

DSP를 이용한 스테레오 비전 로봇의 설계에 관한 연구

노석환* · 강희조* · 류광렬*

*목원대학교 IT공학부

The Stereoscopic Vision Robot System Design with DSP Processor

Suk-hwan Loh* · Heau-ju Kang* · Kwang-ryol Ryu*

Mokwon University

E-mail : ryol@mokwon.ac.kr

요 약

본 논문은 DSP를 이용한 스테레오 비전 로봇의 설계에 관한 연구이다. 스테레오 비전 로봇은 제어 시스템, 비전 시스템, 그리고 호스트 컴퓨터로 구성된다. 비전 시스템은 32비트 DSP 프로세서를 기반으로 구현하였고, 스테레오 영상 처리는 상관계수법을 적용하였다. 실험 결과, 영상인식에 의해 로봇의 제어가 원활하게 되었으며, 영상인식률은 약 95%를 얻었다.

ABSTRACT

The stereoscopic vision robot system design with DSP processor is presented. The vision system is consists of control system, vision system and host computer. The vision system is based on 32bits DSP processor. The stereoscopic image processing applies the correlation coefficient method to execute the software. The result of experiment, image recognition rate is 95% on the stereoscopic vision robot system.

I. 서 론

최근 몇 년동안 로봇 기술은 빠른 발전을 보였으며, 사람이 다가갈 수 없는 환경이나 사람이 하기 힘든 일을 대신 해주는 지능형 로봇이 필요로 하게 되었다. 기존에 있는 로봇 시스템은 자유도의 제한으로 비교적 단순한 동작만을 구사할 정도의 형태의 모션만을 취하고 있다. 따라서, 이러한 하드웨어적인 문제점을 해결하고 로봇 제어 알고리즘의 개선 및 다양한 모션 컨트롤 방법에 관한 연구가 요구된다.[1-5]

본 논문에서는 32비트 DSP를 이용한 스테레오 비전 시스템을 이용하여 보다 지능적으로 주위환경을 인식하고 주행을 할 수 있도록 설계되었다. 스테레오 영상 처리를 하기 위해 상관계수법[6]을 적용하였으며, 물체 인식 후 제어시스템을 통해 로봇팔을 이용하여 물건을 잡고 이동할 수 있다. 이 모든 작업은 실시간으로 호스트컴퓨터에서 모니터링 할 수 있도록 설계하였다.

II. 시스템 설계 및 구현

2-1. 스테레오 비전 로봇의 구성

스테레오 비전 로봇 시스템 구성은 아래 그림 1 과 같이 로봇 제어를 위한 제어시스템과 영상처리를 위한 DSP 비전시스템, 그리고 호스트 컴퓨터 등 3부분으로 구성된다.

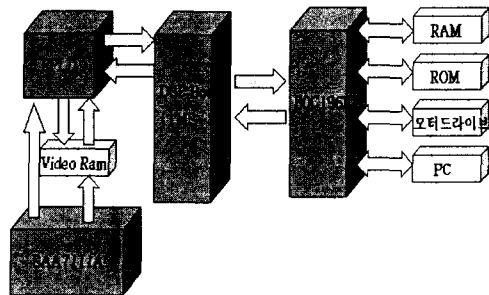


그림 1. 전체 블럭도

2-2. 제어시스템의 구성

제어시스템은 그림 2와 같이 모터구동부, 전원부 및 I/O부로 구성된다.

전원부는 컨트롤러를 비롯한 대부분의 소자에 공급 전원으로 사용하기 위해 5V용 정전압 레귤레이터를 사용하였고, DC 모터를 구동하는 데는 12V용 정전압 레귤레이터를 사용한다.

구동부는 2개의 DC모터를 구동시키는 제어시스템의 경우 16비트 메인 컨트롤러를 사용하여 제어하였다. 그리고, 다양한 주변센서의 입력을 PC쪽으로 전달하고 데이터 처리를 위해 메인 컨트롤러 내부의 8채널 AD 변환기를 사용하였고, 20Mhz의 비교적 빠른 처리 속도를 가지고 있다. 이는 8비트 보조 제어기가 시리얼 통신으로 데이터를 처리한다. 또한, 호스트 컴퓨터와 시리얼로 연결되어 있어 제어가능하다.

