

자율섭취기능을 갖는 생체 모방형 4족 보행로봇

Bio-mimetic Quadruped Walking Robot with Autonomous Eating Function

박 세 훈, 김 경 호, 정 길 웅, 김 관 훈, 이 연 정*
 (Se Hoon Park, Kyung Ho Kim, Kil Woong Jung, Goan Hun Kim, and Yun-Jung Lee)

Abstract : This paper introduces a new entertainment robot called ELIRO-II(Eating Lizard ROBot version 2)which is a bio-mimetic quadruped walking robot with autonomous eating function. We focus on the realization of the behavior of an animal, i.e., wandering around to find food and eating food. The ELIRO-II is modeled after a lizard, which has four legs, 2-DOF waist-joint, an eye part, a mouth part and a stomach part. The effectiveness of the developed robot is shown through real experiments.

Keywords : bio-mimetic, entertainment, autonomous eating, quadruped walking robot

I. 서론

과거 로봇은 생산력을 증대시켜 산업발전을 위한 거대한 산업용 로봇이 주를 이루었지만 최근 급격한 과학의 발달로 인하여 생활 깊숙이 로봇이 자리잡고 있다. 동물이나 인간을 모방한 생체모방(bio-mimetic) 엔터테인먼트로봇(entertainment robot)은 최근 개발된 로봇의 대표적인 예로서 국내외적으로 차세대 성장 동력산업의 핵심으로 부상하고 있다. 특히 강아지나 고양이와 같은 애완동물을 닮은 생체모방 엔터테인먼트로봇은 1999년 소니사가 강아지 로봇인 AIBO[1] 를 출시하면서 많은 산업적 · 사회적 관심을 끌어들였다.

기존의 생체모방형 로봇들은 다양한 생체모방기능을 가지고 있으나 애완동물과 같이 애착을 느끼고 보다 많은 관심을 기울이기에는 다소 미흡한 면이 있다. 인간은 애완동물에게 먹이를 주면서 친근감을 느낄 뿐 아니라, 애완동물이 먹이를 먹는 모습을 보는 것에서도 친근감을 느낀다. 따라서 애완동물에게 먹이를 주고 배설물을 치운다는 것은 인간으로 하여금 애완동물을 ‘키운다’ 또는 ‘기른다’는 감정을 느끼게 함으로써 더욱 애정을 갖게 하는 중요한 요소라 할 수 있다. 그러므로 먹이 섭취기능을 추가하여 실제 애완동물과 같이 먹이를 주며, 기르는 감정을 유발시킴으로써 로봇-인간과의 상호작용을 통해 서로의 긴밀한 유대관계를 형성할 수 있는 로봇개발은 매우 흥미로운 연구주제이다.

최근 개발된 Slugbot (Lan Kelly, 2000)[4]과 Gastrobot (Wilkinson, 2000)[5]은 자율 섭취기능이 있는 로봇으로서 실제 민달팽이나 설탕물을 먹고 이를 에너지화 할 수 있으나 부피가 크고 무거운 에너지 변환장치를 필요로 하기 때문에 개인이나 가정환경에서 사용하기에는 매우 부적절하다. 한편 대부분 로봇은 내장된 배터리를 전지로 사용하기 때문에 소형의 배터리를 먹이로 할 경우 별도의 에너지 변환장치가 필요

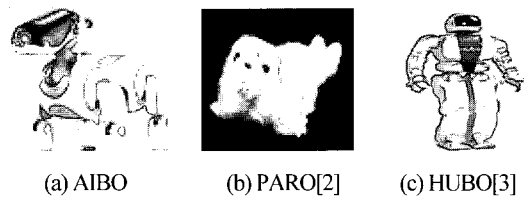


그림 1. 생체모방로봇의 예.
 Fig. 1. Example of bio-mimetic robots.

없을 뿐더러, 활발한 2차 전지개발에 비추어 볼 때 고효율의 2차 전지만 개발된다면 충전시간이 필요없이 섭취된 배터리만으로 동작할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 소형의 배터리를 먹이로 하고 동물과 유사한 자율섭취 · 저장 · 배설기능을 갖는 새로운 생체모방 엔터테인먼트로봇을 제안한다.

제안된 생체모방로봇은 크게 에너지원(배터리)을 찾기 위한 비전부, 찾은 배터리를 먹고 이를 에너지화 하기위한 섭취부, 그리고 마지막으로 실제 동물처럼 움직이기 위한 보행부로 구성된다. 2장에서는 제안된 기능에 대한 메커니즘과 제어방법을 기술하고 3장에서는 실제 실험을 통하여 제안된 로봇의 기능을 검증한다.

II. 생체모방형 4족 보행로봇

ELIRO-II (Eating Lizard ROBot version 2)는 도마뱀을 모방한 생체모방형 4족 보행로봇으로서 소형 배터리를 찾아서 먹는 자율섭취로봇이다.

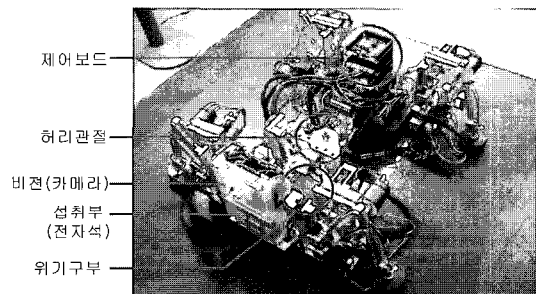


그림 2. ELIRO-II 사진.
 Fig. 2. Photo of ELIRO-II.

* 책임저자(Corresponding Author)
 논문접수 : 2005. 12. 15., 채택확정 : 2006. 2. 25.
 박세훈, 김경호, 정길웅, 김관훈 : 경북대학교 전자공학과
 (mbb@ee.knu.ac.kr/sokyoun0411@hanmail.net/jkw0409@hanmail.net/gnn@ee.knu.ac.kr)
 이연정 : 경북대학교 전자전기 컴퓨터학부(yjlee@ee.knu.ac.kr)
 ※ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2003-000-10418-0)지원으로 수행되었음.

표 1. ELIRO-II 세부제원.

Table 1. Specification of ELIRO-II.

