

# 이족보행로봇의 비평탄지형 보행 및 자세 안정화 알고리즘

## Walking and Stabilization Algorithm of Biped Robot on the Uneven Ground

김용태 · 노수희 · 이희진

Yong-Tae Kim, Su-Hee Noh, Hee-Jin Lee

한경대학교 정보제어공학과

### 요 약

이족보행로봇을 실생활에 적용하기 위해서는 비평탄지형에서의 안정적인 보행 및 자세 안정화가 반드시 필요하다. 본 논문에서는 이족보행로봇의 비평탄지형 보행알고리즘과 외력에 대한 자세안정화 알고리즘을 제안하였다. 먼저 다양한 형태의 장애물, 계단, 경사면의 비평탄지형에서 안정적 보행이 가능한 이족보행로봇의 기구부 및 원격제어 가능한 제어시스템 설계에 대하여 설명하고, 이러한 비평탄지형에서 발에 부착된 적외선센서 및 FSR센서, 머리에 장착된 카메라를 사용한 안정된 지능보행 및 원격제어 알고리즘을 제안하였다. 또한 발바닥에 장착된 FSR센서를 사용하여 외부에서 들어오는 외력에 대처하는 자세안정화 알고리즘도 제안하였다. 제안된 비평탄지형 보행 및 자세안정화 알고리즘, 원격제어기법은 실제 제작된 이족보행로봇을 다양한 장애물을 포함한 환경에서 실험하여 성능을 검증하였다.

### Abstract

In the paper, we propose an intelligent walking algorithm of biped robot on the uneven ground and a posture stabilization algorithm against external forces. At first, the mechanics and the control system of biped robot that can walk on the uneven ground and stand external forces are designed. We propose obstacle hurdling, incline walking, and going up stairs algorithm by using infrared sensors and FSR sensors. Also, posture stabilization algorithm against external forces is designed using FSR sensors. Infrared sensors are used to detect the obstacles in the working environment and FSR sensors are used to obtain the ZMP of biped robot. The developed biped robot can be controlled by the remote control system using vision system and RF module. The experimental results show that the biped robot performs obstacle avoidance, obstacle hurdling, walking on the inclined plane, and going up stairs using the proposed walking and stabilization algorithm.

**Key words :** 지능형 이족보행로봇, 비평탄지형 보행, 지능보행, 자세안정화, 장애물 대처, 원격제어

## 1. 서 론

산업체에서 점차 로봇의 쓰임이 늘어나고 있는 있지만 이러한 로봇들은 지정된 장소에서 지정된 형태로만 사용이 가능하기 때문에 일부 비구조적인 환경이나 특수한 환경에서의 이동이 불가능하였다. 산업현장에서뿐만 아니라 실생활에서 환경에 제약이 없고 다양한 작업을 수행할 수 있는 다양한 종류의 이동로봇들에 대한 연구가 진행되어 왔다. 특히 다양한 이동로봇들 중에 사람과 같이 두 다리로 걸을 수 있는 이족보행로봇은 기술적으로 다소 구현하기가 어렵지만, 사용범위가 폭넓고 사람과 같은 기능을 수행할 수 있기 때문에 최근에 많은 연구가 진행되고 있다[1]-[11].

현재 이족보행로봇의 연구는 주로 인간과 비슷한 기구학적 메카니즘을 바탕으로 자연스러운 걸음새 구현 및 안정화, 다양한 센서를 사용한 인식 및 인지 의 지능적 기능 구현이 중점적으로 수행되고 있다. 안정된 정적보행을 바탕으로 적외선센서를 사용하여 장애물을 지능적으로 대처하는 이족로봇의 보행 방법[1], 동력학의 역모델링 기법을 이용하여 이족

로봇의 제어기를 설계하고 계층적 모듈라 신경망을 적용하는 방법[2], 이족보행로봇의 빠른 보행에 중점을 두고 로봇구조를 설계하는 방법[3], 기구학적 모델링과 ZMP 제어를 적용한 인간형 이족보행로봇의 정적보행 제어방법[4]이 연구되었다. 또한 이족보행로봇을 손쉽게 구현하기 위해 필요한 여러 가지 개발도구들을 지닌 통합개발환경 설계 및 구현하는 방법도 제안되었다[5].

본 논문에서는 장애물, 계단, 경사면과 같은 비평탄지형에서 발에 부착된 적외선센서와 FSR센서를 사용한 안정된 보행과 외력을 지능적으로 대처하는 자세 안정화 기능을 가진 이족보행로봇의 설계 및 구현방법을 제안하였다. 또한, 머리에 장착한 무선카메라와 비전 시스템을 사용하여 목표추적과 원격제어가 가능한 이족보행 로봇시스템의 개발을 설명하였다. 제안한 비평탄지형 보행 및 자세안정화 알고리즘, 원격제어기법은 실제 개발된 이족보행로봇을 다양한 장애물을 포함한 환경에서 실험으로 성능을 검증하였다.

