
사족 보행로봇의 원격제어 구현

공정식* · 이인구** · 이보희***

The Implementation of Remote Control for a Quadruped Robot

Jung-shik Kong^{*} · In-gu Lee^{**} · Bo-hee Lee^{***}

이 논문은 2000년도 세명대학교 교내연구비를 지원받았음

요 약

본 논문은 네트워크를 이용하여 원격 제어가 가능한 사족보행로봇의 구현에 대하여 다루고 있다. 로봇이 평탄하지 않은 지면에서 작업하거나 인간 친화적인 요소를 부여하기 위해서는 인간이나 곤충과 같이 다리를 가지는 보행이 필수적이다. 제작된 사족 보행로봇은 장착된 센서와 구동부를 이용하여 기본적인 동작을 수행하는 동시에 유전알고리즘을 이용해 만들어진 진보된 걸음새를 가지고 있다. 또한 웹 브라우저를 이용하여 로봇의 명령을 만들고 현재의 상태를 모니터링 하는 등의 원격 동작을 수행하기 위해 네트워크를 통해 제어를 수행할 수 있게 하였다. 본 논문에서는 제작된 로봇의 기구적인 해석 결과를 다루었고 해석된 결과를 모의 실험과 더불어 실제 구현하여 제시된 방법의 유용성을 제시하였다.

ABSTRACT

This paper deals with the remote control of a quadruped robot by using network concept. In case we have to work out the designed plan under the irregular terrains and have the human friendly actions, our robot will be required to have walking capability, and patterns with legs, which are designed like gaits of insert, dog and human. Our quadruped robot(called SERO) has not only the basic actions operated with sensors and actuators but also the various advanced walking trajectories, which are generated by Genetic Algorithm. In addition, it has the remote controller in order to operate the remote actions such as generation of command via web browser and monitoring the robot status. In this paper the body and the controller structures are suggested and the results of kinematics analysis are also presented, All of the suggested motions of SERO are generated by PC simulation and implemented in real environment successfully.

키워드

quadruped robot, genetic algorithm, trajectory, human friendly actions, remote control

* 인하대학교 자동화공학과 통합과정 8차
***세명대학교 전기공학과 조교수

**세명대학교 전기전자대학원 석사 4차
접수일자 : 2002. 4. 15

1. 서론

인간 친화형 로봇이란 인간과 공존하면서 인간에게 즐거움과 기능성을 동시에 부여하는 형태의 로봇을 말하며 주로 인간 형태 혹은 애완 동물의 형태를 가지고 있다. 그런데 이들 로봇은 인간 주변의 환경과 접해 있기 때문에 계단을 오르거나 다양한 물체와 접촉을 하기 때문에 다리를 가진 형태의 로봇이 요구된다. 또한 이런 로봇은 인간 친화적인 요소로 발전하기 위해서는 형태적인 구조와 더불어 인공지능 요소를 갖는 기술 및 음성처리 기술, 구동기 제어기술 및 센서 장착 및 처리 기술과 이를 전체적으로 연결하여 제어할 수 있게 하는 통신기술과 마이크로프로세서 응용기술을 가지고 있어야 한다. 본 연구에서는 이런 기능을 연구하여 인간 친화적인 형태로 제작되면서 인간과 더불어 생활하고 오락기능이 부여된 소형 보행로봇에 초점을 맞추어 개발하려고 한다. 그 동안 이러한 종류의 로봇에 대해서는 많은 연구들이 있었고 최근에 들어 활발한 발표와 더불어 괄목할 만한 성과가 나오고 있다. 특히 일본의 ASIMO^[1]와 소니 사의 AIBO^[2], 육족 로봇 IOAN^[3] 및 TARRY^[4]가 대표적인 예이며 최근 들어 일본 동경대의 H5, H6^[5]와 Furuta의 Mk.1-Mk.5^[7]의 연구 결과가 큰 호응을 얻고 있다. 이런 추세에 맞추어 국내에서도 제네시스 정보통신의 강아지 로봇 제트[8] 및 미니로봇의 2족 보행로봇 엔토^[9]가 이미 개발 발표되어 있으며 점차 가능성이 첨가된 형태로 다양하게 발전을 이루고 있다. 이러한 로봇은 인간과의 감각과 결합하여 음성을 인식하거나 출력하고 장애물 회피 및 극복과 같은 동작들을 수행할 수 있으며 전반적으로 인간과의 교감활동을 수행하고 있다. 이러한 제어를 수행하고 구현하기 위해서는 로봇 자체내의 자원으로만 동작을 수행하기에는 부족하며 외부의 계산 성능이 좋은 호스트용 컨트롤러를 따로 두어 네트워크를 이용하여 제어하는 분산 제어가 바람직하다.

