

스노우보드 게임 시뮬레이터 개발

김동진^{1*}, 윤평원²

¹호서대학교 로봇자동화공학과

²(주)이엠다인

The Development of Game Simulator for Snowboard

Dong-Jin Kim^{1*}, Pyoung-Won Yoon²

¹Department of Robotics and Automation Engineering, Hoseo University

²EMDYNE INC.

요약 본 논문에서는 사용자의 동작을 측정하고 물리적인 변화를 사용자에게 느끼게 하여 실제 스노우보드를 즐기는 것 같은 스노우보드 시뮬레이터를 개발하였다. 스노우보드는 사용자의 무게중심에 따라 속도와 방향이 결정된다. 개발된 시뮬레이터는 스노우보드 플레이트에 4개의 스프링을 장착하여 사용자의 무게 중심의 변화에 따라 기울기를 변화시켜 스노우보드의 기울기 변화를 직접 느낄 수 있게 하였다. 사용자의 무게중심의 변화에 따른 기울기는 3축 가속도센서를 사용하여 측정하였다. 스노우보드의 회전에 따라 발생하는 슬로프의 마찰을 BLDC 모터를 사용하여 사용자가 느낄 수 있도록 하였고, 스노우보드의 회전은 홀센서를 사용하여 측정하였다. 시뮬레이터의 빠른 데이터 처리를 위해 두 개의 MCU를 사용하여 가속도 센서와 모터를 별도로 사용하여 측정된 데이터를 PC로 전송하였다. 개발된 시뮬레이터는 슬로프의 경사 및 마찰을 직접 경험할 수 있으며, 측정된 데이터와 HMD를 착용하여 보다 현실감이 있는 스노우보드를 즐길 수 있도록 하였다.

Abstract In this paper, a snowboard simulator that measures the user's motion and makes the user feel physical changes and enjoy actual snowboarding was developed. The speed and direction of the snowboard are determined by the user's center of gravity. The developed simulator is equipped with four springs on the snowboard plate, so that the slope can change according to the change in the user's weight center and be felt directly. The slope due to the change in the center of gravity of the user is measured using a three-axis acceleration sensor. The friction of the slope generated by the rotation of the snowboard is made possible by the user using the BLDC motor, and the rotation of the snowboard is measured using the hole sensor. For rapid data processing of the simulator, two MCUs are used to transfer the measured data to the PC using the acceleration sensor and motor separately. The developed simulator can experience slopes and friction of the slope directly, and wear measured data and HMD to enjoy more realistic snowboarding.

Keywords : Accelerometer, AR, Game Simulator, HMD, Snowboard

1. 서론

레저스포츠는 국민의 소득수준 및 여가시간이 증가하면서 빠르게 성장하기 시작하였다. 주 40시간 근무제 주5일 수업에 사회적인 제도가 마련이 되면서 레저스포츠의 인기가 증가하고 있다. 특히 신세대들은 익스트림

스포츠에 관심을 가지고 있으며 모험적 스포츠에 관심이 증가하고 있다[1]. 또한 평창에서 동계 올림픽을 개최함에 따라 동계 스포츠에 대한 관심이 증가하고 있다. 다양한 동계 스포츠 중의 하나인 스노우보드는 사계절 즐길 수 있는 스포츠가 아니라 동계 설원에서만 즐길 수 있는 매우 역동적인 스포츠이다[2].

*Corresponding Author : Dong-Jin Kim(Hoseo Univ.)

Tel: +82-41-360-4861 email: djkim@hoseo.edu

Received January 30, 2019

Revised February 12, 2019

Accepted April 5, 2019

Published April 30, 2019

스노우보드는 역동적이고 재미있는 스포츠이지만 안전사고 발생빈도가 높은 스포츠로, 발생하는 안전사고는 스노우보드 탑승 기술 미숙과 속도 제어에 실패하여 넘어지는 사고가 제일 많이 발생 하고 있다. 이러한 안전사고의 대부분은 초심자에게서 일어나고 있기 때문에 스노우보드 탑승 기술에 대한 능력의 향상이 필요한 실정이다[3].

또한 스노우보드는 사계절 스포츠가 아닌 동계 스포츠로 즐길 수 있는 기간이 한정되어 있기 때문에 정기적으로 탑승을 할 수 없어 기술의 단절을 가져오게 된다.