## 2. 이족보행로봇의 시스템

### 2.1 이족보행로봇 전체 시스템 구성

이족보행로봇은 그림 1과 같이 로봇 기구부, 주제어부, 모

접수일자 : 2004년 9월 30일

완료일자 : 2004년 12월 28일

터 제어부, 센서처리부, 원격 제어부, 비전시스템으로 구성되어 있다. 로봇 기구부는 전체 21자유도로 21개의 RC서보모터를 사용하였으며, 다양한 형태의 장애물 인식과 계단, 경사지에서의 보행을 위하여 적외선센서와 FSR센서를 로봇 발부분에 장착하였고, 원격제어를 위하여 무선 카메라를 머리부분에 장착하였다.

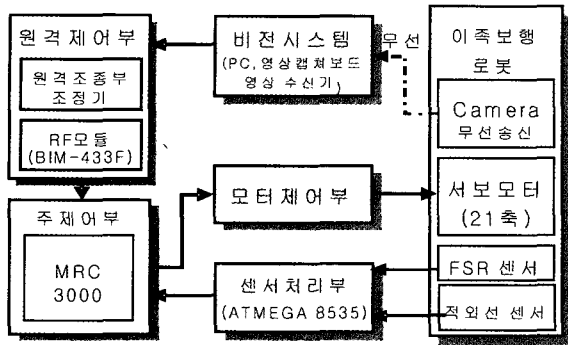


그림 1. 이족보행로봇의 전체 시스템 구성  
Fig. 1. Overall structure of a biped robot

로봇의 모터제어와 주제를 하기 위해서는 MRC 3000을 사용하였다. 주제어부는 21개의 서보모터를 동시에 실시간 제어하고, 센서들로부터 장애물과 지형 정보를 입력받아 장애물의 형태에 따라 장애물을 넘어가거나 회피하고, 비평탄 지형을 인식하여 자율보행을 실행한다. 센서처리부는 적외선 센서 및 FSR 센서 신호처리를 위하여 ATMEGA8535를 사용하여 구성하였다. 또한 무선으로 로봇을 원격제어하기 위한 원격 제어부는 AT90S 2313과 RF모듈(BIM-433)을 사용하여 구현하였다. 비전시스템부는 무선카메라에서 송신된 영상을 바탕으로 PC에서 영상처리를 통해 사용자가 쉽게 로봇을 원격제어할 수 있도록 정보를 제공한다.

2.2 이족보행로봇의 기구부 설계

로봇 기구부는 그림 2와 같이 가능한 사람과 비슷한 몸체 구조로 설계하였다. 또한, 안정된 보행을 수행하기 위하여 전체 무게에 대한 모터 토크를 충분히 내기 위하여 최대한 가벼운 구조로 설계하였다. 제작된 로봇은 정지 상태에서 전체 길이 360mm, 총 무게가 2.5kg이다.

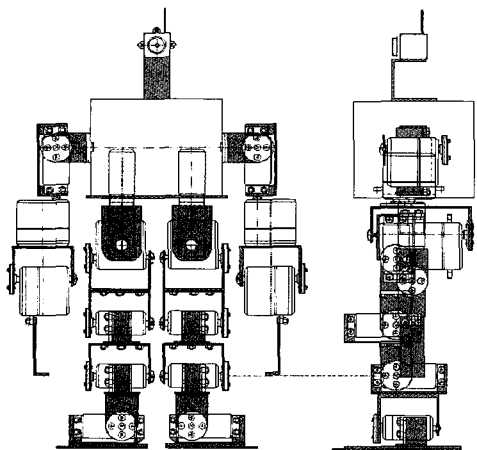


그림 2. 이족보행로봇의 기구부 설계  
Fig. 2. Mechanical design of a biped robot

제작된 이족보행로봇은 그림 3과 같이 상체 9자유도와 하체 12자유도로 전체 21자유도를 가지도록 구성하였다. 로봇 몸체는 알루미늄 링크로 구성, 각 관절에는 21개의 RC서보모터(HS-5645MG, HS-5945MG)를 사용하였다. 상체부는 목관절 1자유도, 한쪽 팔에 어깨관절 2, 팔꿈치 1, 손목관절 4자유도씩 전체 9자유도를 가지며, 하체부는 한쪽 발에 골반관절 3, 무릎 관절 1, 발목관절 2자유도로 전체 12자유도로 구성하였다.

