

센서 퓨전을 통한 인공지능 4족 보행 애완용 로봇

An Intelligence Embedding Quadruped Pet Robot with Sensor Fusion

이 래 경, 박 수 민, 김 형 철, 권 용 관, 강 석 희, 최 병 옥*

(Lae-Kyoung Lee, Soo-Min Park, Hyung-Chul Kim, Yong-Kwan Kwon, Suk-Hee Kang, and Byoung-Wook Choi)

Abstract : In this paper an intelligence embedding quadruped pet robot is described. It has 15 degrees of freedom and consists of various sensors such as CMOS image, voice recognition and sound localization, inclinometer, thermistor, real-time clock, tactile touch, PIR and IR to allows owners to interact with pet robot according to human's intention as well as the original features of pet animals. The architecture is flexible and adopts various embedded processors for handling sensors to provide modular structure. The pet robot is also used for additional purpose such like security, gaming visual tracking, and research platform. It is possible to generate various actions and behaviors and to download voice or music files to maintain a close relation of users. With cost-effective sensor, the pet robot is able to find its recharge station and recharge itself when its battery runs low. To facilitate programming of the robot, we support several development environments. Therefore, the developed system is a low-cost programmable entertainment robot platform.

Keywords : intelligence embedding, quadruped pet robot, sensor fusion, microprocessor, embedded system

I. 서론

최근 디지털 시대의 급격한 발전에 따라 다양한 형태의 디지털 제품이나, 다양한 목적의 로봇들이 개발되고, 실생활에 적용되면서부터 기존의 노동력 대체 효과를 가지는 로봇에 대한 역할과 그 효율성에 대한 관심이 증가되고 있는 현실이다. 특히 웰빙(Well Being) 열풍과 같이 질적인 삶의 추구 성향의 증가에 따라 로봇의 주 사용 분야인 산업용 로봇 이외에도 실생활에서 사람과의 공존과 상호 교감을 목적으로 하는 인간 친화형 로봇이 큰 호응을 받고 있으며 대표적인 예로, 청소로봇 룸바(Roomva), 트릴로바이트(Trilobite) 등이나 아이보(Aibo), 아이로보(Irobo) 등과 같은 애완용 로봇 등이 상용화 되고 있다 [1,2]. 본 연구에서는 다양한 인간 친화형 로봇 중에서 보다 인간에게 친밀감을 줄 수 있으며, 다양한 센서와 지능을 가지는 지능형 4족 애완 로봇을 구현하고자 한다.

본 논문에서 구현하고자 하는 로봇은 강아지 형태의 4족 로봇으로, 15 자유도를 가지면서 COMS 센서와 다양한 종류의 센서들(음성 인식 및 출력, 음원 위치, 온도, 기울기, 시계, 적외선 센서 등)을 가짐으로써, 실제 애완의 동물적 특성 이외에도 사용자의 의도에 따라 로봇으로서의 부가적인 서비스 기능(게임, 경비, 추적 등)까지 수행할 수 있도록 하였다. 통상 이동 로봇에 있어서 센서를 이용하여 위치 추정이나 이동 물체 추적에 대한 연구가 활발히 수행되어온 현실이지만 [3,4], 본 연구에서의 센서는 강아지의 지능을 높임과 동시에 사용자와의 친밀감과 서비스 제공 기능까지도 포함하는 목적으로 사용되어 진다. 따라서, 사용자로 하여금 실제 애완동물과 같은 애원적 기능과 동시에 높은 지능을 가짐으로써 실제 동물이 할 수 없는 로봇으로서의 기능을 동시에 수행할 수 있도록 하였다. 특히 일반적으로 기존의 애원 로봇이 시

간이 지날수록 사용자의 관심이나 효율성의 감소 경향을 최소화하고, 보다 사람과의 친밀도를 증가시킬 수 있도록 사용자 의도에 따른 다양한 동작의 생성 및 조합, 음성 인식/출력 내용을 수정이 가능한 시스템구조를 적용하였다.

본 논문의 전체적인 구성은 본론에서 로봇 시스템의 전반적인 구성으로 각 모듈별(영상 및 음성 인식부, 구동 제어부, 센서 제어부, 전원 및 충전부) 주 사항들을 설명하였으며, 로봇의 동작 생성 알고리즘 및 각종 센서들의 사양 및 기능을 설명 하였다. 그리고 로봇의 다양한 보행 형태와 장애물/질벽 인식 알고리즘, 자동 충전 알고리즘에 대한 설명을 하였다.

끝으로 결론부에서는 애원 로봇으로서의 전체적인 로봇 동작과 성능에 대한 평가와 애원로봇으로서의 차후 개선 방향과 추가 개발 내용에 대한 논의 내용을 서술하였다.

II. 애원 로봇 구조

1. 외관 및 전체 시스템 구성

본 논문에 개발한 로봇은 아래 그림 1과 같이 15 자유도를 가진 4족 보행 로봇으로, 다양한 센서(비전, 음성, IR, 온도 등)를 기반으로 사용자의 명령, 의도에 따라 다양한 동작(자율 또는 수동)을 수행하는 로봇이다. 외관은 불테리어 이미지를 기반으로 사람과 친근감 있는 캐릭터를 기본으로 하여 구성되었다. 현재 개발 완료 되어 최종 캐릭터의 급형이 진행 중이다. 애완용 로봇의 경우 SONY AIBO의 경우에도 계속적인 캐릭터의 발전이 이루어지고 있다[1]. 이와 같은 캐릭터는 사람과 친근감을 줄 수 있다는 점에서 매우 중요한 개발 요소이다.

