

논문 2006-43IE-4-19

로봇 플랫폼을 위한 이족보행로봇 개발

(Development of humanoid robot for the robot platform)

엄우용*, 이종호*

(Woo-Yong Ohm and Chong-Ho Yi)

요약

최근의 로봇들은 기능이 다양해지고, 제어해야 할 장치가 증가하였다. 이런 복잡한 환경에서 로봇을 보다 쉽게 연구 개발하기 위해서는 로봇을 움직이는 소프트웨어와 제어 대상이 되는 하드웨어 간을 유연하게 연결시켜 주는 로봇 플랫폼의 필요하다. 본 논문에서는 이런 로봇 플랫폼을 구현하기 위하여 현재 로봇 산업 분야 중에서 가장 관심을 가지고 있는 네트워크통신 기능이 포함된 이족보행로봇을 개발하였다.

Abstract

As the function and interface for controlling the robot is more complicated, the robot platform which can link effectively between software and hardware is need to develop the robot easily. In this paper, we developed a humanoid robot that interests in robot industry part for robot platform with network communication function.

Keyword : robot platform, humanoid, network communication

I. 서론

기존의 독립된 로봇에 네트워크를 부가함으로써 다양한 고도 기능의 제공 및 신규 서비스 제공이 가능하다. 또한, 이동성과 인간과의 상호 인터페이스가 획기적으로 개선 및 향상되어, 사용자가 보다 저렴한 가격으로 다양한 서비스와 즐거움을 제공받을 수 있게 되었다. 이러한 개념을 바탕으로 전 국민에게 로봇서비스의 확대 제공 및 정보통신 및 부품산업의 활성화를 위하여 국가적 차원에서 국민로봇의 개발 및 서비스 제공을 위하여 많은 국내 연구자들이 노력하고 있다^[1].

네트워크 기반 로봇의 제어를 위해서는 로봇제어 실시간성 및 로봇제어 전달의 신뢰성을 동시에 고려한 프

로토콜의 적용이 중요하다. 프로토콜 전송계층에서 로봇제어 데이터 전달의 실시간성을 위해 프로토콜 UDP를 사용하고 신뢰성 확보를 위해 제어데이터의 중복전송 전략을 적용하였다^{[2][4]}. 네트워크 로봇의 발전은 홈네트워크 및 무선 인터넷과의 연동을 통하여 다양한 서비스의 창출이 예상된다^[3]. 이처럼 로봇 산업이 다양화되고, 제공해야 할 기능 및 제어해야 할 장치가 증가하면서 로봇을 움직이는 소프트웨어와 제어 대상이 되는 하드웨어 간을 유연하게 연결시켜주어야 하는 로봇 플랫폼의 필요성이 증가하고 있고, 이를 통해 과거 PC 기반의 소프트웨어들이 네트워크와 가상머신을 통해 서비스를 제공하는 소프트웨어로 진화했던 것처럼 로봇 소프트웨어 역시 서비스 개념이 강조된 로봇으로 진화해야 필요성이 증가하고 있다. 이를 위해 로봇 플랫폼은 센서제어와 표준 네트워크 통신을 지원해야 하며, 해당 플랫폼이 자바와 같은 가상 머신 형태로 제작되어 로봇을 구성하는 하드웨어 사양이 다르더라도 해당 로봇 소프트웨어를 재활용하여 쉽게 다른 로봇에도 이식이 가능한 형태로 제작되어질 필요가 있다.

* 평생회원, 인하공업전문대학 디지털전자정보과
(Dept. of Digital Electronics & Information Inha Technical College)

※ 본 연구개발내용은 정보통신부의 '정보통신산업경쟁력강화사업'의 연구결과입니다.

접수일자: 2006년9월14일, 수정완료일: 2006년12월4일

본 논문은 이런 로봇 플랫폼을 구현하기 위하여 현재 로봇 산업 분야 중에서 가장 관심을 가지고 있는 이족 보행로봇을 개발하였다.

II. 이족 보행 로봇의 구조

1. 직립보행에 필요한 최소한의 관절

인간이 직립보행하기 위해서는 한 개의 다리에 3개 이상의 관절이 있어야 한다. 발목, 무릎, 고관절이 필수 관절에 속한다. 또한, 각 관절의 자유도(degree of freedom)는 발목은 2개, 무릎은 1개, 엉덩이는 3개가 있어야 직립 상태에서 보행을 수행할 수 있다. 자세한 관절 축은 아래 표 1에 표기하였다^[5].

표 1. 인간 신체구조를 모델화한 관절 자유도

Table.1. Degree of freedom which are modeled human construction.

관절	팔						허리	다리								
	어깨			팔꿈치				엉덩이	무릎	발목						
자유도	P	R	Y	P	R	P	P			R	P	Y	R	P	Y	P
수량	좌	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	우	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	계	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2

R : Roll, P : Pitch, Y : Yaw

2. 이족 보행 로봇의 모델링

그림 1과 같이 이족 보행 로봇은 전신 20관절로 J1~20까지 정의하였으며 각 관절은 각각 Pitch, Roll 또는 Yaw의 방향을 갖는다. 어깨, 엉덩이 관절은 3축으로 구성하고 무릎, 팔꿈치 관절은 1축, 발목은 2축으로 구성하였다. 상체에 대한 동작 해석을 포함한 전신 동작해석은 다소 난해 할 수 있다. 따라서 상체가 움직이지 않고 고정된 상태 또는 무게 중심이 항상 몸의 중심(center of body)에 있는 상태이고 J6, J12가 고정되어 있다면 전진, 좌우 보행 시 해석이 간략해진다.

3. 관절동작 범위 설정

표 2는 각 관절의 좌/우 또는 전/후 방향의 동작각도 최대값을 나타낸다. 알씨서보의 최대 동작각도가 160°이므로 10°의 영점 보정의 여유를 주면 전신 모든 각각 관절은 150°를 넘지 않도록 하였다.

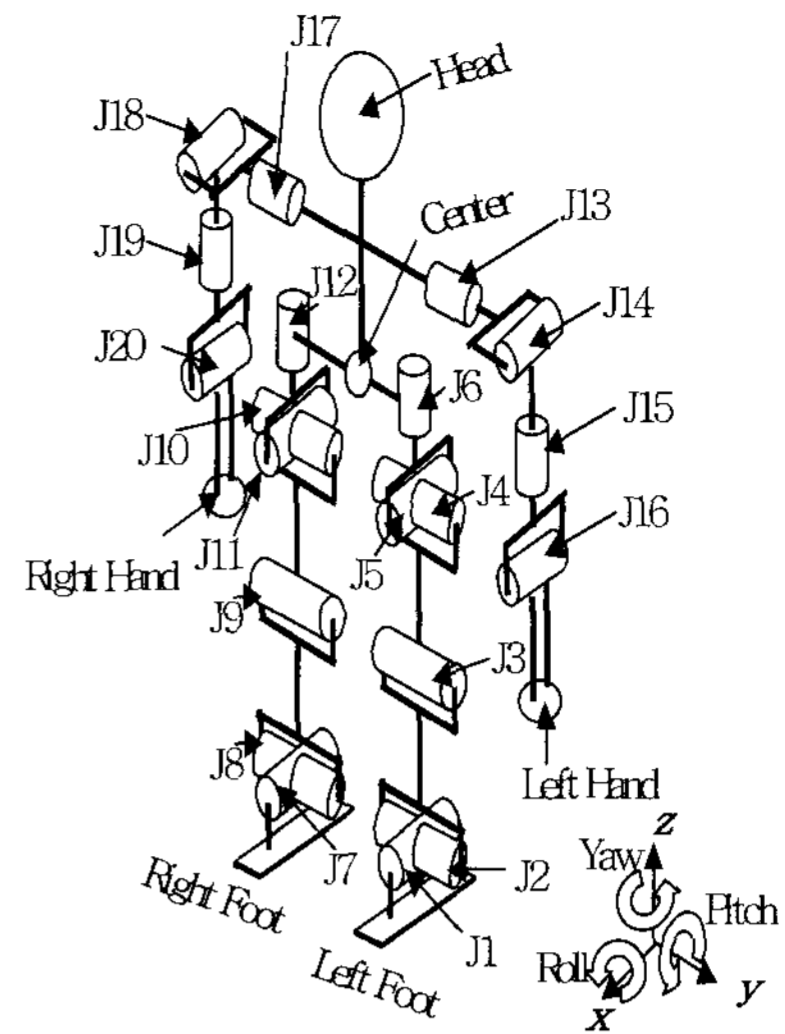


그림 1. 이족 보행 로봇 모델링

Fig. 1. The modeling of humanoid robot.

