

VR 환경에서 손목 스윙 동작에 대한 스마트폰의 유용성 검증

이충재*, 김종현**, 이정*, 김선정*

한림대학교 융합소프트웨어학과*, 강남대학교 소프트웨어응용학부**

leecj@hallym.ac.kr jonghyunkim@kangnam.ac.kr {airjung, sunkim}@hallym.ac.kr

Verification of the usefulness of smartphone for wrist swing motion in
VR environments

Chung-Jae Lee*, Jong-Hyun Kim**, Jung Lee*, Sun-Jeong Kim*

Dept. of Convergence Software, Hallym Univ.*, Div. of Software Application, Kangname Univ.**

요약

VR 콘텐츠 조작 장비는 높은 가격을 요구하기 때문에 개인이 접하기 쉽지 않다. 특히 VR 콘텐츠 중 사용자의 모션을 추적하는 시스템의 경우 일반적으로 적외선 카메라를 사용하는 별도의 광학 센서 장비를 사용한다. 광학 센서 장비들은 단일기기만 사용할 경우 회전 동작 추적을 할 때 측정 가능한 범위가 측정 방향에 의존적이라는 단점이 있다. 위와 같은 문제들을 해결하기 위해 본 논문에서는 별도의 광학 센서 장비 없이 일반적으로 대중이 보유하고 있는 장비인 스마트폰의 관성센서를 사용하여 측정 방향에 구애 받지 않고 사용자의 회전 동작을 추적할 수 있음을 보인다. 그리고 립모션을 사용한 시스템을 참조 시스템으로, 스마트폰을 사용한 시스템을 평가 시스템으로 정하여 두 시스템의 사용자 만족도를 비교하여 평가 시스템의 유용성을 검증한다.

ABSTRACT

VR content manipulation equipment is not easy for individuals to access because it requires high prices. Especially, in the case of a system for tracking the motion of the user among the VR contents, a separate optical sensor device using an infrared camera is generally used. The disadvantage of the optical sensor equipment is that the measurable range is dependent on the measurement direction when tracking the rotation motion when using only a single device. In order to solve the above problems, this paper shows that the inertial sensor of the smartphone, which is generally owned by the public, can track the rotational motion of the user regardless of the measurement direction. The system using the LeapMotion is used as the reference system, and the system using the smart phone is defined as the evaluation system, and the usability of the evaluation system is verified by comparing the user satisfaction of the two systems.

Keywords : Virtual Reality(가상현실), Swing Motion(스윙 동작), SmartPhone(스마트폰), Gyroscope(자이로스코프), LeapMotion(립모션)

Received: May. 13. 2017 Revised: Jun. 13. 2017
Accepted: Jun. 20, 2017
Corresponding Author: Sun-Jeong Kim (Hallym Univ)
E-mail: sunkim@hallym.ac.kr
ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

© The Korea Game Society. All rights reserved. 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.

1. 서 론

최근 VR(Virtual Reality)에 관한 대중의 관심이 증가하고 있는 추세이다. 이는 Oculus Rift, Samsung Gear VR, HTC VIVE, 립모션(LeapMotion), Microsoft Kinect 등의 VR기기가 상용화 되고, 포켓몬GO와 같은 관련 콘텐츠가 큰 인기를 얻었기 때문으로 보인다. 미래창조과학부·한국VR산업협회에 따르면 국내 VR 시장 규모는 2014년도에 6천 700 억 원 내에서 급격히 상승하여 2017년도에는 2조 원 대에 다다랐다[1].

VR 콘텐츠의 대표적인 조작 방식은 사용자의 움직임을 추적하는 모션 캡처 시스템(Motion Capture System)이다. 모션 캡처 시스템은 대부분 적외선 카메라를 이용하는 광학 센서 장비를 사용하는데 대표적인 상용화 기기로서 Microsoft Kinect, Leap Motion 등을 예로 들 수 있다. 위와 같은 장비는 각각 약 \$100, \$80에 판매되고 있다.

VR 시장 규모의 성장률에 비해 아직까지 VR 기기의 보급률은 현저하게 낮은 편이다. 대중의 관심은 증가하였지만 VR 기기의 높은 가격, 관련 콘텐츠의 부재를 이유로 들 수 있을 것이다.

반면에 KT경제경영연구소에 따르면 스마트폰의 국내 보급률은 80%를 넘는다[2]. 스마트폰은 관성 센서와 가속도 센서를 탑재하고 있고 위와 같은 센서들을 활용하면 사용자의 회전 동작을 추적 할 수 있다. 다시 말해, 스마트폰은 대중의 대부분이 이미 보유하고 있는 장비이고 별도의 VR 장비 구매 없이 VR 콘텐츠를 조작할 수 있는 대체 기기가 될 수 있다. 스마트폰이 일반적인 VR 콘텐츠 조작의 대체 장비가 된다면 대중이 보다 쉽게 VR 콘텐츠를 즐길 수 있고 더 나아가 VR 콘텐츠 산업 활성화에 이바지 할 수 있을 것이다.

