

자율섭취기능을 갖는 바퀴구동형 생체모방로봇 개발

Development of a Biomimetic Wheeled Robot with Autonomous Eating Functionality

조 익 진, 이 연 정*

(Ik-Jin Cho and Yun-Jung Lee)

Abstract : Most of the recently developed robots are human friendly robots which imitate an animal or human such as entertainment robot, biomimetic robot and humanoid robot. Interest in these robots is increased because the social trend is focused on health, welfare, and graying. By these social backgrounds, robots become more human friendly and suitable for home or personal environment. The more biomimetic robots resemble living creature, the more human feels familiarity. Human feels close friendship not only when feeding a pet, but also when watching a pet having the food. Most of entertainment robots and pet robots use internal-type batteries and have a self-recharging function. Entertainment robots and pet robots with internal-type batteries are not able to operate during charging the battery. So far there have been a few robots that do not depend on an internal battery. However, they need a bulky energy conversion unit and a slug or foods as an energy source, which is not suitable for home or personal application. In this paper, we introduce a new biomimetic entertainment robot with autonomous eating functionality, called EPRO-1(Eating Pet ROBot version 1). The EPRO-1 is able to eat a food (a small battery), by itself and evacuate. We describe the design concept of the autonomous eating mechanism of the EPRO-1, characteristics of sub-parts of the manufactured mechanism and its control system.

Keywords : biomimetic robot, entertainment robot, autonomous eating

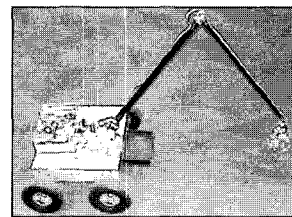
I 서론

사회적으로 건강, 복지, 고령화에 관심이 고조됨에 따라 로봇은 보다 더 인간 친화적이고 가정이나 개인의 환경에 적합하도록 개발 되고 있다. 최근 개발 되고 있는 로봇들은 엔터테인먼트 로봇, 생체모방 로봇, 휴머노이드 로봇과 같은 동물이나 인간을 모방한 인간 친화적 로봇이 주를 이룬다. 특히 강아지나 고양이와 같은 애완동물을 닮은 생체모방 엔터테인먼트 로봇은 1999년도 소니사가 강아지로봇인 AIBO[1]를 출시하면서부터 많은 산업적·사회적 관심을 끌어들였다.

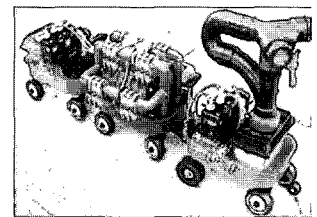
인간은 애완동물과 상호작용을 통하여 즐거움을 느끼고 친밀감을 갖는다고 할 수 있다. 인간과 애완동물간의 상호작용은 매우 다양하고 복잡하다. 기존의 생체모방 엔터테인먼트 로봇들은 명령에 따라 움직이는 것, 주인을 알아보고 반응하는 것, 스스로 애교스러운 행동을 하는 것 등의 주요 기능을 통하여 애완동물의 인간과의 상호 작용 기능을 모방하고 있다. 그러나 먹이를 섭취하고 배설하는 생체모방 기능을 갖는 엔터테인먼트 로봇은 찾아보기 어렵다. 먹이를 먹고 배설하는 것은 인간이 애완동물에게 도움을 주어야 하는 일로 일견 불편한 상호작용이므로 생체모방 엔터테인먼트 로봇에는 필요 없는 기능으로 여겨질 수도 있다. 그러나 애완동물에게 먹이를 주고 배설물을 치운다는 것은 인간으

로 하여금 애완동물을 ‘키운다’ 또는 ‘기른다’는 감정을 느끼게 함으로써 더욱 애정을 갖게 하는 중요한 요소라 할 수 있다. 인간은 애완동물에게 먹이를 주면서 친근함을 느낄 뿐 아니라, 애완동물이 먹이를 먹는 모습을 보는 것에서도 친밀감을 느끼게 된다. 따라서 먹이를 주면 스스로 먹이를 먹는 기능을 갖춘 생체모방 엔터테인먼트 로봇의 개발은 실제 애완동물과 더욱 유사하며, 보다 인간친화적인 생체모방 로봇을 개발하는 것으로서 매우 흥미로운 연구 주제인 것이다.

기존의 로봇 중에서도 먹이를 먹는 기능을 갖는 몇몇 로봇이 있다. Slugbot(Lan Kelly, 2000)[2-5](그림 1(a))과 Gastrobot(Wilkinson, 2000)[6](그림 1(b))이 그것이다. 캘리포니아 공과대학의 Slugbot은 민달팽이를 먹이로 사용하는 자율이동 로봇이다. 플로리다 대학의 Gastrobot은 설탕물을 통해서 에너지를 얻는 자율이동 로봇이다. 이 로봇들의 공통점은 자연 상의 곤충이나 음식을 에너지원으로 사용한다는 점이다. 이런 로봇들은 부피가 크고 무거운 에너지 변환 및



(a) Slugbot



(b) Gastrobot

그림 1. 기존의 먹는 로봇.

Fig. 1. Conventional eating robots.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2005. 8. 29., 채택확정 : 2006. 2. 1.