이런 원격 개념의 분산 제어를 수행 하기 위해서는 인터넷을 이용하거나 현재 많이 규격화된 USB라던지 직렬통신을 이용하여 수행할 수도 있고 이동로봇의 특수한 자율이동 개념으로 볼 때 무선화 하는 것도 연구되고 있다. 이러한 원격제어를 구현하면 로봇의 호스트에서는 비전에 관한 응용동작을 만드는 부분을 담당하던가 혹은 음성처리와 같은 휴먼 인터페이스 부분을

처리하는 연산을 많이 쓰는 부분을 처리하고 하부에서는 로봇의 자율을 위한 동작 및 센서와의 접속만을 고려하여 분산 수행하는 것이 바람직하다. 본 논문에서는 먼저 강아지 형태의 4족 보행 로봇을 설계 및 제작한 후 카메라와 네트워크를 통해 로봇 사용자가 원격으로 유전알고리즘을 이용하여 생성된 4족 로봇의 인간 친화 동작을 제어하는 방법을 제시하고자 한다.

II. 4족로봇의 기구부 구성

2.1 SERO IV의 전체구조 및 제어기

SERO IV의 구조는 강아지를 흉내낸 사족 보행 로봇이며 구동 관절은 각 다리에 3개씩 능동관절을 두어 직진 보행과 회전보행을 할 수 있게 하였으며 구동부는 제어 및 설치가 간편한 RC 서보 모터를 기반으로 전기적인 PCB와 결합된 형태의 구조물을 만들어 일체화 시켰다. 그림 1은 전체 로봇의 구조이다. 사용된 RC모터는 1.5msec에서 중심각도를 가지며 0.7msec에서 -90도 2.3msec에서 +90의 각도로 움직이며 그사이에 PWM제어 형태로 동작하게 설계하였다. 구동부를 제어하는 제어부는 리눅스 기반의 임베디드 시스템인 ETRAX100Lx모듈이며 이 모듈에는 병렬 프린터 포트 2개와 RS422 접속 2개 그리고 USB 및 LAN이 내장되어 있어 원격제어를 할 수 있는 구조로 되어 있다^[10]. 구동기를 제어하기 위한 보조 프로세서로는 Atmega103^[11]를 사용하였다. 이렇게 메인 컨트롤러와 서브 컨트롤러를 구분하여 분산제어를 함으로서 하드웨어 제어 프로그램과 응용프로그램의 서로 연관된 부분을 작게 만들고 부하의 균등화를 도모하였다. 서브 컨트롤러는 마스터 격인 메인 컨트롤러에서 지정한 명령치를 받아서 주어진 데이터가 갱신되지 않는 한 현재의 값을 유지하며 작업을 수행한다. 이러한 구조는 구동기 제어뿐만 아니라 로봇의 주변 환경을 인식하기 위한 센서 제어에서도 같은 방법을 적용한다.

이때 사용되는 센서에는 초음파 거리센서와 적외선 거리센서가 있고, 로봇 자체의 상태를 검출하기 위하여 로봇의 다리부에는 지면 감지센서를 장착하였다. 그리고 머리부에는 USB 인터페이스로 접속되는 카메라를 탑재하여 주변 환경 인식과 로봇의 진행 상황을 검출하는 용도로 사용되었다.

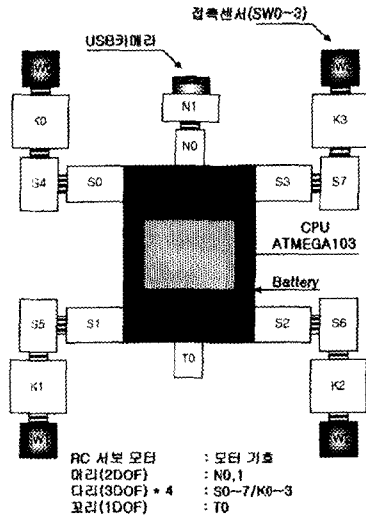


그림 1. SERO IV의 전체 구성도
Fig. 1. Total configuration of SERO IV

2.2 SERO IV의 기구학 분석

SERO IV의 동작들은 기본 걸음새와 이를 변형한 응용 동작으로 구분된다. 외형적으로는 네발 동물의 형태에 더욱 근접한 형태로 강아지의 형상을 추구하였다. 구동기는 총 15개의 모터로 구성되어지며, 각 다리마다 3자유도를, 머리 부분은 2자유도를, 꼬리 부분은 1자유도를 가진다. 그림 2는 SERO IV의 좌표계 시스템이다. 다리부에서 두개의 모터는 다리의 전후진 이동과 올리고 내리는 동작을 구현하여 어깨의 역할을 담당하고 나머지 한 개의 모터는 무릎의 역할을 하게 된다. 무릎 관절의 추가로 보다 정확하고 안정된 보행을 보장하게 된다.

