

3축 가속도 센서를 이용한 모바일기기의 이동 방향 인식

김선아, 손기락

한국의국어대학교 대학원 컴퓨터 및 정보통신공학과

e-mail : clodiamine@hufs.ac.kr

Directional Motion Recognition of Mobile Devices using a 3-Axis Accelerometer

Sun-Ah Kim, Kirack Sohn

Dept of Computer and Information Communication Engineering, Graduate School, Hankuk University of Foreign Studies

요 약

3축 가속도 센서의 활용이 점차 다양화 되면서 3차원 공간에서의 동작 인식에 대한 개발이 늘어나는 추세이다. 본 논문에서는 모바일기기의 동작을 바탕으로 한 3차원 공간에서의 동작 인식 방법을 제안한다. 동작의 인식은 3축 가속도 센서를 이용하며, 3차원 공간을 14가지 방향으로 나누어서 인식 한다. 기존의 연구에서는 3차원 가속도 데이터를 처리하여 동작을 인식하는 여러 가지 방법만을 제안했을 뿐, 3차원 공간을 방향으로 나누어 접근한 시도는 아직까지 없었다. 본 연구의 이러한 시도는 앞으로 모바일기기에서 사용자 인터페이스를 보다 쉽게 이용할 수 있는 방향으로 활용 가능할 것으로 보인다.

1. 서 론

사람들이 점차 더 편리함을 요구함으로써 센서를 이용한 연구 또한 활발하게 이루어지고 있다. 가속도 센서의 경우 게임기에서 로봇에 이르기까지 쓰이는 곳이 부쩍 늘었으며, 특히 기존에 많이 개발 된 2축 가속도 센서 보다는 3축 가속도 센서에 대한 개발이 많아지고 있다.

3축 가속도는 X, Y, Z 축을 통하여 센서의 3차원적인 움직임을 감지할 수 있고, 이는 실세계에서 사람의 움직임에 더욱 가깝기 때문에 최근 그와 관련된 연구들이 이슈가 되고 있다.

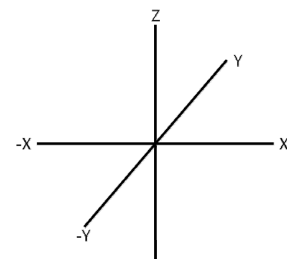
이러한 연구의 일환으로 기존의 2차원적인 움직임 감지를 3차원 움직임 감지로 발전시키는 것도 있을 수 있다. 모바일기기의 경우에도 이전의 스마트폰은 터치 위주의 실행이 많은 반면 최근에는 특정 동작을 감지하여 화면을 전환하거나 실행하는 기술이 늘어나고 있는 추세이다. 일부 어플리케이션에서 쓰이는 스마트폰을 직접 움직여서 동작하는 것들은 3차원적인 움직임의 감지라고 보기 보다는 특정 동작을 인식하는 방식이라고 볼 수 있다. 이처럼 최근까지의 연구들도 3축 가속도 센서의 동작을 감지하는 방법을 제안한 논문들은 많이 있었지만 좌, 우, 상, 하, 앞, 뒤의 선형 이동과 자이로 센서를 함께 이용한 회전 이동을 감지할 뿐 3차원 공간을 분할하여 접근한 시도는 없었다.

본 논문에서는 3차원 공간상에서 X, Y, Z 축 3개의 축을 모두 이용하여 센서의 움직임을 3차원적으로 나타내

보려고 한다. 이 때 각 축의 -, +방향을 고려하여 6가지 방향을 나타내고, 세 개의 축이 만드는 평면으로 공간을 나누어 방향을 고려할 것이다. 각 축이 나타내는 방향과 3개의 축이 만드는 8개의 평면상에서의 방향을 고려하여 총 14가지 방향으로 센서의 동작을 인식 한다. 이러한 시도는 모바일기기의 동작 인식을 더욱 다양화 할 수 있을 것이며, 사용자 인터페이스와 다양한 어플리케이션 개발에 활용될 것으로 예상되어 진다.

2. 관련 연구

3차원 공간상의 방향을 파악하기 위해서 3차원 공간 좌표를 알아야 한다. (그림 1)은 3차원 공간 좌표를 나타낸다.