하드웨어적인 구성은 그림 2(a)과 같으며, 표 1에 나타난 32bit RISC 프로세서인 SH4를 이용한 메인 제어장치를 기반으로 하드웨어적 확장성과 기능성, 제어적 관점을 고려하여 영상 및 음성 인식/출력부, 구동 제어부, 센서 제어부, 전원 및 충전 제어부로서 계층적 모듈 구조를 계층적 모듈 구조를 이루고 있다[5-7]. 또한 임베디드 마이크로 프로세서를 이용함으로써 상용화된 보드를 이용하는 경우 보다 가격 경쟁력을 높일 수 있으며 다른 이동 로봇의 제어 장치로 활용이 가

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2004. 6. 6., 채택확정 : 2004. 10. 28.,

이래경, 박수민, 김형철, 권용관, 강석희 : 다사테크 연구소

(laeklee@dasatech.co.kr/psmdasa@dasatech.co.kr/charlesk@dasatech.co.kr/

okyk@dasatech.co.kr/ksh@dasatech.co.kr)

최병옥 : 서울산업대학교 전기공학과 (bwchoi@snu.ac.kr)

능하도록 하였다[8]. 임베디드 환경상 소프트웨어 개발의 편리성과 신속성을 위해 독자적인 모니터링 프로그램의 내장하였으며, 모드별(에플레이션 모드/실행 모드) 선택을 통해 초기 개발 수행 시간을 단축할 수 있도록 하였다.

각 제어부들은 메인 제어장치와 RS-232통신(115200 bps)을 통해 1:N 통신을 통해, 개별 제어 입/출력 정보를 교환하게 되는데 이를 구현하기 위해 그림 2(b)와 같이 메인 제어장치의 RS232 송신(TX)/수신(RX)단자에 각 모듈별 RS232 수신(RX)/송신단자(TX)를 공통으로 연결하고, 평상시 각 모듈별 송신 단자(TX)를 하이 임피던스(Tri-State(Hi-Z))상태를 유지하면서, 메인 제어장치에서 명령이 전달될 경우, 통신 프로토콜 내에 포함된 동작 구조는 영상/음성 인식부나 여러 센서들을 통해 얻어진 입력 정보를 바탕으로 현재 상황에 맞는 동작(사물 인식, 명령인식, 장애물 회피, 충전 스테이션 인식 등)을 수행하여 그 결과에 상응하는 동작, 시각/음향적 표현을 수행하도록 한다. 구동 제어부는 영상 및 음성 인식부나 센서 제어부로부터의 명령과 입력을 받아 각 관절별 동작을 수행하도록 하는 부분으로 사용자에게 의해 지정된 보행, 동작 알고리즘에 따라 동작을 생성, 조합함으로써 안정적인 동작을 수행하도록 한다. 센서 제어부는 로봇의 자율 또는 수동적인 동작 및 주행에 있어 외부 환경을 인식하거나 로봇의 현재 상태를 인식하고 이를 사용자에게 알려주기 위한 다양한 센서 모듈(IR, PIR, thermistor, sound localization sensor, Inclinator)로 구성되어 있다. 이와 같은 하드웨어적인 구조는 계층적 구조의 제어 알고리즘을 구현함에 있어서 모듈 구조의 구성이 가능하며, 특히 SoC로의 발전을 위한 시험적인 모델이 가능하다[9].

전원 및 충전 제어부는 로봇의 전원 관리 및 충전 상태 인식과 수행에 필요한 부분으로서 로봇의 전원 상태를 실시간으로 감시하여 기준 이하의 전원일 경우 자동 충전 혹은 수동 충전을 수행하도록 한다.

2. 영상/음성 인식부

강아지 형태의 인간 친화형 애완 로봇으로서 사용자와의 친밀감과 교감을 가지기 위한 의사 표현 및 인식 수단으로서 본 논문에서는 비전 센서와 음성 인식 센서를 이용한 방법을 적용하고 있다. 영상 인식부는 CIF/QCIF Type(352x288) CMOS 를 통해 얻어진 8bit 영상 데이터를 EPLD와 SRAM을 통한 영상 디코딩(decoding) 과정을 수행하여 초당 30frame의 데이터를 메인 제어장치로 넘겨줌으로써 디지털화된 영상 데이터

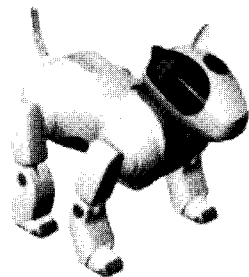
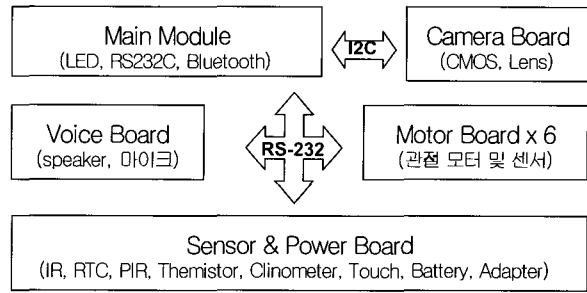
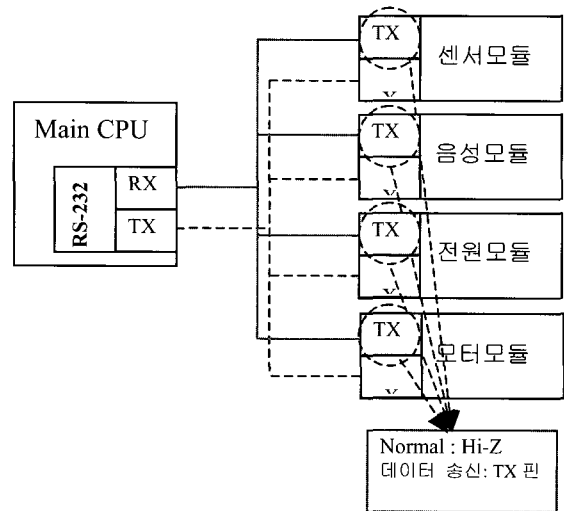


그림 1. 지능형 강아지 로봇 구조.
Fig. 1. Structure of Intelligent pet robot.



