

동적 환경에서의 효율적인 자율 에이전트 행위의 설계 및 구현

°박형근, 박정용, 이은희, 정상운, 박종희
경북대학교 전자공학과

Design and Implementation Effective Behavior of Autonomous Agent in Dynamic Environment

Hyungkeun Park, Jungyong Park, Eunhee Lee, Sangyoon Jung, Jonghee Park
Dept. of Electronic Engineering Kyungpook National University

요 약

가상현실을 이용한 교육시스템에서 학습자를 대신한 에이전트의 설계에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 에이전트의 설계에 있어서 가장 중요한 점은 동적으로 변화되는 환경에서 이루어지는 다양한 현상과 사건들을 인식하는 방법과 이에 대해 반응하는 행동의 설계와 구현에 있다. 본 논문에서는 에이전트의 행동을 설계함에 있어서 교육 시스템의 목적에 부합하기 위한 주위 객체들과의 상호작용을 통한 행위의 인식, 장이론을 이용한 공간객체와의 상호작용 등을 이용하여 좀 더 효율적으로 주위 환경에 반응할 수 있는 자율 에이전트의 행위에 대한 방안을 제시한다.

1. 개요

컴퓨터에 기반을 둔 이제까지의 교육시스템(Tutoring System)은 전문가의 지식을 컴퓨터에 입력한 뒤 미리 만들어진 프로그램에 따라 피교육자에게 전달되어져 왔다. 그러나 종래의 방법은 Text 정보만을 이용하는 정보 교환의 제약과 함께 복잡한 인간 두뇌의 학습 활동을 표현하는데 한계를 가지게 되었다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 최근에는 멀티미디어 자료와 가상현실을 이용하여 단순히 전문가의 지식을 전달하고, 평가하는 것이 아니라, 학습자의 학습 상황을 모델링하여 각각의 학습자에게 적절한 학습 방향을 제시하는 방향으로 발전하고 있다[1]. 하지만 이러한 시도라고 하더라도 다양한 상황의 구현을 통한 학습자에게 새로운 지식과 기술향상에 도움을 주기에는 아직 부족하며 언어 교육의 분야에 있어서는 아직까지 단순한 지식의 전달에 그치고 있다.

언어 교육 시스템의 경우에는 기본적인 어휘의 교육에 그치는 것이 아니라 그 사회의 기본적인 생활 습관과 관습, 학습자의 현 시점에서의 경험, 학습능력에 따라 학습자가 실제 학습되어지는 것이 달라지게 된다. 컴퓨터를 이용한 언어 교육 시스템은 이러한 점을 고려하여 일어날 수 있는 다양한 상황을 보여줄 수 있어야 하며 학습자는 이미 학습한 경험에 비추어 구현되어진 환경에서 학습할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 효과적인 언어 교육 시스템을 위해서 가상현실 기술을 이용한다. 가상 현실은 교육 시스템에서 중요한 응용 기술로 사용되어져 학습자가 몰입형 가상 현실에서 간접적으로 실제세계를 경험하며 그에 대한 반응을 행함으로써 기술 향상을 얻을 수 있게 된다[2][3].

가상현실을 이용한 교육 시스템을 구성함에 있어서 중요하게 여겨지는 것은 가상현실 상에 존재하는 에이전트의 정의와 구현이다[3]. 본 논문에서는 이러한 에이전트의 설계를 위해서 객체 지향(Object-oriented) 기술을 바탕으로 몇 가지 구체적인 방법을 제시하고자 한다.

먼저, 환경을 구조화시키고 에이전트와 환경을 연결시키고 상호작용을 가능하게 하는 하나의 방법으로서 사회과학 분야에서 체계화가 이루어지고 있는 힘의 작용 영역에 기반을 둔 장(Field) 이론을 도입하여 공간객체를 정의하고자 한다. 둘째로, 에이전트가 가지는 행위를 작

은 단위의 기본행위(Primitive Action)로 나누어 이들의 조합인 복합행위(Composite Behavior)로 구성하는 방법으로 다양한 행위의 발생함을 보이고자 한다. 셋째로, 에이전트의 지식베이스 설계에 따른 구조화 문제와 이에 밀접하게 관련된 환경과의 영향을 고려하여 에이전트가 객체에 부여한 객체의 고유기능을 각 객체에 돌려주고 에이전트와 객체간의 메시지 전달이라는 방법을 통하여 에이전트의 자연스런 행동 표현을 제시한다.