상체에는 총 8개의 모터를 사용하였다. 허리와 어깨를 구동하기 위해 5개의 서보 모터를 사용하였으며, 물체를 잡기 위한 팔은 2개의 서보 모터를 사용하였다. 머리의 좌우 이동을 위해 서보 모터 1개를 사용하였다. 상체부는 메인 컨트롤러에 의해 직접 제어된다.

메인 컨트롤러인 포트를 사용하여 모터를 구동하였으며, 서보 모터는 공을 잡는 역할을 하기 때문에 공을 잡았는지의 여부를 알기 위해 손바닥에 스위치를 달아 모터 제어의 입력으로 사용하였다.

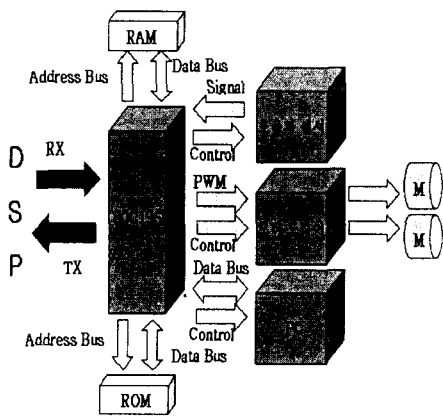


그림 2. 제어시스템 블록도

2-3. DSP 비전시스템의 구성

비전시스템은 PC에 종속되지 않는 독립(Stand-alone)방식의 영상획득시스템이다. 타겟 시스템의 하드웨어는 그림 3과 같이 프레임그래버, 디지털 신호 처리기로 구성된다.

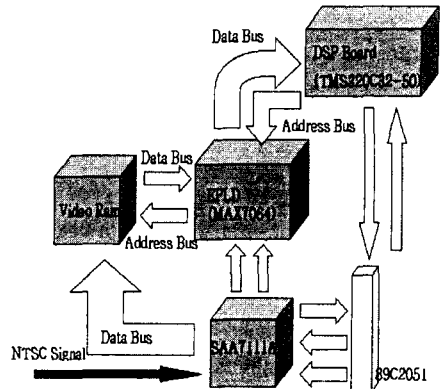


그림 6. 비전시스템 블록도

2-3-1. 프레임그래버 보드 구성

TV나 비디오, CCD 카메라등과 같은 기존의 영상 매체를 PC가 처리할 수 있는 신호로 바꾸어 주는 장치인 프레임그래버는 입력되는 영상 신호를 디지털신호로 변환하는 부분으로써 비디오디코더 (Video-Decoder) Enhanced Video Input Processor를 사용하였고, 데이터를 비디오램에 저장하기 위해 RAM, 어드레스 생성과 버스의 구성을 위한 FPGA의 EPLD chip을 사용하였고, 초기 리셋후 비디오디코더의 초기화 등을 위하여 소형의 8비트 마이크로컨트롤러를 사용하였다.

컨트롤러는 I2C방식으로 초기 리셋 후, 비디오 디코더의 레지스터(Register)를 셋팅한다. 그리고, DSP로부터의 이미지 그림 인터럽트(Interrupt)를 기다린다. 인터럽트가 DSP로부터 요청될 경우, DSP로부터 버스 제어권을 넘겨받아 비디오 디코더로 넘겨주며 이때부터 비디오디코더는 영상을 획득하여 램에 저장한다. 비디오디코더로부터 1프레임 이미지 획득완료 인터럽트가 요청되면 DSP에 완료 인터럽트를 요청하고 버스 제어권을 DSP에 반환한다. 이와 같은 전체적인 동작시퀀스 (Sequence)는 블록도 그림 4와 같이 이루어진다.