적외선 카메라를 이용하는 광학 센서 장비는 단일기기만 사용할 경우 회전 동작 추적을 할 때 측정 가능한 범위가 측정 방향에 의존적이라는 단점이 있다. 반면에 스마트폰은 회전 동작 추적 시간 단한 계산만으로 측정 방향에 구애 받지 않고 회

전 동작을 추적할 수 있다.

본 논문에서는 스마트폰이 VR 콘텐츠를 조작할 수 있는 대체 기기로서 손색이 없음을 보이기 위해 사용자의 손목 스윙 동작에 따라 조작되는 간단한 게임을 구현하였다. 동일한 게임을 두 개 구현하여 하나는 참조 시스템으로서 광학 센서 장비인 립모션을 사용하여 조작하고 다른 하나는 평가 시스템으로서 스마트폰을 사용하여 조작한다. 두 시스템의 사용자 만족도를 비교하여 평가 시스템의 유용성을 검증한다.

2. 관련 연구

2.1 광학 센서와 관성 센서의 비교

모션 캡처 시스템에서 광학 센서와 관성 센서를 비교 하는 연구는 다양한 분야에서 진행 되어 왔다.

Ueda et al.[3]는 골프 클럽의 끝과 샤프트에 적외선 반사 마커를 부착함과 동시에 골프 클럽의 손잡이에 관성 센서(3축 가속도 센서, 3축 자이로 센서)를 부착하여 골프 스윙 모션을 추적 하였다. 광학 센서(적외선 반사 마커 이용)로 추적한 시스템을 참조 시스템으로, 관성 센서로 추적한 데이터를 평가 시스템으로 정하고 두 데이터를 비교 하였다. 두 시스템은 유사한 성능을 보였으며, 비용면(돈, 시간, 인력)에서 평가 시스템이 우수함을 보였다.

Cao Nguyen et al.[4]는 Ueda et al.[3]와 마찬가지로 평가 시스템으로써 관성 센서(3축 가속도 센서, 3축 자이로 센서)를 사용하였고, 참조 시스템은 마커 부착 방식의 USB 저가형 카메라를 사용하여 골프 스윙 모션을 추적하였다. 실험 결과는 참조 시스템의 오차보다 평가 시스템의 오차가 더 낮게 발생하였다.

Marin-Perianu et al.[5]는 사이클링에서 운동학적인 변수들을 측정하기 위해서 광학 센서와 관성 센서를 사용하여 데이터를 측정하고 관성 센서를

사용하여 측정된 데이터가 낮은 오차를 발생 시키는 것을 보였다.

Umek et al.[6]는 스마트폰 자이로 센서를 사람의 몸에 부착하고 그 사람의 신체 기능을 측정하는 바이오피드백(Biofeedback) 앱으로 스윙 각도(방향) 추적을 충분히 수행 할 수 있음을 입증하였다. 이를 위해 적외선 반사 마커를 부착한 스마트폰을 사용자의 팔뚝에 부착하여 골프 스윙을 추적하였다. 실험 결과는 스마트폰 자이로 센서의 오차가 충분히 사용 가능할 정도로 낮음을 보였다.

2.2 Sense of agency & Sense of ownership

Ferran et al.[7]는 VR 환경에서 가상 손을 현실적으로 묘사한 정도에 따라 VR 환경과 사람의 상호 작용에 미치는 영향을 연구하기 위한 감각으로 sense of agency와 sense of ownership 을 조사하였다.

Sense of agency란 사용자 본인의 행동이 가상 세계 아바타의 행동과 동일할 때 느껴지는 감각으로 행동 인식과 행동 계획에 밀접한 관련이 있다.

Sense of ownership이란 아바타의 감각이 사용자 본인의 신체 감각으로 느껴지는 것으로 가상 신체가 위협을 받을 때 잘 관찰 된다.

본 논문에서는 사용자 만족도 평가를 위한 설문 문항으로 sense of agency, sense of ownership 과 함께 사용자가 시스템에 쉽게 적응 할 수 있는지를 평가하는 immediacy와 사용자가 콘텐츠에 얼마나 몰입할 수 있는지를 평가하는 immersion으로 총 4가지 문항을 평가한다.

3. 실험 설계

실험을 위해 구현된 게임의 진행 방식은 [Fig. 1]과 같이 지하 감옥을 묘사한 가상 환경에서 무작위한 위치에서 계속 생성 되는 몬스터가 사용자를 향해 다가와 공격할 때, 조작 되는 객체인 칼로 몬

스터를 베어서 처치하는 것이다. 몬스터를 벨 경우 1씩 점수를 획득하고 베지 못할 경우 1명씩 생존자가 감소하여 총 5명의 생존자가 모두 감소하면 게임이 종료되는 방식이다.

