

## 입체영상을 이용한 로봇 제어시스템

고 준 호\* · 양 재 석\* · 김 윤 상\*

### *A Robot Control System Using Stereoscopic Image*

Ko, Jun Ho · Yang, Jae Seok · Kim, Yoon Sang

#### 〈Abstract〉

In this paper, a robot control system with stereoscopic Image was presented. The robot control system has an auto-focusing functionality which measures the distance between robot and object using an infrared sensor. By providing depth and information based on the stereoscopic image, it allows user to have presence and immersion as if he/she be there. the proposed robot control system's propriety was examined through the comparison experiment with the mono-scope image.

Key Words : Stereoscopic Image, Auto Focusing, Robot Control System

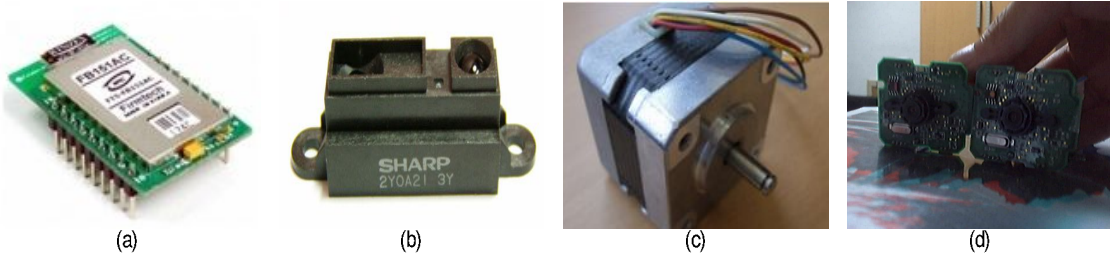
### I. 서론

3차원의 입체영상 기술은 고속 대용량의 정보통신 인프라 구축, 디스플레이 기반 기술의 발전 등에 따라 21세기 들어 새로운 개념의 영상으로써 다양한 분야에서 적용되기 시작하고 있다. 이와 같은 3차원 입체영상은 단기적으로는 광화각방식과 양안시차지각방식에 의한 실용화가 진행되고 있으며, 장기적으로는 복합지각 입체표시방식이나 인터랙티브 기능을 추가하는 형태로 발전해 나가고 있다[1]. 3차원 디스플레이는 차세대의 새로운 영상산업을 창출해 나갈 것으로 기대되지만, 산업적 발전을 위해서는 디스플레이 기술의 실현뿐만 아니라, 효과적인 고입체감 영상 콘텐츠 작성방법이나 응용시스템/비즈니스 형태의 개발도 동시에 요구된다. 또한, 높은 입체감 영상의 본격적 보급에 앞서, 시청환경의 휴먼팩터

에 대한 실용적 지침 확립도 필요하다. 차세대의 대형 영상 산업 및 영상 문화의 창출이 기대되는 3차원 영상시대의 조기 실현을 위하여, 3차원 디스플레이 및 위에서 언급된 사항들에 대한 종합적인 연구 개발이 지속적으로 요구되고 있다.

최근 들어 입체영상에 대한 연구가 활발해지고 있다. 스테레오 카메라를 이용한 실시간 거리 측정 장치의 초기 연구로서 카네기멜론대에서는 여섯 개의 카메라를 동시에 사용하고 FPGA를 이용하고 VME bus에 기초한 실시간 매칭 시스템을 개발하였다[2]. Ruhr대에서는 스테레오 영상 간의 phase 정보를 이용하여 실시간으로 매칭하는 시스템을 개발하였다[3]. 토론토대에서 개발된 스테레오 매칭시스템의 경우 360×256 크기의 영상을 초당 30 프레임 속도로 처리 가능하며 비교적 작은 크기의 하드웨어로 구성하였다[4]. 국내에서는 포스텍을 중심으로 시스틀릭 배열(systolic array) 기반 DP 방식에 기반을 둔