표 2. 이족 보행 로봇의 관절 동작 범위

Table 2. A movement range of humanoid joint.

관절	번호	좌부		우부				
		좌/전 방	우/후 방	번호	좌/전 방	우/후 방		
팔	어깨	roll	J14	90°	60°	J18	60°	90°
		pitch	J13	120°	30°	J17	120°	30°
		yaw	J15	45°	45°	J19	45°	45°
팔	팔꿈치	roll	J16	0°	150°	J20	150°	0°
		고관절	roll	J5	90°	60°	J11	60°
다리	고관절	pitch	J4	90°	60°	J10	90°	60°
		yaw	J6	90°	60°	J12	60°	90°
		무릎	pitch	J3	0°	150°	J9	0°
	발목	roll	J1	60°	90°	J7	90°	60°
		pitch	J2	90°	60°	J8	90°	60°

4. 이족 보행 로봇의 설계 및 제작

위에서 기술한 이족 보행 로봇의 모델링을 바탕으로, 로봇의 기구적인 강성을 좋게 하기 위해서 보행에 관계 없고, 동작에 가장 영향이 적은 4개의 관절 J6, J12, J15, J19를 제거하고, 16개의 관절로 이루어진 로봇을 새롭게 설계하였다. 16관절은 최소한의 관절수이며, 액츄에이터의 출력 토크가 9kg.cm로 완성 로봇의 적정무게는 약 1.5kg 이고, 키의 크기는 300mm 정도가 적당함. 액츄에이터간의 링크 연결은 최대한 1개의 연결링크를 직결방식을 이용하여 체결성을 견고히 하였다.

로봇의 블라켓 부분은 정밀하게 CAM 가공을 하였으며, 가볍고 단단한 강도를 위해 두랄루민 재질과 도금 처리를 하였다.

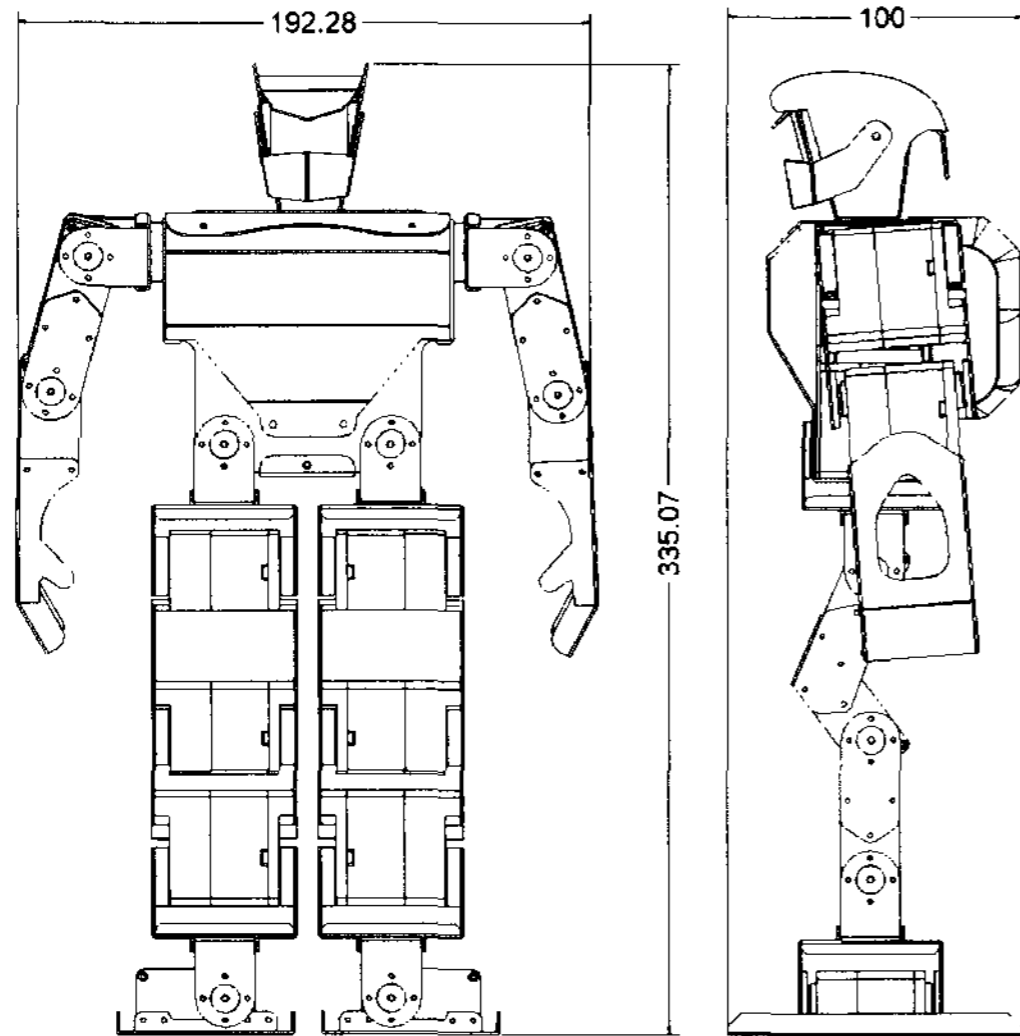


그림 2. 이족 보행 로봇의 외형 (단위:mm)
Fig. 2. The an external form of humanoid.

5. 실제 로봇 기구부 구성

1) 서보모터

HS-8498HB 서보 모터를 구동 장치로 사용하였다. 위치제어 동작 범위는 약 -90도에서 +90도까지의 180도 범위이다. 모터 내부에는 DC 모터와 제어 회로, 감속 기어 등이 내장되어 있으며, 외부에서 전원 선과 신호선의 3선으로 쉽게 원하는 각도를 제어할 수 있다. 출력 토크는 10kg·cm의 힘을 가지고 있다.

서보 모터를 제어하는 방법은 PWM 신호가 이용된다. 신호는 10msec 주기로 연속 발생시켜서, 1.5ms의 펄스폭에서 중심각도, 약 ±0.8ms에서 왼쪽과 오른쪽 최대 각도로 동작한다. 이러한 서보 모터 동작을 위해서는 별도의 펄스 발생 회로가 필요하며, 주제어 보드에서 최대 32관절까지 동시 제어가 가능하게 되어 있다. 또한 전용 로봇 제어 프로그램을 이용하여 쉽게 모터를 구동할 수 있다.

모터의 내부 파라메타는 직렬 통신을 통해 프로그램으로 변경할 수 있다. 변경할 수 있는 파라메타에는 모터의 ID, 직렬 통신 속도, 위치 제어 해상도, 위치 제어

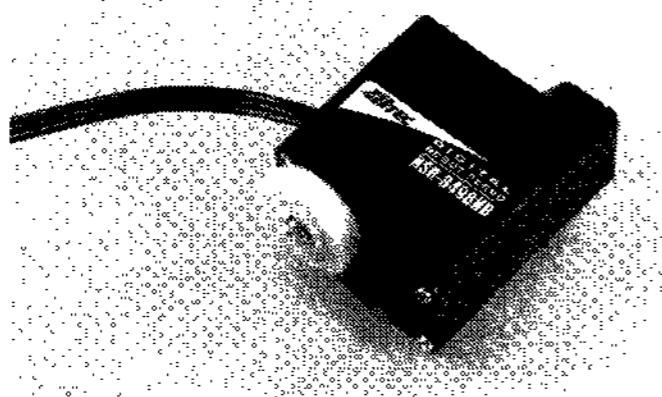


그림 3. HS-8498
Fig. 3. HS-8498.

