

사람과 로봇간 원격작동을 위한 몰입형 사용자 인터페이스

Immersive user interfaces for visual telepresence in human-robot interaction

요약 사람과 로봇간 인터페이스 연구가 활발히 진행되어감에 따라 원격으로 로봇을 조종하고 그 로봇을 통해 환경정보를 제공받는 텔레프레전스 시스템에 관심이 증가하고 있다. 로봇이 움직임 따라 자연스러운 텔레프레전스 서비스를 제공하기 위해서는 사용자 행동인식이 매우 중요하다. 이전에 제안되었던 텔레프레전스의 사용자의 이동 인식 시스템은 개발이 어려우며 많은 비용이 요구되고 사용자와 로봇간의 상호작용에 많은 한계를 보여왔다. 본논문에서는 닌텐도의 게임기 WII 의 적외선 리모콘을 이용하여 사용자의 이동 및 시선을 파악하고 그 정보를 바탕으로 원거리의 로봇(Sony 의 AIBO)을 움직여 사용자가 원하는 정보를 HMD를 통해 수신할 수 있는 시스템을 제안한다.

Abstract As studies on more realistic human-robot interface are being actively carried out, people's interests about telepresence which remotely controls robot and obtains environmental information through video display are increasing. In order to provide natural telepresence services by moving a remote robot, it is required to recognize user's behaviors. The recognition of user movements used in previous telepresence system was difficult and costly to be implemented, limited in its applications to human-robot interaction. In this paper, using the Nintendo's Wii controller getting a lot of attention in these days and infrared LEDs, we propose an immersive user interface that easily recognizes user's position and gaze direction and provides remote video information through HMD.

핵심어: *immersive user interface, Telepresence, head tracking, head mounted display, Wiimote control*

1. 서론

최근 로봇산업이 발달함에 따라 로봇을 효과적으로 도입하기 위한 사용자 인터페이스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데, 보다 현실감이 나는 사용자 인터페이스를 제공함으로써 원격으로 로봇을 제어하거나 영상정보를 획득하여 보다 보안이나 감시, 엔터테인먼트 등의 다양한 응용 분야에 로봇을 적용한다. 텔레프레젠텐스는 사용자로 하여금 멀리 떨어진 공간의 정보를 획득하는 기술로, 원격으로 로봇을 제어하기 위해 유용한 기술로서, 떨어진 공간의 시각 정보를 활용하는 것은 텔레프레젠텐스 시스템의 핵심 요소이다. 만약 로봇이 사람과 같은 시각 구동 구조를 가진다면, 사람들은 매우 편안하고 자연스럽게 로봇을 구동하여 원격의 시각 정보를 획득할 수 있다. 하지만 기존의 많은 로봇들은 단순한 동작만을 제공하였고, 텔레프레젠텐스 시스템의 구현이 매우 어렵고 비용이 많이 들기 때문에 인간-로봇 상호작용에 적용되기에 많은 한계가 있다. 인간-로봇 상호작용에 있어서 시각적인 텔레프레젠텐스를 구현하기 위해 보다 자연스럽게 직관적인 사용자 인터페이스의 개발이 요구된다. 마우스나 키보드를 사용하여 로봇을 조작하는 것은 그리 어렵지는 않지만 특정 작업에 적절하지 않은 경우가 종종 있다. 반면에 얼굴 추적 기능을 가진 HMD(Head Mounted Display)를 이용한다면 사용자는 보다 쉽고 자연스럽게 로봇의 시각을 활용할 수 있다. 사용자가 어떤 곳을 바라보면 로봇도 같은 방향을 향하기 때문에 사용자에게 더 많은 몰입감을 부여한다. 이를 위해서는 사용자의 움직임이나 시선을 추적하고 그에 따라 떨어져 있는 로봇의 움직임을 제어해야 한다. Shiratsuchi 등은 간단한 조작 작업을 위해 자기 센서인 ISOTRACK II(Polhemus 사)를 활용한 텔레프레젠텐스 시각 시스템을 설계하였고, Brooker 등은 사용자의 눈 움직임에 따라 디스플레이나 카메라의 기하정보를 동적으로 제어하는 시각 텔레프레젠텐스 시스템을 제안하였다. 본 논문에서는 닌텐도 사의 Wii 컨트롤러와 적외선 LED를 이용하여 사용자의 위치와 시선을 추적하는 몰입형 사용자 인터페이스를 제안한다. 소니 사의 AIBO 로봇을 제안하는 인터페이스와 연결하여 사용자의 움직임에 따라 로봇이 움직이고 HMD를 통해 로봇의 카메라로부터 수집된 영상을 출력한다.