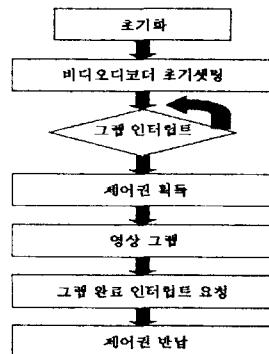


그림 7 프레임 그래버 동작 시퀀스

2-3-2. 디지털 신호 처리기 알고리즘

DSP 보드에서는 메인 프로세서로 32비트 부동 소숫점형 DSP 프로세서를 사용하였고, 64KW의 고속램으로 프로그램을 부팅하여 시스템이 동작한다. 독립적으로 구동하기 위한 기억장치, 제어장치 등의 주변회로를 구성하기 위해 고속(10nS)으로 동작하는 EPLD로 어드레스디코딩 회로를 구성하였으며 전체적인 동작 시퀀스는 다음 그림 5의 블록도와 같다.

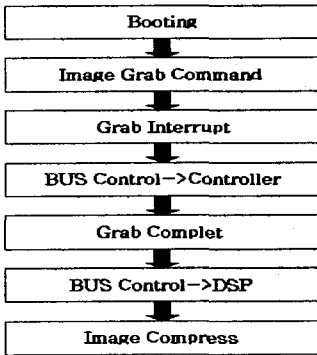


그림 5 DSP 보드 동작 시퀀스

초기화 후 DSP는 직렬포트(Serial Port)로부터 이미지 획득이 요구되면 프레임그래버에 인터럽트를 요청하고 버스사용권을 컨트롤러에게 넘겨준다. 프레임그래버에서 1프레임의 이미지를 획득하여 인터럽트가 요청되면 다시 버스 사용권을 넘겨 받고, 램에 저장되어 있는 이미지를 전송한다.

2-4. 상관 계수법 영상처리

스테레오 카메라에서 캡처된 두 영상을 이진화를 시키고, 왼쪽 카메라의 영상을 1x30의 영상 샘플을 취한다. 왼쪽 카메라에서 취한 영상 샘플은 오른쪽 영상을 수평 이동하면서 오른쪽 카메라의 어느 영역과 많이 겹쳐졌는지 알아낸다. 그리고 수평이동이 많이 겹쳐진 영역이 물체가 있는 영역으로 인식하는 방법을 이용하였다.

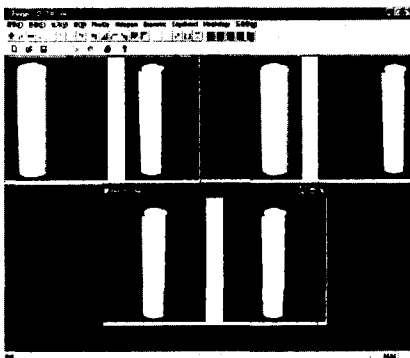


그림7 상관 계수법 영상 인식 프로그램

그림 7은 스테레오 카메라에서 왼쪽 영상과 오른쪽 영상을 받은 후, 상관 계수법을 이용하여 물체를 인식하는 과정을 보여준다.

2-5. 호스트 컴퓨터 프로그램 구현

직렬포트를 통하여 DSP로부터 전송되는 영상을 수신하여 화면에 출력하며 그 외형 그림 8과 같다.

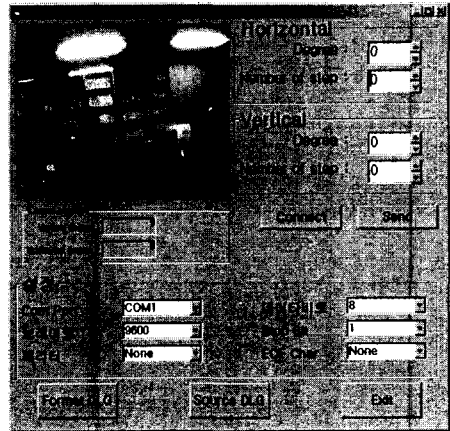


그림8. 호스트 컴퓨터 프로그램

DSP에 전송할 명령과 이미지 디스플레이에 관한 사용자 입력인터페이스가 구현되었고, 화면 좌측에는 직접 수신된 이미지가 디스플레이 된다.

