

본능·직관·이성 알고리즘을 이용한 축구로봇의 제어특성

이대훈*, 최환도, 하성윤**(동아대 대학원 기계공학과),
김중완***(동아대 기계·산업시스템공학부)

Control Characteristics of Soccer Robot Using Instinct-Intuition-Reason Algorithm

D. H. Lee, H. D. Choi, S. Y. Ha(Mech. Eng. Dept. DAU),
J. W. Kim(Mech. Indus. Sys. Eng. Dept. DAU)

ABSTRACT

This paper presents an artificial intelligent model for a soccer robot. We classified soccer robot as artificial intelligent model into three elemental groups as instinct, intuition, reason. Instinct is responsible for keeping the ball, driving or rushing toward the ball. This is very simple fundamental action without regard to associates and enemies. Intuition contributes to the fast/slow moving and simple basic turning to get near to the ball and to make a goal noticing associates and enemies. Reason is the most intelligent part. The law of reason is not simple relatively with instinct and intuition. We also compared nerve system and muscles of human being model with controller and motor of physical soccer robot model individually. We had designed several algorithms and made programs to investigate effects and control soccer robot.

Key Words : Artificial Intelligent Model(인공지능모델), Instinct(본능), Intuition(직관), Reason(이성), Soccer Robot(축구로봇), Controller(제어기)

1. 서론

다중이동로봇 연구에 있어 서로 다른 로봇시스템 간의 경쟁과 팀 로봇간의 협동 작업수행을 실험 할 수 있는 중요한 실험 대상이 되고 있다. 이런 다 개체 시스템의 대표적인 예가 축구 로봇이다. 축구 로봇은 1996년에 시작된 Micro -Robot World Cup Soccer Tournament (MiroSot)는 1997년부터 세계 로봇 축구 연맹(Federation of International Robot-Soccer Association ; FIRA)의 로봇 축구 경기의 한 종목이 되었다. FIRA는 로봇틱스, 인공지능, 지능제어, 컴퓨터 기술, 센서 기술 등의 분야에서 종사하고 있는 세계 각국의 연구원들과 과학자들 사이에 과학 기술 교류 및 발전을 위하여 1997년에 창립되었다. 축구 로봇 시스템은 자율의지를 가진 각각의 로봇들과 이들의 원활한 의사소통을 연결해 주는 Host Computer 간의 다 개체 시스템으로 구성되며, Host Computer와 로봇간의 의사소통은 Real-Time으로 진행된다.

축구 로봇의 경기 시에는 많은 행동양식을 호스트 컴퓨터로부터 전달해 주어야 한다. 예를 들면 로

봇이 공을 찾아가는 경로 설정이라든지 공격과 수비 시의 위치 결정 등을 들 수 있다.

본 연구에서는 축구로봇의 행동제어를 위하여 퍼지이론에 의한 계층적 행동구조를 적용한 새로운 구조의 퍼지 신경망 제어기법이 제안되고, 제안된 계층적 행동구조 및 퍼지 이론에 의해 설계된 무선통신 이동형 로봇제어기의 성능실험을 통하여 검증된다.

2. 시스템의 구성

2.1 제어 시스템

로봇축구 시스템은 상단부의 CCD 카메라로부터 공과 로봇에 대한 위치를 호스트로 보내는 영상 처리 시스템부분과 데이터 처리를 위한 호스트 컴퓨터, 그리고 데이터를 로봇에 전달하는 무선 송신장치 등이 있다. 여기서 각 시스템 역할의 비중에 따라 Remote -brainless, Vision-based, Robot-based 시스템으로 나눌 수 있다.

