

Kinect와 Unity3D를 이용하여 제스처 기반 NUI를 적용한 3D 재활 치료 시스템

손현호, 구동현, 정상철, 이영만, 이상민, 이도훈
부산대학교 정보컴퓨터공학부

e-mail:{engelshh, endeavor09, rind13, lym1951, cse83319, dohoon}@pusan.ac.kr

Gesture-Based NUI 3D Rehabilitation System Using Kinect and Unity3D

Hyun-Ho Son, Dong-Hyeon Koo, Sang-Cheol Jeong, Young-Man Lee
Sang-Min Lee, DoHoon Lee
Dept of Computer Science and Engineering, Pusan National University

요 약

본 논문에서는 뇌졸중, 치매 등 재활치료가 필요한 환자를 대상으로 하는 재활 프로그램을 Kinect와 Unity3D를 이용하여 구현하고, 이를 제어하기 위한 효과적인 제스처 기반 Natural User Interface를 적용하였다. 이는 동작 인식을 위해 Kinect 주변에 가까이 있기 어려운 프로그램 사용 환경을 원거리 조작용이 가능하게 하여 더욱 편하게 조작할 수 있게 하며, 직관적이고 단순한 제스처를 정의함으로써 가정에서도 손쉽게 사용할 수 있게 하였다.

1. 서론

세계적으로 인구 고령화 추세가 지속하면서, 뇌졸중, 치매 등 노년에 발생하기 쉬운 각종 질병의 환자 수가 증가하고 있다. 이에 따라 재활 치료에 관한 연구가 다각적으로 진행되고 있으며, 전문적인 재활 시설 또한 등장하고 있다[1]. 하지만 국내 도입은 아직 미흡한 편이며, 대부분 전문적인 치료사가 상시 대기해야 하기에 가정에서 간편하게 사용하기에는 한계가 있다.

Kinect는 인체의 동작을 인식함에 있어 일반 RGB카메라에 비해 성능이 뛰어나며, 가정용으로 개발된 기기인 만큼 가격이 저렴하여 일반 가정에서도 쉽게 구할 수 있다. Unity3D는 전문적인 게임 개발용 엔진임에도 일부 기능을 제외하고는 무료로 제공되고 있다. 또한, 다양한 플랫폼을 지원하기에 시스템의 확장성을 높일 수 있다.

본 논문에서는 Kinect를 이용하여 사용자의 동작을 인식하고 재활에 도움을 줄 수 있는 시스템을 Unity3D를 이용하여 구현하였다. 이를 통해 가정에서 재활운동을 가능하게 하여 환자가 병원 및 재활시설까지 정기적으로 이동하는 불편함과 이에 부담되는 비용을 줄일 수 있다. 또한, 제스처 기반 NUI (Natural User Interface)를 구현하여 직관적인 조작방식으로 가정에서도 쉽게 프로그램을 사용할 수 있도록 구현하였다.

2. 관련 기술 및 연구

Kinect는 Microsoft에서 개발한 가정용 게임기 XBOX360용 음성·동작 인식용 하드·소프트웨어 패키지이다. RGB카메라와 적외선 카메라를 내장하고 있어 컬러영

상과 함께 깊이 영상을 촬영할 수 있다. 이를 이용하여 인체 골격을 추적하는 기능을 지원하며, 2011년부터 Microsoft에서 교육, 의료용으로 Windows용 Kinect SDK를 공개하면서 다양한 분야로 확장하여 연구가 진행되고 있다.

Unity3D는 3D 게임 엔진으로써, GUI가 직관적이며 Asset Store에서 다양한 리소스를 유·무료로 구할 수 있어 진입 장벽이 낮다. 또한, 일부 기능을 제한한 버전에 한하여 무료로 제공되고 있다. 하지만 2D 개발의 지원이 아직 초기 단계인 점, Asset Store에서 구할 수 있는 리소스 간 충돌이 발생할 위험성이 있다는 점 등의 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 퍼포먼스가 여타 게임엔진과 비교하였을 때 뒤쳐지지 않는 무료 엔진이라는 점 때문에 실제로도 많은 개발자가 사용하고 있다.