조익진, 이연정 : 경북대학교 전자공학과

(jiny8243@hotmail.com/yjlee@ee.knu.ac.kr)

※ 본 논문은 한국과학재단의 기초과학연구사업에서 지원하여 연구하였음(과제번호: No.R01-2003-000-10418-0).

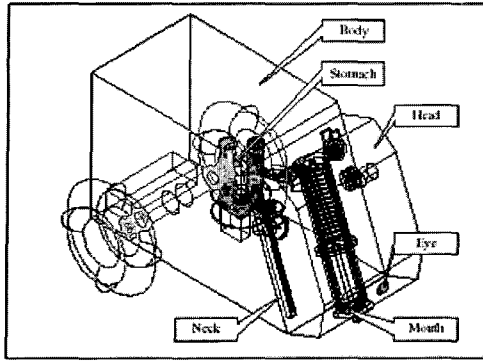


그림 2. EPRO 프로토타입.
Fig. 2. EPRO prototype.

저장장치를 필요로 하기 때문에 가정용이나 개인용 로봇 응용에는 부적합하다. 따라서 본 논문에서는 가정용이나 개인용 생체모방 엔터테인먼트 로봇에 적합한 먹이로서 소형 원형 배터리를 사용하는 것을 제안한다. 대부분의 엔터테인먼트 로봇이나 애완 로봇은 내장된 배터리를 사용하고 있다. 내장된 배터리를 사용하는 대부분의 엔터테인먼트 로봇이나 애완 로봇은 충전하는 동안 동작할 수 없다. 활발한 2차 전지 개발 추이에 비추어 볼 때, 만일 고효율 소형 배터리가 개발된다면 본 논문에서 제안하는 자율섭취기능을 갖는 로봇은 내장된 배터리 없이 충전시간동안 동작을 못하는 경우도 없이 먹이 배터리의 섭취만으로 동작할 수 있을 것이다. 그러나 현재의 기술 수준으로 상기한 정도의 소형 배터리는 찾기 어려우므로 섭취된 배터리를 로봇의 제한된 부분에만 사용하는 것을 가정하고 로봇을 개발하였다.

이상에서 기술한 연구 동기를 바탕으로 본 논문에서는 동물과 유사한 자율섭취-저장-배설 기능을 갖는 새로운 생체모방로봇 EPRO-1(Eating Pet RObot version 1)을 제안하고, EPRO-1의 기구부와 제어부의 설계 그리고 실제 구현 및 실험에 대하여 기술한다. 본 연구 그룹에서는 이러한 자율섭취기능을 갖는 로봇의 기본 개념과 기초설계에 대하여 소개한 적이 있다[7](참조 그림 2). EPRO-1은 기초연구결과(Park, 2003)[7]의 문제점을 개선하고 새로운 방식의 자율섭취 기구부 및 제어부를 갖는 로봇이다.

II. 자율섭취기능을 가진 로봇의 개요

1. EPRO-1의 전체구성

EPRO-1은 실제 동물의 먹이 섭취 기관을 기본 모델로 하였다. 실제 동물의 경우 먹이를 섭취·저장·배설하기 위하여 혀, 입, 목, 식도, 위, 장, 그리고 항문 등의 기관을 가진다. 따라서 EPRO-1도 동물의 각 기관과 일대일 대응으로 자석으로 이루어진 혀, 입에 해당하는 혀를 제외한 섭취부, 목과 식도에 해당하는 통로부, 위와 장에 해당하는 배터리 저장 및 사용부 그리고 항문에 해당하는 배출구를 가지고 있다.

개발된 EPRO-1의 자율섭취기능을 구성하는 기구 부분은 그림 3과 같이 크게 섭취부(입), 통로부(목), 저장 및 사용부(위) 3가지로 나누어진다.

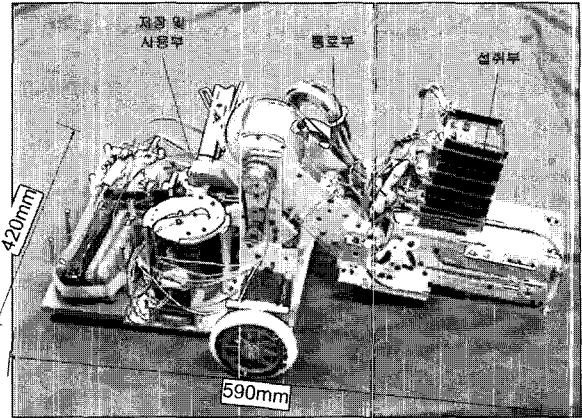


그림 3. 바퀴구동형 EPRO-1.
Fig. 3. Wheeled EPRO-1.

표 1. 자율섭취 기구부의 설계 요구사항.

Table 1. Design requirements of the autonomous eating mechanism.