따라서 본 논문에서는 스노우보드 게임 시뮬레이션을 개발하여 탑승기술을 향상시킬 수 있도록 하고자 한다.

본 논문에서 개발하고자 하는 시뮬레이터는 사용자의 동작을 측정하고 물리적인 변화를 사용자에게 전달하여 실제 스노우보드를 설원에서 즐기는 것 같은 현실감을 부여하고자 한다.

스노우보드 게임 시뮬레이터에 4개의 스프링을 장착하여 슬로프의 경사에 따라 무게 중심의 이동을 사용자가 느끼게 하며 무게 중심의 변화를 3축 가속도센서를 통해 측정하고 BLDC모터를 사용하여 사용자의 방향전환 시 회전 각도를 홀센서로 측정하고, 방향전환 시 마찰을 모터의 회전을 통해 부여할 수 있도록 하여 속도, 회전 등에 대한 사용자의 동작을 측정하고 물리적인 변화를 사용자에게 전달하는 실감 형 시뮬레이터를 개발 할 것이다.

2. 스노우보드 동작원리

스노우보드는 넓은 보드를 이용하여 눈 위에 슬로프를 자유자재로 이동하며 내려오는 스포츠이다. 스노우보드는 눈과 보드의 면적에 의해 마찰력이 0에 가까워지고 슬로프의 기울기와 중력가속도에 의해 마치 낙하 하는 것처럼 속도가 증가된다. 그리고 마찰력이 0에 가까워지면 사람의 무게와 경사면의 각도 및 무게중심에 따라 속도가 급격하게 변화되어 가/감속 및 방향전환이 이루어진다. 고속으로 움직이고 초보자가 숙달되지 않은 기술로 운동 할 경우 크게 부상을 입을 수 있는 스포츠이다[4].

본 논문에서는 스노우보드 게임을 위한 시뮬레이터를 제작 하였다. 사용자의 무게중심에 따라 물리적으로 스노우보드가 기울어지기 때문에 가/감속 및 회전을 스노우보드의 기울기로 측정하고 적용하여 실제 회전하는 느

낌을 부여하였다.

2.1 스노우보드의 가/감속법

스노우보드는 슬로프의 기울기로 가속하고 스노우보드의 기울기에 따라 더욱 빠르게 가속할지 감속할지가 정해진다.

Fig. 1은 스노우보드의 가/감속에 작용하는 힘을 보여 주고 있다.

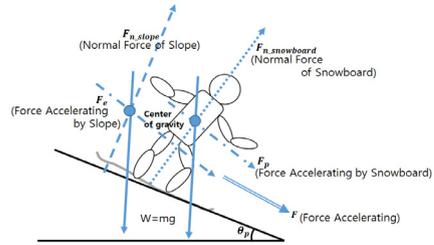


Fig. 1. Snowboard acceleration and deceleration

슬로프에 의한 가속도를 구하기 위해 수식 1과 같이 나타 낼 수 있다.

$$F_e = mgsin(\theta_e) \tag{1}$$

여기서 F_e 는 슬로프에 의한 가속 하는 힘, g 는 중력가속도, θ_e 는 노면의 기울기 m 은 사용자의 무게이다.

사용자가 가감속하기 위해 스노우보드의 기울기를 이용하여 가속 또는 감속을 할 수 있다. 스노우보드에 의한 가/감속은 수식 2와 같이 구할 수 있다.

$$F_p = mgsin(\theta_p) \tag{2}$$

여기서 F_p 는 스노우보드의 가속하는 힘, θ_p 는 스노우보드의 기울기이다.

두 가지의 힘을 합하여 가속 또는 감속을 수식 3과 같이 구할 수 있다.

$$F = F_e + F_p \tag{3}$$

현재 F 는 가속하는 힘, F_e 는 슬로프에 의한 가속하는 수평 힘, F_p 는 스노우보드의 가속하는 수평 힘 이다.

슬로프의 수평 힘의 방향과 스노우보드의 힘의 방향이 같은 경우 힘의 합은 더 커지기 때문에 스노우보드가 더욱 빠르게 가속 할 수 있다. 힘의 방향이 서로 반대가 되었을 경우 스노우보드는 감속 한다.