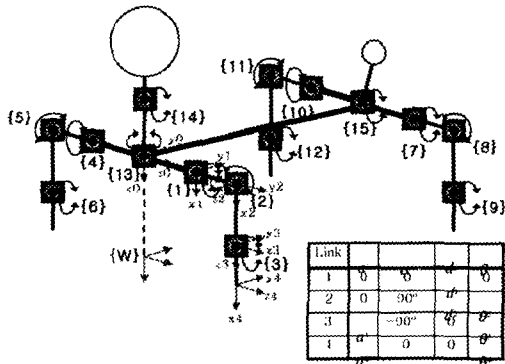


그림 2. SERO IV의 좌표계 시스템
Fig. 2. Coordinate system of SERO IV

SERO IV의 기구학은 로봇을 위에서 보았을 때 해석을 간편히 하기 위해 왼쪽 앞다리에 대한 해석을 하고 나머지 다리는 좌표계 위치를 간략하게 이동시키는 방법을 사용하였다. 다리부의 각각의 기구학 해석 결과 움직임 작은 아래와 같이 된다

$$\theta_1 = \text{asin}\left(\frac{P_y \cos \theta_2 - P_x \sin \theta_2}{a_1}\right) \quad (1)$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{a_y}{a_x} \quad (2)$$

$$\theta_3 = \text{asin}\left(\frac{P_z - d_2 - d_1}{a_1 \cos \theta_1 + a_3}\right) \quad (3)$$

여기서, $P_x, P_y, P_z, a_3, a_4, d_1, d_2$ 는 DH변수들의 미한다. 또한, 나머지 다리들의 기구학은 기준 좌표값만이 다르므로 위의 결과에 기준 좌표계만 변경된 값으로 설정하면 되며 수식(1)-(3)과 같은 값에서 오프셋 값만 변경하면 쉽게 구할 수 있다.

III. 궤적 계획

4족 보행 로봇 SERO VI의 부드러운 동작 수행을 위하여 각각의 보행 패턴에 대한 경유정보를 추론한 후, 이를 토대로 5차 다항식 곡선을 이용하여 궤적 획을 수행하였다. 5차 다항식 곡선을 이용할 경우 각각의 경유점에 대한 위치, 속도, 가속도의 정보가 들어가고, 경유점의 가속도가 3차 곡선으로 표현되므로, 물체의 충격량까지 고려 가능하다. 궤적 계획에 대한 5차 다항식 과 각각의 계수 값은 중간 경유치의 경계 조건으로부터 식 (4)로 표현된다.

$$y(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5$$

$$a_0 = p_i$$

$$a_1 = v_i$$

$$a_2 = \frac{a_j}{2}$$

$$a_3 = \frac{20p_f - 20p_i - (8v_f + 12v_i)\Delta t_f - (3a_i - a_j)\Delta t_f^2}{2\Delta t_f^3}$$

$$a_4 = \frac{30p_f - 30p_i + (16v_f + 14v_i)\Delta t_f + (3a_i - a_j)\Delta t_f^2}{2\Delta t_f^4} \quad (4)$$

$$a_5 = \frac{12p_f - 12p_i - (16v_f + 14v_i)\Delta t_f + (a_i - a_j)\Delta t_f^2}{2\Delta t_f^5}$$

여기서 $\alpha_0 \sim \alpha_5$ 는 궤적 생성 시 초기 조건과 최종 조건에 의해 생성되는 매개변수이고 $y(t)$ 는 시간 t 에 대한 각 다리 말단 좌표의 위치 정보이다.

그러나 일반적인 5차 다항식 곡선을 이용하여 궤적 계획을 수행할 경우, 경유점 중간에서 다리부의 작업 범위 밖으로 범위가 벗어날 수 있고, 5차 다항식 곡선을 통한 해석을 통해 말단부분의 움직임이 부드럽게 생성한다고 해도 각 관절의 움직임이 부드러워진다고 보장할 수 없기 때문에, 궤적 생성시 관절의 부하를 줄이고 각 관절의 움직임을 보다 부드럽게 움직이게 하기 위하여 유전 알고리즘을 이용한 궤적 생성을 수행하였다.

3.1 유전 알고리즘을 이용한 궤적계획

유전 알고리즘은 진화 현상에 기초한 계산 모델로써 병렬적이고 전역적인 탐색 알고리즘이며 주어진 다양한 환경 속에서 적용하여 적합한 것만이 살아 남는다는 적자생존의 이론을 기본으로 한 알고리즘이다. 유전 알고리즘에서는 생물학적 유전자인 염색체에 해당하는 문자열을 자기고 생물과 같은 재생산, 교배, 돌연변이를 거쳐서 다음 세대로 새로운 자손을 인공적으로 만들어낸다[12-13]. 표(1)은 유전 알고리즘의 각각의 매개변수 값이다. 여기서 θ , $\bar{\theta}$, $\bar{\theta}$ 는 각 관절의 위치, 속도 가속도를 나타낸다.

