

증강현실 기반의 휴머노이드 로봇 제어에 관한 연구

이두희*, 우종우*

*국민대학교 컴퓨터공학부

e-mail:skawkdywd@naver.com

A Study on the Control of Humanoid Robot based on Augmented Reality

Doo-Hee Lee*, Chong-Woo Woo*

*School of Computer Science, Kookmin University

요 약

현재 지능형 휴머노이드 로봇에 관한 연구는 다가오는 유비쿼터스 시대에 가장 중요한 연구 중 하나로 인식되고 있다. 또한, 유비쿼터스 환경에서의 새로운 사용자 환경으로 주목받고 있는 증강현실은 여러 응용분야와 함께 결합함으로써 그 활용도를 넓혀 가고 있다. 본 논문에서는 사용자에게 높은 몰입감과 효과적인 정보전달을 가능하게 하는 증강현실 기술을 휴머노이드 로봇 시스템 제어에 접목함으로써 로봇의 상태정보를 사용자가 보다 쉽게 이해하고 또한 사용자의 요구를 마커를 사용하여 직접 로봇에게 전달함으로써 로봇과 사람사이의 중계역할을 담당하는 부분을 줄이고 로봇과 사람사이의 보다 자연스러운 인터페이스를 구축하였다.

1. 서론

Augmented Reality(AR)란 Virtual Reality(VR)과 같이우리가 생활하는 실세계 환경을 컴퓨터가 생성하는 가상의 세계로 대치하는 것이 아니라, 실세계와 가상 세계를 실시간으로 융합하여 사용자의 감각으로 얻을 수 없는 정보를 사용자에게 제공함으로써 보다 실질적인 현실감을 제공하는 기술이다 [1][5]. 현재 이러한 증강현실에 대한 연구는 이미 상용화 단계에 이르렀으며, 자동차 항법 시스템[6], 군사 훈련[7], 제품 디자인[8]등 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 새로운 사용자 인터페이스로 발전되고 있다.

본 연구에서는 이러한 증강현실 기술을 휴머노이드 로봇시스템에 적용함으로써 기존의 로봇연구에서 미흡하였던 로봇의 상태파악을 보완하고 사용자에게 편리한 인터페이스를 구현 하고자 한다. 로봇의 연구에서는 로봇이 작업지시에 따라 actuator를 통하여 작업이 이루어지게 되지만, 작업의 진행상황을 직접적으로 알기 힘들고, 또한 작업 실패 시에도 실패의 원인분석이 어려운 문제점이 있었다[9][10]. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 증강현실의 기술을 로봇의 상태정보 파악 등에 적용하여 로봇의 상태

를 현존감 있게 관찰 할 수 있는 환경을 조성함으로써 사용자와 로봇의 긴밀한 작업 수행환경을 구축할 수 있을 것이다. 또한 기존 마우스나 키보드를 통한 인터페이스는 로봇과의 소통에 있어서 정확하지만 항상 컴퓨터를 통한 제어로 로봇과의 사이에 중계기기가 있어야했다. 하지만 마커를 통해 직접 사용자의 요구사항을 로봇에게 전달함으로써 보다 진보적인 사람-로봇의 인터페이스를 구축할 수 있게 된다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 증강현실에 대한 관련연구를 살펴보고 3장에서는 제안하는 시스템의 구성과 세부구조에 대해서 설명하고 4장에서는 이를 기반으로 구현된 시스템의 동작을 설명하고 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구 과제에 대하여 설명한다.

2. 관련 연구

2.1 증강현실

증강현실의 기술이 실제 환경에서는 볼 수 없는 여러 정보들을 사용자가 이해하기 쉽게 실시간으로 제공하면서 기존의 연구들은 이러한 정보제공을 통한 사용자의 지식 향상에 초점이 맞추어져 있다. 그 예로는 A Touring Machine[2]과 AR Navigation System for Neurosurgery [3]가 있다.

"본 논문은 서울시 산학연 협력사업의 지원을 받아 연구 수행된 논문입니다."