2. 플랫폼

제안하는 플랫폼은 크게 유저 디바이스 와 원격행동 디바이스 등 2개의 디바이스 그룹과, 사용자 행동추출 모듈, 로봇행동명령 생성모듈, 로봇영상처리 모듈 등 정보처리 모듈 3가지로 구성된다(그림 2). 첫 번째 사용자 디바이스는 사용자의 몸에 직접 장치하는 하드웨어들의 집합이다. 여기에는 사용자의 상황을 분석하기 위한 적외선 발신기를 장착한 헬멧과 적외선 수신기가 있으며, 원격 로봇이 전송하는 화면을 보기 위한 HMD 가 포함된다. 또 다른 Device 그룹인 원격

행동 디바이스는 사용자의 행동을 원격에서 그대로 행동하여 사용자가 원하는 정보를 수집할 임무를 수행할 device들의 모음이다. 사용자 디바이스 와 원격 행동 디바이스간에 데이터를 중계 및 가공하는 부분이 정보처리 모듈이다. 이중 첫 번째 사용자 행동추출 모듈은 유저 디바이스가 적외선 발신기와 수신기를 통해 수집한 데이터를 블루투스를 이용해 전송받아 사용자의 위치와 시선방향 등을 추론한다. 이렇게 추론된 정보는 두 번째 모듈은 로봇행동생성 모듈에서 사용하게 된다. 사용자의 행동과 동일한 행동을 하기 위해 원격 로봇이 어떻게 움직여야 하는지 추론하여 원격행동 디바이스 로 행동 명령을 wireless lan을 통해 전송한다. 이를 통해 원격행동 디바이스로 구성된 원격 로봇은 동작명령을 수행하며 사용자가 원하는 정보를 수집하는 작업을 한다. 원격행동 디바이스 의 카메라로 수집된 영상 데이터는 정보처리 모듈의 세 번째 모듈인 로봇영상처리 모듈에서 처리된다. 수집된 데이터의 해상도 변경 및 노이즈 제거 등을 수행하여 다시 사용자 디바이스의 HMD 로 영상출력을 한다. 이러한 과정을 통하여 사용자와 원격로봇간의 양방향 동기화를 이룬다. 이러한 사용자와 AIBO 의 양방향 동기화는 사용자에게 필요한 데이터를 원활히 제공하며 극도의 몰입감을 제공한다.

2.1 User Device

사용자의 위치 및 시선을 파악하기 위해 머리 부분에 4개의 적외선 발신기를 부착할 수 있도록 헬멧을 제작하였다. 사용자가 이 헬멧을 착용하였을 때 천장에서는 적외선 수신기가 적외선 발신정보를 수집한다. 이 연구에서는 적외선 수신기를 Wiimote Controller를 사용하였다. Wiimote Controller는 닌텐도에서 개발한 게임 Wii 에서 사용자의 행동을 인식하기 위해 사용되는 조이스틱이다. D-Pad 와 스피커, 가속도 센서, 4개의 LED, 8개의 버튼 등으로 구성된 위모트는 다양한 방법으로 데이터를 수집 및 생산하여 블루투스를 이용해 Wii 본체에 전송한다. 본 논문에서 제안하는 플랫폼에서는 Wiimote Controller 가 블루투스를 통해 정보



