

VR 사용자의 높은 몰입감을 위한 9축센서 데이터의 보정

김동민 · 임지용 · 오암석

동명대학교

Calibration of 9 axis sensor data for high immersion feeling of VR user

Dong-min Kim · Ji-yong Lim · Am-suk Oh

Dongmyung University

E-mail : ato1123@nate.com, asoh@tu.ac.kr

요 약

4차 산업혁명의 핵심 기술인 가상현실(Virtual Reality)과 증강현실(Augmented Reality)의 발달로 인해 VR/AR 시장이 크게 성장하였다. 한국과학기술기획평가원(KISTEP)이 발표한 보고서에 따르면 2022년 전 세계 VR/AR 시장은 1050억 달러 규모로 성장하게 된다고 명시했다. VR/AR 시장 성장의 중요한 핵심은 사용자의 몰입감이다. VR은 디스플레이와 생체신호인식을 위한 센서 등 하드웨어의 기술의존도가 상당한데 사용자의 몰입감을 향상시키기 위해서는 센서의 데이터를 보다 정확하고 빠르게 디스플레이 기기에 전송하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 VR의 센서 하드웨어 의존도를 고려하여 센서 디바이스를 이용하여 사용자 움직임이 디스플레이에 완전히 반영되는 시간 MTP(Motion to Photon)을 낮추기 위한 여러 가지 보정방법과 필터링에 대한 비교 실험을 진행하였다.

ABSTRACT

The VR / AR market has grown significantly due to the development of Virtual Reality and Augmented Reality, the core technologies of the Fourth Industrial Revolution. According to a report released by the Korea Science and Engineering Corporation (KISTEP), the global VR / AR market will grow to \$ 105 billion by 2022. An important key to the growth of the VR / AR market is user immersion. VR is dependent on technology of hardware such as display and sensor for biometric signal recognition. In order to improve user's immersion feeling, it is important to transmit sensor data to display device more accurately and quickly. In this paper, we consider various sensor hardware dependencies of VR, and compare various correction methods and filtering methods to lower the Motion to Photon (MTP) time that user movement is fully reflected on the display using sensor devices.

키워드

AHRS, VR/AR, MPU, 9-axis sensor

I. 서 론

가상현실(Virtual Reality) / 증강현실(Augmented Reality)이란 실제로 존재하지 않는 현실을 구현하고 인간이 이를 인지, 감지 할 수 있도록 하는 기술을 의미한다. AR은 실제 현실에 가상의 정보가 가미되는 반면, VR은 100% 허구적 상황이라는 점에서 사용감이나 응용성 측면의 차이가 있으나 개념적, 기술적, 생태계적 유사성으로 인해 관련 시장으로 보는 경향이 높다. 한편 VR/AR 기술은 다양한 산업에 적용되어 새로운 부

가가치를 창출하고 생활, 업무 방식의 변화를 가져올 것으로 기대된다. 2010년 이후 빠르게 성장해 온 세계 VR/AR 시장은 2020년 까지 성장세를 유지할 전망이다. 한국과학기술기획평가원(KISTEP)이 발표한 보고서를 따르면 세계 VR/AR시장은 1050억 달러 규모로 성장하게 된다고 명시했다. 향후 VR/AR 산업 활성화를 위해서는 대중적 호감도를 제고하는 킬러 콘텐츠와 장비 보급이 필수적이라는 인식이다. 때문에 구글, 삼성, 폭풍마경 등 가격 장벽을 낮춘 보급형 장비를 제시하고 있다. 보급형 장비로는 HMD등 디바이스와 사용자 입력기

기(컨트롤러)가 있는데 이는 생체신호인식을 위한 센서 등 하드웨어의 기술의존도가 상당하다. 현재 보급형 장비는 영상 전송 속도의 문제가 있다. 사용자는 센서에서 읽은 데이터를 디스플레이를 통해 VR/AR을 체험하게 되는데 이때 인간의 인지에 영향을 주지 않으려면 사용자의 움직임이 디스플레이에 완전히 반영되는 시간 MTP(Motion to Photon)를 20ms 이하로 낮춰야[1] 하고 센서에서 읽은 값이 정확해야 한다. 따라서 본 논문에서는 하드웨어 기술의 의존도가 높은 VR/AR 환경을 고려해 센서 디바이스를 이용해 정확한 데이터와 MTP를 낮추기 위해 여러 가지 보정 방법과 필터링을 비교 실험을 진행하였으며, 하드웨어의 최적의 환경을 찾는다.

