

# 유전 알고리즘을 이용한 4족 로봇의 전진 걸음새 동적 학습 시스템

이건훈\*, 원일용\*

\*서울호서전문학교 사이버해킹보안과

e-mail: leekeonhoon@gmail.com, clccc@shoseo.ac.kr

## Using Genetic Algorithm Advanced Gait of Quadruped Robot Learning Daynamic System

Keon-Hoon Lee\*, Il-Yong Won\*

\*Cyber Hacking Security, Seoul Hoseo Technical College

### 요 약

4족 보행 로봇이 환경에 동적으로 적응하여 자신에게 최적의 운동을 만들어 내는 연구는 중요하다. 우리는 유전알고리즘을 이용하여 전진 걸음새 동적 학습 시스템을 제안하였다. 이 시스템의 핵심은 로봇의 운동과 이 운동의 결과를 피드백해주는 센서들이다.

### 1. 서론

최근 하드웨어의 장벽이 낮아지고 일반화됨에 따라 다양한 응용 로봇들이 선보이고 있다. 그 중 사람이 수행하기 힘든 일을 대신할 수 있는 보행로봇에 관한 연구가 특히 관심을 받고 있는데, 관절을 이용한 보행로봇은 다리 개수에 따라 2족, 4족, 6족 등으로 분류할 수 있다[1]. 특히 4족 보행로봇은 다른 다족 보행 로봇에 비하여 간단하면서도 안정적인 면이 있어 집중적으로 연구되고 있다[2].

특히 4족 보행 로봇 분야에서 안정된 기본 걸음을 수행할 수 있는 방법으로 다양한 방법들이 응용되어 왔다[3]. 그러나 이러한 기존의 보행 알고리즘들은 모두 제한된 환경에서 시뮬레이션 등을 통해 최적의 값을 구하여 실제 로봇에 적용한 경우가 많다. 그러나 이러한 접근법은 로봇이 직접 단순한 환경이 아닌 다양한 환경에 나서게 되면 유용성이 크게 떨어지는 문제가 있다.

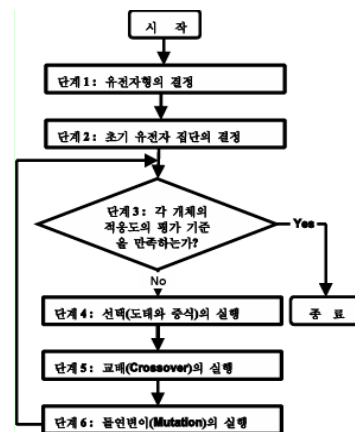
본 논문에서 우리는 로봇이 다양한 환경에 접하게 되었을 때 스스로 그 환경에 적응할 수 있는 걸음걸이를 학습하도록 하는 방법을 제안한다.

우리가 제안하는 환경 적응형 보행 방법은 유전알고리즘을 이용하여 로봇 스스로가 센서와의 상호 작용과 시행착오를 통해 가장 좋은 걸음을 배워나가도록 하는 방법이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련 연구를 논의하였고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 보행 알고리즘을 설명하였다. 4장에서는 실험 및 분석을 언급하였고, 마지막 5장에서는 결론 및 향후 과제를 언급하였다.

### 2. 유전알고리즘

유전 알고리즘은 1975년 존 홀랜드(John Holland)에 의해서 개발된 전역 최적화 기법으로, 최적화 문제를 해결하는 기법의 하나이다[4]. 다윈의 적자생존 이론을 기본 개념으로 하고 유전의 메커니즘을 바탕으로 하는 탐색 알고리즘이다. 자연계에서 생물이 다음 세대에 유전자를 전달하면서 환경에 적응한 염색체가 살아남도록 교차와 돌연변이에 의해 진화하는 과정을 모델링 한다.



<그림 1> 유전 알고리즘의 흐름도

선택(Selection)은 한 세대에서 다음 세대로 전해질 부모 해를 선택한다. 다양한 선택 연산들이 있으나, 우수한 해가 선택될 확률이 높아지는 연산을 선택한다. 이 중 순위 기반 선택은 해 집단(Population) 내의 해들은 '순위'를 매긴 후 가장 좋은 해부터 함수적으로 적응도를 배정하는

방법이다.

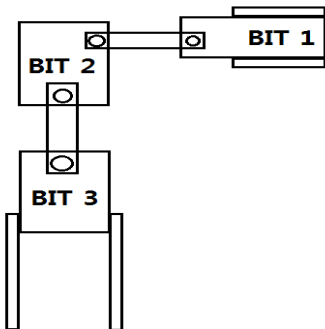
교차(Crossover)는 선택된 두 해의 특징 부분을 결합하여 새로운 특징을 가진 하나의 자손 염색체를 만들어내는 연산이다.