그림 1. 제안하는 시스템 시연 장면

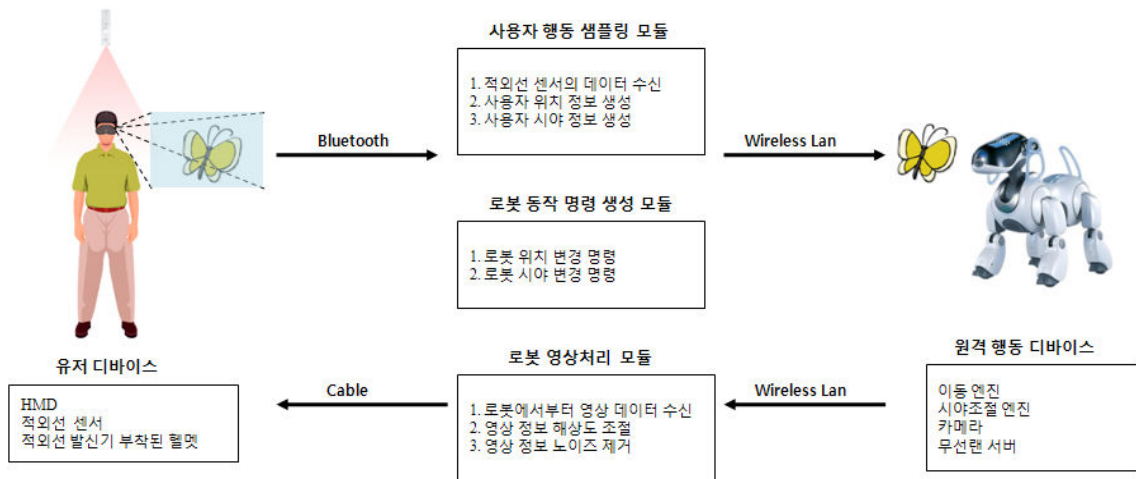


그림 2. 제안하는 시스템 구조

처리 모듈이 설치되어 있는 서버로 데이터를 전송한다.

2.2 Remote Behavior Devices

사용자가 직접 정보를 수집할 수 없는 원거리에서 대신 정보를 수집하기 위한 devices 들의 모음 Remote Behavior Devices 는 사용자가 필요한 정보를 수집하기 위한 Camera 와 Camera를 사용자의 의도에 부합할 수 있게 이동 및 조절이 가능한 Device, 명령을 수신할 Wireless 서버의 모음이다. 이 플랫폼에서는 Sony 의 AIBO 가 가장 적합한 Devices 들의 모음이라고 판단하여 사용하였다. AIBO 는 로봇 행동 생성 모듈에서 내리는 명령에 따라 이동하며 카메라로 주위 환경을 촬영하여 로봇 영상 처리 모듈로 영상 정보를 송출한다.

2.3 사용자 행동추출 모듈

앞서 User Devices에서 수집한 데이터를 블루투스를 통해 전송받은 사용자 행동추출 모듈은 사용자가 착용한 헬멧 위의 4개의 적외선 발신 신호를 해석하여 사용자의 위치 및 시선방향 등을 추론한다.

이동 방향과 거리는 다음과 같은 수식에 따라 계산한다.

$$\text{Moving Distance } d = \sqrt{(c'_x - c_x)^2 + (c'_y - c_y)^2}$$

$$\text{Moving Direction } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{c'_y - c_y}{c'_x - c_x} \right)$$

먼저 중심축의 위치를 구해야 하는데 그 위치는 적외선 발신기의 앞편과 뒤편에 위치한 적외선 발신기를 연결한 선 상 뒤쪽에 위치한다. 이는 사용자에 따라 미세하게 달라질 수 있어 적외선 발신기 착용 후 좌우 시선 이동중에 움직인 없는 점을 찾아 영점 조정을 통해 정확한 중심축 위치를 구하게 된다.

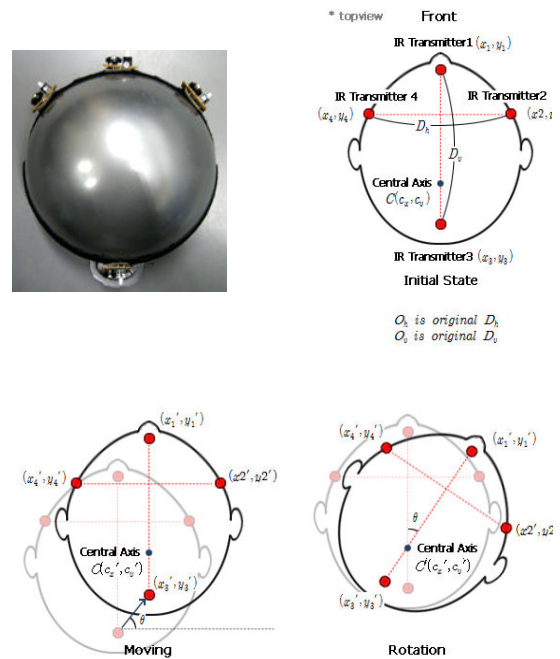


그림 3. 상단에서 내려다본 적외선 발신기 위치

시선방향 각도 계산은 다음과 같이 한다.