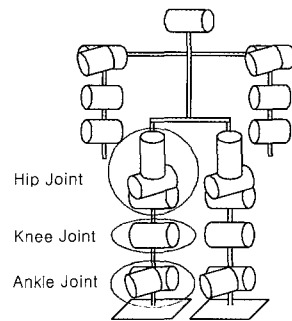


그림 3. 이족보행로봇의 관절 구성  
Fig. 3. Joint configuration of a biped robot

장애물 감지를 위하여 적외선 센서를 그림 4와 같이 한쪽 발에 전면 2개, 측면 1개씩 총 6개의 센서를 발 앞부분에 부착하였다. 또한, 자세 안정화 및 장애물 인식을 위하여 그림 5와 같이 FSR센서를 발바닥의 상하좌우로 4개씩, 총 8개를 부착하였다. FSR센서 측정값을 이용하여 ZMP를 계산하기 위한 계산식은 식 (1)과 같다.

$$X_{ZMP} = \frac{\sum_{i=1}^4 f_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^4 f_i}, \quad Y_{ZMP} = \frac{\sum_{i=1}^4 f_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^4 f_i} \quad (1)$$

진행방향을 X축, 좌우방향을 Y축, 상하방향을 Z축으로 하여  $f_i$ 는 발바닥에서  $i$ 지점에 가해지는 힘의 크기,  $(x_i, y_i)$ 는 발바닥에서  $i$ 지점의 위치를 나타낸다. 식에 의해 구해진 ZMP는 로봇의 실제 ZMP와 차이가 있으므로 구한 값을 바탕으로 실제 ZMP 좌표를 추정해 내는 작업이 필요하다.

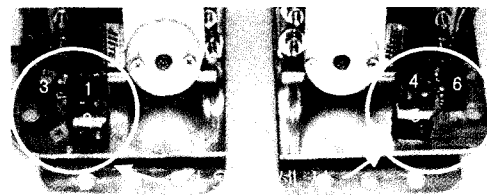


그림 4. 적외선 센서 배치도  
Fig. 4. Infrared sensors of a biped robot

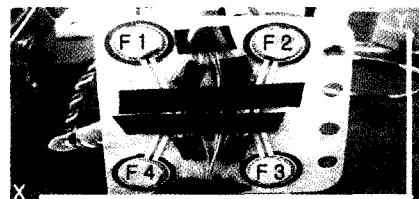


그림 5. FSR 센서 배치도  
Fig. 5. FSR sensors of a biped robot

### 3. 비평탄지형 보행 및 자세안정화 알고리즘

#### 3.1 비평탄지형 보행 알고리즘

##### 3.1.1 장애물 회피 및 넘어가기 알고리즘

이족보행로봇이 장애물에 발이 부딪히지 않고 넘어가기 위해서는 로봇과 장애물이 항상 일정한 거리범위 안에서 일정한 자세를 수행해야 한다. 따라서 이족로봇이 적외선 센서를 통해 장애물을 발견하면 일정 거리 범위를 유지하기 위해 거리보정을 수행한 후 적외선 센서로부터 받아들인 장애물 높이에 따라 능동적으로 장애물 넘어가기 알고리즘이나 장애물 회피 알고리즘을 수행한다[1].

이족보행로봇의 발에는 장애물 감지를 위한 적외선 센서가 6개 부착되어 있다. 적외선 센서와 장애물과의 거리측정 실험 결과는 그림 6과 같다. 적외선 센서의 거리측정은 장애물과의 거리를 각각의 센서별로 실험을 하였고, 거리에 따라 NR(near), SD(short distance), MD (middle distance), LD(long distance)로 나누어서 장애물 회피 및 지능보행 알고리즘에 적용하였다.

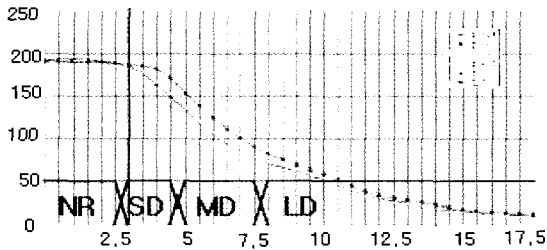


그림 6. 적외선 센서의 장애물 거리측정 실험 결과  
Fig. 6. Experimental results of distance measurement using infrared sensors

##### 3.1.2 경사면 보행 알고리즘

비평탄지형의 하나인 경사면이 주어졌을 경우 로봇이 넘어가지 않고 균형을 유지하면서 보행할 수 있도록 그림 7과 같은 경사면 보행 알고리즘을 설계하였다. 제작된 이족보행로봇은 한 걸음을 걸을 때마다 적외선센서와 FSR센서 측정을 수행하는데 이때 FSR 값의 변화로써 로봇은 경사면을 인식할 수 있다. 경사면 확인 후, 무릎을 굽힌 형태의 경사면 기본자세를 취하고 FSR센서 값의 변화에 따라 몸체 기울기나 높이를 달리하여 보행하도록 하였다. 현재 5°경사면에 대해서만 실험을 하였으나, FSR 센서값을 이용하면 다양한 기울기의 경사면에 대한 보행알고리즘을 구현할 수 있을 것이다.

