

3D가상 현실방식을 사용한 수술교육시스템의 연구

강병훈*, 김지숙**, 김한웅***

요약

시간, 공간, 금전적인 문제 때문에 실습이 쉽지 않은 학문들이 있다. 특히 의료교육은 장소와 시간의 제약이 특히 심하며 cadaver(카드버:인체해부 실습용 시체)를 통해 이루어지기 때문에 어려움이 많다. 그 대안으로 다양한 가상 수술방법이 존재하지만 장비가 고가이거나 구하기 쉽지 않기 때문에 어려운 문제가 발생한다. 이러한 문제점의 해결 방법으로 3D-Virtual Reality(3D가상현실)를 활용하여 실제와 유사한 환경을 제공하고자 한다. 일반적으로 컴퓨터의 Interface(인터페이스)로 키보드와 마우스를 사용하지 않고 Oculus Rift(오쿨러스 리프트)와 Leap Motion(립 모션)를 사용함으로써 더욱더 현실감을 느낄 수 있어 실습교육비용을 절감함으로써 실습교육에 대한 효과를 극대화 할 수 있다. 본 논문에서는 두개의 Device(디바이스)인 Oculus Rift(오쿨러스 리프트)와 Leap Motion(립 모션)를 이용하여 3D가상 수술 시스템을 구축하고 실습할 수 있는 제안으로 의료교육인 수술교육에 대처하여 효율성을 높이는 방식을 제안하였고, 이는, 다른 Simulation(시뮬레이션)이 활용 가능한 학문분야에 까지 확장할 수 있을 것으로 사려된다.

키워드 : 카드버, 오쿨러스 리프트, 립모션, 3D가상현실

Study for Operation Teaching Machine Using 3D Virtual Reality System

Byung-Hoon Kang*, Ji-Sook Kim**, Han-Woong Kim***

Abstract

Some studies require sufficient amount of time, spaces, and financial condition for practical exercises and training. In particular for the Medical education, time and space limitation is very high and difficulties occurs, since the practices are done with cadavers (deceased human body). Many alternate 3D Virtual surgery training system exist currently, however the burdensome of obtaining those costly equipments is problematic. Providing the surgical environment as similar to real as possible using 3D Virtual Reality can be a solution to current problems. The effectiveness of training could be maximized with minimized costs without the general interfaces such as keyboard and mouse, but with Oculus Rift and Leap Motion. This paper will develop and practice the 3D Virtual Operation System with two devices to investigate the possibility and expand to other Simulation fields.

Keyword: Cadaver, Oculus Rift, Leap Motion, Virtual Reality

1. 서론

※ Corresponding Author : Han-Woong Kim

Received : July 22, 2016

Revised : August 27, 2016

Accepted : August 31, 2016

* Kunkook University Internet Media

Tel : +82-31-670-5191. Fax:+82-31-670-5199

E-mail: hwkim@hknu.ac.kr

** Toronto University Computer Science

의료 기술이 크게 발전하면서 인간의 수명은 크게 늘어나게 되었다. 그에 따라서 의사나 학생들에게는 새로운 환경에 맞는 많은 교육이 필요

*** Hankyong National University Electric, Electronic & Control Engineering.

하다. 의료수술 훈련에는 많은 문제점을 가지고 있는데, 첫 번째로 수술 훈련을 할 대상을 구하기가 힘들다는 것이다.

Cadaver(카드버:인체해부 실습용 시체)를 이용하는 방법이 있지만 이 방법은 장소, 시간, 인간의 존엄성에 대한 많은 문제를 가지고 있으며 모든 실습 학생 개개인이 반복적으로 학습을 할 수 없다는 문제점이 있다.

또한 객관적인 수술에 대한 데이터 값을 얻기 힘들기 때문에 평가의 어려움이 있어서, 이러한 문제점을 해결하기 위해 의료 교육에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는데, 보다 객관적인 방식으로, 이 논문에서 제시하는 3D Virtual Reality Surgical Operation Simulation (3D가상 현실 수술 시뮬레이션)은 고안된 방법 중 한가지이며, 실제로 이러한 수술 훈련방법은 수술 실력을 보다 향상시킬 수 있지만 이러한 수술 시뮬레이션에도 몇 가지 문제점을 가지고 있다.