구분	항목	설계 요구사항
기구부	섭취부	가벼운 무게, 신뢰성 있는 먹이용 배터리 획득 기구부
	통로부	머리 기구부의 이동, 먹이용 배터리의 미끄러짐 용이
	저장 및 사용부	먹이용 배터리의 효율적인 저장과 배출
제어부	마이크로 프로세서	9축의 모터 구동을 위한 충분한 성능
	모터	섭취부와 통로부를 들어 올릴 수 있는 토크가 좋은 모터(2개), 혀를 이동시킬 수 있는 모터(1개), 배터리를 장입배출하기 위한 모터(2개), 극성판별부의 180° 회전의 가능한 모터(1개), 로봇의 이동에 사용될 모터(2개), 배터리 디스크를 회전시킬 수 있는 270° 이상 회전의 가능한 모터(1개)
먹이	먹이용 배터리	2차 전지, 작은 크기, 낮은 가격

2. EPRO-1의 설계 요구사항

EPRO-1은 자율섭취기능을 구현하기 위한 기구부와 이를 제어하기 위한 제어부 그리고 먹이로 나누어 각 부분의 설계상의 요구사항을 미리 고려하여 설계 되었다. 그 각 부분의 요구 사항은 표 1과 같다.

III. EPRO-1의 세부 구조와 동작

1. 섭취부(입)

섭취부는 먹이를 섭취하는 부분이다. 바닥에 놓인 먹이를 취하는 방법에는 잡는 방법, 무는 방법, 붙이는 방법 등이 있다. 손이나 발 같은 기구를 사용하여 잡는 방법은 소형 배터리를 잡기 위하여 정밀한 위치 제어와 다수의 자유도를 가지는 기구가 필요하고, 입을 사용하여 무는 방법 또한 기구부가 복잡하고 지면과의 충돌의 문제를 해결하여야 한다. 이런 문제들을 해결하는 방법으로 배터리의 외형이 금속으로 만들어진 것에 착안하여 영구자석을 사용하는

혀를 이용하여 먹이용 배터리를 붙이는 방법을 제안하였다. 혀를 이용한 방법은 정밀 제어 문제와 기구부의 문제를 단순화 시켜준다. 제안된 섭취부는 먹이를 섭취하는 혀 부분과 혀를 포함하는 머리 부분으로 구성된다.

영구자석 혀를 이용하는 방법을 사용하는 섭취부의 설계시 다음과 같은 2가지 중요한 사항을 고려해야 한다. 첫째는 영구자석의 자력에 의해 혀에 붙은 먹이용 배터리를 다시 떼어내야 하는 것이다. 둘째는 일단 영구자석 혀에서 떨어진 먹이용 배터리가 목 통로 쪽으로 이동할 때 혀의 자력에 의해 통로 상에 부착되는 것을 방지 하는 것이다. 이 문제들을 해결하기 위해 본 논문에서는 그림 4와 같은 개념으로 기구부를 설계하였다. 영구자석에 붙은 먹이용 배터리는 혀가 안쪽으로 이동하면서 혀 하단부에 설치된 고정턱에 의하여 혀의 말단부로 밀리게 된다. 자석이 없는 말단부에 도달한 먹이용 배터리는 혀에서 분리 되어 아래에 위치한 통로 입구 쪽으로 떨어진다. 한편 혀에 사용된 영구자석의 자력 범위는 약 상하 20mm이며, 지면에 놓인 먹이용 배터리를 부착하기 위해서 혀는 지면으로부터 20mm 높이에 위치하도록 하였다. 그러나 이러한 혀의 높이는 앞서 설명한 바와 같이 먹이용 배터리가 목 통로로 이동하는 것을 방해하게 된다. 따라서 통로의 자력 차단을 위해 그림 4와 같이 혀의 이동경로를 직선으로 120mm 이동한 후 위쪽 방향으로 60° 굽어진 경로를 따라 20mm 이동하는 L자형 이동 경로로 설계하였다. L자형 이동 경로에서 혀의 최종 높이가 37.3mm가 되어 혀의 아래쪽에 17.3mm의 자력이 미치지 않는 공간이 생기게 된다. 이 공간에 배터리 이동 통로를 설치하여 먹이용 배터리가 원활하게 목부분으로 미끄러져 이동할 수 있도록 설계하였다. 또한 그림 5(c)와 같이 혀의 가이드 간의 거리가 항상 같기 때문에 혀는 머리와 평행하므로 혀의 자력범위도 머리와 평행하게 된다. 제안된 섭취부는 그림 5와 같이 제작하였다.

2. 통로부(목)

통로부는 섭취부에서 섭취한 먹이용 배터리를 저장 및 사용부로 이동시켜주며 섭취부의 높이를 조절하는 부분이다. 통로부는 인간이나 동물의 목에 해당되는 기구부로서, 머리를 지탱하고 머리를 들어 올려 섭취부의 먹이용 배터리를 중력에 의해 저장부로 이동할 수 있는 기능을 담당한다. 제안된 통로부는 양 끝이 중앙보다 큰 아령의 형태를 취하고 있다. 이는 그림 6에서 볼 수 있듯이 통로부의 회전각을 항상시키기 위함이다. 제안된 통로부는 그림 7과 같다.

