

VR 환경을 고려한 동작 및 위치 인식에 관한 연구

오암석*

A Study on Motion and Position Recognition Considering VR Environments

Am-suk Oh*

Department of Media Engineering, Tongmyong University, Busan 48520, Korea

요 약

본 논문에서는 체험형 VR 환경을 고려한 동작 및 위치 인식 기법을 제안한다. 동작 인식은 신체부위에 복수개의 AHRS 디바이스를 부착하고 이를 기준으로 좌표계를 정의한다. 각각의 AHRS 디바이스로부터 측정되는 9축 움직임 정보를 기반으로 사용자의 동작을 인식하고 신체 분절 간의 관절각을 추출하여 동작을 보정한다. 위치인식은 AHRS 디바이스의 관성센서를 통해 보행 정보를 추출하여 상대위치를 인식하고 BLE Fingerprint를 이용하여 누적오차를 보정한다. 제안하는 동작 및 위치인식 기법의 구현을 위해 AHRS기반의 위치인식과 관절각 추출 실험을 진행하였다. 위치 인식 실험의 평균 오차는 0.25m, 관절 각 추출 실험에서 관절 각 평균 오차는 3.2°로 나타났다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a motion and position recognition technique considering an experiential VR environment. Motion recognition attaches a plurality of AHRS devices to a body part and defines a coordinate system based on this. Based on the 9 axis motion information measured from each AHRS device, the user's motion is recognized and the motion angle is corrected by extracting the joint angle between the body segments. The location recognition extracts the walking information from the inertial sensor of the AHRS device, recognizes the relative position, and corrects the cumulative error using the BLE fingerprint. To realize the proposed motion and position recognition technique, AHRS -based position recognition and joint angle extraction test were performed. The average error of the position recognition test was 0.25m and the average error of the joint angle extraction test was 3.2°.

키워드 : 가상현실, 위치인식, 동작인식, AHRS, 관성측정장치, 핑거프린트

Key word : Virtual Reality, Location Tracking, Motion Tracking, Attitude & Heading Reference System, Inertial Measurement Unit, Fingerprint

Received 03 November 2017, Revised 09 November 2017, Accepted 10 November 2017

* Corresponding Author Am-Suk Oh(E-mail:asoh@tu.ac.kr Tel:+82-51-629-1211)

Department of Media Engineering, Tongmyong University, Busan 48520, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.12.2365>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

가상현실은 최근 ICT 관련 기술의 발전으로 디바이스와 게임 소프트웨어 시장이 주류를 이루었으나 다양한 콘텐츠와 소프트웨어가 확대되면서 소프트웨어 시장이 전체 가상현실 시장의 성장을 주도할 것으로 예상된다.

HMD의 보급으로 VR 콘텐츠를 경험하고 있으나, 적지 않은 사람들이 VR의 몰입감 저하 및 부작용을 경험하고 있다. 이와 같은 현상은 대부분 VR 영상을 통해 전달되는 움직임이 실제 운동 정도 및 반응과 일치하지 않기 때문에 발생한다. 이에 최근 VR의 효과를 극대화하기 위해 가상공간에서의 상황이나 환경을 사람의 감각 기관을 통해 느끼게 하여 사용자가 상호작용이 가능하도록 하고, 나아가 기존의 물리적 공간이나 장비들을 활용하여 몰입감이나 현장감과 같은 VR의 강점을 강화하는 체험형 VR시스템이 개발되고 있다[1-3].

사용자와 가상공간을 상호 연결시켜주는 하드웨어인 가상현실기기는 HMD와 같은 하드웨어, 컨트롤러, 센서 등으로 구성된다. 대부분 HMD를 중심으로 개발이 이루어지고 있다. 그러나 사용자는 자신의 의지대로 움직이는 신체의 동작을 인식하여 가상공간에서 표현되고, 이를 통해 현실에서처럼 가상공간상 물체들과의 상호작용이 가능하기를 요구하고 있다. HMD와 장갑, 조끼, 총과 같은 컨트롤러만으로는 동작 표현에 한계가 있으며, 몰입도 높은 사용자 체험형 VR의 실현을 위해 사용자의 의도를 정확히 파악하고 표현 할 수 있는 전신동작 추적이 기술이 필요하다. 그리고 동적인 다수의 오브젝트가 실시간으로 상호작용해야하기 때문에 동작 추적과 더불어 정확도 높은 위치 추적이 필요하다[4].