재질	광경화성수지 및 알루미늄 60계열
크기	462L×330W×193H(mm)
무게	16kg
자유도 (DOF)	19자유도: 허리2자유도, 3×4 다리 자유도 외 5자유도
모터	RC 서보모터(5995TG): 13개 DC 모터(KM3448D): 6개
비전	휴대폰용 CMOS카메라
다리구조/ 도달영역	Pantograph/ 80 Pitch×70 Width×120 Height(mm)
제어기	TMS320F2812×2
허리관절각	-30° ~ 30°
공급전원	DC 11.1[V]×2(For DC motor) DC 7.4 [V]×4(For RC motor)

그림 2는 개발된 ELIRO-II의 사진이다. 몸체는 3자유도를 가진 4개의 다리와 2자유도를 가진 허리로 구성되어 있으며 섭취부는 머리(비전), 혀 및 배터리팩 등으로 구성되어 있다. 다음 표 1은 ELIRO-II의 세부제원을 나타낸다.

전체 크기는 기존의 애완용 로봇(AIBO)에 비해 2배 정도 이고 무게는 각 다리를 포함해서 상체(머리무게 포함) 8kg, 하체(전원배터리포함) 8kg이다. 그리고 모터는 각 다리의 3자유도 구동을 위해 4다리에 12개의 모터를 사용하였다. 허리 관절은 패시브하게 좌우회전이 가능하고 상회회전에는 1개의 모터를 사용하였다. 머리, 혀, 섭취된 배터리 극성 판별부, 배터리팩 회전 및 배터리 삽입, 배설용으로 각각을 사용하여 전체 19개의 모터를 사용하였다. 먹이용 배터리를 인식하기 위해 휴대폰용 CMOS 카메라(640×480)를 사용하였으며 배터리 섭취를 위한 전자식 구동 및 보행에 필요한 12개의 모터 구동을 위해 각각 전원 배터리를 병렬로 연결하여 최대 허용 전류용량을 늘려 사용하였다. 마지막으로 제어기는 영상처리 전용 부 제어기와 모터제어를 위한 주 제어기로 나누어 2개의 TMS320F2812를 사용하여 구현하였다.

1. 비전부

스스로 먹이용 배터리(Fig. 3(a))를 찾을 수 있도록 하기 위해 ELIRO-II의 머리 부분에 비전기능을 구현하였다. 먹이용 배터리는 1.2V, 80Ma의 Ni-Cd 버튼형 2차 전지를 사용하였고 배터리 탐색을 위해 640×480의 해상도를 가진 CMOS 이미지 센서(Fig. 3(b))를 사용하여 인터페이스 회로를 포함한 영상처리보드를 제작하였다.

그림 4는 영상처리보드의 전체 구성도로서 FPGA를 통해 CMOS 이미지 센서를 제어하고 이로부터 받은 영상정보(YCbCr)를 제어기에서 신호처리하여 배터리의 위치를 구한다. 이때 먹이용 배터리는 손톱 크기 정도로 매우 작기 때문에 주위환경의 영향 때문에 찾기가 힘들다. 그래서 배터리 둘레에 피복을 입히고 색상분리법과 그룹핑(grouping) 알고리즘을 이용하여 배터리의 위치를 구하였다.

그림 5는 배터리를 찾는 과정에서 영상처리된 이미지 데이터를 나타낸다.

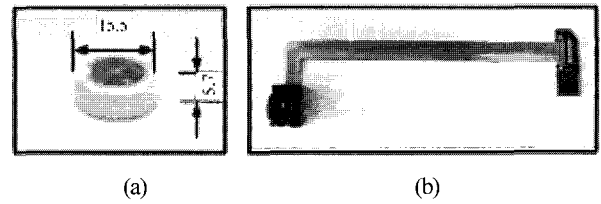


그림 3. 먹이용 배터리 및 CMOS 카메라.
Fig. 3. Battery and CMOS camera.

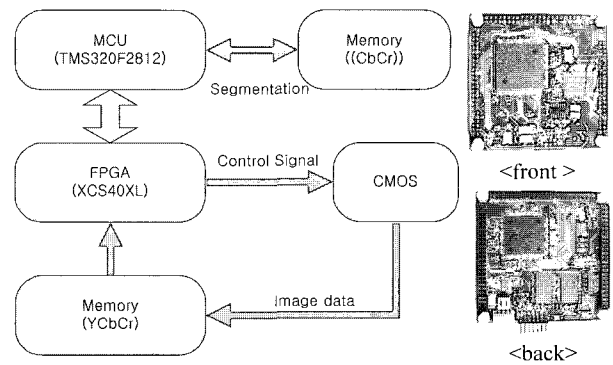


그림 4. 영상처리보드 블록다이어그램.
Fig. 4. Block diagram of a image processing board.

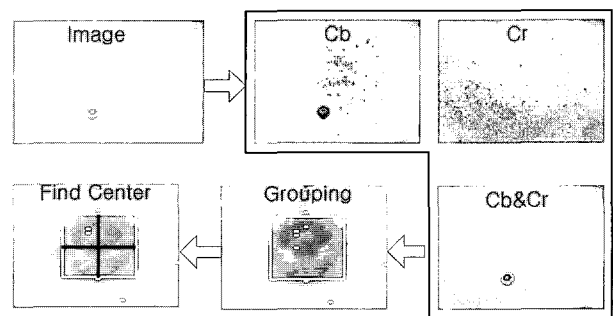


그림 5. 영상신호처리과정.
Fig. 5. Image signal processing.

먼저 CMOS 이미지 센서에서 받은 영상 데이터로부터 Y 신호를 제거한 후 Cb & Cr 색상을 분리한다. 그리고 그룹핑을 통해 배터리를 보다 정확하게 탐색한 후 배터리의 센터를 구한다. 이때 구한 좌표값으로부터 룩업 테이블을 통해 실제 거리와 각을 구할 수 있다. 이때 배터리와의 거리가 160mm ~ 550mm 내에 존재할 때 ±10mm 오차를 가지고 있고 각도 오차는 -17° ~ 17° 내에서 0.7° 오차를 가진다.

