

mGA를 이용한 축구 로봇의 속도 제어

Speed Control of Soccer Robot Using messy Genetic Algorithm

김정찬* · 주영훈* · 박현빈**

Jung Chan Kim · Young Hoon Joo · Hyun Bin Park

*군산대학교 전자정보공학부, **호원대학교 전기전자공학과

요 약

본 논문에서는 mGA를 이용해 축구로봇의 속도를 제어하는 새로운 기법을 제안하였다. 축구 로봇의 목표를 최소 시간내에 도착하기 위해 속도제어에 크게 영향을 미치는 거리 오차와 각도 오차 등의 비율을 나타내는 각종 파라미터가 포함되어 있는 제어 함수를 제안하였다. 이들 파라미터들을 mGA를 이용하여 최적의 값들을 탐색함으로써 변화되는 환경 속에서도 로봇의 목적지에 최소 시간내에 이동하도록 속도제어 전략을 제안한다.

Abstract

In this paper, we propose a new method to the speed control of soccer robot using messy Genetic Algorithm(mGA). In order to arrive in the target of the soccer robot within the smallest time, we propose the speed control function with several parameters which represent the reflection ratio distance and angle error. Also, we propose the algorithm for searching these parameters by using messy Genetic Algorithm. As a result of finding the optimal parameters, we can move the robot the most quickly in the target under the complex environment.

Key Words : 로봇 축구, 위치 제어, 자세 제어, 속도 제어, mGA

1. 서 론

로봇 축구란 사람이 아닌 로봇이 미리 정해진 경기 규칙에 따라 축구를 하는 것이다. 여러 대의 로봇이 서로 협동하면서 경기한다고 해서 다개체 시스템이라고도 한다. 다개체 시스템에는 MiroSot, RoboSot, HoraSot 등이 있다 [1]. 다개체 시스템의 대표적인 예인 로봇축구는 다수의 로봇, 비전 시스템부, 통신부, 주컴퓨터부 등으로 구성된다. 이들 시스템은 축구를 하기 위한 지능이 어느 곳에 구현되는가에 따라, 로봇 중심 시스템과 비전 중심 시스템 등으로 나눌 수 있다. 로봇 중심 시스템은 로봇 축구 수행에 필요한 지능의 대부분이 로봇에서 구현되는 방식이다. 한편, 비전 중심 시스템은 원격 지능형 축구 로봇 시스템과 지능 내재형 로봇 축구 시스템으로 나눌 수 있다. 원격 지능형 축구 로봇 시스템은 로봇 축구 경기에 필요한 지능의 대부분이 주컴퓨터에서 구현되는 방식이다. 후자인 지능 내재형 축구 로봇 시스템은 원격 지능형 로봇축구 시스템과 로봇 중심 로봇축구 시스템의 중간 레벨로 생각할 수 있다. 컴퓨터와 이동 로봇에 지능이 나눠져 구현된다. 축구 로봇은 간단한 장애물 회피, 위치제어와 속도제어를 할 수 있는 능력을 갖도록 구성되며, 주컴퓨터에서는 영상에서 처리된 데이터에 의해 기본 전략을 계산한 후 각 로봇에게 목표점으로 이동하라는 명령을 보내도록 구성된다. 이와 같은 시스템의 경우, 로봇의 구조는 간단하지만 로봇 자체에는 센서가 포함되지 않아 정확한 제어를 위해

서는 주컴퓨터의 계산 능력이 뛰어나야 한다. 일반적으로 로봇축구에 사용되어진 여러 제어를 위해서 로봇축구에 내장된 제어기를 사용하게 되는데 이 방식은 제어가 외부의 주컴퓨터에 있는 것이다. 그러므로 정확한 제어를 위해서는 빠른 샘플링 시간이 요구되므로 영상처리, 제어 알고리즘, 통신 등의 처리시간이 빨라야 한다. 이는 로봇축구에 고성능의 영상 시스템 및 주컴퓨터의 필요성을 나타낸다.