표 1. 유전 알고리즘 변수
Table 1 Parameters of GA

매개변수	입력값	매개변수	입력값
개체군의 크기	100	세대수	100
교배율	0.6	돌연변이율	0.03
스트링 길이	90		
적합도 함수	$\frac{1}{\sum (\bar{\theta}_{i+1} - \theta_i)^2 + \sum (\bar{\theta}_{i+1} - \bar{\theta}_i)^2}$		

궤적 생성 시 각 축에 대해 3개에서 5개의 경유점을 가지고 있으며, 이때 유전 알고리즘을 이용하여 중간 경유점에 대한 속도 가속도를 결정하므로 최대 18개의 경유 정보가 필요하므로, 이로부터 스트링의 길이를 18의 배수인 90으로 하였다. 적합도 함수를 각 관절의 속도와 가속도의 변화량을 최소화 하도록 하여 관절 가속도의 변화량이 줄어들게 되어 관절의 충격량을 줄

이도록 하였으며, 속도와 가속도의 변화량이 최소화되게 하여 각 동작수행 시 보다 부드러운 동작을 수행할 수 있도록 하였다. 그림 3은 궤적 생성에 적용된 유전 알고리즘의 흐름도이다.

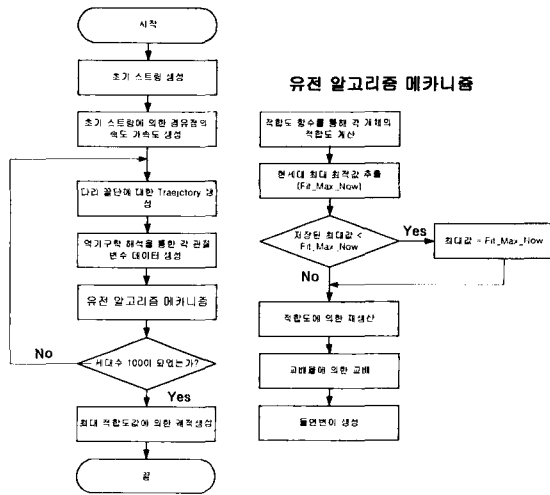


그림 3. 유전 알고리즘 순서도
Fig. 3 Flowchart of Genetic Algorithm

유전 알고리즘을 이용한 궤적 생성 알고리즘은 Microsoft사의 Visual C++을 이용하여 구현하였으며 Window 2000 환경 하에 Pentium Celeron 800에서 약 2분 정도의 소요시간을 보였다.

3.2 궤적 생성 비교

인간 친화적인 동작을 구현하기 위해 4족로봇의 움직임에 대한 동작을 정의하고 이에 따른 궤적을 생성하였다. 우선 강아지 로봇의 가상 기본적인 상체 울리기에 동작을 수행하고 이에 따른 관절의 추이를 살펴 보았다.

그림 4 6은 일어서기를 수행할 때의 궤적 계획에 대한 각 관절의 위치, 속도, 가속도에 대한 그래프이다. 그림 4-6의 속도와 가속도의 그래프에서 유전 알고리즘을 사용했을 때와 사용하지 않았을 경우의 최대 속도와 최대 가속도 비교해 보면, 최대 속도가 약 33% 정도 줄어들었고, 최대 가속도는 약 42% 정도 줄어들었다.

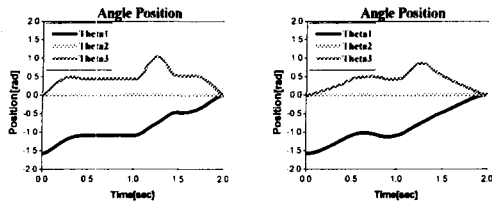


그림 4. 일어서기 시의 앞다리 관절의 위치 비교
Fig. 4 Position comparisons of front leg at stand-up body phase

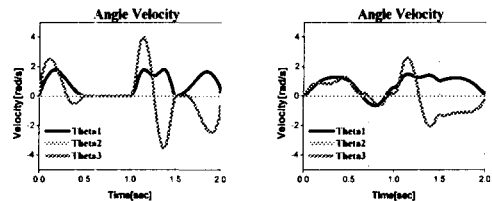


그림 5. 일어서기 시의 앞다리 관절의 속도 비교
Fig. 5 Velocity comparisons of front leg at stand-up body phase

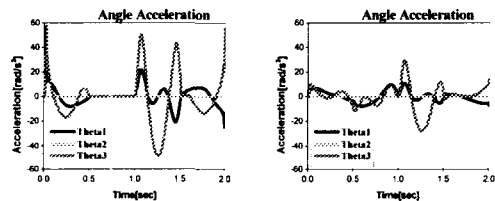


그림 6. 일어서기 시의 앞다리 관절의 가속도 비교
Fig. 6 Acceleration comparisons of front leg at stand-up body phase

그리고 뒷다리의 경우 중간 경유점의 속도, 가속도를 0으로 했을 경우 궤적 생성 중간에 다리 궤적이 뒷다리 작업 영역을 넘어가는 점이 생기나, 유전 알고리즘을 사용할 경우 이러한 상황이 고려되므로 원하는 경유점 위치에서의 궤적 생성이 보다 유연해짐을 볼 수 있었다. 그림 7은 일어서기시의 유전알고리즘을 사용했을 경우의 뒷다리에 대한 위치, 속도, 가속도 그래프이다.

