논문 2010-4-4

3축 가속도센서를 이용한 스마트폰 컨트롤러 시스템

Smartphone Controller System using 3-D Acceleration Sensor

나영식*, 정동근**, 이기영***

Young-Sik Na*, Dong-Kun Chung, Ki-Young Lee*****

요 약 최근 스마트폰을 가지고 있는 사람이 증가하고 있는 추세이며 이에 대한 다양한 연구가 활발히 진행 중이다. 이러한 상황에서 센서기술과 스마트폰의 융합으로 다양한 기능을 제공한다. 본 논문에서 제안한 시스템은 컨트롤러에서 3축가속도센서를 통한 사용자의 움직임에 대한 가속도정보를 추출하며 이 가속도 정보를 블루투스를 통하여 스마트폰에 전송한다. 기존의 스마트폰에서 사용되던 터치입력이나 버튼입력방식이 아닌 동작에 따른 3축 가속도센서를 이용한 입력방식이므로 언제 어디서든 스마트폰을 직접 만지지 않아도 컨트롤이 가능하다. 또한 다양한 기능성 애플리케이션의 개발로 인하여 활용도가 매우 높다.

Abstract Recently, as the number of people using Smartphones increased, several researches has been launched basing it's subject on this issue. In this circumstance, the fusion of sensor technologies and Smartphone offers a variety of functions. The system introduced in the current paper uses a controller which extracts information about accelerating movements of an user. This information is then sent to the Smartphone through Bluetooth communication. The input method proposed in this paper differs from the existing methods such as touch typing or button input in Smartphones. It rather uses the 3-D acceleration sensor which enables users to control their Smartphone anywhere and anytime without directly touching the device. Furthermore, because it is developed for various applications, it can be applied in many different fields.

Key Words : Smartphone, 3-D Acceleration Sensor, Bluetooth

I. 서 론

센서기술의 발전으로 인해 과거에는 생각할 수 없었던 여러 HCI(Human Computer Interaction) 기술이 등장하고 있다[1]. 사용자가 컨트롤러를 들고 움직이는 동작을 인식하는 기술도 이 중 하나이다.

기존의 가속도센서는 대부분 버튼형식으로 되어 있고, 가속도계를 이용한 컨트롤러는 대부분 PC나 TV등 다양한 곳에 사용된다. 주체자의 행위를 분류하기 위해 3축가속도센서 등을 허리나 어깨 등에 착용하여 통계적인 기법 및 기계학습방법을 통해 상세 행위를 인식하는 연구가 진행되고 있다[2][3]. 또한 S.-J. Cho, J.-K. Oh 등은 컨트롤러의 움직임을 복원하여 3차원공간상의 컨트롤러의 궤적을 이용해 인식하는 방법을 제안하였다[4][5].

현재 스마트폰의 급진적인 발전과 사용량의 증가로 인하여 다양한 연구 및 개발이 진행 중에 있다[6].

본 논문은 센서인식이 매우 용이한 스마트폰에 적용하여 기존의 컨트롤러와는 차별성을 둔다.

3축 가속도센서는 정해진 방향으로의 가속도를 측정하는 센서로서, 이를 컨트롤러에 장착하면 사용자가 컨트롤러를 움직이는 동작에 따라 그 움직임에 해당하는 가속도 정보를 얻어낼 수 있다. 이러한 가속도 정보를 블

*준회원, 을지대학교 의료IT마케팅학과
**정회원, 을지대학교 의료IT마케팅학과
***종신회원, 을지대학교 의료IT마케팅학과(교신저자)
접수일자 2010.5.28, 수정일자 2010.7.19
게재확정일자 2010.8.13

루투스를 이용하여 스마트폰으로 전송하게 되고 가속도 정보를 필터링을 통하여 애플리케이션에 필요한 정보를 추출하며 이를 입력데이터로 변환하여 적용한다.