2.1.1 A Touring Machine

A Touring Machine은 3차원 증강현실 시스템을 Mobile Computing 기술에 사용하여 도시환경에서의 지리 정보를 제공하는 관광안내 시스템을 실험하였다. Backpack computer, Handheld computer, Head-worn display로 이루어진 장비는 GPS position tracker와 Orientation tracker를 통하여 착용하고 있는 사용자의 위치를 인식하고 이를 바탕으로 안내서버와 웹서버를 통해 주변에 대한 정보를 검색하여 Head-worn display로 제공한다. 사용자의 시야에 보이는 건물들에 정보를 덧씌워 보여주므로 보다 이해하기 쉽고 직관적인 장점이 있으나 GPS신호에 의존하므로 건물에 의한 전파방해로 현 위치를 찾아내지 못하는 문제점이 있었다.

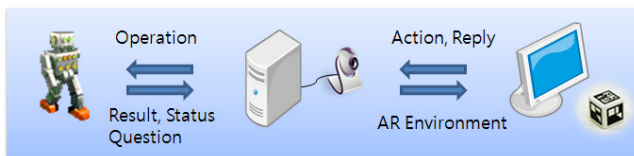
2.1.2 AR Navigation System for Neurosurgery

AR Navigation System for Neurosurgery는 신경외과 수술시 환자의 상태를 의사에게 증강현실 기반으로 보여준다. 먼저 환자의 CT/MRI 단층 이미지들로부터 3차원 영상을 생성하고 수술시 환자의 위치와 상태, 수술도구에 따라 그 상황에 맞는 정보를 제공한다. 의사는 이러한 상황정보들과 환자의 입체영상을 고려하여 어둡거나 가려져 있는 부분까지 시야를 확장할 수 있다.

3. 시스템 설계

3.1 개요

증강현실 시스템에서의 마커의 역할은 대부분 카메라의 위치정보 검출과 디스플레이 용도로 많이 활용하였던 반면, 본 논문에서 제안하는 시스템은 마커를 디스플레이와 함께 로봇을 제어하기 위한 입력 수단으로 활용함으로써, 사용자가 로봇을 보다 쉽게, 직관적으로 조작 할 수 있도록 구성하였다. 또한 기존의 로봇시스템에서는 현재 로봇의 상황을 전혀 알 수 없지만, 본 연구에서는 이러한 점을 AR로 보완하여 로봇의 상황이나 작업내용 등을 사용자에게 직접 현실감 있게 제공할 수 있게 된다.

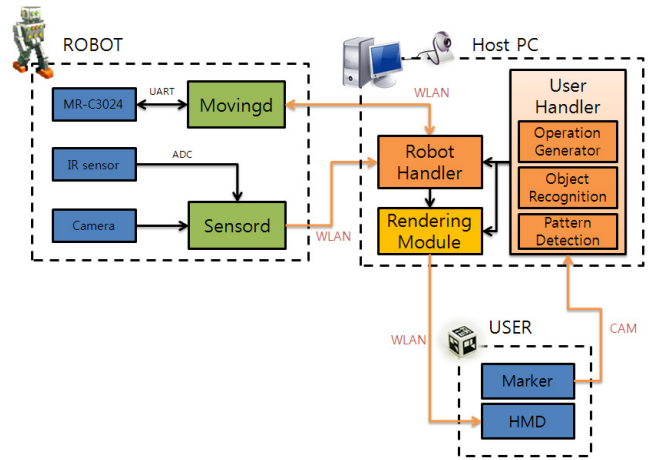


(그림 1) 시스템 H/W 구성환경

시스템의 H/W 구성은 위 (그림 1)에서처럼 세 부분으로 구성되어 있다. 우선, 사용자의 과제를 수행하고 자신의 상태를 전송하는 로봇시스템과, 사용자가 원하는 작업을 전송하고 모니터링 하기 위한 사용자 인터페이스 시스템, 그리고 이들을 연결해주고 각각의 정보를 분석하여 증

강현실 환경으로 변환해주는 서버이다.