3. 저장 및 사용부(위)

저장 및 사용부에서는 먹이용 배터리의 극성을 판별하고 저장한다. 먹이용 배터리가 통로부에서 내려와 통로에 위치하게 된다. 극성 체크부에서 먹이용 배터리의 극성을 체크하기 위해서는 스프링을 이용한 접촉 단자로 먹이용 배터리를 잡아야 하고 배터리팩에서도 먹이용 배터리를 저장하기 위해서 상하에서 스프링 구조로 배터리를 누르고 있다. 이런 구조에서는 중력을 이용하여 배터리를 이동하는 것이 어렵다. 이를 해결하기 위해서 장입바를 사용한다. 먹이용 배터리는 장입바에 의해 1차적으로 극성 체크부까지 이동하게 된다. 극성 체크부에서 극성이 체크된 먹이용 배터리

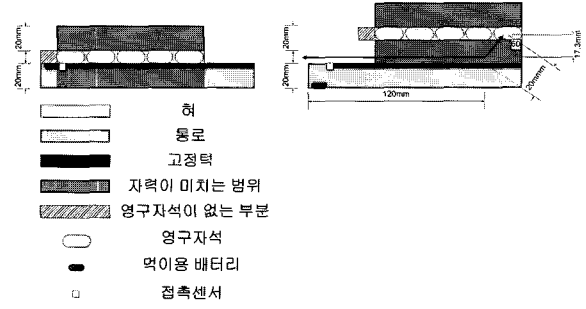


그림 4. 혀의 위치와 자기력 영역.
Fig. 4. Movement of tongue and magnetic force.

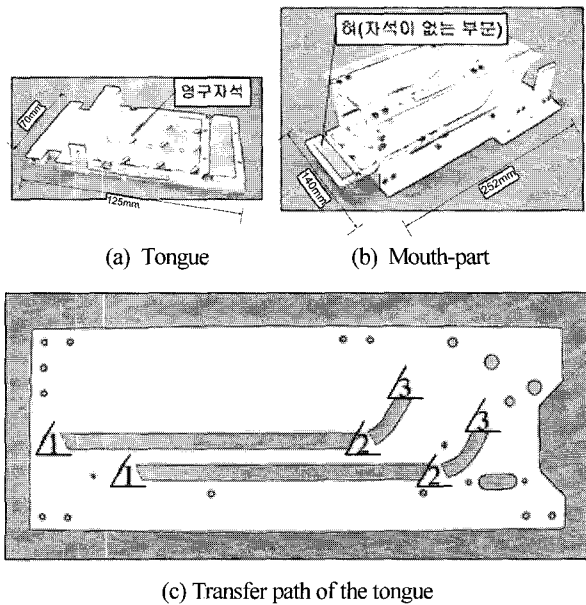


그림 5. 섭취부와 혀 및 혀의 이동 경로.
Fig. 5. Mouth-part, tongue and transfer path of the tongue.

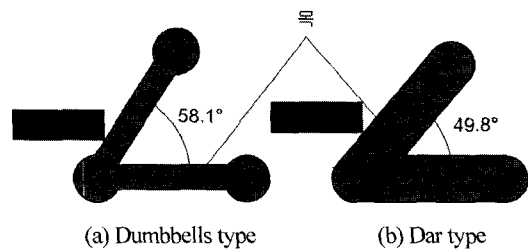


그림 6. 통로부의 회전각.
Fig. 6. Rotation angle of neck-part.

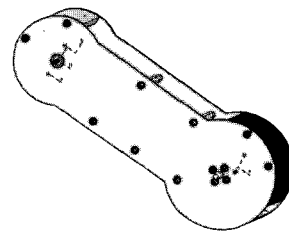


그림 7. 통로부의 설계도.
Fig. 7. Design drawing of neck-part.

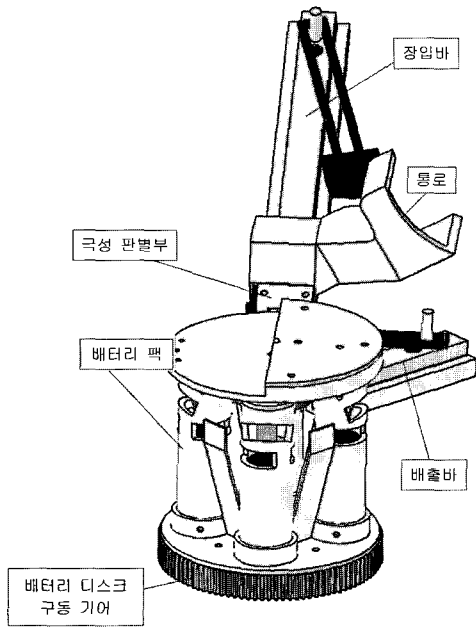


그림 8. 저장 및 사용부 설계도.
Fig. 8. Design diagram of stomach-part.

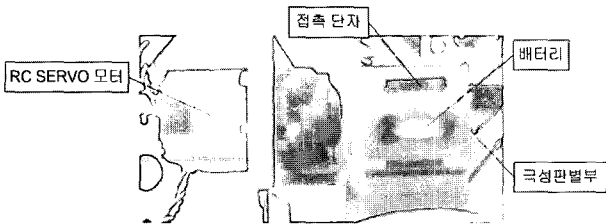


그림 9. 극성 체크부.
Fig. 9. Polarity check part.