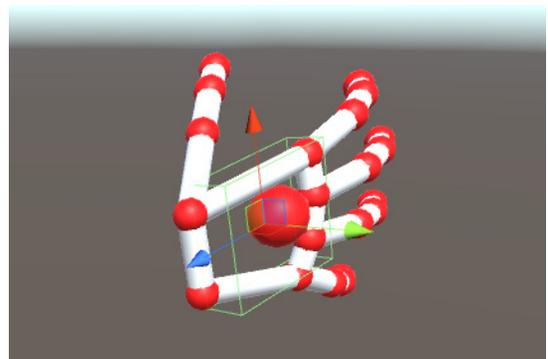
가상 환경은 3D 게임 개발 엔진인 Unity3D(version 5.3.5)에서 구현되었다.



[Fig. 1] Experiment Game's Virtual Environment

3.1 참조 시스템

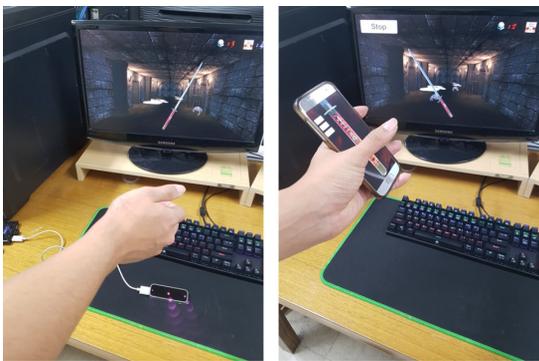
참조 시스템은 조작되는 객체인 칼을 조작하기 위해 적외선 카메라를 이용한 광학 추적 센서인 립모션을 사용한다. 립모션은 8입방 피트의 추적 범위를 가지고 있으며 손과 손가락의 미세한 동작부터 큰 동작까지 인식이 가능하다. 립모션 SDK를 이용하여 손동작의 데이터를 Unity3D에서 사용 가능하다.



[Fig. 2] Three Axis of Palm of the Hand

Koichi et al.[8] 따르면 손으로 물건을 조작할

때 손끝과 손바닥을 많이 사용한다고 한다. 따라서 참조 시스템은 립모션을 통해 추적된 사용자의 손에서 손바닥의 3축 각도의 회전([Fig. 2])을 통해 객체를 조작한다. [Fig. 3]의 (a)와 같이 사용자는 립모션의 추적 범위 내에서 가상의 칼을 쥐고 있는 자세로 손목을 회전시킬 경우, 손바닥의 3축 회전 각 데이터가 실시간으로 PC로 전송되고 전송된 데이터와 동일하게 가상 환경 내 조작되는 객체인 칼의 3축 회전각이 변경된다.



[Fig. 3] Experiment Game's Manipulation.
Fig's left : (a) Reference System,
Fig's right : (b) Evaluate System

3.2 평가 시스템

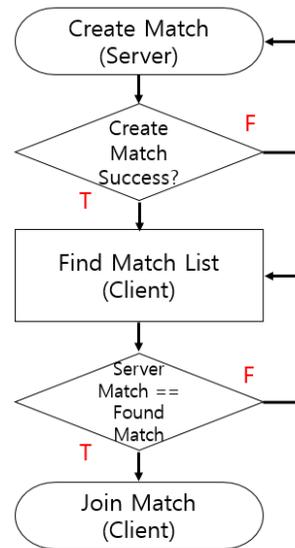
평가 시스템은 조작 되는 객체인 칼을 조작하기 위해 스마트폰 관성 센서를 사용한다. [Fig. 3] (b)에서 보이는 바와 같이 스마트폰 자이로스코프 센서는 3축 회전 데이터를 제공한다. Unity3D는 안드로이드 플랫폼을 지원하고, 네트워크 기능인 Match Making System을 제공 한다. 본 실험에서는 안드로이드 모바일 기기로 Galaxy S7을 사용한다.

3.2.1 데이터 통신

참조 시스템은 PC의 한 응용프로그램으로 동작하는 반면, 평가 시스템은 서버와 클라이언트 두

응용프로그램으로 동작 한다. PC의 응용프로그램은 가상환경이 구현되어 있는 서버 프로그램으로 Match Making System을 실행 하고 스마트폰의 응용프로그램은 클라이언트 프로그램으로 스마트폰의 자이로센서 데이터를 서버 프로그램으로 전송한다.

평가 시스템의 데이터 송수신을 위한 Match Making System의 흐름은 [Fig. 4]와 같다. 먼저 서버 프로그램은 Create Match를 통해 Match를 생성한다. 정상적으로 Match가 생성 되었다면 클라이언트 프로그램은 Match List에서 생성된 Match를 검색하고 동일한 Match로 Join하게 된다.