III. 실험 및 고찰

실험은 그림 9와 같이 물체가 로봇의 앞에 있는 경우와 없는 경우를 나누어 실험하였다.

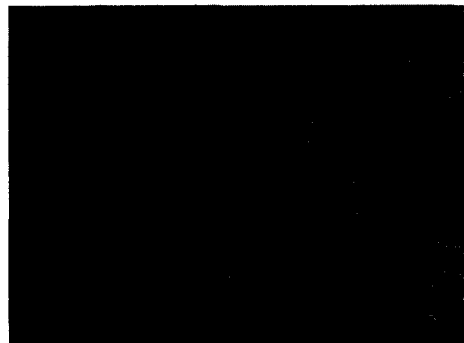


그림9. 실제 로봇 시스템

■ Case 1: 물체가 로봇의 앞에 있는 경우

IV. 결론

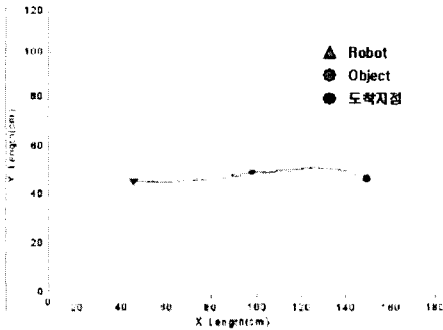


그림10. 물체가 로봇의 앞에 있는 경우

그림 10와 같이 로봇은 방향을 바꾸지 않고 첫 번째 목표지점인 물체쪽으로 이동하여 물체를 잡고 이동하는 것을 볼 수 있다.

■ Case 2: 물체가 로봇의 앞에 없는 경우

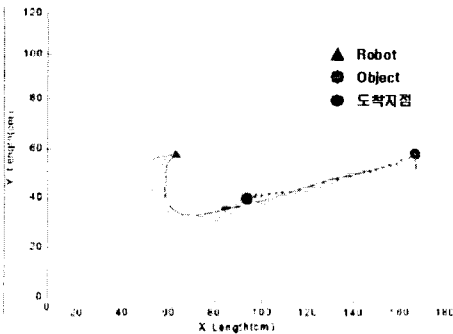


그림11. 물체가 로봇의 앞에 없는 경우

그림 11과 같이 로봇이 물체를 잡기 위해 물체 쪽으로 이동하여 물체를 잡는 것을 볼 수 있다. 학습횟수는 각각 100번을 하였고, 물체가 있는 경우 영상인식률은 98%를 얻었으며, 물체가 없는 경우 영상인식률은 92%를 얻었다.

표1. 영상인식률(%)

	Case 1	Case 2
영상인식률	98%	92%
평균값	95%	

실험결과 표 1와 같이 상관계수법을 적용한 스테레오 영상처리는 평균 95%의 영상 인식률을 얻었다.

본 논문은 DSP를 이용하여 스테레오 비전 로봇을 설계하였다. 영상처리는 상관계수법을 적용을 하였고, 실험방법은 물체가 로봇의 앞에 있는 경우와 없는 경우를 나누어 실험한 결과 영상인식률 평균 95%를 얻었다. 또한 보다 지능적으로 주위환경을 인식하고 주행을 할 수 있었다. 앞으로 인식률을 높이기 위해 스테레오 카메라의 denosing을 줄이는 연구가 요구된다.

참고 문헌

- [1] TI, TMS320C3x/C4x Assembly Language Tools User's Guide
- [2] TI, TMS320C3x/C4x Optimizing C Compiler User's Guide
- [3] TI, TMS320C3x User's Guide
- [4] Philips, SAA7111A Data sheet
- [5] 이명철, "DSP와 웨이블릿을 이용한 영상 전송 시스템의 설계에 관한 연구" 목원대학교
- [6] Randy Crane, A Simplified approach to Image processing