

## 행위기반 제어 설계 및 2족 축구 로봇에의 적용

### A Design for a Behavior-based Controller and Its Application to Biped Robot Soccer

김종우\*, 성영휘\*\*

Jong-Woo Kim\*, Young-Whee Sung\*\*

#### 요 약

전통적인 모델 기반 제어 방법은 로봇의 센서계로부터 유추한 현 상황과 로봇이 가지고 있는 주변 환경에 대한 모델을 비교하고 이를 토대로 정교한 경로 계획에 따라 로봇을 구동하는 방식이다. 이러한 방식은 로봇의 주변 환경이 바뀌거나 동적으로 변화하는 경우에는 적용하기 어렵기 때문에 미리 알려져 있고 고정되어 있는 환경이 아니면 로봇이 성능을 발휘하기가 어렵다. 이에 반하여 행위기반 제어는 로봇이 처해있는 주변 환경에 대한 모델이나 경로 계획에 의존하지 않고 로봇의 특정한 센서 출력에 대하여 특정한 행위를 즉각적으로 수행하도록 구성되어 있어서 비구조적인 환경이나 동적으로 변화하는 환경에서 로봇에 적용하기가 좋다. 본 논문에서는 로봇이 처한 상황에 따라서 행위를 달리하는 상황 의존형 행위기반 제어 구조를 제안하고 이를 1:1 2족 축구 로봇에 적용하여 그 효용성을 보인다.

#### Abstract

The performance of the robot is very limited in the conventional model-based control methods when the environments around a robot are not structured or are varying dynamically. The reason for that is the methods are based on the model of the environments which is very difficult to match with the real environments and on a path planning which is complex and time-consuming. On the other hand, the behavior-based control methods are not dependant on the model of the environments nor a complex planning. In those methods, a specific behavior is coupled with a specific sensor output, so the response of a robot is quite reactive and timely in dynamic and unstructured environments. In this thesis, we propose a situation dependant behavior based control architecture, in which a robot may behave differently to the same sensor output depending on various situations. We also show some experimental results to show the feasibility of the proposed control architecture.

**Keywords** : Humanoid robot, Behavior-based control, Biped robot soccer

#### I. 서 론

로봇의 동작을 위한 전통적인 방법인 모델기반 제어 방법[1-3]은 주로 센서를 사용하여 주위 환경에 대한 정보를 획득하고 이를 로봇이 가지고 있는 지도(map)와 비교하여 로봇 자신의 절대 위치를 가늠하며, 이를 근거로 정교한 경로 계획을 하여 제어하는 방식으로서, 주변 환경이 변화하거나, 어떠한 이유에 의해서 지도가 부정확해 지거나, 센서

의 오차 등 주변 환경의 불확실성이 클 때는 적용하기가 어렵다. 이러한 전통적인 방법을 극복하기 위해서 제안된 행위기반(behavior-based) 제어 방법[4-8]은 정교한 계획의 과정이 없이 센서의 출력에 대해서 즉각적인 반응을 하도록 하는 방법으로 로봇이 지도를 가질 필요가 없고, 정교한 경로 계획의 과정이 필요 없는 등, 지능형 로봇의 가능성을 보여주고 있다. 본 논문에서는 로봇이 처한 외부 상황(situation)과 내부 상태에 따라 로봇이 수행하는 행위(behavior)가 달라질 수 있는 상황의존형 행위 기반 제어 구조 (situation dependent behavior based control architecture)를 제안한다. 로봇 축구, 로봇 격투, 로봇 게임 등과 같이 로봇의 주변 환경이 동적으로 다양하게 변화하는 환경에서는 로봇이 순간순간 즉각적인 반응을 할 수 있어야 하며 센서 출력이 같은 경우에도 로봇이 처한 상황에

\* LG 디스플레이 \*\* 금오 공과대학 전자공학부

접 수 일 자 : 2008. 9. 8 수 정 완 료 : 2009. 1. 16

계 획 정 일 자 : 2009. 1. 28

※본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문임.