2.2 스노우보드의 방향 전환법

스노우보드는 방향을 전환하기 위해 무게 중심을 이동 시켜 보드의 분산된 무게를 변화시킴으로서 마찰력이 변화시켜 속도를 다르게 하고 중심점에 의해 구심력을 만들어 방향을 전환한다.

구심력을 구하기 위해 회전반경이 필요하다. 회전반경의 크기는 스노우보드 사이드컷 반경의 크기와 스노우보드의 측면의 기울기를 이용하여 측정한다[5].

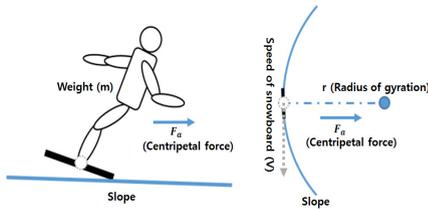


Fig. 2. Snowboard centripetal force

Fig. 2는 스노우보드 회전반경을 나타낸다. 스노우보드의 측면의 기울기와 사이드컷 반경의 길이를 통하여 수식 4와 같이 반지름을 구할 수 있다.

$$r = C \cdot \cos(\theta) \quad (4)$$

C 는 스노우보드의 고정된 사이드컷 반경의 길이, θ 는 스노우보드 측면의 기울기다. 스노우보드의 턴의 크기는 기울기가 커질수록 턴의 반경이 작아진다. 회전을 위한 힘은 수식 5와 같이 정해진다.

$$F_a = \frac{mv^2}{r} \quad (5)$$

여기서 F_a 는 구심력, m 은 사용자의 무게, v 는 현재 스노우보드의 속도, r 은 스노우보드의 회전 반경 이다.

3. 스노우보드 기울기 측정

생동감 있는 스노우보드 게임 시뮬레이터를 제작하기 위해 3개축의 각도의 변화 측정해야 할 필요성이 있다. Fig. 3과 같이 스노우보드의 중심점으로 3개의 회전축이 존재 하게 된다.

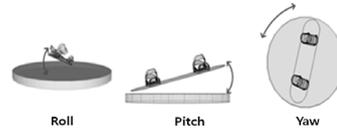


Fig. 3. Rotating shaft

롤(Roll)축은 측면 기울기 각도, 피치(Pitch)축은 전후 기울기 각도, 요(Yaw)축은 스노우보드의 회전 각도를 표현하고 센서를 통하여 측정한다. 3축 가속도센서와 모터 홀센서를 이용하여 각 축의 기울기와 각도를 측정한다.

3.1 가속도센서를 이용한 기울기 측정

스노우보드의 진행 방향의 측면 기울기는 롤 축, 전후의 기울기는 피치축이 된다. 피치 축과 롤 축의 기울기를 계산하기 위한 공식은 수식 6과 수식 7과 같이 주어진다.

$$\theta_p = \arctan(a_x/a_z) \times (180/\pi) \quad (6)$$

$$\theta_r = \arctan(a_y/a_z) \times (180/\pi) \quad (7)$$

3.2 모터 홀센서를 이용한 각도 측정

시뮬레이터 요축의 회전 각도를 파악하기 위해 모터 홀센서를 이용하였고, 3개의 홀센서 데이터와 모터의 기어비를 이용해 현재 위치를 파악한다.

4. 시스템 구현

사용자가 탑승하여 시뮬레이터를 즐길 수 있도록 실제 무게중심이 이동하면 기울기가 적용 될 수 있도록 설계 하였다.

Fig. 4와 같이 스노우보드 시뮬레이터의 전체 시스템 구성도이다.

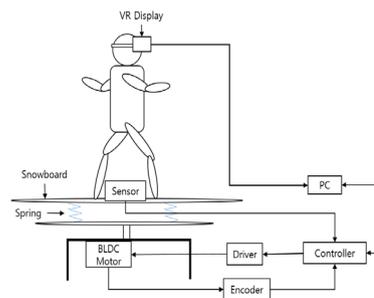


Fig. 4. System configuration

사용자가 무게중심을 이동 할 경우 4개의 스프링에 의해 사용자의 무게가 더 실린 방향으로 기울어지게 된다. 기울기를 가속도센서를 이용하여 측정하고 측정된 데이터를 적용하여 스노우보드의 회전시켜 사용자에게 회전 감을 전달한다.