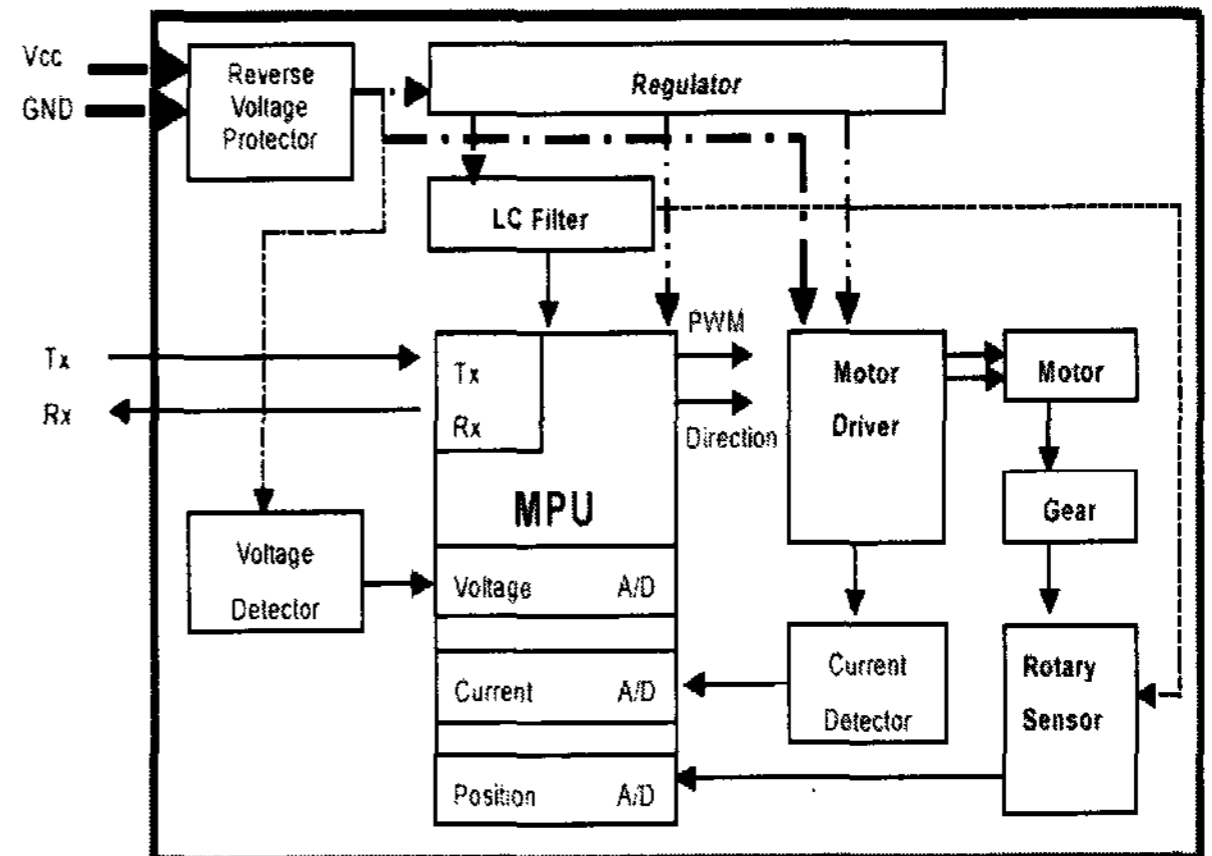


그림 4. 모터 제어 블록도
Fig. 4. Block diagram of Motor Control.

▶ 명령 패킷

1byte	1byte	1byte	1byte
Header	Data1	Data2	Checksum

- Header = 0xFF(패킷 시작)

- Data1 =	속도		ID				bit number
	7	6	5	4	3	2	

※ 속도 : 0(최대)~4(최소)
ID : 0~30

- Data2 = 0~254(위치)

- Checksum = (Data1 XOR Data2) AND 0x7F

▶ 응답 패킷

1 byte	1 byte
전류	위치

- 전류 = 약 18.4 mA 당 1

- 위치 = 0~255

그림 5. 모터 위치 명령어 통신 프로토콜
Fig. 5. The communication protocol of motor location instruction.

이득, 과전류 기준이 있다. 그리고 내부적으로 외부의 전원 상태를 확인해서 내부 제어 이득을 자동 조절하는 기능을 가지고 있어서 입력 전압이 변동하더라도 일정한 제어 응답성을 갖는다. 또 모터에 흐르는 전류가 지나치게 높을 경우 자동으로 모터 전류를 차단하여, 모터가 손상되는 것을 방지하는 기능을 갖고 있다. 이때의 과전류 기준 값은 변경 가능하다.

그림 4는 모터의 내부 시스템 블록도 이다. 위치 데이터의 명령은 시리얼 통신을 통하여 전달받고 이를 AVR-mega8 프로세서의 펌웨어로 이용하여 전류 제어 및 위치 제어를 행한다. 위치 피드백(feedback)은 전위차계(potentiometer)를 통한 출력 전압 값에 의하여 이루어진다. 모터는 멀티턴 형태를 가지고 있어서 다 회전이 가능하다. 로봇의 구조상 360를 넘어서 관절이 동작하지는 않기 때문에 동작 범위는 기구의 사양에서 설정된 동작 범위 내에서만 이루어지게 된다. 그림 5은

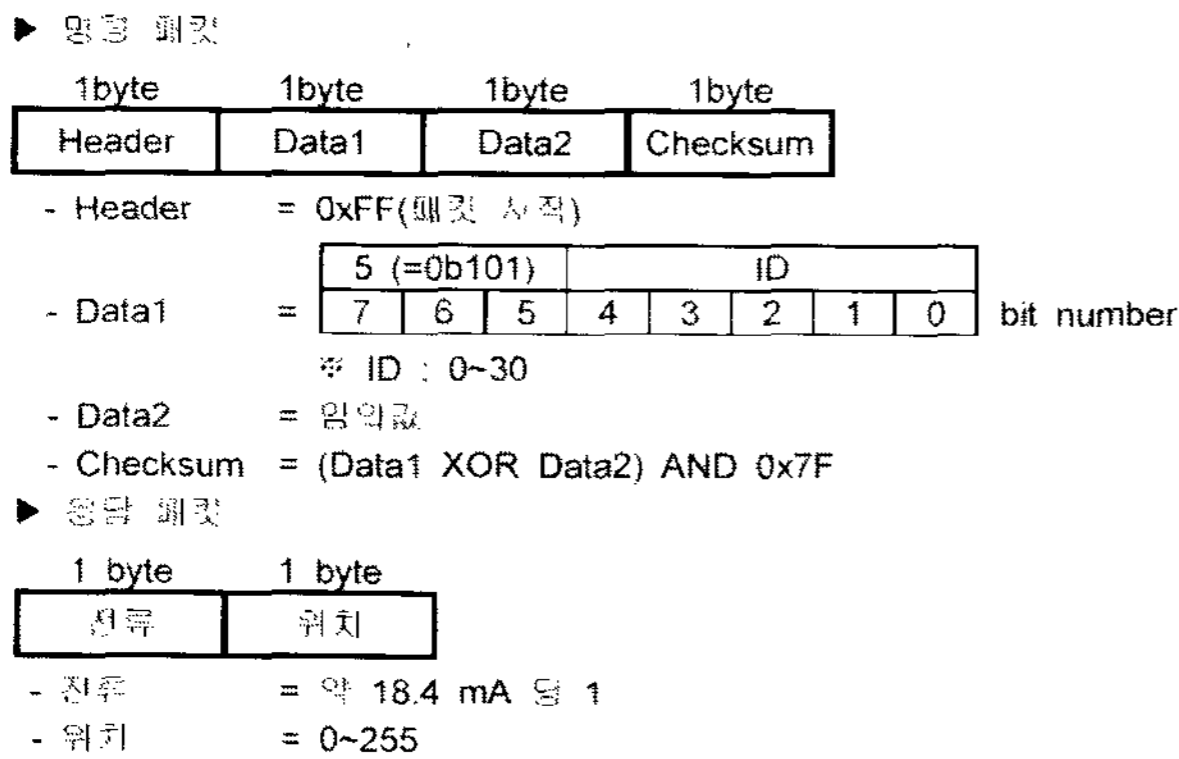


그림 6. 위치 값 읽기 명령 프로토콜
 Fig. 6. The instruction protocol of location value.

명령어의 통신 프로토콜이고, 그림 6은 위치 값 읽기 명령 프로토콜이다.

6. 로봇의 제어부의 개발

개발하려는 로봇은 그 기능이 다양한 반면, 작은 크기의 회로에 탑재되기 때문에 고속으로 동작하는 저전력형 RISC 프로세서를 사용하여, 모터 제어 및 센서 제어, PC와의 인터페이스 등의 로봇 제어에 필요한 모든 기능을 수행한다.

1) 지능형 센서 인터페이스 회로설계

지능형 2족 보행 로봇의 구축을 위해 센싱 시스템을 구현하였다. 센싱 시스템으로는 초음파방식 거리측정 센서, 터치센서 등에서 추출된 신호를 드라이브하는 응용 회로를 설계하고, 로봇 전용 컨트롤러와 인터페이스를 통해 제어하였다. 특히 그림 7과 같이 거리 감지를 위하여 초음파 센서가 사용되고 있다.