한편, 유전 알고리즘은 재생, 교차, 돌연변이와 같은 유전 연산자를 사용하여 개체군의 스트링을 처리하는 최적화 방법이다. 최적공간의 해들은 각 위치에서 선택이 알파벳처럼 정의된 고정된 길이, 고정된 위치에 맞게 스트링을 암호화한다. 또한, 유전알고리즘은 특히 많은 국소 최적해를 갖는 비선형 시스템의 전체 최적해를 구하는데 많이 이용되어 왔다. 그러나, 해결하려는 해의 집합인 염색체는 세대가 바뀌어도 고정된 길이를 갖는 단점을 갖는다. 최근에 이러한 단점을 보완하기 위해서 메시 유전알고리즘(messy Genetic Algorithm, mGA)를 사용하여 더욱 효과적인 염색체를 구성하는 방법이 제안되고 있다[4]. mGA는 탐색과정 중 다루기 어려운 빌딩 블록(bulging block)과 스키마(schema)이론에 관련된 최적화 방법을 이용한 형태에 의해 서로 결합한다. 또한 mGA에서는 가변 스트링을 사용하므로 더욱 순응적인 표현이 가능하다. 유전 알고리즘에서 사용되는 돌연변이 연산자와 교차 연산자 대신 다루기 쉬운 자르기와 붙이기 연산자를 사용하여 개체들을 진화시킨다. 이는 가변스트링을 사용하며 동일한 위치에서 교차점을 가질 필요가 없다.

본 논문에서는 축구로봇의 가장 기본적인 움직임 만들어 내는 속도 제어 부분에 관하여 논의한다. 제어부분은 목표를 달성하기 위해 거리 오차와 각도 오차에 따라 양쪽 바퀴

접수일자 : 2002년 6월 10일

완료일자 : 2003년 10월 3일

에 독립적인 속도를 전송하여 원하는 움직임을 만들어 내는 속도 제어 부분과 몇 가지 속도 제어 함수를 조합하여 구성 되어진 구동 제어부분으로 구성되어 있으며, 이는 로봇축구의 개인기(드리블, 킥, 태클 등)에 해당한다. 본 논문은 실제 로봇축구 경기에 있어 승패에 열쇠가 되는 자세제어에 사용되는 몇가지 속도 제어 파라미터들을 mGA를 이용하여 탐색함으로써 변화되는 환경속에서 로봇들의 목적에 따라 신속하게 이동하는 속도 제어 전략을 제안한다.

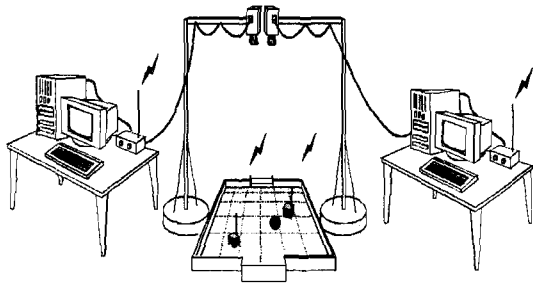


그림 1. 로봇 축구 시스템
Figure 1. Soccer robot system

2. 축구로봇 제어

2.1 축구로봇의 위치 제어

축구로봇의 목표점까지의 이동은 비전으로부터 입력된 각 로봇들의 좌표와 각도를 바탕으로 양 바퀴에 연결된 DC 모터의 속도를 변화시켜줌으로써 이루어진다. 각 로봇의 개인기(드리블, 킥, 태클)는 CCD 카메라로부터 입력된 비전 데이터 값들로부터 속도를 적절히 제어함으로써 이루어진다. 로봇시스템의 하위 레벨인 양쪽모터의 속도를 제어함은 로봇 경기의 승패에 크게 영향을 미치게 된다. 로봇을 원하는 위치로 이동시키는 함수는 다음과 같다.

$$V_L = K_d \cdot d_e - K_a \cdot \theta_e \quad (1)$$

$$V_R = K_d \cdot d_e + K_a \cdot \theta_e \quad (2)$$

여기서, K_d 와 K_a 는 각각 거리오차 및 각도오차에 곱해지는 파라미터로써 로봇이 목표점으로 이동하는데 중요한 역할을 한다. d_e 는 거리오차를 θ_e 는 각도오차를 나타낸다. 현재, 로봇의 위치를 (x_d, y_d) , 목표점 즉 공의 위치를 (x_r, y_r) 이라고 하면 거리오차 d_e 와 각도오차 θ_e 는 다음과 같이 표현된다.

$$d_e = \sqrt{d_x^2 + d_y^2} \quad (3)$$

$$\theta_e = \theta_d - \theta_r \quad (4)$$

식 (1)과 (2)에서 $K_d \cdot d_e$ 는 현 로봇의 위치와 목표점의 거리 차이에 따라 로봇의 속도를 증가시키는 역할을 하며, $K_a \cdot \theta_e$ 는 로봇이 목표점을 향하도록 하는 방향각을 조정한다. 이렇게 하여 로봇은 목표점을 향해서 이동하며 목표점에서 멀어지면 속도가 빨라지고 가까워지면 속도가 감소하게 되어 멈추게 된다. 그러나, 실제 경기에서 로봇은 계속적인 움직임을 가져야하면 공에 가까이 갔을 경우 속도가 0이 되

는 것을 피해야한다. 본 논문은 적절한 속도함수를 설계함으로써 속도가 0이 되는 구간, 즉 사구간을 피하면서 가속 및 감속이 이루어지도록 한다.

