

자율 분산 이동 로봇 시스템을 위한 머신비전

Machine Vision for Distributed Autonomous Robotic System

김대욱, 박창현, 심귀보
중앙대학교 전자전기공학부

Dae-Wook Kim, Chang-Hyun Park, Kwee-Bo Sim

School of Electrical and Electronic Engineering, Chung-Ang University

E-mail : kbsim@cau.ac.kr

ABSTRACT

독립된 자율로봇에서 머신비전의 구동을 위해 본 논문에서는 DARS(Distributed Autonomous Robotic System)에 적용하기 위한 디지털 이미지 프로세싱을 연구하고, DARS의 개별 로봇에 이를 임베디드화하는 것을 연구한다. 따라서 로봇을 구동하기 위해 필요한 데이터를 CMOS 카메라로부터 수신하여 영상을 스캔한 후, 원영상을 신경망 알고리즘을 통해 클러스터링하여 필요한 데이터를 추출한다. 또 이를 사용자 컴퓨터 단말기 상에 디스플레이하고, 최종적으로 DARS의 자율 이동 로봇이 영상 데이터를 인지하여 특정한 선택 동작을 수행하도록 한다.

Key words : Distributed Autonomous Robotic System, Digital Image Processing, 신경망, DSP

1. 서 론

DARS(Distributed Autonomous Robotic System)란 자율분산제어방식을 이용하여 다수의 로봇을 제어하는 시스템이다. 각각의 로봇은 자신 주변의 환경을 인식하고 어떤 행동을 할지를 결정하여 행동한다. 이때 로봇들은 상호 협조 행동을 함으로써 주어진 작업을 수행하는 하나의 거대한 시스템을 구성한다. 시스템의 특징은 각 로봇들이 인식한 주변의 정보를 통합하여 분석함으로써 각각의 행동을 결정하는 것이 아니라 자신이 감지할 수 있는 범위내의 장애물이나 로봇, 작업등을 인식하고, 이것들을 바탕으로 감지된 범위내의 다른 로봇들과 협조행동을 하여 작업을 수행하기 위한 행동을 결정하게 되고 이러한 각각의 로봇들이 모여서 전체적인 시스템을 구성하게 된다는 점이다.

그런 점에서 명확한 시각정보의 인식과 활용은

각 개별 로봇의 협조행동 결정과정에 중요한 역할을 하게 될 것이다.

따라서 본 논문에서는 DARS(분산로봇시스템)의 각 개별 로봇에 탑재하게 될 머신비전에서의 효율적인 시각정보 인식을 연구하며 단순한 이미지 데이터에서 특정한 색상 또는 형태를 클러스터링함으로써 DARS를 위한 특화된 영상정보를 얻을 수 있도록 신경망 알고리즘을 Object분류에 응용할 것을 제안한다.

그래서 먼저 로봇에 탑재되는 카메라와 로봇 컨트롤러의 회로적인 인터페이스, 신경망 알고리즘을 이용한 영상정보 인식에 대한 충분한 연구가 필요하다.

연구를 위해 사용된 영상캡처 프로세서로는 TI사의 DSP(TMS320LF2407)이 사용되었으며, 카메라는 CMOS를 사용한 Kyocera사의 MOBICAM이 사용되었다.

기본적으로 DARS에는 적외선 센서가 달려 있

지만 센서만으로는 도달하기 어려운 과제가 주어졌을 때 카메라의 영상정보 분석을 통해서 협조 행동이라든지 기타의 특정한 작업을 수행하게 될 것이다.

TI사의 TMS320LF2407는 비교적 저가에 구할 수 있는 신호처리 프로세서이고 Kyocera사의 MOBICAM 또한 시중에서 쉽게 구할 수 있는 핸드폰용의 카메라이다.

본 논문의 2장에서는 DSP 2407과 MOBICAM의 하드웨어적인 개요를 소개하고, 3장에서는 DARS 와 머신비전의 하드웨어 인터페이스, 전체 시스템 구성을 소개하겠다.

II. DSP 및 CAMARA

2.1 DSP

영상처리, 실시간 제어를 위해서는 빠른 연산 속도가 필요한데 DSP는 빠른 연산과 신호처리를 위해 만들어진 프로세서로서 부동 소수점(floating point)연산, MAC(multiplication and accumulation)연산, 빠른 외부메모리 인터페이스 등이 특징이다.

특히 본 연구에 사용된 DSP인 2407A는 C2xx 코어에 16비트 어드레스, 데이터 버스를 가지고 있고, 내부 롬은 32K워드, 램은 2.5K 워드를 가지고 있으며, 부가 기능으로 CAN 통신, SPI 통신, SCI 통신, A/D 변환기, Boot ROM과 함께 EVA, EVB라 불리는 타이머/PWM/엔코더 카운터 기능이 복합된 모듈들을 가지고 있다.

