

# S/W 개발 관점에서의 창발 기반 객체 모델

고 성 범  
천안공업대학 전자계산과

## Emergence-Based Object Model in the viewpoint of S/W Development

Sung-Bum Ko  
Department of Computer Science, Chonan National Technical College

### ABSTRACT

Recently, the size and complexity of the system we have to develop and to deal with are expanding quickly. Because of the great size of causally related network in itself, such a system will be very difficult to deal with based on the typical reduction model. One of alternatives for this is to adopt emergence-based paradigm instead of reduction-based paradigm. The first is based on the low level causality and the latter on the high level emergence. In this paper we proposed an emergence-based object model realizable in terms of engineering. It is the abstracted one from original object model using of such concepts as performance function, interest function and emotional layer. The suggested model allows us to emerge some important concepts which might be useful for implementing the complex system which can hardly be available by reduction paradigm.

### I. 서론

세상에 존재하는 모든 기계들은 환원론적 패러다임에 의해 그 정당성을 보증 받고 있다. 즉, 아무리 복잡한 구조와 기능이라 해도 궁극적으로는 명료한 유한개의 물리 화학적 법칙으로 환원시킬 수가 있는 것이다. 현재 개발되고 있는 슈퍼컴퓨터나 우주선의 복잡성은 상상을 초월한다. 미국의 전략 프로그램인 SDI 는 약 3000 만행으로 작성되어 있다. 이 정도의

규모라면 아무리 천재적인 두뇌로도 시스템 전체의 흐름을 파악하는 일은 불가능하다. 앞으로 이 보다 수십 배 아니면 수백 배 더 복잡한 시스템을 다루어야 한다면 어떻게 할 것인가. 이 경우에도 환원론적 패러다임이 여전히 유용할 것인가. 그 자체로 엄청난 규모의 인과론적 연결망을 내포하고 있는 시스템에 대한 “인과론적 접근” 은 구조적으로 불가능한 일일 것이다. 한가지 가능한 대안은 창발론적 패러다임을 도입하는 것이다. 즉, 시스템을 하나의 생명체 개념으로 접근하자는 것이다. 우리는 시스템 스스로 복잡성을 키워나가도록 허락해야 한다. 그리고 사람에게 그렇게 하듯이 음식을 먹게 하고 약물이나 침술로 치료할 수 있어야 한다. 또한 감성적으로 시스템을 설득하거나 제어할 수 있도록 만들어야 한다. 본 논문에서는 “창발 기반 객체” 모델을 제안하였다. 창발 기반 객체 모델은 성능 함수, 관심함수, 감성 계층 등의 개념을 이용하여 기존의 객체 개념을 추상화시킨 것이다. 창발 기반 객체 모델을 사용하는 경우 생명체 고유의 속성으로 간주될 수 있는 몇 가지 중요한 특징들을 생성시킬 수 있다.

### 창발론적 패러다임[4]

창발론은 최근 “복잡성의 과학”이라는 이름으로 활발하게 연구되고 있는 분야중의 하나이다. 자동차는 환원론적 시스템이고 사람은 창발론적 시스템이다. 자동차와 사람은 시스템을 개발하거나 제어하거나 혹은 고장에 대응하는 방법에서 전혀 다른 접근 방법이 사용된다. 전자를 환원론적 접근이라 하고 후자를 창발론적 접근이라고 한다. 사실 창발 현상은 너무도 흔해서 진부하게 느껴질 정도이지만 창발의 생성 메카니즘

에 관하여 명쾌하게 증명된 이론은 아직 없다. 하지만 우리는 그 동안의 연구 결과를 종합하여 다음과 같은 가설을 하나의 공리로서 받아들이고자 한다.

**가설 1**

창발은 ①질적으로 단순한 요소들의 ②양적인 상호관계의 복잡성이 ③일정한 한계치를 넘어설 때 일어난다.

**창발론적 관점**

창발론적 패러다임은 질과 패턴 그리고 연결망적 관점에서 사물을 보는 것을 의미한다. 첫째로 해(Solution)란 무엇인가. 창발론적 관점에서의 해란 개별적 해들의 복잡한 상호 관계가 창발해 내는 그 무엇이다. 즉, 창발적 해는 개별적 해들이 만들어내는 일종의 질적 관점 즉 패턴으로 정의된다. 둘째로 지식이란 무엇인가. 기존의 환원론적 관점에 의하면 지식이란 기 증명된 기존의 지식들로부터 연역되어지는 것이며 따라서 어떤 형태의 지식이든 보다 근원적인 지식 수준으로 환원될 수 있어야 한다. 반면에 창발론적 관점에서 볼 때 지식의 본질은 지식 자체가 아니라 지식간의 상호 관계로 정의된다. 즉, 복잡한 상호 관계로 창발되는 패턴이 지식의 핵심 개념인 것이다. 이처럼 지식의 정의 자체가 다르기 때문에 창발론적 학습은 환원론적 학습과는 다른 관점에서 접근되어야 한다. 셋째로 자원이란 무엇인가. 자원의 상식적인 의미는 일처리에 필요한 물질과 정보를 의미한다. 그러나 창발론적 관점에서 볼 때 우리는 솔루션들간의 다양한 상호 관계를 구현할 수 있는 추상적 자원을 지원해야 한다. 이 새로운 형태의 추상적 자원을 우리는 게시판 자원(Blackboard Resource)이라고 부른다. 할당된 게시판 공간에 객체들은 자신의 방식으로 자신의 해를 제시하게 된다. 비유적으로 말해서 객체들은 자신의 고유한 톤으로 자신의 노래를 부르는 것이다. 그 결과로 만들어지는 하모니(혹은 패턴)가 창발적 관점의 솔루션이 되는 것이다.