[Fig. 4] Match Making System Flowchart

3.2.2 좌표계의 차이

스마트폰의 자이로스코프 좌표계([Fig. 5])는 Unity3D의 월드좌표계와 다르기 때문에, PC의 모니터 방향에 따라 조작 객체가 엉뚱한 회전을 하도록 한다. 위와 같은 문제를 해결하기 위해 먼저 Match Making System이 정상적으로 연결되는 시점에서 최초의 스마트폰의 자이로스코프 좌표계와 해당 좌표계에서의 3축에 대한 회전각을 추출

한다. 다음 단계로 추출된 3축에 대한 회전각만큼 스마트폰 자이로스코프 좌표계를 기준으로 반대방향으로 회전 시켜 3축에 대한 회전각을 0으로 만든다. 마지막으로 실시간으로 입력되는 자이로스코프 회전 데이터만큼을 Unity 3D의 월드좌표계에서 회전 시킨다. 즉 최초의 스마트폰 자이로스코프 좌표계에서의 회전 값을 초기 상태인 0으로 만들고 이후의 입력되는 회전 값들은 스마트폰 자이로스코프 좌표계가 아닌 Unity3D의 월드좌표계를 기준으로 회전시킨다. 코드로 표현하면 다음과 같다.

```
SuccessConnect()
{
    startGyroQuat = Input.gyro.attitude;
    startGyroQuat.ToAngleAxis
    (out startGyroAngle, out startGyroAxis);
}
```

```
Update()
{
    finalQuaternion =
    Quaternion.AngleAxis(-startGyroAngle,
    startGyroAxis) * Input.gyro.attitude;

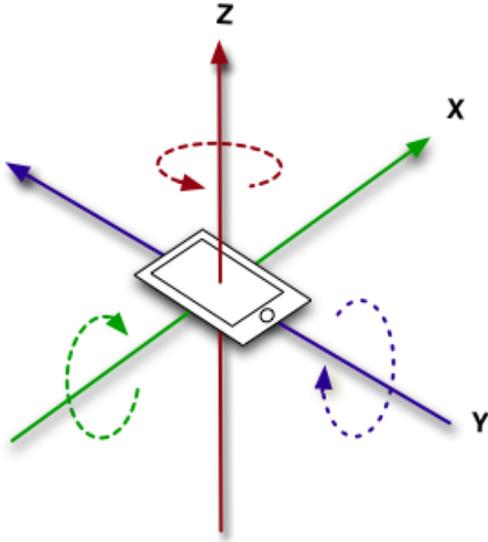
    transform.rotation =
    (new Quaternion(finalQuaternion.z,
    gameObject.transform.rotation.y,
    gameObject.transform.rotation.z,
    finalQuaternion.w));
    transform.rotation =
    (new Quaternion
    (gameObject.transform.rotation.x,
    -finalQuaternion.y,
    gameObject.transform.rotation.z,
    finalQuaternion.w));
    transform.rotation =
    (new Quaternion
    (gameObject.transform.rotation.x,
```

```
gameObject.transform.rotation.y,
    finalQuaternion.x, finalQuaternion.w));
}
```

SuccessConnect()함수는 Match Making System의 JoinMatch까지 정상적으로 동작하였을 때 호출되는 함수다. startGyroQuat 변수는 SuccessConnect()함수가 호출되는 시점에서 스마트폰의 자이로스코프 센서의 쿼터니언 값을 갖는 변수다. ToAngleAxis()함수는 쿼터니언 값과 벡터 3 값을 반환하는 함수로 startGyroQuat 변수의 좌표계와 반환되는 좌표계에서의 쿼터니언 값을 반환한다.

Update()함수는 매 프레임마다 호출되는 함수다. finalQuaternion 변수는 Unity3D 월드 좌표계에서 회전을 수행할 쿼터니언 값을 갖는 변수로 AngleAxis()함수의 반환 값과 실시간 스마트폰 자이로스코프 센서의 쿼터니언 값을 곱해서 얻어진다. AngleAxis()함수는 지정된 좌표계 즉 벡터3로부터 지정된 쿼터니언 값 만큼 회전한 쿼터니언 값을 생성하는 함수다. 여기서는 SuccessConnect()함수의 ToAngleAxis()함수에서 반환되는 벡터3와 쿼터니언 값인 startGyroAxis로부터 startGyroAngle만큼을 음의 방향으로 회전한 쿼터니언 값이다. finalQuaternion 변수 계산이 완료되면 해당 변수의 x,y,z,w 값을 통해 Unity3D 월드좌표계에서 조작 객체는 실시간으로 회전을 수행한다. Unity3D 월드좌표계의 x, y, z축은 차례로 finalQuaternion의 z값, finalQuaternion의 -y값, finalQuaternion의 x값이 적용된다. Unity3D 월드좌표계의 x축과 z축이 finalQuaternion의 z축과 x축으로 적용되는 것은 [Fig. 3] (b)과 [Fig. 5]에서 보이는바와 같이 스마트폰 자이로스코프 좌표계에서의 z축 회전을 Unity3D 월드좌표계에서는 x축 회전으로 사용하고 스마트폰 자이로스코프 좌표계에서의 x축 회전을 Unity3D 월드좌표계에서는 z축 회전으로 사용하기 때문이다. 또한 y축 회전의 경우 finalQuaternion의 -y 값을 사용하는 이유는