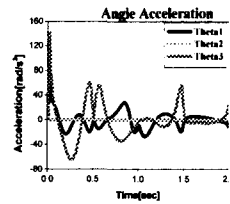
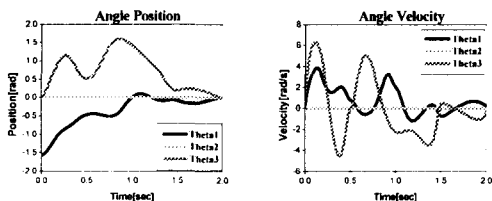


그림 7. 일어서기 시의 유전 알고리즘을 사용했을 때의 뒷다리 관절의 위치, 속도 가속도
Fig. 7 Position Velocity and Acceleration of rear leg at stand-up body phase

그림 8-10은 걷기에 대한 왼쪽 앞다리의 궤적 계획에 의한 위치 속도 가속도의 그래프이다. 그림 8과 그림 10을 통해 걷기 시의 다리부 관절의 속도와 가속도를 비교해보면 유전 알고리즘을 사용했을 때 최대속도가 약 20%정도 감소되고, 가속도도 21% 감소됨을 볼 수 있었다. 따라서 유전 알고리즘을 이용하여 동작을 구현하면 이용하지 않았을 때보다도 속도, 가속도의 변화가 줄어들어 보다 부드러운 보행을 할 수 있다.

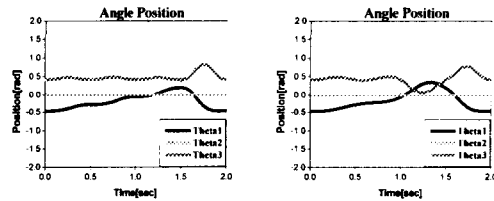


그림 8. 걷기 시의 앞다리 관절의 위치 비교
Fig. 8 Position comparisons of front leg at straight walking phase

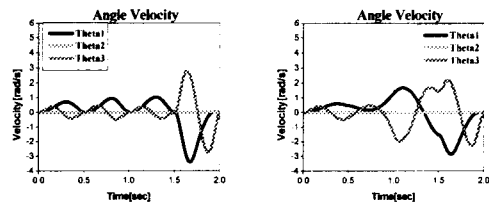


그림 9. 걷기 시의 앞다리 관절의 속도 비교
Fig. 9 Velocity comparisons of front leg at straight walking phase

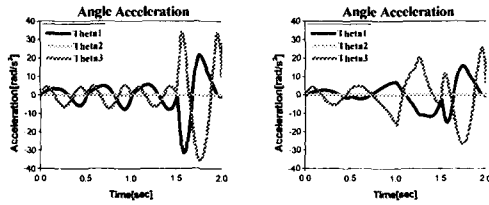


그림 10. 걷기 시의 앞다리 관절의 가속도 비교
Fig. 10 Acceleration comparisons of front leg at straight walking phase

IV. SERO IV의 원격 제어

전체 로봇은 제어기의 어느 한 부분의 동작부하를 줄이기 위해 분산 처리 개념의 다중 CPU체계를 사용하였다. 이런 로봇 제어부는 호스트PC, 주(master) 제어기, 종(slave) 제어기의 세 부분으로 나뉘어지는데, 먼저 호스트 PC 프로그램은 Microsoft사의 Visual C++을 통해 구성하였다. 그림 11은 호스트 PC프로그램의 외관이다.

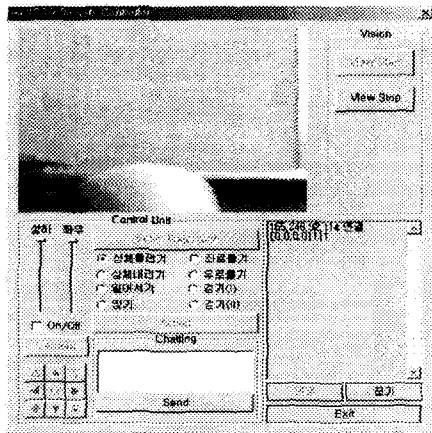


그림 11. 호스트PC 프로그램의 외관
Fig. 11 User interface at the host PC

호스트 PC 프로그램은 크게 두 부분으로 구성되어 있다. 첫번째 부분은 SERO IV 머리 부분에 존재하는 카메라를 통해 들어오는 영상을 받아들이는 Vision부분이고, 나머지 한 부분은 SERO IV의 궤적을 전달하고 SERO IV의 움직임을 제어할 수 있도록 구성된 부분이다. 채팅창은 명령을 한줄 단위로 보낼 때 사용

는 부분으로 로봇의 세부 명령을 세밀히 보낼 때 유용하게 사용할 수 있는 부분이다. 또한 우측에는 모니터링을 만들어 수시로 동작 상태를 체크할 수 있게 하였다. 궤적 전달할 때는 한 개씩 따로따로 전달할 수 있고 하부 CPU에 있는 데이터의 종류만을 알려줘 궤적을 생성할 수도 있게 만들었다. 현재의 호스트 PC는 하부에 연결되어 있는 주 제어기와 TCP/IP를 통해 온라인 상태를 유지하는데 향후에 무선네트워크인 블루투스기법 혹은 무선 LAN기법을 이용하여 무선화 할 계획이다.

