
가속도 센서를 이용한 이동거리 측정 시스템

박승훈* · 이정훈** · 김성우**** · 임재환**** · 류지열***

Moving Distance Measurement System using a Accelerometer Sensor

Seung-Hun Park* · Jung-Hoon Lee** · Sung-Woo Kim**** · Jae-Hwan Lim**** · Jee-Youl Ryu***

요 약

본 연구에서는 정확한 운동량 측정을 위하여 가속도 센서, MCU, 그리고 블루투스를 이용한 운동량 측정 시스템을 제안한다. 이러한 시스템은 실시간 무선으로 이동거리 정보를 정확하게 측정할 수 있다. 제작한 운동량 측정 시스템을 이용하여 다양한 모의실험을 하였고, 그 결과를 분석하였다. 분석한 결과를 기성품과 신뢰성 및 정확도에 측면에서 비교를 하였다. 본 연구에서 제안하는 시스템은 13% 정도의 이동거리 오차를 가지는 기성품에 비해 8% 이하의 우수한 오차를 보였다. 이러한 시스템은 소형화되어 기성품에 적용되리라 기대한다.

ABSTRACT

In this research, we propose a momentum measurement system using the accelerometer sensor, MCU, and Bluetooth to measure the exact momentum. The proposed system can figure out information for the real time travel distance. We performed various experiments, and analyzed the results using the proposed momentum measurement system. In the simulation experiments, we compared the reliability and accuracy for the existing momentum measurement systems from the analyzed results. The proposed system showed travel distance error of less than 8% as compared to the existing system with the error of approximately 13%. We expect that the proposed system apply to the commercial products.

키워드

이동거리 측정, 가속도 센서, 운동량 측정 시스템, MCU, Bluetooth

Key word

distance measurement, accelerometer sensor, momentum measurement system, MCU, Bluetooth

* 준회원 : 부경대학교 (제1저자, nicepomi@hanmail.net)

** 준회원 : 부경대학교

*** 정회원 : 부경대학교 (교신저자)

**** 정회원 : 부경대학교

접수일자 : 2012. 06. 01

심사완료일자 : 2012. 06. 01

I. 서론

최근 과학기술의 발달과 경제력 향상에도 불구하고 운동부족으로 인한 여러 가지 질병이 증가하고 있다. 예를 들어 고혈압, 동맥경화, 지방간, 당뇨병 등의 성인병에 많은 사람들이 고통을 받고 있다. 이러한 현상을 막기 위해서 운동과 관련한 간단한 측정을 통하여 평소 건강관리를 하는데 관심을 높이고 있다. 대표적인 것이 IT Running 운동량 측정 시스템으로서 큰 비용이나 장소에 구애를 받지 않고 누구의 도움이 필요 없이 간편하게 운동량을 측정할 수 있어 수요가 증대되고 있다 [1-2]. 이에 관련 산업에서는 많은 연구와 투자를 통해 관련 상품을 개발하고 있다 [1-6]. 그러나, 현재 상용화된 측정 시스템은 외산 제품으로 고가이어서 활용도가 전문적인 사람들에게 한정적이거나, 신뢰도 및 정확도가 기대에 못 미치고 가격부담 또한 크게 해소되지 않는 실정이다. 따라서, 정확도 높은 저가격의 휴대용 운동량 측정 시스템의 개발을 통한 국산화가 절실히 요구되고 있다.

본 연구에서는 가속도 센서, MCU 및 블루투스를 장착하여 실시간 무선으로 운동량을 측정할 수 있는 시스템을 제안한다. 이러한 시스템은 운동을 할 때 자신이 얼마나 운동을 하였는지에 대해 정확한 데이터 값을 산출하고 데이터 값을 분석하여 실시간으로 운동자에게 정보를 전달한다. 실험을 통해 분석한 결과를 기성품과 신뢰성 및 정확도에 측면에서 비교를 하였다.

II. 운동량 측정시스템 제작 및 분석

2.1. 기성품 분석

운동량 측정에 널리 사용되고 있는 기성품을 표 1과 그림 1에 나타내었으며, 테스트 후 결과를 그림 2와 표 2에 나타내었다. 그 결과 이동거리 오차가 7%~13% 정도 발생함을 알 수 있었다 [2].