2. 섭취부

엔터테인먼트용 생체모방로봇이 자율섭취기능을 가지기 위해서는 로봇의 크기, 무게, 사용환경에 대한 적합성 등이 고려되어야 한다[6,7]. 생체 모방의 실현 및 에너지 효율의 증대를 위하여 실제 애완용 동물과 유사하며 가능한 기구부를 소형화하고 단순화하여야한다. 그림 3에서 알 수 있듯이 소형의 배터리를 사용한 이유도 위와 같다. 먹이용 배터리가 커지면 이를 섭취하고 저장하는 기구부 역시 커져야 되기 때문에 에너지 효율이 떨어지고 몸체가 커질수록 엔터테인먼트용으로는 사용이 어렵기 때문이다.

로봇의 자율섭취 기구부는 그림 6과 같이 크게 머리 기구부와 위 기구부로 나눌 수 있다. 머리 기구부는 배터리 섭취를 위한 혀 기구부와 이미지 센서를 설치할 공간을 제공하고, 위 기구부는 머리 기구부에서 섭취된 배터리를 저장소(배터리팩)까지 전달하기 위한 목 기구부와 배터리를 저장하고 소모된 배터리를 배출하기 위한 위 기구부로 구성된다.

2.1 머리 기구부

머리 기구부의 주요역할은 상체의 끝부분에 위치하여 먹이용 배터리를 채집하여 위 기구부까지 안전하게 전달하는 것이다. 동물이 먹이를 채집하는 방법은 크게 세가지로 분류될 수 있다. 첫째는 원숭이나 침팬지처럼 손이나 발을 사용하여 먹이를 집어올려 입으로 섭취하는 방법이고, 둘째는 강아지나 고양이처럼 입으로 직접 물어서 섭취하는 방법이다. 마지막 방법은 악어나 도마뱀처럼 혀를 사용하여 먹이를 섭취하는 방법이 있다. 본 로봇에서는 어떤 부가적인 장치를 사용하거나 복잡한 메커니즘의 사용을 피하기 위해 혀를 사용하는 방법을 응용하여 메커니즘을 설계하였다.

본 논문에서는 그림 6과 같이 대칭적으로 혀 기구부의 상판과 하판에 3개의 보빈을 설계하여 6개의 전자석을 배열하여 혀 기구부를 설계하였다. 전자석은 전류를 ON/OFF함으로써 먹이용 배터리를 쉽게 혀로부터 분리할 수 있으므로 채집된 배터리를 혀로부터 분리하기 위한 별도의 장치가 필요없다.

2.2 위 기구부

위 기구부는 먹이용 배터리를 목 기구부로부터 전달 받아 배터리의 극성을 판별하고 극성에 맞게 배터리팩에 축적하여 에너지원으로 사용한 후 소모된 배터리를 로봇 밖으로 배출하는 기능을 담당한다. 위 기구부는 그림 7과 같이 목 기구부와 극성 판별부, 배터리팩, 배터리 방출부로 구성이 되며 정확한 위치에 배터리를 이동시키기 위해서는 정밀한 설계와 제어가 필요하다. 먼저 섭취된 배터리의 이동과정을 살펴보면 그림 8과 같이 기구부가 배치된 순서대로 목 기구부, 극성판별부, 배터리팩순으로 이동한다.

2.2.1 목 기구부

목 기구부는 머리 기구부로부터 직접 배터리를 넘겨받아 자유낙하하는 힘으로 극성 판별부까지 전달해야한다. 이때 경사각이 너무 낮거나 통로가 길 경우 밀면 마찰력에 의해 목 기구부에서 배터리가 멈출 수 있다. 또한 통로에 격이는 부분이 존재할 경우 낙하속도가 충분히 감소할 수 있다. 그래서 경사각 20°로 하고 자유낙하시 낙하속도를 유지하기 위해 통로 모서리를 곡면으로 설계하였다.

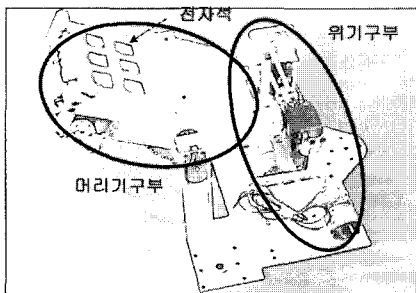


그림 6. 자율섭취 기구부.
Fig. 6. Autonomous feeding mechanism.

2.2.2 극성 판별부

극성 판별은 배터리팩에 여러 개의 배터리를 저장할 때 극성을 같은 방향으로 맞추기 위한 장치이다. 목 기구부에서 내려온 먹이용 배터리를 슬라이드 가이드를 이용하여 극성을 판별할 수 있는 위치까지 정확하게 이동시킨다. 이동된 배터리는 극성 판별부 내에 판스프링으로 고정된다. 판별된 배터리의 극성이 반대인 경우 판별부를 회전시켜 또 한번의 슬라이드 가이드의 움직임에 따라 배터리팩으로 삽입된다.

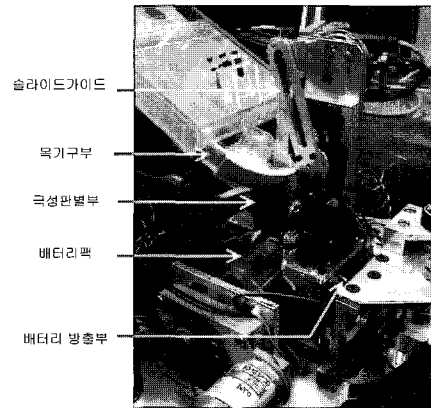


그림 7. 위 기구부.
Fig. 7. Stomach part.

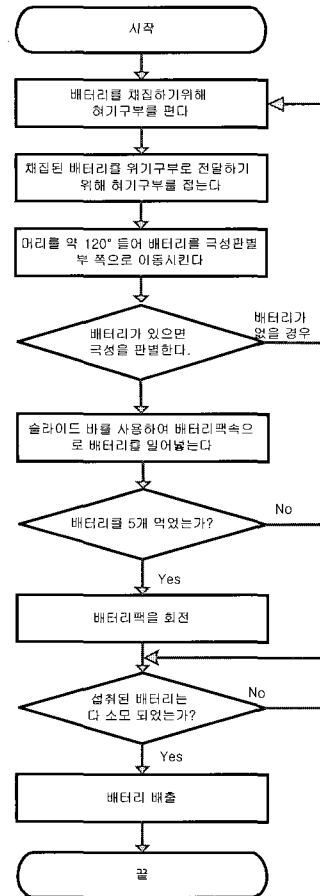


그림 8. 배터리의 이동과정.
Fig. 8. The flow of the eaten battery.