II. 관련연구

2.1 3차원 공간에서 물체의 3축 회전

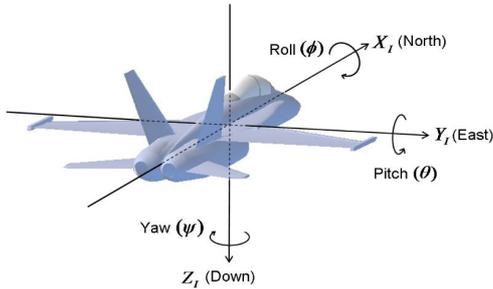


그림 1. 3차원에서 물체의 3축 회전각

그림1은 공중이라는 3차원 공간에서 물체의 기본 3축에 대한 회전을 의미하는 Roll, Pitch, Yaw를 설명한다.

·롤(Roll)
x축의 구르는 회전을 의미한다.

·피치(Pitch)
야구선수가 공을 던지는 것과 같은 방향이라는 의미로, 위아래 회전을 의미한다.

·요(Yaw)
손목 좌우 회전을 의미한다. 축으로 말하면 손바닥과 손등을 꿰뚫는 연장선을 축으로 하는 회전을 의미 한다.

2.2 상보 필터(Complementary Filter)

상보 필터는 가속도와 자이로의 형태를 가진다. 가속도는 시간에 따른 속도의 변화량이고 자이로는 각속도를 측정, 즉 특정 축을 기준으로 회전하는 속도를 나타낸다. 가속도 센서는 주로 어느 정도 기울어졌는지 각도 측정에 사용되고 이때 각도는 중력 가속도를 이용한다. 연직방향으로 작용하

는 중력을 어느 각이 어느 정도 받고 있는지를 이용해 기울기를 측정한다. 측정 방법으로는 z축과 다른 축의 값을 atan2 연산하면 연직방향에 비해 얼마나 기울어 졌는지를 알 수 있다. 하지만 어느 방향으로든 움직일 경우 그 방향으로 가속도가 발생하기 때문에 센서의 값에 오차를 주게 된다. 자이로 센서는 센서 값을 적분하면 각도를 얻을 수 있다. 하지만 자이로 센서 자체에도 오차가 존재하기 때문에 매 순간 조금의 오차를 적분하기 때문에 측정된 각도가 틀어지는 드리프트 현상이 나타난다. 가속도 센서와 자이로 센서를 합쳐 이상적인 값을 얻는 것을 상보 필터라 하고 아두이노와 같은 저성능 보드에서도 잘 동작한다. 상보필터의 수식은 다음과 같다.[2]

$$Ang_1 = 0.98 \times (Ang + gyrData \times dt) + 0.02 \times (accData) \quad (1)$$

Ang1 : 출력할 각도

Ang : 매번 업데이트 되는 값

gyrData : 자이로 값

dt : 적분할 시간

accData : 가속도를 이용한 각도 데이터

2.3 칼만 필터(Kalman Filter)

칼만 필터는 루프만 칼만(Rudolf E. Kalman)이 1960년대 초 개발한 필터로 과거의 정보와 새로운 측정값을 사용하여 측정값에 포함된 잡음을 제거시켜 최적의 값을 추적하는데 사용하는 알고리즘이다. 선형적 움직임을 갖는 대상에 재귀적으로 동작한다.[4] 이는 누적된 과거 데이터와 현재 얻을 수 있는 최선의 측정치로 현재 상태를 추정하고자 함으로 결국, 자연계의 움직임은 어느 정도 예측 가능하고 일반적 움직임의 물성을 갖기 때문이다. 선형 시스템은 행렬 연산을 가능하게 만들고 잡음은 시간에 영향이 없는 백색 잡음이고 정규 분포표를 따라야 한다. 칼만 필터는 크게 2가지 구조를 가지고 있다. 예측(Prediction)단계와 보정(Update)단계이다. 예측 단계에서는 이전시간에 추정된 상태에 따라 사용자 입력이 들어왔을 경우 예상되는 상태를 계산한다. 보정단계에서는 앞의 예측 상태와 실제 측정 상태를 토대로 정확한 상태를 계산한다. 즉, 예측과 보정 단계를 반복적으로 수행해 올바른 값으로 유도된다.