(a) Block diagram of hardware



(b) Structure of RS-232 communication(1:N)

그림 2. 하드웨어 구성과 통신 방식.

Fig. 2. Hardware configuration and communication Method.

표 1. 메인 제어장치 구성.

Table 1. Specifications of the main controller.

Main Chip	SH4-7750SF167
통신/제어 방법	UART(↔센서/모터/음성보드 AVR), I2C(↔CMOS), I/O(EPLD)
성능	162MHz, 300 MIPS, 1.2 GFlops
메모리	Flash Rom(4 Mbytes), SDRam (8 bytes)
OS	Monitor(Emulation, Code / Memory Update), Multi Boot
Decoder	EPM3064-100-10

를 바탕으로 영상 추적, 인식 기능을 수행하도록 한다. 음성 인식부는 음성 인식용 전용 칩(RSC-300B)과 마이크 입력을 이용하여 화자 종속 형태의 음성을 입력 및 학습 과정을 거친 후에 인식 과정을 하였다. 전체 적인 인식부의 구성과 사양은 아래 표 2와 같다.

3. 구동 제어부

본 로봇은 다리부분에 각각 3축과 머리쪽 2축(Pan/Tilt기능)과 꼬리쪽 1축의 자유도를 가지는 총 15자유도를 가지는 로

봇으로, 실제 동물이 구현할 수 있는 다양한 동작을 구현할 수 있도록 하였다. 로봇의 기본적인 동작은 그림 3(b)에 나타나는 보행 동작별 시간 다이어그램을 바탕으로 다리 한 축을 기준으로 역기구학(inverse kinematics)의 해석을 통해서 각 다리/어깨관절의 회전각을 계산을 수행 하고, 해당 동작에 따른 보행 궤적을 생성하고, 보행 시 안정도 계산을 바탕으로 기본적인 보행 동작(3발 보행(1/2 step walking), 3발 보행 회전(1/2 step turn), 2발 보행(speed walking)) 외에도 실제 사용자가 행동 생성 프로그램을 통해 임의의 동작을 생성, 적용해 볼 수 있는 구조를 가지고 있다[10,11]. 전체 로봇의 기구적인 관절 구조와 배치는 아래 그림 3(a)와 같으며 각 구동 모터 모듈의 특성은 표 3과 같은 특성을 가진다.

그림에서 CS0-CS7는 각 관절의 연결 지점에서의 기준 축이며, shoulder_R/L은 어깨쪽 연결 지점에서의 기준 축을 나타낸다.

각 관절은 구동용 DC 모터와 제어용 한 보드가 일체화된 구동 모듈을 통해 구성되며, 모터 구동 보드와 각 제어용 MCU간에 RS-232 통신을 통해 해당 관절의 이동량에 대한 명령을 전송하고 대기 시간이후 해당 관절의 위치정보를 포텐쇼메터를 이용하여 오차를 메인 컨트롤러가 반환 받는다. 오차 발생시 보정을 하는 구조를 가지며, 정해진 아이디 정보를 바탕으로 동시/개별 제어가 가능하도록 하였다. 또한 PC의 동작 생성 프로그램을 통해 사용자의 의도에 따른 다양한 동작을 구현하고, 동작들을 조합할 수 있도록 하였다. 모터의 사양은 0.65도의 분해능을 가지며 출력 토크는 6Kgcm이다[12].

표 2. 영상 및 음성 인식부 사양.

Table 2. Specifications of vision and voice recognition.

(a) 영상 인식부(Vision sensor)

Main Chip	OV6620(CIF/QCIF), Decoder(Hitachi SH4)
통신/제어 방법	I2C(Main Board↔CMOS), I/O(EPLD↔CMOS)
Frame Rate	Progressive Type, Max 60fps
Lens/View Angle	1/4", 68°

(b) 음성 인식부(Voice recognition)

Main Chip	RSC-300B
통신/제어 방법	UART(Main Board↔AVR), I/O(AVR↔Sensory)
성능	인식 단어 30개, 평균 인식률 (화자 중속): 80%
인식거리	5m 이내(기준 인식 환경 하)

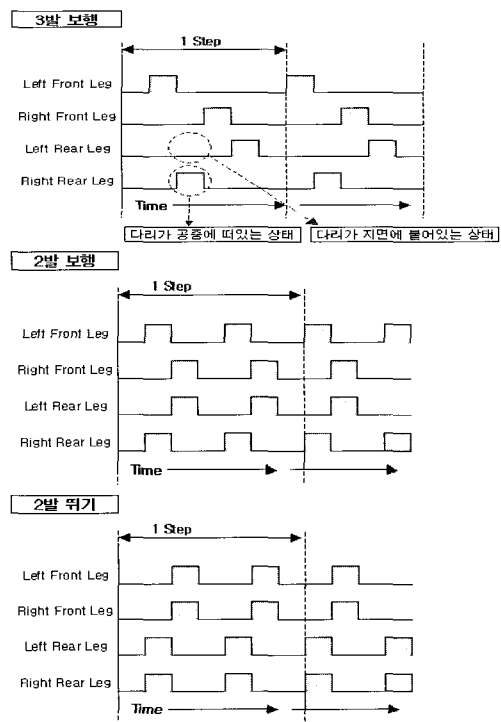
표 3. 각 관절용 모터 제어 모듈의 사양.