표 1. 기성품 종류 및 수량
Table. 1 Kind and quantity of ready-made

기성품	수량
Nike+ shoe	1

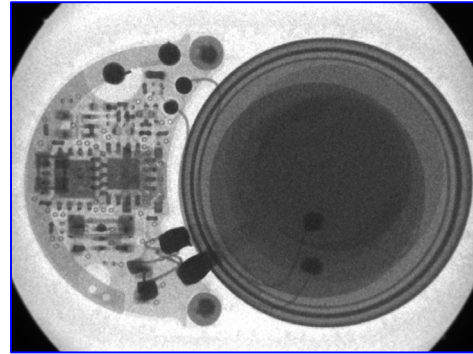
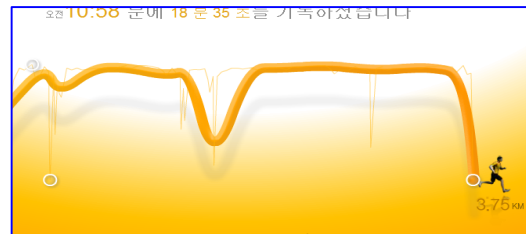


그림 1. Nike+ shoe(2D)
Fig. 1 Nike+ shoe(2D)



(a)



(b)

그림 2. 기성품 측정 결과: (a) 1.2km, (b) 3.5km
Fig. 2 Ready-made measurement results:
(a) 1.2km, (b) 3.5km

표 2. 기성품(Nike Plus Shoe) 테스트 결과
Table. 2 Ready-made test results

구분	측정거리(Nike+)	오차(율)
피실험자1 (178cm, 78kg)	1.2km	1.11km 90m(7.50%)
	3.5km	3.25km 250m(7.14%)
피실험자2 (177cm, 72kg)	1.2km	1.35km 150m(12.5%)
	3.5km	3.75km 250m(7.14%)

2.2. 시제품 제작 및 테스트

우리는 항상 중력가속도($1g=9.8m/s^2$)를 받으며 생활하고 있는데, 가속도의 변화를 장시간 기록하여 조사함으로써 소비되는 에너지를 관리할 수 있다.

휴대기능을 고려하여 소형이며 물체나 짐 등에 부착하기 쉬운 가속도 센서와 MCU 그리고 무선 통신을 위한 블루투스를 모듈화하여 1차 시제품을 제작하였고, 운동 측정 정보를 PC에서 액세스하도록 하였으며 보행/주행을 통한 모의테스트를 실행하였다.

사용한 가속도 센서 LIS3LV02DL(ST Micro-electronics)의 데이터시트에 따르면, 디지털 인터페이스 SPI와 I2C를 선택할 수 있는 3축 가속도 센서로 실제로 아무것도 하지 않고 있을 때 지구 중력값이 $1.01g(\pm 2g \text{ Range})$ 이므로 고정밀 센서라 할 수 있다. 또한, 내부 온도, 전원 전압이 보상되어 출력 값은 보상 후의 가속도로 다루기 쉬운 센서라 할 수 있다.

제작된 모듈의 구성도를 그림 3에 나타내었다.

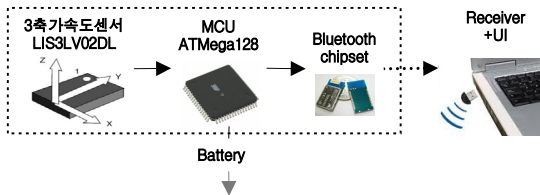


그림 3. 모듈 블록도
Fig. 3 Module block diagram

센서와 MCU는 SPI통신, MCU와 블루투스는 RS232 통신 인터페이스를 가진다. 그리고 운동정보는 실시간으로 수신단을 통해 UI로 디스플레이 된다.

이동거리 알고리즘과 제작된 모듈을 이용하여 피 실험자를 대상으로 그림 4와 같이 보행 및 주행을 실내 및 실외 테스트하여 알고리즘 값을 추출 분석하여 향후 2차 시제품의 기본 정보로 사용하고자 하였다[1-3].



그림 4. 보행 및 주행 실내/실외 테스트
Fig. 4 The indoor/outdoor test in walking and driving

가속도 센서는 보행특성을 고려하여, 1초에 약 20개 정도의 가속도를 측정하였으며, 그림 5는 피 실험자의 보행 주행의 속력으로 움직일 때 발생하는 데이터이다. 그림 5를 보면 피크치가 발생하는 현상에 따라 사람이 움직임을 확일 할 수가 있다. 이는 사람이 움직일 때 지면에 발이 닿을 때 발생하는 관성력으로 가속도의 크기를 나타내게 되며 움직이는 속력에 따라 작용하는 가속도의 크기가 다르다는 사실도 알 수 있다.