따라 다양한 반응을 할 수 있어야 한다. 본 논문에서 제안한 제어 구조는 이러한 응용에 적합하며, 이의 효용성을 보이기 위하여 2족 보행 로봇의 1:1 축구 게임에 적용한다.

## II. 소형 2족 보행 로봇 시스템

로봇 시스템은 로봇 몸체와 제어기 시스템, 센서 시스템, 그리고 사용자 인터페이스 시스템으로 구성되어 있다. 로봇은 한쪽 다리에 6 자유도, 한쪽 팔에 4 자유도, 목에 2 자유도를 가져서 총 22 자유도를 가지고 있어서 부드러운 동작이 가능하다. 로봇에는 하나의 칼라 CCD 카메라가 목에 부착되어 있다. 목에는 팬(pan), 틸트(tilt)의 자유도가 있어서 로봇 카메라의 시선 방향을 바꿀 수 있다. 이 카메라는 경기장 내의 사물을 식별하고, 로봇 좌표계에서의 사물의 대략적인 위치와 방향을 계산해 낼 수 있다. 그림 1은 로봇의 관절 구성과 외관을 나타내고 있다. 로봇은 키 45cm, 몸무게 3.5kg이다[9].

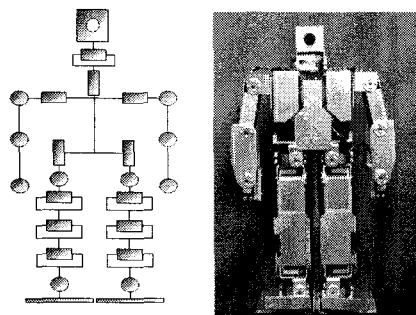


그림 1. 로봇의 관절 구성과 외관

Fig. 1. The joint configuration and appearance of the robot

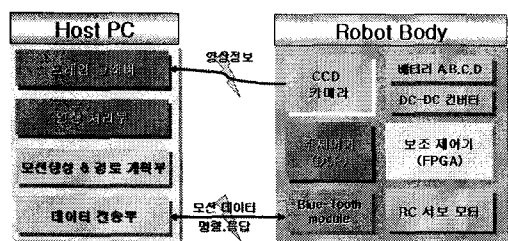


그림 2. 전체 로봇 시스템의 구성

Fig. 2. The overall robot system

전체 로봇 시스템은 그림 2에 나타나져 있다. 호스트 PC는 원격지에 위치하고 있으며, 영상 데이터의 처리와 로봇 경로 생성을 담당한다. 호스트 PC는 생성된 로봇 경로 데이터를 로봇에 부착되어 있는 DSP 주제어기(main controller)로 전송한다. DSP 주제어기는 이 데이터를 받아서 각 관절 제어를 담당하는 FPGA 보조 제어기로 전송하고, 영상 센서의 데이터를 받아들여 처리하거나, 호스트

PC로 전송하여 처리하도록 한다.

실험에 사용되는 인간형 로봇은 그림 3과 같은 기본 보행 패턴들을 가지고 있으며 이러한 기본 보행 패턴들을 조합하여 한 지점으로부터 다른 지점으로 이동한다. 그림에서 빗금친 사각형들은 보행 전의 발바닥의 위치이고, 보통 사각형들은 보행 후의 발바닥의 위치이다. 하나의 기본 보행 패턴을 안정적으로 수행하기 위하여 필요한 시간은 약 1.5초 - 2초이다. 또한 그림에는 나타나져 있지 않지만 공을 차는 kick 동작도 기본 보행 패턴 중의 하나로 포함 되어 있다.