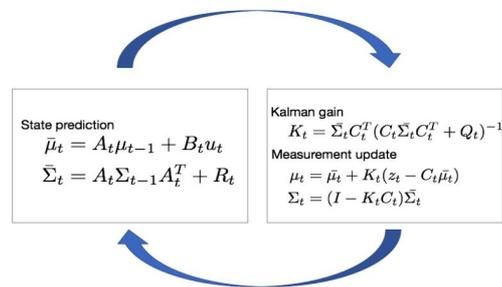


그림 2. 칼만 필터의 순환 단계 과정

그림2는 칼만 필터의 예측 단계와 보정 단계의 반복으로 수행되는 공식을 보여준다.

부터 값을 받아들여 외부 전자 장치들을 제어 하는 역할을 한다.

III. 하드웨어 구성

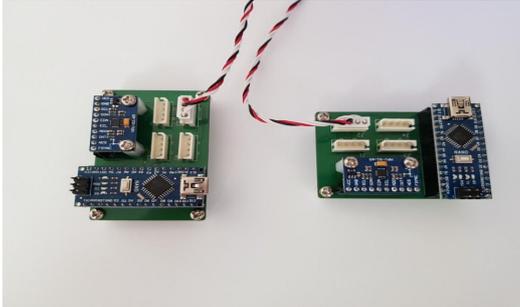


그림 3. 전체 하드웨어 구성

그림3은 전체 하드웨어의 구성이다. 데이터 테스트를 위해 간단하게 MPU-9250과 아두이노 나노를 결합해 하나의 하드웨어로 구성했고 2개의 하드웨어를 결합한 상태이다.



그림 4. MPU-9250 9축 센서

그림4는 9축 센서 MPU-9250의 모습이다. 9축 센서는 가속도계, 자이로계, 지자기계를 모두 포함하고 벡터 형태의 자료로 값을 나타낸다(단위 변환 필요)[3].

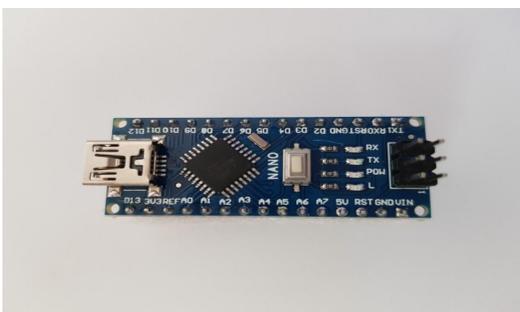


그림 5. 아두이노 나노(NANO)

그림5는 MPU-9250 센서와 연결을 위한 아두이노 나노(NANO)의 모습이다. 나노의 역할은 센서로

IV. MPU-9250 센서 비교 실험

4.1 상보 필터와 센서 각도 비교

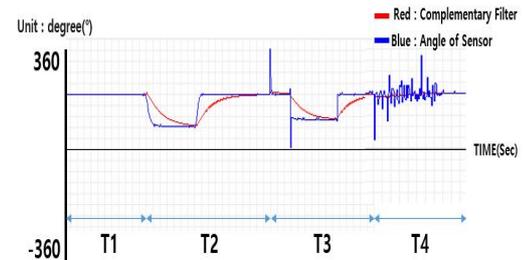


그림 6. 상보 필터와 센서값 비교

그림6은 MPU-9250센서로 각도를 구한 그래프와 상보 필터를 적용한 각도의 그래프이다. 빨강 그래프는 상보필터 적용, 파랑 그래프는 센서로 구한 각도이다.

- T1구간은 정지 상태이다. 이때는 오차 없이 두 그래프가 일치하는 모습을 볼 수 있다.
- T2구간은 센서를 천천히 일정한 각도로 변화한 후 정지한 모습이다. 센서로 구한 각도는 변화를 민감히 잡아내지만 가속도와 자이로 적분의 문제가 남아있다.
- T3구간은 빠른 시간에 각도를 변화한 그래프이다. 파랑 그래프가 급변하는 시점이 센서를 움직인 곳이고 이 그래프는 원래의 각 보다 더 크게 나타내서 안정적이지 않다.
- T4구간은 센서에 진동과 충격이 가해진 상황이다. 상보필터는 진동과 충격에 강한 모습을 보였지만 센서로 구한 값은 많은 수치 변화를 보였다.