주 제어기와 접속한 호스트 PC 프로그램은 세가지 모드를 가지고 있는데, 첫번째 모드는 궤적을 주 제어기에 저장하는 모드이다. 이 모드는 PC상에서 유전 알고리즘을 통하여 구성된 각 궤적에 대한 궤적 데이터를 주 제어기에 내장되어 있는 Flash 메모리에 데이터를 저장하는 모드이다. 두번째 모드는 4족 로봇이 취해야 할 동작들에 대해 개개의 동작을 움직일 수 있도록 하는 모드이다. 사용자는 미리 첫 번째 모드에 의해 저장되어 있는 동작을 결정하면 주 제어기는 미리 저장되어 있는 데이터를 하부 제어기에 일정시간마다 궤적을 내보내게 되어 사용자가 원하는 동작을 수행할 수 있도록 한다. 세번째 모드는 사용자가 영상을 확인하면서 로봇에게 사용자가 로봇에게 원하는 동작을 지령할 수 있는 모드이다. 이 모드는 먼저 SERO IV머리 위에 있는 카메라를 통해 사용자가 영상을 획득하게 되면, 사용자는 로봇으로부터 들어온 영상을 통해 로봇에게 일종의 동작을 수행하도록 명령을 내린다. 동작에 대한 명령은 방향키와 마우스를 통하여 입력 가능하며 한번에 20개의 동작을 연속적으로 입력시킬 수 있으며, 사용자 요구에 따라 동작 도중에 멈출 수 있도록 구성하였다. 그림 12는 호스트 PC 프로그램 모드에 대한 블록선도이다.

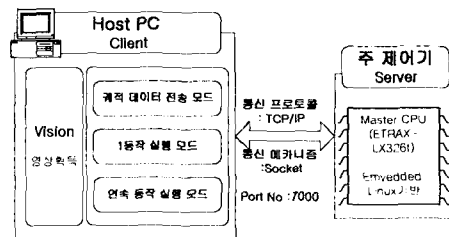


그림 12. 호스트 PC 프로그램 블록도
Fig. 12 Block diagram of Host PC program

주 제어기는 임베디드 리눅스 기반의 ETRAX LX 보드를 사용하였다. 주 제어기는 내부에 임베디드 리눅스를 내장하고 있으면서 네트워크 모듈을 내장하고 있으므로, 인터넷을 통하여 외부 사용자와 연결이 가능하게 구성되어 있다.

주 제어기는 기본적으로 두 가지 일을 수행하게 되는데, 먼저 사용자가 보낸 궤적 데이터에 대해 들어오는 데이터가 궤적 데이터인지 판별하여 궤적을 주 제어기 내부에 있는 플래시 메모리에 저장하는 역할을 하고, 사용자가 동작 상태를 요구하게 되면 사용자의 요구 동작에 대해 데이터의 유무를 판별하여 이에 맞는 데이터가 존재할 경우 RS-232통신포트를 열어서 종 제어기에서 요청할 때마다 일련의 데이터를 종 제어기에 보내는 역할을 한다. 그림 13은 주 제어기의 프로그램의 구성도이다. 종 제어기는 Atmel사의 AVR인 Atmega103를 사용하며, 종 제어기는 RC 모터 드라이버로 역할을 담당한다.

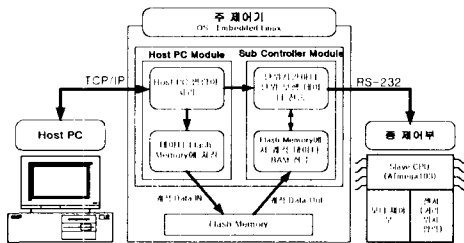


그림 13. 주제어기 프로그램의 구성도
Fig. 13 Flowchart of Main Controller Program

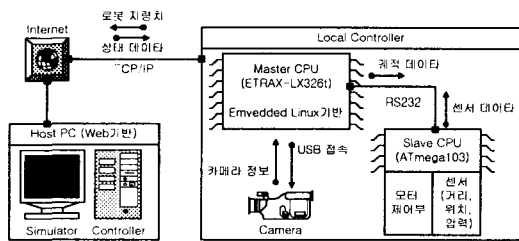


그림 14. SERO IV 기능 블록도
Fig. 14 Functional diagram of SERO IV

종 제어기는 원격 사용자의 명령에 의한 주 제어기에서 보내는 궤적 데이터를 RS-232통신을 통해 입력 받고, 각각의 궤적 정보를 각 모터에 전달하는 역할을 수행하며, 사용자 요청이 없을 때는 현 상태를 유지하

는 역할을 한다. 그림 14는 전체 로봇의 제어를 나타낸 구성도이다.

