

# 사이버인간: 동적 환경에서 능동 에이전트간 상호작용

\*배 경 표, 박 정 용, 신 동 승, 박 종 희  
경북대학교 전자공학과

## Cyberhuman: The Interaction Autonomous Agents in Dynamic Environment

Kyung-Pyo Bae, Jung-Yong Park, Dong-Seung Shin, Jong-Hee Park  
Dept. of Electronic Engineering, Kyungpook National University

### 요약

객체와 객체, 객체와 환경(공간 객체) 사이의 상호작용을 Field 라는 개념을 도입하여 개념적으로 장 이론이라는 방법론으로 객체들간의 상호작용을 해석하였다. 구체적으로 환경은 공간에 대한 수학적 개념으로 정의하고 객체와 환경사이의 상호작용은 일련의 상호 의존적 사실들로 표현하였다. 따라서 공간에 대한 수학적 개념과 힘의 역동 개념을 동원해서 객체와 환경이 주어진 상황에서 나타나는 구체적인 행동을 기술한다. Vector, Algebra, Topology 등과 같은 물리학적 및 수학적 개념을 도입하여 객체 상호작용을 해석하기 위한 과학적 이론 시스템 개발에 활용될 가능성을 제시하였다.

### 1. 서론

최근 인공지능에서 각광 받고 있는 에이전트는 새로운 이론이기 보다 기존에 존재하는 인공지능의 여러 기법들을 하나로 통합한 오래 전부터 연구해온 분야로서 독립된 분야로 인식되기 시작한 개념이다. 에이전트는 여러 학자들에 의해 개념이 정립되었는데 대표적으로 S Russell과 P Norvig은 에이전트 시스템은 자신의 감각기관(sensors)을 통해 환경을 인지(percepts)하여 작용기(effectors)를 통해 그 환경에 대해서 반응(actions)하는 시스템이라고 하였다[1]. 1985년 이래로 인공지능의 새로운 물질은 Autonomous Agent 혹은 Behavior-based AI라는 용어로 불려지고 있다[2]. 에이전트 중에서 주위의 환경을 고려하면서 미리 주어진 지식을 활용해서 자율적으로 행동하는 에이전트를 autonomous agent라 한다 이러한 Agent에 대한 응용 분야는 Creature agent[3][4], Artificial Life agent[5][6][7], Cognitive agent[8]등에 응용을 하고 있다. 에이전트 시스템이 보다 인간적인 기능을 갖출 수 있도록 하기 위해서는 다양한 문제에 적용 가능한 융통성을 부여해야 한다. 즉 거대한 지식 기반 시스템보다는 최소의 지식 기반 시스템으로도 여러 입력 사실에 대해 다양하게 반응을 나타내야 한다. 그러나 기존의 논문에서는 객체들간의 상호작용, 환경의 공간적 관계, 환경과 객체간의 상호작용[2] 등을 구체적으로 정의하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 장 이론 개념을 이용해서 Vector, Algebra, Topology등과 같은 물리학적, 수학적 개념을 도입하여 객체 상호작용을 해석하기 위한 과학적 이론 시스템 개발에의 활용 가능성을 제시한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제2장에서는 Field의 전반적인

개요를 논하고, 제3장에서는 field 구현을 위한 수학적 접근 방법을 논하고, 제4장에서는 구현 및 실험결과, 마지막으로 제5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

### 2. Field의 전반적인 구조

장 이론은 인과관계를 분석하고 과학적 구성체를 종합하는 방법론이다[9]. 사람과 환경 사이의 문제를 다룸에 있어서 장소, 인지구조, 힘 등의 개념에 대해 장 이론이 가장 중심이 되는 기본개념이고 위상학적 개념이 갖는 속성으로 공간을 분할해서 구조화한다. 위상학적 공간에서 방향과 거리, 생활공간이 갖는 형식적 규칙을 제공하고 이러한 규칙이 적용되는 공간에서 객체들의 행동에 대한 설명에는 기하학의 위상 공간 개념을 도입한다. 그러나 생활공간 및 영역 등을 비수학적으로 제시한 것이 충분하지 못하기 때문에 물리적인 개념인 크기와 방향을 가지는 벡터개념을 도입하였다. 행동을 이해하기 위해서 인간과 환경은 한 개의 집단으로 고려되어야 한다. 그러면 field theory를 사용함으로써의 장점은 첫째, 객체들간의 상호작용의 해석이 가능하다 둘째, 실세계의 모든 복잡한 상황을 Primitive field로 분석함으로써 현상적인 개념의 설명 용이하다 셋째, 각 객체(공간 객체 포함)에 적용되는 규칙의 분류가 용이하다.