2.2 속도 제어

식 (1)과 (2)는 K_d 와 K_a 값에 의해서 사구간이 존재하게 된다. 이에 $K_d \cdot d_e$ 부분을 사구간이 존재하지 않도록 v_c 라는 값으로 재구성하였다.

$$v_R = v_c + K_a \cdot \theta_e \quad (5)$$

$$v_L = v_c - K_a \cdot \theta_e \quad (6)$$

로봇에 쓰이는 기본적인 속도 함수는 위 식과 같으며 각도 오차에 곱해지는 파라미터 K_a 의 값은 사용자가 환경변화에 따라서 실험을 통해서 임의적으로 값을 주어지기 때문에 시간이 많이 걸릴 뿐 만 아니라 정확한 제어를 하는데 한계가 있다. 이를 위해서 퍼지 로직을 이용한 방법 [1], 단위 벡터장을 이용한 방법 [3], Limit Cycle방법 [1]등이 있으나 이 또한 파라미터값을 오랜 시간동안 실험을 통해서 최적화 시켜야 하므로 환경적 변화속에서 대체 해를 찾기가 어렵다. 이런 점을 보완하기 위해서 본 논문은 거리 오차를 로봇의 속도에 반영하는 비율을 결정하는 파라미터(K_D), 각도 오차를 각 로봇의 모터 속도에 반영하는 비율을 결정하는 파라미터(K_A), 거리 오차와 각도 오차를 동시에 고려하여 이동시 오차 각을 쉽게 수정하기 위한 파라미터(K_T)를 사용하여 정확한 속도 제어와 경로 제어를 할 수 있도록 하는 방법을 사용한다. 또한, 이 세가지 파라미터를 mGA를 이용하여 탐색함으로써 변화된 환경에서도 빠른 대체 파라미터를 찾을 수 있도록 하는 방법을 제안한다.

2.3 속도 제어 함수 설계

본 논문에서 사용한 축구로봇의 속도 제어 함수는 기본적으로 위치를 이동하기 위한 함수이다. 즉, 거리 오차에 따라 로봇의 이동 속도를 결정하는 K_D 파라미터와 각도 오차에 따라 각 모터에 입력되는 값들의 차를 두어 얼마나 신속히 각도 수정을 할 것인가를 결정하는 K_A 파라미터, 그리고 이동 도중 감속에 의한 선형적인 각도 수정을 위한 K_T 파라미터로 구성되어 있다. 이 파라미터들을 어떤 값으로 설정하는가에 따라 로봇은 다양한 경로 패턴을 만들 수 있다. 거리 오차에 따라 속도를 제어하는 함수 형태는 다음과 같다.

$$v_c = \frac{1}{1 + \exp(-a(x-c))} \quad (7)$$

시그모이드(Sigmoid) 함수형태인 식 (7)은 사구간(그림 2)을 피하고 로봇의 속도제어를 하기 위한 함수이다. 본 논문에서는 거리 오차에 의한 이동 속도를 결정하기 위하여 K_D 파라미터에 의해서 재구성한다.

$$v = \left(\frac{2.0}{1.0 + \exp(-3d_e^2/K_D)} - 1.0 \right) \quad (8)$$

식 (8)에서 d_e 는 거리 오차를, K_D 는 속도의 감속 곡률을 나타내는 상수로써 이 값이 클수록 속도 곡선은 거리 오차에 따라 완만한 감속을 하게 된다. v 값은 0에서 1값으로

제한되어 있으며 실제 로봇의 구동시에는 v_{max} 를 곱함으로써 이동시의 속도 스케일이 된다.