4.1 하드웨어 구현

4.1.1 기구부 구현

Fig. 5는 스노우보드 시뮬레이터의 사진이다. 스노우보드의 방향전환 및 가/감속은 무게중심을 이동시킴에 따라 수직 3과 4와 같이 수직항력과 원심력을 이용하여 속도와 방향이 정해진다.

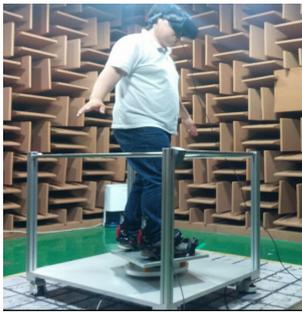


Fig. 5. Snowboard simulator

스노우보드의 역동적인 운동을 시뮬레이터하기 위해서는 사람의 무게중심에 따라 역동적인 움직임을 슬로프에서 타는 것과 같이 재현 할 수 있어야 한다. 실제 스노우보드는 슬로프에서 활강을 진행하며 사용자의 무게 중심에 따라 방향 전환을 하고 방향 전환 중 사용자가 무게 중심을 역방향으로 바꾸어 진행 할 경우 역방향에 대한 반발력을 느껴지게 해야 한다.

Fig. 6은 스노우보드의 기울기를 부여하는 스프링이다. 4개의 스프링을 이용하여 사람의 무게중심이 이동하는 상태를 보드에서 재현이 가능하게 하였다.

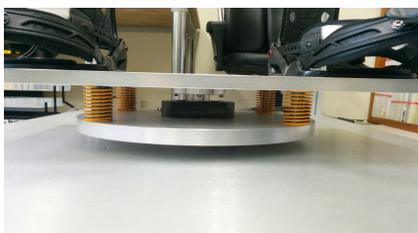


Fig. 6. Four springs

원판위에 4개의 스프링을 장착하여 무게중심을 원하는 방향으로 누르면 무게 중심의 위치로 상판이 기울 수 있도록 제작 하였고, 이때 각각의 스프링은 무게 중심에 따라 받는 힘이 변하기 때문에 보드의 3축 가속도센서를 통하여 피치 축 값과 롤 축 값을 구할 수 있게 된다.

회전 중 반대 방향으로 무게중심을 이동 시킬 경우 스프링의 기울기와 모터의 회전속도에 의해 반발력이 생겨 방향 전환에 대한 저항감을 느낄 수 있다.

4.1.2 회로 구현

Fig. 7은 회로 구성도 이다. 2개의 MCU를 사용 하여 연산을 분할 처리하였다.

MCU를 단독으로 연산 처리를 할 경우 통신 인터럽트로 인하여 가속도센서 측정 데이터의 연산 우선순위가 밀려나거나 모터 홀센서의 데이터를 제대로 처리하지 못하는 경우가 발생하기 때문에 분산 처리를 이용하여 회로를 구성 하였다.

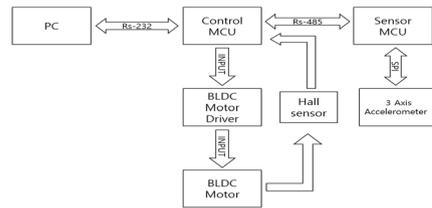


Fig. 7. Circuit configuration

4.2 소프트웨어 구현

PC는 컨트롤러와 통신을 이용하여 센서 측정부의 데이터와 모터의 위치와 현재 모터의 상태를 획득한 후 수신 받은 데이터를 이용하여 스노우보드의 각속도와 회전 각도를 계산한다. 수신된 데이터는 HMD의 화면에 출력되는 속도와 같은 속도로 표현 할 수 있도록 계산을 진행하고, 계산이 완료된 후 회전각도와 각속도 데이터를 컨트롤러로 전송 하고 화면에 출력한다.