### 3. Field 구현을 위한 수학적 접근 방법

#### 3.1 공간의 위상학적 모델링

생활공간은 양적인 위치관계 보다는 질적인 위치관계가 더 중요하다. 그래서 이 개념에 부합되는 topology를 도입한다. Topology[10] 세계로 들어서는 여러 가지 방법이 있지만 실

세계와 가장 친근감이 있는 근방(neighborhood)이라는 개념을 사용한다. 그 객체가 어디에 위치하느냐에 따라 근방의 크기와 형태도 가지각색이다. Topology space, 근방, 위상동상 등 몇 가지 정의는 아래와 같다.

[정의 1] A는 위상공간이고 p는 A의 점이다

$$p \in S_p \subseteq A$$

인 열린 구간(Open interval)  $S_p$  가 존재할 때, p를 A의 내점(interior point of A) 이라고 한다. A의 모든 점이 A의 내점일 때, A를 열린 집합이라고 한다.

[정의 2] 실수 R - A가 열린 공간일 때, A를 닫힌 집합(closed set) 이라고 한다.

[정의 3] 집합 X의 개집합인 부분집합 E로 이루어진 집합족  $\Gamma$ 가 다음 세 성질을 지닐 때 이  $\Gamma$ 가 주어진 집합 X, 즉  $(X, \Gamma)$ 를 위상공간이라 부르고,  $\Gamma$ 를 그 위상이라 한다

(i)  $E_i \in \Gamma \rightarrow \bigcup E_i \in \Gamma$

(ii)  $E_1, E_2, E_3, \dots, E_m \in \Gamma \rightarrow E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_m \in \Gamma$

(iii)  $\emptyset \in \Gamma, X \in \Gamma$

[정의 4] p는 위상 공간  $(X, \Gamma)$ 의 점이다. p가 X의 부분집합 A의 내점 일 때, A를 p의 근방(neighborhood of p)이라고 한다.

두 위상공간 X, Y의 구조가 같다는 것은 topology 사상의 토대가 되는 '위상동상(homeomorphic)'이라는 사고방법이다.

[정의 5]  $(X, \Gamma)$ 와  $(Y, \Gamma')$ 는 위상공간이다. 함수  $f: X \rightarrow Y$ 가 동상인 경우는 (i), (ii)가 성립할 때이다.

(i) f는 전단사(bijection)

(ii)  $f: X \rightarrow Y$  와  $f^{-1}: Y \rightarrow X$ 가 연속

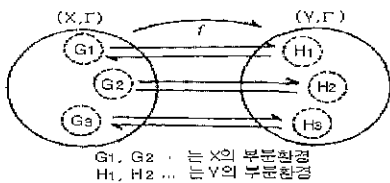


그림 1. 환경의 동상 구조

[정리 1] "두 위상 공간 X, Y가 동상이다."라는 관계는 동치 관계(equivalence relation)이다

### 3.2 공간의 위상학적 구조화

Topological space는 무한하게 조각지지 않고 마침내는 구조화된다 이 같은 위상학적 개념이 갖는 속성을 이용하여 복잡한 공간을 분할해서 구조화한다. 무한한 집합을 구조화한다는 것은 형평성이 없으므로 유한한 집합이어야 한다 그래서 유한화 공간이 적용되어야 한다

[정의 6] 위상공간 X의 부분집합의 집합  $\{E_\alpha\}$ 가 X의 개피복(Open covering)이라는 것은

(i) 각  $E_\alpha$ 가 X의 개집합이고, 동시에

(ii) 모든  $E_\alpha$ 의  $\bigcup E_\alpha = X$

일 때를 말한다.

[정의 7] Compact Space

X의 각 점 p에 대해서 이 점을 포함하는 임의의 개 집합

$E_p$ 를 잡으면, X 내의 모든 점 p에 대한  $E_p$ 의 합집합은 다름 아닌 X 자신이 된다 이  $\{E_\alpha\}$ 를 X의 개피복(X를 덮어버리는 개집합의 집합이라는 뜻이다) 이라고 한다 즉

$$E_1 \cup E_2 \cup E_3 \cup E_4 \cup \dots \cup E_p = X$$

와 같이 할 수 있을 때, X를 콤팩트인 공간이라고 부른다.

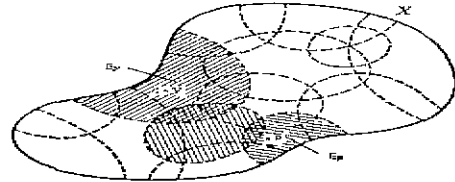


그림 2 위상공간의 개피복

'우주는 무한하다'라고 가정했을 때 유한개의 원소로 구성된 덮개로 지구를 덮을 수 있으므로 지구는 콤팩트 공간(Compact Space)이라 생각 할 수 있다.