\* 한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부



[그림 1] (a) 블루투스 모듈, (b) 적외선 센서, (c) 스텝모터, (d) 카메라

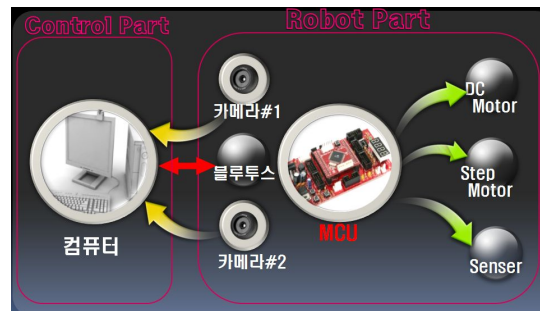
실시간 병렬 처리 스테레오 비전 칩을 개발하였다[5, 6].

본 논문에서는 3차원 입체영상을 이용한 로봇 제어시스템 구현에 대하여 소개한다. 구현된 로봇 제어시스템은 적외선 센서를 통하여 인식되는 사물과의 거리로부터 카메라의 스텝모터를 정밀 제어함으로써, 오토포커싱 기능을 갖도록 하였다. 또한, 제작된 로봇 제어시스템은 영상처리를 통하여 실시간으로 구현되는 입체영상에 기반하여 사용자에게 입체감과 거리감을 제공함으로써, 원격지에서도 실제 사물을 3차원으로 보는 것과 같은 사실감과 몰입감을 가지고 로봇 제어가 가능하도록 하였다. 제안된 입체영상에 기반한 로봇 제어 시스템의 타당성이 단일영상(mono-scopic image)에 기반한 로봇 제어 시스템과의 실험을 통하여 검토되었다.

## II. 본론

### 2.1 로봇 시스템 구성

본 논문에서는 입체영상을 이용한 로봇 시스템을 개발하기 위해 원격제어 로봇을 구현하였다. 로봇은 하드웨어적으로 탱크로봇 기반에 원격통신을 이용하기 위한 블루투스 모듈, 사물과의 거리를 측정하기 위한 적외선 센서, 오토포커싱을 하기 위한 스텝모터, 입체영상 구현에 필요한 영상들을 얻기 위한 카메라 두 대로 구성되어 있다[그림 1]. 로봇시스템의 전체적인 하드웨어 구성은 [그림 2]와 같다.

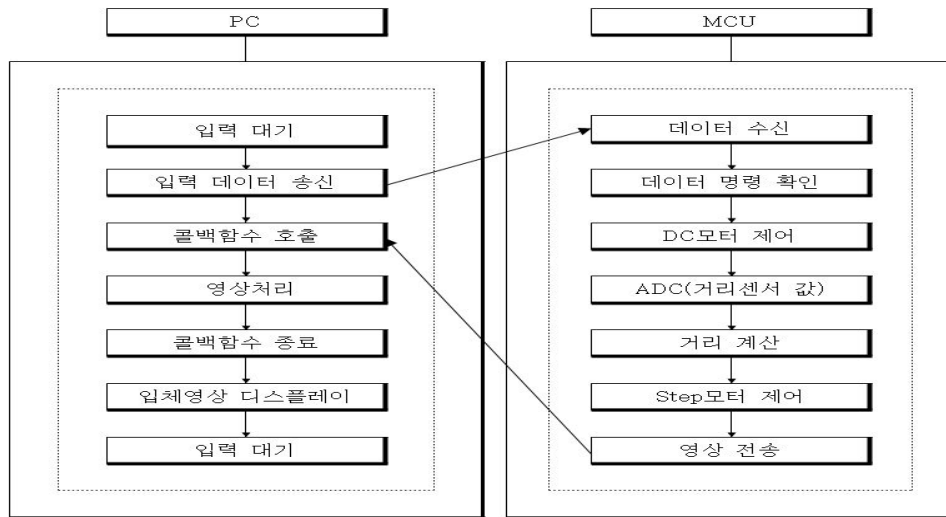


[그림 2] 로봇 시스템의 전체적인 하드웨어 구성

소프트웨어적으로는 원격 통신과 로봇 제어를 위한 임베디드 프로그래밍, 입체영상을 만들기 위한 영상처리와 사용자와의 인터랙션을 지원하기 위한 프로그래밍으로 이루어져 있다. 임베디드 프로그래밍은 AVR Studio 4.0 툴을 이용하였고, 프로그래밍은 Microsoft Visual C++ 6.0 툴을 이용하여 구현하였다.