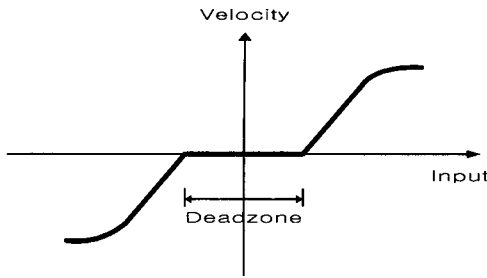


그림 2. 로봇축구에 나타나는 사구간
Figure 2. Dead-zone of robot soccer

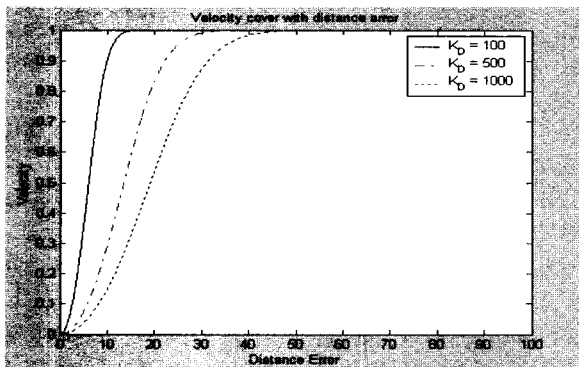


그림 3. 거리 오차에 따른 속도 곡선
Figure 3. Velocity cover with distance error

그림 3에서 알 수 있듯이 지수함수에 의해서 부드러운 가속할 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 또한 일반적인 속도 함수와는 달리 그림 2와 같이 0에서의 불연속점을 피할 수 있다. 또한, 본 논문에서는 로봇의 이동 중에 각도 오차에 따른 속도 제어를 손쉽게 하기 위해서 파라미터(K_T)를 가지는 가우시안 분포 함수 형태 식 (9)를 식 (8)에 곱해주었다. 이는 각도 오차가 작을수록 속도가 증가하게 되며, 각도가 오차가 클 경우 속도를 낮추어 각도 오차를 쉽게 제어할 수 있도록 해준다.

$$f(t) = \exp\left(-\frac{\theta_e^2}{K_T}\right) \quad (9)$$

그림 4에서 알 수 있듯이 각도 오차가 0일 때 최대값 1이 되고, 각도 오차가 커질수록(±) 0의 값에 가까워져 로봇이 각도 오차가 클 때 속도를 감속시켜주는 역할을 하게 된다. 식 (8)과 (9)를 곱하면 이동 속도 분포가 나오는데, 거리 오차와 각도 오차에 의한 속도 분포를 동시에 만족시킬 수 있는 식 (10)과 같은 속도 제어 함수를 사용한다.

$$v = \left(\left(\frac{2.0}{1.0 + \exp(-3d_e^2/K_D)} - 1.0 \right) \times \exp\left(-\frac{\theta_e^2}{K_T}\right) \right) \quad (10)$$

이렇게 구성되어진 속도 제어 함수는 K_D 와 K_T 를 사용하여 원하는 동작을 구현할 수 있으며, K_A 에 의한 다양한 경로를 제어할 수 있다. 식 (11)과 (12)는 DC모터의 최대속

도 V_{max} 를 함수에 곱함으로써 실제 로봇제어에 필요한 속도를 스케일한다.

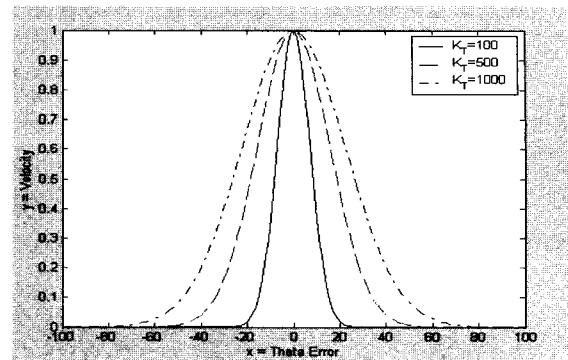


그림 4. 각도 오차에 따른 속도 곡선
Figure 4. Velocity curve with angular error

$$v_L = V_{max} \left(\left(\frac{2.0}{1.0 + \exp(-3d_e^2/K_D)} - 1.0 \right) \times \exp\left(-\frac{\theta_e^2}{K_T}\right) \right) + K_A \theta_e \quad (11)$$

$$v_R = V_{max} \left(\left(\frac{2.0}{1.0 + \exp(-3d_e^2/K_D)} - 1.0 \right) \times \exp\left(-\frac{\theta_e^2}{K_T}\right) \right) - K_A \theta_e \quad (12)$$

상기 식은 로봇의 좌·우 모터의 속도를 나타내는 식이다. 이와 같이 설계된 속도 함수를 이용하여 축구로봇의 여러 가지 움직임을 시뮬레이션한 결과는 그림 5와 같다. 그림 5에서, 구립 5(a)는 이 속도 함수를 적용하여 직선경로에서의 모습, 그림 5(b)는 쏘는 모습을 그리고, 그림 5(c)는 회전하는 모습을 도시한 것이다.