Table 3. Specifications of each linked-motor control module.

Main Chip	Atmel 8bit MPU
통신/제어 방법	UART
모터 제어	P Control
Motor Amp	Max 0.9A, 10V



(a) Structure of joints and links



(b) Timing Diagrams of Various Gaits

그림 3. 로봇 구조와 동작 제어 방식.

Fig. 3. Robot structure and gait control algorithm.

4. 센서 제어부

기본적인 영상 및 음성 인식 이외에도 보다 애완동물의 특성을 보완하고 사람과의 공존 시 보다 많은 기능을 수행하기 위해서 본 로봇에서는 환경 인식을 위한 다양한 종류의 센서들을 사용하고 있다. 각 센서별 배치와 사양 및 특성은 아래 그림 4와 같으며, 각 센서의 특징은 표 4에 나타내었다. 이 모든 센서들이 메인 센서 제어보드를 통해 제어가 되며, 메인 CPU가 특정 센서 혹은 전체 센서 데이터를 요청할 경우 센서 제어보드에서 해당/전체 센서의 데이터를 RS-232를 통해 전달하게 된다.

5. 전원 및 충전 제어부

본 논문에서 제안한 로봇은 15자유도를 가지는 독립적인 개체로서의 4족 보행 로봇으로, 로봇의 동작 구현 및 보행,

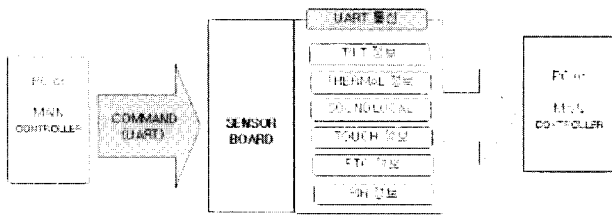


그림 4. 센서 제어부 동작 흐름도.
Fig. 4. Information flow of sensor board.

표 4. 센서 모듈의 사양.

Table 4. Specifications of sensor modules.

센서모듈	사 양	성 능
음성출력	8~6.4KHz Sample Rate	Max 1W, 녹음시간 2분
음원 위치 센서	인식거리 : 4m 이내	인식오차 : 20° 이내
PIR 센서	전방 3m 이내/ 120° 이내	생물체 움직임
온도센서	분해능 : 3°C	동작온도 : 5~45°C
기울기	분해능 : 5° / 1초 이내	측정각 : ±90°
시계모듈	SPI통신	1일 ±10초

표 5. 전원 및 충전 제어 장치 사양.

Table 5. Specifications of power and charge control board.

(a) 전원 구동 모듈(power driving module)

사 양	Atmel 8bit MPU
채터링 주기	3초

(b) 충전 모듈(charge module)

충전시간	2시간 40분(완전 방전시)
성 능	아답터 배터리 자동 스위칭
	완전 충전시 자동 전원 차단
	미소 방전시 자동 충전

(c) 배터리(Battery)

전 력	7.4V x 200mAh
충/방전 수명	최대 400 cycle 이상

센서 입출력에 있어 전원의 관리적 측면이 중요한 부분을 차지하게 된다. 그로 인해 본 로봇에서는 로봇의 전원을 실시간적으로 감시를 하며 동시에 로봇의 동작별 전력모드를 크게 4가지 모드(normal, drowsy, sleep, down mode)로 나누어 불필요한 전원 소비를 줄이도록 하였다. 그리고 또한 전원이 기준 전압 이하로 떨어졌을 경우 자동 충전 모드를 통해 충전 스테이션을 자동으로 찾아가 충전하는 방법을 취하며, 충전이 완료 되었을 경우 이를 자동 감지하여 충전을 마치고도록 하였다.

III. 장애물, 절벽 인식 및 자동 충전 알고리즘

1. 장애물 및 절벽 인식 알고리즘

본 논문에서 있어 로봇은 자율적인 동작/보행의 수행이 가능한 동시에 사용자의 명령에 따라 수동보행이 가능한 로봇이며, 사용자의 의도에 따라 다양한 장소에 위치할 수 있는 특성을 가지므로써, 다양한 환경에 대한 인식과 그 환경 하에서 로봇이 동작할 수 있어야 한다. 로봇의 4족 보행에 있어서 다양한 형태의 장애물/절벽에 대한 인식은 꼭 필요한 요소로서 이를 위해 거리/장애물 측정을 위해 다양한 센서(초음파, 레이저, 적외선 센서 등)들을 쓰고 있는 현실이다.

장애물 거리/절벽 존재에 대한 인식을 위한 부가적인 센서를 적용하지 않고 로봇에 장착된 비전 센서와 적색의 고휘도 LED를 이용한 장애물 거리/절벽 존재를 인식 알고리즘을 제안, 적용하였다. 또한 인식 알고리즘에 있어 단순히 장애물과 절벽의 존재에 대한 정보만 얻는 것이 아니라 그 대상과의 거리정보와 대략적인 장애물 크기에 대한 정보를 획득함으로써, 로봇의 보행에 있어 장애물의 회피를 위해 보행 경로에 대한 제어 정보를 제공하도록 하였다. 전체적인 장애물/절벽 인식을 위한 인식 시스템의 구성은 그림 7과 같으며, 측정 대상체와의 측정 거리는 평균 30cm 이내의 대상체에 대한 인식 거리에 대한 오차를 나타내었으며, 장애물과 절벽과의 구분은 로봇의 상태를 바탕으로 분별하도록 하였다.