V. 구현 및 실험

유전 알고리즘을 이용한 관절 모터의 움직임을 구한 결과를 이용하여 생성된 데이터를 이용하여 원격 제어 모듈을 통해 몇몇의 동작에 대한 실제 구현 실험을 진행하였다. 그림15는 구현된 전체 시스템의 외관이다. 유전 알고리즘에 의해 생성된 궤적은 각 관절의 실제 관절 값이므로 RC모터 입력에 필요한 PWM값인 0부터 80사이의 데이터로 변환해야 한다. 유전 알고리즘을 통해 생성된 데이터는 호스트 PC에서 TCP/IP Protocol를 통해 로봇 종 제어기에 데이터를 전달하고 호스트 PC에서 동작 수행에 대한 명령을 종 제어기에 전달하면 이에 대해 변환된 데이터를 주제어기에 정보를 전달한다.

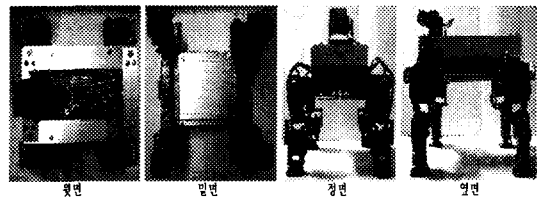


그림 15. SERO IV의 외형
Fig. 15 SERO IV externals

종 제어기는 각 단위시간에 전달 받은 변환된 궤적 데이터를 이용하여 PWM을 생성하여 로봇을 구동하도록 구성하였다. 이때 RC Motor의 특성상 단위시간을 30msec로 했을 때 모터의 동작이 가장 부드럽게 움직임을 볼 수 있었다. 단위시간을 30msec 이하로 빨리 했을 때는 모터가 원하는 위치로 추종하기 전에 새로운 데이터가 들어오게 되어 모터가 진동하게 되었고, 너무 긴 시간마다 데이터가 들어오게 되면 동작자체가 끊어지게 됨을 볼 수 있었다.

그림 16은 사족 SERO IV의 동작 중에서 상체를 들어 올리는 동작이다.

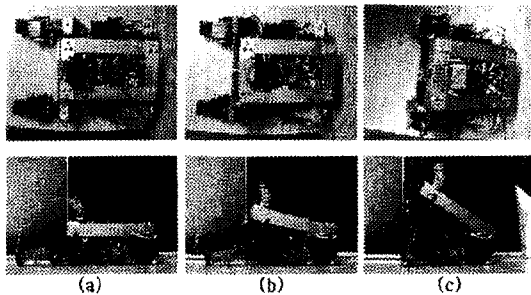


그림 16. SERO IV의 상체 들기
Fig. 16 Rise-up front body of SERO IV

두개의 앞발을 사용하여 상체를 세우게 되는데, 무릎을 굽히는 단계는 완전히 펴진 상태 보다 큰 토크를 가지므로 실제 로봇의 동작을 자연스럽게 하는 하나의 중간 경우 동작으로 활용하였다. 그리고 무릎 관절을 굽히는 동작과 함께 뒷다리를 연동으로 구동하여 보조적인 역할을 하게 하였다.

그림 17은 앉은 상태에서 걷기 전에 일어나는 동작을 구현한 것이다. 여기서 주목할 점은 먼저 뒷부분을 들어올리고 앞부분을 일으켜 세우는 과정이다. 앞다리 부분을 먼저 세우는 경우 실제 로봇이 일어서기 동작을 수행하는 데 어려움이 발생하였다. 앞다리 부분을 먼저 일으켜 세우는 경우 앞다리의 어깨에서 지면에 수직인 선분과 뒷다리의 동작에서 무릎까지 거리가 상당히 좁아진다. 이런 경우 로봇의 하중은 대부분 무릎에 걸리게 되고 일어서는 데 보다 큰 힘이 필요하게 된다. 하지만 뒷다리를 먼저 일으켜 세우는 경우는 뒷다리의 어깨와 지면과의 수직선분과 앞다리의 무릎과의 거리는 보다 길어지게 되면서 앞서의 동작보다 적은 힘으로 일어서기 동작이 가능해지는 것이며 이에 따른 중간 경우점이 설정되었다.