[정리 2] 다음은 서로 동치이다.

(i) 위상 공간  $(X, \Gamma)$ 는 콤팩트이다.

(ii) X의 임의의 닫힌 부분 집합들로 이루어진 집합

$$B = \{F_i \mid F_i \text{는 닫힌 집합}, i \in I\}$$

들이 유한 교차성(finite intersection property)을 가지면,  $\bigcap B \neq \emptyset$  이다.

실세계를 가상 공간으로 모델링할 경우 여러 가지 사실, 규칙을 공통적으로 갖는 환경들로 분할하고 구조화 할 수 있다. 정리 1에 의해서 동치 관계가 있으면 분할을 만들 수 있다. 즉 위상동상인 공간들을 하나로 볼 수 있다는 뜻이다. 정리 2에 의하면 두 위상공간이 같지는 않지만 규칙과 사실들이 두 위상공간에 공통적으로 적용되는 공간이 존재한다는 것이다. 구조화된 공간  $E_1, E_2, E_3, E_4, \dots$  가 존재할 경우 다음과 같이 가정한다. 첫째,  $E_1, E_2$ 는 위상적으로 구조가 같은 환경이라 가정한다. 둘째, 두 환경이 위상적으로 같지는 않지만  $E_1, E_3$ 에 공통적으로 적용되는 규칙과 사실들을 가지는 공간  $E_2$ 가 존재한다. 이와 같은 가정 하에서 에이전트(p)가 환경  $E_1$ 에 적용했다면 환경  $E_2, E_3$ 에서도 적용을 한다. 그러나 동일한 에이전트가  $E_1$ 에서 하던 행동대로 한다면  $(E_3-E_4)$ 에서는 예기치 못한 이벤트가 발생한다

### 3.3 공간상에서 객체간의 위상학적 관계

본 연구의 시스템 환경은 25차원의 환경을 무대로 한다. 객체는 25차원에서 거주한다. 즉 객체들은 서로가 앞 혹은 뒤에서 나타날 수 있게 여러 개의 평면을 가지는 2차원이다. 25차원 환경에서 객체들간의 관계는 방향관계, 위상관계, 공간관계로 구분된다. 이들 중에서 공간 객체 사이의 관계는 위상관계를 시스템에 적용하고 객체들 사이의 관계는 방향관계와 거리관계를 적용한다. 두 객체 X와 Y사이의 위상관계는 X가 Y의 경계, 내부, 외부에 대한 교차에 의해 표현되어진다.  $E_1, E_2, E_3$ 라는 공간객체가 존재할 때 각각의 공간객체에 적용되는 규칙이 존재한다 그 중에  $E_1, E_2$ 는 여러 가지 관계구조를 가질 수 있다. 임의의 두 객체 사이이 위상관계는  $nC_2 = n(n-1)/2$ 가 된다 따라서 객체의 수가 많지 않은 경우에도 고려해야 할 위상관계의 수는 많아진다 그 중에서도 6가지

X equal Y, X disjoint Y, X overlap Y, X meets Y, X contains Y, X properly-contains Y가 주류를 이룬다. 사전에 중요한 공간 객체의 위상관계가 부분적으로 주어졌다고 가정할 때 두 객체 사이의 위상 관계가 명시되지 않는 경우에도 주어진 다른 위상 관계로부터 이들의 관계를 추론할 수 있다. 예를 들어, 만일 객체  $X \subset Y$ 되고, 객체  $Y \subset Z$ 된다면 객체  $X \subset Z$ 된다는 것을 추론할 수 있다. 이렇게 함으로써 공간객체의 구조화가 가능하다. 방향관계와 거리관계도 위와 유사한 방법으로 추론 가능하다

### 3.4 환경과 객체간의 관계

기본적인 이론적 근거는 행동(B)이 인간(P)과 환경(E)에 의해서 결정되고 환경(E)은 인간(P)에 의해서 결정되고 인간(P)은 환경(E)에 의해서 결정된다. 즉 역동적인 상호존재성 관계를 다룬다는 이 같은 맥락에서  $B = f(P, E)$ ,  $E = f(P)$ , 그리고  $P = f(E)$  각각 상호관계를 나타낸다.[11]