모니터는 거울과 같이 좌우 반전이 되어 있기 때문이다.



[Fig. 5] Three Axis of Smartphone's gyroscope

3.3 실험 구성

두 시스템의 사용자 만족도를 평가하기 위해 총 20명의 피험자들을 모집 하였다. 피험자들은 대학교에 재학 중인 20대 학생들이며 남성 17명, 여성 3명으로 구성 되었다. 피험자들 중 11명은 VR 콘텐츠를 접해 보지 않은 미경험자들과 9명은 VR 콘텐츠를 접해 본 경험자이다. 여기서 말하는 VR 콘텐츠란 모션 캡처 시스템을 사용한 VR 콘텐츠이다.

1인 실험 참여 시간은 시스템별로 Training Section 5분, 시스템별 본 게임 참여 시간 10분 이내로 총 참여 시간은 대략 평균 1인 20분이 소요 되었다. 참가자 10명은 평가 시스템을 먼저 참여 하고, 나머지 10명은 참조 시스템을 먼저 참여 하도록 하였다.

게임 획득 점수의 경우 VR 콘텐츠 사용 경험이 있거나 적응이 매우 빠른 피험자들이 그렇지 않은

피험자들에 비해 매우 높은 점수를 획득하여 실험 데이터의 신뢰성을 감소시키는 것을 방지하고자 40점을 최고 점수로 제한 하였다.

3.3.1 사용자 만족도 설문

각 피험자들의 시스템별 게임 획득 점수를 기록하고 실험이 끝난 피험자들에게 사용자 만족도 설문을 받았다. 사용자 만족도 설문은 사용자의 주관적인 느낌이기 때문에 리커트 7점 척도를 사용 하였다. 설문 문항은 총 4 문항으로 구성 되고 각 문항별로 참조 시스템과 평가 시스템을 평가 한다. 1번 문항은 시스템 적응 난이도를 뜻하는 immediacy 관련 문항이다. 2번 문항은 sense of agency 관련 문항이다. 3번 문항은 sense of ownership 관련 문항이다. 4번 문항은 몰입감을 뜻하는 immersion 관련 문항이다. 2번, 3번 문항의 sense of agency와 sense of ownership은 본 논문 2.2절에서 서술한 바와 같다. 설문 문항의 구체적인 내용은 [Fig. 6]과 같다.

User Satisfaction Evaluation Questionnaire

• Please indicate 1 to 7 points.

ID	Category	Question	Reference System, LeapMotion	Evaluate System, SmartPhone
01	Immediacy	Moving objects in virtual environments is easy to adapt and intuitive		
02	Sense of agency	Objects in the virtual environment work as intended		
03	Sense of Ownership	Objects in the virtual environment seemed to be under the control of my hand		
04	Immersion	There is a high degree of immersion to the virtual environment		

[Fig. 6] User Satisfaction Evaluation Questionnaire

3.4 가설

실험을 하기에 앞서 다음과 같이 총 5가지 가설을 수립 하였다.

3.4.1 가설과 가설의 근거

[가설 1] 게임 점수는 참조 시스템과 평가 시스

템이 유사한 점수를 획득 할 것이다.

[가설 2] 설문 문항 1번 immediacy는 참조 시스템보다 평가 시스템이 더 높게 평가 될 것이다.

[가설 3] 설문 문항 2번 sense of agency는 참조 시스템과 평가 시스템이 유사하게 평가 될 것이다.

[가설 4] 설문 문항 3번 sense of ownership은 평가 시스템보다 참조 시스템이 더 높게 평가 될 것이다.

[가설 5] 설문 문항 4번 immersion은 참조 시스템과 평가 시스템이 유사하게 평가 될 것이다.