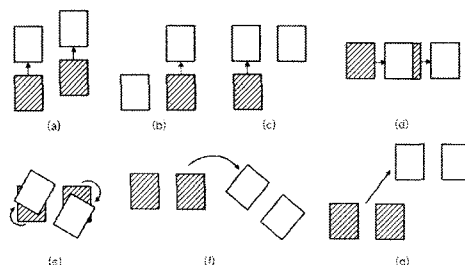
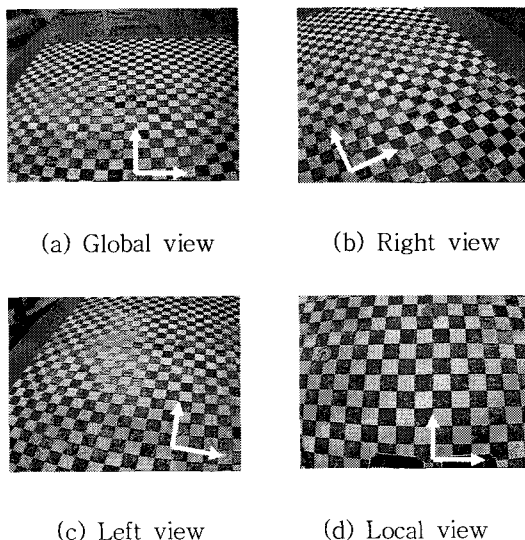


그림 3. 구현된 기본 보행 패턴들

Fig. 3. The basic walking patterns implemented

전술한 바와 같이 로봇은 목에 2 자유도를 가지고 있다. 한편 로봇의 시야각이 한정되어 있기 때문에, 카메라 하나만을 가지고는 로봇 경기장 전체를 볼 수가 없다. 따라서 이를 보완하여 로봇 경기장의 대부분을 볼 수 있기 위해서는 로봇이 다수개의 시야를 가질 필요가 있다. 그림 4는 로봇의 각 시야를 나타내며, 경기장의 모든 지역을 볼 수 있도록 정하였다. 이러한 8개의 시야를 가지고 물체의 탐색과 추적을 수행하게 된다.



(a) Global view

(b) Right view

(c) Left view

(d) Local view

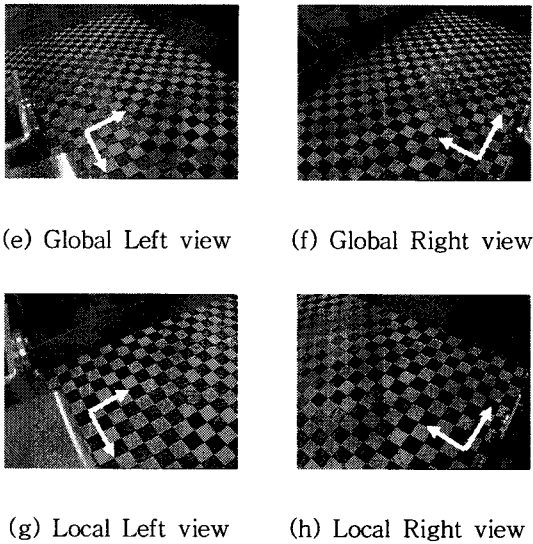


그림 4. 로봇에 설정된 시야들

Fig. 4. The predetermined views for the robot

### III. 행위 기반 제어

그림 5에 본 연구에서 제안하는 상황의존형 행위기반 제어 구조를 도시하였다.

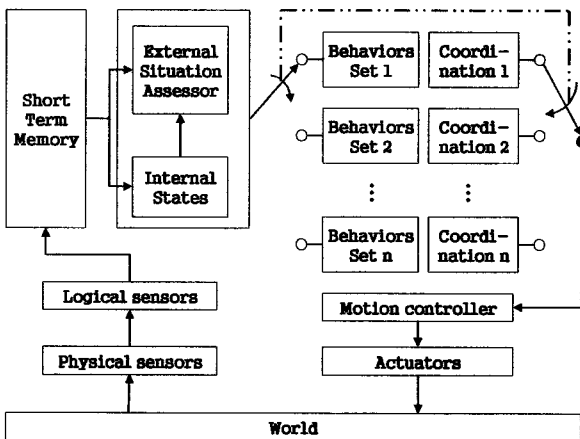


그림 5. 상황의존형 행위기반 제어 구조

Fig. 5. The situation-dependent behavior-based control architecture

물리적 센서 (Physical sensors)는 하나의 칼라 CCD 카메라로 구성된다. CCD 카메라는 환경 내에서 물체들을 감지하고, 로봇 좌표계에 대하여 식별된 물체들의 위치와 방향을 제공해 준다.