일반적인 경우 보행자를 위한 위치인식 기술은 GPS(Global Positioning System)가 주로 사용되어 왔다. GPS는 위성 기반의 전파 항법장치로서 비교적 정확하고 절대적인 위치를 제공한다. 하지만 실내 혹은 터널 같은 GPS 신호 음영지역에서는 단독으로는 사용이 불가능하다. 이를 해결하기 위하여 WLAN, 블루투스, UWB, 초음파, PDR을 융합한 위치인식 시스템이 연구되고 있다. 특히 Wi-Fi, BLE를 이용한 Fingerprinting 방식과 Trilateration 기법을 활용한 실내 측위 기술이 주목받고 있으며, 위와 같은 측위 기술을 이용한 정밀성 및 효율성에 대한 연구 및 개발이 이루어지고 있다[5,6].

따라서 본 논문에서는 체험형 VR 환경에서의 동작 및 위치 정밀도 향상을 위해 다중 AHRS를 통한 사용자 동작인식과 BLE 핑거프린트를 이용한 위치 인식에 관하여 연구하였다.

II. 관련 연구

2.1. 동작인식기술

사용자가 자신의 신체를 이용해 콘텐츠의 객체와 상호작용하는 기능을 수행하기 위해 머리, 눈 이외에 사용자의 신체 움직임을 추적해 가상공간에 반영할 수 있는 인터페이스 기술을 필요로 한다. 과거에는 장갑형태가 사용되었지만 갈수록 정교해지며 손가락의 움직임을 추적하는 기술로까지 발전되었다. 초기 VR은 HMD를 이용하여 앉아있는 고정된 자세에서 머리 움직임의 방향을 추적하여 360도의 영상을 방향에 맞추어 보여주는 수준이었으나, 모션트래킹 기술과 3D스캔 기술 발달로 인해 실제 공간 안에서 자유로운 이동이 가능하게 되었다[7-9].

그림 1은 오쿨러스 VR사의 오쿨러스 리프트(HMD)를 사용하는 장면이다. 그림 1의 그림과 같이 사용자의 얼굴에 착용하는 HMD 디바이스를 통해 사용자의 머리 움직임을 감지해, 실제 머리를 움직이는 데로 화면이 따라 움직인다. 기존에 눈앞의 화면만 보여주는 HMD와 달리 카메라 트래킹과 옵티컬 트래킹을 통해 시야각을 크게 개선하여 몰입감을 향상시켰다. 이에 더해 양손에 쥐는 입력 도구인 오쿨러스 터치를 통해 보다 직관적으로 VR 콘텐츠와의 상호작용을 가능하게 하였다.



Fig. 1 Oculus VR - Oculus Rift[10]

그림 2는 HTC사의 Vive 제품의 개념도와 Leap Motion 기술을 시연하고 있는 장면이다. 전면부에 달린 적외선 센서와 공간에 설치하는 2개의 라이트 하우스 센서가 사용자의 움직임을 감지하여 가상현실에 반영하는 Room Scale 기술이 구현되었다. 3D 동작컨트롤 기기인 Leap Motion 기술은 손동작을 실시간으로 추적할 수 있어 다양한 VR/AR에 응용된다.

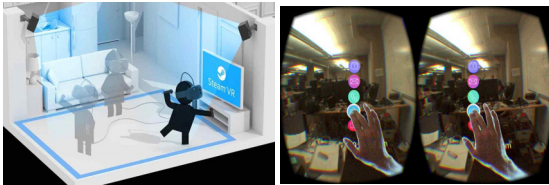


Fig. 2 HTC VIVE Room Scale VR, Leap Motion[11]

2.2. 실내 위치인식기술

현재 실내위치인식 기술은 Wi-Fi와 BLE가 주로 이용되고 있다. 그림3은 3.5m 내에 거리에 따른 Wi-Fi와 BLE의 RSSI 측정값을 보여주고 있다.