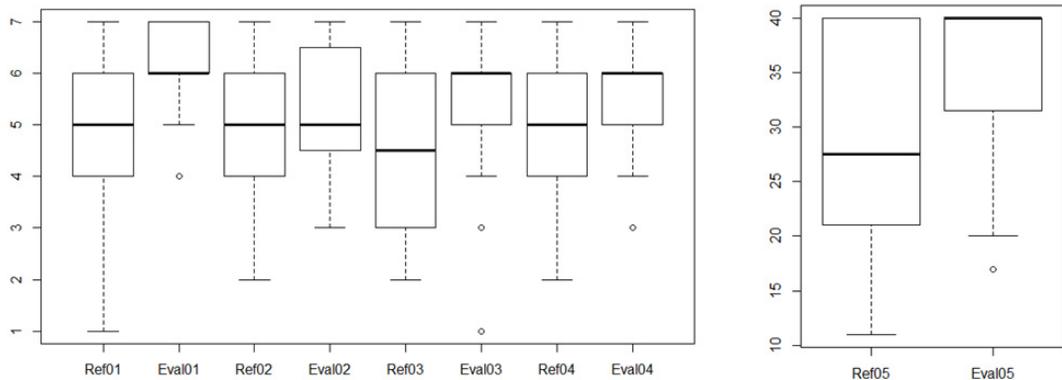
가설의 근거는 참조 시스템의 경우 USB 케이블을 통한 직접 데이터 전송으로 latency가 낮고 정밀한 추적이 가능한 장점이 있지만, 한 방향(본 실험의 경우 아래에서 위)으로만 적외선을 방출하기 때문에 추적 할 수 있는 회전 각도의 한계가 존재한다는 단점이 있다. 반면에 평가 시스템의 경우 WiFi 통신을 통해 데이터를 전송하기 때문에 참조 시스템에 비해서는 latency가 높다는 단점이 있지만 추적 할 수 있는 회전 각도의 한계가 없다는 장점과 실제로 손에 물체(스마트폰)를 쥐고 있는 조작 방식이 사용자들에게 친숙하다는 장점이 있다.

3.4.2 가설의 검증

가설 검증 방법으로는 서로 다른 두 개의 집단 간의 평균을 비교 하여 집단 간 차이가 유의미한 지 검증하는 방법인 독립 표본 t-test를 사용하고 자 하였으나, 표본수가 30미만이고 표본이 정규 분포를 따르지 않기 때문에 독립표본 t-test를 사용하기에는 타당하지 않다. 본 논문에서는 표본이 정규 분포를 따르지 않을 때 두 그룹의 평균이 유의미한 차이를 나타내는지 분석하는 검증 방법인 Wilcoxon Rank Sum test를 수행하였다.

3.5 추가 가설

VR 콘텐츠를 접해 본 피험자와 그렇지 않은 피험자는 서로 다른 설문 결과를 보일 것이라는 추가 가설을 수립하고, VR 콘텐츠 경험자와 미경험자 두 실험군의 데이터를 따로 분류하여 두 집단 간의 상관관계는 없는지 검증하였다. 가설의 검증은 마찬가지로 두 집단 간의 시스템별 설문 문항에 대한 답변과 획득 점수를 모두 비교하였다.



[Fig. 7] Boxplot of Experiment Result

Fig's left : (a) User Satisfaction Evaluation Questionnaire

Fig's right : (b) User's Game Score

4. 실험 결과

실험 데이터 분석과 실험 결과를 시각적으로 확인 할 수 있도록 통계 분석 툴인 R Studio을 사용하였다. [Fig. 7]은 피험자들의 설문 문항 답변과 게임 점수를 박스 플롯으로 나타내고 있다. [Fig. 7] (a)는 피험자들의 설문 문항 답변으로 y축은 리커트 7점 척도를 사용한 설문이기 때문에 1점부터 7점으로 구성되어 있고 x축은 참조 시스템, 평가 시스템 순으로 1번 문항에서 4번 문항이다. [Fig. 7] (b)는 피험자들의 게임 획득 점수로 y축은 획득 점수를 나타내고 x축은 참조 시스템과 평가 시스템을 나타낸다.

참조 시스템과 평가시스템의 피험자들의 사용자 만족도 설문 각 문항별 평가 점수와 게임 점수에 대한 Wilcoxon Rank Sum test 결과는 [Table. 1] 과 같다.

[Table 1] Table of Experiment Result

	Average	p-value
Ref01	4.80	0.0011
Eval01	6.15	
Ref02	4.85	0.3312
Eval02	5.40	
Ref03	4.5	0.1859
Eval03	5.3	
Ref04	5.15	0.5494
Eval04	5.40	
Ref05	29.45	0.0755
Eval05	34.90	

4.1 결과 분석

[Fig. 7] 박스 플롯에서 보이는 바와 같이 사용자 만족도 설문 각 문항별 피험자들의 답변과 게임 점수 모두 평가 시스템이 참조 시스템보다 우세한 것을 알 수 있다. 실제로 [Table. 1]의 평균을 보면 사용자 만족도 설문 각 문항별 피험자들의 답변과 게임 점수 모두 참조 시스템보다 평가 시스템이 높게 나타난다.