논리적 센서 (Logical Sensors)는 물리적 센서에 기반을 둔 개념적인 센서로서 공 감지센서 (the ball finder), 상대의 골대 감지센서 (the opponent goal finder), 상대 로봇 감지센서 (the

opponent robot finder)의 3개가 있다. 논리적 센서의 출력들은 감지된 물체들의 위치와 방향이며, 이 정보는 단기 메모리 (Short-Term Memory)에 저장된다.

내부 상태 (Internal States)는 로봇의 상태이다. 여기에서는 로봇이 공격과 수비의 두 개의 상태를 갖는다. 이러한 내부 상태는 사용자에게 의하여 설정될 수도 있고, 단기 메모리의 내용에서 추출되는 정보에 따라 변경될 수도 있다. 1 : 1이 아닌 n : n 로봇 축구에서는 이러한 내부 상태의 설정에 따라 공격형 로봇 또는 수비형 로봇으로 설정할 수 있을 것이고 (Role Assignment), 또한 외부의 환경에 의해서 로봇 내부의 상태가 바뀌는 것은 날씨의 변화에 따라 사람의 기분이 바뀔 수 있는 것과 같이 로봇의 특성 (Personality)을 구현할 수 있다. 한편 로봇 축구 응용에서는 한 대의 로봇이 공격과 수비를 수행해야 하므로, 적절한 환경의 변화를 감지하여 자율적으로 공격과 수비를 전환할 수 있도록 한다.

외부 상황 (External Situation)은 로봇 자신을 포함한 주변 환경이 어떠한가에 따라 달라진다. 여기에서 제시하는 주 개념은 센서의 출력이 같을지라도, 로봇의 내부 상태나 외부 상황에 따라서 로봇의 행위가 달라질 수 있다는 것이다.

외부 상황 평가기(External Situation Assessor)는 단기 메모리에 있는 데이터들을 사용하여 현재의 외부 상황에 대한 평가를 수행한다. 예를 들어, 논리적 센서의 공 감지기가 공을 감지한 경우, 공을 찰 수 있는지 찰 수 없는 지에 따라서 혹은 공이 정지해 있는지 이동하고 있는 중인지에 따라서 외부 상황은 다른 것이며, 이에 따라 로봇이 취할 행위 또는 행위들의 집합 (Behaviors Sets)도 달라지는 것이다. 우리가 제안한 구조에서는 내부 상태와 외부 상황에 따라 n개의 행위 집합과 n개의 조정(Coordinations) 방법 중에서 하나를 선택하게 된다. 그림 5에서 제안된 구조의 우측 윗면에 이에 관한 것이 도시되어 있다. 그림에서 행위 집합 i가 선택되면 이에 따른 조정방법 i가 자동적으로 선택되고 조정된 결과가 운동 제어기(Motion Controller)로 가도록 되어있다. 운동제어기는 로봇 경로 데이터를 생성하는 것을 담당한다. 이 부분은 기본 보행 패턴들을 어떻게 결합하고, 이러한 보행 패턴들을 달성하기 위하여 어떻게 로봇 관절 데이터를 생성할 것인가를 결정한다.