Fig. 8은 시뮬레이터 테스트 프로그램이다. 가상 시뮬레이터는 PC와 컨트롤러의 통신을 통해 직접 가상의 데이터를 이용하여 모터의 회전 각도를 직접 제어 할 수 있고 실제 게임 시뮬레이터에서 센서의 데이터를 입력 받아 사용자가 원하는 설정으로 증폭, 최대속도와 같은 결과 값을 튜닝 할 수 있다.

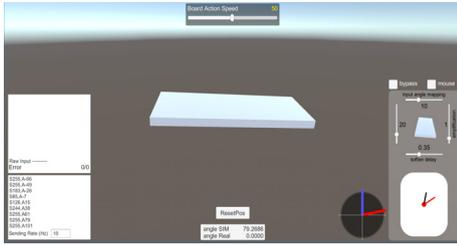


Fig. 8. Simulator program

5. 게임 시뮬레이터 테스트 및 결과

5.1 가속도센서 캘리브레이션 및 필터링

가속도센서 데이터는 오프셋을 통해 스노우보드가 정지하여 있을 때 기울기를 측정할 가속도센서 값의 출력이 0에 가깝도록 하여 좀 더 안정적인 가속도센서 값을 측정 할 수 있다.

오프셋을 통하여 LPF를 적용시키기 전 정지 상태의 데이터가 음과 양의 방향으로 치우치는 현상을 제거함으로써 보다 안정적인 데이터를 취득 할 수 있다.

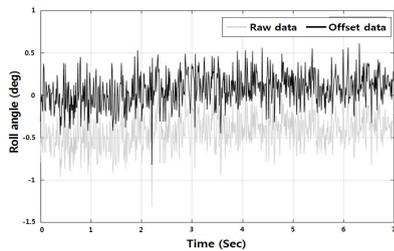


Fig. 9. Roll Before and After Applying Offset

Fig. 9는 롤 축의 로우데이터와 오프셋 적용 데이터이다. 오프셋을 적용하기 전 값이 음의 방향에서 근접하여 움직이는 것을 볼 수 있다. 오프셋 값을 측정하여 적용하였을 때는 0에 근접한 위치에서 움직이는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 10은 본 논문에서 사용한 LPF의 순서도를 보여 주고 있다.

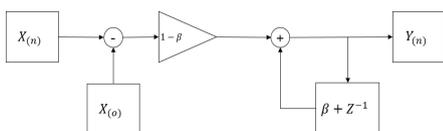


Fig. 10. LPF Flowchart

3축 가속도센서는 고주파성분의 노이즈를 가지고 있어 안정적인 데이터를 취득하기 위해 고주파 성분을 감소시켜야 한다.

고주파성분을 제거 또는 감소시키지 않을 경우 3축 가속도센서로 측정된 데이터를 증폭하여 스노우보드를 움직일 때 가속도센서의 측정된 데이터에 고주파성분 노이즈가 증폭비에 의해 값이 증가하고 무게중심점의 반대 방향으로 나오는 노이즈의 값을 인지하고 모터를 움직이려 하는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 현상을 사전에 방지하기 위해 LPF를 통하여 고주파 성분의 노이즈를 감소시킬 필요성이 있다.

Fig. 11은 LPF를 적용한 롤 축의 로우데이터와 오프셋 데이터이다. 오프셋은 가속도센서가 정지 상태를 측정 한 로우 데이터가 음의 방향으로 움직이는 것을 볼 수 있다. 오프셋과 LPF를 적용한 뒤 데이터가 0에 근사한 값에서 움직이는 것을 볼 수 있다.

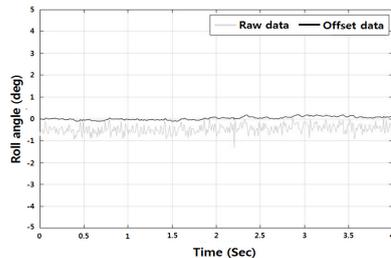


Fig. 11. Roll Before and After Applying Offset and LPF

가속도센서의 데이터는 오프셋 캘리브레이션과 LPF 적용으로 고주파성분을 감소시켜 안정적인 데이터를 획득하고 시뮬레이터가 사용자가 원하는 방향의 기울기를 측정 할 수 있게 된다.