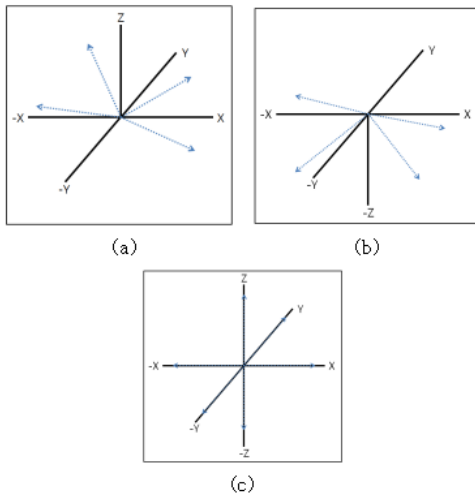


(그림 1) 3차원 공간 좌표

3차원 공간 좌표에서 나타낼 수 있는 방향은 총 14가지이다.

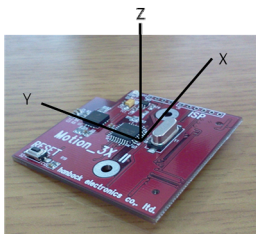
(그림 2)-(a) 에서처럼 Z축이 +일 때 XY평면상에 4가

지 방향을 갖는다. 이와 마찬가지로 Z축이 -일 때 역시 (그림 2)-(b)와 같이 4가지 방향을 갖게 된다. 이를 3차원 평면으로 보았을 때 (그림 2)-(a)는 XYZ, -XYZ, X-YZ, -X-YZ 평면을 나타내고, (그림 2)-(b)는 XY-Z, -XY-Z, X-Y-Z, -X-Y-Z 평면을 나타낸다. 이처럼 3차원 공간상에서 8개의 평면으로의 방향이 나타나게 된다. 또한 X, Y, Z 각 축으로의 방향이 있는데 이는 (그림 2)-(c)와 같이 X, -X, Y, -Y, Z, -Z로의 방향이 된다. 이렇게 앞서 설명한 8가지 방향과 각 축으로의 6가지 방향을 더해 총 14가지 방향을 나타낼 수 있다.



(그림 2) 3차원 공간상의 방향

3축 가속도 센서는 3개의 축을 가지고 있는 가속도 센서이다. 연구에서 사용된 가속도 센서는 중력가속도 g를 이용하여 가속도를 측정하는 방식이다. g의 변화량에 따라 가속도 값이 변화하고, 중력 가속도를 이용하기 때문에 기울기의 변화에도 가속도 값이 변하게 된다. 따라서 센서의 이동을 감지하기 위해서는 기울기의 변화를 최소화 시키는 노력이 필요하다. (그림 3)은 3축 가속도 센서의 좌표계를 나타낸다. 이 센서는 3장에서 설명하는 Motion_3X II 센서이다.

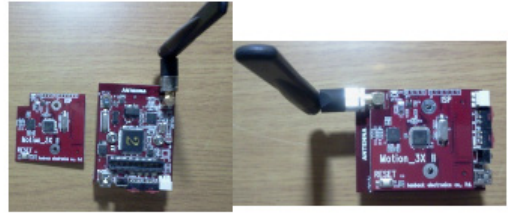


(그림 3) 3축 가속도 센서의 좌표계

3. 하드웨어 환경

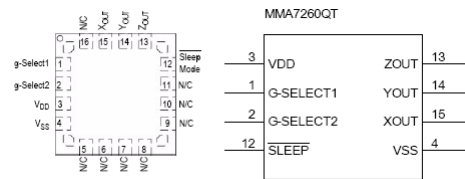
본 연구에서는 한백전자에서 제작된 ZigbeX II 시리즈의 BaseSensor에 3축 가속도를 측정할 수 있는 Motion_3X II 옵션 모듈을 장착하여 사용하였다. (그림 4)

는 Motion_3X II 옵션 모듈을 부착한 모습이다.



(그림 4) BaseSensor + Motion_3X II

Motion_3X II 옵션 모듈은 3축의 각 가속도를 측정하기 위해 FreeScale 사의 MMA7260QT 가속도 센서를 이용한다. 해당 센서는 X, Y, Z 축의 각 가속도 정보를 전압 레벨로 출력해주고 해당 출력 핀들은 Atmega8 CPU의 ADC 핀에 연결되어 분석 된다. MMA7260QT 가속도 센서가 측정할 수 있는 가속도 범위는 1.5g부터 6g까지이며, 한백전자에서 개발된 Motion_3X II 옵션 모듈은 6g를 선택하여 각 가속도를 계산한다. 이 때 해당 펌웨어는 처음 전압이 가해졌을 때 측정된 X 축, Y 축 각 가속도를 0g로 가정하고, Z 축은 1g로 가정하여 각 가속도를 계산한다. (그림 5)는 MMA7260QT 가속도 센서를 보여준다.