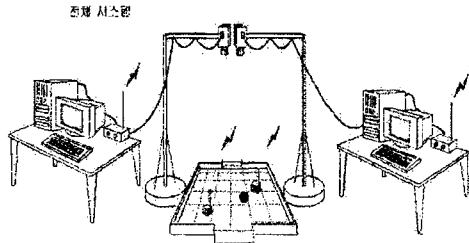


Fig 1. Soccerrobot system

Remote-brainless 시스템은 축구로봇수행에 필요한 대부분의 지능이 호스트 컴퓨터에서 구현되는 방식이다. 이는 로봇구조가 간단하여 구현이 쉽고 프로그램에 개선이나 추가가 용이한 반면에 호스트 컴퓨터와 비전시스템의 연산 시간이 빨라야 하며 적외선 또는 접촉 센서 등의 국부적인 정보를 이용할 수 없는 단점을 가지고 있다.

지능 내재형 축구로봇 시스템은 호스트 컴퓨터와 로봇에 지능이 나뉘어서 구현된다. 로봇은 간단한 지능만을 가지게 되고 호스트 컴퓨터에서는 영상처리 데이터에 의해 로봇에서 지령을 내리게 된다.

2.2 하드웨어

일반적으로 축구로봇은 크기에 비하여 비교적 고속으로 움직여야 한다. 그러므로 축구로봇의 구동부는 DC 모터 또는 스텝 모터가 사용되어진다. 그리고 이 모터를 제어하기 위한 모터 컨트롤러(motor controller)와 모터 엔코더(motor encoder)가 사용되어진다. 우리는 보다 빠른 로봇의 구동을 위해 비교적 간단한 제어로 위치 및 속도 제어가 가능한 스텝모터 보다 DC 모터를 사용하였다. 또한 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸어 화상신호의 한 프레임을 메모리에 저장하는 장치인 화상캡처보드(Frame grabber)는 TV 수신카드를 사용하였고 이를 이용하여 CCD 카메라와 연결, PCI 방식으로 VGA카드에 정보를 전달하여 비전 시스템을 구축하였다. 데이터 송수신장치로 RF module 418과 433을 이용하였다.

2.3 소프트웨어

본 연구실은 비전처리 시스템을 구축은 Window O/S 체제 하에서 작업되었으며 Visual C++에서 MFC로 생성되었다. 축구 로봇 시스템의 비전 처리 알고리즘에서는 비전정보를 기존의 RGB범위에 맞추어 찾는 것이 아니라 이미 나와있는 RGB Table을 정보로 인식시켜 한번 찾은 위치를 전술의 수행에 따른 예측 비전 시스템을 구사하여 한다. 기타 여러 부분에서는 Matlab의 제어적인 특징들을 포함시켰다.

3. 본능·직관·이성 알고리즘

3.1 본능

본능이란 사전적 의미로서 학습이나 경험에 의하지 않고 선천적으로 가지고 있는 동물의 행동 습성이나 능력, 개체의 생존과 종족 유지의 기본적인 욕구와 밀접한 관련을 가지는 것이다. 즉 판단이 개입할 여지가 없이 행동양식에 의해 곧바로 실천으로 옮기는 행위를 말한다.

축구로봇에 있어서도 이와 같은 행동을 나타낼 수 있다. 축구로봇 또한 공을 잡거나 공을 향하여 움직이는 것이다. 이는 상태편이나 같은 편과의 연관 없이 기초적이며 간단한 움직임이다.

3.2 직관

직관의 사전적 의미는 판단·추리 등의 사유 작용을 거치지 않고, 대상을 직접적으로 파악하는 작용을 말한다. 직관과 본능의 차이는 직관에서는 약간의 경험이 바탕이 된다는 것이다. 때문에 직관은 본능보다 약간 복잡한 과정을 거치게 된다.

축구로봇에 있어서의 직관은 축구로봇의 빠른 또는 느린 움직임과 공 근처에서의 기본적인 회전 또는 골과 상대방에 대한 주의 등이다. 기본적인 회전시의 공에 대한 근접 정도는 정량적이 아닌 정성적인 것이다. 여기서에서 본능과 마찬가지로 행동이 우선 시 된다.

