

사무실 도우미 로봇 MAIRO

*김 경 호,**이 형 규,***손 영 준,****송 재 근
* 한국외국어대학교 디지털정보공학과
** 성균관대학교 정보통신공학부
*** 고려대학교 대학원 전기공학과
****인천대학교 전자공학과
전화 : 02-3416-0573 / 핸드폰 : 016-720-9146

The Mobile Robot MAIRO for Office

Kyung-Ho Kim*, Hyung-Kyu Lee**, Young-Jun Son***, Jae-Keun Song****
*Dept. of Digital Information Engineering, Hankuk University of Foreign Studies
**Dept. of Information and Telecommunication Engineering, SungKyunKwan University
*** Intelligent System Research Lab, School of Electrical Engineering, Korea University
**** Dept. of Electronic Engineering, Incheon University

E-mail : andantin@secsm.org

본 논문은 삼성메카트로닉스센터 .삼성소프트웨어멤버십 연구비 지원으로 수행되었습니다.

Abstract

Recently, A robot which accomplish many tasks is the universality in fixed environment. But home robot or entertainment robots has interested greatly, and the concept of service robots is outstanding newly. In special, research about the self-steering robot is increasing gradually. Also Internet has become general, many information devices and tools were connected with internet. According to such a trend, we developed the mobile robot that moves by self-localization and is controlled in the basis of internet. Our robot system will assist office workers. In this paper, we introduce mechanical feature, control system and service faculty of robot, MAIRO in an office environment.

I. 서론

현재 로봇 산업은 기존의 기계, 전자, 전기, 제어 시스템을 이용한 산업용 로봇에서 인공지능, 뇌 공학, 신소재, 생체 공학, IT 등이 합쳐진 기술혁명을 거쳐 점차 인간의 생활 속으로 다가오고 있다. 일본 산업기술 종합연구소에서는 2010년 현 반도체 시장 규모인 180조원의 로봇 시장 창출을 공표하였고, 인간형 로봇에 대한 국가 연구 사업을 거쳐 최근 IT와 결합되는 지능형 개인 로봇 연구에 중점을 두고있으며, SONY, HONDA, NEC등의 기업들은 엔터테인먼트 로봇 및 서비스 로봇 산업을 선점하기 위해 많은 연구 투자와 제품을 출시하고 있다. 미국은 IT와 결합되는 지능 시스템을 중심으로 지능 로봇 및 지능 생산 시스템의 발전에 주력하고 있으며 2001년 총 20억불의 연구 예산을 투자하고 있다.[1]

우리나라는 IT분야의 발달로 서비스 로봇의 기술개발에 유리하나, 기술투자 및 체계적인 연구기반이 취약

약하고 종합적이고 전략적인 연구개발 체제가 미흡하다.

이러한 서비스 로봇 특히 사무실과 같은 인위적인 환경에서 인간의 업무를 보조하기 위해서는 스스로 지도를 형성하여 원하는 위치로 이동하는 autonomously vehicle system과 이동 중에 Dynamic한 환경을 고려하여 장애물을 회피하는 Obstacle Avoidance System이 필요하다. 또한 인간친화적인 휴먼인터페이스를 위해 Voice recognition, Voice composition, 네트워크를 통한 외부 사용자와 손쉬운 정보 교환을 위한 network-based control system, 또한 위와 같은 기능들을 통합하기 위한 소프트웨어 기술도 중요하다.

본 논문에서는 이러한 서비스 로봇의 기반 기술을 획득하는데 그 의의가 있다. 따라서 기존의 모바일 로봇을 고찰하고, 사무실에서 업무를 보조하는 로봇을 개발하는데 그 목적을 두고 있다.

II. MAIRO 의 기구학적 특징

MAIRO의 개발 목적은 사무실 환경에서 도우미 역할을 수행하는 것이므로, 사용자 친화적인 인터페이스 구현에 초점을 맞추어 설계하였다. 아울러 모듈별로 확장이 가능하게 하고 유지 및 보수가 용이하도록 설계하였다.

구성 소재로 Profile과 아크릴을 사용하였고, Profile은 외부충격에 강하며, 설계하기 용이하므로 로봇의 소재로 적합하다. 아크릴은 가볍고 가공하기 용이하므로 외부 케이스 소재로 사용하였다.