본 논문은 3축 가속도센서를 이용한 스마트폰 컨트롤러에 대한 설계 및 구현을 목표로 한다. 본 논문은 2장에서 관련연구로 가속도 데이터에 대한 정보 및 기울기 감지에 대해 거론한다. 3장에서는 가속도 데이터대한 컨트롤러의 설계와 구현에 대하여 언급하고, 4장에서는 시스템의 성능 평가를 고찰한다. 끝으로 5장에서는 이를 바탕으로 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. 가속도 정보

컨트롤러로부터 3개의 가속도 값(x ,y, z)을 전달받는다. 이때 전달받은 가속도 값은 컨트롤러 프로그램 자체에서 어느 정도 필터링을 한 상태지만, 센서의 특성상 값이 불안정하게 될 수도 있다. 이러한 값을 그대로 사용하면, 위치 추적이나, 동작인식에서 문제가 발생할 수도 있으므로, 로우패스필터링을 통해서 오동작의 가능성을 줄여 준다[7].

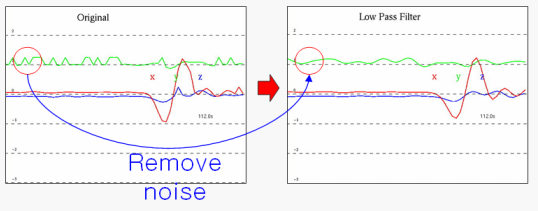


그림 1. 로우패스필터를 통한 노이즈 제거
Fig. 1. The Noise Removal through a Low Pass Filter

위의 그림 1에서와 같이 로우패스필터링을 거치고 나면, 노이즈가 현저하게 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 로우패스필터를 거친 후에는 가속도 값을 사용하여 컨트롤러의 기울기를 측정하거나, 다른 모듈들에 적용시키기 위해 하이패스필터를 적용시킨다.

일반적으로 컨트롤러가 전송하는 가속도 값을 살펴보면, 사용자로 인해 발생하는 가속도와 중력가속도로 인해 발생하는 가속도가 합쳐져 있다. 동작인식과 위치 추적을 위해서는 중력가속도를 제외하고 사용자로 인해 발생하는 가속도만을 뽑아낼 필요가 있다. 그러므로 하이패스필터를 통해 중력가속도 성분을 제거한 값을 활용하였다.

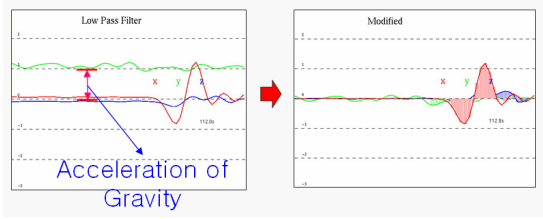


그림 2. 하이패스필터를 통한 중력가속도 제거
Fig. 2. The Acceleration of Gravity Removal through High Pass Filter

위의 그림 2에서 볼 수 있듯이, 하이패스필터를 거치고 나면, 중력가속도로 인한 가속도 값이 사라지는 것을 알 수 있다. 하이패스필터를 통과한 가속도 값은 동작인식에 사용되거나, 적분을 통해 위치추적을 하는데 사용될 수 있다.

컨트롤러로부터 전달된 가속도 값은 위와 같이 적절한 필터링을 거쳐 기울기 측정, 동작인식, 위치추적에 사용되며 각각의 값은 스마트폰 애플리케이션에 사용된다.

2. 중력 가속도를 이용한 기울기 감지

컨트롤러의 좌우 방향을 x축, 상하 방향을 y축이라고 할 때 컨트롤러가 지면과 평행하게 정지한 상태에서는 y축 자체가 지면에 수직한 방향이 되므로 y축에서 측정되는 가속도의 크기가 약 9.8m/s2이 되고 다른 축의 가속도는 0이 된다.

그림 3. 중력 가속도를 이용한 기울기
Fig. 3. The Incline using Acceleration of Gravity

위의 그림 3에서와 같이 컨트롤러가 상하로 기울어지게 되면 가속도는 x축과 y축 성분으로 나눌 수 있게 되어 그 기울어진 각도를 Θ라고 했을 때 가속도센서의 y축에서 측정되는 가속도의 크기는 약 9.8m/s2 × cosΘ가 되고, x축에서 측정되는 가속도의 크기는 약 9.8m/s2 × sinΘ가

된다. 따라서 이 측정된 가속도를 가지고 삼각함수의 역함수로 계산하면 기울어진 각도 Θ를 계산해 낼 수 있다.

