

감성 상호작용을 갖는 교육용 휴머노이드 로봇 D2 개발

김도우*, 정기철*, 박원성**
 대덕대학*, 한양대학교**

Design and implement of the Educational Humanoid Robot D2 for Emotional Interaction System

Do-Woo Kim*, Ki-Chull Chung*, Won-Sung Park**
 Daeduk College*, Hanyang University**

Abstract - In this paper, We design and implement a humanoid robot, With Educational purpose, which can collaborate and communicate with human. We present an affective human-robot communication system for a humanoid robot, D2, which we designed to communicate with a human through dialogue. D2 communicates with humans by understanding and expressing emotion using facial expressions, voice, gestures and posture. Interaction between a human and a robot is made possible through our affective communication framework. The framework enables a robot to catch the emotional status of the user and to respond appropriately. As a result, the robot can engage in a natural dialogue with a human. According to the aim to be interacted with a human for voice, gestures and posture, the developed Educational humanoid robot consists of upper body, two arms, wheeled mobile platform and control hardware including vision and speech capability and various control boards such as motion control boards, signal processing board proceeding several types of sensors. Using the Educational humanoid robot D2, we have presented the successful demonstrations which consist of manipulation task with two arms, tracking objects using the vision system, and communication with human by the emotional interface, the synthesized speeches, and the recognition of speech commands.

1. 서 론

현재의 로봇 산업은 전 세계적으로 80억 달러 이상의 시장 규모를 갖고 있으며 향후 자동차, 컴퓨터 산업에 견줄만한 산업으로 전망되고 있어 전 세계적으로 이와 관련한 연구가 활발히 진행되고 있다. 국내의 경우 삼성전자, 우리기술, 유진로봇, 한울로보틱스 등에서 가정용 로봇 관련 초기 개발품을 선보였고, 현재는 가정용 정보 서비스 로봇 플랫폼 등이 실용화 단계로 접어들고 있으며, 국외의 경우 2족 보행이 가능하고 다양한 환경에 적응 할 수 있는 휴머노이드 로봇인 일본 혼다사의 P2, P3,와 ASIMO[1] 그리고 소니사의 SDR-4X[2] 로봇 등이 개발되었다. 그러나 이들 로봇은 우리에게 매우 인상적인 2족 보행 모습을 보여준데 비해 불확실한 환경변화에 즉각적인 반응이 가능하기에는 해결해야 할 문제점이 있다. 또한 2족 보행형 휴머노이드 로봇과 달리 Bundeswehr 대학[3]의 Hermes는 바퀴 구동형 플랫폼 로봇을 적용한 휴머노이드형 로봇으로서, 이들 두 휴머노이드형 로봇 플랫폼 사이의 큰 차이점은 감성과 사고의 구현방법, 즉 감성교류라고 할 수 있으며 MIT대학에서 개발한 Kismet 로봇[4]은 인간과의 감성 교류에 중점을 둔 대표적인 로봇에 해당한다.

본 연구에서 개발한 교육용 휴머노이드 로봇 D2는 바퀴 구동형 플랫폼을 기반으로 다양한 조작능력이 가능한 두 개의 팔을 갖는 인간형 몸체 구조와 영상인식, 음성인식/합성, 모션제어 등 각 요소 기능 성분의 모듈화 기술을 이용하여 각 기능별 모듈 간 인터페이스 설계 및 Main Control System 개발 통합 시스템을 구현하여 로봇과 인간의 상호작용이 가능하도록 하는 데에 그 목적이 있다. 특히 앞서 언급한 국내외적인 동향을 바탕으로 향후 개발될 서비스 로봇의 대표인 휴머노이드 로봇을 교육용으로 개발하여 활용하고, 향후 로봇 개발의 주역이 될 학생들의 교육 목적에 맞도록, 특히 로봇 각 기능들에 대하여 전문적이고도 체계적인 교육이 가능하도록 개발하고자 한다.

2. 본 론

2.1 교육용 휴머노이드 로봇의 개발 개념

본 연구에서 개발하는 휴머노이드형 D2로봇은 외관상에서 친밀도를 높이기 위해 인간의 외형과 유사하도록 설계/개발하고자 했다. 특히 본 로봇의 개발 목적이 인간형 로봇을 통해 로봇 개발의 주역이 될 학생들의 교육적 관심을 이끌고자 한다는 점에서 다음 사항에 설계 중점을 두

었다.