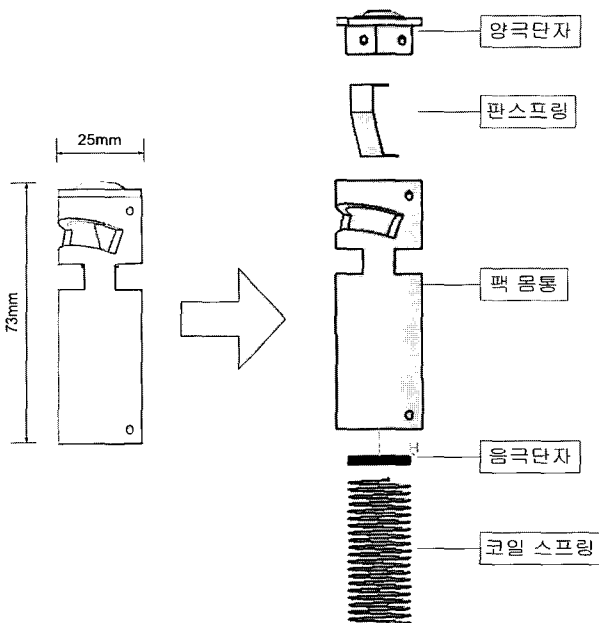


그림 10. 배터리 팩 설계도.
Fig. 10. Design diagram of battery pack.

는 장입바에 의해서 2차적으로 배터리 디스크의 배터리 팩으로 이동하게 된다. 반복된 동작에 의해 섭취된 먹이용 배터리는 배터리팩 안에서 5개씩 직렬로 연결되며, 다 사용된 배터리는 배출바에 의해 외부로 배출된다. 전체 저장 및 사용부의 설계도는 그림 8과 같다.

3.1 극성 체크부

통로부에서 내려온 먹이용 배터리는 방향이 일정하지 않다. 배터리팩에서 직렬로 접촉하여 사용하기 위해서는 배터리팩에 같은 방향으로 먹이용 배터리를 넣어야 한다. 극성 체크부는 이를 위해서 먹이용 배터리의 극성을 체크하는 곳이다. 극성 체크는 이동 통로 안에서 이루어진다. 배터리는 장입바에 의해서 극성 체크부에 놓인다. 극성 체크부에는 극성 체크를 위한 접촉단자들이 있다. 이 접촉단자들은 먹이용 배터리에 스프링에 의해 완전히 접촉되어 극성을 체크하고 극성이 반대일 경우에는 극성 체크부는 극성을 바꾸기 위해 회전한다. 제작된 극성 체크부는 그림 9와 같다.

3.2 배터리팩 및 배터리 디스크

배터리팩은 배터리 디스크 위에 위치한다. 배터리팩은 배터리를 저장하고 내부에너지로 변환하는 곳이다. 그림 10과 같이 배터리팩의 양극은 판스프링에 의해 접촉되고 음극은 코일스프링에 의해 접촉된다. 다 채워진 배터리팩의 양극은 배터리 디스크 상단의 동으로 만들어진 버튼에 연결되고 배터리팩의 음극은 배터리 디스크의 하단에 동으로 만들어진 극판에 연결되어 그 에너지를 사용하게 된다. 배터리 팩 몸통과 배터리 디스크 하단의 기어는 절연 물질로 만들어져 있다. 배터리팩은 그림 11과 같이 총 4개이며,



그림 11. 제작된 배터리팩 및 배터리 디스크.
Fig. 11. Manufactured battery and battery disk.

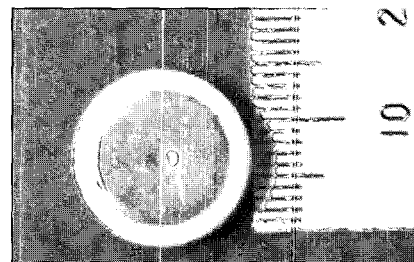


그림 12. 먹이용 배터리.
Fig. 12. Food battery.

하나의 배터리팩에는 5개의 배터리가 들어간다. 하나의 배터리팩은 6V, 80mAh의 전압을 만든다.

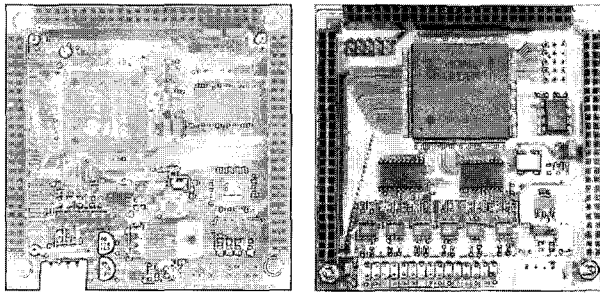
3.3 먹이용 배터리

먹이용 배터리는 가정이나 개인 환경에서 사용하기 용이한 1.2V, 80mA의 Ni-Cd 버튼형 2차 전지이다. 그 형태는 그림 12와 같다. 먹이용 배터리는 배터리팩 하나에 5개가 들어가 6V 80mA의 전력을 만들어낸다.

