

## 어라운드 뷰 기반의 원격 로봇 제어 시스템

김효빈<sup>○</sup>, 정우성<sup>\*</sup>, 전세웅<sup>\*</sup>

<sup>○\*</sup>전자부품연구원 지능로봇틱스연구센터

e-mail: {binth, claude, daniel}@keti.re.kr

## Remote Robot Control System based on Around View

Hyo-Bin Kim<sup>○</sup>, Woo-Sung Jung<sup>\*</sup>, Se-Woong Jeon<sup>\*</sup>

<sup>○\*</sup>Intelligent Robotics Research Center, Korea Electronics Technology Institute

### ● 요약 ●

본 논문에서는 인간이 환경에 대한 상황을 직접적으로 파악할 수 있는 시각 정보를 제공하기 위해 다중 카메라를 이용한 사용자 시각기반 어라운드 뷰를 개발하였다. 4대의 하향식 경사 카메라를 통하여 영상을 획득하고 켈리브레이션한다. 렌즈의 왜곡을 보정하고 호모그라피 행렬을 계산하여 지표면과 수평이 되는 관점으로 영상을 변환한다. 그 결과 사용자에게 종합적 상황정보 획득이 용이하도록 정보화하기 위한 위성 영상 관점의 정보를 획득할 수 있다. 그리고 4대의 카메라를 동시에 사용하기 위한 하드웨어적 한계를 극복하고자 영상처리가 가능한 임베디드 카메라 모듈을 개발하였다. 사용자-로봇 상호작용을 위해 버튼 및 조이스틱과 같은 기계적 입력장치를 사용하지 않고 사용자의 자연스러운 제스처를 통하여 제어 명령을 입력할 수 있는 터치 패드를 사용하여 사용자 인터페이스를 구축하였다. 개발한 시스템은 시·공간적 한계를 극복하고 원격에서 로봇의 상황정보를 획득하여 사용자 친화적인 로봇제어를 할 수 있다. 위의 내용들을 검증하기 위하여 같은 상황 환경에서의 기존의 시스템과 비교 실험을 진행하였고 실험 결과를 통하여 제안한 시스템의 효용성을 검증하였다.

**키워드:** 어라운드 뷰(around view), 원격 로봇 제어(remote robot control), 스마트 카메라(smart camera)

### 1. 서론

최근 지능형 로봇의 지속적인 연구 개발로 인하여 많은 발전이 이루어졌고, 생활에서 가까이 접할 수 있는 지능형 로봇이 많은 사람들의 관심사가 되었다. 로봇 서비스에 대한 요구가 높아지면서, 로봇 연구는 군사, 산업, 서비스 등 여러 분야에서 급속히 성장하였다. 로봇을 일상 생활에 이용하고자 하는 연구가 진행되면서 원격에서 로봇의 주위 환경을 파악하여 위치를 찾아 주행하는 것이 중요한 문제로 여겨지고 있다. 그동안 원격의 로봇을 제어하기 위해서는 적외선 센서, 초음파 센서, 레이저 스캐너 등 장애물을 감지할 수 있는 장비를 이용하여 주위 환경을 파악하면서 조이스틱을 이용한 기계적인 감각 행동을 요구하는 제어 시스템이었다. 로봇 제어를 하기 위해서는 원격 제어 시스템에서 제공되는 인터페이스를 조작하기 위해 교육 또는 경험을 요구하고 이는 사용자에게 불편함을 초래하게 되었다. 또한 사용자에게 로봇의 주변 환경에 대한 상황을 직접적으로 파악할 수 없는 문제점을 가지고 있다.

현재까지 대부분의 원격 로봇 제어 시스템은 사용자에게 로봇의 주변 환경에 대한 부족한 상황정보를 제공하고 기계적인 제어 장비를 이용하여 친화적이지 못한 인터페이스의 모습을 보여준다. 하지만 로봇의 시각 정보를 통하여 상황 정보를 그대로 받아들이면서 별도의 훈련없이 자연스러운 제스처를 통하여 로봇을 제어할

수 있는 인간 친화적인 로봇 제어 시스템 기술이 필요하다.



그림 1. 어라운드 뷰 기반의 원격 로봇 제어 시스템  
Fig. 1. Remote robot control System based on around view

본 논문에서는 시·공간적 한계를 극복하고 원격에서 로봇의 상황 정보를 획득하여 사용자의 직관적이고 본능적인 행동을 통하여 로봇을 제어할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다. 전방향 화면을 이용하여 로봇의 상황 정보를 한눈에 파악할 수 있는 어라운드 뷰를 시스템에 적용하고, 사용자가 로봇을 자연스럽게 제어하기 위

한 친화적인 인터페이스에 대해 연구하여 새로운 원격 로봇 제어 시스템을 구현, 평가하였다.