그림1.은 최 하단 1층 프레임으로 모터 전원을 위한 SMPS, 모터를 구동하기 위한 Motor Driver로 구성하였다.[3]



(a) CAD designed

(b) 1층 프레임

그림 1. 1층 프레임

Fig. 1. Shape of First flame

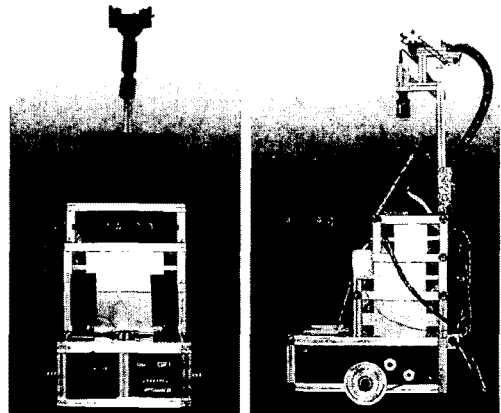
구동방식은 휠 구동 방식으로 앞뒤에 4개의 보조 바퀴와 두 개의 주 바퀴로 구성되어 있으며, 확장성을 고려하여 감속기어 고정hole과 Tension slider hole은 대칭으로 한 쌍으로 제작하였다. 1층 프레임의 제원은 표 1.과 같다.

표 1. 1층 프레임 제원

Table 1. First level frame specification

Size	400 × 560 × 190	
Wheel Size	지름 150 폭 30	
폴리	L Type	(치수 16, 폭 20) × 2
		(치수 32, 폭 20) × 2
재질	Profile	

2층 프레임은 Motor Motion Controller, Image grabber, 무선 이더넷 등을 포함한 중앙제어용 PC로 구성하였으며, 3층 프레임은 PC전원공급기로 구성하였으며, 각종 장치의 전원 제어 및 기타 제어를 편리하게 하기 위해서 스위치 패널을 장착하였다. 4층 프레임은 battery의 DC전원을 PC전원용 AC전원으로 바꾸어주는 DC/AC 인버터로 구성하였다. 그 위로 사람과의 인터페이스를 위하여 LCD 터치패드, 주변 환경과 장애물을 인식하기 위한 스테레오 비전 센서(Stereo vision sensor)와 전방향 비전 센서(Omni-directional vision sensor)를 구성하였다. 아울러 향후 구현할 로봇팔을 지면과 가까이 위치시키기 위하여 2층 앞부분에 공간을 확보하였다. 그림 2는 MAIRO 로봇의 외관을 나타낸다.



(a) Mairo 의 앞면

(b) Mairo 의 옆면

그림 2 MAIRO 로봇의 외관

Fig. 2. Shape of MAIRO

모바일 로봇이 장애물 회피 또는 환경지도를 생성하기 위해서는 초음파센서, 레이저 파인더 등을 사용한다. 가장 많이 사용되는 초음파센서는 그 측정분해능이 좋지 못하고 장애물의 형태에 따른 반사파 신호의

오차가 심하다[4]. 레이저 파인더(laser finder)는 처리 시간이 길고 고가의 정교한 타이밍 회로가 필요하며, 또한 반사파 신호가 유발되는 문제점이 있다. 이에 본 연구로 개발된 MAIRO에서는 완전한 비전 기반 주행을 위하여 높이 130cm에 전방향센서(omnidirectional vision sensor)와 그 상단 30cm 위에 2자유도를 갖는 Stereo vision이 위치하는 구조로 설계되었다. 이와 같은 구조는 ODV(전방향센서)를 사용하여 전 방향에 대한 영상정보를 통해 장애물 후보를 추출하고 stereo vision 시스템을 이용하여 이동로봇의 중요한 정보가 되는 장애물과의 거리 정보를 측정하여 map building과 self-localization 등을 수행 할 수 있도록 하는데 유용하다.

II. MAIRO 의 전체 시스템 구성

자율이동로봇은 주변 환경에 대한 정확한 인식과 주행 알고리즘 및 안정성 확보가 선결과제이다. 이를 해결하기 위해서 영상처리기술 및 로봇제어기술에 대한 숙지가 요구되며, 로봇 시스템에 이러한 기술들을 통합하여 운용하는 기술 또한 간과할 수 없는 요소이다. MAIRO는 이러한 기술에 무선 이더넷과 충전지를 사용하여 이동성을 높이고, 자체 전원 모니터링 기능을 구현하여 독립성과 안정성을 높이고자 하였다.