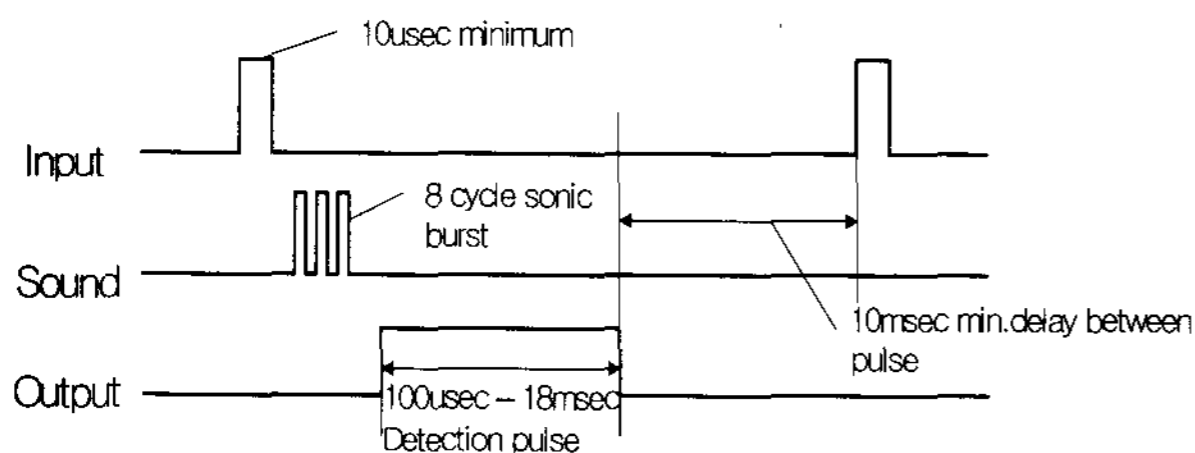


그림 7. 초음파 센서를 이용한 거리측정
 Fig. 7. The measurement of distance using ultrasonic sensor.

2) 로봇 컨트롤러와 모터 구동회로의 개발

① 컨트롤 보드 개발

저전력형 소형의 RISC 프로세서인 AVR128을 메인

으로하고 있으며, 8mhz의 클럭속도하에서 64kbyte 분량의 어셈블러의 펌웨어로 되어있다. 외부와의 통신은 UART를 이용한 119200BPS의 인터페이스로 되어있다. 외부 컨트롤러와 통신을 통해 모터를 구동하기 위해 필요한 각종 파라미터의 설정 및 모터의 위치 설정, 현재 모터 위치를 FEED-BACK 받는다.

② DC 모터 구동 회로 개발

고속, 고정밀의 DC 모터 제어를 위해 정회전, 역회전, 브레이크 기능을 갖는 소형의 구동 회로를 구성하고 모터로부터 발생하는 전기적 잡음을 제거하도록 회로 설계

③ 감속 기어 개발

소형의 고투크를 갖기 위한 감속을 기어를 이용하며, 외부 충격에 충분히 견딜 수 있도록 메탈과 합성수지를 적절히 조합하여 기어 설계 구성.

3) 로봇 운영 프로그램

외부에서 컴퓨터를 이용하여 사용자가 로봇을 직접 제어하는 프로그램이다. 로보 베이직과 같은 형태로 쉽게 운영되도록 한다. USB나 RS232통신을 통하여 로봇

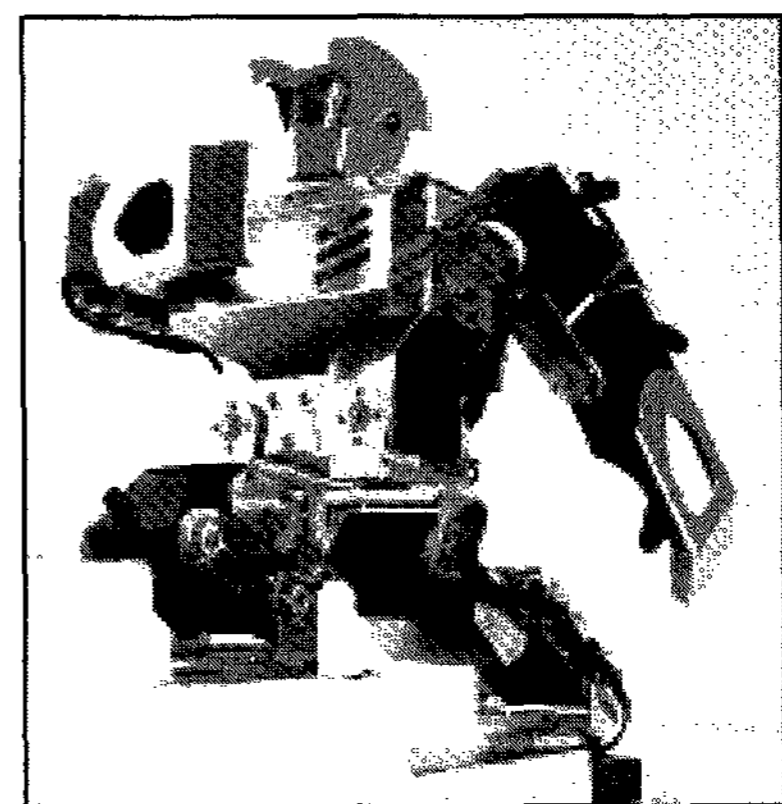
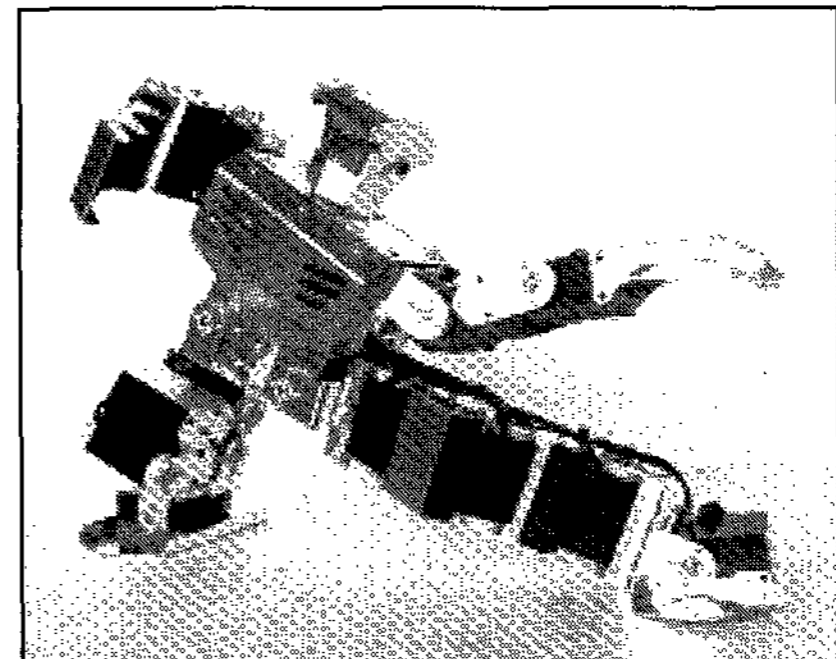


그림 8. 이족 보행 로봇의 동작 모습
 Fig. 8. The motion of humanoid robot.

에 전송하는 기능을 포함한다. 로봇 제어 언어는 로봇에 다운로드 되어 행동 생성 프로그램에 의해서 실제 로봇을 제어하는 역할을 수행한다.

III. 이족 보행 로봇 시스템의 구성

전체 시스템에 대한 블록도 및 설명과 설계에 사용된 마이크로 컨트롤러, 액츄에이터, 센서에 대해 서술한다.

1. 이족 보행 로봇 시스템의 블록도

이족 보행 로봇 시스템은 스스로 균형을 유지하며, 보행을 할 수 있는 능동 보행과 미리 프로그램화 된 보행을 행하는 수동보행으로 나뉘는데, 플랫폼에 사용되는 이족 보행로봇은 미리 보행 및 동작에 관련된 행동 코드를 프로그램화 하여 움직인다. 이러한 동작은 자바 메인보드와의 인터페이스를 통해 이루어진다.