## II. 관련 연구

원격 로봇 제어에 대한 기존의 연구들은 로봇에 다양한 센서를 하나 또는 여러 개를 장착하여 사용자에게 상황정보를 제공하고 기계적인 장비를 이용하여 로봇을 제어할 수 있는 인터페이스로 구성되어 왔다. 최근에는 영상 기술의 발달로 카메라를 로봇에 장착하여 전방향 화면 기반의 원격 로봇 제어에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다 [1][2].

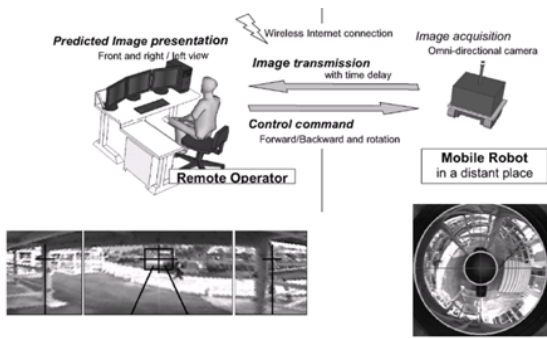


그림 2. 전방향 화면 기반의 원격 로봇 제어 시스템  
Fig. 2. Image sequence prediction for remote robot control

그림 2의 연구는 하나의 옴니 카메라를 이용하여 영상처리를 통하여 전방향 화면의 연속적인 영상을 제공하고, 사용자가 컴퓨터를 이용하여 원격 제어하는 시스템이다 [3]. 이 시스템에서는 사용자에게 로봇의 전방향 화면을 제공하지만, 공간에 대한 거리정보가 부족하여 주행 제어에 어려움이 있다. 또한 로봇을 제어하기 위해서는 시스템 사용을 위한 교육과 훈련이 필요한 제어 인터페이스를 가지고 있다.

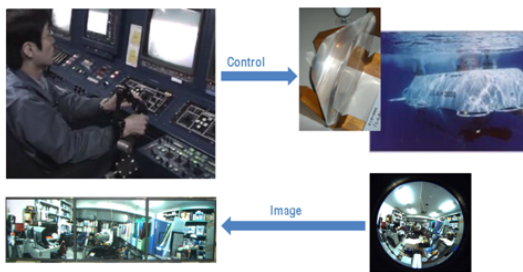


그림 3. 어안렌즈 기반의 해저 차량 원격 제어 시스템  
Fig. 3. The low distortion all-around view system using fisheye lens for an underwater vehicle

원격 로봇 제어 시스템은 지상뿐만 아니라 수중에서도 많이 연구되고 있는데 어안렌즈 기반의 해저 차량 원격 제어 시스템이 그 한 예이다. 그림 3의 연구는 수중 로봇에 설치된 단방향 카메라에

어안렌즈를 장착하여 로봇의 상황 정보를 제공하고, 사용자는 햅틱 장비를 이용하여 로봇을 제어하는 시스템이다 [4]. 수중 원격 로봇 제어 시스템은 정면에 대한 제한된 상황정보만 제공하기 때문에 로봇 제어에 불편함을 초래할 수 있고, 햅틱 장비는 익숙하지 못한 사용자에게는 훈련시간이 필요하다.

## III. 본론

시스템의 구성은 MCU(Machine Control Unit)가 설치된 모바일 로봇과 상황 정보를 획득하는 스마트 카메라가 모바일 로봇에 설치되었고 사용자가 스마트 패드를 이용하여 무선으로 원격 제어를 하는 방식이다. 시스템의 전체적인 통신 구성은 그림 4와 같다.

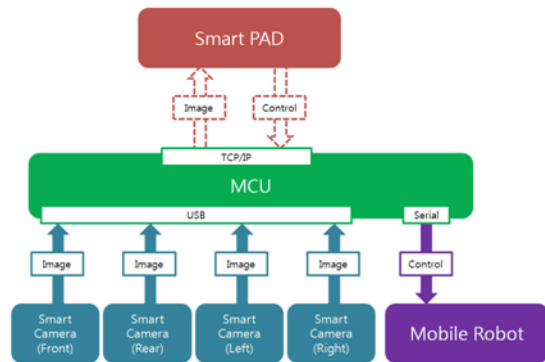


그림 4. 원격 로봇 제어 시스템 구조  
Fig. 4. Remote robot control architecture

모바일 로봇을 제어하는 중앙 컴퓨터인 MCU는 스마트 카메라가 USB로 연결되어 영상 정보를 스마트패드에 무선 송신하고 스마트 패드의 제어 정보를 수신하여 직렬 통신으로 모바일 로봇을 제어한다.