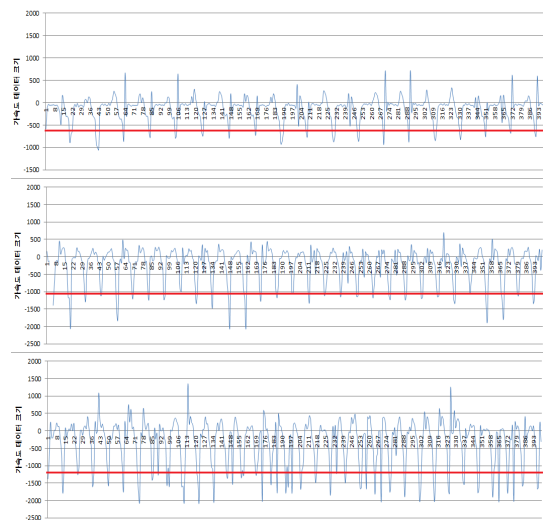


그림 5. 4km/h, 8km/h, 12km/h 속력에 대한 가속도
Fig. 5 The acceleration for 4km/h, 8km/h and 12km/h speed

그림 6은 본 연구에서 제안하는 알고리즘 순서도로서 가속도의 크기를 이용해 보수를 검출하고 움직이는 속력에 따라 발생하는 가속도의 크기가 다르다는 성질을 고려하여 인자값, 임계값을 적용하여 알고리즘을 구현하고 제안하는 알고리즘 순서도이다. 그림 6의 순서도에서 입력에 피 실험자의 인적자료가 들어가게 되며 측정이 시작되면 가속도 데이터를 얻게 된다. 이때 가속도 데이터 값이 0보다 작은 구간에서는 데이터를 저장하게 되고 데이터 중 가장 작은 값을 추출하여 추출된 데이터의 크기에 따라서 인자 값을 적용하게 된다.

수식 (1)~(3)은 이동 거리, 인자값 및 임계값에 대한 수식을 나타낸 것이다. 인자값과 임계값은 여러 피 실험자의 반복테스트를 통해 정량화 된 데이터를 사용하였다.

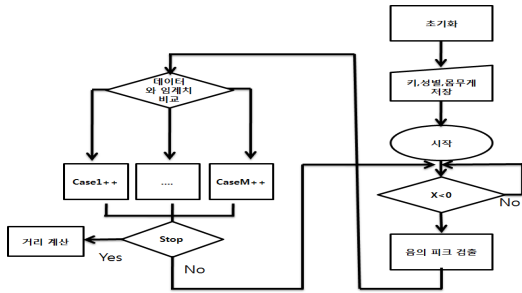


그림 6. 제안하는 알고리즘
Fig. 6 The proposed algorithm

$$\text{이동거리} = \sum_{N=1}^M \text{보폭} * \text{인자값}_N * \text{CASE}_N \quad (1)$$

사람의 움직임에 따라 보폭이 작용하게 되고 보폭과 보수의 변화가 발생하게 되는데 이때 발생하는 보폭의 변화를 보상하기 위하여 인자값과 임계값을 적용시키는 범위를 지정하고 인자값의 크기가 달라짐에 따라 보폭의 변화를 보상하게 된다.

$$\text{인자값}_i = \frac{\text{이동거리}}{\text{기본보폭} * \text{보수}}; \quad i = \text{움직이는속력} \quad (2)$$

$$\text{임계값} = \frac{\sum_{i=1}^N \text{최소 피크 데이터}}{N} \quad (3)$$

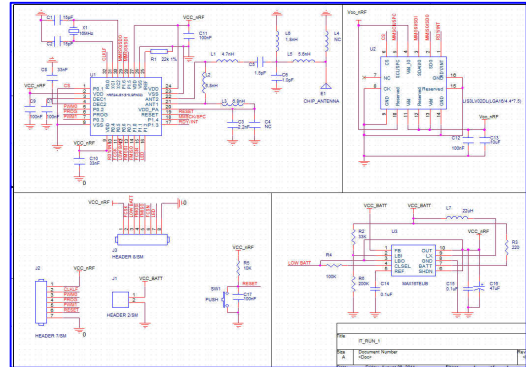
표 3은 x축 데이터 범위에 따른 인자값을 나타낸 것이다.