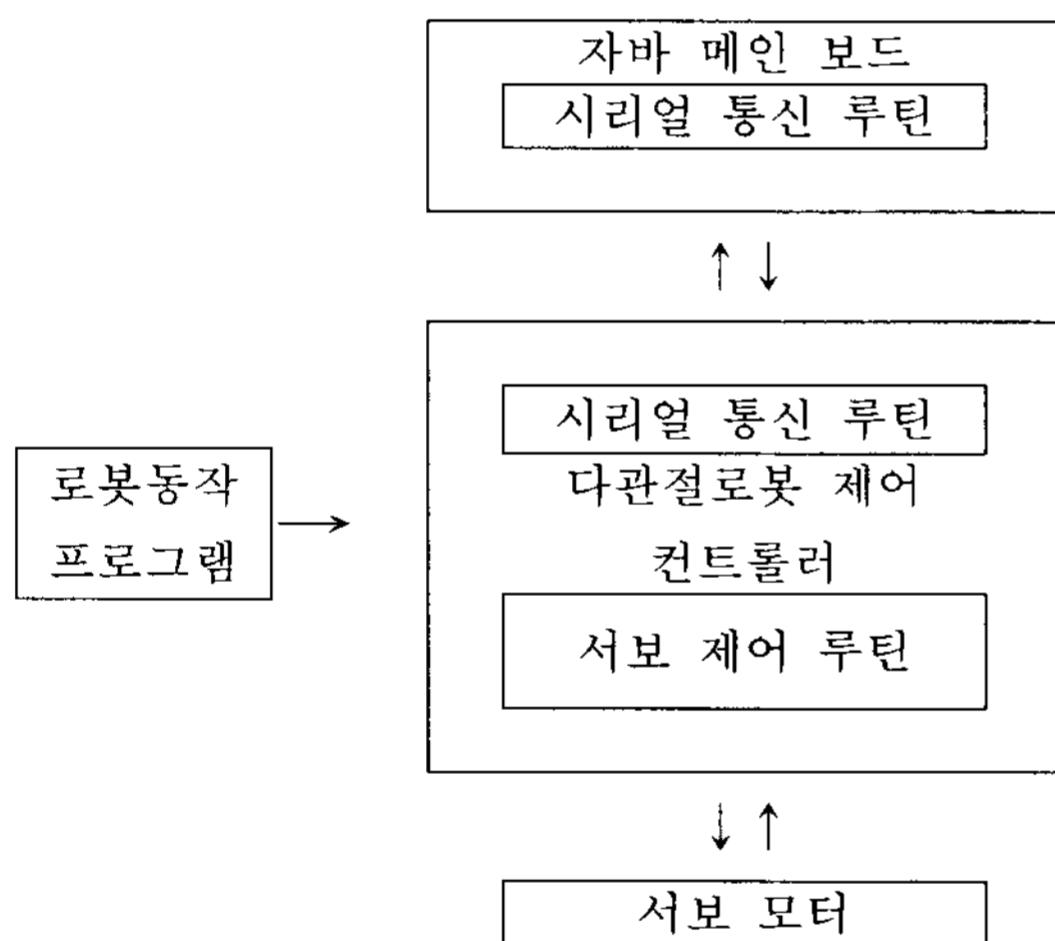


그림 9. 로봇에 장착된 서보 모터

Fig. 9. Servo Motor of robot.

2. 각 구성부품별 특성

1) 액츄에이터(서보모터)

개발된 액츄에이터는 토크 9kg.cm 60degree/0.12sec 5W의 출력을 가지고 있다.

고급의 서보모터는 강력한 파워, 증가된 확실성, 프로그램이 가능한 특징이 있고 코어리스 모터와 프리 알루미늄 서보 암과 깨지지 않는 메탈 기어 트레인이 탑재되어 있다. 디지털 회로는 파워와 리솔루션(resolution)에 비할 수 없는 유지력을 지원하도록 디자인 되었다. 또한, 서보 모터에는 당기는 힘의 연계(pull-pull linkages)와 정교한 중립이 요구하는 충분한 힘을 제공하는 출력 샤프트 지원용 더블 볼 베어링을 적용된 모

델이 있으며, 좀 더 빠른 스피드를 위해 필요한 모델이 있다.

2) 다관절 로봇제어 컨트롤러

이번 과제에서 개발한 로봇 제어 전용 컨트롤러에 사용된 AVR 마이크로 컨트롤러는 PIC처럼 RISC 및 하드 구조를 가지는 고성능 8비트 마이크로 컨트롤러이면서 프로그램용의 코드 메모리로서 대용량의 플래시 메모리를 내장하고 이것을 사용자가 쉽게 반복적으로 프로그래밍 할 수 있는 기능을 가지고 있다. 특히 이족 보행 로봇에 장착된 ATmega128은 이러한 AVR시리즈 중에서 가장 성능이 높은 최상위 모델에 해당한다.

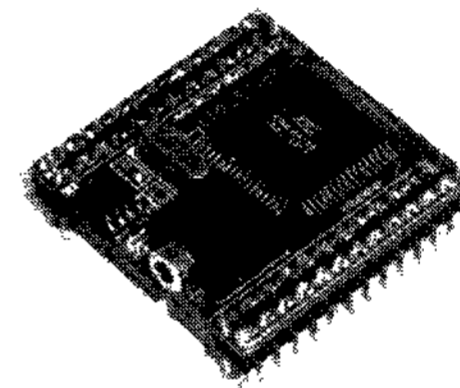


그림 10. 다관절 로봇제어 전용 컨트롤러

Fig. 10. Controller of a multi-joint robot.

IV. 컴퓨터 운영 소프트웨어/인터페이스

펌웨어는 어셈블러를 사용하였고, PC의 사용자 프로그램은 비주얼 베이직을 이용하여 개발되었습니다. 자세제어는 처리되지 않았고, 위치제어는 각 액츄에이터의 위치피드백 센서인 포텐서미터를 이용하여 0.2도의 분해능으로 PD 제어로 처리되었습니다. 샘플링주기는 0.1msec 이며, 구동 PWM신호의 최소 주기는 10msec로 되어있다.

사용자가 직접 로봇을 동작시키기 위한 프로그램은 크게 2부분으로 나뉘게 되며, 그 구성은 프로그램을 작성하는 베이직언어 부분과 자세를 티칭 하는 온라인 티칭 프로그램으로 이루어진다.

베이직으로 운영되는 프로그램은 약간의 프로그램에 대한 지식이 요구되며, 아래 그림과 같이 프로그램 작성을 위한 편집 창이 주(Main)으로 구성되어 있다. 기존의 베이직 문법은 PC를 다루는 사람들에게는 기본적인 지식을 갖고 있으므로, 별도의 베이직 문법을 학습할 필요가 없다. 또한, 완구 로봇을 위한 별도의 명령어를 추가하여, 로봇을 동작시키는데, 보다 간편하도록 기능을 구현하였다. 실제 다관절 구조의 로봇의 동작 제어나

동작의 프로그램은 그리 간단한 문제가 아닌 매우 복잡하고 지루한 작업이 될 수도 있고 또한 여러 번의 시행착오를 요구하는데 이러한 문제를 대부분 최소화시키거나 개선하여 프로그램이 제작되었다.

개발하고 있는 완구 로봇은 오락성을 가지고 있으므로 처음에는 리모콘이나 미리 지정된 동작을 간단한 명령어로 동작시킬 수 있도록 하였다. 또한 HCI의 기능과 접목을 위한 다음단계의 진행을 위하여 어느 정도의 단계에서는 베이직 프로그램으로 유도하여, 훨씬 다양한 동작이 가능하도록 하였다.

개발된 베이직 프로그램은 인터프리터 방식을 채택하고 있다. 즉, PC에서 작성된 베이직 프로그램은 일정한 코드 형식으로 변환되며, 작성된 코드는 로봇의 컨트롤러에 전송된다. 이 코드는 컨트롤러의 플래시메모리 영역에 저장된다.

로봇의 컨트롤러는 내부 펌웨어에 베이직 인터프리터(해석기)를 내장하고 있으며, 플래시메모리에 저장된 코드를 해석하여 직접 실행시키게 된다.

이러한 인터프리터 방식은 인터프리터에 의해 해석되는 시간이 더 걸리는 단점이 있지만, 컨트롤러의 사양이 달라져도 PC 쪽 베이직 프로그램에서는 전혀 영향을 받지 않는다는 장점이 있다. 또한, 코드 형식이기 때문에 아래에 기술된 인터프리터 명령어 규약에 따라 코드의 크기가 상당히 작아, 플래시메모리를 적게 차지한다.