A. 대부분의 수술 시뮬레이션은 Monitor를 이용하여 2D로 수술 장면을 보게 된다. 이렇게 되면 현실감이 떨어지기 때문에 실제 수술 실습과 같은 교육 효과를 얻기가 힘들다.

이 문제를 해결하기 위해 HMD(Head Mounted Display)중 하나인 Oculus Rift를 사용한다. 이 Device를 사용하면 실제 VR(Virtual reality) 환경에 있는 것과 같은 느낌을 줄 수 있기 때문에 수술 시뮬레이션에 보다 집중 할 수 있게 된다.

B. 수술 시뮬레이션에 필요한 장비를 구하기 힘들다는 문제가 있다. 대부분의 수술시뮬레이션 장비는 소프트웨어와 대응하는 특화된 Device로 구성되어 있어서,

시중에서 구입하기 어려운 것들이 대부분이다.

본 논문에서는 Oculus Rift와 Leap Motion만으로 의료에서 가장 기본이 되는Incision(절개)인 수술교육을 구현하여 가상 수술 교육 시스템의 새로운 방향인 가상 입체방식을 활용한 수술교육시스템을 제시하고자 한다.

1.1. 립 모션 컨트롤러

(그림 1)의 립 모션은 마우스와 키보드 대신 좌우 양 손과 손가락의 움직임 궤적을 인식할 수 있는 디바이스이다.

(그림 1) 립 모션 시스템



(Figure 1) Lip Motion System

립 모션 컨트롤러는 0.01mm까지 열 손가락을 인식하고 1입방인치(2.54cm X 2.54cm X 2.54cm) 크기로 구성되며, 또한 립 모션은 초 광각 150도 시야와 깊이 Z 축 좌표로 현실의 손 움직임 궤적을 인식하여 3차원으로 나타 낼 수 있다. 약 100분의 1밀리미터의 움직임까지 감지해 낼 수 있어 정밀한 움직임의 인식이 가능하다.

1.2. 오쿨러스 리프트

(그림 2) 오쿨러스 리프트



(Figure 2) Oculus Rift

(그림 2)의 오쿨러스 리프트는 HMD (헤드 마운트 디스플레이)의 한 종류로 3D View를 위해 디자인 된 Virtual - Reality Device이며, 머리와 안구의 움직임을 실시간으로 감지해 실제 현실상, 초대형 와이드 스크린을 통해 화면을 보는 경험을 할 수 있으며, 360도 View 기능을 통해 사용자가 영상 속에 들어간 느낌을 받을 수 있다. Positioning Tracking(위치 추정)이란 새로운 기술을 적용하여 머리의 상하좌우/앞뒤 움

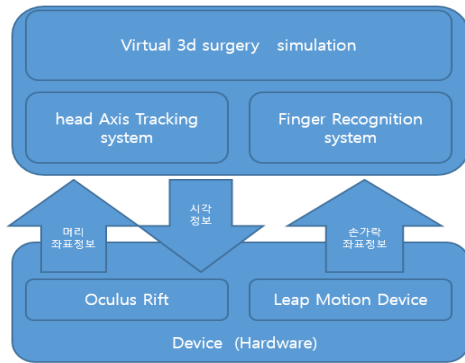
직접까지 인식해 사용자가 고개를 끄덕이거나 가웃거리리는 세밀한 움직임까지 인식한다. 오쿨러스 리프트 버전 DK2에서는 1920x1080 Full H.D 급에 75 frame 까지 지원하면서 더욱 현실감 있게 경험을 할 수 있게 되었다.

2. 본 론

2.1. 시스템 구성

본 시스템의 전체적인 구성은 (그림 3)과 같다. 오쿨러스 리프트와 립 모션에서 실시간으로 좌표를 분석한 후 3D로 수술을 시뮬레이션 할 수 있도록 구성하였다.

(그림 3) 시스템구성도



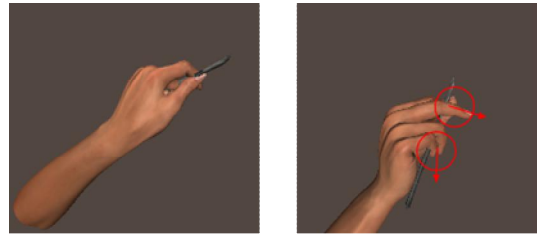
(Figure 3) System Configuration

가상 수술 장면은 오쿨러스 리프트의 헤드 마운트 디스플레이로 시각정보를 출력할 수 있다.

다음 (그림 4)의 립 모션에서는 x, y, z 공간 좌표를 연속적으로 획득한다.