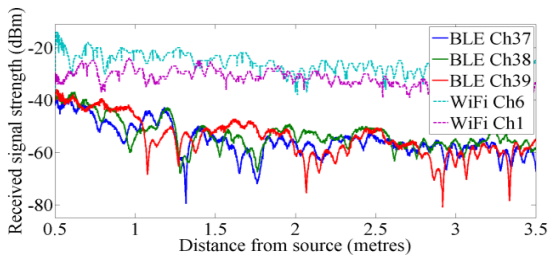


Fig. 3 RSSI Comparison Results between Wi-Fi and BLE within 3.5m[12]

그림3과 같이 BLE의 거리에 따른 RSSI 값은 Wi-Fi에 비해 Fading 현상에 나타나 오차가 많은 것처럼 보이나 BLE의 RSSI 값은 그림 6과 같이 일정 거리 내 거리에 따른 정형적인 Fading 값을 가지고 있으므로 Cell 간 변화율에 신뢰성주어 안정적이며, 간략하다. 반면 Wi-Fi는 불규칙적 Fading을 갖게 되어 인식에 어려움을 갖는다. 국내에서는 WiFi 인프라가 전국적으로 구축되어 있어 이용성이 용이하여 Wi-Fi기반의 Fingerprinting 실내 측위 기술이 가장 널리 활용되고 있다. 그러나 많은 Wi-Fi AP가 필요하며, 그에 따른 설치 유지 및 보수를

위한 비용이 증가하게 된다는 단점을 지니고 있으며 인근의 Wearable 기기 같은 무선 환경 간섭으로 인해 실내 위치 측위에 문제점을 갖고 있다. BLE는 저 전력 기반의 기술이며, Wi-Fi에 비해 보조 장치 없이 비콘만을 이용하여 설치 및 보수성이 경제적이어서 BLE를 이용한 실내 측위 기술에 관한 연구 및 구현이 각광받고 있다[11].

III. AHRS와 BLE Fingerprint를 이용한 위치 인식

현재 실내 위치인식을 위한 다양한 기술이 연구되고 있으나 WiFi나 BLE 중 한 종류의 통신을 이용하여 위치 정확도를 향상시키는 기법에 대하여 연구되고 있다 [13,14].

본 논문에서는 AHRS를 이용한 상대위치 인식방법과 BLE Fingerprint를 이용한 절대위치 인식 방법을 결합하는 위치인식 기법을 제안한다. 제안하는 위치인식 기법은 빠른 위치 업데이트가 가능하고 주기적 위치의 보정을 통해 시간에 따른 누적오차를 제거하여 위치인식과 이동경로의 정확도를 향상시키고자 한다.

그림 4는 제안하는 AHRS와 BLE Fingerprint를 이용한 위치 및 이동 경로 보정 기법의 개념도이다. 상대 위치 인식 방법인 관성센서 기반의 위치 인식 기법의 누적 오차를 개선하기 위해 절대위치 인식 방법으로 블루투스 RSSI 기반의 Fingerprint를 활용한 위치 인식기법을 나타내고 있다.

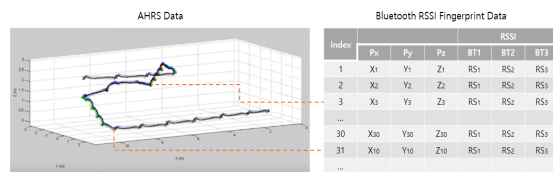


Fig. 4 Position recognition using AHRS and BLE fingerprint

그림 4의 위치 인식 기법은 9축 센서 기반의 AHRS 디바이스를 부착한 사용자의 걸음 수, 보폭 등의 보행 정보를 통해 위치를 인식하는 방법을 기반으로 한다. 보행 정보를 통한 상대위치 인식 방식에는 시간이 지남

에 따라 누적오차가 발생하며, 이를 보정하기 위해 BLE 핑거프린트 맵을 구축하고, 해당 위치에 대한 정보와 보행 기반 위치 정보를 매칭 한다.