로봇 시스템의 흐름도는 <표 1>과 같다. 블루투스 통신으로 컴퓨터와 연결된 로봇의 MCU(Micro Control Unit)는 데이터 수신을 기다린다. 사용자는 컴퓨터를 이용하여 명령 데이터를 입력하고, 입력된 데이터는 MCU로 송신된다. MCU는 입력받은 데이터를 수신하여 데이터의 명령을 확인한다. 예를 들어, 이동명령이면 DC모터를 제어하여 로봇을 움직이고, 카메라를 제어하는 명령이면 스텝모터(Step Motor)를 제어하여 명령을 수행한다. 명령을 수행한 후에는 거리센서의 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환한다. ADC(Analog-Digital Converter)한 거리 값은 전방의 거리를 측정하는 연산에 사용되며, 측

<표1> 로봇 시스템의 흐름도



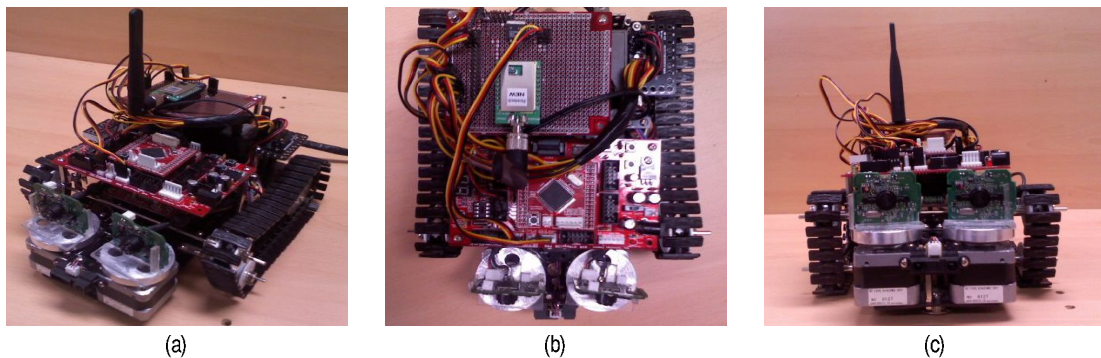
정 거리에 따라 스텝모터를 제어하여 카메라의 초점을 맞추고 컴퓨터로 영상을 전송한다. 영상이 전송되면 콜백함수가 실행되어 영상처리를 통하여 사용자에게 입체영상을 제공한다. 최종적으로 제작된 로봇시스템은 [그림 3]과 같다.

## 2.2 입체영상 기능 구현

사람의 두 눈은 평균적으로 65mm 간격이기 때문에 양쪽 눈에 결상되는 각각의 이미지는 미세한 차이가 있다.

이러한 차이를 뇌가 인지하여 입체감을 느끼게 되는 것을 양안시차라 한다. 이 원리를 이용하여 만들어진 적청영상은 입체안경을 통해 3차원 영상으로 보이게 된다[1].