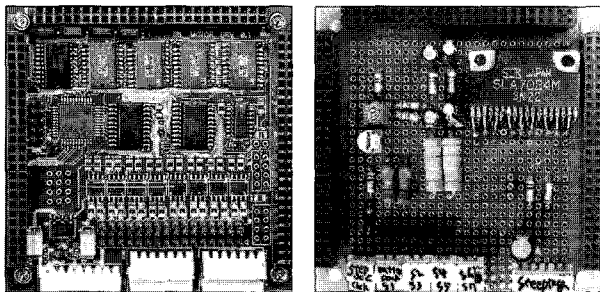
IV. EPRO-1의 제어와 시퀀스

1. 제어 시스템 하드웨어

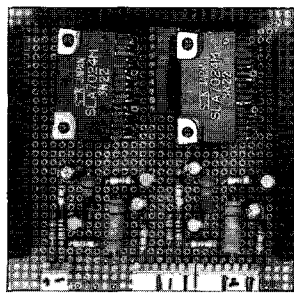
구현된 제어 시스템은 마이크로 컨트롤러 유닛(그림 13(a))과 RC servo 모터 구동 유닛(그림 13(b)), DC 모터 구동 유닛(그림 13(c)), 스테핑 모터 구동 및 센서 인터페이스 유닛(그림 13(d)) 그리고 스테핑 모터 제어 유닛(그림 13(e))으로 구성 되어 있다. 구현된 제어 시스템의 구성요소 및 사양은 표 2와 같다. 마이크로 컨트롤러 유닛은 주 CPU인 TMS320F2812PGFA, 외부 메모리와 전원부 등으로 구성되



(a) Microcontroller unit (b) RC servo motor drive unit



(c) DC motor drive unit (d) Sensor and stepping motor drive for battery disk unit



(e) Stepping motor drive for wheels unit

그림 13. EPRO-1의 제어 회로.

Fig. 13. Control system of EPRO-1.

어 있다[8]. 마이크로 컨트롤러 유닛은 로봇에 장착된 9개의 모터를 제어하여 계산된 거리까지 로봇의 이동과 이동 후 먹이용 배터리를 섭취하는 일련의 시퀀스를 제어한다.

로봇에 사용된 모터는 총 9개이다. RC servo 모터는 FPGA를 이용하여 만든 구동회로에 의해 구동된다[9]. DC 모터들은 L298을 이용해 만든 구동회로에 의해 구동된다. 센서와 배터리 디스크를 회전하는 스테핑 모터는 SLA7024를 이용한 구동회로와 센서 인터페이스에 의해서 구동되며, 바퀴구동에 쓰이는 2개의 스테핑 모터는 SLA7024를 이용해 만든 구동회로에 의해서 구동된다.

2. 자율섭취기능을 위한 EPRO-1의 제어 시퀀스

자율섭취기능을 위해 EPRO-1은 그림 14와 같은 시퀀스로 동작한다. 로봇은 먹이용 배터리 앞까지 이동하여 혀를

표 2. 제어시스템 하드웨어.

Table 2. Control system hardware.

항 목	구성요소	사 양
마이크로 컨트롤러 유닛	CPU	TMS320F2812PGFA - 150MHz(6.67ns cycle time) - Low-power(1.8V Core, 3.3V I/O) - 3.3V flash programming voltage - On-chip memory(four 8K×16 and six 16K×16 sectors) - Motor control peripherals - 12Bit ADC, 16 channels
RC servo 구동 회로 유닛	FPGA	XILINX (XCS40XL) - 40,000 gates
DC 모터 구동 회로 유닛	DC 모터 구동칩	L298 - Dual full-bridge driver
센서 및 스테핑 모터 구동 회로 유닛	스테핑 모터 구동칩	SLA7024 - High-current PWM, unipolar stepper motor controller/drivers
스테핑 모터 구동 회로 유닛	스테핑 모터 구동칩	SLA7024 - High-current PWM, unipolar stepper motor controller/drivers
모 터	Hitec HSR-5995TG (RC Servo motor)	Torque(at 6.0V / 7.4V): 24 / 30kgcm Speed(at 6.0V / 7.4V): 0.15 / 0.12sec/60deg
	KGM-3448D (DC motor)	Torque: 16.1kgcm Speed: 14.6RPM
	RGO geared motor (DC motor)	Gear ratio: 1:36
	PK-243 (Stepping motor)	Holding torque: 0.48Nm Step Angle: 1.8°
	4S56Q-08576S (Stepping motor)	Holding torque: 18kgfm Step Angle: 1.8°
센 서	DM-03 S/W	

움직여서 배터리를 확보한다. 그리고 목을 들어 중력에 의해 먹이용 배터리가 이동할 수 있는 높이를 확보한 후 머리를 내려 저장 및 사용부로 먹이용 배터리를 보내고 극성을 체크한 다음 저장한다. 로봇은 1개의 배터리를 먹는 동작을 5번 반복한 후 디스크를 회전한다. 이와 같은 동작의 반복으로 EPRO-1은 저장 및 사용부에 항상 15~20의 배터리를 가지고 있다. 먹이를 자율적으로 찾기 위해 향후 CMOS 이미지센서에 의해 먹이용 배터리의 위치를 파악하는 부분이 구현될 것이다.

3. 구동 배터리

실제로 먹이용 배터리만으로는 EPRO-1의 모든 시스템을 동작 시킬 수 없다. 그렇기 때문에 기구부와 제어 시스템의 전원은 Lithium Polymer 배터리를 사용하고 있다. Lithium Polymer 배터리는 기존의 배터리들에 비해 가벼우며, 어떤 원하는 모양이든 제작 가능하다. 그리고 수명이 길고 환경

오염성분이 없는 친환경적인 배터리이다. Lithium Polymer 배터리의 셀당 전압은 3.7V로서 3.7V, 7.4V, 11.1V 등의 전압을 낼 수 있다. 구동용으로 사용하는 2개의 배터리의 정격은 각각 7.4V, 9300mAh와 11.1V, 4400mAh이다.