표 3. x축 데이터 범위에 따른 인자값
Table. 3 The argument values in the range of the x-axis data

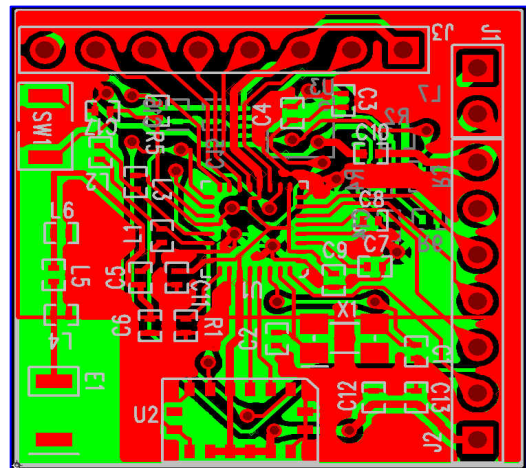
	임계값 범위	인자값
case1	-900 < x < -500	0.8
case2	-1300 < x < -900	0.9
case3	-1600 < x < -1300	1.0
case4	x < -1600	1.45

제작된 모듈은 가속도 센서가 신발에 부착되나 MCU와 블루투스 모듈은 분리를 하였다. 그림 7과 같이 센서

로부터 추출된 정보처리와 무선 RF 송수신이 가능한 Nordic사의 nRF24LE1, 가속도센서(LIS3LV02DL), 그리고 CR2450(3V) 전지를 신발에 부착 가능하도록 모듈화하여, 25mm×25mm 크기의 모듈을 제작하였다.



(a)



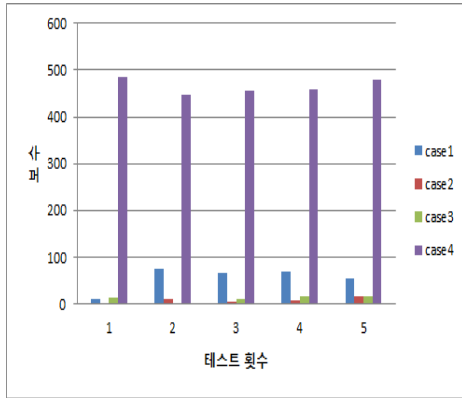
(b)

그림 7. (a) 모듈 회로도 및 (b) 레이아웃
Fig. 7 (a) Module circuit and (b) layout

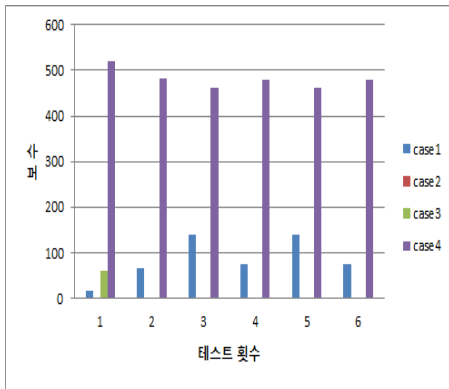
III. 실험결과

본 연구는 가속도 센서를 이용하여 피 실험자의 보폭 변화를 고려하여 이동거리를 측정하는 알고리즘을 이용하여 실내(런닝머신) 및 실외(트랙)에서 반복 실험을 하였다. 그림 8은 두 명의 피 실험자에 발생할 수 있는 경

우에 대한 분포도를 나타낸 것이다. 표 4는 기성품과 비교한 결과를 나타낸 것이다.



(a)



(b)

그림 8. 두 명의 피 실험자에게 의한 case 분포도
Fig. 8 Case distribution for the two occurrences

표 4. 실험 결과 비교

Table 4 Comparison of experimental results

구분		피실험자1	피실험자2
테스트거리		1.2km	1.2km
보수(시제품)		520/481(1회/2회)	485/448(1회/2회)
측정거리	기성품	1,110m	1,350m
	시제품	1,275m/1,157m (1회/2회)	1,117m/1,108m (1회/2회)
오차(율)	기성품	90m(7.50%)	150m(12.5%)
	시제품	75m(6.25%)/43m (3.58%)	83m(6.92%)/92m (7.67%)

기성품은 오차율이 7%~13%인데 반하여, 오차율은 3.5%~8%범위에 있음을 확인 할 수 있어, 위의 결과를 보고 판단한다면 기성품보다 정확도가 높음을 알 수 있었다.