3.3 이성

이성에 대한 사전적 의미는 충동적인 감정에 좌우되지 않고 사리를 올바로 분별하여 그에 따라 행동할 수 있는 마음의 능력을 말하는 것이다. 이성에서는 본능이나 직관과 달리 옳고 그름의 판단이 요구되며 그 판단이 행동에 우선하게 된다. 이러한 판단을 위해서 과거의 경험적 행태들이 필요하게 된다. 축구로봇에서의 이성은 가장 중요하다고 할 수 있다. 이성은 본능과 직관처럼 독립적이지 않다. 공의 이동경로를 예측해야 하며, 이에 따른 상대팀의 이동경로, 그리고 같은 팀의 로봇과의 연관 관계도 고려해야 하는 것이다. 이를 고려하여 로봇의 행동을 결정하게 된다. 이때 행동 결정을 위한 판단이 요구되어진다. 이러한 판단을 위한 이론으로 인공지능이론 등이 사용되어진다.

또한 이성에서는 결과 판단에 어느 정도 정량화가 가능하다. 옳고 그름을 0과 1 그리고 그사이의 각종 가중치를 이용하여 표현할 수 있는 것이다. 이 가중치의 크기에 따라 행동이 결정되는 것이다.

3.4 계층적 행동 제어기 구조

본 논문에서 제안하는 제어기는 속도 제어기와 위치 제어기로 구성되어 있으며, 삼시 시스템

(supervisory system)으로 비전 시스템으로부터 영상정보를 받아서 모든 상태와 상황을 고려하고 판단하여 의사를 결정, 로봇에게 명령을 내리는 방식이다. Fig. 2에 다중 로봇시스템의 개략도를 나타내었다.

위치와 속도 제어기는 최소한의 계산과 간단한 알고리즘을 이용하여 구현할 수 있는 PID 제어에 기반을 둔 PWM제어방식으로 DC 모터를 제어한다.

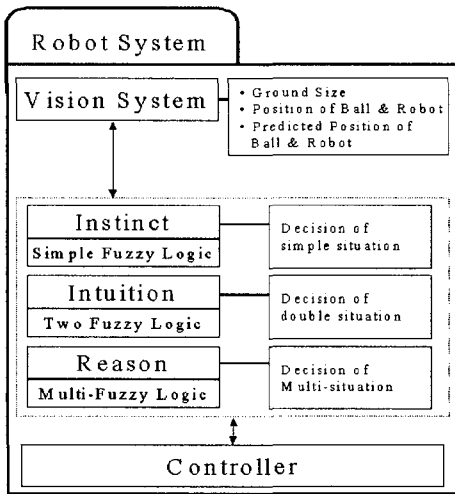


Fig 2. Schematic of Multi-Robot system

4. 제어기 설계 및 실험

4.1 추론방법

퍼지신경회로 제어법은 수치노의 퍼지추론의 끝단의 함수가 상수가 되거나 또는 최소-최대 도심법의 끝단에서의 퍼지집합의 범위가 미소값, 즉 실근톤(singleton)이 될 때의 경우와 일치한다. 따라서, 임의의 i 번째 제어칙은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$H_i: \text{If } x_1 = M_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } x_n = M_{in} \\ \text{then } \Gamma_1 = N_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } \Gamma_n = N_{in} \quad (1)$$

여기서, H_i 는 i 번째 제어칙을 나타내고, M_{ij} 는 i 번째 제어칙에서 j 번째 입력변수와 결합되는 선행단에서의 퍼지집합이고 N_{ij} 는 i 번째 제어칙의 끝단에서 j 번째 변수와 결합되는 상수를 나타낸다. 신뢰도 $\sigma M_{i1}(x_1) \cdot \sigma M_{i2}(x_2) \dots \cdot \sigma M_{in}(x_n)$ 을 적용하면, 선행단에서 신뢰도 Q_i 는 다음과 같이 정의된다.

$$Q_i = \sigma M_{i1}(x_1) \cdot \sigma M_{i2}(x_2) \dots \cdot \sigma M_{in}(x_n) \quad (2)$$

j 번째 출력 결과는 가중치 Q_i 에 관하여 N_{ij} 의 가장 평균치로써 다음과 같이 계산된다.

$$\Gamma_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n Q_i N_{ij}}{\sum_{j=1}^n Q_i}, \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

멤버쉽 함수는 다층의 신경망 내의 단위함수에 대하여, $[0,1]$ 의 구간을 갖는 다음의 함수로 정의한다.

$$F(\mu x) = (e^{\mu x} + 1)^{-1} \quad (4)$$

여기서, μ 는 영보다 작은 상수이다.