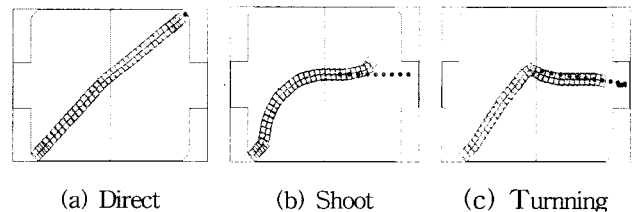


그림 5. 로봇의 직선, 쏘, 회전 동작 시뮬레이션의 예
Figure 5. Direct, shooting, turning simulation

상기에서 언급한 속도 함수는 곡선 경로가 요구되어질 때 오랜 실험을 통해 거리 오차에 따라 다른 K_A 값을 일일이 구해야 원하는 곡선 경로가 나올 수 있다. 마찬가지로, 다른 경로에 대해서도 오랜 실험 기간이 필요로 한다.

본 논문에서는 상기의 어려움을 해결하기 위해 mGA를 이용하여 변화된 환경 속에서 최적화된 파라미터 쌍을 가능한 짧은 시간에 탐색하는 방법을 제안한다.

3. mGA를 이용한 K_D , K_A , K_T 값 탐색

mGA는 적절한 파라미터 쌍을 탐색하기 위해서 우선 각각의 파라미터 값들을 정수형태의 값들로 코딩한다. 이를 위해

서 초기값을 [0 1]사이의 임의의 값들로 구성한다. 이때, 최적해에 성공적으로 수렴하기 위해서는 파라미터의 최고값을 잘 설정해야 한다. 본 논문에서는 이전의 실험에서 얻은 경험치를 바탕으로 각 파라미터의 최고 값을 다음과 같이 설정한다.

- (1) K_D 파라미터 : 최고값 200 (실수형으로 표현)
- (2) K_T 파라미터 : 최고값 8,000 (실수형으로 표현)
- (3) K_A 파라미터 : 최고값 0.9 (실수형으로 표현)

이렇게 하여 K_D , K_T , K_A 파라미터를 임의값으로 초기값을 설정한 후 mGA에 의해 최대 적합도를 판별하여 3개의 개체로 표현이 가능하다.

- 예를 들어 어떤 개체들이 다음과 같다면,
 a) $K_D = 0.8$, $K_T = 0.2$, $K_A = 0.1$

디코딩(decoding)한 염색체의 표현형은 다음과 같다.

- (b) $K_D = 0.8 \times 200 = 160$,
- $K_T = 0.2 \times 8,000 = 1,600$,
- $K_A = 0.1 \times 0.9 = 0.009$

초기 개체군은 임의로 생성한 1~30개의 개체들로 구성하였으며, 적합도(fitness)는 한 점에서 출발하여 목표점과의 거리 오차가 3cm (V_{max})값을 고려한 거리오차) 이내, 각도 오차 0°의 자세로 안정되게 정지한 상태까지 걸리는 시간을 기준시간에서 뺀 수의 역수를 0에서 1까지의 값으로 스케일링한다 [2]

$$f(\Pi_a, \Pi_s) = \lambda \frac{1}{1 + \Pi_a} + (1 - \lambda) \frac{1}{1 + \Pi_s} \quad (13)$$

일반적으로 mGA에서는 식 (13)과 같이 최대값을 갖는 적합도 값을 사용하며, 변환된 형태로 적합도 함수와 결합하여 사용한다 [8, 9]. 그리고, 선택 방법에 있어서는 주어진 환경 속에서 최적 해를 찾는데 실패했다 하더라도 원하는 움직임을 어느 정도 만족시킬 수 있는 대체 해를 보존하기 위해 엘리트 보존을 적용하였으며, 아무리 안정된 해라고 하더라도 역학적으로 복잡한 실세계 구조 속에서 구현된 움직임으로 적합도를 평가받기 때문에, 비전시스템의 프레임 손실, DC 모터의 비선형 특성, 이동 방향에 따른 관성의 변화, 바닥의 굴곡 등에 의해서 적절한 해가 불안정한 결과를 보일 수도 있으므로 선택 방법에 있어서 엘리트 보존 선택을 적용하되 엘리트 개체 수를 2개로 설정하였다. mGA 연산자인 자르기(cut) 확률, 붙이기(splice) 확률은 자르기율(p_c) = 0.4, 붙이기율(p_s) = 0.1로 설정하였다 [5, 10].

4. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 방법의 타당성을 검증하기 위하여 두 가지 실험을 하였다. 첫 번째 실험은 경기장의 목표점까지 최단 시간 직선 주행을 목표로 한 실험을 위해 초기 개체군은 random하게 생성된 10개의 개체들로 실험을 하였으며, 두 번째 실험은 변화된 경기장에서도 제안한 방식의 유효성을 입증하기 위하여 4.2절에서 제안한 방법과 같이 가정한 후 실험을 하였다.