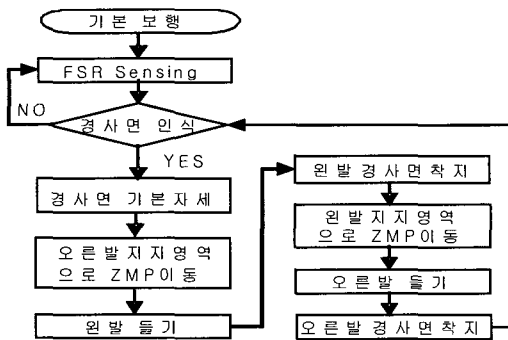


그림 7. 경사면 보행 알고리즘  
Fig. 7. Walking algorithm for the inclined plane

##### 3.1.3 계단 보행 알고리즘

아랫부분에 위치한 적외선 센서와 위쪽의 적외선 센서가 감지한 거리차에 의해 넘어갈 장애물과 계단을 구분하여 인식한 후 자세보정을 하고, 아래 그림 8과 같은 계단 보행 알고리즘을 수행한다. 계단 보행은 기구적인 제약에 의해 높이 2cm이고 폭이 10cm인 계단을 사용 하였으며, 주어진 계단 높이에 따라 보행 궤적을 고려하여 몸체의 자세와 높이를 결정하고, 다리의 이동 및 착지점을 결정하였다. 계단 보행은 로봇의 ZMP가 크게 이동하기 때문에 보행 중 안정된 자세를 유지하고 양발 착지 후에 균형잡기 동작을 추가적으로 수행하였다.

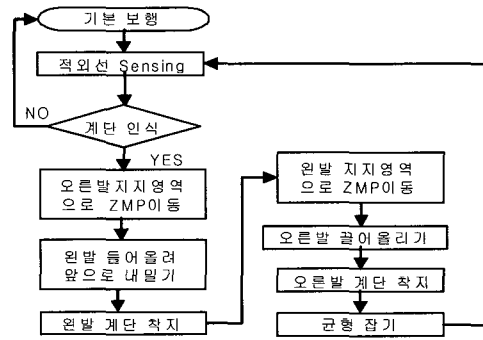


그림 8. 계단 보행 알고리즘  
Fig. 8. Walking algorithm for the stairs

#### 3.2 비전 시스템

비전시스템의 목적은 사람처럼 영상을 보고 물체를 판단 인식하고 추적할 수 있는 기능을 이족보행로봇에 추가하는 것이다. 영상 중에 목표물의 한 지점을 지정하여 원하는 색의 영역을 정해주면, 목표물의 중심지점을 찾은 후 중심지점 주위로 5픽셀씩 원형으로 목표물 표시점을 그려준다. 목표물 표시점은 정해진 RGB값을 찾아서 물체의 중심지점을 따라 이동하고 상하좌우 움직일 때마다 중심에서 벗어난 픽셀값을 화면에 표시된다. 사용자는 목표물 표시 영상과 목표물의 방향좌표를 보고 정해진 목표물의 방향으로 로봇을 원격제어할 수 있다.

비전시스템에 사용한 카메라는 CM22N 초소형 무선 카메라라써 카메라와 송신기가 일체형으로 되어 있다. 수신기로는 4개의 카메라를 동시에 사용할 수 있고 자동채널 전환기능을 갖춘 RX2400S를 사용하였다. 비전시스템 화면 구성은 그림 9와 같다. 카메라에 송신된 영상을 화면으로 나타내는 영상화면창과 물체의 좌표를 단위와 픽셀값으로 나타내어 물체의 위치를 알 수 있는 상태창이 있다. 또한, 물체의 색을 인식하는 물체 인식창과 명령창, 셋팅창으로 구성되어 있다.