[Table. 1]의 Wilcoxon Rank Sum test 결과를

보면 1번 문항인 immediacy의 p-value만 0.05 보다 작게 나타난 것을 알 수 있다. Wilcoxon Rank Sum test에서 p-value가 0.05 보다 작을 경우 두 집단의 평균은 유의미한 차이가 있고 0.05 보다 클 경우 두 집단의 평균은 유의미한 차이가 없다. 즉 1번 문항인 immediacy만 참조 시스템과 평가 시스템이 유의미한 차이가 있고 평가 시스템이 참조 시스템보다 높게 평가 되었다고 할 수 있다.

이로써 가설에 대한 검증을 할 수 있다. 게임 점수와 2번 문항, 3번 문항, 4번 문항의 Wilcoxon Rank Sum test 결과 p-value가 모두 0.05 초과이기 때문에 두 집단의 차이는 무의미하고 이는 두 집단이 유사하다는 것을 나타내어 [가설 1], [가설 3], [가설 5]가 유효함을 증명한다. 1번 문항의 t-test 결과 평가 시스템이 참조 시스템보다 평균이 높고 p-value가 0.05보다 작기 때문에 두 집단은 유의미한 차이가 있다. 이는 [가설 2]가 유효함을 증명한다. 3번 문항의 Wilcoxon Rank Sum test 결과 평가 시스템이 참조 시스템보다 평균이 높고 p-value가 0.05 초과이기 때문에 두 집단의 차이는 무의미하다. 이는 [가설 4]가 유효하지 않음을 증명한다. 하지만 본 논문의 연구 목적은 평가 시스템의 유용성을 검증하는 것이기 때문에 4번 가설의 검증 결과는 긍정적이라고 할 수 있다.

4.2 추가 가설 결과

[Table. 2]는 시스템별 게임 점수와 사용자 만족도 설문 각 문항별 평가 점수의 VR 콘텐츠 경험자와 VR 콘텐츠 미경험자의 Wilcoxon Rank Sum test 결과이다.

사용자 만족도 설문 문항 3번 sense of ownership의 평가 시스템은 VR 콘텐츠 경험자의 평균이 4.5555, VR 콘텐츠 미경험자의 평균은 6.1111로 VR 콘텐츠 미경험자의 평균이 더 높은 것을 알 수 있고 Wilcoxon Rank Sum test의 p-value가 0.0118로 0.05보다 낮은 걸 알 수 있다. 즉 두 집단은 유의미한 차이가 있고 VR 콘텐츠 미경험자의 만족도가 더 높다고 할 수 있다.

[Table 2] Table of Additional Experiment Result

	Average	p-value
Ex_Ref01	4.5555	0.8198
Inex_Ref01	4.7777	
Ex_Ref02	4.7777	0.8923
Inex_Ref02	4.7777	
Ex_Ref03	3.6666	0.1374
Inex_Ref03	4.8888	
Ex_Ref04	4.0	0.0008
Inex_Ref04	6.2222	
Ex_Ref05	29.7777	0.9636
Inex_Ref05	30.3333	
Ex_Eval01	6.1111	0.76
Inex_Eval01	6.1111	
Ex_Eval02	5.6666	0.4955
Inex_Eval02	5.3333	
Ex_Eval03	4.5555	0.0118
Inex_Eval03	6.1111	
Ex_Eval04	5.1111	0.2542
Inex_Eval04	5.5555	
Ex_Eval05	39.0	0.2694
Inex_Eval05	33.6666	

사용자 만족도 설문 문항 4번 immersion의 참조 시스템은 VR 콘텐츠 경험자의 평균이 4.0, VR 콘텐츠 미경험자의 평균은 6.2222로 VR 콘텐츠 미경험자의 평균이 더 높은 것을 알 수 있고 Wilcoxon Rank Sum test의 p-value가 0.0008로 0.05보다 낮은 것을 알 수 있다. 즉 두 집단은 유의미한 차이가 있고 VR 콘텐츠 미경험자의 만족도가 더 높다고 할 수 있다.

이와 같은 결과가 나타난 이유는 참조 시스템의 immersion의 경우 VR 콘텐츠 미경험자들은 접해보지 못한 새로운 기기에 대한 호기심에 의한 것으로 판단되고, 평가 시스템의 sense of ownership의 경우 VR 콘텐츠 미경험자들은 접해보지 못한 새로운 장비보다 친숙한 스마트폰을 실제로 손에 쥐고 조작을 하였기 때문에 이 같은 결과를 나타낸 것으로 보인다.

5. 결 론

본 논문에서는 VR 콘텐츠를 구현하여 별도의 광학 센서 장비 없이 스마트폰의 관성센서를 사용하여 간단한 사용자의 회전 동작을 추적할 수 있음을 보였다.