각 스마트 카메라는 MCU의 디바이스 드라이버를 통하여 백그라운드에서 동작하며 AVM으로 영상을 보내준다. AVM 프로그램은 4대의 영상을 하나의 화면으로 정합하여 사용자가 로봇을 위에서 내려다보는 듯한 어라운드 뷰를 사용자에게 제공한다. 또한 사용자의 제어 정보를 받아 제어 프로그램에서 모션 프로토콜을 이용하여 모바일 로봇을 동작한다.

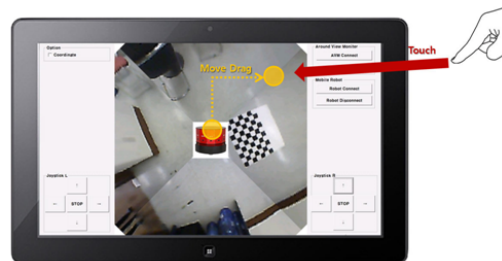


그림 5. 스마트 패드의 사용자 인터페이스  
Fig. 5. User interface of smart pad

스마트 패드에서는 MCU에 무선 접속하여 어라운드 뷰를 수신하며, 버튼 또는 제스처를 통한 터치 패드 입력 방식을 통하여 모바일 로봇을 제어하는 정보를 송신한다. 사용자 친화적인 인터페이스를 제공하기 위하여 제안된 제스처 인터페이스는 그림 5에서 보듯이 어라운드 뷰 모니터에 로봇의 이동 경로를 손가락 제스처를 이용하여 그려주게 되면 로봇이 이동 경로를 따라 이동하게 된다. 어라운드 뷰를 통하여 로봇의 위에서 보는 듯한 시각 정보를 이용하여 로봇을 원하는 위치로 제어할 수 있는 인터페이스이다.



그림 6. 모바일 로봇에 설치된 스마트 카메라  
Fig. 6. Mobile robot with Smart Camera

어라운드 뷰를 구성하기 위한 스마트 카메라는 그림 6과 같이 모바일 로봇에 지면을 향하여 45도 기울어진 상태로 고정되며 전 방향의 영상 획득을 위해서 4대가 설치된다. 사용된 스마트 카메라는 영상처리 알고리즘을 처리할 수 있는 임베디드 비전 시스템으로 MCU와 어라운드 뷰의 구성 과정을 분산 처리하여 하드웨어적 한계를 극복하였다.



그림 7. 어라운드 뷰의 영상 처리 과정  
Fig. 7. Image processing of around view

스마트 카메라와 MCU의 알고리즘 분산 처리 과정은 그림 7과 같다. 캘리브레이션 프로그램을 이용하여 스마트 카메라의 캘리브레이션 파라미터를 추출하고 지표면과 카메라의 호모그래피 행렬

을 구하여 헤더파일 형식으로 스마트 카메라의 개발틀에 적용한다. 스마트 카메라의 개발틀에서는 캘리브레이션 파라미터와 호모그래피 행렬을 최초 시작시 연산하여 룩업 테이블로 작성하고 렌즈의 왜곡을 실시간으로 보정 후 어라운드 뷰를 구성하기 위한 영상을 제공한다. MCU에서는 제공된 스마트 카메라 4대의 영상을 정합하여 어라운드 뷰 모니터를 구성한다.

분산 처리 전 MCU에서만 어라운드 뷰 과정이 이루어졌을 때는 5프레임 이하의 속도에 높은 CPU 점유율을 보였지만, 스마트 카메라와 MCU의 분산 처리시에는 10프레임의 속도와 낮은 CPU 점유율로 문제가 없었다.

#### IV. 실험

어라운드 뷰 기반의 사용자 제어 인터페이스와 전방향 화면 기반의 인터페이스를 사용자가 각 상황별로 진행하고 사용성을 비교 실험하였다. 제어 인터페이스는 터치 패드 인터페이스와 조이스틱 인터페이스로 실시하였고, 어라운드 뷰와 비교할 전방향 화면의 실험은 파노라마 뷰를 이용하였다.

실험은 총 20명의 20, 30대 참가자를 대상으로 제어하려는 모바일 로봇을 볼 수 없는 원격의 장소에서 이루어졌으며, 어라운드 뷰 모니터에서 경유지와 목적지를 확인할 수 있는 최대 장소 크기인 3m<sup>2</sup>의 실험 장소와 모니터에서 목적지를 확인할 수 없는 6m<sup>2</sup>의 실험 장소에서 인터페이스 별로 실시하였다.