V. 실험 결과

본 논문에서 제시한 고려사항과 설계 방법에 의해 구현된 로봇은 그림 15와 같이 시퀀스에 따라 잘 동작함을 검증하였다. 실제 EPRO-1이 혀를 내밀어 배터리를 배터리 팩에 채우는 일련의 동작들에 소비되는 전력 및 동작 시간은 표 3와 같다. 기구부를 제외한 제어시스템에 소비되는 전력은 평균 7.4V, 690mA이다. 혀를 내밀어 먹이용 배터리를 섭취하는 순간부터 배터리 팩에 배터리를 장입하는 순간까지의 시간은 약 24초이다. 배터리 팩 하나를 다 채우기 위해서 5번의 연속 동작을 지속적으로 한다면 2분에 이른다.

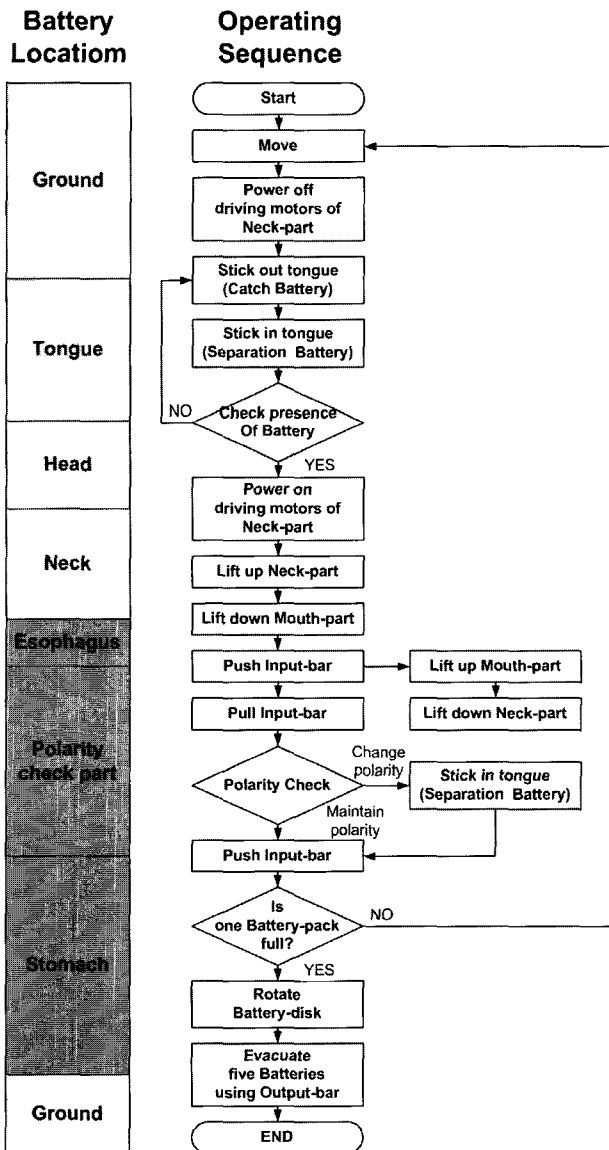


그림 14. EPRO-1의 전체 동작 시퀀스.
Fig. 14. Overall operating sequence of EPRO-1.

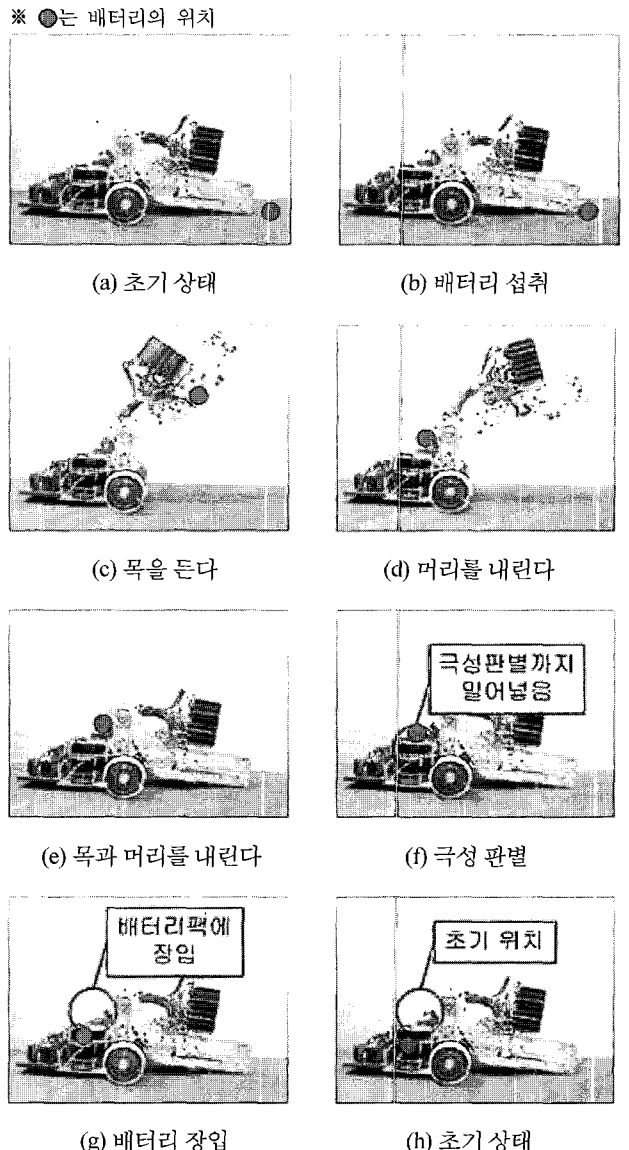


그림 15. EPRO-1의 동작순서.
Fig. 15. Sequence of EPRO-1.