2.2.3 배터리팩

배터리팩은 섭취한 먹이용 배터리를 저장하는 공간으로 그림 9와 같이 4개의 배터리팩이 원통형으로 결합된 구조이다. 저장된 배터리는 한 팩에 5개의 배터리가 가득 채워져 있어야 에너지원으로 사용할 수 있다.

배터리팩에 저장된 배터리는 음성 출력단의 입력전원으로 사용하기 위해 브러쉬와 정류자를 이용하여 음성출력단의 전원으로 공급한다. 이는 배터리팩에서 배터리를 방출하거나 다른 팩에 배터리를 저장할 때 배터리팩이 회전하더라도 연속적으로 전원공급을 가능하게 해 준다.

2.2.4 배터리 방출부

배터리 방출부는 배터리팩에 저장된 배터리가 더 이상 쓸모가 없을 때 팩 밖으로 배출해 내기 위한 장치이다. 배터리팩에 소모된 먹이용 배터리가 가득 차 있을 경우 이를 밖으로 빼내기 위해서는 큰 토크가 필요하다. 그래서 중력방향으로 힘을 가하여 모터의 부하를 최소화 하였다.

3. 보행부

섭취부를 이동시키는 방법에는 무한궤도, 바퀴를 이용하는 방법이 있지만 다리를 이용한 보행은 많은 애완동물이 실제 물체를 이동시 사용하는 방법으로 단순히 움직이는 기계가 아닌 실제 동물처럼 이동할 수 있으므로 인간과의 유대감을 더욱 확고히 할 수 있다.

보행로봇은 지금까지 무수히 많이 개발되었으며 걸음새 또한 매우 다양하게 연구되어져 왔다[8-18]. 하지만 물체를 자유롭게 구부러서 이동하는 동물의 걸음새와는 달리 대부분의 보행로봇은 단일 강체를 가진 몸체로 구성되어 있다. 그래서 실제 동물과 보다 유사한 걸음새와 동작을 구현하기 위해 2자유도 허리관절을 추가하여 ELIRO-II의 몸체를 구현하였다. 허리관절은 몸체를 지면과 평행하게 상체와 하체를 구부릴 수 있도록 패시브한 1자유도 관절과 지면과 수직으로 몸체를 구부릴 수 있는 액티브한 1자유도 관절로 구성되어 있다. 그리고 보행 시 허리관절과 몸체를 이동시키기 위해 3자유도를 가지는 팬토그래프(pantograph) 다리 구조를 구현하였으며 이를 구동하기 위한 모터 제어보드와 메인 제어기를 설계 제작하였다.

3.1. 허리관절 기구부

허리관절 기구부는 앞서 언급했듯이 그림 10과 같이 패시브한 수평회전부와 액티브한 수직회전부로 나눌 수 있다. 수평회전부는 주로 몸체를 좌우로 구부려 실제 동물(도마뱀, 악어)처럼 사실감있고 보다 안정되게 보행하는데 사용되며 수직회전부는 보행이 아닌 특별한 동작구현(상체 세우기)에 사용된다.

먼저 패시브한 허리관절을 가질 때 허리관절을 이용한 보행이 가능한 지 살펴볼 필요가 있다. 패시브한 허리관절을 가지고 지면과 일정한 높이를 유지한 채 보행할 경우 보행자세는 몸체 모서리에 있는 4개의 힘에 의해 결정된다. 이때 주어진 허리관절각이 4개의 힘에 의해 유일하게 정의되어야만 허리관절각을 일정하게 유지한 채 보행할 수 있다. 즉 xy 평면에서 수평 허리관절과 4개의 힘과의 거리가 항상 고정된 상태에서 상체허리관절각과 하체허리관절각이 결정되면 4개의 힘의 위치는 오직 하나의 해집합을 가진다. 그러므로

ELIRO-II와 같이 패시브한 허리관절을 가지더라도 4개의 힘을 이용하여 허리관절을 이용한 보행을 할 수 가 있다.

하지만 몸체를 지면에 상하로 움직이는 경우, 임의의 수직 허리관절각에 의해 4개의 힘의 위치가 하나의 해집합을 가지더라도 반드시 구동 액츄에이터가 필요하다. 왜냐하면 그림 11과 같이 몸체에 수직으로 중력이 작용하면 몸체에 비해 상대적으로 가벼운 다리가 제자리를 지지하지 못하고 허리가 꺾이면서 다리를 밀어낼 수 있기 때문이다.

3.2 다리기구부

보행시 몸체를 공간상의 임의의 방향으로 움직이기 위해 그림 12와 같이 좌우(수평)방향과 수직(상하)방향의 병진운동을 하는 펜토그래프 메커니즘과 전 후 이동을 위한 수직회전축을 더하여 3자유도로 구현하였다. 이때 슬라이드 가이드상의 수평방향과 수직방향의 병진운동은 모터의 회전운동을 직선운동으로 바꾸는 크랭크 구조로 되어있다. 따라서

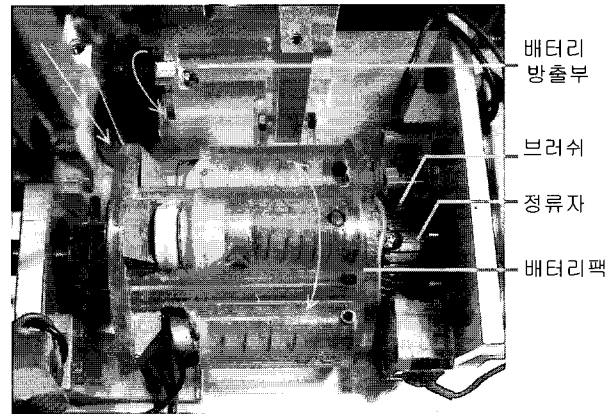


그림 9. 배터리팩 및 방출부.
Fig. 9. Battery pack structure and elimination part.