(그림 5) MMA7260QT

4. 알고리즘

이 장에서는 센서의 이동 위치 추적을 위해 사용된 알고리즘들을 소개한다.

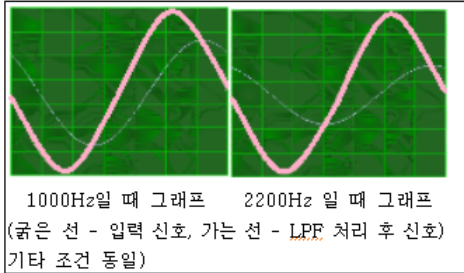
4.1 가속도 측정

가속도 값을 측정하기 위해서는 Zero Reference를 알아야 한다. Zero Reference는 센서를 움직이지 않고 가만히 놔두었을 때의 값을 말하며, 센서의 이동시 발생하는 가속도를 파악하기 위해 필요하다. 이 때 Zero Reference를 알기 위해 Calibration 작업을 수행해야 한다. Calibration 작업은 센서를 가만히 놔두었을 때의 값을 일정 횟수 측정하여 그 평균값을 구하고, 그 값을 기준 값으로 정하는 과정이다. Calibration 과정을 거친 후에는 Sample Signal에서 Zero Reference의 값을 뺄으로써 실제 가속도 값을 구할 수 있다.

실제 가속도 값을 구한 후에는 필터링 작업이 필요하다. 실제로 측정된 가속도 값은 항상 정확한 값을 가지지는 않는다. 그 이유는 전압의 이상이나 기타 이유로 비정상적으로 큰 노이즈 값이 나올 수 있다. 또한 움직임이 없는 상태에서도 작은 양의 값의 변화가 발생하기 때문이다. 따라서 이들을 필터링 과정을 거쳐 걸러주어야 한다.

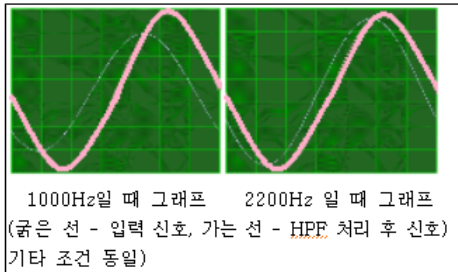
4.2 Low/High Pass Filtering

정확한 가속도 값을 구하기 위해서 필요한 필터링 기법으로는 Low Pass Filtering(LPF)[1]와 High Pass Filtering(HPF)[1]가 있다. LPF는 특정 범위 내에서 극히 작은 값이나 큰 값을 제거하는 기법이다. 이 방법은 (그림 6)처럼 높은 주파수를 감쇄 하며, 센서를 움직일 때 흔히 값이 된다고 표현하는 노이즈를 감소시켜 값이 누적되면서 생기는 위치의 오차를 보정해 준다.



(그림 6) Low Pass Filter(LPF)[1]

HPF는 LPF와는 반대로 주위의 값과 크게 차이가 나지 않는 값들을 제거하는 기법이다. 이 방법은 센서가 이동을 하지 않을 때 생기는 작은 노이즈를 제거함으로써 센서가 멈춰있는 것을 감지할 때 사용된다. (그림 7)은 HPF의 이론을 나타내고 있다. 고주파의 신호가 들어왔을 때 입력 신호와 더 근사한 값을 갖는 것을 그래프를 통해 확인할 수 있다.



(그림 7) High Pass Filter(HPF)[1]

4.3 Positioning

필터링을 통해 노이즈 값을 제거한 후에는 이중 적분을 통하여 속도와 위치 값을 구해야 한다. 이 때 포지셔닝을 위한 알고리즘은 Freescale 사에서 제안한 알고리즘[2]을 사용하였다.

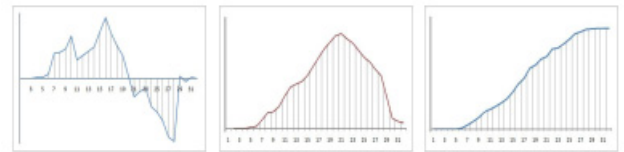
$$v = \int (\vec{a})dt \text{ and } \vec{s} = \int (\vec{v})dt \therefore \int (\int (\vec{a})dt)dt$$

위의 식은 \vec{s} 를 구하기 위하여 \vec{a} 를 이중적분 하는 수식이다.