다음으로 제안한 구조를 인간형 로봇 축구에 응용한 경우에 대해 설명한다. 외부 상황은 세 가지 다른 경우를 설정한다. 첫 번째 상황은 우리 로봇이 상대편 골 쪽을 보고 있으며 (Facing\_opp\_goal), 로봇이 공을 찰 수 있을 만큼 공이 로봇에 충분히 가깝게 있는 경우 (Kicking\_possible)인 상황이다. 두 번째 상황은 로봇이 상대편 골 쪽을 보고 있으며 (Facing\_opp\_goal) 또한 공이 멀리 있거나 로봇이 공을 보지 못하여 공을 찰 수 없는 상황 (Kicking\_impossible)이다. 마지막 상황은 로봇이 우리 편 골 쪽을 보고 있는 상황 (Facing\_our\_goal)이다.

전술한 바와 같이 내부 상태는 공격과 수비의 두 가지 상태가 있다. 표 1은 인간형 로봇 축구에서 사용할 외부 상황, 내부 상태, 논리 센서 출력, 그리고 이에 따른 행위 집합들을 나타내고 있다. 표 1에서 알 수 있듯이 로봇 축구를 위해서 3 가지의 외부 상황, 2 가지의 내부 상태를 가지고 있으며, 이와 같은 외

부 상황과 내부 상태의 조합에 의하여 서로 다른 5가지 경우가 발생하게 설정한다. 이와 같은 5가지 경우를 2열에 (1)~(5)로 표시하여 놓았다. 경우 (1)에 대해서는 행위 집합 1, 경우 (2)에 대해서는 행위 집합 2 와 같은 방식으로 연결된다. 표 1의 외부상황 열에서 A는 상대편 골대를 보고 있으면서 공을 차는 것이 가능한 상황(Facing\_opp\_goal & Kicking\_possible)을, B는 상대편 골대를 보고 있으면서 공을 차는 것이 불가능한 상황(Facing\_opp\_goal & Kicking\_impossible)을, 그리고 C는 우리편 골을 보고 있는 상황(Facing\_our\_goal)를 나타낸다.

표 1. 5 종류의 행위 집합  
Table 1. The 5 behavior sets

외부 상황	내부 상태	논리센서 출력	행위 집합
A	Don't care (1)	Ball	Kicking_the_ball
B	Offense (2)	Ball	Approaching_the_ball
		Opponent_player	Avoiding_opponent_player
		None	Wandering
	Defense (3)	Ball	Blocking
		Opponent_player	Blocking
		None	Wandering
C	Offense (4)	Ball	Approaching_the_ball
		Opponent_player	Avoiding_opponent_player
		None	Wandering
	Defense (5)	Ball	Keeping_our_goal
		Opponent_player	Keeping_our_goal
		None	Wandering

경우 1은, 외부 상황은 현재 시점에서 공이 발견되었고 찰 수 있다. 또한 로봇이 상대편 골을 보고 있고, 이러한 상황에서는 내부 상태에 관계없이 로봇이 취할 행위는 Kicking\_the\_ball이다. 즉 공을 차면 공이 상대편 골대 쪽으로 가도록 되어 있는 상황인 것이다. 이 경우에는 행위 집합 1은 하나의 행위만으로 구성되어 있으며, 따라서 별도의 조정은 필요하지 않다. 이렇게 선택된 유일한 행위는 운동 제어기로 가게 되고, 이 선택된 행위에 따라 호스트 컴퓨터에 구현되어 있는 운동 제어기에서는 공을 찰 수 있는 로봇의 보행 데이터를 생성하여 로봇을 구동하게 된다.

경우 2와 경우 4는, 외부상황에는 관계없이 공을 차는 것이 불가능한 상황이며, 로봇의 내부 상태는 공격인 경우이다. 이 경우에는 행위 집합 2(4)가 선택되며, 행위 집합 2(4) 내에, 로봇의 행위는 3가지를 설정하였다. 또한 행위의 조정 방법은 Subsumption 방법을 사용한다. 자세히 설명하면 다음과 같다. 센서 출력이 아무것도 없을 경우에는 로봇은 공을 찾기 위해서 미리 설정된 순서로 이동하는 Wandering 행위를 한다. 만일 상

대 로봇을 감지한다면 Wandering을 멈추고, 상대 로봇을 피하는 Avoiding\_opponent\_player 행위를 수행한다. 상대 로봇과 공을 모두 감지하게 되면 로봇은 공쪽으로 다가가는 Approaching\_the\_ball 행위를 가장 우선하여 수행한다. 즉 우선 순위는 표에서 위쪽에 위치할수록 높다.