$$\text{Rotating Angle } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{x_1 - x_3}{y_1 - y_3} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{x_2 - x_3}{y_2 - y_3} \right)$$

x_1, y_1 이 각각 앞편에 배치한 적외선 발신기의 x, y 좌표이고, x_3, y_3 를 이 뒤편에 배치한 적외선 발신기의 x, y 좌표일 때 이 두 점을 연결한 선의 기울기를 통해 사용자의 시선 방향을 계산할 수 있다.

2.4 로봇행동모듈

사용자 행동추출 모듈에서 계산한 사용자의 위치와 시선을 원격로봇에 동기화 시키기 위해 로봇에 어떤 행동명령을 내려야 하는지 결정해야 한다. 표1 은 제안하는 시스템에 사용된 AIBO 의 관절 자유도를 나타낸다. 사용자의 움직임을 허락된 자유도 내에서 remote behavior devices에서 재현할 수 있게 행동명령을 만들어 wireless lan을 통하여 전송한다.

표 1. 아이보의 관절 자유도 범위

Range	Description
-91 - +91	목 관절 좌우
-16 - +44	목 관절 상하
-56 - -3	입 상하
-134 - +120	오른쪽 다리 1번 관절(전체) 앞뒤로 회전
-9 - +91	오른쪽 다리 1번 관절 좌우
-29 - +119	오른쪽 다리 2번 관절 상하
-134 - +120	오른쪽 뒷다리 1번 관절 회전
-9 - +91	오른쪽 뒷다리 1번 좌우
-29 - +119	오른쪽 뒷다리 2번 관절 상하
-134 - +120	왼쪽 다리 1번 관절(전체) 앞뒤로 회전
-9 - +91	왼쪽 다리 1번 관절 좌우
-29 - +119	왼쪽 다리 2번 관절 상하
-134 - +120	왼쪽 뒷다리 1번 관절 회전
-9 - +91	왼쪽 뒷다리 1번 좌우
-29 - +119	왼쪽 뒷다리 2번 관절 상하

3. 실험

본 논문에서는 제안하는 텔레프레젠텐스 아키텍처의 사용성을 평가하기 위한 실험을 다음과 같이 구성하였다.

단순 원격 카메라로 수집하기 힘든 시각지역의 데이터를 텔레프레젠텐스 시스템을 이용해 쉽고 유용하게 수집할 수 있는지 확인하기 위해 특정공간의 벽에 숫자를 써놓은 스티커를 부착하여 확인 테스트 했다. 확인 테스트후, 설문조사를 수행하였다. 설문조사의 문항은 사용성 평가에 널리 사용되는 SUS(system usability sacle)의 10문항을 사용하였다.

1. 나는 이 시스템을 자주 사용할 것이다.
2. 나는 이 시스템이 불필요하게 복잡하다고 생각한다.
3. 나는 이 시스템이 사용하기 쉽다고 생각한다.
4. 나는 이 시스템을 사용하기 위해서는 전문가의 도움이 필요하다고 생각한다.
5. 나는 이 시스템의 다양한 기능이 조직적으로 잘 결합되어 있다고 생각한다.

6. 나는 이 시스템이 너무 불안정 한 것 같다고 생각한다.
7. 나는 많은 사람들이 이 시스템의 사용법을 빠르게 익힐 것이라고 생각한다.
8. 나는 이 시스템이 큰 방해가 된다고 생각한다.
9. 나는 이 시스템을 사용하는 데에 큰 자부심을 느낄 것이다.
10. 나는 이 시스템을 계속 사용하기 위해서 많은 것들을 배워야 한다고 생각 한다.

각 문항의 응답은 Linkert 척도를 사용하여 강한 부정, 부정, 보통, 긍정, 강한 긍정의 1 에서 5까지의 5개 답중 하나를 선택하도록 했다. 최종 결과는 0부터 100사이의 값을 갖는 점수로 환산되며, 점수가 높을수록 사용자에게 선호되는 시스템으로 볼 수 있다. 그림은 각 피험자별 SUS 점수와 그 평균을 보여주는데 대부분 점수가 높게 나타나고 있어(그림 4), 제안한 시스템의 사용성이 높다고 할 수 있다.