이미 Kinect와 Unity3D를 이용한 재활 치료 프로그램에 관한 연구는 있었다. 해당 연구에서는 손 추적을 이용하여 커서를 조작하는 2차원 인터페이스를 구현하여 호버버튼, Picking을 통해 3D 개체와 상호작용할 수 있도록 하였다 [2]. 이 방식은 손 인식을 통하여 2차원 이미지를 커서로써 조작하여 오브젝트를 선택하기에 마우스 입력방식의 확장으로 볼 수 있다. 하지만 본 논문에서는 인터페이스를 제스처 기반 NUI로 구현하여 조금 더 자연스러운 조작이 가능하도록 구현하였다.

3. 재활치료 시스템

본 시스템의 구현에 있어 Microsoft에서 개발한 Kinect와 게임엔진인 Unity3D를 연동하는 방법으로써 OpenNI기

반 플러그인인 zigfu를 사용하였다.

3.1 제스처 기반 NUI

NUI란 Natural User Interface의 약자로서 GUI (Graphic User Interface)보다 인간이 직관적이고 자연스럽게 사용할 수 있는 인터페이스의 개념이다[3]. NUI는 터치 센서부터 음성인식까지 매우 광범위한 개념으로, 실제로도 다양한 연구가 진행되고 있다[1]. 본 논문에서는 Kinect를 사용하여 인체를 인식·추적하기에 제스처 입력 방식의 NUI를 채택하였다.

1) 제스처 범위의 분류

Kinect를 이용할 시 컴퓨터와 치료 대상자가 일정 거리를 유지해야 한다. 마우스를 이용한 입력은 원거리에서 사용자에게 불편함을 가져올 수 있다. 그러므로 제스처를 통하여 원거리에서 프로그램의 조작성이 가능하도록 구현하였다. 하지만 재활치료를 해야 하는 환자의 경우 정확한 제스처를 취하기가 어려울 수 있다. 이에 제스처를 치료 보조자의 제스처, 치료 대상자의 제스처로 분류하였다. 치료 보조자의 제스처는 프로그램 조작 목적으로, 치료 대상자의 제스처는 프로그램 내의 미니게임 수행을 통한 치료 목적으로 분류하여 구현하였다.

2) NUI 구현

<표1> 인터페이스 조작성을 위한 제스처의 정의

State	Main Page : Selecting game		Game Page : Control the state of game		
Function	Select Game	Exit Program	Start Game	Quit Game	Select Mode
Gesture					
Remarks	Select Game scene by 3 of 4 gestures except right-bottom gesture				Both sides can be used

프로그램의 조작성은 치료 보조자에 의해 이루어지는데 이때 사용하는 제스처는 <표1>과 같다. 김현 외[4]의 연구에서 방향성을 기반으로 정의한 제스처가 직관성을 높여준다는 결과가 있었다. 이를 기반으로 하여 NUI 조작성을 위한 제스처를 정의하였다.

메인 화면에서 게임 모드를 선택할 시에는 신체를 중심으로 좌상, 좌하, 우상, 우하 측 방향으로 팔을 뻗는다. 이를 통해 3가지 게임과 프로그램 종료 중 수행하고자 하는 명령을 선택할 수 있다.

게임 수행 중에는 게임 시작을 원할 시 우측으로, 게임 종료를 원할 시 좌측으로 팔을 뻗도록 구현하였다. 모드의 선택이 있는 게임에 있어서는 위로 팔을 뻗을 경우 오른팔 왼팔과 관계없이 게임 모드의 선택이 가능하도록 하였다. 일반적으로 화면 우측이 다음 상태를 의미하고, 화면 좌측이 이전 상태를 의미한다는 점에 착안하여 디자인하여 직관성을 높였다. 또한, 사용자 피드백을 위하여 사용자가 제

스처를 취하는 중에는 메뉴 이미지의 색상을 변경하여 Midas Touch 문제를 해결하였다[5].

이를 구현하기 위하여 각 선택을 위한 영역을 3D 공간 상에 지정하였으며 팔을 뻗어 손끝이 지정한 영역에 들어가서 일정 프레임 이상 유지할 시 명령이 수행되도록 구현하였다.

3.2 핸드트래킹, 손 쥐기 인식

미니게임 중 공을 옮기는 미니게임의 구현을 위하여 손의 손 쥐기를 인식할 수 있도록 구현하였다. 손동작 인식에 관련된 연구가 현재 많이 진행되고 있으며[6, 7], 이 중 공을 쥐고 놓는 행위를 위한 손 쥐기 인식만을 목적으로 하여 진행하였다.