전체적인 인식 알고리즘의 구현 순서와 실험 결과는 아래 그림 7, 표 7과 같으며 영상 내 LED광원 존재 정보로부터 보다 정확한 거리를 측정하기 위해서 카메라 위치로 인해 발생하는 오차나 카메라 내부 오차 정보(카메라 렌즈 왜곡이나 CMOS Cell의 배치 형태 및 기존 Cell의 형태)에 따른 측정 오차를 최소화하기 위해 부가적인 카메라 보정(camera calibration)과정을 적용하였는데, 그 방법으로는 미리 정해진 거리에 카메라와 LED를 위치시키고 원하는 대상체(평면 벽)에 다양한 각도로 광을 주사한 뒤 영상 처리를 통한 픽셀 좌

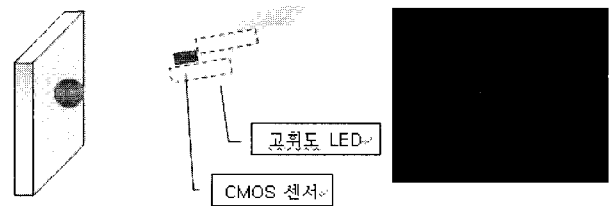


그림 5. 장애물 인식 시스템 모형도.
Fig. 5. Structure of obstacle avoidance.

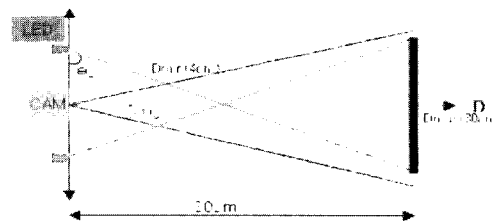


그림 6. CMOS센서와 LED배치.
Fig. 6. Structure of COMS and LED.

표 6. 장애물 인식 시스템 사양.

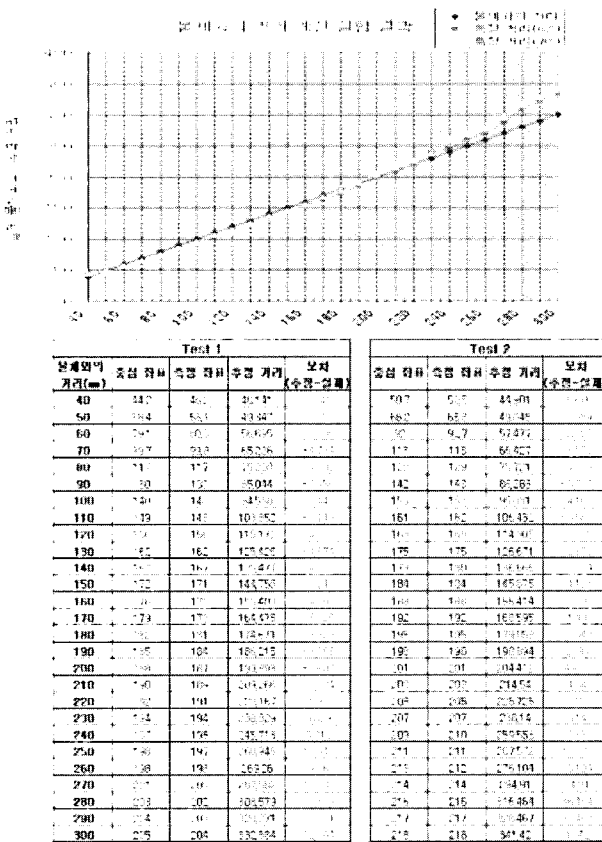
Table 6. Specifications of obstacle avoidance.

영상 센서	CMOS Type(화각 θ c:65°C)
광 원	고휘도 LED(적색, θ L:10°)
측정 거리	최대 35cm 이내
측정 오차	평균 2cm 이내/최대 5cm(30cm거리)
인식 환경	실내/사무실 조명 환경

표 7. 장애물 인식 알고리즘 실험 결과.

Table 7. Simulation result of obstacle recognition algorithm.

(a) 실험결과(Result of experiment)



(b) 실험환경(Experimental testing condition)

카메라 설정(수동설정/교정값 유지)		
셔터 속도 1/100 sec	LED 각도 81°~83°	LED 각도 76°~79°
색상 조정 초기 설정	LED 거리@ 2.5cm	LED 거리@ 2.5cm
색상 농도 중간	N = -0.0001183	N = -0.000115477
화면 명암 최대치	K = -0.02713813	K = -0.02810302
(각도 설정 기준: 5cm기점에서 광의 85~90% 검출 조건)		(각도 설정 기준: 5cm기점에서 광의 전체 검출되는 조건)

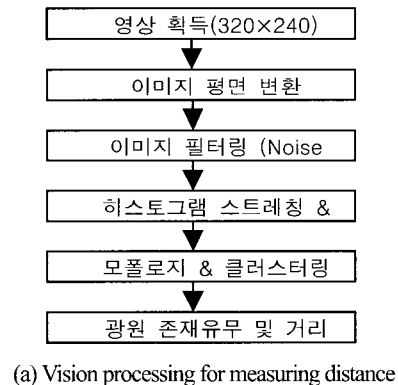
표와 실제 거리와의 상관 관계를 최소 제곱오차 근사법(least square estimation)으로 근사화 시켜 정형화된 거리별 좌표의 관계식을 유도하였다. 다양한 환경 조건을 고려했을 때 평균 거리오차 2cm이내의 결과(최대 거리 측정 오차 : 5cm)를 얻을 수 있었는데 이 결과는 로봇의 자율 보행 및 절벽 회피 구현에 있어 로봇의 동작 영역 반경 이내에 존재하고 있어서 실제 로봇의 보행/장애물 회피 조건에 있어 부합된 결과를 얻었다. 그림 7에 나타난 장애물 회피 방법은 다음과 같다. 먼저 얼