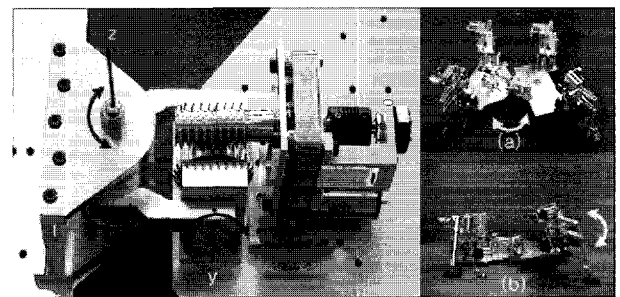


그림 10. 허리관절 기구부.
Fig. 10. 2DOF waist-joint structure.

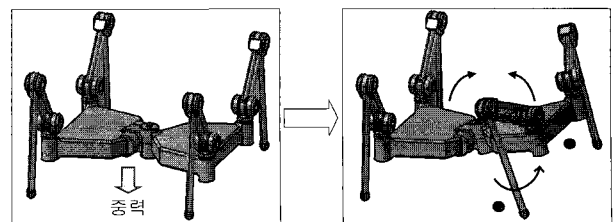


그림 11. 수직허리관절이 패시브할 경우.
Fig. 11. In case of a passive vertical waist-joint.

각 다리에 대하여 힘을 원하는 위치로 이동시키기 위해서는 그림 13과 같이 각 모터 회전각(θ)의 변화에 대한 직선방향의 변화(dx)를 구하여야 한다.

모터에 연결된 링크의 길이가 r 이고, 슬라이드 가이드에 연결된 링크의 길이가 l 일 때

$$l_x = -(r \cdot \cos\theta + \sqrt{l^2 - r^2 \cdot \sin^2\theta})$$

이고,

$$\cos\theta = \frac{l^2 - r^2 - l_x^2}{2rl_x}$$

로 나타낼 수 있다.

3.3 제어시스템 설계

제어시스템은 크게 그림 14와 같이 마이크로컨트롤러(TMS320F2812) 인터페이스와 모터 제어보드, 센서보드로 구성되어 있다. 모터 제어보드는 몸체 및 배터리 삽취부에 사용되는 모든 모터를 제어하기 때문에 FPGA를 사용하여 13개의 RC모터 제어 신호를 생성하고 L298을 사용하여 6개의 DC 모터 제어신호를 생성하였다. 그리고 비전으로부터 배터리의 위치정보를 RS232통신을 통해 전달받고 그의 필요한 센서 정보는 센서보드를 제작하여 메인 제어기의 입력신호로 사용하였다.

3.4 걸음새 계획

비전으로부터 먹이용 배터리의 위치를 전달받아 이를 삽취하기 위해서는 몸체를 안전하게 원하는 장소까지 이동하

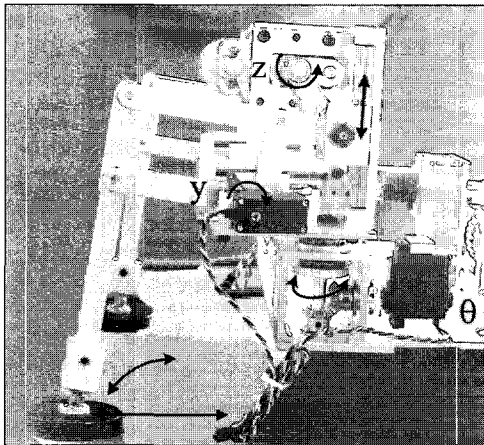


그림 12. 팬토그래프 다리구조.
Fig. 12. Pantograph leg mechanism.

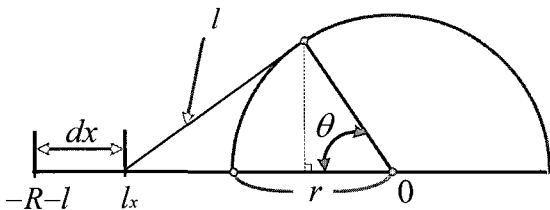


그림 13. 회전각 변화에 따른 직선방향의 변화량.
Fig. 13. The variation of the length according to the rotate angle.

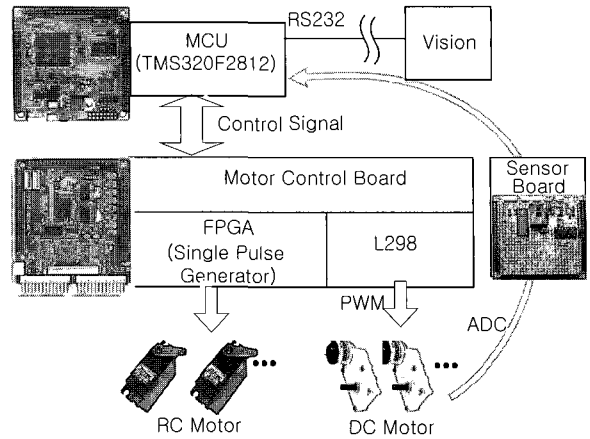


그림 14. 제어 시스템 블록 다이어그램.
Fig. 14. Block diagram of a main control system.

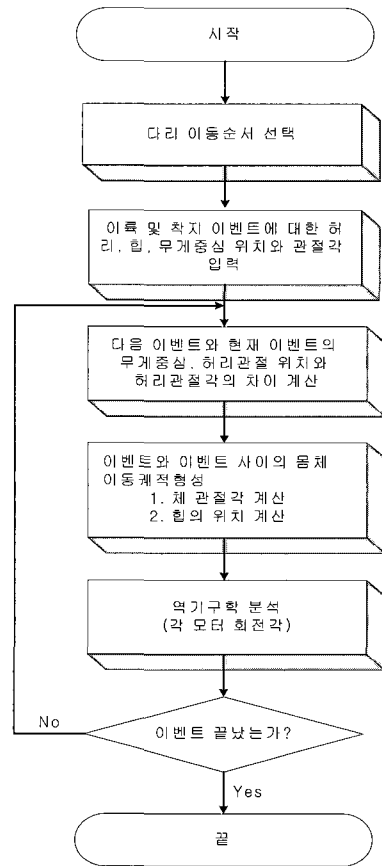


그림 15. 허리관절을 이용한 걸음새 알고리즘.
Fig. 15. Gait algorithm using a waist-joint.