2. 관련연구

2.1 에이전트 기술

에이전트에 대한 정의는 학자마다 보는 시각이 다르고 연구 방향이 다르기 때문에 매우 다양하게 제시되어질 수 있으나 이를 공통적인 입장에서 보면 사용자를 대신하여 복잡하고 동적인(dynamic) 환경에서 일련의 주어진 목표(goal)를 수행하는 하나의 시스템이라고 볼 수 있다[4][5]. 에이전트의 특성은 크게 세 가지로 구분되어질 수 있는데, 인식되어진 환경에 따라 목표가 성공적으로 수행되어질 수 있도록 행동함에 있어서 자기 스스로 판단하는 자율성(autonomy), 경험을 통해 학습되어진 지식을 바탕으로 좀 더 나은 행동양식을 가지게 되는 적응성(adaptation), 그리고 다른 에이전트와의 협동성(cooperation)이다[5]. 즉 에이전트는 인접한 환경과 상호 작용하여 그 속에서 학습을 통해 스스로를 발전시켜나감에 주어진 과제에 대해 자신의 능력으로 대처하여 최선의 방법을 찾는다.

2.2 객체의 행위모델

컴퓨터를 이용한 애니메이션의 분야에서는 오랫동안 Path Model이 지배적으로 사용되어져 왔다. 이는 고정적 환경에서 자신만의 행동을 제약하는 방법으로는 그 이점을 찾을 수 있다. 그러나 동적인 환경에서 객체가 존재한다면 객체는 환경에 의해 지속적으로 자극을 받고 제약을 받게되어 독립적 행위만으로는 다양한 상황과 예기치 못한 상황에 대처할 수 없다. 이러한 기술의 제약점을 극복하고자하는 노력으로 Sensor-Effector Model, Rule-Based Model, Predefined Model등이 새로이 연구되어지고 있다[6].

Sensor-Effector Model은 감지요소, 구동요소, 그리고 그들 사이를 연결하는 신경망(Neural network)으로 구성되어 있다. Rule-Based Model은 감지요소와 구동요소를 연결하는 방법으로 입력을 출력으로 연결(mapping)하기 위한 행위규칙을 이용한다. 하지만 이들도 동적으로 변하는 환경에 대한 행위모델로는 부족하며 특히 Rule-Based Model은 동적 환경에서는 구축 비용이 엄청나게 소요되며 가능성을 가지는 모든 행위를 찾기 위해 매우 많은 규칙의 결정트리(Decision Tree)를 탐색하여야 한다. 또 다른 방법으로 Predefined Environment Model은 동적인 환경이 아닌 미리 정해진 환경만을 가지는 모델이다.

3. 장 이론을 이용한 공간객체의 설계

3.1. 공간객체의 설계

가상 현실 상에 존재하는 에이전트에게 있어서 주위환경이란 그림1과 같이 그를 둘러싼 공간, 공간 내에 함께 존재하는 다른 에이전트, 그리고 객체들로 이루어져 있다. 이들과의 상호작용을 통해서 에이전트는 다양한 상황을 인식하며 이에 대해 반응을 하게 된다[7-10].

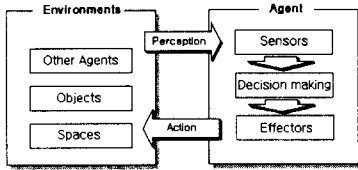


그림 1. 환경과 상호 작용하는 에이전트

본 논문에서는 이러한 환경의 구성 요소들 중에서 특히 공간이라는 객체에 관심을 두어 이에 대해 장 이론을 도입하고자 한다. 물론 다른 에이전트의 상호작용에 있어서도 장 이론을 적용하는 것이 가능하다.

물리학에 있어서의 중력장을 살펴보면 지구의 중력장 내에 위치하는 사물은 그 힘을 받아 아래로 떨어진다. 이러한 논리를 에이전트와 환경과의 상호작용의 측면에서 살펴볼 경우, 어떤 특정한 규칙이나 특성을 가지는 공간(또는 영역)내 위치하게 되는 에이전트는 그의 영향을 받아 행위에 있어서 변화를 가져오게 된다. 예를 들어 에이전트가 볼이 꺼진 방안으로 이동할 경우 어둡다는 밝기의 특성이 에이전트로 하여금 전등 스위치를 찾는거나 손전등을 찾기 위해 다른 장소로 이동하도록 하는 행위를 유발시킬 수 있다. 또 금연구역의 규칙을 가지는 공간에서 에이전트는 흡연을 자제하거나 흡연구역을 찾기 위해 이동하게 되는 행위를 가지게 된다. 이처럼 공간 객체를 에이전트의 행위에 영향을 미치는 장의 형태로 설정할 경우 좀 더 다양한 에이전트의 행위를 유발시킬 수 있다.