4.2 신경망 제어기 구조

Fig. 3은 신경망을 이용한 구조를 보여준다. 여기서 기호 $\{ \}$ 를 가진 변수는 신경망을 통한 신호의 통과를 나타낸다. 원형기호는 단일체(unity)이고, Ω_S 는 입력변수 x_i 에 대한 계수이고 Ω_g 는 각각 중심(즉, 함수 값 0.5와 일치하는 비례 후원집합에 관한 값)과 시그모이드 함수의 구배를 나타내는 연결가중치들이다. 덧붙여서, 기호 -1 을 가지는 단일체(unity)는 -1 의 결과를 산출하고 \sum 기호를 가지는 단일체(unity)는 입력들의 합을 산출한다. 그리고, 기호 F 를 가지는 단일체(unity)에서의 입력과 출력의 관계는 식(4)에 의해서 정의된다. 또한 기호를 가지지 않는 단일체(unity)는 입력을 출력으로 간단히 산출한다. Fig.1에서 보여지는 신경망을 적용하면, 영에서 중심을 가지는 결과류 함수는 식(5)와 식(5)의 음의 값을 부과함으로써 구성될 수 있다.

$$F(x) = [e^{a(bx+c)}]^{-1} \quad (5)$$

여기서, a, b, c 는 임의의 상수를 나타낸다. 퍼지 시그모이드 신경회로망은 유사 사다리꼴류 함수가 다른 기호를 가진 두 개의 시그모이드 유니트 함수를 합하는 것으로 구성되기 때문에, 선행단에서의 멤버쉽함수를 산출하기 위한 부과의 중간층들을 요구한다는 것을 생각할 필요가 있다. 또한 이러한 사실을, 연결 중간층에서의 단일체(unity)들의 수는 퍼지 라벨들의 수가 커짐으로써 성장하는데 원인이 있다. 퍼지-신경망법은 단위 함수로써 정의되는 가우스 함수로써 정의할 수 있다.

$$F(x) = e^{-\ln(1/2)x^2} \quad (6)$$

이 경우에 대하여, 신경망을 이용한 멤버쉽 함수의 구성은 Fig. 4에 나타내고 있다. 여기서, 연결가중치 Ω_c 는 가우스 함수에 대한 중심값을 나타내고, Ω_d 는 표준화된 후원집합에서 가우스함수 0.5를 갖는 중심 Ω_c 로부터 편차의 역의 값을 나타낸다. 결과적으로, 신경망과 식(6)의 계산을 이용해서 다음과 같은 가우스류 함수를 나타낼 수 있다.