로보 베이직은 로봇 제어를 하기 위해 개발한 베이직 언어이다. 이 베이직 언어는 로봇 컨트롤러와 맞물려 다른 제어 언어에 비해 로봇 개발을 단기간에 개발 가능하도록 하여준다. 지능 로봇은 이 로보 베이직을 기반으

표 3. 베이직 프로그램 명령어 일람

Table 3. Instruction list of basic program.

	AX	BX	CX	DX	EX	AC
0	MOVE POS12	MOVE1	IF...THEN	equal[-]	LCD IN IT	IN()
1	MOVE POS16	MOVE2	FOR	OUT	cls	KEYIN()
2		MOVE3	NEXT	PLLSF	LOCATE	BYTEIN()
3			TO	TOGGLE	PRINT	ADIN()
4	POS12	ZERO1	GOTO	DELAY	CSON	MINIBUS
5	POS16	ZERO2	GOSLB	RX	CSOFF	SHIFTIN()
6		ZERO3	RETLRN	TX	CONT	OUTSTAT()
7		DIR1	ON GOTO	MINIBUS	BYTEOUT	TABLE()
8		DIR2	ON INT GOSUB	SHIFTOUT	ACCEL	RND()
9		DIR3	ON TIMER GOSUB	ZERO	WAIT	PEEK()
A		INIT1	OFF TIMER	MOTOR	STOP	EEPREAD()
B		INIT2	BREAK	MOTOROFF	RUN	-
C		INIT3	POKE	MOVE	DIR	-
D	POS1	MOVE1 POS	EEWRITE	SPEED	PTP	-
E	POS2	MOVE2 POS	SOUND	RWM	MOVE POS	-
F	POS3	MOVE3 POS	PLAY	SERVO	POS	-

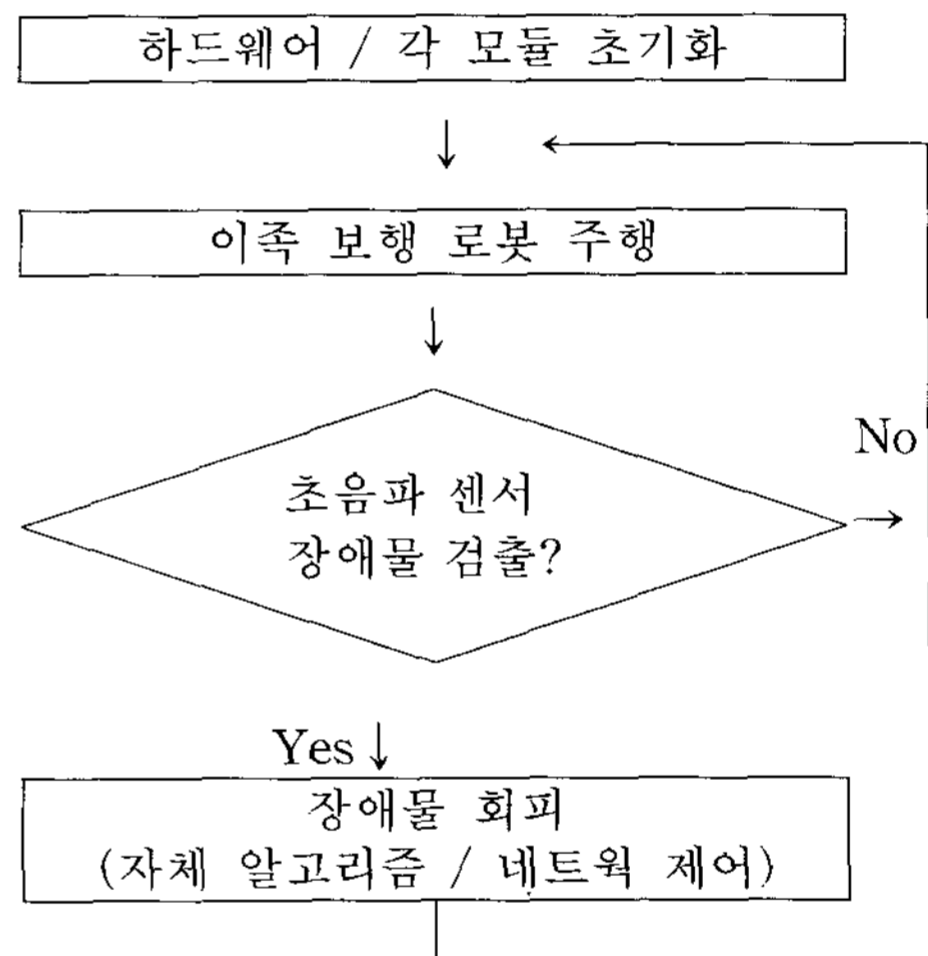


그림 12. 주행 알고리즘

Fig. 12. Algorithm of navigation.

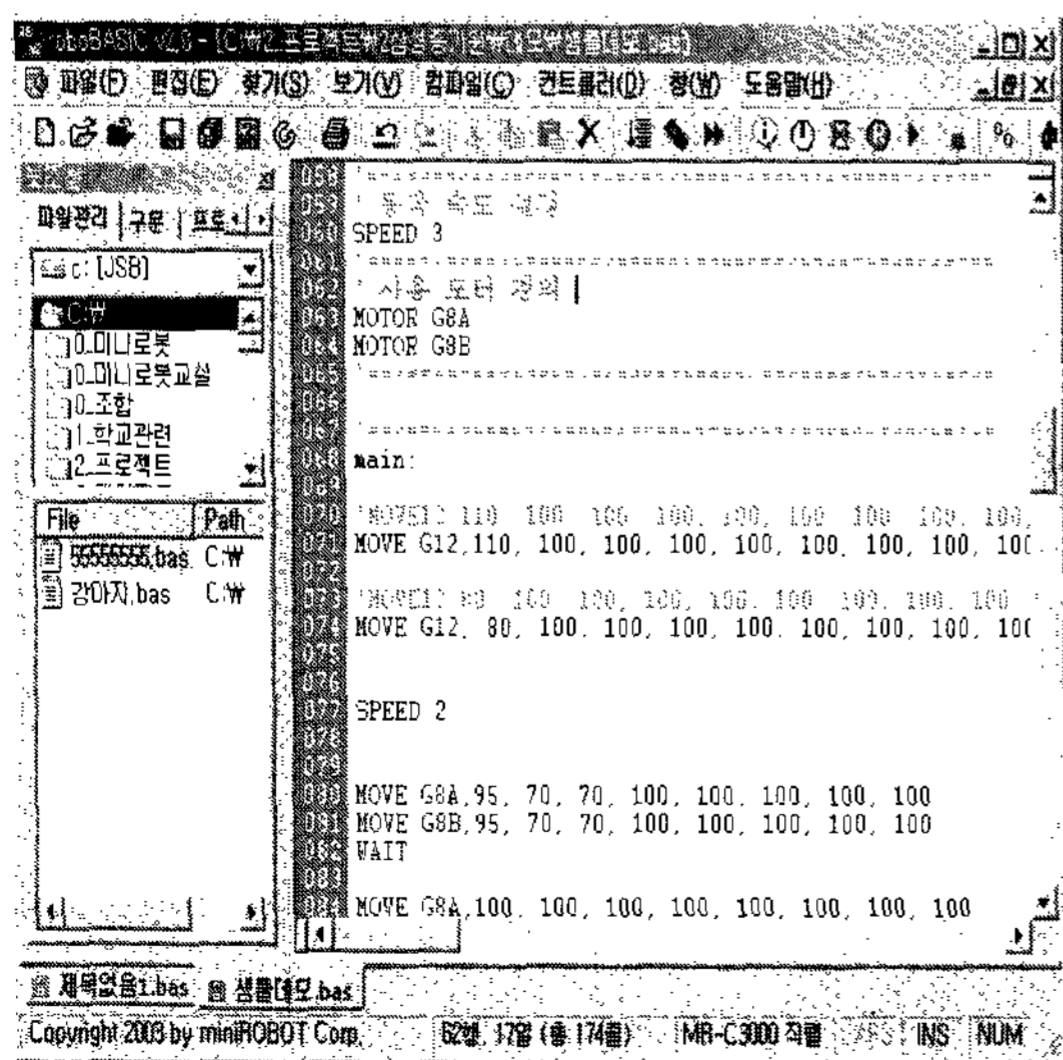


그림 11. 사용자 프로그램 화면 예

Fig. 11. Example of User Program.

로 지능 로봇이 필요로 하는 몇 가지 명령어를 더 추가하고 이를 보완하여 로봇의 동작 제어를 구현하고 있다.