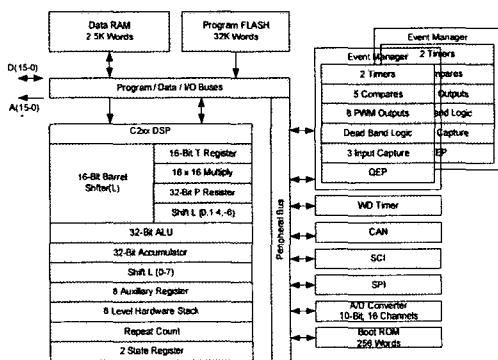


그림 1. DSP 2407 내부 구조

2.2 CAMERA

이 카메라는 CMOS 칼라 이미지 센서로 구성되어 있으며 입력된 클럭 신호에 동기하여 Serial Form으로 YUV 이미지 데이터를 출력한다.

YUV 이미지 데이터는 120H x 90V pixel이고 1개의 전체 frame size는 Header + 120 x 90 x 2 + 2 = 21,634 Byte (173,072 bit)이

다.

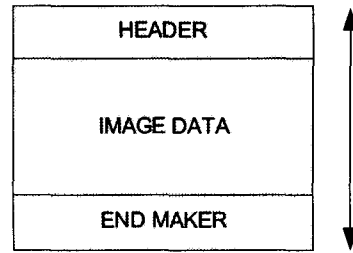


그림 2. 1 FRAME

Header 데이터는 32 Byte로 구성되어 있으며 이미지를 캡처하기 위한 Start 신호들은 다음과 같다.

표 1. Header data structure

Items	Size	Data	Description
Dummy	2byte	AA55	Fixed : AA55
Start of Frame	2byte	FFD8	Fixed : FFD8
생략			
Start recognition data of image data	2byte	AA55	Fixed : AA55

카메라로부터 시리얼로 받은 데이터로부터 위의 Header data를 참조하여 영상을 추출해 낸다.

III. 하드웨어 인터페이스

3.1 비전부 모듈의 전체 구성

비전은 DSP 2407과 카메라 그리고 컴퓨터와의 송수신을 위한 시리얼 포트, 로봇의 메인 콘트롤러와의 시리얼 통신을 위한 포트를 가지고 있으며 이미지 캡처를 위한 전체 하드웨어는 다음의 블록도와 같이 구성되어 있다.

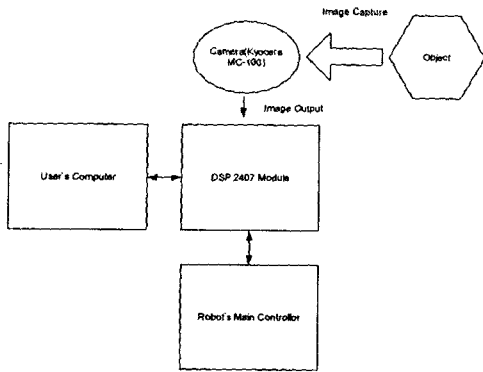


그림 3. 비전부 하드웨어 구성

카메라로부터 출력되는 데이터를 비트 별로 조합, Header Data에서 Start Code를 먼저 찾은 후에 원영상을 1바이트씩 얻을 수 있다. 그 후에 취득한 원영상을 DSP에서 신경망 알고리즘 등을 통해 색상 또는 물체의 윤곽으로 클러스터링하여 인식한다.

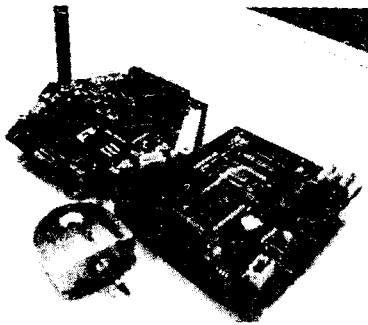


그림 3. 비전부 하드웨어

IV. 신경망 알고리즘

4.1 신경망

신경망은 인간의 뇌 구조를 본 떠 모델링된 알고리즘으로 최초의 신경망 모델은 1943년 W. McCulloch와 W. Pitts에 의하여 제시되었다.

현재 다양한 신경망 모델들이 제안되어 있지만 계층수와 출력 형태에 따라 다음과 같이 분류한다.

계층수	출력 형태
단층신경망	순방향 신경망
다층신경망	순환 신경망

그림 4. 신경망의 분류

신경망의 구성이 완료되면 주어진 과제를 수행할 수 있도록 신경망을 학습시켜야 하고, 학습 방법이 결정되면 신경망을 학습시킬 학습 패턴을 선정하여야 한다.