$$F(x) = e^{-\ln(1/2)[\Omega_d(\Omega_c - x)]^2} \quad (7)$$

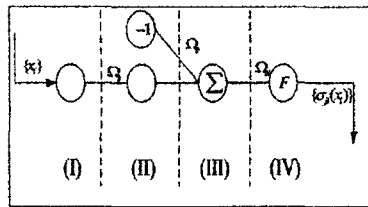


Fig 3. Neural network for generating membership function

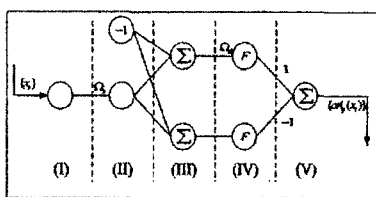


Fig 4. Neural network for gaussian membership function

4.3 제어기의 학습구조

본 논문에서는 구동토크와 플랜트의 출력 정보 사이의 관계식을 얻기 위하여 제어기의 영역에서 폭넓게 사용되는 컴퓨터 토크제어기를 모델기준서보제어기로 활용하였다. 이러한 설계기법으로부터 얻어진 제어원리 및 기본구조가 2개의 퍼지-신경망으로 구성되는 학습제어기에 적용된다. 로봇에 대한 속도와 편차는 양 구동바퀴를 구동하는데 사용되지만, 각 구동바퀴에서 똑같은 정보량을 가지지는 않는다. 반면 방향각의 비와 각 구동바퀴의 편차와 방향각의 편차는 두 구동바퀴를 구동하는데 사용되지만, 각 구동바퀴에서 반대기호의 정보량을 가지지는 않는다. 로봇의 속도와 방향각은 왼쪽과 오른쪽 구동바퀴들에 의한 토크를 조정함으로써 제어된다. 즉 여기서 고려된 제어시스템은 다입력 다출력이다. 입력으로써 δ_v , δ_θ , δ_v , δ_θ 와 추론 출력으로써 Γ_r , Γ_l 를 가진 퍼지-신경망에서, 선행단의 제어칙의 수는 선행단에서 라벨 l 의 수가 증가함으로써 l^2 으로 성장한다. 이것은 신경망에서의 중간 단일체(unity)들의 수의 지수함수적인 증가에 원인이 있다. 제안된 제어기에서 모델기준 서보제어기의 구조를 분석하면, $\Gamma_r = \Gamma_v + \Gamma_\theta$, $\Gamma_l = \Gamma_v - \Gamma_\theta$ 의 관계식이 주어짐을 알 수 있다. 여기서, Γ_v 는 로봇의 속도 측정을 이용하여 로봇 속도를 제어하기 위하여 요구되는 토크이고, Γ_θ 는 로봇의 방향각 측정을 이용하여 로봇 방향각을 제어하기 위하여 요구되는 토크이다. 만약 Γ_v 가 입력으로써 속도오차 δ_v 와 속도오차의 비를 가진 퍼지신경망(FNN[1])과, Γ_θ 가

입력으로써 방향각오차 δ_θ 와 속도오차의 비를 가진 퍼지신경망(FNN[2])으로부터 산출된다면, 로봇의 속도와 방향각에 대한 학습제어기는 구성된다. 이러한 사실로부터 선행단에서 연결 가능치 Ω_s , Ω_c , Ω_d 등에 의하여 각각의 퍼지신경망에 대한 멤버쉽 함수를 정확히 맞출 수 있고, 그리고 상수들 Ω_b 에 의하여 제어칙들을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 축구로봇시스템의 신경회로망과 퍼지로직을 이용한 자율 주행 이동 로봇의 견실자를 주행제어에 관한 연구를 수행하였다. 제어구조의 특징은 가우스멤버쉽 함수를 적용한 퍼지추론법을 통한 다층구조의 신경망 제어구조를 제시함으로써 미지 외란 및 파라미터의 불확실성에 대한 견실성이 유지되는 견실한(robust) 제어구조라 할 수 있다.

추후과제로 퍼지 신경망 제어기의 학습능력에 의해 스스로 신경제어구조와 퍼지 추론을 통해 제어입력을 생성하는 퍼지제어구조를 결합한 새로운 하이브리드(hybrid)구조의 실시간 퍼지 신경망 제어기법을 구현하고자 한다.

후기

본 논문은 동아대학교 학술연구비지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. H. Unbehauen, U. Keuchel, 1992, "Model Reference Adaptive Control Applied to Electrical Machines" Adaptive Control and Signal Processing III
2. A.V.Timofeyev, R.M.Yussupov, 1992, "Evolution of Intelligence Control In Adaptive" Adaptive Control and Signal Processing III
3. A.L.Fradkov, A.A. Stotsky, 1992, "Speed Gradient Adaptive Control Algorithms for Mechanical Systems" Adaptive Control and Signal Processing III
4. D.M.Dawson, Z.Qu, F.L.Lewis, 1992, "Hybrid ***Adaptive-Robust Control for a Robot Manipulator" Adaptive Control and Signal Processing III