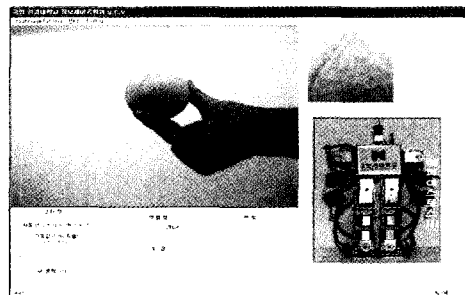


그림 9. 비전시스템 화면 구성  
Fig. 9. GUI of vision system

### 3.3 외력에 대한 자세 안정화 알고리즘

사람은 외부로부터 힘을 받을 경우 발바닥에 가해지는 압력에 따라 힘의 분포를 고르게 함으로써 넘어지지 않게 안정된 자세를 취한다. 본 연구에서는 이족보행로봇의 발바닥에 FSR 압력센서를 부착하여 외부에서 인위적으로 로봇에 힘을 가해도 넘어지지 않도록 자세 안정화 기능을 구현하였다. 외력에 대한 자세 안정화 알고리즘은 그림 10과 같다. 기본 자세에서 FSR센서에 걸리는 힘을 측정하여 기준값으로 설정하고, 외부에서 힘이 작용할 경우 외력의 방향에 따라 기준값이 변하게 되므로 그에 따른 오차를 산출하여, 로봇이 넘어지지 않게 안정화자세를 취하도록 구성하였다.

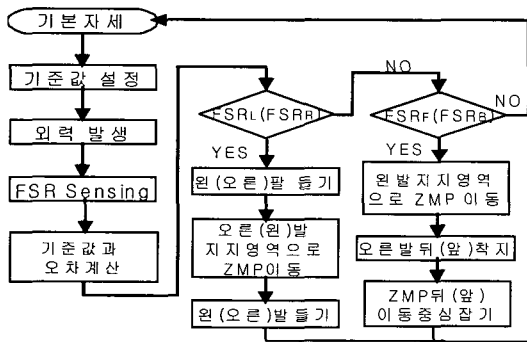


그림 10. 외력에 대한 자세 안정화 알고리즘  
Fig. 10. Posture stabilization algorithm

그림 11과 그림 12은 로봇에 외력을 주었을 때와 보행할 때 FSR 센서값 변화량을 나타낸 그래프이다. 외부에서 들어오는 압력의 방향에 따라 발바닥에 부착된 FSR 센서값에 따라  $FSR_L$ (앞),  $FSR_B$ (뒤),  $FSR_L$ (왼쪽),  $FSR_R$ (오른쪽)로 조건을 나누었다. FSR 센서가 민감하여 측정을 반복한 후 평균값을 이용하였다.

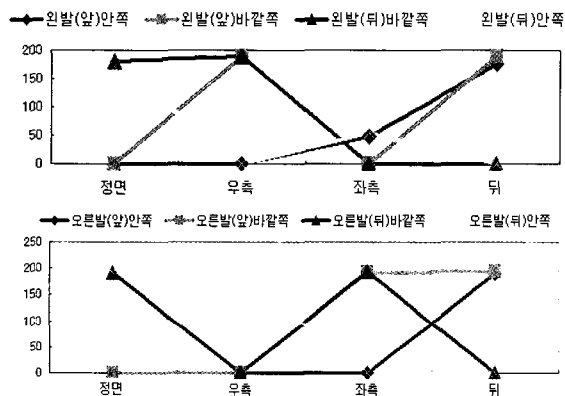


그림 11. 외력을 주었을 때 FSR 센서값 측정  
Fig. 11. Measurement of FSR sensors when biped robot is pressed by external force

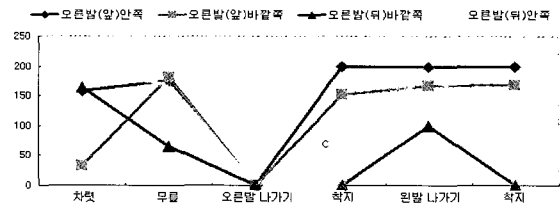
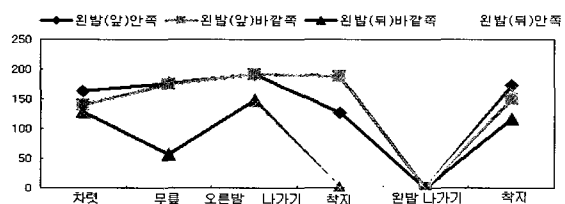


그림 12. 보행시 FSR 센서값 측정  
Fig. 12. Measurement of FSR sensors when biped robot is walking

### 3.4 비평탄지형 보행 및 원격제어 알고리즘

발에 부착된 적외선센서와 FSR센서, 머리에 장착된 카메라를 사용하여 이족보행로봇이 비평탄지형을 스스로 인식하여 능동적으로 자율 보행하며, 사용자가 목표물 표시 정보를 사용하여 원격제어 할 수 있도록 구성하였다. 자율보행은 로봇의 ZMP가 보행 중에 지지하고 있는 발바닥 영역 내에 존재하면 안정성이 확보되는 것을 기반으로 구현하였다. 이족보행로봇의 전체 비평탄지형 보행 및 원격제어 알고리즘은 그림 13과 같다. 표 1은 이족보행로봇의 전체 보행 알고리즘의 조건식이다. 이족보행로봇은 적외선센서의 장애물 거리 측정 결과와 FSR 센서값의 변화에 따라 비평탄지형에서 능동적으로 보행 알고리즘을 수행한다.