IV. 결 론

본 연구에서는 가속도 센서, MCU 및 블루투스를 이용하여 운동량 특히 이동거리를 정확하게 측정할 수 있는 시스템을 제안하였다. 이러한 시스템은 실시간 무선으로 이동거리 정보를 정확하게 측정할 수 있다. 제작한 시제품에 대해 실내 및 실외 테스트를 통해 기성품과 그 결과를 비교하여 보았다. 본 연구에서 제안하는 시스템은 테스트 모듈의 오차율은 3.5%~8% 범위에 있었기 때문에 13% 정도의 이동거리 오차를 가진 기성품에 비해 측정결과가 우수한 것을 알 수 있었다.

이를 토대로 하여 소형 및 저가의 시제품을 통해 피실험군을 보다 폭넓게 하여 반복테스트를 통한 결과 값의 추가 검토 후 신뢰성과 정확성이 확보된다면 국산화 및 상용화를 기대할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 박승훈, 김성우, 임재환, 류지열, “가속도 센서를 이용한 이동거리 측정 시스템 연구” 2012년 한국정보통신 종합학술대회논문집, 제16권, 제1호, p.283-285, 2012. 05.
- [2] 박승훈, 류지열, 배종일 “가속도 센서를 이용한 이동거리 측정 시스템” 2011년 춘계 대한전자·한국통신·제어시스템학회 합동 학술발표 논문집, 제20권, 제1호, p.107-108, 2011. 06.
- [3] 이정훈, 류지열, 배종일 “보행 특성을 고려한 이동거리 측정 알고리즘” 2011년 춘계 대한전자·한국통신·제어시스템학회 합동 학술발표 논문집, 제20권, 제1호, p.119-120, 2011. 06.
- [4] “가속도센서 응용 제작(I)”, 월간 전자기술 p.38- 49, 2008. 07.

- [5] 김유신, 전창훈, 김명훈, 최형식, “운동량 측정 신발의 개발” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, p.863-867, 2003.
- [6] T.P. Adriacchi and A.B. Strickland, "Gait analysis as a tool to assess joint kinetics", Biomechanics of Normal and pathological Human articulating Joints, Martinus Nijhoff Publishers, pp.83-102, 1985.

저자소개



박승훈(Seung-Hun Park)

2005년 2월 : 부경대학교 전자컴퓨터
정보통신공학부(공학사)
2011년 8월 ~ 현재 : 부경대학교
정보통신공학과 석사과정

※ 관심분야 : System-on-chip 설계, 고주파 회로설계,
아날로그 회로 설계



이정훈(Jung-Hoon Lee)

2007년 2월 : 부경대학교 전자컴퓨터
정보통신공학부(공학사)
2011년 2월 ~ 현재 : 부경대학교
정보통신공학과 석사과정

※ 관심분야 : System-on-chip 설계, 고주파 회로설계,
아날로그 회로 설계



김성우(Sung-Woo Kim)

2000년 2월 : 부경대학교
전자공학과(공학사)
2002년 8월 : 부경대학교
전자공학과(공학석사)

2010년 9월 ~ 현재 : 부경대학교 정보통신공학과
박사과정

※ 관심분야 : System-on-chip 설계, 고주파 회로설계,
아날로그 회로 설계



임재환(Jae-Hwan Lim)

2001년 2월 : 부경대학교
제어계측공학과(공학사)
2003년 8월 : 부경대학교
전자공학과(공학석사)

2011년 3월 ~ 현재 : 부경대학교 정보통신공학과
박사과정

※ 관심분야 : System-on-chip 설계, 고주파 회로설계,
아날로그 회로 설계



류지열(Jee-Youl Ryu)

1993년 2월 : 부경대학교
전자공학과(공학사)
1997년 2월 : 부경대학교
전자공학과(공학석사)

2004년 12월 : 애리조나 주립대학교 전기공학과
(공학박사)

2009년 3월 ~ 현재 : 부경대학교 정보통신공학과 교수

※ 관심분야 : System-on-chip 설계, 고주파 회로설계,
임베디드 시스템 설계