**II.EBM(Emergence Based Model)**

가설 1 에 기반하여 우리는 창발 기반 모델인 EBM 모델을 설계하였다. EBM 모델은 종적 분할 모델, 상호 관계 모델, 계층성 모델 등 세 가지 하위 모델을 결합한 구조를 갖는다.

**1.종적 분할 모델[1]**

종적 분할 모델은 도메인 내의 테스크 유형에 대하여 각각 특별하게 전문화된 모듈들을 종적으로 배열하는 방식이다. 이것은 테스크들을 횡적으로 배열하는 전형적인 횡적 분할 모델과 대비되는 방식이다. 종적 분할 모델에서 모듈들은 환경에 대하여 자율적이고 독립적이고 병렬적으로 반응하게 된다. 횡적 모델과는 달리 종적 모델에서는 상호간의 기능이 상당 부분 중복되며 덜 명료하고 덜 분업적이다. 종적 분할 모델에서의 상호관계는 대단히 중요하며 동적으로 변화한다. 일반적으로 종적 분할 모델은 적응성, 속응성, 강건성의 측면에서 탁월한 장점을 갖는다.

**2. 상호 관계 모델[2]**

우리가 제안하는 상호 관계 모델은 PM(Potential Module)이라 부르는 추상적 객체와 PM 간의 상호 관계 프로토콜로 정의된다.

**Potential Module(PM)**

PM 은 포텐셜 계층을 갖는 객체 모델로 정의된다. 이 구조에서 PM 들은 상호간에 포텐셜을 교환하는 방법으로 양적 상호 관계에 대한 시스템 상태를 변화시키게 된다. PM 구조는 다음과 같다.

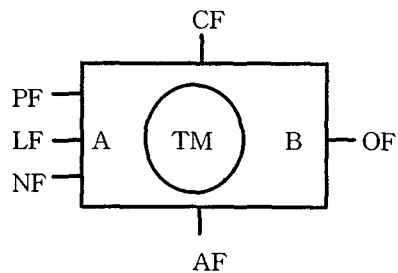


그림 2.1 PM(Potential Module) 의 구조

PM 은 테스크를 처리하는 TM(Task Module)과 포텐셜을 처리하는 포텐셜 인터페이스로 구성된다. 여기서 PM은 PF, LF, NF, AF 등 네 개의 입력 단자와 CF, OF 등 두 개의 출력 단자를 갖는다. 또한 내부적 에너지를 상징하는 내부 포텐셜 A 와 외부적 영향력을 상징하는 외부 포텐셜 B를 갖는다.

**상호 관계 프로토콜**

요소들 사이의 다양한 상호 관계는 창발의 핵심 개

념이다. 우리는 상호 관계의 이상적인 모델을 다음과 같이 정의하였다.

1. 적대 관계,
  2. 지원 관계,
  3. 협조 관계,
  4. 갈등 관계,
  5. 경쟁 관계,
  6. 생성 및 소멸 관계,
  7. 갈등을 증가시키거나 감소시키는 관계

PM 개념을 이용하여 이상 7 가지 상호 관계를 구현하는 방법은 다음과 같다.

- [1]적대 관계  
---> NF (Val(NF) > 0)
- [2]지원 관계  
---> PF (Val(PF) > 0)
- [3]협조 관계  
PF <---> PF (Val(PF) > 0)
- [4]갈등 관계  
PF ^ NF ---> CF (Val(PF) > 0,  
Val(NF) > 0)
- [5]경쟁 관계 : NF <---> NF (Val(NF) > 0)
- [6]생성 및 소멸 관계  
---> AF (Val(AF) > 0 : 생성 관계  
Val(NF) < 0 : 소멸 관계)
- [7]갈등을 증가시키거나 감소시키는 관계  
---> SF (Val(SF) > 0 : 증가 관계,  
Val(NF) < 0 : 감소 관계)

### 3. 계층성 모델

하나의 계층적 시스템이 창발적 기능을 갖기 위해서는 계층간의 정보 교환이 가능해야 한다. 즉, 시스템의 종적 결합력을 필요로 한다. 우리는 상호 관계 모델을 이용하여 엔트로피라는 추상적 상태 개념을 정의하였다. 이 엔트로피 개념을 근거로 한 포텐셜 주입 방법으로 계층간 대화가 가능하게 된다.