위와 같은 원리로부터 구현된 본 논문의 로봇 제어시스템은 먼저 입체영상 제작을 위해 좌우의 시야각이 다른 2개의 영상이 필요하기 때문에 로봇에 두 대의 카메라를 설치하였다. 스텝모터를 이용하여 두 카메라의 초점거리에 따른 시야각과 수평을 맞춰서 얻은 2개의 영상을 컴퓨터를 이용하여 영상처리가 가능토록 하였다. 처리된 우영상은 RGB칼라값 중에서 G와 B가 0이 되고, 좌



[그림 3] (a) 구현한 로봇, (b) 로봇 평면도, (c) 로봇 정면도



[그림 4] (a) 청색 영상으로 변한 우영상, (b) 적색 영상으로 변한 좌영상, (c) 합쳐진 적청영상

영상은 RGB값 중에서 R이 0이 된다[7]. 적색영상으로 변한 우영상과 청색영상으로 변한 좌영상은 하나의 영상으로 합쳐지며, 하나로 합쳐진 적청영상은 입체안경을 쓴 사용자에게 디스플레이 되어 3차원 영상으로 보여진다 [그림 4].

### 2.3 실험 및 고찰

본 절에서는 제안된 방법의 타당성을 검토하기 위하여 단일영상과 입체영상을 이용한 로봇 제어 실험을 수행하였다. 실험은 사용자가 원격지에서 단일영상을 보며 주어진 경로를 완주한 결과와 입체영상을 보며 주어진 경로를 주행한 결과를 비교하는 방법으로 수행되었다[그림 5]. 피실험자는 7명이 참여하였다.

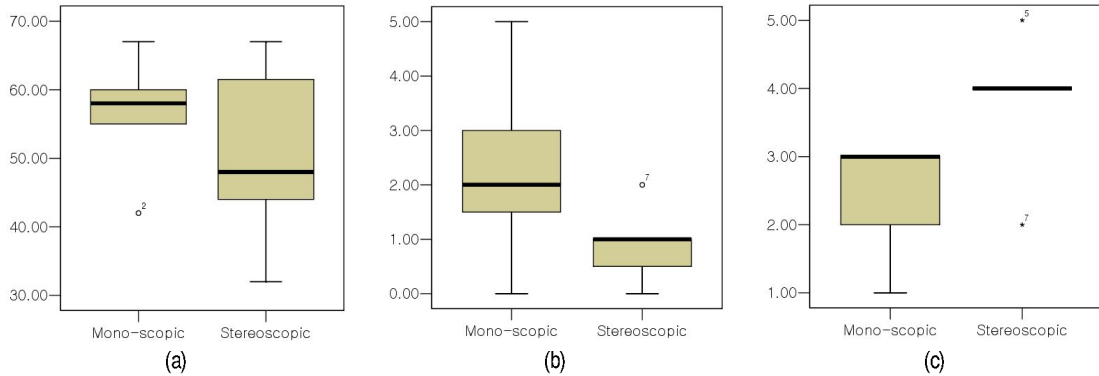
실험결과 데이터는 주행시간과 주행 중 가드레일 충돌횟수, 실문을 통한 로봇 조작감 3가지로 구성된다. 수집된 데이터는 SPSS for Window 12.0[8]의 최대값 및 최소값과 사분위수를 표현한 상자도표(box plot)를 통해 검토되었다. 실험결과는 [그림 6]과 같다. <표 2>는 실험 결과를 요약하여 나타낸다.

<표 2> 실험 결과 요약

	기존 방법(단일영상)	제안된 방법(입체영상)
주행시간 평균(초)	56.7	51.1
충돌횟수 평균	2.3	0.9
조작감 만족도 평균	2.4	3.9



[그림 5] (a) 실험에 사용된 주행 경로, (b) 로봇 주행 실험



[그림 6] (a) 주행시간(초) 비교, (b) 충돌횟수 비교, (c) 조작감 비교

단일영상과 입체영상을 이용한 로봇 제어 실험결과를 비교하였을 때 주행시간은 큰 차이가 없었다. 그러나, 가드레일 충돌횟수의 경우, 입체영상에 기반한 제안된 로봇 제어가 낮은 수치를 나타내었고, 조작감 평가에서도 단일영상을 이용한 로봇의 제어보다 높은 평가(만족도)를 받았다. 따라서, 위와 같은 실험 결과로부터 입체영상을 이용한 제안된 본 연구방법이 제공하는 원근감이 로봇 제어에 기본 방법보다 효과적임을 확인할 수 있었다.