기울기 감지 방법은 중력가속도를 이용하는 방법이므로 컨트롤러 전후의 상하 기울기, 컨트롤러 좌우의 상하 기울기의, 2축 기울기 값을 알아내어 입력에 활용할 수 있다. 기울기 값이 일정 각도를 넘어서면 입력한 것으로 판단하게 하여 디지털 버튼을 대체할 수도 있고 기울기 각도가 크면 큰 값의 입력을, 기울기 각도가 작으면 작은 값의 입력을 하도록 하여 아날로그 버튼의 입력을 대체할 수도 있다.

III. 시스템 설계 및 구현

1. 시스템 흐름

본 시스템은 컨트롤러에서 가속도센서를 통한 사용자의 움직임에 대한 가속도정보를 추출하며 이 가속도 정보를 블루투스를 통하여 스마트폰에 전송한다. 전송된 가속도데이터는 각 필터링을 거치게 되며 추출된 값을 입력데이터로 변환하며 변환된 데이터는 애플리케이션에서 필요한 방향 및 컨트롤에 적용시킨다.

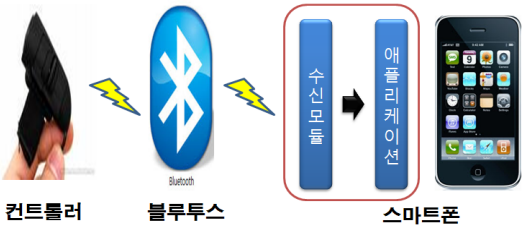


그림 4. 시스템 처리과정
Fig. 4. System Identification Process

위의 그림 4와 같이 컨트롤러, 블루투스, 스마트폰으로 구분 할 수 있다. 컨트롤러는 사용자의 움직임을 통하여 가속도 값을 추출하게 되고 컨트롤러에서 추출된 가속도 값을 블루투스를 통하여 스마트폰으로 전송한다. 스마트폰에서는 2가지 모듈로 나눌 수 있다. 가속도 값을 필터를 통하여 방향키 이벤트에 필요한 값으로 변환해 주는 수신모듈과 변환된 이벤트 값을 실제 방향키로 사용되는 애플리케이션모듈로 나누어 효과적으로 진행한다.

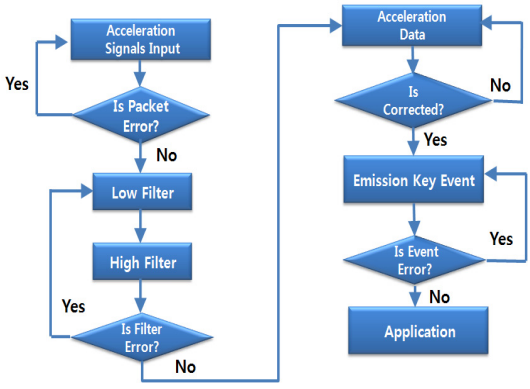


그림 5. 시스템 순서도
Fig. 5. System Flow Chart

그림 5은 시스템의 전체적인 순서도를 나타내고 있다. 먼저 가속도 신호를 수신하며, 오류검사를 통하여 정확한 데이터를 수신한다. 만약 오류가 검출될 시 재전송받는다. 전송받은 정확한 가속도 데이터는 로우 필터와 하이 필터를 걸쳐 오류검사를 실시한 후 기울기 데이터와 동작인식 데이터로 변환한다. 변환된 데이터를 실제 애플리케이션의 방향키로 적용시키기 위해 방향키이벤트를 통하여 기울기 데이터와 동작인식 데이터를 입력데이터로 이벤트한 후 애플리케이션에 적용한다.

2. 시스템 설계

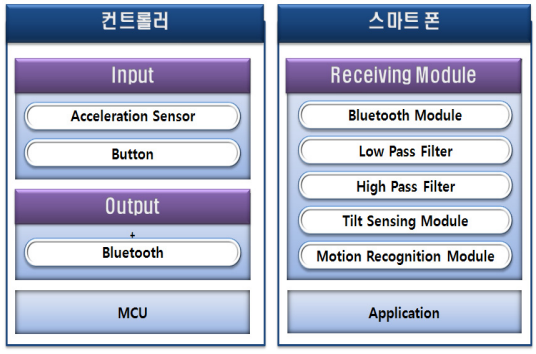


그림 6. 시스템 구조도
Fig. 6. System Architecture

위의 그림 6에서와 처음 사용자가 컨트롤러를 이용하여 버튼입력과 가속도센서를 통하여 버튼 값과 가속도 값을 MCU로 전송한다. MCU는 4개의 값(x, y, z, Button)을 받아 스마트폰으로 블루투스를 이용하여 이를 전송한다.