좌표 데이터는 1초 동안 약 30개의 데이터 값을 추출하여 정밀하게 취득하여 정밀한 가상 수술을 할 수 있도록 하였으며 3D공간에 손 모양으로 실시간 렌더링 된다. 각 손가락의 좌표를 인식 하여 손으로 수술용 나이프를 잡는 모양을 한다면 수술용 나이프를 잡을 수 있게 된다.

(그림 4) 손 모션



(Figure 4) Finger Motion

이 수술용 나이프를 이용하여 3D공간 안에 있는 환자를 3D Model로 실습을 할 수 있다.

마찬가지로 오쿨러스 리프트에서 머리를 상하 좌우로 움직이게 되면, 마찬가지로 머리의 공간 좌표를 얻게 되고 렌더링 된 손을 볼 수 있다.

<표 1> 손가락별 모션 벡터값

(A) The coordinates of Thumb, forefinger, and middle finger are closely located and the vectors of index and middle finger are striking similar location.

$$\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} < n$$

$$\sqrt{(x_3 - \frac{x_2 + x_1}{2})^2 + (y_3 - \frac{y_2 + y_1}{2})^2 + (z_3 - \frac{z_2 + z_1}{2})^2} < n$$

(B) The coordinates of annulary and little finger are closely located and their vectors are pointing similar location.

$$\sqrt{(x_5 - x_4)^2 + (y_5 - y_4)^2 + (z_5 - z_4)^2} < n$$

(C) The angle between the vector direction of forefinger and middle finger and the vector direction of annulary and little finger is larger than certain angle.

$$P_4 = (P_{41}i + P_{42}j + P_{43}k)$$

$$\theta = \cos^{-1}(\frac{(P_2 + P_3) \cdot (P_4 + P_5)}{|P_2 + P_3| |P_4 + P_5|}) < n$$

<Table 1> Vector Value of N'th Finger Motion

2.2 절개 수술 데이터 측정

2.2.1. 수술용 나이프의 인식값

컴퓨터를 활용한 오쿨러스 리프트와 립 모션으로 시행하는 수술시뮬레이션의 장점은 실제 실습과는 다르게 객관적인 데이터를 얻을 수 있

다는 것에 있다.

수술에 능숙한 전문가가 미리 수술시뮬레이션 실습을 여러 번 실행하여 데이터를 미리 입력한 후, 학생들이 수술 실습을 하게 되면 혼자서도 반복적인 학습이 가능하다. 측정 데이터로는 수술용 나이프가 사용되는 깊이, 각도, 잘리는 위치가 있다. 데이터는 수술용 나이프가 환자 모델의 피부에 닿을 때부터 측정이 시작되며, 수술용 나이프가 피부에서 빠져 나올 때 측정이 종료되기를 여러 번 반복한다. 데이터측정치는 10ms에 한 번씩 데이터를 체크하여 보다 (그림 5)의 나이프 인식모션으로 정밀한 데이터를 수집할 수 있도록 노력하였다.

(그림 5) 나이프 인식모션



(Figurer 5) Knife Recognition Motion

2.2.2 깊이 측정

수술용 나이프가 얼마나 깊이 박혀 있는지 알아내기 위해서 환자의 칼날 끝의 점과 충돌된 때시 좌표의 벡터 차를 구한다.

<표 2> 깊이측정

$$P_1 = (x_1, y_1, z_1) P_2 = (x_2, y_2, z_2)$$

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

<Table 2> Depth Measurement

2.2.3. 각도 측정

수술용 나이프가 얼마나 깊이 박혀 있는지는 벡터의 내적을 이용하여 계산한다. 이때 환자가 x, y 평면에 평행하게 누워있다고 가정한다.

<표 3> 각도 측정

$$V_1 = Knife\ Vector$$

$$V_2 = v_1i + v_2j + 0k$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{V_1 \cdot V_2}{|V_1||V_2|}\right) < n$$

<Table 3> Angle Measurement

2.2.4. 이동궤적 측정

(그림 6) 에서 수술용 나이프가 몸을 지나갈 때 지나간 궤적을 시각적으로 볼 수 있게 표시해준다. 궤적을 눈으로 보려면 수술용 나이프와 환자피부의 충돌점 중에 가장 먼 쪽에 있는 점을 값으로 선택하였다.