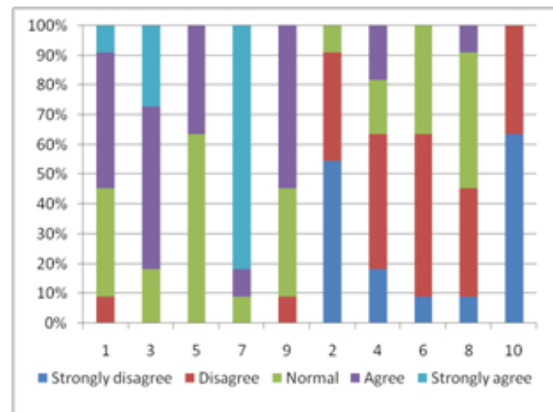


그림 4. 제안하는 시스템의 SUS 사용성 평가 결과

4. 결론

본 논문에서는 닌텐도의 Wii 와 적외선 발신기, HMD 로 구성된 User Devices 와 Remote Devices, 정보처리 모듈 등을 이용한 텔레프레젠텐스 플랫폼을 제안하였다. 우리가 흔히 저가에 쉽게 구할 수 있는 장비를 이용하여 구축한 이 플랫폼은 기존의 다른 고가의 텔레프레젠텐스 시스템에 비교해보았을 때 활용성과 몰입성에서 동등 이상의 우수한 성능을 내는 것으로 사용성 테스트를 통해 입증했다. 비록 제한된 환경과 문제하여서 구동만되는 시스템이나 이것은 향후 텔레프레젠텐스 시스템의 범용화에 기여할 수 있으리라 기대한다. 향후 연구로는 현재 이 플랫폼에서의 사용하고 있는 이동 및 네비게이션에 한정되어 있는 로봇의 기능을 한층 강화하여 휴머노이드 로봇을 이용한 다양한 행동을 바탕으로한 원격 작업이 가능한 플랫폼을 연구할 예정이다.

참고문헌

- [1] Cheng, G. and Ehd, S. Exploring the use of tangible user interfaces for human-robot interaction: A comparative study. In Proc. CHI 2008, ACM Press (2008), 121-130.
- [2] Christian, K. and Michael, H. VR interaction techniques for medical imaging applications. Computer Method and Programs in Biomedicine 56, (1998), 65-74
- [3] Sequeira, V., Ng, K., Wolfart, E., Goncalves, J.G.M. and Hogg, D. Automated reconstruction of 3D models from real environments .ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 54,(1999), 1-22
- [4] Sangyoon, L. and Gerard, K. Effects of haptic feedback, stereoscopy, and image resolution on performance and presence in remote navigation. Human-Computer Studies 66,(2008), 701-717
- [5] Halme, A., Suomela, J. and Savela, M. Applying telepresence and augmented reality to teleoperate field robots. Robotics and Autonomous Systems 26,(1999), 117-125
- [6] Norbert, N., Uwe, D. and Gunther, S. Mobile haptic interaction with extended real or virtual environments. Robot and Human Interactive Communication,(2001), 313-318
- [7] Hermann, R. ARTEMIS. A telemanipulator for cardiac surgery, Cardio-thoracic Surgery 16, (1999), 106-111
- [8] Koji, S., Kohei, K., Emmanuel, P. and Yasuyoshi Y. Design and evaluation of a telepresence vision system for manipulation tasks, Robotics and Automation, (2007), 4313-4318
- [9] Julian, B., Paul, S., John, W and Annaliese, P. A helmet mounted display system with active gaze control for visual telepresence, Mechatronics 9, (1999), 703-716
- [10] Laurent, M and Christa, S. Designing emotional, metaphoric, natural and intuitive interfaces for interactive art, edutainment and mobile communications. Computers & Graphics 29, (2005), 837-851
- [11] Marcio, C., Carlos, M. and Marceolo, Z. On the usability of gesture interfaces in virtual reality environments. CLIHC' 05, (2005), 100-108
- [12] Brooke, J. SUS: A quick and dirty usability scale. In: In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester & A. L. McClelland (eds.) Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis., (1996), 189-194.