전송 받은 3개의 값(x, y, z)은 로우패스필터를 거쳐 노이즈를 제거하며 기울기센싱모듈을 통하여 가속도와 중력가속도를 이용하여 기울기 값을 추출한다. 하이패스 필터는 중력가속도를 제거하며 동작인식모듈을 거쳐 동작인식 값을 추출한다.

각각의 모듈에서 추출한 기울기, 동작인식, 버튼 값을 이용하여 입력데이터로 인식하고 이 값을 이용하여 애플리케이션에서 필요한 좌우상하 및 기울기 값을 이용하여 이를 입력데이터로 적용 한다.

아래의 그림 7과 같이 좌우상하와 기울기에 따라 애플리케이션에서 방향키를 설정하여 적용시킨다.

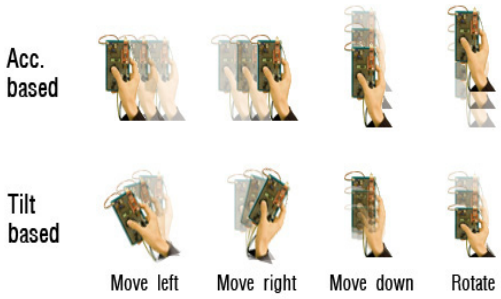


그림 7. 동작인식 및 기울기 입력데이터
Fig.7. The Inputdata of Movement Recognition and Incline

3. 시스템 구현

본 시스템의 구현 환경은 하드웨어와 소프트웨어로 구분하여 표 1에 기술하였다. 표 1의 (a)에서는 가속도센서, 무선통신하드웨어인 블루투스, 센서제어 및 전원관리와 무선통신을 제어하는 MCU가 컨트롤러에 내장되어있다. 스마트폰은 센서인식률이 매우 용이하고 블루투스가 내장되어 있는 iPhone을 사용한다.

표 1의 (b)에서는 효과적인 MCU의 제어를 위하여 Atmega에서 제공하는 AVR Edit, WinAVR를 사용하였으며, Ponyprog를 사용하여 MCU에 소스코드를 프로그램한다. 스마트폰에서는 다양한 개발환경을 제공하는 iPhone SDK와 개발언어인 Object C를 사용한다.

그림 8은 가속도 데이터를 추출해 낸 것이며 그에 대한 데이터 리스트이다. 3축 가속도센서는 기본적으로 x, y, z의 값이 추출되며 방향이벤트에 필요한 동작인식과 기울기값에 적용한다.

표 1. 구현 환경
Table 1. Implementation Environments

Module	Function
가속도센서 (MMA7260Q)	• Sensitivity를 두 개의 Select Pin으로 쉽게 선택하여 제어 • Output이 Analog 전압으로 출력되므로 ADC를 이용하여 값을 쉽게 받을 수 있음
Bluetooth (A-CODE 300)	• 1Mbps의 전송 속도 • 저소비, 저전력 • 전송거리 10m 및 Option으로 100m까지 가능
MCU (Atmega128L)	• 내부 128kByte의 플래쉬 메모리를 가지고 있어 센서에서 데이터필드를 받아 처리하기에 용이
스마트 폰	• iPhone 플랫폼 • iPhone SDK • Object C

(a) 하드웨어

Module	Function
AVR Edit	소스작성에 사용되는 개발환경
WinAVR	AVR용으로 컴파일하기 위한 컴파일러
Ponyprog2000	Mcu에 소스코드 다운로드하는 프로그램

(b) 소프트웨어

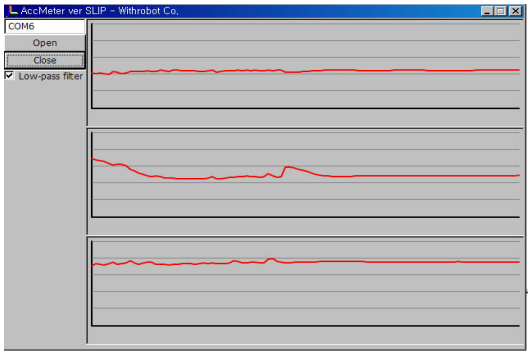


그림 8. 가속도 신호측정
Fig. 8. Acceleration Signal Measurement

그림 9는 가속도 데이터를 블루투스를 통하여 가속도 데이터 값을 송/수신하는 테스트를 보여준다.