MAIRO의 시스템 주요 제원은 표 2와 같다.

Table 2. MAIRO Specification

표 2. 마이로 주요 제원

Dimension	40cm × 58cm × 42cm, 45kg
Driving Mechanism	Two drive wheels, 4 auxiliary
	Two DC Motor & DC Servo driver
CPU	Pentium 1GHz, 128MB
NIC	PCMCIA Wireless LAN(11Mbps)
Display	10.1 inch TFT Touch Screen
Control system	ISA-type Multi Motion Controller
Power	24V Battery Ni-cd
Inverter	700W DC/AC Inverter
Camera	CCD Camera with ODV lens
	Stereo Camera

MAIRO의 전체 시스템은 다음과 같이 분류된다.

Simulation System - 제어기 시뮬레이션

Monitoring System - 로봇이 인식한 지도 정보와 로봇의 상태 감시

Messenger System - 로봇주위의 사람과 화상 채팅, 로봇명령 교시

Control System - 지도생성 및 위치추정, 경로설정, 경로추적 수행

Vision System - 스테레오 비전 및 전 방향 비전으로 환경 인식

Motor Drive System - 계획된 프로파일대로 모터를 구동

Power Management System - 자체 전원 모니터링, 자율 충전

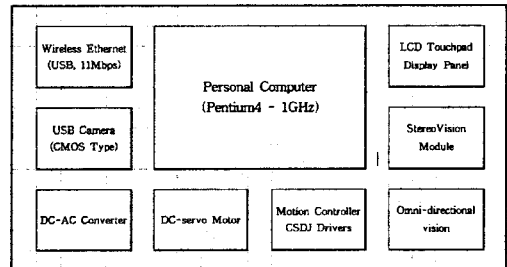


그림 3. 하드웨어 시스템

Fig 3. Hardware system

III. 비전 시스템

1. Stereo vision system

스테레오 비전은 인간의 시각 구조와 유사한 형태를 이용한 것이다. 공간 상의 특정 물체가 두 영상에 투사되었을 때, 두 영상에서 일치점을 찾아내서 영상 면에서 위치 차를 이용하여 3차원 정보를 얻는 방법이다. 스테레오 비전에서 가장 어려운 문제는 일치점(correspondence)을 찾는 스테레오 정합(stereo matching)이다. 스테레오를 통한 정합 방법에는 크게 영역기반 정합(area-based matching)과 특징기반 정합(feature-based matching) 두 가지 방법이 많이 사용되고 있다. MAIRO 로봇에서는 두 방식 모두를 사용하였으며 ODV로부터 들어오는 영상정보를 분석하여 장애물 후보로 추정되는 영역만 검색하게 된다.

그림 4.는 설계된 스테레오 비전 시스템으로 설계의



(a) CAD Design

(b) 개발된 모듈

그림 4. 스테레오 비전 시스템 모듈

Fig. 4. Stereo vision system module

주안점을, 로봇이 주행 중에 필요한 자유도와 정밀한 제어에 두었다. 이를 위해 2자유도를 가지며 1도의 정밀도를 가지는 Stereo Vision Module을 설계하였다. 또한 경량화를 고려하여 소재는 듀랄미늄을 사용하였고, 두 카메라의 거리(baseline)은 로봇의 활동범위와 주변 환경인식 범위를 고려하여 100mm로 제작하였다. 사용한 카메라는, Microstep Motor의 토크를 고려하여 27만화소의 소형 CCD 카메라를 사용하였다. 그림 5. 는 이동로봇에 탑재된 Stereo Vision Module이다.