굴과 목의 관절을 통해 앞대각 영역에 대한 장애물과 절벽에 대한 영상획득 과정을 수행한다. 이 과정 중에 CMOS센서 양 좌/우에 존재하는 LED를 차례로 점멸하고 그 영상을 획득함으로써 장애물이 존재할 경우 LED가 장애물에 반사될 것이고 그 해당 크기의 LED반사 영역에 대한 정보를 통해 장애물과의 유격 거리 정보와 대략적인 물체의 크기에 대한 정보를 얻게 된다. 그리고 좌/우 각각의 반사영역의 존재에 따라 장애물의 방향성(좌/우, 전방 등)에 대해서도 알 수 있으며, 절벽의 경우 장애물과 반대의 경우로서 반사광이 존재하지 않을 경우 절벽으로 인식을 하게 되고, 해당 방향성 또한 장애물과 같은 방법으로 알 수 있다.

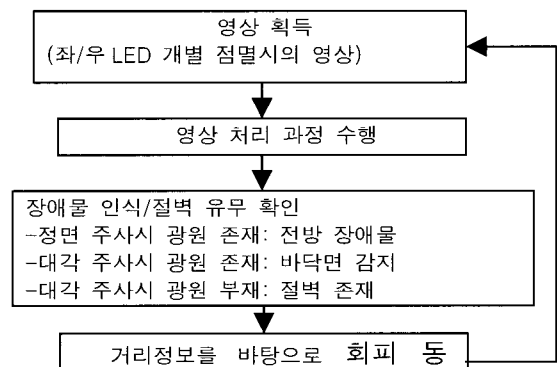
절벽 및 장애물에 대한 거리, 크기, 방향 정보를 통해 로봇의 보행 경로에 대한 계산이 이루어지고 로봇은 그에 따라 장애물을 회피하면 동작하게 된다. 물론 동작 중에도 로봇은 계속 장애물에 대한 정보를 획득 함으로 장애물을 확실하게 피할 수 있도록 하였다.

2. 자동 충전 알고리즘

논문에서 제안한 로봇은 독립된 개체로서, 연속 충전이 가능한 9Volt Ni-ion배터리를 주 전원으로 하여 로봇 전체의 전원을 공급하고 있으며 단일 전원의 사용에 있어 효율적인 관리를 위해 전원 및 충전 제어부를 통해 실 시간적으로 전원 배터리 전압을 감시하여 기준 허용 전압 이내로 내려갈 경우 이 정보를 메인 CPU로 전달함으로써 충전이 필요한 시점으로 파악하여 자동 충전 알고리즘을 수행하도록 한다. 자동 충전을 수행하기 위해 본 논문에서는 아래 그림 8과 같이 비



(a) Vision processing for measuring distance



(b) Identification for obstacle and cliff

그림 7. 장애물 인식 알고리즘.

Fig. 7. Obstacle recognition algorithm.

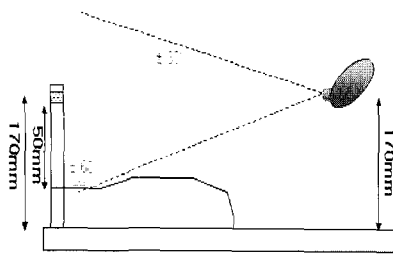


그림 8. 자동 충전 시스템 구성.
Fig. 8. Automatic recharging system.

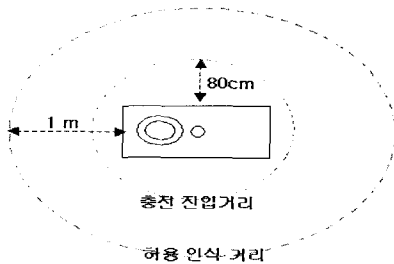
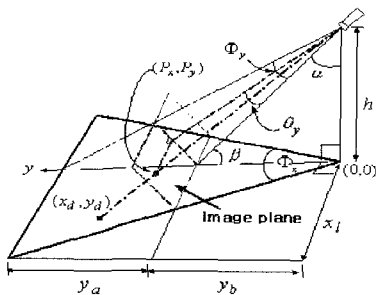
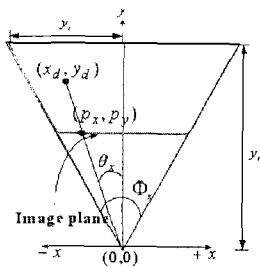


그림 9. 거리별 동작 모드 분류.
Fig. 9. Operating mode on distance.



(a) Relationship between camera parameters and distance



(b) Image and distance coordinates

Axis	카메라 화각	이미지 사이즈
x	Φ_x	S_x
y	Φ_y	S_y

$$\alpha = \theta_x - \frac{\Phi_x}{2}, \quad \beta = 90 - \alpha$$

$$\theta_x = \Phi_x \left(\frac{P_x}{S_x} - \frac{1}{2} \right), \quad \theta_y = \Phi_y \times \left(1 - \frac{P_y}{S_y} \right)$$

$$y_d = h \times \tan(\alpha + \theta_x), \quad x_d = u_d \times \tan(\theta_x)$$

(c) Algorithm for measuring distance

그림 10. 거리측정 관련변수 및 측정 공식.
Fig. 10. Parameter and algorithm for measuring distance.

시인성 특성을 가지는 적외선 센서를 발파 장치하여 충전 장치를 구성함으로써 외부 환경 훼손이나 디자인상의 부조화를 최소화하였으며, 동시에 로봇이 충전 장치의 위치와 거리의 파악에 있어 부가적인 장치나 표시 장치(예, Landmark 등)들의 사용 없이 로봇의 CMOS센서를 통해 타 장치들과 판별이 가능한 특성을 가질 수 있도록 하였다.