(그림 6) 나이프 이동모션



(Figurer 6) Knife Move Motion

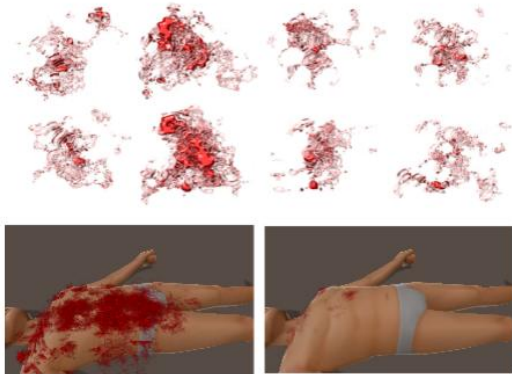
궤적의 색은 위에서 측정한 깊이 값에 따라 색이 변하게 하여 쉽게 깊이를 쉽게 파악할 수 있도록 하였다. 이동 궤적의 색은 수술용 나이프를 깊게 찌를수록 색의 명도를 낮게 표현하고 얇게 찌를수록 명도를 높게 표현하였다. 즉, 위쪽방향으로 향할수록 얇게 찌르고, 아랫방향은 깊게 한 경우를 표시하였다

2.2.5. 절개 수술 데이터 측정

시뮬레이션을 진행 할 때 몰입도를 높이기 위하여 출혈 시뮬레이션을 하여 가시적인 효과를 준다.

수술용 나이프로 찌르는 상황에 따라 분출되는 혈액의 양을 다르게 하고 물리엔진을 사용하여 몸을 따라 흐르는 듯한 느낌을 줘서 좀 더 시각적인 몰입 감을 느낄 수 있도록 (그림 7)과 같이 나이프 시뮬레이션 하였다.

(그림 7) 나이프 시뮬레이션



(Figurer 7) Knife Simulation

분출되는 혈액양은 초당 약 20개가 분출되는 파티클로 이루어져 있다. 위 그림과 같이 미리 준비된 분할된 부분그림을 이용하여 렌더링 한다. (그림 7)의 8개의 부분그림을 순서대로 렌더링 해주며 5초 뒤에는 투명도를 낮추어 시뮬레이션을 진행하는데 방해가 되지 않도록 하였다.

혈액은 피부 표면 위에서 분출하기 때문에 수술용 나이프와 환자피부의 충돌점에서 y좌표로 1~2정도 높은 부분에서 발생하도록 한다.

아래는 혈액이 분출하는 상황에 대한 표이다. 혈액분출을 시뮬레이션 할 때 몸에 내부 장기에 대해서는 무시한다.

<표 4> 나이프 시뮬레이션

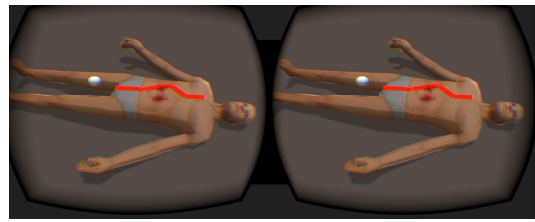
Circumstances	Blood eruption simulation
At the point of stab	Approximately 30 particles are formed once,
While stabbing	Approximately 30 particles are formed on each seconds.
Removing	Approximately 30 particles are formed once.

<Table 4> Knife Simulation

2.2.6. 오큘러스 리프트 연동

오큘러스 리프트는 움직이는 머리 좌표 정보를 이용하여 (그림 8)과 같이 수술용 나이프 인식모션을 3D공간에 있는 카메라의 방향을 전환한다. 카메라의 위치는 사람의 팔에서 머리까지 평균적인 높이에 위치하도록 하였다.

(그림 8) 수술용 나이프 인식모션



(Figurer 8) Knife Recognition Motion

2.2.7. 평가

본 논문에서 제시한 수술교육용 시뮬레이션 프로그램을 외과 의사 5 명과 의대생 5명의 평가 집단을 구성하여 평가하였다. 실제 cadaver를 이용하여 피부절개 실습 할 때에는 크게 머리, 목, 흉부, 복부, 팔 부분을 실습하고 표피 -> 진피 -> 지방 순으로 절개를 한다.

본 논문의 수술교육용 시뮬레이션에서는 두 가지의 디바이스를 통한 가상 수술 교육용시뮬레이션의 가능성을 확인 해보기 위함 이 목적이기 때문에 흉부만을 실습하였고, 표피->진피->지방을 한번에 절개할 수 있도록 하였다.