이족 보행 로봇의 주행 중에 장애물을 만나게 되면, 초음파 센서 모듈을 통해 보드가 인식하게 되고, 이를 자체적으로 처리하거나, 네트워크의 원격지에 정보를 보내어, 로봇의 동작을 제어하게 된다.

V. 실험 및 결과

이번에 개발된 이족 보행로봇의 사양을 보면 다음과 같다.

- 총 모터 수 : 16개
- 배터리 : Ni-MH 6V/1000mA
- 컨트롤러 : 다관절 로봇 컨트롤러 * 1ea

자바 보드 * 1ea

- 센서 : 초음파 센서 모듈 * 1ea
 틸트 센서 * 1ea
- 크기 : 335 mm (H)
- 무게 : 1,385g
- 모터 사양 : 9.0kg*cm, 60°/0.2sec
- 몸체 재질 : 두랄루민 (표면 니켈도금처리)

이족 보행 로봇의 주행 중에 장애물을 만나게 되면, 초음파 센서 모듈을 통해 자바 보드가 인식하게 되고, 이를 자체적으로 처리하거나, 네트워크의 원격지에 정보를 보내어, 로봇의 동작을 제어하게 된다.

로봇의 동작은 미리 계산된 보행(전, 후, 좌, 우 이동)의 동작과 기타 추가로 요구되는 동작을 모션 라이브러리로 만들어 이것을 호출 사용하는 방법으로 사용된다.

보행의 원리는 ZMP이동을 기본으로 하는 정보행이며, 보행속도는 8cm/sec 장애물의 회피성능은 초음파센서의 감도에 따라서 일부 검출 오차를 가지고 있고 따라서 약 95%의 동작 신뢰성을 가진다.

우리가 만든 이족 보행로봇은 최대 보행 속도 1.2km/h, 최대 이동 속도는 평지 1.8km/h, 최대 탑재 무게는 1000g 탑재 1M 보행, 사용시간 40분, 구현가능 동작은 다양하다. 이에 비해 일본의 KHR-1은 사용시간 15분, 구현가능 동작 200개로 여러 가지 면으로 우수한 성능을 보였다.

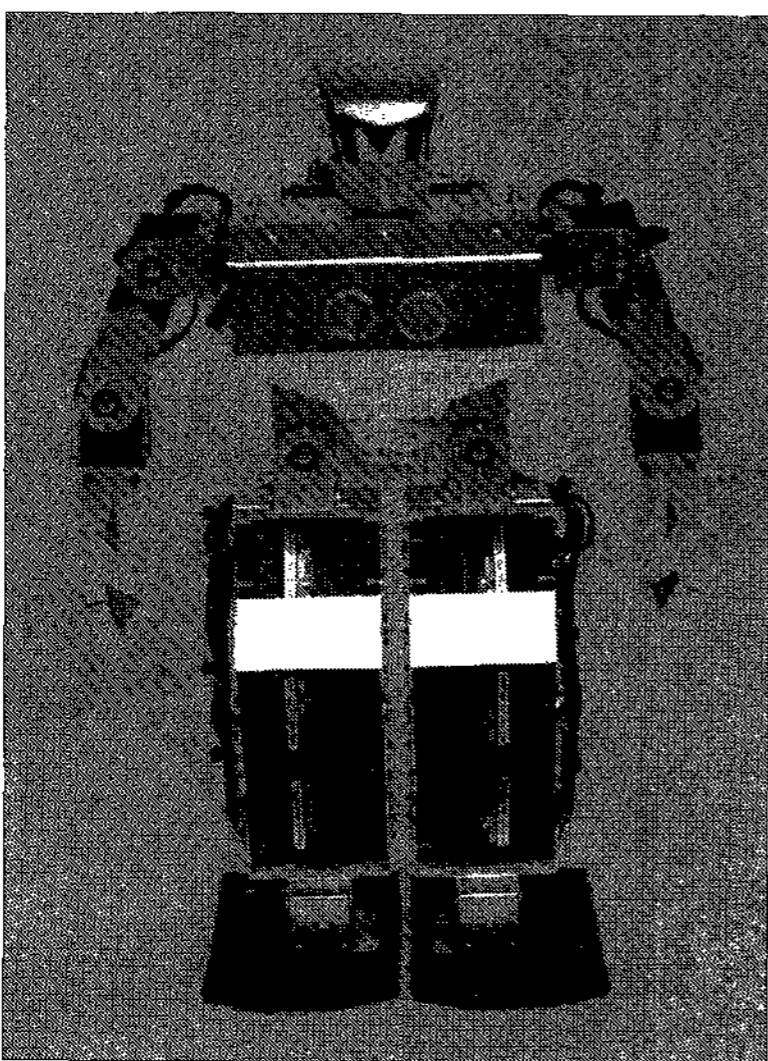
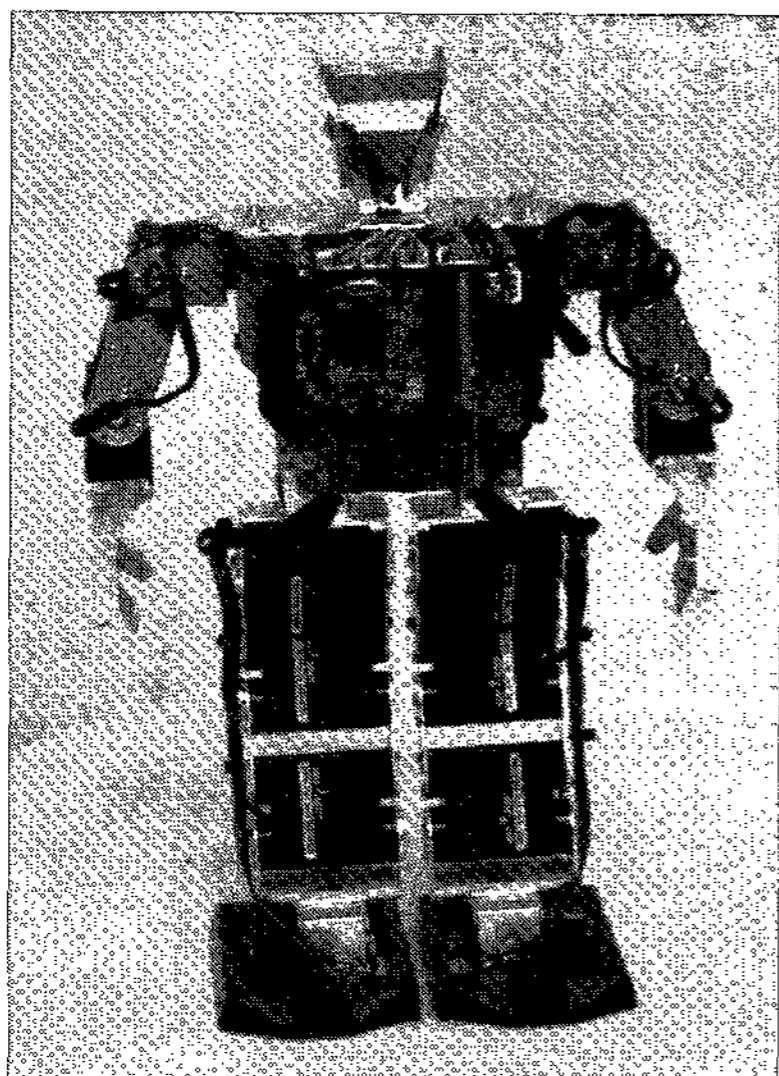


그림 13. 이족 보행 로봇의 외관
Fig. 13. External appearance of humanoid robot.