충전 장치의 인식과 이동, 충전 과정은 그림 10, 11에 나타나는 거리계산 알고리즘과 충전 알고리즘 과정을 통해 수행하도록 하였으며, 특히 2가지 부류의 IR센서(발파)군 형성함을 통해 반경 1m이내의 모든 방향에서 충전 장치의 검출이 가능하도록 하였다. 알고리즘 성능 테스트를 위한 거리 측정 실험 결과, 검출 거리(1m 반경이내)에 대한 평균 거리 오차는 $\pm 4\text{cm}$ (30cm거리이내 $\pm 3\text{cm}$ 이하)이하의 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과는 로봇의 기준 보행 거리를 고려했을 때 큰 오차범위가 아니므로 실제 적용이 가능하였다.

IV. 개발환경

본 연구에서는 RISC 프로세서이며 주변 장치가 내장되어 있는 SoC(System on a Chip)인 SH4를 이용한 임베디드 시스템을 개발하기 위하여 그림 12와 같은 개발자를 위한 통합된 개발 환경을 구현 하였으며 각 센서모듈의 동작 및 전체 시스템의 성능 분석에 대한 프로그램 모듈을 제작, 사용하였다.

현재 개발 완료된 프로그램 모듈은 다켓 프로그램 개발 및 다운로드가 가능한 통합화된 개발 환경과 센서 보드 테스트 모듈이다. 센서 보드 테스트 모듈에서는 각 센서에 대하여 즉각적인 반응을 검증할 수 있으며, 감도 및 조정이 가능하다.

이러한 모듈에서는 기울기, 온도 전원, 충전, 실시간 클럭 및 음원 위치의 검증이 가능하다. 또한 기울기 센서 테스트 프로그램, 음성 인식 모듈 테스트 프로그램, 영상 압축 테스트 프로그램, 음성 출력 테스트 프로그램이 개발되었다.

향후 애용용 로봇 사용자를 위한 행위 모델링 도구와 학습 도구 그리고 생명 주기를 관리하는 응용 프로그램의 개발이 필요하다[1,2].

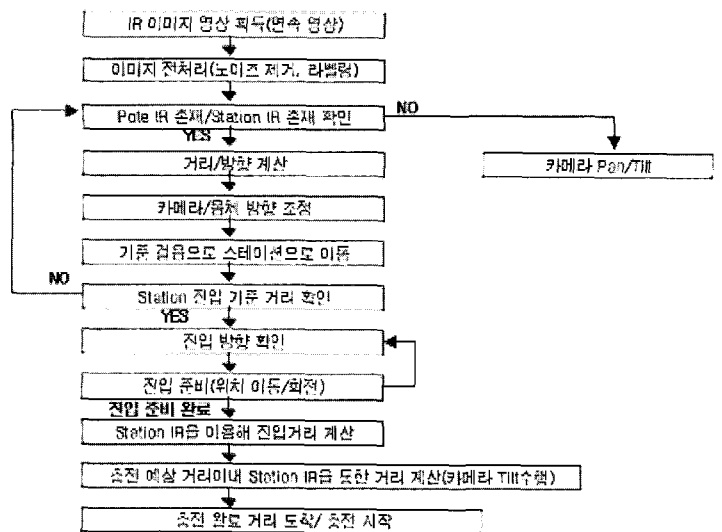
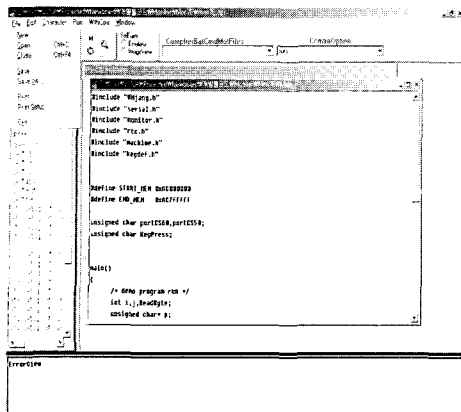
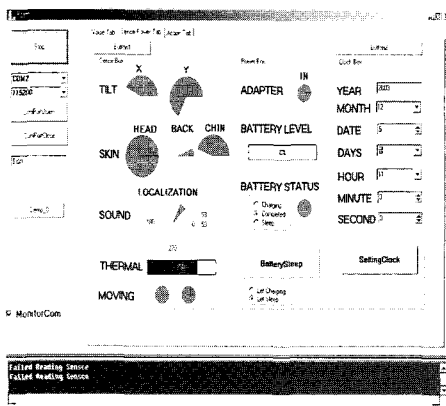


그림 11. 자동 충전 알고리즘 순서도.
Fig. 11. Flowchart of automatic recharging algorithm.



(a) 개발도구(Development tool)



(b) 센서 테스트 모듈(Sensor testing module)

그림 12. 프로그램 개발 환경 및 센서 테스트 모듈.
Fig. 12. Integrated development environments and sensor testing module.