손 쥐기 인식에 앞서 손 위치의 추적이 필요하다. 손 위치의 추적에서는 Kinect의 인체 골격 추적기능을 이용하였다. 단, 인체 골격을 통해 얻은 손의 위치는 정확히 손의 중심점으로 이용하기에는 정확성이 떨어지므로, 손 위치를 기준으로 일정 영역의 깊이 영상을 바탕으로 하여 손의 중심점을 바로잡는 작업이 필요하다. 이를 위해 손 영역에 거리 변환 알고리즘을 적용하여 골격을 구하고, 이를 바탕으로 중심점을 구하였다.

위에서 찾은 손의 중심점 $C(x_{hand}, y_{hand})$ 을 이용하여 깊이 값 d 에 따른 반지름 $r = \alpha d$ 를 가지는 원을 지정한다. 이때 상수 α 값은 실험적으로 구하였다. 이 원의 점 P 의 좌표는 아래와 같다.

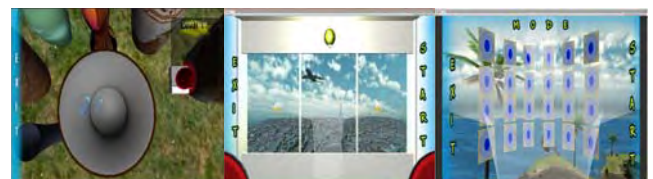
$$P(\sqrt{y^2 - (\alpha d)^2} + x_{hand}, \sqrt{x^2 - (\alpha d)^2} + y_{hand})$$

중심점 보정을 위해 구한 손 영역의 골격의 한 점을 $P_{skeleton}(x_{skeleton}, y_{skeleton})$ 이라 하면, C 를 중심으로 하는 원과 겹치는 손 골격의 점의 집합 S 는 아래와 같이 구할 수 있다.

$$S = \left\{ P(x, y) \left| \begin{array}{l} x_{skeleton} = \sqrt{y^2 - (\alpha d)^2} + x_{hand} \\ y_{skeleton} = \sqrt{x^2 - (\alpha d)^2} + y_{hand} \end{array} \right. \right\}$$

C 를 중심으로 하여 그린 원과 손 골격이 겹치는 개수 n 은, $n = |S|$ 로 구할 수 있다. 손 영상에서 손목 부분의 골격이 2갈래로 갈라지는 것을 고려하여 n 의 값이 $n \geq 3$ 을 만족 할 경우, 주먹을 쥐 것으로 판단한다.

4. 결과



(a) 집중력 재활 훈련 (b) 상체 근육 운동 (c) 기억력 재활 훈련

(그림1) 각 재활 프로그램 장면

집중력 재활 훈련은 공을 정확한 위치에 옮기는 재활 훈련으로써, 난이도에 따라 5단계로 구분하였다. (그림1) (a)의 우측에 있는 공을 화면 가운데에 위치한 항아리에 넣도록 하였으며, 난이도가 올라갈수록 목표로 하는 영역이 좁아지고, 이를 통해 치료자의 집중력을 높일 수 있다.

상체 근육 운동은 3D 캐릭터 모델 앞의 창문을 닫는 재활훈련이다. 상체 근육의 운동을 위하여 몸을 크게 움직일 수 있도록 하였다. 재활 치료 효과의 향상을 위해 손을 일정 거리 이상 뻗어야만 창문이 닫이도록 구현하였다. (그림1) (b)와 같이 화면의 양측 하단에 색상의 변화로 손이 현재 창문까지 닿았는가를 확인할 수 있는 시각적 피드백 장치를 마련하였다.

기억력 재활 훈련은 치매 등 기억력 장애가 있는 환자를 대상으로 하는 프로그램으로 신체를 움직여 카드를 선택해야 하므로 기억력 재활 효과 이외에도 가벼운 운동 효과도 제공하도록 구현하였다. 모드 선택을 통하여 8쌍, 12쌍으로 난이도를 조절하여 진행할 수 있다. (그림1) (c).