Fig. 12는 시뮬레이터를 움직일 때 롤 축 측정된 데이터이다. (a)는 캘리브레이션과 LPF 적용 전의 측정 결과로 고주파 성분에 의해 흔들리는 모습을 볼 수 있다. (b)는 오프셋 캘리브레이션과 LPF 적용 후 측정 결과이다. 캘리브레이션을 통해 오프셋과 LPF 적용하여 고주파 성분을 감소하였고 데이터가 안정적으로 출력되는 것을 볼 수 있다. 피치 축의 데이터도 롤 축과 같이 캘리브레이션과 LPF 적용으로 고주파 성분을 감소시킬 수 있었다.

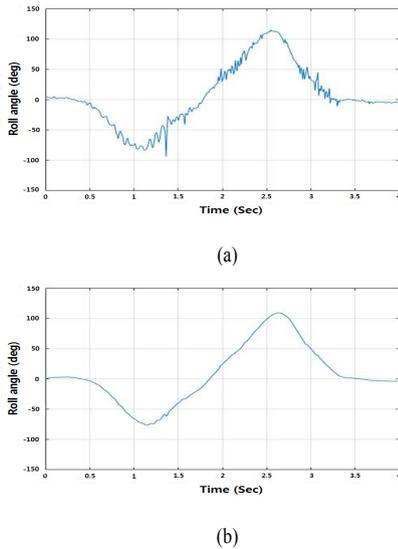


Fig. 12. Roll data
(a) Roll raw data
(b) Roll after applying offset and LPF

가속도센서를 통하여 각축의 데이터를 구할 경우 고주파 성분의 진동 때문에 데이터가 안정적이지 않다. 안정적인 데이터를 획득하기 오프셋 값을 적용시키고 LPF를 적용시켜 고주파성분의 노이즈를 감소시켜 안정적인 데이터를 획득하였다.

안정적인 데이터를 획득하였지만 LPF 적용으로 시간 지연이 발생하였다. 그러나 시스템에서 연속적인 측정과 처리를 하고 발생한 시간 지연은 사람이 느끼기에는 매우 짧은 시간이기 때문에 문제없이 사용 할 수 있었다.

5.2 PC 시뮬레이터와 게임 적용

실험을 통해 가속도센서의 데이터와 수식을 이용하여 기울기의 따라 스노우보드의 진행속도와 회전속도를 구하여 게임 시뮬레이터에 적용시켜 테스트 프로그램을 제작하였다.

시뮬레이터를 통하여 실제 게임에 적용시키기 전 컨트롤러와 PC의 통신을 확인 하고 실제 회전을 하는 테스트를 진행하기 위해 제작하였다.

Fig. 13은 실제 보드가 동작 할 때 움직이는 화면이다. 측정된 기울기를 통하여 보드의 상태를 출력하고 모터를 진행방향으로 회전한다.

사용자가 무게중심을 이동 시킬 때 마다 가속도센서가 스노우보드의 기울기를 측정 하고 측정된 데이터를

PC로 전송한다.

PC는 기울기 데이터를 이용하여 스노우보드의 움직임을 판단하고 컨트롤러로 모터의 위치와 속도를 전송한다.

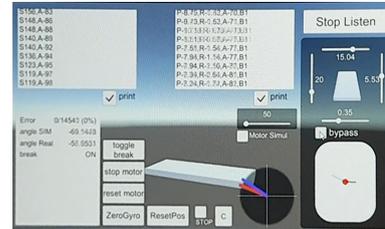


Fig. 13. Simulator test

모터의 현재 위치를 파악하고 PC가 보내야할 위치로 움직이는 것을 볼 수 있다.

측정된 데이터와 이론을 접목시켜 실제 게임 시뮬레이터에 적용하여 사용자가 스노우보드 게임을 플레이하여 테스트하였다.

Fig. 14는 측정된 데이터를 사용하여 실제 게임에 적용한 결과이다. 게임 시뮬레이터의 기울기 및 회전방향에 대한 가속도센서의 오프셋을 캘리브레이션하고, LPF를 적용하여 노이즈를 제거한 데이터를 이용하여 자연스러운 게임을 진행 할 수 있었다.