3.1 세부 구조



(그림 2) 시스템 구조도

각 H/W 내부의 세부 구조는 위 (그림 2)와 같다. 먼저 사용자는 의사표현을 위한 마커와 정보습득을 위한 디스플레이 장치를 가지고 있으며, 마커의 종류와 유무를 통하여 현재 원하고 있는 정보나 명령을 표현하게 된다.

서버는 사용자와 로봇을 연결하기 위하여 각각 Robot Handler 와 User Handler를 포함하고 있고, 이를 AR 환경으로 구성하기 위한 Rendering Module을 포함한다.

사용자가 마커의 상태를 변화시키면 이를 User Handler에서 감지하고 이를 명령의 형태로 변환하여 Robot Handler를 통하여 로봇으로 전송한다. Robot Handler는 로봇의 각종 센서현황이나 작업명세, 질의내용을 관리하고 직접 로봇과 통신을 하기위한 모듈이다.

로봇에는 Robot Handler를 통하여 들어온 명령을 수행하기 위한 Moving Demon과 영상 전송을 위한 Cam Demon이 있다. 로봇은 명령을 수행하게 되고 수행중인 작업내용과 상태에 대한 정보를 서버로 피드백한다. 서버의 Robot Handler에 로봇의 피드백 정보가 들어오게 되고 이를 바탕으로 Rendering 모듈이 사용자에게 AR환경을 구성하여 효율적으로 정보를 전달하게 된다. 궁극적으로 사용자는 마커의 움직임을 통해 로봇을 제어, 명령 할 수 있으며 그 결과에 대한 정보는 AR환경으로 구성되어 원격지에서도 사용자가 로봇을 효과적으로 통제, 관리 할 수 있게 해준다.

3.1.1 User Handler 모듈

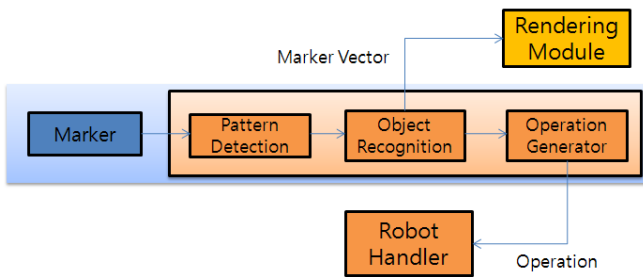
User Handler모듈의 역할은 마커를 움직이는 등, 사용자의 행동을 카메라로 입력된 영상으로부터 원하는 명령을 생성하고, 차후 증강현실을 제공하기위한 마커의 상태

검출이다. 모듈의 수행과정은 다음과 같다.

입력된 영상은 아래 (그림 3)에서와 같이 User Handler가 포함하고 있는 Pattern Detection, Object Recognition, Operation Generator의 단계를 거쳐 로봇에게 전송 될 명령어를 생성한다.

. Pattern Detection, Object Recognition 단계에서 증강현실 툴킷(ARToolkit[4])을 사용하여 마커를 검출하고 마커의 종류를 인식하게 된다.

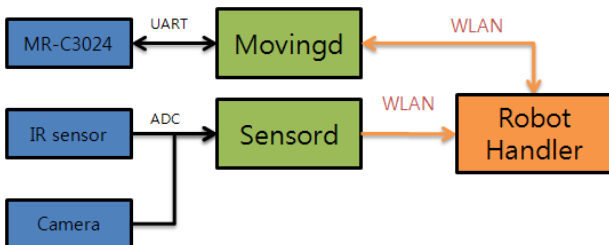
. Object Recognition 단계가 끝나면 마커에 대한 정보는 영상내의 좌표와 기울기, 방향등으로 벡터화하여 저장되고 이러한 정보들은 Operation Generator를 통하여 명령어 형태로 전환되고 동시에 Rendering Module의 영상정합을 위해 사용된다.