### 4. 구현 및 실험 결과

본 실험에서는 ToolBook 5.0으로 생활 공간상에서 객체간의 힘의 장을 시뮬레이션 하였다. 가상 공간상에서 객체의 상호 작용하는 것은 그 객체들이 가지고 있는 field 와 field의 상호 작용하는 것이다. 구체적으로 나타나게 되는 현상이 힘과 힘의 대결로 나타나게 되는 것이고 힘들이 상호 작용한다고 보면 된다 즉 힘→물체→변화(Event→(Objects)Condition→Action)하게 된다

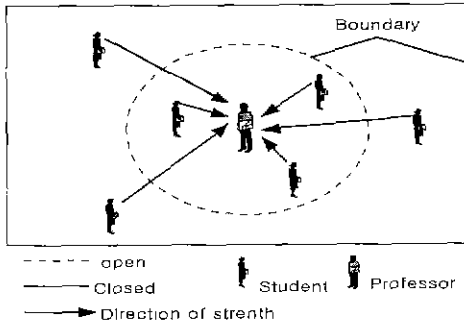


그림 3 위상 공간상에서 객체들간의 힘의 장

경계를 Open과 Closed 하는 이유는 눈에 보이는 경계는 Closed 영역으로 정의하고 눈에 보이지 않는 공간의 구조는 Open 영역으로 정의를 한다. 간단한 예로 그림 3에서 교수님이 임의의 학생에게 무엇인가를 시킬 경우 질량  $M=f(x_1, x_2, x_3, \dots)$ 인 agent1(교수님)이 어떤 위치에 고정되어 있고, 질량  $m=f(x_1, x_2, x_3, \dots)$ 인 agent2(학생)가 공간내의 임의의 위치를 자유롭게 배할 수 있다. 그러면 힘의 장 S는 agent2에서 agent1 방향이고, 힘이 미치는 범위의 크기는 agent1과 agent2 사이의 거리를 r이라 할 때 거리의 제곱에 반비례한다 여기서 주요 변수는  $M = f(\text{Age, Status})$ ,  $\text{Status} = g(\text{Income, Edu, Age})$ 이다 그림 4는 객체들간의 상호작용이 일어나는 생활공간을 나타내는 장면이다.



그림 4 생활 공간상에서의 객체들간의 상호작용

### 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 객체간의 상호작용을 해석하기 위한 방법으로 장 이론을 제안하였다 구체적으로 장의 구조, 부분간의 관계, 힘과 같은 개념들을 사용하여 상호작용을 해석하였다. 여기에서 알 수 있듯이 장 이론의 행동은 일순간에 존재하는 상에 의해서 결정되고 장내에 있는 각 요소와 다른 요소간의 상호작용을 한다. 이런 시스템은 활용 분야는 무한히 많다. 저자의 본 목적은 이런 시스템으로 인성 교육, 사회 교육, 시공간상의 제한된 교육 등 우리가 직접 접하지 않더라도 시뮬레이션을 돌려보면서 체험을 하는 가상 교육 시스템을 만들어 고자 한다. 앞으로의 연구 과제는 효율적인 에이전트, 환경의 지식 베이스 구축 등이다.

#### 참고문헌

- [1] S Russell, P Norvig, "Artificial Intelligence: A modern Approach", Prentice Hall Inc, pp31-52, 1995.
- [2] Pattie Maes, "Modeling Adaptive Autonomous Agents", Artificial Life Journal, C Langton, ed, Vol 1, No. 1 & 2, MIT Press, 1994.
- [3] Dennis Taylor, "Three ways to get A-Life", IEEE EXPERT, pp25-30. July/August 1997
- [4] Stephen Grand, Dave Cliff and Anil Malhotra, "Creatures: Artificial Life Autonomous Software Agents for Home Entertainment", [http://www.cyberlife.co.uk/cyberlife\\_paper1.html](http://www.cyberlife.co.uk/cyberlife_paper1.html).
- [5] Peter de Bourcier, "Autonomous Agents A matter of life and death", [http://www.cyberlife.co.uk/cyberlife\\_paper3.html](http://www.cyberlife.co.uk/cyberlife_paper3.html).
- [6] Pattie Maes, "Artificial Life meets Entertainment Lifelike Autonomous Agents", Communications of the ACM, Vol. 38 No 11, November 1995.
- [7] Moshé Sipper, "An Introduction To Artificial Life", <http://islwww.epfl.ch/introal.html>.
- [8] Franklin S, "Autonomous Agents Embodied AI", Cybernetics and Systems, pp499-520, 1997
- [9] Kurt Lewin, "Defining the Field at a Given Time", Psychological Review pp292-310. 1943
- [10] Charles O, William L., "Aspects of topology", M. Dekker, pp13-73, 1977
- [11] Bernard Weiner, "Human motivation". New York. Holt, Rinehart, and Winston. pp124-157. 1980