경우 3에서는 로봇이 상대편 골을 보고 있으며, 공을 차는 것이 불가능한 상황이고 내부 상태는 수비의 상태이다. 이 경우에는 로봇이 적절한 위치를 점유하면서 공을 가로챌 준비를 하면 된다. 따라서 행위는 3 가지를 설정하였다. 이 경우에서도 조정 방법은 Subsumption을 사용한다. 즉, Blocking 행위가 Wandering 행위보다 우선순위를 갖는다. 후자의 행위는 공을 발견하지 못한 경우 수비를 하기 위해서 로봇이 이동하면서 공을 찾는 행위를 수행하고, 공이나 상대 로봇을 발견한 경우에는 공의 위치, 상대 로봇의 위치와 같은 센서 출력에 근거하여 적절한 위치 점유와 발동작을 사용하여 공을 능동적으로 막을 수 있는 Blocking 행위를 수행하게 된다.

경우 5에서는 로봇이 우리 편 골을 보고 있는 상황이고 내부 상태는 수비의 상태이다. 이 경우에는 로봇이 아군의 골대 쪽으로 이동을 하여 공을 막을 준비를 하면 된다. 따라서 행위는 3 가지를 설정하였다. 이 경우에서도 조정 방법은 Subsumption을 사용한다. 즉, Keeping\_our\_goal 행위가 Wandering 행위 보다 우선순위를 갖는다. 다시 말하면, 공이나 상대 로봇을 발견하지 못한 경우 로봇이 이동하면서 공을 찾는 행위를 수행하고, 공이나 상대 로봇을 발견한 후에는 아군의 골대 쪽으로 이동을 하게 된다.

#### IV. 실험

본 장에서는 III 장에서 제안한 행위기반 제어 구조를 실제 로봇에 적용한 실험 결과를 기술한다. 다음 표들에서 로봇 좌표계를 표시하는 방법은 로봇의 중심을 기준으로 왼쪽을 x(+), 오른쪽을 x(-), 전방을 y(+), 후방을 y(-)의 좌표계를 사용하여 (x, y)로 표기하였다. 또한 '-'로 표시한 것은 센서가 대상 물체를 감지하지 못한 것을 나타낸다. 로봇 이동을 나타내는 열의 숫자는 x축 이동, y축 이동, 방향 전환의 요소로 로봇이 이동했다는 것을 나타낸다.

첫 번째 실험은 로봇의 초기 상황은 B 즉 상대 골대를 보고 있으면서 공을 찰 수는 없는 상황이고, 내부 상태는 공격 상태에서 시작하여 로봇이 공에 접근하여 공을 차는 행위 과정을 나타낸다. 실험 결과는 표 2와 그림 6에서와 같이 Approaching\_the\_ball과 Kicking\_the\_ball의 행위를 상황에 따라 로봇이 연속적으로 변화하면서 동작을 수행하는 것을 보여주고 있다.

1-5차 시기에서 로봇은 경우 (2)에 해당하고 표 1에서와 같이 공을 찾음에 따라 행위는 Approaching\_the\_ball을 수행한다. 그림 6에서는 (a), (b)까지가 해당한다. 표 2의 6차 시기에서는 상대 골대를 보고 있으면서 공을 찰 수 있는 상황인 A 상황으로 변환되며 이때는 Kicking\_the\_ball의 행위를 선택하여 공을 차게 된다. 그림 6에서는 (c)에 나타내어져 있다.