변이(Mutation)는 만들어져 나온 자손 염색체 중 일부분의 해를 낮은 확률, 임의적으로 변경하여 부모 해에는 없는 특징을 부여하는 연산이다.

유전 알고리즘의 처리과정을 정리한다면 난수를 이용하여 n개의 염색체로 구성이 된 해 집단(Population)을 형성한다. 각 해의 적응도 계산을 한다. 선택->교차->변이 과정을 수행하여 자손 염색체를 생성한다. 종료조건 검사, 또는 해 집단 결정을 다시 반복한다.

### 3. 적응형 4족 보행

본 논문에서 제안하는 보행 알고리즘은 다음과 같다. 먼저 각 관절의 운동을 정의하고 표현형을 정의한다. 우리가 사용하는 4족 보행 로봇은 1개의 다리 당 3개의 모터로 구성되어 있다.



<그림2> 로봇 관절 구조

각각의 모터에 3개의 동작을 정의 하면 전체적으로 27개의 동작 조합이 만들어 진다. 이것을 4개의 다리에 적용하면 총 108가지의 동작이 정의 되게 된다. 따라서 유전자를 구성하는 각 자리의 표현형은 총 108 가지가 되게 된다. 예를 들어 BIT1 모터의 경우 정지, 전진, 후진의 3개의 동작을 정의 할 수 있으며 나머지 모터의 경우도 이와 유사한 방식으로 정의 할 수 있다.

모든 동작은 표준 동작에서 시작해서 표준 동작으로 마무리 하고 전진하기 위해 8개의 연속 동작을 취하게 한다. 그리고 동작의 피드백을 받기 위해 2종류의 센서를 사용하는데, 첫 번째는 몸이 넘어졌는가를 측정하는 자이로 센서이다. 두 번째 센서는 동작이 무난하게 끝났을 때 자신이 전진한 정도를 측정하는 초음파 센서이다.

임의로 생성된 유전자의 적응도를 계산하는 방법은 다음과 같다. 먼저 동작을 진행 하는 중 넘어지면 0으로 하고 넘어지지 않은 경우는 이동한 거리 값을 적합도로 계산한다.

$f = \begin{cases} \text{if fall during operation} \\ 0 \end{cases}$

$\text{else}$   
 $\text{move\_distance}$

$\text{move\_distance} =$   
 $\text{after the end distance} - \text{before the departure distance}$

유전자들에 대한 평가가 끝나면 GA의 일반적 이론에 따라 다음 세대의 유전자를 다시 생성하고 위의 과정을 반복한다. 이 과정을 의사 코드로 표현하면 아래와 같다.

Initialize new Gene Population

For(;;)

{

For each gene element

get start distance

For each gene element

do Motor action

if fill over

set fitness is zero

goto next gene

end if

end For

get end distance

set fitness is difference distance of start

and end

end For

if find end condition

stop all learning process

end if

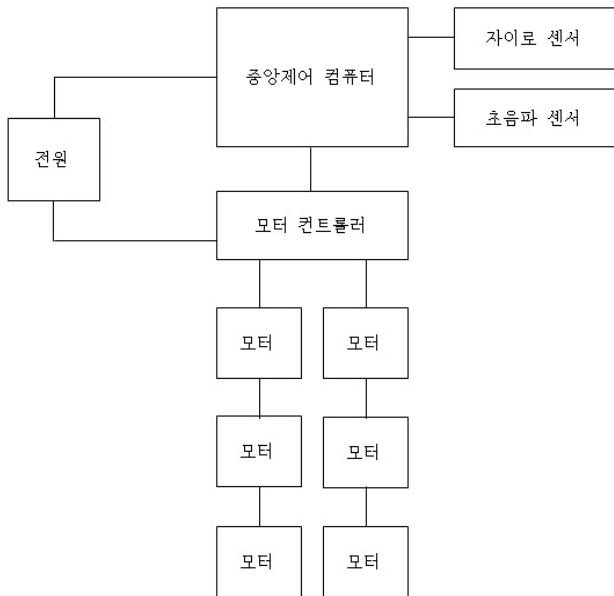
Make next generation gene population using fitness