먼저 가속도를 속력으로 바꾸기 위하여 적분하는 과정에서 이전 샘플링 값과, 현재의 샘플링 값 사이에 데이터 손실이 생기게 된다. 이는 속력을 위치 값으로 변환하기 위한 적분에서도 동일하게 나타난다. 이러한 데이터 손실은 현재의 샘플링 값에 |현재 값 - 이전 값| / 2 한 값을

더해서 해결 한다. 그 후 4.1에서 설명한 Zero Reference 를 빼주면 실제 가속도 값을 구할 수가 있다. (그림 8)은 이러한 적분을 거쳐 구해진 샘플그래프들이다.

그림에서 보는 것과 같이 가속도 값은 음수 값을 가지게 된다. 이러한 것은 센서가 계속해서 더 빠르게 움직이는 것이 아니기 때문에 이동속도가 느려짐에 따라 나타날 수 있으며 이는 두 번째 그림인 속력의 하향 곡선과도 관계가 있다. 하지만 속력은 음수 값을 가질 수 없고, 양수 좌표에서 포물선을 그리게 된다. 위치 값은 음수 값을 가질 수 없는 점이 속력과 같지만 위치는 계속해서 변화를 하는 것이기 때문에 값이 커지기만 하는 상승곡선을 이루게 된다.



(그림 8) 가속도, 속력(1차 적분), 위치(2차 적분)

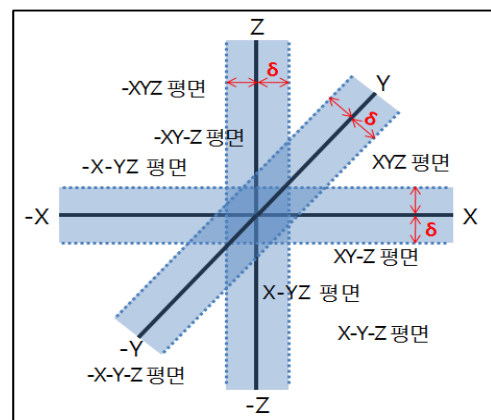
4.4 동작 멈춤 인지

시작점으로부터 어느 방향으로 센서가 이동을 하였는지 알기 위한 기준으로 한 번의 동작을 감지하기 위해 동작의 멈춤을 알아야 한다. 이는 센서가 움직이기 시작한 후 멈춤 때까지를 한 번의 동작으로 정할 수 있게 한다. 또한 적은 노이즈들의 누적 값이 센서의 방향 감지를 방해하는 것도 상당 부분 막을 수 있다. 멈춤을 감지함으로써 센서의 속력을 0으로 초기화 해주기 때문이다.

동작의 멈춤 인식은 임의의 상수 EPSILON 보다 작은 가속도 값이 연속적으로 n번 나타났을 때 이를 움직임이 없는 것으로 간주하고 속력을 0으로 만든다.

5. 실험

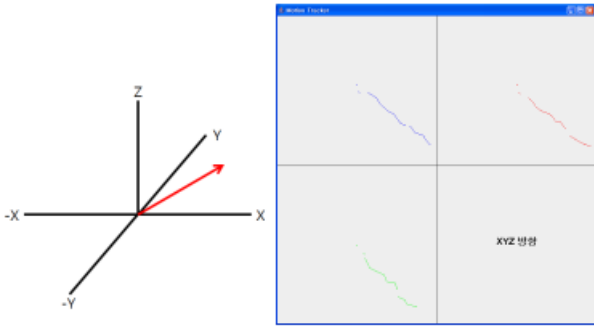
실험은 Cygwin 환경에서 수행되었다. TinyOS2.x 기반이며, NesC와 JAVA를 사용하였다.