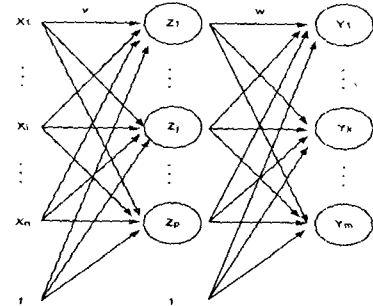


그림 5. 순방향 다층신경망

본 연구에서는 영상을 캡처할 대상의 색상과 모양을 분류하기 위하여 신경망을 사용하고 있으며 학습을 위해 BP 알고리즘을 이용한다.

신경망을 이용한 영상정보 인식 방법은 한번 학습하는데 많은 시간이 걸리긴 하지만 인간의 시각을 모방하여 Robot을 구동한다는 점에서 의의가 있다.

4.2 BP 알고리즘

BP(Back-Propagation) 알고리즘은 오류역전파 알고리즘이라고도 불리며 순방향 다층 신경망의 학습에 효과적이다.

BP 알고리즘을 이용해서 신경망을 학습시키는 과정은 학습패턴을 입력하여 출력을 구하고, 출력과 목표치의 오차를 구한 후에 오차값을 이용, 출력층의 연결 강도와 은닉층의 연결 강도를 변경한다.

4.3 픽셀

카메라에서 출력되는 Data Format은 YUYV이며 1 Pixel당 16비트이다. 그것은 다음의 식을 통해 RGB 값으로 변환된다.

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.30R + 0.59G + 0.11B \\
 U &= 0.564(B-Y) \\
 V &= 0.713(R-Y)
 \end{aligned}$$

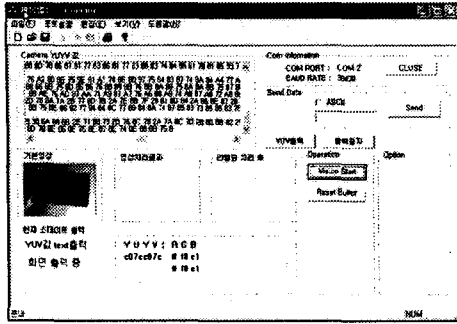


그림 6. 모니터 프로그램(PC)

이렇게 하여 산출된 R, G, B 값을 각 Pixel 당 추출하여 신경망 알고리즘의 입력단에 넣고, 서로 유사한 색상들에서 R, G, B 값을 추출하여 신경망 알고리즘에 넣어 BP 알고리즘을 통해 학습시키는 방식으로 가중치를 갱신, 몇 개의 영역으로 클러스터링한다. 학습에 많은 시간이 걸리긴 하지만, 이는 실시간적으로 로봇의 구동 중에 구현하지는 않고, 학습이 끝난 후의 가중치를 적용하여 대상의 색상을 분류하므로 실제 주행 중에는 신경망 알고리즘의 학습에 프로세스를 할당하지 않는다.

색상별로 분류한 이후에 그것을 이용하여 경계면을 산출하고, DARS의 다른 기능(센서)등과 연동하여 대상을 쫓는다든지 포위한다든지 하는 동작을 수행시킨다.

이로써 카메라로부터 캡처한 영상 데이터를 DSP 프로세서에서 색상별로 신경망 알고리즘을 이용해 분류 DARS에서 특정한 동작을 수행할 수 있다.

V. 결 론

DSP 프로세서는 로봇에서의 신경망 알고리즘 구현을 위한 빠른 연산에 적합하다.

따라서 영상정보의 분류를 위한 신경망 알고리즘을 구현하기 위해 DSP 프로세서를 사용하여 비전부 모듈 회로를 구성하였으며 이는 확실한 시각정보의 입력으로부터 보다 안정적인 로봇의 영상 기반 동작을 이끌어내는 데에 매우 효과적이다.

실제 하드웨어로 구현하는 점에서는 많은 연산으로 인해 어려움이 있으나 과도한 학습시간을 제외한다면 기계적으로 인간의 시각을 구현한다는 점에서 의의가 있다.

감사의 글: 본 연구는 과학기술부의 뇌신경정보학연구사업의 '뇌정보처리 메커니즘에 기반한 인간행동시스템연구'의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

VI. 참고문헌

- [1] Randy Crane, *A Simplified Approach to Image Processing*, Prentice-Hall, 1997.
- [2] 오창석, *뉴로컴퓨터개론*, 내하출판사, 2000.
- [3] *TMS320LF2407A*, Texas Instrument. Co, 2003
- [4] 김도윤, *예제로 배우는 제어용 DSP*, 성안당, 2003
- [5] 박선호, *CCD카메라와 영상처리회로설계*, 국제테크노정보연구소, 2002