그림 5. 비전 시스템 부분
Fig. 5. Vision System Part

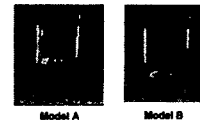
로봇이 스스로 효과적인 환경지도를 생성하기 위해서는 주변의 환경 정보를 정확히 분석하고 이를 가상 지도정보 데이터 베이스와 연동하여 가상 축적 지도를 생성해나가야 한다[14]. 그러기 위해서 MAIRO 로봇은 주변의 영상 정보를 전방향센서로 읽어 들여 edge 추출 후 장애물 혹은 이동 불가능한 영역을 방위각 정보와 거리데이터로 환산하여 저장한다. 그러나 이와 같은 과정에서 얻어지는 데이터는 단일영상정보를 통해 얻어지는 것이므로 정확한 데이터라고 할 수 없다. 이러한 불확실한 데이터는 스테레오 비전 시스템을 통해 방향정보와 거리 데이터를 이용, 후보영역만을 정합시킴으로써 불필요한 정합과정을 줄여 실시간으로 환경지도를 빠르고 정확하게 생성한다. 기존에 초음파 센서를 사용하면 거리정보를 쉽게 얻을 수 있으나 초음파의 위치에 따라 그 탐색 영역이 달라지는 한계를 가지고 있으며, 장애물 특성에 기반을 두는 지능적인 self-localization을 수행할 수 없다. 그러나 전방향센서와 스테레오 처리 과정으로부터 얻어진 환경지도를 통해, 장애물과 장애물 사이의 연관 관계를 파악하여 보다 지능적인 self-localization을 수행할 수 있다. 특히 사무실과 같은 인위적인 환경 하에서는 고정된 장애물의 특징을 이용하여 스스로의 위치를 보정하는(self-localization)것이 효과적이다.

2. Omni-Directional Vision system

자율이동 로봇 시스템에서 가장 필수적인 요소는 주위 환경에 대한 인식 능력이다. 이와 같은 의미로 로봇 스스로 환경지도를 만들 수 있는 능력은 곧 로봇의 지능적 행동 양식을 구현하는 기반이 될 수 있다.

자율이동로봇의 지도생성에 관한 연구는 레이저과 인더, 초음파센서, 이미지센서가 가장 많이 사용되고 있으며, 지도를 표현하는 방식은 격자형(grid)방식과 특징점(feature)표현 방식으로 나눌 수 있다. 전방향에 대한 정보를 취득하기 위해 많이 사용되어진 초음파센서는 앞에서 기술한 것과 같이 부정확한 방향 정보, 각 센서들 간에 간섭을 피하기 위한 시간지연의 단점이 있다. 이에 비해 전방향 이미지 센서는 실시간 측정이 가능하고 정보량이 많아 환경지도를 만드는데 유리한 장점을 가지고 있다. 그림 6.은 MAIRO 로봇이 사용한 전방향 이미지 센서(ODV)이다. ODV로부터 받은 영상은 메인 PC의 프레임 그래버를 사용하여 처리되며 장애물은 ODV의 원형 이미지의 중심을 원점으로 하는 좌표계에서 동일한 방위각을 갖는다.

Specifications



Optical Attachment	
Field of view (FOV)	(35° to 92.5°) x 360°
Max. Body diameter	2.61" (66.3mm)
Min. Body diameter	2.10" (54.6mm)
Weight	9.4 oz (267g)
Model A Height	3.85" (97.8mm)
Model B Height	3.22" (81.8mm)
Model A Camera Sensor Size	1/3-inch
Model B Camera Sensor Size	3/8-inch
Lens mount	CS-mount
Iris control	Manual
Focus control	Manual

그림 6. 전방향센서의 제원

Fig. 6. Omnidirectional Vision specification

이와 같은 데이터를 추출하기 위해서는 먼저 ODV 렌즈의 곡률 반경을 알고 실제 물체의 거리와 영상에서의 거리정보를 이용하여 calibration을 하고, 이를 이용하여 영상에서 장애물 후보들에 대해 역 변환을 통해 방위각과 거리정보를 취득할 수 있다.