여야 한다. 본 논문에서는 그림 15와 같이 허리관절을 사용하여 직진 및 회전 할 경우 불연속 지그재그 걸음새[20,21]와 스핀 걸음새[22]를 구현하였으며 그 외에 배터리를 삽취하기 위해 앉기, 일어서기, 상체 세우기 동작을 구현하였다.

III. 구현 및 실험

제한된 생체모방형 4족보행로봇 개발에 필요한 메커니즘 및 제어 시스템, 걸음새 계획의 타당성을 검증하기 위해 실

제 실험을 진행하였다. 실험과정은 그림 16과 같이 영상처리 보드를 사용하여 배터리의 위치를 찾은 후 직진 및 회전 걸음새를 이용하여 배터리 바로 앞에까지 보행한다. 그 다음 착지한 후 전자석을 이용한 삽취부를 통해 배터리를 삽취한 후 머리를 들어 목기구부를 거쳐 극성 판별부까지 배터리를 이동시킨다. 그리고 슬라이드 가이드로 배터리를 배터리팩

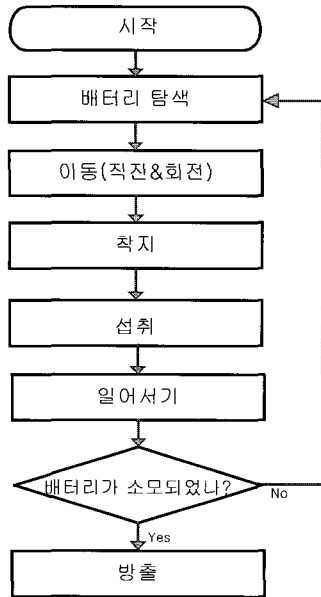


그림 16. 배터리 삽취 및 방출 과정.
Fig. 16. Autonomous feeding and elimination sequence.

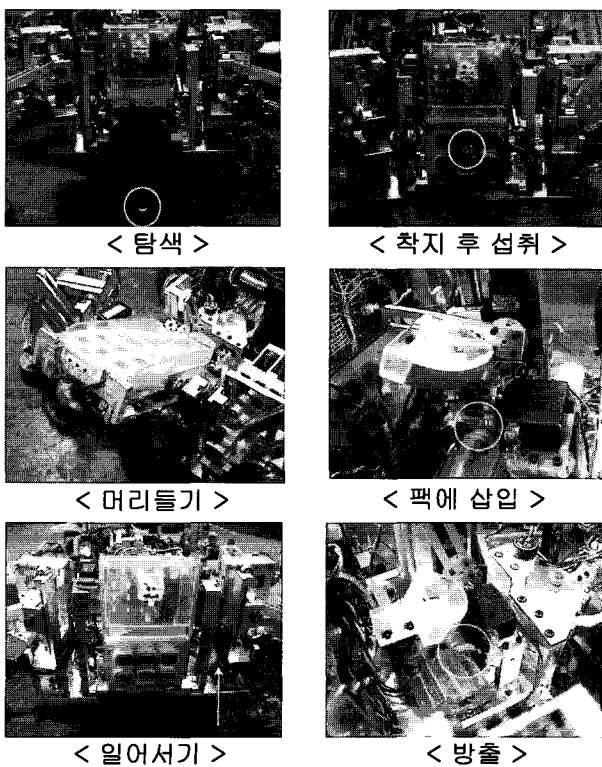


그림 17. 배터리 삽취 및 방출 테스트.
Fig. 17. Test of the feeding and elimination of the battery.

까지 깊숙이 밀어 넣는다. 이와 같은 과정을 반복적으로 5번 한 후, 이를 음성 출력 보드의 전원으로 사용한다. 따라서 배터리의 전원이 충분하면 출력 음성이 커지고 배터리 전원을 소모하면 음성출력은 작아진다. 이는 실제 사람이나 동물처럼 배가 고프면 목소리가 작아지는 것과 유사하다.

그림 17은 ELIRO-II가 실제 배터리를 찾아 먹는 과정을 나타낸다. 다음 그림 18은 보폭 60mm, 4-2-3-1 다리 이동순서로 직진하는 과정을 나타낸다[20,21]. 4점 지지상태에서 몸체를 구부려 몸체 무게중심을 이동시키면서 보행하는 전형적인 불연속 걸음새 패턴을 나타낸다.

그림 19는 허리관절을 이용하여 1-3-2-4 다리 이동순서로 10° 회전하는 걸음새를 나타낸다[22]. 마지막으로 그림 20은 수직 허리관절각을 이용해 상체를 세우는 동작을 나타낸다.