4.2 상보 필터와 칼만 필터 비교

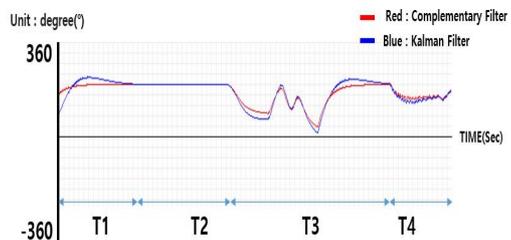


그림 7. 상보 필터와 칼만 필터 비교

그림7은 상보 필터와 칼만 필터를 비교한 그래프이다. 빨강 그래프는 상보 필터 파랑 그래프는 칼

만 필터를 적용한 결과이다.

- T1구간은 센서를 처음 작동 했을 때의 올바른 값을 찾아가는 과정이다. 상보필터는 칼만 필터 보다 연산이 적어 비교적 칼만 보다 빠르게 값을 찾아간다.
- T2구간은 정지 상태이다. 두 필터들은 오차를 내지 않고 정확한 값을 출력한다.
- T3구간은 센서를 움직이는 경우이다. 두 필터 모두 센서의 움직임에 정확하게 반응하는 모습을 볼 수 있는데 상보의 경우 칼만 보다 빠르게 계산되고 칼만은 원래의 센서 각도 보다 더 많은 측정값을 나타내다 서서히 올바른 값으로 찾아가는 현상이 나타남.
- T4구간은 진동 상태이다. 두 필터 모두 떨리는 상태의 각도를 정확하게 나타낸다.

4.3 상보 필터와 칼만 필터의 처리시간

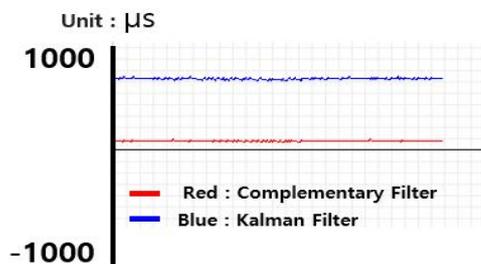


그림 8. 상보 칼만의 처리시간 비교

그림8은 상보 필터와 칼만 필터의 처리시간의 비교 그래프이다. 빨강 그래프는 상보 필터 파랑 그래프는 칼만 필터이다. 측정 단위는 마이크로초(μ s)로 100만 분의 1초를 말한다. 상보 필터는 평균 75μ s 정도가 나왔고, 칼만 필터의 경우 평균 635μ s로 약 560μ s 정도 차이가 난다.

V. 결 론

센서에서 들어오는 값들을 정확하고 빠르게 처리하기 위해 상보 필터와 칼만 필터 2가지 방법으로 적용했으며, 이 둘의 데이터를 비교하였다. 필터를 적용한 이유는 각 센서계 마다 문제점이 있기 때문이고 가속도 센서는 민감하게 측정하지만 충격과 진동에 취약하고 각속도 센서는 적분하는 과정에서 오차가 누적되는 드리프트 현상이 발생한다. 이 두 가지의 장점을 살려 측정값을 나타내는 필터가 필요한 이유가 드러났고 대표적인 상보 필터 칼만 필터를 사용하여 비교하였다. 상보필터는 칼만 필터에 비해 연산과정이 단순하고 속도가 빠르다는 장점이 있고 아두이노와 같은 저성능 보드에서도 잘 작동한다. 칼만 필터는 누적된 데이터

와 현재의 데이터를 이용해 최선의 측정치로 현재를 추정하는 필터이다. 상보 필터보다 연산과정이 많아서 속도가 느리다는 단점이 있다. 두 필터를 이용한 결과 비슷한 결과를 출력했지만 출력 속도의 차이가 있었다. 대표적인 2가지 필터로 실험을 진행하였지만 파티클 필터, 베이지안 필터 등 다른 필터들도 적용해보며 저성능 보드에서의 최적의 환경 찾아야 한다.

Acknowledgements

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF - 2017R1D1A3B03034438)

References

- [1] S. W. Choi, "Prediction Filter Design for Latency Reduction of Head Mounted Displays using Time Sequential Motion-to-Photon Latency Data", Sogang University graduate school, 2018.
- [2] H. G. Min, "Design of Complementary Filter using MEMS-type Gyroscope and Accelerometer," Changwon University graduate school, 2011.1
- [3] S. Y. Bae, "A Study on the Driving information system of bike by using 3-axis acceleration sensor," Graduate School of Chungju National University, 2012.