그림 6은 실제 경기장에서 생길 수 있는 거리 오차 범위(경기장 규격에 따른 오차: -150~150)와 각도 오차 범위(-180°~180°)에서의 로봇 제어 속도 분포를 도시한 그림이다.

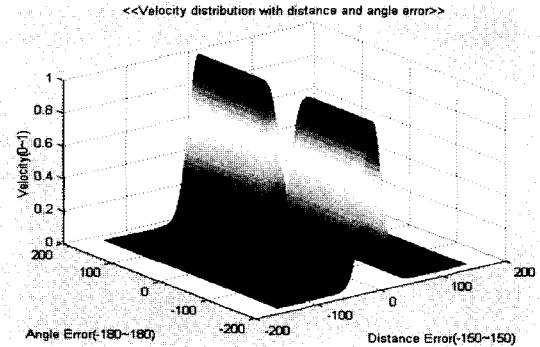


그림 6. 실제 경기장에서의 로봇 속도 분포
 Figure 6. Velocity distribution in the real field

본 논문에서는 각 파라미터 값들의 정확성을 위해서 시뮬레이션의 반복 실험을 통해 검증하였다. 기본적으로 본 실험은 축구 로봇의 좌·우 모터 최대속도를 125으로 하고, 식 (14)와 (15)에 의해 파라미터 K_D , K_T , K_A 를 구하였다.

$$v_L = 125 \left(\left(\frac{2.0}{1.0 + \exp(-3d_e^2/K_D) - 1.0} \right) \times \exp\left(-\frac{\theta_e^2}{K_T}\right) \right) + K_A \theta_e \quad (14)$$

$$v_R = 125 \left(\left(\frac{2.0}{1.0 + \exp(-3d_e^2/K_D) - 1.0} \right) \times \exp\left(-\frac{\theta_e^2}{K_T}\right) \right) - K_A \theta_e \quad (15)$$

4.1 10개의 랜덤한 초기 개체군들로 구성된 실험

표 1은 파라미터 K_D , K_T , K_A 를 구하기 위하여 mGA를 적용하여 진화하면서 얻어진 세대별 최대 적합도를 나타낸 것이고, 이를 그래프로 나타내면 그림 8과 같다.

표 1. 세대별 개체군의 최대 적합도

Table 1. Maximum fitness value of population in generation

세대수	최대 적합도	세대수	최대 적합도	세대수	최대 적합도
0	0.918367	10	0.887407	20	0.927407
1	0.909630	11	0.915556	21	0.888889
2	0.874074	12	0.908148	22	0.917037
3	0.906667	13	0.869630	23	0.925926
4	0.881481	14	0.917037	24	0.931852
5	0.906667	15	0.922963	25	0.931852
6	0.866667	16	0.915556	26	0.931852
7	0.891852	17	0.925926	27	0.925926
8	0.911111	18	0.928889	28	0.931852
9	0.911111	19	0.933333	29	0.931852

그림 7을 보면 24세대까지 비교적 낮은 적합도를 가지며 상당히 불안정한 파라미터를 가진 개체들이 엘리트로 선택되

어지다 곧 도태되어 버린다. 그러나, 24세대 이후에는 최대 적합도가 높으면서 최대 적합도 변화가 안정되어 가는 것을 볼수 있다. 하지만 그림에서 보면 본 논문에서 종료 조건으로 쓴 값에 19세대에서 만족되는 개체가 발생된다. 이때의 값들은 각각 $K_D:191$, $K_T:305$, $K_A:0.349$ 이다. 이 경우 로봇의 주행시간은(5,320ms)이고, 적합도는 0.933333이었다.

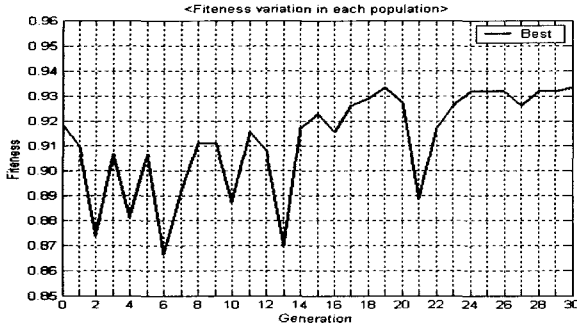


그림 7. 세대별 개체군의 최대 적합도 변화
Figure 7. Maximum Fitness variation in population

4.2 환경적 변화에 의한 실험

본 논문의 타당성을 증명하기 위하여 그림 8와 같이 같은 환경적 변화에 따른 최적 파라미터값 탐색을 하였다. 변화된 경기장 즉, 환경적 변화(DC 구동에 영향을 줄수 있는 환경적 요인)에 영향을 받는 로봇들의 최적해 탐색에 본 논문은 같은 조건에 같은 방식으로 각각의 파라미터를 구해도 되겠지만 K_D , K_T , K_A 의 값을 구하기 위해 본 논문에서는 바닥과 로봇사이의 마찰력이 증가했다 가정하고 시뮬레이션 하였다. 즉, 외부적 환경에 의한 속도감소를 가정하고 목표까지의 시간이 4.1절에서 구한 최적의 해에 의해서 도착하는 시간보다 더 많은 시간이 소비될 것이라 가정하고 시뮬레이션하였다.