1. 기구 설계는 자연스런 움직임이 가능하면서도 교육용 지능형 휴머노이드 로봇에 알맞은 크기와 무게를 고려한 기구적 구동 메카니즘으로 설계한다.
2. 모션 제어를 위한 서보 제어 시스템은 소형/저가격/고성능의 다축(6축) 모터 드라이버 시스템이 되도록 하고, 상위레벨의 모션 프로파일을 통한 유연한 움직임이 가능한 시스템이 되도록 한다.
3. Voice System을 통한 사용자와의 의사소통 모듈은 음성인식률 90%이상 수준(30단어 이내, 환경 노이즈 제거후)의 화자 종속방식으로 단어 위주의 음성 명령에 대해 미리 할당된 내부 명령을 실행할 수 있는 감성 교류형의 대화 기술을 적용한다.
4. Vision System을 통한 영상인식 모듈은 주변 환경의 움직임 및 색채 검출이 가능한 시각인식기술을 적용하되 10 Frame/Second 이상에서 영상 인식을 90%이상 수준이 되도록 한다.

2.2 휴머노이드형 D2로봇의 기구부 설계

2.2.1 휴머노이드형 D2로봇의 머리부 설계

D2 로봇은 얼굴부분에 로봇이 대화할 경우나 감정을 표할 경우에 입이 움직일 수 있도록 하고, 1개의 CCD카메라를 이용하여 영상을 인식할 수 있도록 하였고, 목부분은 2개의 모터를 장착하여 상하좌우 180도 범위에서 움직이는 사물을 추종할 수 있도록 설계하였다.

2.2.2 휴머노이드형 D2로봇의 몸통부 설계

D2 로봇은 2개의 좌우 대칭형 팔구조로 이루어져 있고 각각의 팔은 5자유도를 갖도록 설계하였으며, 액츄에이터는 기어드 감속기와 광학 엔코더를 장착한 고회전 DC 서보모터를 채택하였다. 손부분은 가벼운 물체에 대해 그립핑이 가능하고 제어 회로를 간단히 구성하기 위해 1자유도의 손가락을 갖도록 하였고, 각 손가락은 작은 크기의 R/C서보모터를 장착하고, 각 손가락의 끝부분에는 FSR(Force Sensing Register) 센서를 위치시켜 그립핑 하고자 하는 물체의 압력정도를 측정 할 수 있도록 하였다. 또한 D2로봇의 몸통은 각종 모터 구동 제어기와 통합 구현 컴퓨터 시스템을 탑재하고, 몸통 전면 가슴부에는 LCD 스크린을 장착하여 로봇의 내부 상황 체크 및 영상 시스템의 비전을 출력할 수 있도록 하고, 로봇의 감성 표현이 가능하도록 설계하였다.

2.2.3 바퀴구동 모바일 플랫폼 설계

D2로봇의 바퀴구동 모바일 플랫폼은 Rockland 사의 두 개의 서보 휠 컴퍼넌트로 구성되어 있다. 이 서보 휠은 고무바퀴와 감속기로 이루어진 브러쉬리스 DC 서보모터로 구성되며, 두 바퀴는 한 개의 프리휠에 의해 무게 중심을 지탱할 수 있도록 하였다. 또한 4개의 초음파 센서와 12개의 광센서가 바퀴구동 플랫폼 주위에 장착되어 영상을 통해 감지될 수 없는 부분에 대한 주변 정보를 취득할 수 있도록 하고 약 4[km/h]의 최대 속도로 운전이 가능하도록 설계하였다.

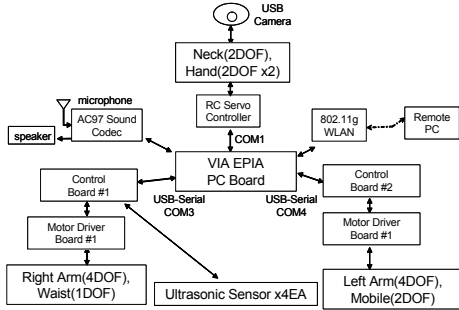
[표 1]. 휴머노이드형 D2로봇 기구 사양

DOF	Head	Eye / Mouth / Neck	1 / 1 / 2
	Arm	Arm	Hand
Body		Waist	1×1
		Vehicle	2
Weight	Total		About 30Kg
	Dimension [mm]	Height	
Breadth of shoulder			80cm
Arm			60cm
Motor	Arm/Waist	Maxon DC servo	150W/24V
	Hand	Hitec R/C servo	HS-77BB
	Vehicle	Rockland DC servo	DX-6-25