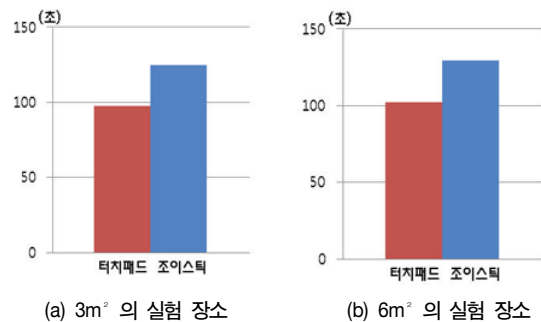


그림 7. 제어 인터페이스의 실험 결과  
Fig. 7. The experimental results of control interface

인터페이스 비교 실험은 그림 7의 실험 결과와 같이 실험 장소의 크기에 상관없이 터치 패드를 이용한 사용자 친화적인 인터페이스를 이용한 실험이 월등한 수행 속도를 보였다. 실험 참가자 모두 터치 패드 인터페이스와 조이스틱 인터페이스를 접해본 경험이 있었지만, 터치 패드의 제스처를 이용한 친화적인 인터페이스를 이용하여 로봇을 제어하는 것이 기계적인 인터페이스에 비하여 불편함없이 쉽게 사용하는 것을 알 수 있다.

또한 직관적인 사용자 인터페이스를 제공하여 사용자가 부담없이 빠른 수행 속도의 실험 결과를 확인할 수 있으며, 어라운드 뷰에서 제공하는 시각 정보와 실험 장소의 크기에 상관없이 모두 좋은 결과를 보였다.

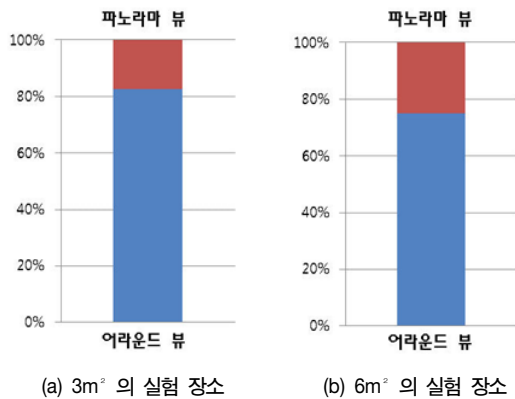


그림 8. 전방향 화면의 사용자 선호도  
Fig. 8. User preference of around view

그림 8은 어라운드 뷰와 파노라마 뷰의 사용자 선호도를 조사한 결과이다. 실험 장소에 상관없이 사용자의 70% 이상이 어라운드 뷰를 선호하였다. 실제로 파노라마 뷰를 이용하여 로봇을 목적지를 정확하게 도달하는 사용자는 한 명도 없었으며, 실험 참가자 모두 정확한 위치에 로봇을 이동하기에 어려움을 느꼈다. 반면 어라운드 뷰를 이용한 주행 실험에서는 사용자 모두 원하는 위치에 로봇을 이동시켰으며 10cm이상의 오차를 보이지 않았다.

## V. 결론

본 논문에서는 제안하는 원격 로봇 제어 시스템은 어라운드 뷰를 이용한 사용자 시각 기반의 모니터링이 가능하고 자연스러운 제스처를 통하여 제어 명령을 입력할 수 있는 사용자 친화적인 인터페이스를 이용하여 자연스럽게 로봇을 제어할 있다. 또한 무선 통신을 이용하여 사공간적 한계를 극복하고 원격에서 로봇의 상황 정보를 획득하여 원격 제어할 수 있는 시스템이다.

원격 로봇 제어 시스템을 이용한 다수의 사용자에게 실험 결과 기존 시스템의 조이스틱을 이용한 기계적인 제어 인터페이스보다 논문에서 제시하는 터치패드를 이용한 제스처 인터페이스의 실험 수행 시간이 향상되었으며, 로봇의 시각 정보에 대한 인터페이스의 사용자 만족도 또한 어라운드 뷰를 선호하였다.

이번 연구 결과들은 반복 작업을 하는 로봇을 제어하기 위해 기계적인 인터페이스가 아닌 사용자 관점의 인터페이스를 제공하여 더 효율적이고 인간 친화적인 시스템임을 확인할 수 있었다. 앞으로 로봇 연구 분야에서 사용자를 위한 인간 친화적인 인터페이스를 고려하여 연구가 이루어진다면 로봇이 실생활에서도 대중화가 빠른 시간에 이루어 질 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] Yun Chan Cho, Jae Wook Jeon, "Remote robot control system based on DTMF of mobile phone," Industrial Informatics, 6th IEEE International Conference on, p. 1441-1446, 2008
- [2] Ding Chengjun, Yan Bingsen, Duan Ping, "The Remote Control of Mobile Robot Based on Embedded Technology," Measuring Technology and Mechatronics Automation, Third International Conference on, p.907-910, 2011
- [3] Masafumi Tominaga, Hirotaka Ohta, Shuji Hashimoto, "Image Sequence Prediction for Remote Robot Control," International Conference on Intelligent Robots and Systems, p.1133-1138, 2006
- [4] Shojiro Ishibashi, "The Low Distortion All-Around View System Using Fisheye Lens For An Underwater Vehicle," OCEANS IEEE, p.1-5, 2010