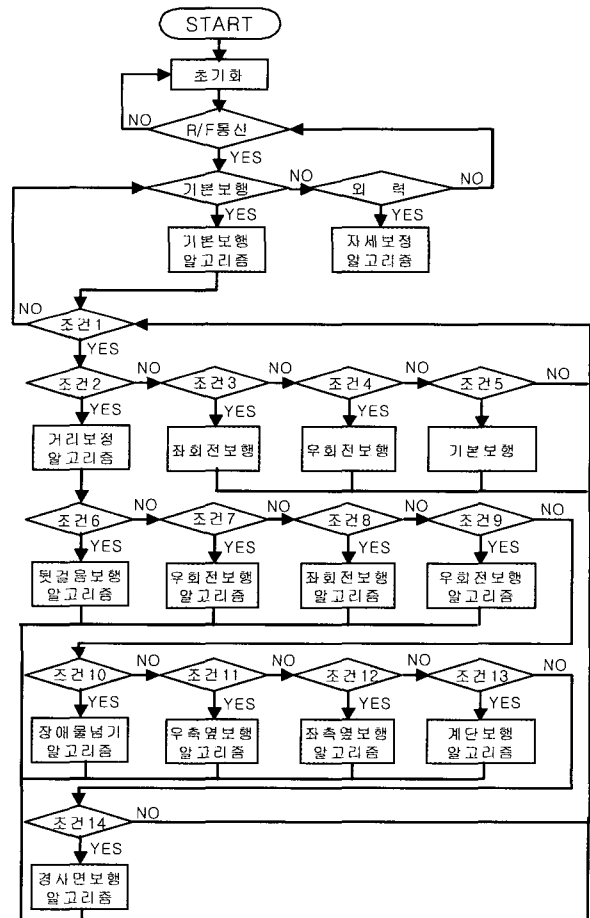


그림 13. 이족보행로봇의 전체 보행 알고리즘  
Fig. 13. Overall walking algorithm of biped robot

표 1. 이족보행로봇의 전체 보행 알고리즘의 조건식  
Table 1. Condition of overall walking algorithm

조 건	조 건 식 (× : AND)
조건1	Not(LD <sub>1</sub> ×LD <sub>2</sub> ×LD <sub>3</sub> ×LD <sub>4</sub> ×LD <sub>5</sub> ×LD <sub>6</sub> )
조건2	Not(LD <sub>1</sub> ×LD <sub>3</sub> ×LD <sub>4</sub> ×LD <sub>5</sub> )
조건3	LD <sub>3</sub> ×Not LD <sub>6</sub>
조건4	Not LD <sub>3</sub> ×LD <sub>6</sub>
조건5	Not LD <sub>3</sub> ×Not LD <sub>6</sub>
조건6	NR <sub>1</sub> ×NR <sub>2</sub> ×NR <sub>3</sub> ×NR <sub>4</sub> ×NR <sub>5</sub> ×NR <sub>6</sub> ×Not FSR <sub>B</sub>
조건7	NR <sub>1</sub> ×NR <sub>2</sub> ×NR <sub>3</sub> ×NR <sub>4</sub> ×NR <sub>5</sub> ×LD <sub>6</sub> ×Not FSR <sub>B</sub>
조건8	NR <sub>1</sub> ×NR <sub>2</sub> ×LD <sub>3</sub> ×NR <sub>4</sub> ×NR <sub>5</sub> ×NR <sub>6</sub> ×Not FSR <sub>B</sub>
조건9	NR <sub>1</sub> ×NR <sub>2</sub> ×NR <sub>4</sub> ×NR <sub>5</sub> ×Not FSR <sub>B</sub>
조건10	LD <sub>1</sub> ×NR <sub>2</sub> ×LD <sub>4</sub> ×NR <sub>5</sub> ×Not FSR <sub>B</sub>
조건11	NR <sub>1</sub> ×NR <sub>2</sub> ×LD <sub>4</sub> ×LD <sub>5</sub> ×LD <sub>6</sub> ×Not FSR <sub>B</sub>
조건12	LD <sub>1</sub> ×LD <sub>2</sub> ×LD <sub>3</sub> ×NR <sub>4</sub> ×NR <sub>5</sub> ×Not FSR <sub>B</sub>
조건13	SD <sub>1</sub> ×NR <sub>2</sub> ×SD <sub>4</sub> ×NR <sub>5</sub> ×Not FSR <sub>B</sub>
조건14	FSR <sub>B</sub>

이족보행로봇의 원격제어를 위하여 BIM-433 무선통신 모듈을 사용하여 원격제어기를 제작하였다. 전체 원격제어 흐름은 그림 14와 같다. 이족로봇의 머리에 장착된 무선카메라에서 받아들인 영상은 영상수신기를 통해 PC로 전달되고, 비전시스템이 전달된 영상에서 목표물의 영상과 방향을 표시하면, 사용자는 목표물의 정보를 바탕으로 원격제어기를 사용하여 로봇의 RF 모듈을 거쳐 이족보행로봇에 이동 명령을 내려 원하는 방향으로 로봇을 원격제어 한다.