제안하는 AHRS와 BLE Fingerprint를 이용한 위치 인식 기법을 구현하기에 앞서 가속도 센서를 이용한 위치 인식에 대한 실험을 진행하였다. 가속도 센서를 실험자의 발에 부착하고 지정한 경로에 따라 이동하였다. 실험 결과 실제 이동 경로와 가속도 센서를 통해 얻은 데이터와의 평균 오차는 0.25m, 칼만 필터를 통해 보정을 한 후 평균 오차는 0.19m로 나타났다. 또한, 이동 속도가 증가함에 따라 오차가 증가함을 볼 수 있었다.

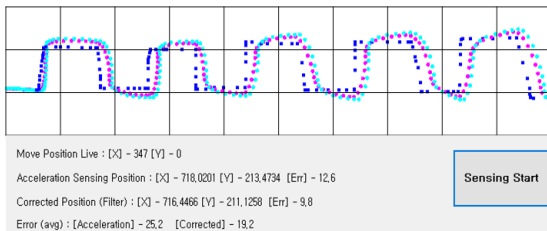


Fig. 5 Position recognition test using acceleration sensor

IV. 다중 AHRS 기반 동작 인식

체험형 VR 시스템에서 사용자의 동작이나 타인의 동작을 표현하기 위한 모션 트래킹은 주요 기술로 작용한다. 현재 많이 활용되고 있는 동작 트래킹 방식으로는 VR 인프라 상에서 깊이 카메라나 적외선 또는 광다이오드를 통해 사람의 신체에 따라 정의된 관절의 위치를 추정함으로써 사용자의 동작을 추적한다. 그러나 이러한 방식은 인프라와 MTL 디바이스 사이의 시각적 장애물이 존재할 경우 동작 추정에 있어 오차를 발생시키며 관절의 위치추정 정보 중 말단에 해당하는 손, 발 등의 추정된 위치는 정지 상태에서도 trembling 현상이 발생하기도 한다.

본 논문에서는 관절의 링크 정보가 수집 가능한 신체 부위에 복수개의 AHRS 디바이스를 부착하고 이를 기준으로 좌표계를 정의하여 각각의 AHRS 디바이스로부터 측정되는 3축 움직임 정보를 기반으로 사용자의 동작을 추정하는 방안을 제안한다. 제안하는 사용자의 자세 추정은 그림 5와 같이 AHRS 디바이스가 장착된

링크의 지역 좌표계 대비 동체 좌표계의 상대 자세정보를 측정하여 링크정보와 결합함으로써 각 관절의 위치를 계산하여 링크 좌표의 위치를 검출한다.

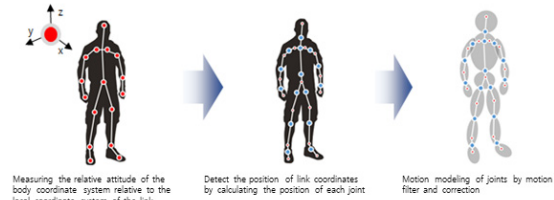


Fig. 6 Multiple AHRS based Motion Tracking

이때, 동작의 인식 및 정밀성을 보장하기 위한 데이터 필터를 통한 각 관절의 이동 변위 보정이 필요하다. 이에 생체역학 측정값인 신체 분절 간의 관절각을 추출하여 각 관절의 위치정보에 대한 사용자 동작 추적 데이터를 보정해야 한다.

그림 6은 인접한 분절(segment)간의 관절각(joint angle)을 구하는 알고리즘에 대한 개념도로서 경골(tibia) 및 대퇴골(femur)사이의 관절각을 예시로 나타낸 것이다.