}

### 4. 로봇 구현 및 실험 방법

로봇의 전체적인 구성은 다음과 같다. 먼저 두뇌에 해당하는 중앙 제어컴퓨터가 있고, 4개의 다리를 구성하는 16

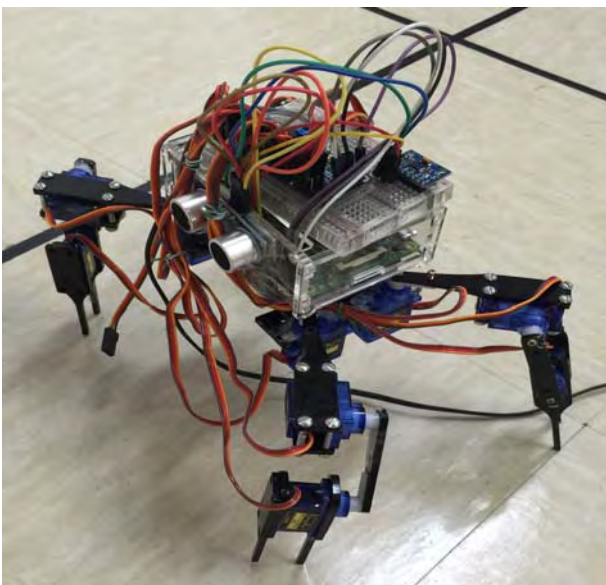
개의 모터를 제어하기 위한 서보모터 컨트롤러가 있다. 전원장치를 통해서 중앙제어 컴퓨터와 모터가 전력을 공급 받는다. 또 로봇의 현재 상태를 알기 위해 자이로 센서와 초음파 센서를 1개씩 가지고 있는데, 중앙 제어 컴퓨터에서 주기적으로 센서 값을 측정하여 사용한다.



<그림3> 로봇 구성

로봇의 하드웨어는 시중에서 흔하게 구할 수 있는 재료를 사용하였는데, 로봇의 중앙제어 컴퓨터는 Raspberry Pi B+를 사용하였고 자이로 센서는 GY-521 모델을, 초음파 센서는 HC-SR04 모델을 사용하였다. 로봇 다리를 이루는 서보 모터는 SG90 모델을 사용하였다. 모터를 제어하는 컨트롤러는 PCA9685 모델을 사용하였다.

<그림 4> 는 이러한 로봇의 외부 모습이다.



<그림4> 로봇 외부 모습

초기에 임의로 생성한 유전자의 예는 아래와 같다. 초기 Population의 크기는 20으로 사용하였다.

- { 2, 35, 27, 100, 87, 16, 77, 102}
- { 23, 11, 55, 79, 102, 35, 75, 39}
- {101, 21, 14, 88, 22, 88, 61, 44}
- { 77, 12, 100, 101, 32, 25, 75, 22}
- {100, 44, 91, 71, 52, 35, 7, 9}

모든 동작은 표준 동작에서 시작하며 마지막은 표준 동작에서 종료 하고 적응도를 계산 한다. 특히 유전자를 구성하는 요소를 수행하는 도중 로봇이 넘어지면 나머지 동작은 수행하지 않는다.

### 5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 4족 보행 로봇이 주변 환경에 적응하면서 보행 할 수 있는 방법을 제안하였다. 이 방법의 핵심은 로봇의 운동과 센서의 피드백을 통해 로봇 스스로가 자신의 행동을 평가하게 하는 것이다.

그러나 제안한 알고리즘이 잘 동작 하려면 초음파 센서의 인지 범위 내에서 주위에 어느 정도 물체들이 존재해야 한다는 제약 조건이 있다. 또 로봇이 기본 동작을 평지에서 서있는 것 뿐 만 아니라 경사진 면에서도 적응 할 수 있도록 자이로 센서 중심의 표준 동작 정의가 필요하다.

향후 과제는 실제 환경에서 로봇이 자율적으로 전진 걸음새를 학습하는 실험을 하고 그 결과를 분석하는 연구가 필요하다.

### 참고문헌

[1] Y. H. Choi, D. S. Kim, and G. H. Kim, "GA Based Locomotion Method for Quadruped Robot with Waist Joint to Walk on the Slope" The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences, Volume 8, Issue 11, 2013, pp.1665-1674

[2] C. R. Shin, J. S. Kim, and J. H. Park, "Control Algorithm for Stable Galloping of Quadruped Robot on Irregular Surfaces" 대한기계학회논문집 A권, 제34권 제6호, 2010, pp.659~665

[3] J.Y. Jang, S.H. Hyun, and K.S. Seo "Locomotion Control of 4 Legged Robot Using HyperNEAT" 한국지능시스템학회 논문지 Vol.21, No.1, 2011, pp.132-137

[4] Holland, J., "Adaptation in Natural and Artificial Systems", Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press, 1975