2.3 휴머노이드형 D2로봇 하드웨어 시스템 구성

D2로봇은 5축의 자유도를 가진 두 팔과 1축의 허리, 두개의 바퀴를 가지는 모바일 플랫폼을 구동하고, 초음파 센서 정보를 처리하기 위한 2

개의 컨트롤 보드와 목과 손에 내장된 RC서보 모터를 제어하기 위한 서보컨트롤 보드 1개가 내장되어 있으며, 이들 모두는 ATmega128 CPU를 이용하여 설계하였다. 특히 2개의 모션 제어 보드는 고효율 모터 드라이브칩인 LM18200와 LM629 칩을 이용 6개 축에 연결된 DC 모터를 PWM 방식을 통해 정밀 동시 제어가 가능하도록 구성하였다. D2 로봇은 기능적인 면에서 CCD카메라를 이용한 움직임 감지/추적기능, 음성인식/합성 시스템을 이용한 청각기능, 팔을 이용한 작업능력, 이동성 등을 동시에 구현할 수 있게 구성되어 있고, 이를 위해 3개의 독립된 제어 보드를 상위 수준에서 제어하는 PC가 내장되어 있다. 그림 1은 이상과 같은 D2로봇의 하드웨어적 전체 구성을 나타낸 것이다.

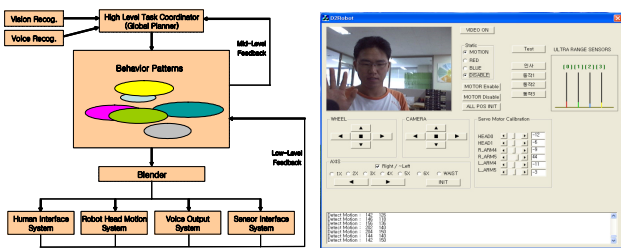


[그림 1]. D2 로봇의 하드웨어 구조

영상처리를 위한 CCD카메라는 USB포트로 연결이 가능한 QUICK CAM시리즈의 카메라가 사용되었으며, 음성 인터페이스는 보드에 내장된 AC97코덱을 이용하였다. 또한 각종 프로그램 작동 및 상태를 확인하기 위한 LCD SCREEN 및 외부 컴퓨터를 통한 로봇접속 및 원격감시등을 위해 USB무선 랜이 내장되어 있다. D2로봇에 내장된 PC는 USB-시리얼 인터페이스를 통해 각 제어보드로 명령을 보내고, 현재의 제어보드 정보를 읽어와 로봇을 전체적으로 움직이는 기능을 수행한다.

2.4 휴머노이드형 D2로봇 소프트웨어 시스템

본 D2로봇에서는 지능형 모바일 로봇인 CAIR-2[5]에서 고안한 HCB 환경을 기반으로 인간과 상호작용이 가능한 로봇 제어 통합 소프트웨어를 구현하였다. 구현된 통합 소프트웨어는 조합 행동(coordinated behaviors) 규칙들을 이용하여 복잡한 임무를 수행하는 구조로서, 상위 레벨 임무 실행은 음성, 몸짓, 무선제어와 같은 각 기능별 독립 모듈간 인터페이스 정보를 통합하고 이를 전달하는 역할을 수행한다. 이러한 실행의 구조를 이용하면 로봇은 단순히 전달 받은 음성 명령에 의해 제어될 수 있으며, 어떤 행동의 실행 여부는 조합 행동 지시자에 의해 결정 받게 되고, 또한 계획된 조합 행동 패턴중 임무 실행자에 의해 임의의 임무에 해당하는 행동 패턴을 결정하고 이 선택된 행동을 실행하게 한다. 그림 2는 이상과 같이 D2로봇에서 사용하는 HCB 환경을 기반으로 인간과 상호 작용(InterActive)이 가능한 로봇 제어 통합 소프트웨어 개념도와 MFC를 이용하여 실제 구현한 소프트웨어를 실행한 화면을 나타낸 것이다.



[그림 2]. 통합 소프트웨어 개념도 및 실행 화면

2.4.1 영상인식 및 음성인식/합성 모듈 소프트웨어

D2 로봇에서 사용되는 영상 인식 시스템은 주변 환경 및 장애물 인식을 위한 영상인식 모듈로서 목적 사물의 움직임 및 3가지 색상의 물체 인식 (인식율 90%)이 가능하다. 이 모듈 소프트웨어는 레지스터 칼라 필터를 이용하여 저가격 USB 카메라에 의해 투영된 사물의 영상을 감지하고, 인식된 사물의 영상정보로부터 3차원 좌표를 계산하여 사물의 움직임 특징을 인지하는 구조로 되어 있다. 특히 주변 환경에서의 움직임에 대한 인지는 현재의 입력 이미지와 이전 이미지 사이의 차이점을 템플 형태로 구분하고 이를 투영 조합하여 그 변화만큼을 통해 움직임의 정도치를 계산하도록 되어있다.