IV. Network-Based Control System

1.Ethernet Control

자율이동로봇을 네트워크로 제어하고 또한 정보를 교환하기 위해서는 많은 고려사항이 요구된다. 그 중

프로토콜과 통신수단(매체)이 가장 중요한 문제이다. 현재 많은 기술들이 개발되어 있으나, 기본적으로 윈도우즈를 운영체제로 한 PC기반의 로봇을 컨셉으로 개발하였으므로 기존의 산업용 통신 프로토콜을 적용하여 개발하는 데에는 적합하지 않다. 새로운 PC 통신 방법 중 하나로서 무선 이더넷(IEEE 802.11)이 블루투스 와 함께 차세대 통신방법으로 대두되고 있으나, 블루투스의 경우 아직 시장에 많이 보급되지 않아 개발에 어려움이 있고, 또한 현재 동작하는 워킹모델을 찾기 힘들다. 무선 이더넷의 경우 블루투스와 달리 기존의 이더넷 환경을 그대로 무선환경으로 옮겨와 편의성을 제공하고 있어서 개발, 유지에 용이하기에 MAIRO 로봇에 적용되었다. 또한 TCP/IP 프로토콜을 사용하여 보통의 PC환경과 동일한 환경을 구축할 수 있다는 점은 MAIRO 로봇의 통신수단으로서 뿐만 아니라 앞으로 다가올 시스템들에 대한 보편적인 접근방법 및 호환성을 위한 보다 효율적인 방법으로서의 기능을 제공했다. 특별히 많은 양의 데이터 전송이 필요하거나, 이동 거리가 광범위한 경우, 무선 랜의 고주파 채널을 사용할 수 없는 경우 등에 특정한 통신기술을 사용해야 하나, 사무실과 같은 한정된 공간에서는 무선 이더넷을 사용하는 것이 가장 효율적이다. 그러나 무선 이더넷의 가장 큰 단점은 거리에 따라 전송속도가 불규칙으로 변화하고, 고주파 통신의 특성상 장애물이 많거나, 벽이 가로놓여 있을 경우 통신속도 및 연결성을 보장하지 못한다는데 있다. 또한 여러 액세스 포인트를 사용한 로밍 기술도 아직은 불안정하나 하드웨어의 기술 발달로 해결되리라 본다.

MAIRO는 인터넷 기반 제어 시스템으로 그 구조에 따라 몇 가지로 분류할 수 있다. 제어 방식의 구조에 따라 단방향/양방향(Half/Duplex -Loop)으로 분류할 수 있고, 또한 원격지 로봇의 외부환경 적용여부에 따라 마스터/슬레이브(Master/Slaver)로 분류할 수 있으며, 그리고 Local site에서 외부 환경 모니터링 여부에 따라 실시간관측/비실시간관측(Real/Non-Real Time Observation)으로 분류할 수 있다.

MAIRO는 내장된 Multi Motion Controller에 장착된 Encoder로 모터의 정확한 정보를 피드백 받아 제어하며, 센서를 통해 주변 환경을 인지하고, 모델링된 특정 환경에서의 실시간 모니터링도 가능하므로 양방향, 마스터, 실시간관측의 구조를 가지고 있다.

인터넷 기반의 제어 시스템(Network Based control system)이 기존의 제어 시스템과 차별화되는 부분은 네트워크 상의 Time-Delay로 인한 Command Delay를 해결하고자 한 점이다[3]. 인터넷 환경에서의 문제점은 로컬과 리모트의 시간 차이로 인한 명령의 불안정성, 장애물 회피 명령 등의 시간 지연으로 인한 패

킷손실 등의 부정확성 및 오차누적 등이 대표적이다. 인터넷의 명령 시간 지연 정도는 시간대별, 요일별, 날짜별로 불규칙적이며, 같은 지역에서는 평균 20msec, 같은 국가 내에서는 평균 4,193msec의 지연이 발생하여 신호가 왜곡되거나, 누락된 신호가 무시되는 등의 오차가 발생하게 된다. 인터넷 기반 제어 시스템의 기본적인 개념은 Command Filter로 일컬어지는 명령 Queue와 Path Estimator를 통해 지연으로 인한 에러를 최소화하는데 있다. 본 논문에서는 Command Filter와 Feedback 정보를 사용하여 구현해 보았다.

2. Image Transmission

로봇이 사무실에서 업무를 보조하기 위한 가장 기본 업무는 방문자를 맞이하는 것이며 이러한 기능이 수행되기 위해서는 멀티미디어 전송이 실시간으로 이루어져야 한다. 이러한 네트워크를 형성하기위해 로봇은 하나의 단말기 역할을 수행하며, 다른 한 부분은 Local system 부분이 된다. 이는 내부 직원의 각 PC에 해당된다. 대기 상태로 프로그램이 PC에 상주하며, 로봇의 어떠한 접속 요구가 있을 때, 이를 받아 들여 외부와의 통신에 응한다. 그림 7.은 로봇과의 네트워크 통신을 나타낸다.