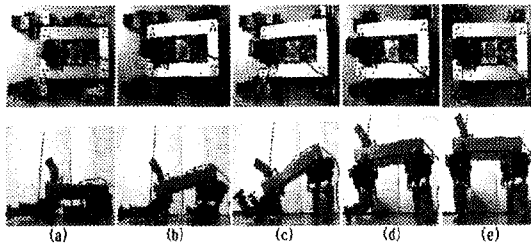


그림 17. SERO IV의 일어서기
Fig. 17 Stand-up of SERO IV

그림18은 SERO IV의 순차걸음에 의해 전진 보행을 구현한 그림이다. 이 걸음세의 진행 순서는 (a)-(b)-(c)-(d)의 순으로 진행된다. 머리 부분을 기준으로 (a) 단계는 왼쪽앞발이 최대 전진 상태에 놓이게 되고, (b) 단계에서는 오른쪽 뒷발이 최대 전진 상태로 이동한다. (c)단계에서는 오른쪽 앞발을 최대 위치로 이동시킨다. 마지막 (d)단계에서는 왼쪽 뒷다리를 최대 전진 위치로 이동시킨다. 이 4개의 단계를 차례로 실행하면 로봇은 그림에 보이는 것처럼 좌측의 검은색 배경에서 우측의 회색 배경 쪽으로 이동하게 된다. 여기에서 다리만의 이동을 수행할 경우 하나의 다리를 들어올리게 되면 지면에 지지하고 있는 3개의 다리가 이루는 삼각형 안에 무게 중심을 위치하게 하여야 한다. 그 이후의 다리 이동에서도 같은 방법으로 실행되어야 하며 이를 위해 어깨 관절을 이용하여 몸을 좌우로 이동시키면서 로봇의 전체 중심을 유지하고 있다.

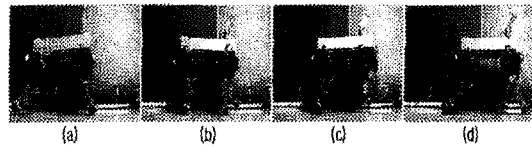


그림 18. SERO IV의 순차걸음에 의한 직진
Fig. 18 Straight walking sequence of SERO IV

VI. 결 론

본 논문에서는 네트워크를 이용하여 원격으로 제어가 가능한 강아지 형태의 인간 친화형 로봇의 설계와 구현에 대하여 다루었다. 기본적 걸음세와 응용 동작을 유전알고리즘을 이용하여 최적 값을 찾았으며 이를 걸음세에 적용함으로써 인간의 충실한 친구인 강아지의 동작들을 구현함으로써 사람과의 친밀도를 높이고자 하였다. 또한 로봇이 가지는 기능을 확대하기 위해 분산 처리 개념을 사용하여 네트워크를 이용한 원격 제어를 구현하였다. 차후 보다 많은 관련 기구학 해석을 통하여 다양한 동작을 실행할 것이며 신뢰도가 높은 기구적 구조와 좀더 안정적인 정적 보행을 실현하고 동적 보행을 구현해 나갈 것이다. 그리고 설치된 카메라를 통한 영상 처리 부분을 인식하여 이동중 장애물을 회피하는 걸음세와 연결 동작에 대한 연구를 진행할

예정이다.

감사의 글

본 연구는 2000년도 세명대학교 교내연구비 지원에 의하여 이루어진 연구임

참 고 문 헌

[1] <http://www.Honda.co.jp/ASIMO>

[2] <http://www.aibo.com>

[3] A. Preumont, P. Alexandre, I. Dorftei, and F. Goffin, "A conceptual walking vehicle for planetary exploration", 23 October 1996, <http://www.ulb.ac.be/scmero>

[4] M. Frik, M Guddat, M Karatas, D.C. Losch, E. B.Sup-rijadi, and A. Buschmann, Gerhard-Mercator-Universitaet Duisburg, project: TARRY II, <http://www.mechanik.uni-duisburg.de>

[5] M. Inaba, "Remote-brained humanoid projects ", Advanced Robotics, Vol. 11, No. 6, pp.605-620, 1997

[6] M. Inaba, S.Kagami, F. Kanehiro, Y. Hoshino, and H. Inoue, " A platform for robotics research based on the remote-brained robot approach", International Journal of Robotics research, vol 19, no.10 ,pp 933-954, 2000

[7] T. Furuta, Y. Okumura, and K.Tomiyama, " Design and construction of a series of compact humanoid robots and development of biped walk control strategies" (homepage: <http://www-esys.me.aoyama.ac.jp>)

[8] <http://www.zenersys.com>

[9] <http://www.minirobot.co.kr>

[10] www.developers.axis.com

[11] Databook, AVR Risc Microcontroller

[12] H.Zhung, J.Wu ,and W.Hung, "Optimal Planning of Robot Calibration Experiments by Genetic Algorithms," Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotics and Automation vol.2, pp.981-986, Minneapolis, USA, Apr.22-28, 1996

[13] K.Shimajima, N.Kubota, T.Fukuda, "Trajectory Planning of Reconifigurable Redundant Manipulator Using Virus-Evolutionary Genetic Algorithm," Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, vol.2, pp.836-841, Taipei, Taiwan Aug.5-10, 1996.

저 자 소 개



공정식(Jung-shik Kong)
 1998년 인하대학교 자동화공학과 졸업
 1998년~현재 인하대학교 대학원 자동화공학과 통합 8차 과정 재학중

※관심분야 : 표적 추적, 비선형제어, 센서



이인구(In-Gu Lee)
 2000년 세명대학교 전기과 졸업
 2002년 세명대학교 전기전자대학원 졸업

※관심분야 : 보행로봇, 휴머노이드, 기계자동화



이보희(Bo-hee Lee)
 1996년 인하대학교 자동화공학과 박사 졸업
 1997년~현재 세명대학교 전기공학과 조교수 재직 중

※관심분야 : 보행로봇, 휴머노이드, 자동화