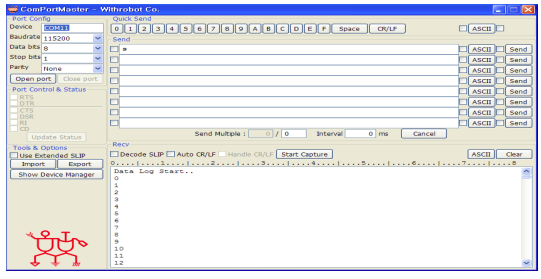


그림 9. 블루투스 송수신
Fig. 9. Bluetooth Transmission and Reception

IV. 성능 평가

기존의 컨트롤러는 단순히 버튼을 이용한 컨트롤러가 대부분이며 가속도센서를 이용한 컨트롤러의 경우 특정 PC나 TV에서만 사용이 가능하였다.

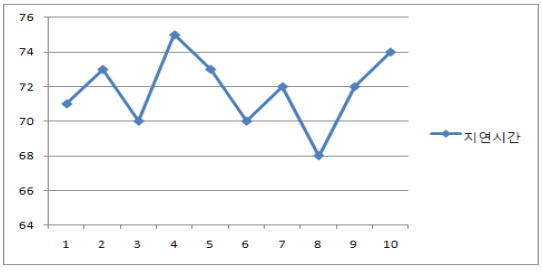
본 논문에서 제안한 시스템은 스마트폰을 위한 컨트롤러로서 기존의 스마트폰에서 사용되던 터치입력이나 버튼입력방식이 아닌 동작에 따른 가속도센서를 이용한 입력방식이므로 언제 어디서든 스마트폰을 직접 만지지 않아도 컨트롤이 가능하다. 또한 다양한 기능성 애플리케이션의 개발로 인하여 활용도가 매우 높다.

제안한 시스템의 성능 평가를 위하여 사용된 하드웨어 사양은 Intel(R) Core (TM)2 Duo CPU T9300 2.50GHz, 4GB RAM이며, 운영체제는 Windows XP SP3를 사용하였다. 10명의 실험자를 대상으로 하여 상, 하, 좌, 우로 컨트롤러를 조작하였으며, 각 실험자마다 다양한 속도를 조작하도록 하였다. 움직임은 실험자의 습관이 반영되므로 약간의 움직임으로 충분히 실험자의 특성이 반영 가능하다. 총 10번의 실험을 수행하였으며, 매 실험마다 50회를 실시하였다.

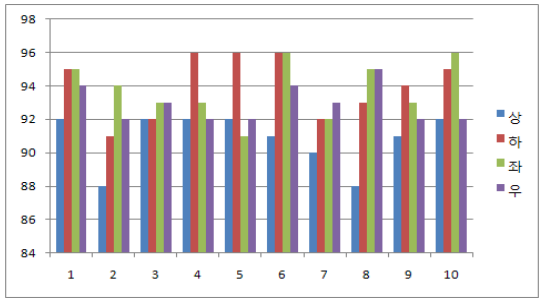
표 2. 평균결과
Table 2. Average Result

내용 \ 횟수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균
지연시간(ms)	71	73	70	75	73	70	72	68	72	74	71.80
정확도(%)	94	92	91	93	91	93	94	93	93	93	92.70

표 2의 실험 평균결과를 통하여 제안 시스템이 올바르게 데이터를 인식하는 비율은 최소 89%~최대 93%로 평균 92.7%이다. 또한 가속도 신호를 수신하는 지연시가은 최소 68ms~최대 75ms로 평균 71.8ms로 100ms미만으로 신호가 지연이 되엇다.