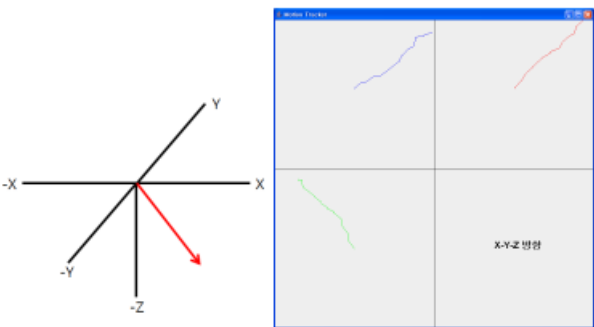
(그림 9) 3차원 좌표 평면에서의 방향 인지

여기서 14가지 방향을 인지하는 방법은 (그림 9)를 바탕으로 한다. 2개의 축을 이용하여 2차원 공간을 나타낼

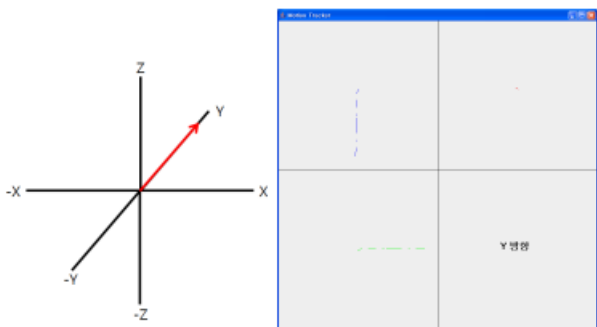
수 있고, 이 때 특정 방향으로 δ 범위 밖으로 이동하게 되면 이를 방향이동으로 판단하게 된다. 2차원 공간에서 나타날 수 있는 방향은 (그림 9)의 XZ 좌표가 나타내는 4가지 방향이며, 이를 바탕으로 그림을 회전 하면 XY 좌표 평면과, YZ 좌표 평면 기준에서의 방향도 나타난다. 2차원 평면에서 δ 의 범위 내로 이동한 것은 단일 축 방향으로 이동한 것으로 판단할 수 있으며 3개의 축이 모두 δ 범위를 벗어나지 않는다면 움직임이 없을 때의 Noise로 판단을 하고, 0으로 감쇄 시켜 동작 멈춤을 인지할 수 있도록 한다.



(그림 10) +Z로의 이동($\pm X \pm YZ$)



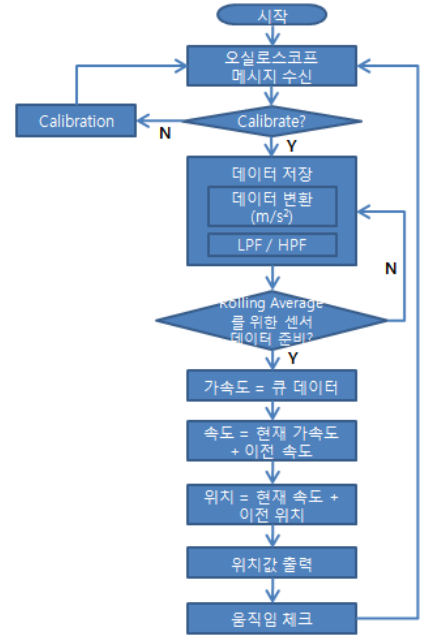
(그림 11) -Z로의 이동($\pm X \pm Y - Z$)



(그림 12) Y축으로 이동

(그림 10), (그림 11), (그림 12)는 실험 결과를 나타낸 그래프이다. 그래프에서는 XY, XZ, YZ 평면상에서의 움직임을 나타내고 있고, 14가지 방향 중 하나의 방향을 감지하여 텍스트로 표현해 주고 있다.

(그림 13)은 본 연구에서 수행한 실험 과정을 흐름도로 나타낸 것이다.



(그림 13) 3축 가속도 센서를 이용한 동작 인식 흐름도

6. 결론 및 추후 연구 방향

본 연구에서는 3축 가속도 센서를 이용하여 3차원 공간상에서의 동작 인식에 대해 알아보았다. 총 14개 방향으로의 동작을 인식을 하고 있으며, 3차원 공간을 방향으로 접근한 시도는 이전에 없었다. 이러한 시도가 앞으로 방향에 따른 동작을 인식한 후에 추가적인 작업을 수행하는데 바탕이 될 것으로 예상되어 진다.

참고문헌

- [1] <http://www.st-andrews.ac.uk/physics>
- [2] Kurt Selfert and Oscar Camacho "Implementing Positioning Algorithms Using Accelerometers" Freescale Semiconductor 2007.
- [3] 김상기, 박건혁, 전석희, 임성훈, 한갑중, 최승문, "3차원 가속도 데이터를 이용한 HMM 기반의 동작인식", 한국정보과학회, 정보과학회논문지:컴퓨팅의 실제 및 레터 제 15권 제 3호, pp. 216~220, 2009, 3.
- [4] 황주원, 민준기, 조성배, "모바일 UI를 위한 3축 가속도 신호의 비선형 분석과 동적 베이지안 네트워크기반 손목 움직임 인식", 한국정보과학회, 정보과학회논문지:컴퓨팅의 실제 및 레터 제 17권 제 4호, pp. 284~288, 2011, 4.
- [5] (주)한백전자 기술연구소, "ZigbeX를 이용한 유비쿼터스 센서 네트워크 시스템", ITC, 2008.