그 후 배터리 디스크가 회전하는 시간이 3초이고 5개의 배터리를 배출하는데 걸리는 시간은 20초이다. 한 개의 배터리 팩을 채우고 다 사용한 배터리를 배출하는데 까지 시간은 총 2분 23초이다. 현재의 먹이용 배터리의 용량은 1.2V, 80mA로서, 5개를 모아배터리팩 한 팩을 채워도 6V, 80mAh의 에너지만을 충당할 수 있다. 향후 하나의 배터리 팩에 채워진 배터리 전원을 이용하여 눈 또는 감정표현 LED 구동 등에 사용할 예정이다.

VI. 결론

본 논문에서는 동물과 유사한 자율섭취·저장·배설 기능을 갖는 새로운 생체모방로봇 EPRO-1을 제안하였다. EPRO-1의 기구부와 제어부의 설계 그리고 실제 구현 및 실험에 대하여 기술하였다. EPRO-1은 먹이용 배터리를 섭취할 수 있으며, 먹이용 배터리를 에너지원으로 사용할 수 있다. EPRO-1은 외형뿐만 아니라 내부 구조도 실제 동물과 유사하다.

본 논문에서 제시한 자율섭취·저장·배설의 기능을 갖는 생체모방 로봇 개념이 향후 엔터테인먼트 로봇분야에 새로운 패러다임을 만들기를 기대한다. 향후 2차 전기 기술의 발전으로 고효율 소형 배터리가 개발된다면 구동용 배터리 없이 먹이용 배터리만으로도 일련의 모든 동작이 가능할 것으로 기대된다. 본 연구그룹은 앞으로 경량화와 소형화를 통해 보다 더욱 인간친화적인 생체모방형 로봇을 개발할 것이다.

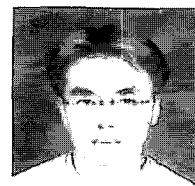
표 3. EPRO-1의 소비 에너지.

Table 3. Energy consumption of EPRO-1.

구분	동작	전압(V)	전류(mA)	시간(s)
혀	내민다	5	300	4
	당긴다		300	4
목	들어올린다	11.1	520	3.5
	내려놓는다		500	3
머리	들어올린다	11.1	620	2.5
	내려놓는다		600	2
장입부	극성판별부로 배터리 이동	5	800	1
	배터리팩에 배터리 삽입		1500	2
극성 판별부	회전	5	750	2
배출부	배출	5	1200	4
배터리 디스크	회전	11.1	1000	3
구동부	이동(10cm)	11.1	2000	5
디지털 회로	시스템 유지	7.4	690	연속
눈(예정)	SMA(15° 구동)	6	180	10

참고 문헌

- [1] Sony web site <http://www.sony.com/>
- [2] J. Greenman, O. Holland, I. Kelly, K. Kendall, D. McFarland, and C. Melhuish, "Towards robot autonomy in the natural world: A robot in predator's clothing," *Mechatronics*, vol. 13, Issue 3, pp. 195-228, April, 2003.
- [3] I. D. Kelly and C. Melhuish, "A slug detection system for the SlugBot," *Towards Intelligent Mobile Robots (TIMR01)*, University of Manchester, UK. Technical Report Series, Department of Computer Science, Manchester University, ISSN 1361-6161, Report number UMCS-01-4-1, April 2001.
- [4] I. D. Kelly, O. Holland, and C. Melhuish, "SlugBot: A robot predator in the natural world," *The 5th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 5th '00) for Human Welfare and Artificial Liferobotics*, pp. 470-475, January 2000.
- [5] I. D. Kelly, O. Holland, M. Scull, and D. McFarland, "Artificial autonomy in the natural world: Building a robot predator," *Proc. of The 5th European Conference on Artificial Life, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne (EPFL)*, pp. 289-293, September 1999.
- [6] S. Wilkinson, "Gastrobots-benefits and challenges of microbial fuel cells in food powered robot applications," *J. Autonomous Robots*, vol. 9, no 2, pp. 99-111, September 2000.
- [7] C.-S. Park, B.-J. Choi, S.-H. Park, and Y.-J. Lee, "Design of an autonomous eating pet robot," *Proc. of International Conference on Control, Automation and Systems*, pp. 855-858, October 2003.
- [8] TMS320F2812PGFA manual.
- [9] Xilinx web site <http://www.xilinx.com/>



조 익 진

1977년 7월 1일생. 2003년 동양대학교 정보통신과 졸업. 현재 경북대학교 대학원 전자공학과 재학. 관심분야는 보행로봇, 엔터테인먼트 로봇 등.



이 연 정

1961년 9월 10일생. 1984년 한양대학교 전자공학과 졸업. 1986년 한국과학기술전기 및 전자 공학과 석사. 1994년 동 대학원 박사. 현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 부교수. 관심분야 보행 로봇, 서비스 로봇, 지능제어, 임베디드 시스템.

베드디 시스템.