3.2 공간객체의 특성

장 이론이 가지는 두 가지 특성은 객체가 가진 영향력을 미치는 공간인 영향장(Stimulus Field)와 객체가 다른 객체의 영향을 받아들일 수 있는 영역인 인식장(Sensing Field)으로 구분되어진다.

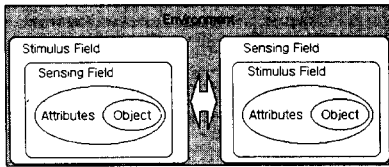


그림 2. 객체가 가지는 영향장과 인식장

공간객체의 영향장은 그 공간의 내부로 설정되어질 수 있으며 인식장은 공간 내부를 포함하여 그 공간이 위치한 상위 공간 객체가 될 수 있다. 즉 건물 내부의 하나의 사무실은 사무실 내부에 있는 모든 객체에 영향을 미치게 되고, 상위 공간 객체인 건물 내부의 규칙, 더 나아가 건물이 위치한 지역의 영향, 그리고 내부의 객체에 의해 영향을 받게 된다. 이러한 방법에 의해서 가상공간 상에 설정되어지는 하나의 공간 객체는 생성시 이미 존재하는 상위 공간 객체의 특성과 규칙을 인

식장에 의해 상속받게 되고 구현 시 공간객체 내에 등장하게 되는 에이전트나 객체에게 영향장을 통하여 작용하게 된다. 다음은 공간 객체를 구현하기 위한 공간객체의 기본적 구조이다.

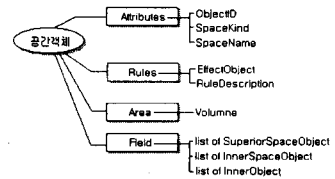


그림 3. 공간 객체 구조

제시되어진 공간객체는 분류 방법대신에 구조적 방법을 통해서 접근을 시도하였고 역동적 측면에 대한 관심을 가지게 되고, 전체 상황에 대한 분석의 출발점이라는 측면에서 그 특성을 가진다.

4. 객체와 에이전트간의 상호작용 방법의 설계

4.1 Primitive Behavior과 Composite Behavior

자율 에이전트(Autonomous Agent) 또는 능동 객체(Active Object)라고 불리우는 객체의 행위를 보면 행위는 주의 환경에 반응하여 매우 복잡하게 이루지는 것처럼 보인다. 그러나 실제 이런 복잡한 행위들도 살펴보면 매우 간단한 동작의 연속된 조합임을 알 수 있다. 즉 기본행위(Primitive Action)를 사용하여 복잡하고 동적이며 또한 개인에 따라 다양한 행위를 이루기 위해서 계층구조적으로 구조화가 가능하다. 에이전트가 하나의 객체를 A지점에서 B지점으로 옮기기 위해 이루어지는 복합행위(Composite Behavior)를 다음과 같이 또 다른 복합행위와 기본행위의 구성으로 나누어진다.

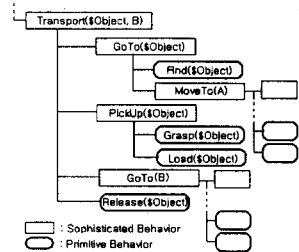


그림 4. 행위의 계층구조

복합행위는 그 자체로서는 에이전트가 어떠한 행위를 한다고 할 수 없지만 구성되어지는 다른 복합행위와 기본행위의 동적인 일련의 과정이 모두 수행될 경우 복합행위도 수행되어졌다고 할 수 있는 추상적 개념의 행위이다. 복합행위의 기본적 구성은 에이전트나 다른 객체와의 상호작용을 통해 주어지더라도 이는 환경에 따라 구성요소 중 일부만의 행위가 생략되어질 수 있고 또 행위의 수행이 불가능할 경우 이를 대체할 다른 복합행위를 동적으로 추가할 수 있는 판단구조를 필요로 하게 된다. 예를 들면 그림4에서 MoveTo(A)의 경우 단순히 장소A가 근처에 있다면 걸어가서 복합행위를 필요로 하겠지만 거리에 따라 교통수단을 이용해야하는 좀 더 복잡한 복합행위를 요구할 수도 있게 된다.