V. 결론

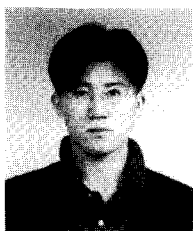
본 논문에서는 독립적인 개체로서의 4족 보행이 가능한 애완용 로봇의 구현에 대한 설명을 하였다. 애완 동물로서의 기능 수행을 위해 음성 인식 센서와 비전 센서를 통해 화자나 사물을 인식하도록 하였으며, 총 15자유도를 가지면서 다양한 형태의 보행/동작 구현, 생성, 조합이 가능한 특성을 가지며 이를 PC와 연동을 통해 제어할 수 있도록 하였다. 또한 음성 출력 모듈을 이용하여 원하는 음성을 저장, 출력이 가능한 하는 특성을 통해 보다 사용자로 하여금 친밀감과 지속적인 관심을 유발할 수 있도록 하였다. 특히 시계 모듈이나 온도 센서들과 같은 부가적인 센서들을 적용하여 사용자에게 다양한 서비스(현재 시간, 알람 설정/조정 기능, 현재 온도 등)를 제공함과 동시에 초전형 센서나 음원 위치 센서를 이용하여 사람의 존재 유무 파악이나 소리의 발생 방향 검출을

통해 정보/보안 로봇으로서의 기능도 수행할 수 있도록 하였다. 또한 간편한 IR 리모콘의 이용한 로봇의 동작, 기능 조정을 가능하도록 함으로 제어상의 사용자 편리를 추구하였다. 또한 로봇의 자율적 개체로서의 장애물/절벽 감지 알고리즘과 자동 충전 알고리즘의 적용을 통해 보다 로봇의 지능적 측면과 하나의 개체로서의 특성을 가질 수 있도록 하였다.

앞으로 보완해야 될 부분이 있다면 애완 로봇으로의 지속적인 관심과 상호 교감 형성을 위해 다양한 콘텐츠의 개발과 지능적 요소의 개발이 있어 부가되어야 할 것이며, 실제 동물이 가지는 다양한 특징적 요소에 대한 검토와 적용이 선행되어야 할 것 같으며, 로봇의 보행에 있어 보다 안정성과 경사면에 대한 보행 알고리즘 개발이나, 지면의 장애물이 높이에 따른 보행 알고리즘에 대한 검토가 추가적으로 진행되어야 할 것 같다.

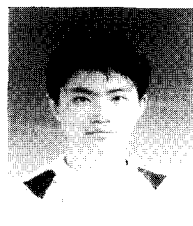
참고문헌

- [1] <http://www.Aibo.com>
- [2] Evolution Robotics, "Tutorial ERSP 3.0 robotic development platform", 2004.
- [3] 이수영, 진재호, "전역 조음과 센서 시스템을 이용한 이동 로봇의 자기 위치 추정", 제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지, 제9권 제2호, pp. 145-151, 2003.
- [4] 한영준, 한현수, "하나의 카메라를 이용한 이동로봇의 이동물체 추적기법", 제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지, 제9권 제12호, pp. 1033-1041, 2003.
- [5] A. Oreback and H. I. Christensen, : Evaluation of Architectures for Mobile Robotics', *Autonomous Robots 14*, pp. 33-49, 2003.
- [6] M. Lindstrom, A. Oreback and H. Christensen, "Berra : a research architecture for service robots", *Proc. In Int' Conf. On Robotics and Automation*, 2000.
- [7] X. Feng, S. A. Velinsky, and D. Hong, "Integrating embedded PC and internet technologies for real-time control and imaging", *IEEE/ASME Trans. On Mechatronics*, vol. 7, no.1 pp. 52-60, 2002.
- [8] S. H. Hitachi Series-Processor Homepage (<http://www.superth.com>)
- [9] 최정원, 박찬규, 이석규, "자율이동로봇의 계층구조 제어 알고리즘의 개발", 제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지, 제9권 제5호, pp. 52-60, 2002.
- [10] N. K, M'Sirdi N, Manamanni D, EI Ghanami "Control approach for legged robots with fast gaits", *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 27, no. 4, pp. 321-343, 2000.
- [11] G. S. Hornby, S. Takamura, J. Yokono, O. Hanagata, Y. Yamamoto, M. Fujita, "Evolving robust gaits with AIBO", *Proceeding s of the 2000 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 3, pp 3040-3045, 2000.
- [12] <http://www.mefaroboicst.com>



이 래 경

1999년 부산대학교 전기공학과. 2001년 부산대학교 대학원 전기공학과(공학석사). 현재 다사테크 부설연구소. 관심분야는 인공지능, 패턴인식, 임베디드 시스템.



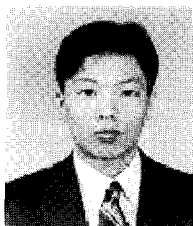
박 수 민

2002년 국립한경대학교 제어계측공학과(공학사). 현재 다사테크 연구소. 관심분야는 모션제어, 센서 시스템, 임베디드 시스템.



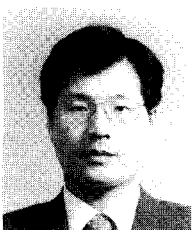
김 형 철

1990년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1993년~1998년 LG산전 중앙연구소 주임연구원. 1998년~현재 다사테크 부설연구소 제어 1실장. 관심분야는 지능로봇, 모션제어, 임베디드 시스템.



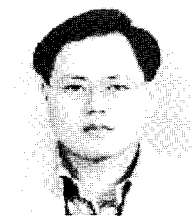
권 용 관

1985년 성균관대학교 전기공학과(공학사). 1987년 동 대학원(공학석사). 1987년~2004년 LG산전 중앙연구소 책임연구원. 2004년~현재 다사테크 연구소장. 관심분야는 지능로봇, 임베디드 시스템, 모션제어.



강 석 희

1987년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1987년~1998년 LG산전 중앙연구소 신입연구원. 1998년~현재 다사테크 대표이사. 관심분야는 산업용로봇, 지능로봇.



최 병 옥

1986년 한국항공대학교 전자공학과 졸업. 1988년 국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사. 1992년 동 대학원 박사. 1988년~2000년 LG산전 중앙연구소 책임연구원. 2000년~2005년 선문대학교 제어계측공학과 부교수. 2005년~현재 국립서울산업대학교 전기공학과 부교수. 관심분야는 임베디드 시스템 및 지능형 로봇.