### III. 결론

본 논문에서는 3차원 입체영상을 제공하고 원격제어가 가능한 로봇 제어 시스템을 구현하였다. 구현된 로봇 제어시스템은 적외선 센서를 통하여 인식되는 사물과의 거리로부터 카메라의 스텝모터를 정밀 제어함으로써, 오토포커싱 기능을 갖도록 하였다. 또한, 영상처리를 통하여 실시간으로 구현되는 입체영상에 기반하여 사용자에게 입체감과 거리감을 제공함으로써, 원격지에서도 실제 사물을 3차원으로 보는 것과 같은 사실감과 몰입감을 가지고 로봇 제어가 가능하도록 하였다. 본 논문에서 소개한 두 대의 카메라로 이루어진 로봇 제어시스템의 구성은 3D 모니터와 같은 3차원 디스플레이 장치와의 연동을 통하여 향후 다양한 분야에 응용될 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] 장 폴로, "3D 포토에 대해 알고 싶은 모든 것들", 다빈치, 2005.
- [2] Takeo Kanade, Atsushi Yoshida, Kazuo Oda, Hiroshi Kano, and Masaya Tanaka, "A Stereo Machine for Video-rate Dense Depth Mapping and Its New Applications", Proc. of IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, 18-20 June 1996, pp. 196-20.
- [3] Bernd Porr, Alex Cozzi, and Florentin Wögöter, "How to "Hear" Visual Disparities: Real-time Stereoscopic Spatial Depth Analysis Using Temporal Resonance", Biological Cybernetics, Vol. 78, No. 5, June 1998, pp. 329-336.
- [4] A. Darabiha, J. Rose, and W. J. MacLean, "Videorate Depth Measurement on Programmable Hardware", IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'03), June 2003, pp. 203-210.
- [5] Hong Jeong and Yuns Oh, "A Parallel Real Time Implementation of Stereo Matching", Proc. of 15th Int'l Symp. on Parallel and Distributed Processing, Apr. 2001, pp. 23-27.

- [6] H. Jeong and S. C. Park, "Generalized Trellis Stereo Matching with Systolic Array", In Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3358, 2004, pp. 263-267.
- [7] 정성환, 이문호, "컴퓨터 비전 실무 프로그래밍: 기본편", 홍릉과학, 2007.
- [8] 김용대, 박진경, "SPSS 통계분석", 자유아카데미, 2002.

논문접수일 : 2009년 2월 16일
수 정 일 : 2009년 4월 20일 (1차)
2009년 7월 20일 (2차)
게재확정일 : 2009년 7월 29일

■ 저자소개 ■



고 준 호  
Ko, Jun Ho

2009년 3월~현재  
한국기술교육대학교  
정보미디어공학과 석사과정  
2009년 2월 한국기술교육대학교  
인터넷미디어공학부(공학사)  
관심분야 : 인공지능, HCI  
E-mail : lich126@kut.ac.kr



양 재 석  
Yang, Jae Seok

2002년 3월~현재  
한국기술교육대학교  
인터넷미디어공학부 학사과정  
관심분야 : 기계제어, 로보틱스  
E-mail : darkhk@kut.ac.kr



김 윤 상  
Kim, Yoon Sang

2005년 3월~현재  
한국기술교육대학교  
인터넷미디어공학부 부교수  
2003년 10월~ 2005년 2월  
삼성중합기술원 수석연구원  
2000년 9월~ 2003년 9월  
Univ. Washington 전기공학과  
Faculty Research Associate  
1999년 3월~2000년 8월  
한국과학기술연구원 Post-Doc.  
1999년 2월 성균관대학교 전기공학과(공학박사)  
1995년 2월 성균관대학교 전기공학과(공학석사)  
1993년 2월 성균관대학교 전기공학과(공학사)  
관심분야 : 로보틱스, 가상현실응용  
E-mail : yoonsang@kut.ac.kr