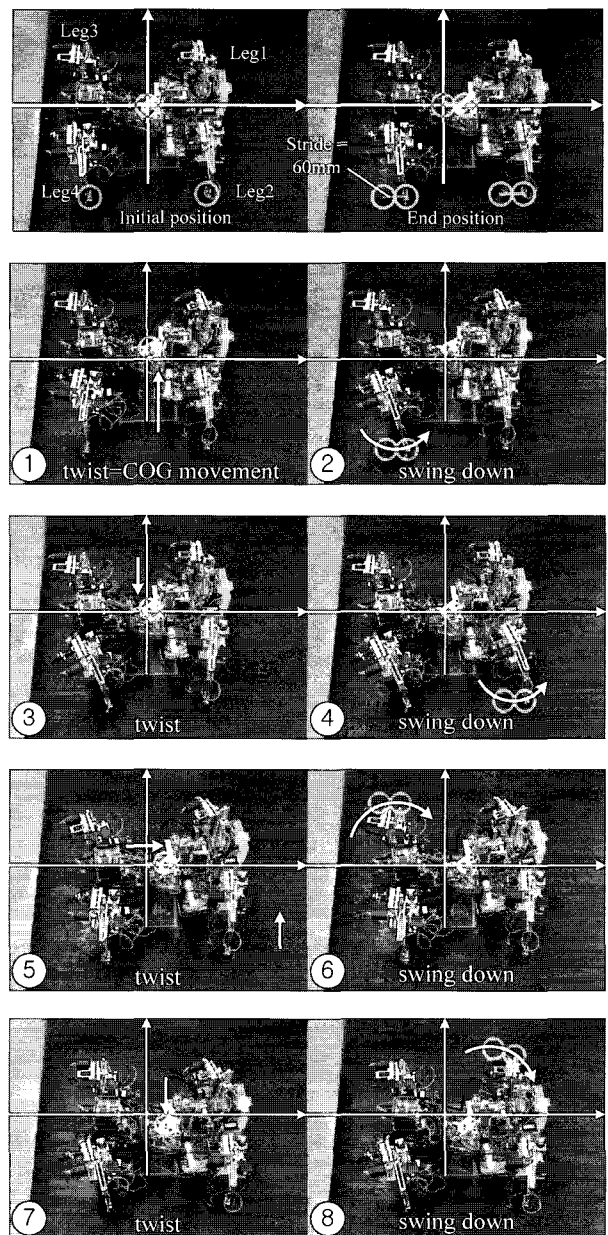


그림 18. 허리관절을 이용한 직진 보행.
Fig. 18. Straight forward walking using a waist-joint.

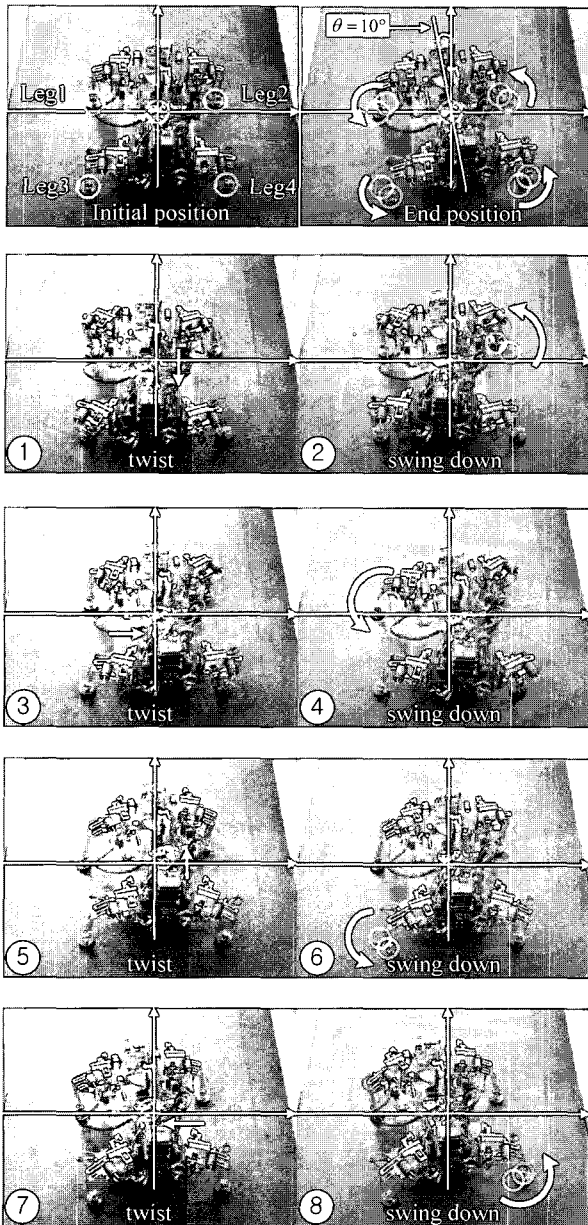


그림 19. 허리관절을 이용한 회전 걸음새.
Fig. 19. Turning gait using a waist-joint.

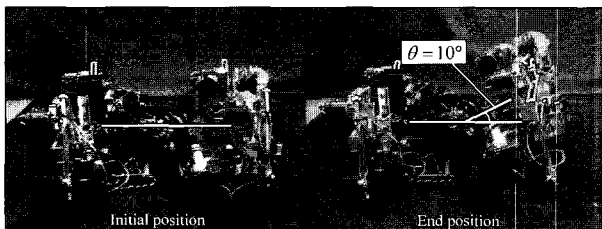


그림 20. 상체 세우기.
Fig. 20. Folding up the upper body.

IV. 결론

본 논문에서는 인간 친화적 생체모방형 4족 보행로봇으로서 자율섭취기능을 가지고 2자유도 허리관절을 가진 새로운 엔터테인먼트 로봇을 제안한다. 음식을 먹고 배출하고 또한

먹이를 스스로 찾는 기능은 모든 동물이 가지는 본능으로서 이러한 기능구현은 인간으로 하여금 로봇을 하나의 기계덩어리가 아닌 실제 애완동물인 것처럼 여겨지게 하므로 인간과 로봇간의 유대관계를 더욱 공고히 할 수 있다. 이러한 특징은 인류가 점점 고령화, 개인화 되어가는 사회현실을 고려할 때 엔터테인먼트 로봇에게 필요한 한 가장 큰 기능중의 하나이다.

개발된 ELIRO-II는 섭취된 배터리를 음성출력 전원으로 사용한다. 이러한 기능은 향후 2차 전지의 개발이 가속화 되어 작고 대용량의 먹이용 배터리가 개발되어지면 실제 동물처럼 몸통 전체를 움직일 수 있는 에너지원으로 사용할 수 있으므로 아주 유용한 기능이 될 수 있을 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 허리관절을 이용한 걸음새를 구현함으로써 실제 동물의 걸음새와 보다 유사한 걸음새를 구현하였다. 이러한 걸음새는 허리관절이 없는 강체인 단일 몸체를 가지는 보행로봇보다 보행시 안정성이 매우 뛰어나 다양한 보행을 가능하게 한다.

현재 수직허리관절을 이용한 걸음새는 아직 구현이 되지 않았지만 상체를 세우는 동작을 응용하여 향후 경사면이나 계단과 같이 지면이 불균일한 지형에서도 실제 동물과 같이 보행할 수 있는 걸음새를 연구중에 있다.