두 번째 실험은 로봇의 초기 상황은 B 측 상대 골대를 보고 있으면서 공을 찰 수는 없는 상황이고, 내부 상태는 수비 상태에서 시작하여 로봇이 중간에 내부 상태가 공격으로 바뀌었을 경우에 로봇의 행위를 나타내는 실험이다. 실험 결과는 표 3과 그림 7에서와 같이 Blocking, Approaching\_the\_ball과 Kicking\_the\_ball의 행위를 상황에 따라 로봇이 연속적으로 변화하면서 동작을 수행하는 것을 보여주고 있다.

표 2. 첫 번째 실험 결과  
Table 2. The result of the first experiment

	검색 결과			내부 상태	외부 상황	로봇 이동
	상대	상대 골대	공			
1차	-	-	(0,11)	offense	B	0, 3, 0
2차	-	-	(1,8)	offense	B	9, 4, -30
3차	-	-	(0,6)	offense	B	8, 4, -30
4차	-	(-32, 47)	(0,5)	offense	B	-3, 4, -37
5차	-	(8, 49)	(9,0)	offense	B	5, -1, -1
6차	-	(2, 48)	(3,0)	offense	A	Kicking



(a) Approaching\_the\_ball



(b) Approaching\_the\_ball



(c) Kicking\_the\_ball

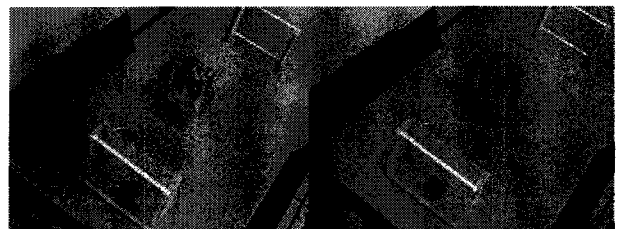
그림 6. 첫 번째 실험

Fig. 6. The first experiment

1-3차 시기에서 로봇은 경우 (3)에 해당하고 표 1에서와 같이 공과 상대 로봇을 찾음에 따라 행위는 Blocking을 수행한다. 그림 7에서는 (a)에서와 같이 로봇이 현재의 자세를 유지하면서 공격을 저지하고 있다. 그림에서 원통형의 물체는 상대 로봇을 나타낸다. 4차 시기에서는 공과의 거리가 가까워짐에 따라 로봇의 내부 상태가 defense에서 offense 상태로 바뀌게되어 경우 (2)로 전환된다. 이 때 공과 상대 로봇이 모두 감지되지만 subsumption에 의해서 공을 감지한 것에 관련된 행위인 Approaching\_the\_ball 행위가 수행된다. 그림 7에서는 (b)에서와 같이 로봇이 공을 향해 이동하게 된다. 로봇이 공에 가까이 감에 따라 상대편 골대를 보고 있으면서 공을 찰 수 있는 상황인 A, 즉 경우 (1)이되어 공을 차게 된다. 그림 7에서는 (c)에 나타내어져 있다.

표 3. 두 번째 실험 결과  
Table 3. The result of the second experiment

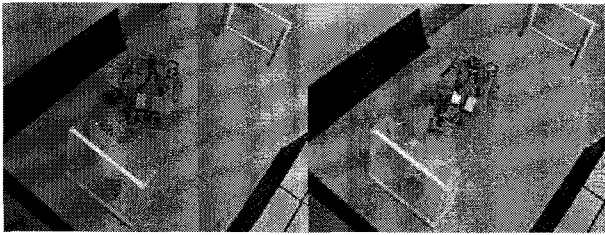
	검색 결과			내부 상태	외부 상황	로봇 이동
	상대	상대 골대	공			
1차	(9,51)	-	(6,39)	defense	B	0, 1, 0
2차	(3,35)	-	(1,20)	defense	B	1, 0, 0
3차	(2,35)	-	(0,20)	defense	B	0, 0, 0
4차	(2,35)	(-6,40)	(4,12)	offense	B	7, 5, -21
5차	(3,29)	(-3,35)	(0,5)	offense	B	-3, 3, -23
6차	(14,25)	(12,28)	(6,0)	offense	A	Kicking