(a) 지연시간



(b) 정확도

그림 10. 지연시간 및 정확도
Fig. 10. Latency and Accuracy

그림 10은 전체 10번의 실험 결과를 기반으로 가속도 데이터의 지연시간 및 정확도를 나타낸 그래프이다. (a)는 10번의 실험에서 제안한 시스템의 통신 지연시간이 매우 빠르다는 것을 보인다. 또한 10번 실험의 가속도 데이터의 정확도를 (b)에 나타내었다.

실험에서 데이터 정확도는 약 92.7%의 수준으로 높은 수준의 결과를 나타내고 있으며 가속도 신호의 통신 지연시간은 평균 71.8ms로 실제 방향키이벤트에 적용하는 데에 있어서 효과적으로 신호를 받고 있다.

앞으로 무선통신 네트워크와 가속도센서의 발전으로 인하여 더욱 개선된 성능평과를 기대 할 수 있으며 더욱 효과적인 지연시간 및 정확도가 가능하다고 판단된다.

V. 결 론

최근 스마트폰의 급진적인 발전으로 다양한 애플리케이션이 개발되었으며 사용되고 있다. 이러한 애플리케이션에서 사용되는 입력방식에는 한계가 있으며 항상 스마트폰을 가지고 있어야 하는 불편함까지 가지고 있다.

본 논문에서는 가속도센서를 이용한 스마트폰 컨트롤러를 제안하였다.

향후에는 가속도 값이 보다 정확하게 인식되도록 새로운 방법을 연구 할 것이다. 또한 가속도센서를 이용한 컨트롤러는 스마트폰 뿐만 아니라 무선통신이 가능한 제품에서도 사용 할 수 있도록 영역을 확장시킬 것이다.

참 고 문 헌

[1] 김상기, 박건혁, 전석희, 임성훈, 한갑종, 최승문, 최승진 “3차원가속도데이타를 이용한HMM 기반의 동작인식”, 한국정보과학회, 정보과학회논문지, 제15권 제3호, 2009년.

[2] J. Y Yangm, Y. P. Chen, G. Y. Lee, S. N. Liou, and J. S. Wang, “Activity Recognition Using One Triaxial Accelerometer: A Neuro-fuzzy Classifier with Feature Reduction”, Entertainment Computing, pp. 395- 400, 2007.

[3] S. H. Lee, H. D. Park, S. Y. Hong, K. J. Lee and Y. H. Kim, “A Study on the Activity Classification Using a Triaxial Accelerometer”, IEEE EMBS, pp.2941-2943, 2003.

[4] L. Bao, S. S. Intille, "Activity recognition from user-annotated acceleration data", Lecture Notes In Computer Science, Vol. 3001, pp. 1-17, 2004.

[5] S.-J. Cho, J.-K. Oh et. al, "MagicWand: A handdrawn gesture input device in 3-D space with inertial sensors", Proc. International Workshop onFrontiers in Handwriting Recognition, pp. 106-111, 2004.

[6] IITA, "스마트폰, 무선 멀티미디어 콘텐츠 시장의 기폭“, 정보통신연구진흥원, 학술정보, 주간기술동향 1257호.

[7] 정재훈, “동작기반 리모트 컨트롤러 및 인식강도와 전력소비에 최적화된 모바일기기의 진동설계에 관한 연구”, 석사학위논문, 포항공과대학교, 2007년.

저자 소개

나 영 식(준회원)

- 2005년~현재 을지대학교 의료산업학부 의료전산학전공 학생

<주관심분야 :u-Healthcare, 센서, 무선통신, 스마트폰 등>

정 동 근(정회원)

- 1986년 성균관대학교 전자공학과 졸업
- 1988년 성균관대학교 전자공학과 공학석사
- 1996년 성균관대학교 전자공학과 공학박사
- 1990년~현재 을지대학교 의료IT마케팅학과 교수

<주관심분야 :계측제어, 임베디드시스템 등>

이 기 영(종신회원) : 교신저자

- 제 9 권 3호 참조
- 2009년~현재 한국인터넷방송통신학회 이사
- 1991년~현재 을지대학교 의료IT마케팅학과 부교수

<주관심분야 : u-Healthcare, 공간 데이타베이스, GIS, LBS, USN, 텔레매틱스 등>