항목은 77점이 나왔다. 또한, 각 세부 항목별 조사에서는 ‘메뉴 - 직관성’이 77점, ‘메뉴 - 정확성’이 90점으로 체스 처 기반 NUI가 시스템의 조작에 긍정적인 역할을 하였다.

하지만 각각의 재활 치료 프로그램에서는 ‘기억력, 상체 운동 - 난이도’의 항목이 각각 73, 77점이지만, 집중력 재활 치료 프로그램에서 ‘집중력 - 반응속도’ 항목이 30점이 나왔으며, ‘집중력 - 난이도’ 항목 역시 63점으로 다소 낮은 점수가 나왔다.

5. 결론 및 향후 연구

본 재활 치료 시스템에서 정의하고 구현한 체스 처 기반 NUI는 실제 다양한 분야에 적용되어 사용될 수 있다. 실험에서 행해졌던 설문조사에서 긍정적인 반응을 얻었다는 점은 NUI 기반의 프로그램 제작에 있어 의미 있는 결과라 할 수 있다. 다만, Kinect에서 자체적으로 지원하지 않아 직접 구현한 손동작 인식이 실시간으로 정확히 반영되지 않았기에, 앞으로 이를 보완하여 더욱 섬세한 동작을 정확히 인식할 수 있도록 개선해야 한다.

참고문헌

[1]Steinberg, Gideon. "Natural user interfaces." ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2012.

[2] 김예나, et al. "Kinect 와 Unity3D 를 이용한 체감형 3D 가상현실 재활치료 시스템." 대한전자공학회 학술대회 (2013): 935-938.

[3]Kaushik, Dr Manju, and Rashmi Jain. "Gesture Based Interaction NUI: An Overview." arXiv preprint arXiv:1404.2364 (2014).

[4] 김현, and 송해원. "보다 직관적인 비접촉 조작 제스처를 위한 디자인 방향성 제시." 디자인학연구 25.1 (2012): 269-277.

[5] 오세현, 함영이, and 윤주현. "Midas Touch 이슈 해결을 위한 제스처 인터랙션 디자인에 대한 연구." 한국 HCI 학회 학술대회 (2012): 576-578.

[6] 이상무, 김미혜, and 임종관. "골격모델 기반의 손가락 숫자 인식방법." 한국 HCI 학회 학술대회 (2014): 873-875.

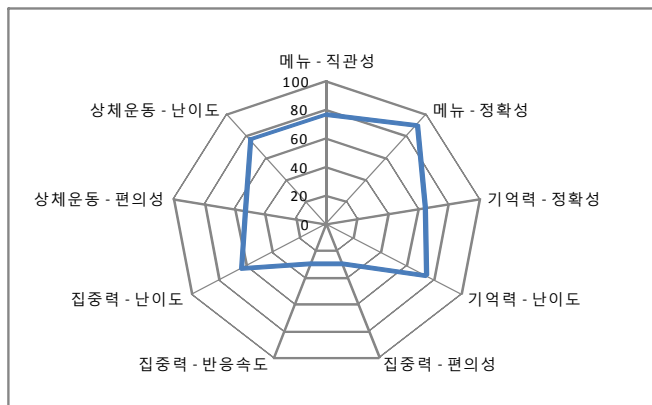
[7] 조병준, 장하영, and 장병탁. "키넥트센서 데이터를 이용한 동작 인식 및 분류." 한국정보과학회 학술발표논문집 39.2B (2012): 318-320.

[8] 김나영. "내추럴 3D 제스처 인터페이스 기반 게임의 사용성 평가." 한국컴퓨터게임학회논문지 23.단일호 (2010): 217-225.

[9]Questionnaire for User Interaction Satisfaction .http://lap.umd.edu/quis/



(그림2) NUI 기반 시스템 적정성 평가 설문조사 결과



(그림 3) 각 재활 프로그램 적정성 평가 설문조사 결과

실험은 일반인을 대상으로 하여 프로그램을 직접 사용해 보고 설문 조사를 취하는 방식을 채택하였다. 본 설문조사의 각 항목은 김나영[8]의 연구를 참고하여 QUIS 표준에 맞추어 작성하였다[9].

(그림2)와 (그림3)은 구현한 시스템에 대한 설문조사 결과를 100점 만점으로 환산하여 그래프로 나타낸 것이다. ‘효율성’ 항목에서 평가 점수가 87점이 나왔으며, ‘효과성’