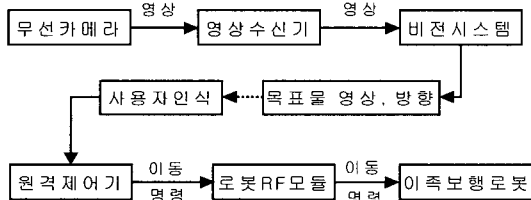


그림 14. 이족보행로봇의 원격제어 구성도  
Fig. 14. Block diagram of remote control

### 5. 자세안정화 및 보행알고리즘의 실험

본 논문에서 제안된 외력에 대한 자세 안정화 알고리즘과 비평탄지형 보행 및 원격제어 알고리즘은 실제 제작된 이족보행로봇을 다양한 장애물을 포함한 환경에서 실험하여 검증하였다. 그림 15는 다양한 위치에서부터 거리보정을 수행한 후 높이 2cm인 장애물을 넘어가는 실험으로 적외선센서의 잡음에도 강인한 성능을 보인다. 그림 16은 FSR 센서를 사용한 경사면 보행의 실험 결과이다. 단일 경사면에 대한 보행실험을 바탕으로 앞으로 보다 다양한 기울기의 경사면에 대한 보행알고리즘도 구현이 가능할 것으로 생각된다. 그림 17은 적외선센서를 사용한 이족보행로봇의 계단 보행 실험 결과를 단계별로 보여준다. 계단보행에서는 계단에서의 실시간 자세보정이 어렵기 때문에 정확하고 안정된 보행자세 유지가 중요함을 알 수 있다.

그림 18은 외력에 대한 자세 안정화 실험 결과로서 앞뒤 좌우에서의 외력에 대하여 강인한 자세를 취하는 것을 보여 준다. 그림 19는 다양한 장애물, 계단, 경사면과 같은 비평탄 지형에서 발에 부착된 적외선센서와 FSR센서를 사용하여 로봇이 비평탄지형을 스스로 인식하여 지능적으로 자율 보행하는 실험 장면을 보여 준다. 그림 20은 머리에 장착된 무선카메라, 비전시스템, 원격제어기를 사용하여 사용자가 원격으로 이족로봇을 제어하는 장면이다. 이러한 실험결과를 바탕으로 계단의 높이나 경사면 기울기가 일정하지 않은 보다 일반적인 비평탄지형에서의 이족로봇의 보행알고리즘도 구현 가능할 것으로 생각된다.



그림 15. 장애물 넘어가기 실험 결과  
Fig. 15. Experimental result of obstacle hurdling

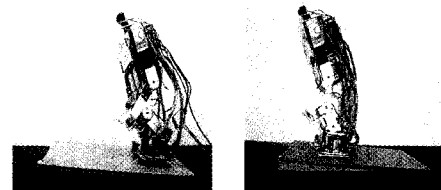


그림 16. 경사면 보행 실험 결과  
Fig. 16. Experimental result of incline walking

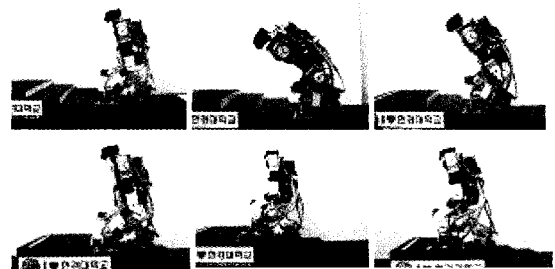


그림 17. 계단 오르기 실험 결과  
Fig. 17. Experimental result of going-up stairs

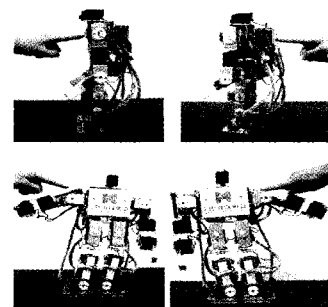


그림 18. 외력에 대한 자세 안정화 실험 결과  
Fig. 18. Experimental result of posture stabilization against external force