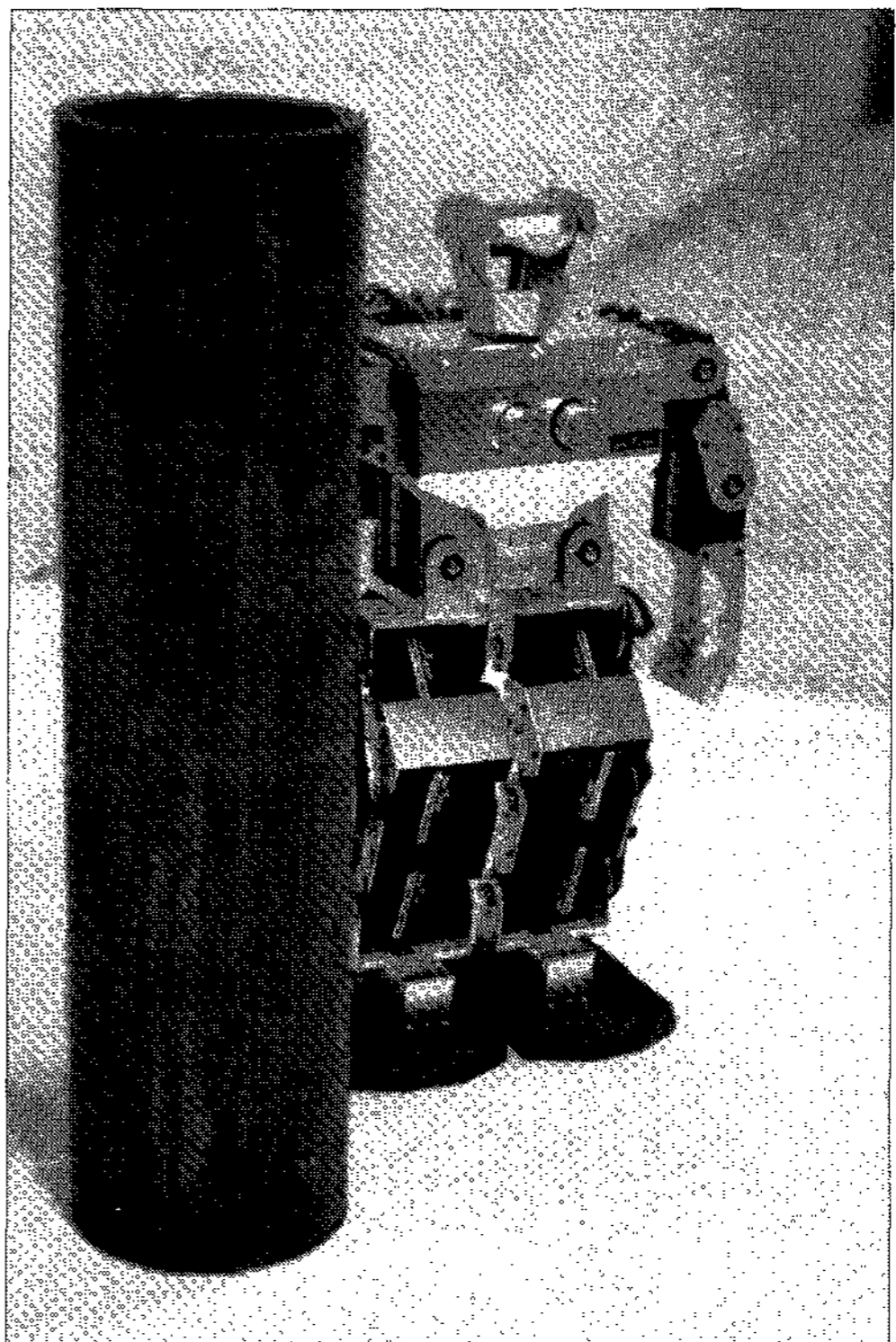
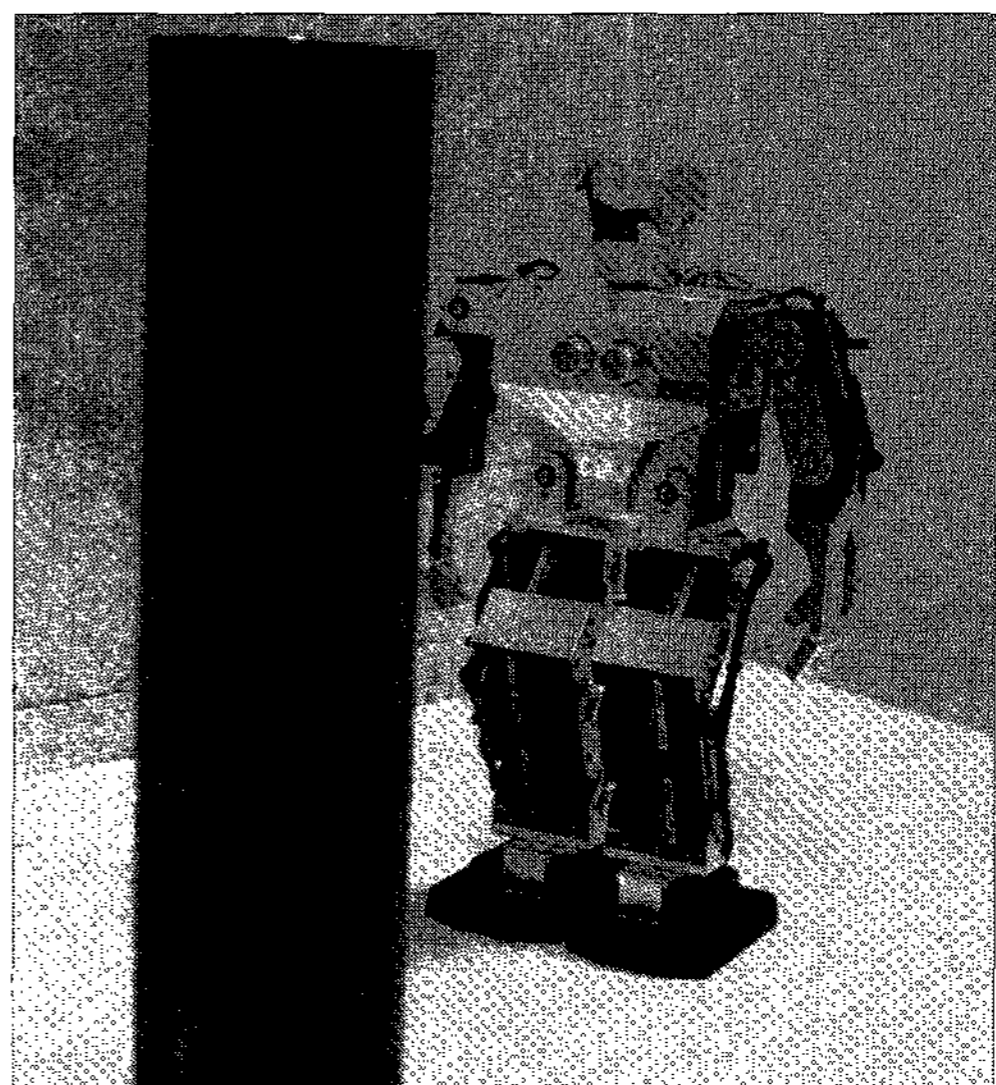


그림 14. 이족 보행로봇의 장애물 회피동작
Fig. 14. The avoiding an obstacle of humanoid robot.

VI. 결 론

본 논문은 확장성 면에서는 다양한 모션을 사용자가 구현할 수 있는 토대를 만들었다. 본 로봇 플랫폼에 있어서 사용시간의 개선은 전력소모의 주 대상인 액츄에이터의 저전력소모의 결과와 사용된 배터리의 성능향상으로 발생한 결과이다. 본 시스템에서 실험결과 최소한 30분이상의 동작시간이 요구되어 이를 달성하기위한 개선이 이루어져 사용시간이 40분이상으로 늘어나게 되었다. 앞으로 좀 더 효과적인 로봇제어 시스템 구현에 밑거름이 될 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 지능형 서비스 로봇과 URC(Ubiquitous Robotic Companion), 한국통신학회지 Vol. 21, No. 10, October 2004, pp. 13-21.
- [2] 조용범, 원기섭, 조성준, "무선 링크에서 TCP 처리율 향상을 위한 Enhanced Snoop 프로토콜," 한국통신학회논문지, vol. 30, no. 6B, pp. 396-404, June 2005.
- [3] SK텔레콤 홈네트워크 서비스 현황 및 도입 전략, 한국통신학회지, Vol. 21, No. 3, March 2004, pp. 96-105.
- [4] 로봇 제어 데이터의 효과적인 전송 기법, 한국통신학회, 2005년도 추계학술대회, Nov. 2005.
- [5] 정상봉 "소형 인간형 네트워크 로봇 제어 및 무선 응용" 전기학회 논문지 제55D권 제11호 sept., 2006.

저 자 소 개



엄 우 용(평생회원)
1990년 단국대학교
전자공학과 학사 졸업.
1992년 단국대학교 대학원
전자공학과 석사 졸업.
1998년 단국대학교 대학원
전자공학과 박사 졸업.

1996년~현재 인하공업전문대학
디지털전자정보과 부교수.

<주관심분야 : 반도체, VLSI설계, 지능형로봇>



이 종 호(평생회원)
1995년 경희대학교
전자공학과 박사 졸업
1994년~현재 인하공업전문대학
디지털전자정보과 교수.