표 2는 K_D , K_T , K_A 를 구하기 위하여 mGA를 적용하여 각각의 세대별로 얻어진 최대 적합도를 나타낸 표이며, 그림 8인 이의 변화를 도시한 그림이다. 그림 8을 보면 16세대 이후에 높은 적합도와 비교적 안정된 값을 볼 수 있다. 본 논문에서 종료조건으로 사용한 값에 의해서 16세대에서 만족되는 엘리트 개체가 발생된다. 이때의 값들은 $K_D:195$, $K_T:255$, $K_A:0.346$ 이고, 적합도는 0.933333이었다.)

표 2. 세대별 개체군의 최대 적합도
Table 2. Maximum fitness value of population in generation

세대수	최대 적합도	세대수	최대 적합도	세대수	최대 적합도
0	0.900408	10	0.881481	20	0.925926
1	0.918519	11	0.882963	21	0.903704
2	0.857778	12	0.882963	22	0.920000
3	0.862222	13	0.908148	23	0.918519
4	0.906667	14	0.918519	24	0.925926
5	0.917037	15	0.915556	25	0.927407
6	0.882963	16	0.933333	26	0.933333
7	0.897778	17	0.927407	27	0.930370
8	0.862222	18	0.927407	28	0.933333
9	0.887407	19	0.927407	29	0.930370

그림 9는 파라미터 K_D , K_T 와 K_A 의 값들을 각각 달리 하여 시뮬레이션한 결과이다. 그림 9(a)는 K_A 의 값이 다른 값에 비해 상대적으로 커서 전체적인 경로가 진동하는 경우를 보인다. K_D 와 K_T 값이 상대적으로 클 때는 그림 9(b), 9(c)와 같이 목표점에 가까워지면 속도가 급격히 감속하며, 목표점에 수렴하지 못한다.

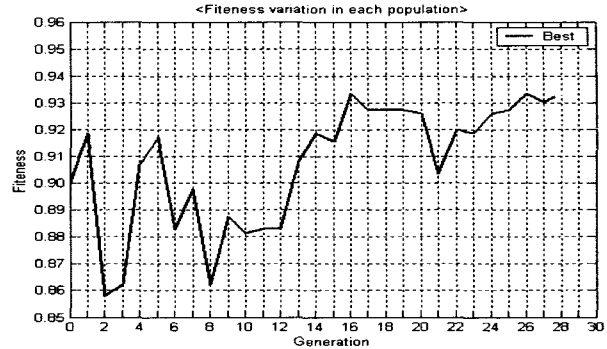


그림 8. 세대별 개체군의 최대 적합도 변화
Figure 8. Maximum Fitness variation in population

그림 10(a) 10개의 랜덤한 초기개체군에 의한 실험, 10(b) 환경적 변화에 의한 실험은 mGA를 통해 구해진 엘리트 개체를 시뮬레이션한 결과이다.

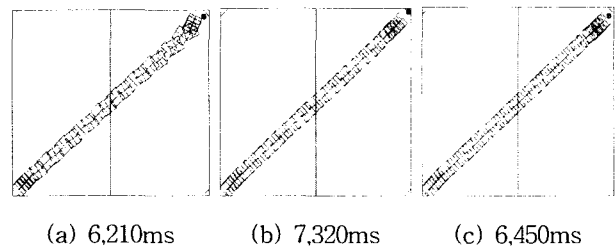


그림 9. 각각의 파라미터에 대한 로봇 경로와 시간
Figure 9. Moving pattern and times of robot with each parameters

그림 10(a)와 10(b)에서 보는 바와 같이 정상구장이나 외부적 환경적 요인에 의해 변화된 구장에서 로봇이 목표점까지 가는 시간이 크게 차이가 없음을 볼 수 있다. 상기 실험 결과 본 논문은 제안한 방법은 환경적 요인에 의한 변화에도 적절한 최적해를 찾을 수 있음을 알 수 있다.