4.2 객체의 특성과 에이전트와의 관계에 따른 Rule의 분산

가상현실에서 이루어진 에이전트의 지식베이스 설계 시 가장 문제시 되는 부분 중의 하나는 모든 관련된 객체의 Rule과 특성에 관련된 지식을 하나의 에이전트 클래스에 구조화시키기가 어렵다는 것이다. 이는 데이터양의 엄청난 증가와 더불어 실제 에이전트가 요구되어진 지식을 얻기 위해 추론 시 많은 작업시간을 요구 하게된다. 가상현실 상의 교육시스템의 특성을 고려할 경우 이러한 점은 일반적인 객체의 특성과 이에 관계된 에이전트의 행동양식을 고려하여 이를 객체의 Rule로써 분산시킨다. 그리고 에이전트와 객체와 상호작용이 일어나는 상황의 발생 시 에이전트는 객체로부터 일반적인 Rule을 전달받아 이를 환경과

자신의 학습 정도에 따라 변형의 과정을 거치도록 한다. 문이란 객체와 사람 에이전트의 관계를 예로 살펴보자. 문 객체의 종류는 미닫이문, 여닫이문, 자동문, 회전문 그리고 문의 객체를 이루는 구성요소의 개수와 종류에 따라 Open이라는 하나의 에이전트의 행동은 매우 다양하게 변화하게 된다. 따라서 관계된 행동양식을 모두 에이전트의 지식베이스에 저장하는 것은 매우 어렵게 되고, 또 다른 특성과 Rule을 가지는 문 객체의 추가 시 지식 베이스의 수정이 필요로 하게된다. 이러한 단점을 극복하고 효율적인 에이전트의 행위를 위해 에이전트는 개개의 문 객체 학습·인식 여부에 대한 지식만을 가지고 전체적으로 일반적인 문 객체에 대한 복합행위만을 기억하여, 복합행위에 대한 하위행위에 대한 Rule은 시공간 상황에서 관계되어진 문 객체로부터 받아오도록 함으로써 환경에 대해 반응하는 에이전트의 행위를 효율적으로 구성할 수 있게 된다(그림5). 에이전트의 수행하는 복합행위에 대한 객체의 하위행위의 Rule의 전달은 에이전트가 객체가 인식하는 과정에서 일어나게 된다. 이는 실제 물리적 환경에서 사람이 문을 인식하는 과정에서 그에 관계되는 행위를 찾게되는 방법과 유사한 방법으로 가상현실을 이용한 교육시스템에서 효율적인 방법론으로 제시될 수 있다.

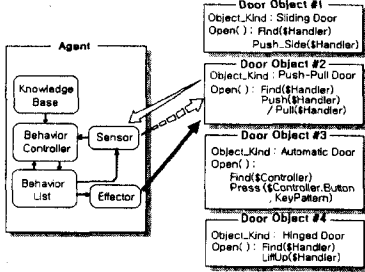


그림 5. 분산된 Rule을 가지는 객체와 에이전트의 상호작용

4.3 메시지 전달을 통한 객체와 에이전트간 상호작용

시물레이션되어지는 시공간 상황에서 객체와 에이전트의 상호작용은 서로 간의 메시지 전달을 통해 이루어진다. 에이전트의 인식장에 포함되어지는 환경의 구성요소(다른 에이전트 또는 객체, 공간객체)와의 메시지 교환을 통해 그들의 변화와 규칙을 습득하게 되고, 이에 대한 반응으로 자신의 행위를 결정하게 되고 이는 다시 환경에 메시지로 전달되어진다. 그림5에서는 에이전트가 문 객체가 인식장에 포함되어질 경우 행위 변화에 따른 상호작용의 범주에 들게되며 그에 대한 행위가 결정되어질 경우 메시지를 전송하여 인식 가능한 객체의 특성과 에이전트의 행위에 관한 Rule을 요구하게 된다. 객체로부터 반환되어진 메시지를 인식요소가 받아들여 이를 Behavior List에 포함시킨 뒤 Behavior Controller에서 에이전트의 지식베이스를 추론하여 자신의 학습 정도와 현 상태에 따라 Behavior List를 재조정된 뒤 이를 구동요소로 보내어 행위를 수행하게 된다.