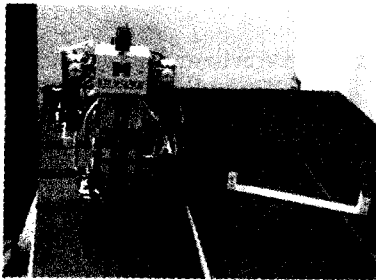


그림 19. 비평탄지형에서 지능 보행 실험  
Fig. 19. Intelligent walking experiment on the uneven ground

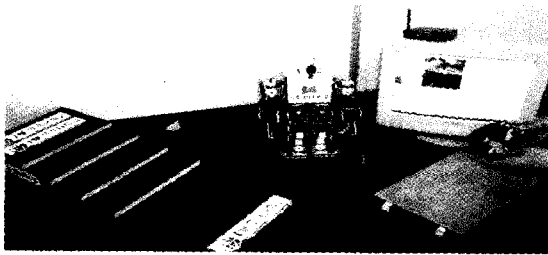


그림 20. 이족보행로봇의 원격 제어 실험  
Fig. 20. Remote control experiment of biped robot

### 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 이족보행로봇의 비평탄지형 보행알고리즘과 외력에 대한 지능적인 자세안정화 알고리즘을 제안하고, 실제 개발된 이족보행로봇을 다양한 환경에서 실험하여 성능을 검증하였다. 적외선센서와 FSR센서를 사용하여 지능적인 보행 및 자세 안정화를 구현하였고, 비전시스템을 이용하여 물체인식 및 원격제어 가능한 이족보행로봇을 개발하였다. 앞으로 개선된 비전시스템을 사용하여 보다 지능적으로 사물을 추적하며 자율 보행하는 이족보행로봇을 연구를 할 예정이다.

### 참고 문헌

- [1] 김용태, 이은선, 이희영, "이족보행로봇의 장애물 극복 보행알고리즘에 관한 연구", 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 13, No. 6, pp. 686-691, 2003.
- [2] 김성주, 김용택, 고재양, 서재용, 전홍태, "이족로봇용 신경망 지능 제어기", 2003년도 대한전자공학회 하계종합학술대회 제 26권 제1호.
- [3] 강민구, 배지훈, 박경용, 김갑일, "빠른 보행을 위한 이족 로봇의 설계", Journal of Research Institute of Industrial Technology, Vol. 20, 2001
- [4] 심봉규, 심현민, 길세기, 이응혁, 홍승홍, "기구학적 리모델링과 ZMP 제어를 적용한 인간형 이족로봇의 정적보행 제어"
- [5] 조규현, 김대원, "이족보행로봇용 통합개발환경의 구현 및 이동경로계획 알고리즘의 설계", Journal of the Industrial Technology Institute, Vol. 24, 1995.
- [6] 김병열, 2족로봇의 동적보행 알고리즘에 관한 연구,

- 경희대학교 석사학위 논문, 2001
- [7] 박창우, 2족 로봇 제작 및 정적 보행 알고리즘 개발, 경희대학교 석사학위 논문, 2001.
- [8] 임삼일, 소형 2족 보행 로봇에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위 논문, 2001.
- [9] 강민구, 빠른 보행을 위한 이족 로봇의 설계, 명지대학교 석사학위 논문, 2000.
- [10] 성영휘, 이수영, "소형 휴머노이드 로봇 시스템 개발", 제어·자동화·시스템공학 논문지, Vol. 7, No. 5, pp. 420-426, 2001.
- [11] J. H. Kim, D. H. Kim, Y.J. Kim, K. H. Park, "Humanoid Robot Hansaram: Recent Progress and Developments", HNICEM Int. Confrence, pp. 1-11, 2003.

### 저자 소개



#### 김용태 (Yong-Tae Kim)

1991년 : 연세대학교 전자공학과(학사)  
1993년 : KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)  
1998년 : KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사)  
1998년~2000년 : (주)삼성전자  
2000년~2001년 : (주)네오다임소프트  
2002년~현재 국립 환경대학교 정보 제어 공학과 조교수

관심분야 : 지능로봇, 지능시스템, 지능제어, 학습제어  
E-mail : ytkim@hknu.ac.kr



#### 노수희 (Su-Hee Noh)

2004년 : 한경대학교 정보 제어 공학과 졸업(학사)  
2004년~현재 동 대학원 석사과정

관심분야 : 이족보행로봇, 지능시스템  
E-mail : neety@hanmail.net



#### 이희진 (Hee-Jin Lee)

1987년 : 연세대학교 전자공학과(학사)  
1989년 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학석사)  
1989년~1993년 : (주)대우통신  
1993년~1995년 : (주)에스원  
1998년 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학박사)

1998년~현재 국립 환경대학교 정보 제어 공학과 부교수  
2003년 : Univ. of Florida at Gainesville 방문교수

관심분야 : 지능형 로봇, 강인제어, 퍼지제어  
E-mail : lhjin@hknu.ac.kr