Fig. 14. Snowboard Games

6. 결론

본 논문에서는 동계 스포츠인 스노우보드를 사계절 즐길 수 있는 게임 시뮬레이터를 개발하였다. 게임 시뮬레이터는 4개의 스프링을 장착하여 스노우보드를 착용한 사용자가 무게 중심을 이동시킬 때 기울 수 있도록 제작하였고 기울기를 측정하기 위해 3축 가속도센서를 이용하여 스노우보드의 기울기를 측정하였고, 측정된 데이터를 통해 사용자가 실제 방향 전환의 느낌을 묘사하

기 위해 BLDC모터를 사용하여 개발하였다. 개발된 시뮬레이터는 게임에 적용해 보았고 적용된 게임의 디스플레이는 HMD를 사용하여 현실감을 부여하였다. 실험 중 3축 가속도센서의 노이즈와 오프셋이 존재하는 것을 측정하였고 노이즈의 고주파 성분을 줄이는 LPF를 이용하여 신호에 대한 안전성을 확보 하였지만 완전한 제거를 하지 못하였다.

본 논문에서 개발된 스노우보드 게임 시뮬레이터는 역동적인 스노우보드를 계절에 상관없이 사계절 즐길 수 있다.

향후 영상처리를 이용하여 사람의 동작을 측정하여 좀 더 역동적인 동작을 이용하여 방향 전환 및 시각적인 현실감을 부여하여 실감 형 게임으로 개발되어 향후 골프존과 같은 프렌차이즈 사업으로 발전이 가능할 것이다.

[9] David Lind, Sanders, Scott P., The physics of skiing : skiing at the triple point, AIP Press, 2013.

김 동 진(Dong-Jin Kim)

[종신회원]



- 2000년 8월 : 호서대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 호서대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2000년 1월 ~ 2004년 6월 : (주)제니스테크 기술연구소 선임연구원
- 2005년 1월 ~ 2007년 2월 : (주)테크라인 세정기술연구소 책임연구원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 로봇자동화공학과 교수

<관심분야>

마이크로프로세서 및 센서 응용, 제어 및 시스템

References

[1] Kim Mi Suk, 2014 sports white pater, pp.127, Ministry of Culture, sports and Tourism, 2015.

[2] Park Soo Jung, Kim Ji Hye, Yoon Jee In, "A meditation role of coping and safety on the relationship between perception of crowding and feelings of enoyment", The korean journal of physical Education, Vol.53, No.3, pp.485-497, 2014.

[3] Hyun Moo Sung, Lee Sang Ho, Jung Yeon Sung, Joung Ki Hong, Kim Hee Kyoung, Lee Seong Cheol, Ha Sung Il, Min Byung Nam, "The Comparison of Injury Types and Cause in First Time Skiers and Snowboarders", Korea society for Wellness, Vol.6, No.2, pp.425-434, 2011.

[4] Park Sunwoo, Ahn Soonjae, Kim Jongman, Shin Isu, Choi Eunkyong, Kim Youngho, "Kienmatic Study of Lower Extremity Movements in Unskilled and Expert snow boarders During Snowboard Simulator Exercises", Journal of Biomedical Engineering Research, Vol.36, No.4, pp.109-114, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.9718/JBER.2015.36.4.109>

[5] Swinson D. B, "Physics and snowboarding", The Physics Teacher Vol.32, No.9, pp. 530-534, 1994.
DOI: <https://doi.org/10.1119/1.2344103>

[6] D. Tufts, J. Francis, "Designing digital low-pass filters - Comparison of some methods and criteria", IEEE Transactions On Audio and Electroacoustics, Vol.18, No.4, pp.487-494, 1970.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TAU.1970.1162148>

[7] T. Wada, N. Yoshii, K. Tsukamoto, S. Tan aka, Development of virtual reality snowboard system for therapeutic exercise, IEEE, pp.2277-2282 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1109/IROS.2004.1389748>

[8] John Zumerchik, Encyclopedia of sports science, Macmillan Library Reference USA, 1997.

윤 평 원(Pyoung-Won Yoon)

[정회원]



- 2015년 2월 : 호서대학교 기계공학부 로봇자동화전공 (공학사)
- 2017년 8월 : 호서대학교 대학원 로봇자동화공학과 (공학석사)
- 2019년 2월 ~ 현재 : (주)엠펙스 대리

<관심분야>

모터 설계 및 제어