참고문헌

- [1] M. Fujita "On activating human communications with pet-type robot AIBO," *Proceedings of the IEEE*, vol. 92, pp. 1804-1813, Issue 11, Nov. 2004.
- [2] S. Takanori, W. Kazuyoshi, and T. Kazuo, "Subjective evaluation of seal robot at the Japan cultural institute in Rome," *Int. Conf. Control, Automation and Systems*, pp. 651-656, Korea 2003.
- [3] I-W. Park, J-Y. Kim, S-W. Park, J-H. Oh, "Development of humanoid robot platform KHR-2 (KAIST humanoid robot-2)," *Humanoid Robots, 2004 4th IEEE/RAS Int. Conf. on Volume 1*, pp. 292-310, 2004.
- [4] I. D. Kelly, O. Holland and C. Melhusish, "SlugBot: A robot predator in the natural world," *The 5th Int. Symposium on Artificial Life and Robotics for Human Welfare and Artificial Liferobotics*, pp. 470-475, Japan, 2000.
- [5] S. Wilkinson "Gastrobots-benefits and challenges of microbial fuel cells in food powered robot applications," *J. Autonomous Robots*, 2000.
- [6] C.-S. Park, B.-J. Choi, S.-H. Park, and Y.-J. Lee "Design of an autonomous eating pet robot," *ICCAS2003*, pp. 855-858, Korea 2003.
- [7] I.-J. Cho, B.-J. Choi, K.-W. Jeong and Y.-J. Lee, "Development of a bio-mimetic entertainment robot with autonomous feeding functionality," *ICCAS2004*, pp. 1525-1529, Thailand 2004.
- [8] S. Makita, N. Murakami, M. Sakaguchi, and J. Furusho, "Development of horse-type quadruped robot," *IEEE Int. Conf. Systems, Man and Cybernetics*, vol. 6, pp. 930-935, 1999.
- [9] H. Takeuchi, "Development of leg-functions coordinated robot "MEL HORSE"," *8th Int. Conf. Advanced Robotics*, pp. 59-64, 1997.
- [10] H. Tsukagoshi, S. Hirose, and K. Yoneda, "Maneuvering operation of the quadruped walking robot on the slope," *Procs.*

IROS, pp. 863-869, 1996.

- [11] H. S. Son and Z. N. Bien, *A study on turning gait for a quadruped walking robot*, Master thesis KAIST, 1990.
- [12] K. Kato and S. Hirose, "Development of the quadruped walking robot, "TITAN-IX"," *IEEE Conf. Industrial Electronics Society*, vol. 1, pp. 40-45, 2000.
- [13] K. Yoneda, Y. Ota, F. Ito, and S. Hirose, "Construction of a quadruped with reduced degrees of freedom," *IEEE Conf. Industrial Electronics Society*, vol. 1, pp. 28-33, 2000.
- [14] W. Ilg, J. Albiez, H. Jedele, K. Bems, and R. Dillmann, "Adaptive periodic movement control for the four legged walking machine BISAM," *Int. Conf. Robotics and Automation*, vol. 3, pp. 2354-2359, 1999.
- [15] M. H. Raibert and I. E. Sutherland, "Machines that walk," *Scientific America*, vol. 48, no. 8, pp. 32-41, 1983.
- [16] M. Anthony Lewis, *Self-organization of locomotory Controllers in Robots and animals*, Ph.D. Dissertation, University of Southern California, 1996.
- [17] I. Mizuuci, T. Matsuki, M. Inaba, and H. Inoue, "GA-based motion generation for quadruped robot which has soft spine structure," *17th Conf. Robotics Society of Japan*, pp. 199-200, 1999.
- [18] S. M. Song and J. K. Lee, "The mechanical efficiency and kinematics of pantograph type manipulators," *IEEE Int. Conf. Robotics and Automation*, vol. 1, pp. 414-420, 1988.
- [19] S. M. Song, J. K. Lee, and K. J. Waldron, "Motion study of two- and three-dimensional pantograph mechanism," *Mech. Mach. Theory*, vol. 22, no. 4, pp. 321-331, 1987.
- [20] S. H. Park and Y.-J. Lee, "Zigzag gait analysis of waist-jointed quadruped walking robot," *Int. Conf. Control, Automation and Systems*, vol. 23, no. 4, pp. 123-145, 2002.
- [21] D.-S. Kim, S. H. Park, K.-H. Kim, and Y.-J. Lee, "Development of a bio-mimetic quadruped walking robot with waist joint," *Int. Conf. Control, Automation and Systems*, pp. 1530-1534, Aug. 2004.
- [22] S. H. Park, D. S. Kim and Y.-J. Lee, "Discontinuous spinning gait quadruped walking of with a waist-joint," *IROS 2005*, pp. 38-43, 2005.



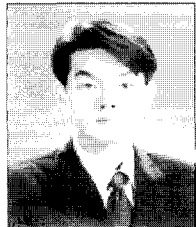
박 세 훈

1972년 8월 15일생. 1998년 경북대학교 전자공학과(공학사). 2000년 경북대학교 전자공학과(공학석사). 현재 경북대학교 전자공학과 박사과정. 관심분야는 지능 제어, 보행로봇의 걸음새 제어.



김 경 호

1978년 6월 20일생. 2004년 동서대학교 정보통신공학과(공학사). 2006년 경북대학교 전자공학과(공학석사). 관심분야는 지능제어, 보행로봇의 걸음새 제어.



정 길 응

1976년 4월 29일생. 2003년 창원대학교 메카트로닉스공학과(공학사). 2006년 경북대학교 전자공학과(공학석사). 현재 Hitach-LG 근무. 관심분야는 지능제어, 시스템 설계.



김 관 훈

1980년 2월 2일생. 2005년 경일대학교 제어계측공학과(공학사). 관심분야는 영상신호처리 및 시스템설계.



이 연 정

1961년 9월 10일생. 1984년 한양대 전자공학과 졸업. 1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사. 1994년 동 대학원 박사. 현재 경북대학교 전자전기 컴퓨터학부 부교수. 관심분야는 보행로봇, 서비스로봇, 지능제어.