또한 VR 콘텐츠 조작을 위한 스마트폰의 유용성을 검증하기 위해서 동일한 콘텐츠의 두 시스템을 구현하여 비교 하였다. 하나는 참조 시스템으로서 광학 센서 장비인 리모션을 사용하여 조작하도록 구현하고 다른 하나는 평가 시스템으로서 스마트폰을 사용하여 조작 하도록 구현하였다. 피험자들에게 두 시스템을 모두 체험하게 하여 각 피험자들의 게임 획득 점수를 기록하고 사용자 만족도 설문을 받았다.

피험자들의 게임 획득 점수와 사용자 만족도 설문문의 각 문항의 평가 점수는 실험 전에 수립한 가설의 유효성을 검증하였고 연구 목적에 부합하는 긍정적인 결과를 보였다.

또한 추가 가설로 실험에 참여한 피험자들 중에서 VR 콘텐츠 경험 유무에 따른 게임 획득 점수와 사용자 만족도 설문문의 각 문항의 평가 점수가 유의미한 차이를 보이는지 분석하였다.

본 논문에서는 스마트폰이 VR 콘텐츠를 조작할 수 있는 대체 장비로 가능함을 보였다. 이와 같은 결과는 대중이 보다 쉽게 VR 콘텐츠를 즐길 수 있도록 하여 VR 콘텐츠 산업 활성화에 이바지 할 수 있을 것으로 예상된다.

그러나 본 논문에서 구현한 스마트폰 시스템의 경우 WiFi 네트워크 통신으로 데이터를 송수신하기 때문에, USB케이블로 데이터를 송수신하는 광학 센서 시스템에 비해 latency가 높게 나타난다. 그러므로 데이터 전송 방식의 개선을 통한 latency 감소를 위한 연구가 필요하다.

그리고 다양한 분야에서 스마트폰의 센서를 활용한 콘텐츠 개발이 필요하다. 예를 들어 스포츠 콘텐츠에 접목 시켜 엔터테인먼트 분야에서 다양한 시도를 할 수 있고 골절 환자들의 관절 재활 운동과 같은 의료 분야에서의 시도도 필요하다.

REFERENCES

- [1] <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LS&D&mid=sec&sid1=105&oid=020&aid=0002984721>
- [2] http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2015/07/08/2015070801270.html
- [3] Masahiko Ueda, Hiroshi Negoro, Yosuke Kurihara, Kajiyo Watanabe, "Measurement of Angular Motion in Golf Swing by a Local Sensor at the Grip End of a Golf Club", IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol. 43, No. 4, pp398-404, 2013.
- [4] Cao Nguyen Khoa Nam, Hee Jun Kang, Young Soo Suh, "Golf Swing Motion Tracking Using Inertial Sensors and a Stereo Camera", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 63, No. 4, pp943-952, 2014.
- [5] Marin-Perianu R, Marin-Perianu M, Havinga P, Taylor S, Begg R, Palaniswami M, Rouffet D, "A performance analysis of a wireless body-area network monitoring system for professional cycling", Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 17, No. 1, pp197-209, 2013.
- [6] Anton Umek, Anton Kos, Sao Tomaic, "Validation of Smartphone Gyroscopes for Angular Tracking in Biofeedback Applications", Identification, Information, and Knowledge in the Internet of Things, pp294-298, 2015.
- [7] Ferran Argelaguet, Ludovic Hoyet, Michael Trico, Anatole Lecuyer, "The role of interaction in virtual embodiment: Effects of the virtual hand representation", IEEE Virtual Reality, pp3-10, 2016.
- [8] Koichi Hirota, Kazuyoshi Tagawa, "Interaction with virtual object using deformable hand", IEEE Virtual Reality, pp49-56, 2016.



이 충 재(Lee, Chung Jae)

약 력 : 2015 한림대학교 유비쿼터스 게임공학과 졸업
2017 한림대학교 융합소프트웨어학과 석사과정(現)

관심분야 : HCI, VR, 게임프로그래밍



김 종 현(Kim, Jong-Hyun)

약 력 : 2016 고려대학교 컴퓨터학과 공학박사
2017- 강남대학교 소프트웨어응용학부 교수

관심분야 : 가상현실, 물리기반 시뮬레이션



이 정(Lee, Jung)

약 력 : 2006 고려대학교 컴퓨터학과 이학박사
2016- 한림대학교 융합소프트웨어학과 교수

관심분야 : 가상현실, 증강현실, 컴퓨터그래픽스



김 선 정(Kim, Sun-Jeong)

약 력 : 2003 고려대학교 컴퓨터학과 이학박사
2005- 한림대학교 융합소프트웨어학과 교수

관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 게임 프로그래밍