<표 5> 설문평가

Evaluation survey result	Surgeon	Medical Student
Reality	4/5	5/5
Educational Effect	4/5	4/5
Blood Feedback	5/5	5/5
Incision Feedback	2/5	3/5
Shift Trajectory Feedback	4/5	5/5

<Table 5> Survey Evaluation

가상수술 교육용시뮬레이션 결과 현실과 같이 시각적인 몰입 감을 느낄 수 있다는 공통적인 의견을 들을 수 있었다. 특히 Cadaver실습에서는 실습을 하는 학생들이 시체에 대한 거부감이 있기 때문에 미리 가상 수술 교육용 시뮬레이션이 선행된다면 거부감을 줄일 수 있다는 의견도 있었다. 하지만 수술용 나이프가 닿거나 Cadaver가 만져지는 촉각적인 피드백이 느껴지지 않는 의견이 있었다. 이 부분에 대해서는

Haptic Device를 이용하거나 새로운 기술개발 등의 보완이 필요함을 확인 할 수 있었다 .

3. 결 론

본 논문에서는 오쿨러스 리프트와 립 모션을 이용하여 가상 수술 교육용 시스템을 제안하였다. 오쿨러스 리프트를 통한 360도 View와 립 모션장치를 통한 손동작 인식기술을 이용한 가상 수술 교육용 시뮬레이션 시스템은 기존의 가상 수술 시스템 보다 더 간략하고 가상현실 방식을 통한 환경을 제공하였고 수술 교육 시뮬레이션 결과 교육의 효과를 극대화 할 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다. 또한 시뮬레이션에 사용된 오쿨러스 리프트와 립 모션 2가지 디바이스는 쉽게 저렴하게 구할 수 있어서 의료수술 시뮬레이션에 한정되어 있지 않기 때문에 반복적인 실습교육이 어려운 다른 분야의 시뮬레이션교육에서도 교육용 소프트웨어가 있다면 여러분야로 무한한 확장이 가능하다고 생각되며 가상현실을 통한 교육으로 보다 현실감이 있는 실습 교육이 가능하다고 생각되며 앞으로 많은 논문이 제시되길 바란다.

References

[1] Oculus rift : <https://www.oculus.com/en-us/>

[2] Leap motion : <https://www.leapmotion.com/>

[3] Jinah Park.“Medical Simulation: Virtual surgery”

[4] Moon, sungki “Healthcare and Cyber Community: Its Concept and Applications” 2009.

[5] Jeong-Jin Lee, Ho Lee, Hee-Won Kye, “Cauterizing Effect Animation for Virtual Surgery Medical Simulation”, pp.2-4., JKMS, 2012 13.

[6] Case Study on Treatment of Pneumothorax in Drama pp.3 JCCT, Aug.6, 2015.

[7] Virtual Reality in Surgery: Surgery 2001 and Virtual Reality Surgical Simulators - VIRTUAL REALITY -Annual Conference ,2001.

[8] So, Yo-hwan,“Relationship with Educational Effects and Medium Characteristics in Virtual Reality Learning based on Immersion Gear VR” ,Jan. 2006.

[9] VR in Medicine - IEEE Virtual Reality Annual International Symposium,Aug.2007.

[10] URL: <http://interface-symposium.com/>

[11] Dörner, R. , Broll, W. , Grimm, P. , Jung, B.n. “Virtual Reality und Augmented Reality (VR/AR) ” Jan. 2006.

[12] Je-Seung Hwang*, Min-Jin Kim*, Mi-Kyeong Moon* “Hand Rehabilitation System Using a Hand Motion Recognition Device” ,Vol.19, 8, pp.1-6. Aug,8,2014.



강 병 훈

2016년:건국대학교
(인터넷미디어)

2011년~2013년: 드림익스큐션 클라이언트 프로그래머
2013년~현재: 선데이토즈 클라이언트 프로그래머
관심분야 : Virtual Reality, Drone, Cloud System,
3D Graphic Rendering



김 지 속

2014년 :University of Toronto
(Computer Science)

2012년~2013년: 드림익스큐션 서버프로그래머
2013년~2015년: 토이앱스 게임프로그래머
관심분야 : Media Programing, Education media

김 한 응



1980년 :동국대학교대학원
(컴퓨터 전자제어공학)

1979년~1989년: 서울시교육공무원(선린상고 전산과)
1989년~2000년: 안성산업대학교 전산과, 전자과교수
2001년~현 재: 국립한경대학교 전전자제어공학과교수
관심분야 : Virtual Reality System, 3D Multimedia
System