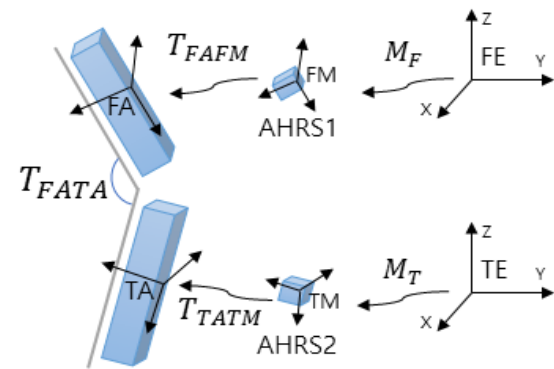


Fig. 7 Extraction of joint angle

그림7에서 TA(Tibia Anatomical)는 경골, FA(Femur Anatomical)는 대퇴골 부위를 나타내고, 각 센서의 축은 TM(Tibia Measurement), FM(Femur Measurement)으로 표기하였다. 각 센서 축을 하나의 축으로 변환하기 위한 변환 행렬 T_{TATM} 은 센서 축에서 경골 축으로 변환된 행렬이고, T_{FAFM} 은 대퇴골 축으로 변환된 행렬을

의미한다. 최종적으로 두 센서의 사이각을 나타내는 행렬은 식(1)으로 나타낼 수 있다.

$$T_{FATA} = T_{FAFM} M_F S M_T^{-1} T_{TATM}^{-1}$$

$$T_{FAFM} = T_{TATM} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

식(1)에서 S는 두 지자기 센서(FE, TE) 사이의 얼라인먼트(alignment)행렬이고, M_F, M_T는 지구 축에 대한 대퇴골과 경골의 방위를 나타내는 행렬이다.

$$Flexion/Extension = \tan^{-1}_2 \left(\frac{-T_{FATA(2,3)}}{T_{FATA(3,3)}} \right)$$

$$Abduction/Adduction = \sin^{-1}(T_{FATA(1,3)}) \quad (2)$$

$$Internal/External = \tan^{-1}_2 \left(\frac{-T_{FATA(1,2)}}{T_{FATA(1,1)}} \right)$$

T_{FATA} 행렬의 항들을 이용하여 식(2)와 같이 관절각인 굴곡/신전(flexion/extension), 외전/내전(abduction/adduction), 내회전/외회전 (internal/externalrotation) 각도를 구할 수 있다.

본 논문에서는 두 개의 관성 센서를 다리에 부착하고, 위의 식을 통해 관절각을 추출하는 실험을 진행하였다. 그림 8은 추출한 관절각(y축)인 flexion/extension, abduction/adduction, internal/ externalrotation을 시간(x축)에 따라 나타낸 그래프이다. 관절각의 평균 오차는 3.2°로 나타났다.

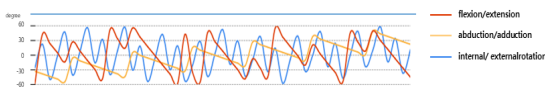


Fig. 8 Joint angle extraction using two AHRS

V. 결론

본 논문에서는 체감형 VR환경에서 사용자의 몰입감 향상을 위한 동작 및 위치의 정밀도를 증대시키기

위해 9축 관성측정장치 기반의 AHRS를 활용하여 동작과 위치를 인식하는 기법을 제안하였다. 위치 인식 기법으로는 상대위치 인식방법인 보행추적을 기반으로 위치를 인식하고, 절대위치 인식 방법인 BLE 핑거프린트를 활용하여 누적오차를 제거함으로써 위치 인식의 정확도를 향상시킨다. 동작 인식 기법으로는 신체부위에 다수의 AHRS 디바이스를 부착하고 이를 기준으로 좌표계를 정의하여 각각의 AHRS 디바이스로부터 측정되는 9축 움직임 정보를 기반으로 사용자의 동작을 인식한다. 동작 인식의 정밀도 향상을 위해 신체 분절 간의 관절각을 추출하여 각 관절의 위치정보에 대한 사용자 동작 데이터를 보정한다. 제안하는 동작 및 위치 인식기법의 구현을 위해 가속도 센서를 이용한 위치인식과, 관성 센서를 이용한 동작 인식 실험을 진행하였다. 실험 결과, 가속도 센서 기반 위치인식 실험의 평균오차는 0.25m, 칼만 필터를 통해 보정한 후 평균 오차는 0.19m로 나타났다. 두 개의 관성 센서를 이용한 관절각 추출 실험에서 관절각의 평균 오차는 3.2°로 나타났다.