그림 7. 로봇과 지역 단말기 연결
Fig. 7 Robot connected with network

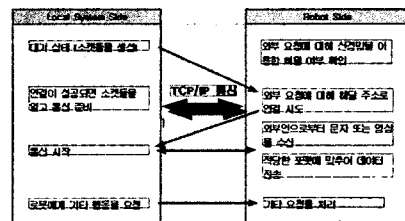


그림 8. 통신 구성도
Fig. 8. Network composition

V. MAIRO 의 서비스 기능

MAIRO 로봇은 사무실 환경에서 도우미 역할을 수행하기 위해 현재 다음과 같은 서비스 기능을 갖추고 있다. 첫 번째는 문서수발 서비스로서, 각종 문서 및

우편물을 주어진 지도 정보를 이용하여 정해진 위치로 배달해주는 기능이다. 두 번째는 방문객 확인 서비스로서, 화상 메시지를 이용한 외부 방문객과의 인터폰 기능을 통해 방문객을 확인하는 기능이다. 세 번째는 보안/경비 서비스로서, 주어진 시간에 정해진 경로를 순찰하고 비상시에 네트워크를 통해 관리자에게 통보하는 기능이 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 사무실 환경에서 업무를 보조하기 위해 개발된 자율 이동 로봇 MAIRO에 대하여 기술하였다. 개발된 MAIRO 로봇은 빌딩 내에서 자율이동하기 위해 독립적인 이동시스템을 갖추고 비전시스템을 이용하여 빌딩 내를 주행한다. 이와 같은 시스템을 구현하기 위해 전방향 비전시스템과 스테레오 비전시스템을 이용하여 3차원 정보를 획득하고, self-localization, map-building을 수행한다. 또한 원격제어를 위한 네트워크 제어 시스템을 개발하였다.

현재 개발된 이동로봇은 차후 빌딩 내에서 활동할 서비스로봇 개발 실용화를 앞당기는데 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] 이석한, 국제 로봇 테크노파크 사업설명회, "한국지능로봇의발전방향", 2002.2
- [2] Ioannis Mertzanis, Georgios Sfikas, "Protocol Architectures for Satellite ATM Broadband Networks," IEEE Communication Magazine, March. 1999[2] "인터넷 기반 퍼스널 로봇"; MRDEC, KAIST
- [3] "FARA Multi-Motion Controller 사용자 Manual"; 삼성전자
- [4] A.Elfes, "Sonar-based real world mapping and navigation", IEEE Journal of Robotics and Automation, vol. RA-3, no.3, pp.249-265, 1987
- [5] k.Yamazawa et al, "Obstacle detection with omnidirectional image sensor hyperomni vision", IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation, pp 1062-1067, 1995.
- [6] N. Ayache, O. Faugers "Maintaining Representations of the Enviroment of a Mobile Robot," IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol.6, no.6, pp.804-819, December, 1989.
- [7] Y .Yagi , s. Kawato, S .Tsuji "real - Time Omnidirectional image Sensor(COPIS) for Vision-Guided Navigation," IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol .10 ,no 1, pp.11-22, February, 1994
- [8] 방석원, "전방향 거리 및 밝기 데이터 기반의 실내 이동 로봇 항법," 한국과학기술원 전기 및 전자공학과의 박사학위논문, 1996.
- [9] Paul G.Backes, Gregory K.sharp ,and kam S.The Web interface for telescience (WITS). In processing IEEE International Conference on Robotics and Automation, pages 411-417 , Albuquerque, New Mexico, April 1977
- [10] T.Kanada et al., "A stereo machine for video-rate dense depth mapping and its new application," Proc .IEEE Conf.Computer vision and Pattern Recog., pp 196-202, 1996
- [11] R. Szeliski and P.Golland, "Stereo matching with transparency and matting", Proc. Int'l Conf. Computer vision, pp517-524, 1998
- [12] A. Woods T. Docherty and R.Koch, "image distortions in stereoscopic video system", Stereoscopic Display and Application IV, Proc .of SPIE, vol.1915, pp.36-48, 1993 .
- [13] B.Horn, "Robot Vision", MIT press ,1986.
- [14] J.Borenstein, and Y.Koren, "Real time obstacle avoidance for fast mobilerobot", IEEE Trans., vol.19, No5, pp.117-1189.
- [15] J. Heyood, " Robots meet machine vision ", Photonics Spectra, pp.151-156,
- [16] M.E Boudirhir, M.Dufaut and R. Husson, "A vision system for mobile robot navigaion", Robotica, vol.10 ,pp77-89, 1994.
- [17] N.Ahuja and S.L Abbott, "Active vision: Intergrating disparity, Vergence, fous, aperture, and calibration for surface estimation", IEEE Trans, vol.15, no.10, pp.1007-1029, 1993.