(a) Blocking



(b) Approaching\_the\_ball



(c) Kicking\_the\_ball

그림 7. 두 번째 실험

Fig. 7. The second experiment

### V. 결 론

본 논문에서는 행위기반 제어의 일종인 상황 의존형 행위기반 제어 구조를 제안하였다. 제안한 제어 구조는 로봇의 외부 상황과 내부 상태가 어떠한가에 따라 로봇이 수행해야 할 행위 집합이 결정되고, 그 행위 집합 내에서는 감지된 센서 출력에 따라 특정 행위가 선택이 되는 구조를 가졌다. 따라서 같은 센서 출력에 대해서도 로봇이 처한 상황에 따라 로봇의 행위가 달라질 수 있기 때문에 더욱 다양한 환경에서 로봇을 적용할 수 있다. 제안한 제어 구조는 비구조적인 환경 또는 환경이 동적으로 변화하는 경우에 적합하며, 이러한 적합성을 검증하기 위하여 실제 2족 보행 로봇을 사용한 1:1 축구에 적용하였다. 실험 결과 로봇 축구에서의 공과 상대 로봇이 변화하는 상황에서 상황 의존형 행위 기반 제어에 기반한 로봇은 로봇 축구를 성공적으로 수행하였다. 이와 같은 결과는 다수의 로봇이 한 팀을 이루는 로봇 축구 시스템에서는 물론이고 동적으로 변화하는 다양한 환경에 로봇을 적용할 수 있는 가능성을 보여준다.

### 참 고 문 헌

[1] N. Matsumoto, A. Toyoda, S. Ito, "Mobile robot guidance control with nonlinear observer based state estimation," *Proc. of the 1993 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2264-2271, 1993

[2] H-M Huang, "An Architecture and a Methodology for Intelligent Control," *IEEE Expert: Intelligent Systems and Their Applications*, Vol. 11, No. 2, pp.46-55, 1996

[3] D. C. Herath, S. Kodagoda, G. Dissanayake, " New framework for simultaneous localization and mapping: Multi map SLAM," *Proc. of the 2008 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp.1892-1897, 2008,

[4] R. C. Arkin, "Path Planning for a Vision-Based

Autonomous Robot: An Approach to Programming by Behavior," *Proc. of the IEEE Conf. on Robotics and Automation*, pp.264-271, 1986

[5] Z. Kira and R. C. Arkin, "Forgetting Bad Behavior: Memory Management for Case-Based Navigation," *Proc. of the 2004 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp.3145-3152, 2004.

[6] 윤도영, 오상록, 박귀태 "행위기반 로봇에서의 행위의 자동 설계 기법," 제어자동화시스템공학회논문지, 제 8권, 제 7호, pp.607-612, 2002.

[7] R. C. Arkin, *Behavior-Based Robotics*, The MIT Press, 1997

[8] Utz, H., et al, "Hierarchical behavior organization," *Proc. of the 2005 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2598-2605, 2005

[9] 김종우, 차철, 성영휘, 조동권, "소형 인간형 로봇의 골프 하기," 전기학회논문지, 제 56권, 제 2호, pp.374-382, 2007



김 중 우(Jong Woo Kim)

2004년 2월 금오공대 전자공학부(공학사)

2006년 2월 금오공대 전자제어공학과(공학석사)

2006년3월 ~ 현재 LGPhilips-LCD(주) 연구원

※주관심분야 : LCD display, Humanoid robot



성 영 휘(Young Whee Sung)

1988년 8월 고려대 전자공학과(공학사)

1991년 2월 KAIST 전기및전자공학과(공학석사)

1996년 2월 동 대학원(공학박사)

1998년 3월 ~ 현재 금오공과대학교 전자공학부 부교수

※주관심분야 : 인간형 로봇, 여유자유도 머니플레이터