향후 연구에서는 본 연구에서 얻은 위치 정보와 BLE 핑거프린트 기법을 통해 얻은 위치 정보를 결합하는 위치 인식 실험과 사용자 전신을 대상으로 하는 동작 인식에 대한 실험을 진행하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(NRF - 2017R1D1A3B03034438).

REFERENCES

- [1] J. S. Lee, J. A. Noh, S. H. Lim and S. J. Lee, "An Activity Contents Technology Trend Based on Virtual Reality," *ETRI Electronics and Telecommunications Trends*, vol.27, no.3, pp.1-73, Mar. 2012.
- [2] J. Y. Jung, J. S. Na, C. W. Lee, G. Y. Lee and J. H. Kim, "Prediction of head movements using neck EMG for VR,"

- Journal of Sensor Science and Technology*, vol.25, no.5, pp.365-370, May 2016.
- [3] J. S. Park and Y. C. Seok, "Advertisement Analysis System with Eye Tracking VR HMD(Virtual Reality Head Mounted Display)," *Smart media journal*, vol.5, no.3, pp.1-5, Mar. 2016.
- [4] A. Y. Kim, W. S. Chae, G. H. Zhang, H. L. Choi, B. S. Kim and J. W. Lee, "Trends Analysis on virtual reality," *ETRI Electronics and Telecommunications Trends*, vol.31, no.4, pp.23-35, Apr. 2016.
- [5] J. Borenstein, L. Ojeda, and S. Kwanmuang, "Heuristic reduction of gyro drift for personnel tracking systems," *The Journal of navigation*, vol.62, no.1, pp.41-58, Jan. 2009.
- [6] S. H. Fang and T. N. Lin, "Principal component localization in indoor WLAN environments," *IEEE Trans. on MobileComputing*, vol.11, no.1, pp.100-110, Jan. 2012.
- [7] C. Huang, Z. Liao, and L. Zhao, "Synergism of INS and PDR in self-contained pedestrian tracking with a miniature sensor module," *IEEE Sensors Journal*, vol.10, no.8, pp. 1349-1359, Aug. 2010.
- [8] Y. Zhou, C. L. Law, Y. L. Guan, and F. Chin, "Indoor elliptical localization based on asynchronous UWB range measurement," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, vol.60, no.1, pp.248-257, 2011.
- [9] J. Park and J. Lee, "A beacon color code scheduling for the localization of multiple robots," *IEEE Trans. on Industrial Informatics*, vol.7, no.3, pp.467-475, Mar. 2011.
- [10] Oculus. Oculus-Left [Internet]. Available: <https://www.oculus.com/rift/>.
- [11] Y. M. Lim and T. H. Jo, "Development Direction and Implications of Virtual Reality / Augmented Reality Technology," *Software Policy & Research Institute Issue Report*, vol.14, pp.1-23, Jul. 2017.
- [12] F. Ramsey and R. Harle, "An analysis of the accuracy of bluetooth low energy for indoor positioning applications," in *proceedings of the 27th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2014)*, Florida: FL, vol.812, pp.201-210, Sep. 2014.
- [13] S. K. Song, "Regulatory Reform Solution of VR Contents Industry based on Simulator," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.21, no.11, pp.2083-2088, Nov. 2017.
- [14] R. J. Conejar, H. K. Kim, "A Review on Mobile Services Secure Mobility Platform," *Journal of Security Engineering*, vol.12, no.5, pp.525-532, May 2015.



오암석(Am-Suk Oh)

1997년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사

1987년~1990년: LG연구소 연구원

현재: 동명대학교 미디어공학과 교수

※관심분야 : DB, 빅데이터, 사물인터넷, 헬스케어시스템, 의료정보시스템