2.4.2 음성합성 및 인식 모듈 소프트웨어

D2로봇의 음성합성/인식 기능의 경우 TTS(Text to speech)프로그램을 통해 음성합성 기능을 갖도록 하였고, HMM 음성인식 프로그램을 통해 화자 종속 방식으로 약 30여 단어의 사용자 음성에 대한 학습 과정을 거친 후 음성을 통한 명령인식으로 대화 가능하도록 구현하였다.

2.4.3 조작 및 항법기능 구현

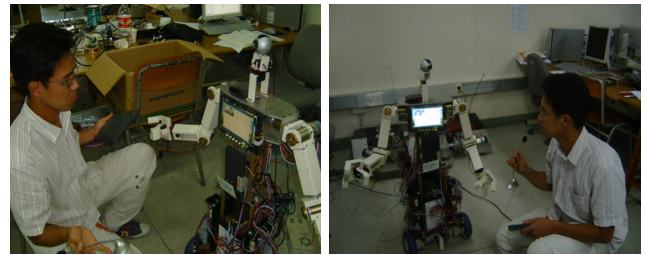
본 연구에서 개발된 D2 로봇은 인간의 행동 패턴과 유사한 모션이 가능하도록 5자유도를 갖는 두 개의 팔을 갖고 있으며 이러한 두팔은 전통적인 운동역학 방법을 사용하여 제어 된다. 본 연구에서는 로봇 팔을 제어하기 위해 기본적 모션의 조합과 역 운동역학 방법을 사용하였다. 역 운동역학은 두팔로 사물을 다루기 위해 이용되며, 기본적 모션의 조합은 다양한 제스처를 생성하기 위해 사용한다. 로봇 구동 항법 프로그램은 바퀴 모터로부터 발생하는 엔코더 입력 신호를 이용 추정된 현재 위치에서 목적점을 추종하는 방법으로 설계하였다.

3. 실험

우리는 개발 구현된 D2로봇의 여러 능력을 살펴보기 위해 그림 3, 4와 같이 몇 가지 실험을 하였다. 먼저 그림 3의 실험에서는 "안녕하세요 저는 D2 입니다", "반갑습니다"와 같은 문장을 로봇과 대화하는 인간과 로봇의 상호 작용을 보여주는 것이며, 그림 4는 대화자의 영상을 인지하여 음성 명령 없이 영상 인지만을 통해 D2로봇이 특정행위를 수행하는 모습을 보인 것이다.



[그림 3]. D2로봇의 영상 및 음성 인지 성능 시험



[그림 4]. D2로봇의 성능 시험 사진

4. 결론

본 논문의 휴머노이드 로봇 D2는 인간의 모습과 유사한 머리, 두 팔과 몸통과 바퀴구동 모바일 플랫폼으로 로봇 기구부를 구성하였고, CCD 카메라, 초음파 센서, 적외선 광센서와 같은 주변 센서정보를 통해 외부 환경을 파악할 수 있도록 하였으며, PC를 통해 인간과 상호작용이 가능한 로봇 지능화를 구현하였다. 이러한 로봇 시스템 구성은 휴머노이드 로봇을 교육용으로 개발하여 활용하고, 향후 로봇 개발의 주역이 될 학생들의 교육 목적에 맞도록 영상인식, 음성인식/음성출력, 모션제어 등 각 요소 기능 성분을 모듈화시킴으로써 각 기능별 모듈 간 인터페이스 교육이 가능하게 하는데 주요점을 두었다. 그 결과 D2로봇은 개발 초기의 목적에 부합되었으며, 실험을 통해 로봇과 인간의 상호작용에 있어 다양한 능력을 가지고 있음을 입증하였으며, 향후 통합 프로그램의 개선을 통해 교육 활용용으로써 그 이용범위와 기능을 확대하고자 한다.

[참고 문헌]

- [1]. Kazuo Hirai, Masato Hirose, Yuji Haikawa, Toru Takenaka, "The Development of Honda Humanoid Robot", Proceeding of IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.1321-1326, 1998
- [2]. Yoshihiro Kuroki, Tatsuzo Ishida, Jin'ichi Yamaguchi, Masahiro Fujita, Toshi T. Doi, "A Small Biped Entertainment Robot" Proceedings of IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, pp.181-186, 2001.
- [3]. Rainer Bischoff, Somrak Pechartee, Volker Graefe, "Improving the Dependability of Humanoids" Proceedings of IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, pp.51-58, 2001
- [4]. C.Breazeal, and Scassellati, "A context - dependent attention system for a social robot" In Proceeding of the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp.1146-1151, 1999
- [5]. Jiyeon Chung, Byeong S. Ryu, Hyun S. yang, "Integrated Control Architecture Based on Behavior and Plan for Mobile Robot Navigation", Robotica, July 1997