5. 응용시스템의 구현

구현되어지는 상황(그림6)은 에이전트가 객체를 다른 장소로 이동하면서 다른 공간객체와 이에 관련되어지는 다른 객체들과의 상호작용하는 과정을 보인다. 이는 Windows 운영체제 환경하에서 Visual C++과 MFC를 사용하였고 모든 객체는 객체 지향적으로 설정되었다. 객체는 자신이 원하는 객체를 취하기 위해 다른 공간 객체 사이를 이동하면서 객체들과 공간 객체들에게 부여되어진 Rule에 따라 다양한 상황을 경험하게 되고 이에 대해 동적으로 행위를 결정하게 된다.

6. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 가상 환경에서의 교육시스템에서 구현되는 자율 에이전트의 효율적인 행위 표현을 위하여 Primitive Behavior에 기반을 둔 Composite Behavior의 조합으로 가능한 다양한 행위 표현의 방법, 에

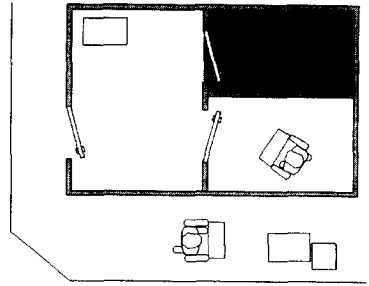


그림 6. 시물레이션되는 시공간 상황

이전트와 객체의 상호관계에 의한 Rule의 분산, 그리고 장이론을 이용한 공간객체의 설정과 에이전트의 행위와의 연계를 제시하였다. 이러한 행위 구현에 의하여 다양한 상황의 설정과 환경에 동적으로 반응하는 자율 에이전트의 구현을 통해 효과적으로 교육 시스템을 위한 가상 환경을 조성할 수 있다. 또한 설정되어진 구조가 실제 물리적 세계에서 학습자가 인식하는 방법과 유사하므로 학습의 기대를 증대시킬 수 있다.

앞으로의 연구방향으로 공간 객체뿐만 아니라 자율 에이전트에도 장이론을 확장시켜 심리적 장애에 의한 행위 유발에 관한 연구, 에이전트의 지식 베이스에서 장기 기억(Long-term memory)와 단기 기억(Short-term memory)에 따른 행위의 진보, 퇴행, 오류에 관한 연구 등이 함께 이루어지면 좀 더 복잡하고 동적인 환경과 이에 대한 에이전트의 구현을 얻을 수 있을 것으로 본다.

7. 참고문헌

- [1] Yukihiro Matsubara, Seiji Toihara, Yuichiro Tsukinari, Mitsuo Nagamachi, "Virtual Learning Environment for Discovery Learning and its Application on Operator Training," IEICE Transactions on Information & Systems, V.E80-D N.2, February 1997
- [2] Charles E. Hughes, J. Michael Moshell, "Shared Virtual Worlds for Education : The ExploreNet Experiment," <http://www.cs.ucf.edu/~ExploreNet/papers/VA.Experiment1195.html>
- [3] W. Lewis Johnson, Jeff Rickel, Randy Stiles, Allen Munro, "Integrating Pedagogical Agents into Virtual Environments," Proceedings of the International Conference on Computers and Education, 1995
- [4] Stuart J. Russell and Peter Norvig, "Artificial Intelligence : A Modern Approach," Prentice Hall Inc. pp31-52, 1995
- [5] Pattie Maes, "Modelling Adaptive Autonomous Agents," Artificial Life Journal, edited by C. Langton, Vol. 1, No. 1 & 2, pp. 135-162, MIT Press, 1994.
- [6] Hanqiu Sun, "A Relation-Based Model for Animating Adaptive Behavior in Dynamic Environments," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, Vol. 27, No. 2, March 1997
- [7] Kurt Lewin, "Behavior and development as a function of the total situation," Field Theory of Social Science, pp285-354, 1963
- [8] 배경표, "동적 환경에서의 능동 에이전트간 상호작용의 힘의 장에 기반한 formalism," 경북대학교 석사학위논문, 1998
- [9] 주우석, 최성운, 박경희, 이희승, "가상현실을 위한 객체 연결 모델," '96 한국정보처리학회 논문지 제3권 제1호, pp95-106, 1996
- [10] Toshio Fukuda, Naoyuki Kubota, "Adaptation, Learning and Evolution," 1998 Second International Conference on Knowledge-Based Intelligence Electronic Systems, 21-23 April 1998