(그림 3) User Handler 모듈의 구조

3.1.2 Robot

(그림 4)와 같이 Robot은 Server와 통신하기 위해 두가지 Demon을 항상 대기한다. 본 연구의 로봇에서는 Moving Demon과 Sensor Demon이 로봇내부에서 수행되며 Server의 Robot Handler와 네트워크로 연결되어 정의된 프로토콜을 통해 정보를 주고 받을 수 있도록 구현되어 있다. Moving Demon은 로봇의 경로 계획, Job스케줄러 등 Job에 관한 정보를 관리하고 수행하며, Sensor Demon은 각 센서의 상태를 모니터링 하고 필요한 곳에 알려준다.



(그림 4) Robot의 세부 모듈

로봇이 작업을 수행하고 대기하는 과정은 다음과 같다. 로봇은 Robot Handler로부터 명령을 받아 작업을 등록하

고 더 이상 작업이 없을 때 까지 순서대로 수행하며 더 이상 작업이 없으면 대기한다. 수행 중 오류가 발생하거나 사용자에게 질의가 필요한 경우 이를 Robot Handler에 전송하여 사용자가 알 수 있도록 한다.

4. 구현 및 실험

시스템의 구현은 (그림 5)의 알고리즘을 갖는 간략한 시스템을 구성하여 제안한 시스템을 구현하였다. 정 사각 형태의 마커를 검출하고 종류를 인식하는 과정은 ARToolkit을 사용하였고 센서값에 따라 증강되는 가상 이미지는 OpenGL을 사용하였다. ARToolkit은 증강현실 응용프로그램을 만들기 위한 라이브러리 집합으로 마커 인식부분과 렌더링부분을 지원한다.

```

Initialize(camera)
Connect_Robot_system()
while(robot_connected)
{
    Grab_image()
    Detect_quadrangle(image)
    Recognize_marker(pattern)
    If (detect_pattern.type == Display_marker)
        Make_ARDistance(sensor_values)
        Generate_VR(distance)
        Rendering(VR)
    If (detect_pattern.type == Control_marker)
        GetOperation(detect_pattern)
        Send_operation(robot)
    Display_Image()
}
    
```

(그림 5) 구현 알고리즘

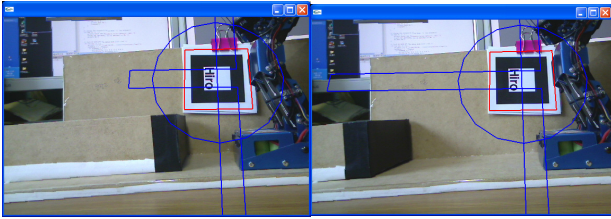
4.1 시나리오

사용자는 마커를 사용하여 로봇을 제어한다. 마커는 용도에 따라 Display 마커와 Control마커로 구분되는데 Display마커는 로봇의 상태가 증강될 영상 내 위치를 지정하기 위해 사용되고 Control 마커는 로봇에게 보내는 명령에 해당한다. Host PC에 연결된 웹캠을 통해 사용자가 Control 마커를 보여주면 로봇은 그에 맞는 동작을 수행하고 Display 마커에는 로봇의 센서 값을 표시하여 로봇 주위의 상태를 알 수 있도록 한다.

4.2 로봇 정보 표시

Host PC에서 Control 프로그램이 수행된 후 로봇이 접속하면 이 이후부터 사용자는 Display장치를 통해 로봇의 상태를 확인 할 수 있다. (그림 6)에서 보는 바와 같이 현재 로봇이 읽고 있는 센서 값은 실제 거리에 맞추어 환산되어 마커에 표시되며 이를 통해 로봇 주변에 어느 정

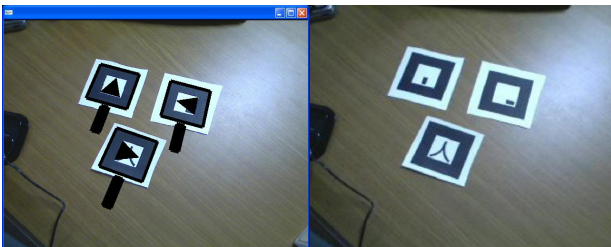
도 공간이 있는지 예측 할 수 있다. 이 외에도 로봇의 작업내용과 로봇이 관측하는 영상 등을 표시 할 예정이다.