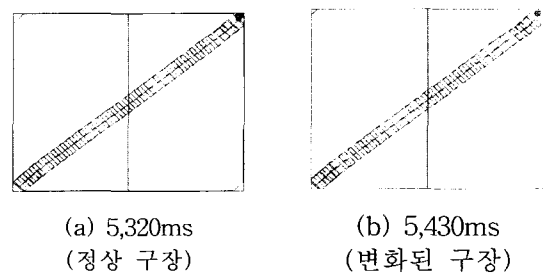


그림 10. 엘리트 개체들에 의한 로봇 경로와 시간
Figure 10. Moving pattern and times of robot with elite individual

5. 결 론

본 논문에서는 mGA를 이용한 축구로봇의 속도제어에 관한 새로운 방법을 제안하였다. 이전에 시행착오를 거쳐 구했던 속도 제어 함수 파라미터 값들을 인공지능 기법인 mGA를 사용함으로써 더 최적인 값을 구할 수 있음을 보였다. 제안된 mGA를 이용한 파라미터는 세대에 따라 변하는 가변스트링을 사용함으로써 타 유전 알고리즘에 비해 더욱 순응적으로 표현이 가능함을 실제 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 마지막으로, 본 논문에서 제안한 방식은 실세계 응용에 직접적으로 사용할 수 있으며 이전에 로봇축구에서 사용했던 값들보다 훨씬 안정적이며 목표점에 빠른 시간내에 수렴함을 볼 수 있었다.

그러나, 변화된 환경속에서 각각의 값들을 구하기 위해서는 경험적 바탕으로 최고값들을 구해야 하기 때문에 시간적으로 국한되어 있는 로봇축구에 적용하는 것은 다음 과제로 남겨둔다.

참 고 문 헌

- [1] 김종환 외 8인, 로봇축구공학, 브레인 코리아, 2002
- [2] K.B. Sim, J.Y. Kim, and H.Y. Kim, "Speed Control Strategy of Soccer Robot Using GA", Vol. 11, No. 3, pp. 275-281, 2002
- [3] J.H. Kim, K.C. Kim, Y.J. Kim, and P. Vadakkepat, "Path Planning and Role Selection Mechanism of Soccer Robot", IEER Proc. Int. Conf. Robotics and Automation, pp. 3215-3221, 1998
- [4] M. Chowdhury and Y. Li, "Messy Genetic Algorithm Based New Learning Method for Structurally Optimized Neuro-fuzzy Controllers", Proc. IEEE Int. Conf. on Industrial Tech., Dec. 1996.
- [5] K. Deb and D.E. Goldberg, "mGA in C: A Messy Genetic Algorithm in C", IlliGAL Report No. 91008, Sep. 1991
- [6] 주영훈, 이연우, 박진배, "mGA의 혼합된 구조를 사용한 퍼지 모델 동정", 대한전기학회 논문지, Vol. 49D, No. 8, pp. 423-431, 2000, 8.
- [7] D. E. Goldberg, B. Korb, and K. Deb, "Messy Genetic Algorithms Motivation, Analysis, and First Results", Complex Systems, Vol. 3, No. 5, pp.493-530, 1989

- [8] H. Kargupta, "The Gene Expression Messy Genetic Algorithm", Proc. of IEEE Int. Conf. on Evolutionary Computation, Nagoya, Japan, 1996.
- [9] F. Hoffmann and G. Pfister, A New Learning Method for the Design of Hiperarchical Fuzzy Controllers Using Messy Genetic Algorithms.
- [10] L. Davis., "Adaptive Operator Probabilities in Genetic Algorithms", ICGA '89. 1989

저 자 소 개

김정찬(Jung Chan Kim)



2002년 : 군산대학교 전자정보공학부 졸업
 2003년~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 석사과정
 관심분야 : 지능제어, 지능로봇, 유전알고리즘, 퍼지제어

Phone : 063-469-4706
 Fax : 063-469-4706
 E-mail : kjc7777@kunsan.ac.kr

주 영 훈 (Young Hoon Joo)

제 13권 3호(2003년 6월호) 참조



박 현빈(Hyun Bin Park)

1967~1971년 : 전북대학교 전기공학과 졸업
 1972~1978년 : 동대학원 전기공학과 졸업
 1994년~현재 : 전남대학교 전기공학과 박사과정 수료
 1998~2000년 : 호원대학교 정보과학대학장
 2001~현재 : 호원대학교 산업기술연구소장
 1980~현재 : 호원대학교 전기공학과 교수

관심분야 : 자동제어, 공장 자동화, 퍼지제어, 신경회로망

Phone: 063-450-7225
 Fax : 063-450-7777
 E-mail: krap@mail.howon.ac.kr