 활동상태의 판별이 가능할 뿐만 아니라 활동량과 밀접한 상관관계가 있음을 확인할 수 있다. 제안한 파라미터를 이용하여 활동량 정량화를 위한 에너지소비량을 추정하기위하여 ISVM과 DSVM 파라미터와 초당 칼로리 소모량의 관계를 추정하였다.

표 1. 활동상태에 따른 파라미터 통계치

		에너지소비량(Kcal/s)	ISVM	DSVM
3km/h	Average	0.033	62.9	6.8
	Std.		10.0	1.3
6km/h	Average	0.05	105.7	11.5
	Std.		11.9	1.9
9km/h	Average	0.08	128.7	16.5
	Std.		8.7	2.0

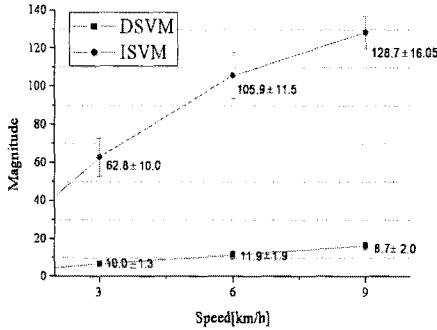


그림 5. 속도에 파라미터의 통계치.

인위적인 자세변화 및 활동상태에 따른 3축가속도의 출력신호 변화를 그림 6에 나타내었으며, DSVM과 ISVM 파라미터의 변화와 각 파라미터로부터 활동량 정량화를 위해 단위 초당 에너지소비량을 정량화한 결과를 그림 7에 나타내었다. 그림 7을 살펴보면 속도변화에 따라 초당 소비되는 칼로리의 모니터링이 가능하며, ISVM을 이용할 경우 보다 신뢰성 있는 활동량 모니터링이 가능함을 확인 할 수 있다.

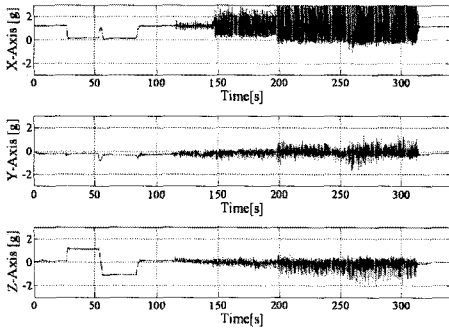
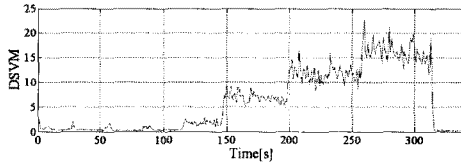
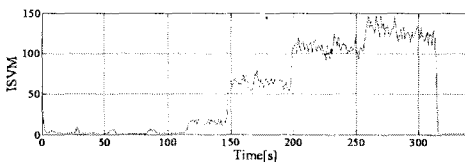


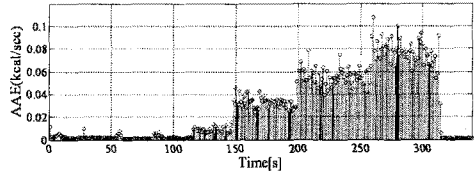
그림 6. 자세변화 및 활동에 따른 가속도 변화.



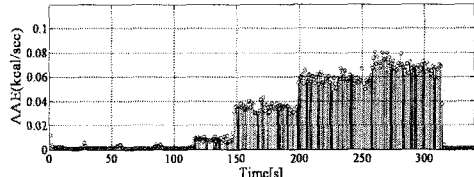
(a) 활동상태에 따른 DSVM의 변화



(b) 활동상태에 따른 ISVM의 변화



(c) DSVM을 이용한 활동량 정량화 결과



(d) ISVM을 이용한 활동량 정량화 결과
그림 7. 활동상태 변화에 따른 파라미터 변화.

IV. 결론

본 연구에서는 일상생활 중 활동상태 및 활동량의 모니터링을 위하여 인체의 활동에 따른 3축 가속도 변화를 계측하기 위한 센서 및 시스템을 구현하였다. 그리고 센서로부터 출력되는 신호를 처리 및 분석하여 활동상태 분류와 활동량의 정량화를 위한 방법을 제시하고 실제 실험을 통해 타당성을 평가하고자 하였다. 실험결과 본 연구에서 제안한 ISVM과 DSVM이 활동량과 밀접한 상관관계가 있으며, 특히 ISVM의 경우 칼로리소모량의 추정을 통한 활동량 정량화에 보다 적합한 파라미터라 판단된다. 향후 연구에서는 보다 객관적인 활동량 평가를 통해 시스템의 신뢰성을 높이기 위한 연구를 지속적으로 수행하고자 한다.

감사의글

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

참고문헌

- [1] 국민건강영양조사. 보건복지부 2005년.
- [2] 고령화 사회의 복지기술. KISTI 한국과학기술정보 연구원 2005. 12.
- [3] 진계환, 이상복, 최훈, 서재원, 배현덕, 이태수, "가속도센서를 이용한 상황인식 시스템", 컨텔츠학회논문지, vol. 5, pp. 287-295, 2005.
- [4] 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.