(그림 6) 증강된 센서 값 정보

4.3 사용자 명령 전송

사용자의 명령은 마커의 종류에 따라 결정하도록 하였다. 로봇의 기본적인 이동을 위하여 (그림 7)과 같이 전진, 왼쪽 회전, 오른쪽 회전을 사용하는 세 가지 마커를 사용하여 실험하였다. 마커가 카메라를 통해 입력되면 User Handler가 이를 인식하여 해당마커에 맞는 명령을 접속되어있는 로봇으로 전송하도록 하였다.



(그림 7) Control 마커

5. 결론

본 논문에서는 사용자가 쉽게 로봇을 조작하고 모니터링 할 수 있도록 증강현실기반의 로봇과 사람사이의 인터페이스를 제안 하였다. 이를 위한 구현 내용으로 로봇의 센서 정보를 실제 공간에 맞게 Display 장치에 보여줌으로써 로봇 주위의 상황을 사용자가 보다 현실적으로 이해 할 수 있도록 하였으며 여러 개의 마커를 사용하여 사용자가 로봇에게 원하는 행동을 수행하도록 하였다. 하지만 마커의 종류를 판별하여 이에 해당하는 명령을 로봇에게 전송하는 방법은 각각의 행동에 맞는 마커를 모두 입력하고 인식해야 하므로, 몇 가지 마커의 상태에 따른 자연스러운 로봇 명령어의 생성 부분이 추가적으로 진행해야 할 연구 사항이다.

증강현실을 통한 사용자와 로봇의 인터페이스는 사용자가 직접 로봇을 지켜보고 있지 않더라도 원격지에서 로봇의 정보를 효과적으로 확인하고 관리 할 수 있게 해주며 로봇의 제어에 더 강한 몰입감과 편리성을 더 해 줄 수 있다. 이는 앞으로 맞이하게 될 유비쿼터스 환경에서 휴머

노이드 로봇 뿐 만이 아닌 기타 지능형 로봇들을 컨트롤 하고 제어하기 위한 인터페이스로서 활용 될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Azuma, R. et al. "Recent advances in augmented reality", IEEE computer graphics and applications, vol21, no6, pp34-37, 2001

[2] Feiner, S. et al., "A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment," Proceedings of 1st International Symposium on Wearable Computers, 1997, pp74-81

[3] Y. Akatsuka, T. Kawamata, M. Fujii, Y. Furuhashi, T. Saito, A. amd Shibasaki, H. Iseki, and T. Hori. "AR navigation system for neurourgery" In Proceedings MICCAI, volume 1935 of Lecture Notes in Computer Science, Springer, Oct. 2000. p 833 - 838.

[4] Kato, H., Billinghamurst, M., Poupyrev, I., Imamoto, K., Tachibana, K. "Virtual Object Manipulation on a Table-top AR Environment". In procedins of the international symposium on Augmented Reality, pp111-119 (ISAR 2000), Munich, Germany.

[5] 고윤희, "증강현실의 기술과 미래", 산업기술연구 논문집, 제19권제1호, 2004.12, p87-95

[6] 박완주의 4인, "증강현실을 이용한 자동차 항법 시스템", 한국자동차공학회 춘계학술발표 논문집, pp2269-2274, 2007.

[7] 정경부, 이상원, 정승도, 최병욱 "가상전술지도: 증강현실에 기반한 군사훈련 브리핑 도구", 한국통신학회 논문지, 제31권제4호, pp341-350, 2006.

[8] 이우훈, 제품디자인을 위한 증강현실기반 정량구조 시뮬레이션 기법에 대한 연구", Journal of Korean Society of Design Science, vol 18, No3. pp85-94, 2005.

[9] 유범재, 오용환, 최영진, "휴머노이드 연구동향", 한국 정밀공학회 제21권 제 7호, 2004년 7월, 15 ~ 21P

[10] 서주희, 장인우, 우종우, "휴머노이드 로봇의 지능적 행위구현에 관한 연구" 한국 정보처리학회 추계학술발표 논문집, pp23-26, 2008.