#### 포텐셜 주입(Potential Injection)

특정한 시스템(Agent)을 구성하는 PM 들의 부분 집합을 대상 (Target  $\subset$  PMset )으로 특정한 단자 n

( $n \in \{LF, PF, NF\}$ )에 대하여 일정한 양의 포텐셜을 주입하는 것을 “포텐셜 주입”이라 한다. 포텐셜주입의 유형에는 P 형 포텐셜 주입, N 형 포텐셜 주입, L 형 포텐셜 주입등 세 가지가 있다.

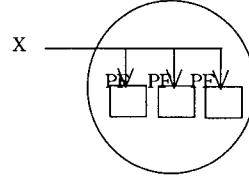


그림 2.2 P 형 포텐셜 주입

#### 엔트로피(Entropy)

우리는 시스템 상태를 나타내는 속성의 하나로 엔트로피 개념을 다음과 같이 정의한다.

- ①특정한 에이전트 A 에 대하여
- ②특정한 시점 t 에서
- ③  $P_s^*(t) > P_w(t)$ 이고  $P_s^*(t) = P_s(x, t)$ 일 때
- ④시스템 A 는 시점 t 에서 x 로 표현되는 엔트로피 상태를 갖는다고 정의한다.
- ⑤이때 x 가 + 값이면 “엔트로피 부족 상태” 이고, - 값이면 “엔트로피 과잉 상태” 이다.

### III.EOM(Emergence based Object Model)

EBM 모델은 다소 추상적인 모델이다. 우리는 인터넷 등의 현실적 구현 환경을 고려하여 보다 낮은 레벨의 실용적 모델인 EOM 모델을 구상하였다. 이를 위해 우리는 감성 모델과 확장된 객체 모델 등 두 가지의 새로운 개념을 도입하게 되었다.

#### 1. 감성 모델

감성은 생명체 고유의 속성 중 하나로 특히 포유류의 유연한 적응 능력과 관련이 있다. 감성을 다루기 위해서는 먼저 감성 상태 집합(감성 상태 공간)과 감성 자극 집합이 정의되어야 한다. 그런 다음 두 도메인간의 매핑 함수를 정의하면 자극에 대응하는 감성 생성이 가능해진다. Agent 는 한마디로 데스크를 처리하는 엔티티이다. 따라서 Agent 에게 적합한 감성 상태는 일 처리와 관련된 것이어야 한다. 이러한 측면에서 우리는 25 개의 상태를 갖는 2 차원 상태 공간을 정의하였다. 여기서 x 축은 “일 처리 성과”를 나타내고 y 축은 “최선을 다했는지 여부”를 나타낸다. 다시

말해서 전자는 환경적 요인 즉, 외부적 평가로 볼 수 있고 후자는 시스템 자체의 요인 즉, 내부적 평가로 볼 수 있다.

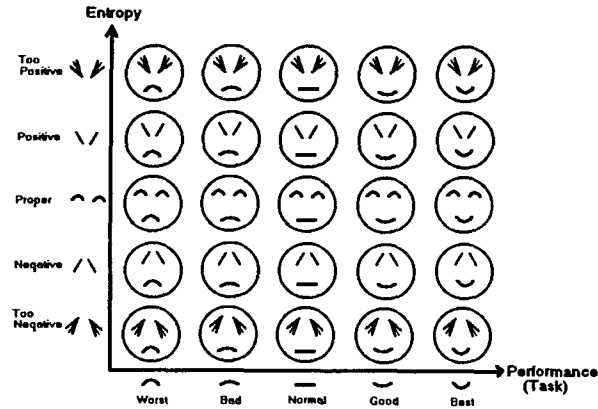


그림 3.1 감성 상태 공간

우리는 감성 모델에서 제안된 감성 상태 공간을 EBM 모델의 PM 계층에서 구현 가능하다고 생각한다. 왜냐하면 계층성 모델의 포텐셜 주입 방법을 이용할 경우 Encourage 와 Discourage 등 두 개의 Primitives 개념의 응용이 용이하기 때문이다. 이것은 엔트로피를 감성 상태와 대응시킴으로서 계층간 대화 모드를 감성적 개념으로 다룰 수 있게 해준다.

## 2. 확장된 객체 모델

창발 현상은 요소간의 상호 관계의 복잡성이 충분히 증가할 때 발생한다. 이를 위해 요소 자체가 충분한 유연성을 갖출 필요가 있다. 기존의 객체 구조는 다소 경직된 구조를 갖고 있으며 창발 개념을 구현하기에는 부적절한 측면이 있다. 이러한 이유로 우리는 “확장된 객체 모델”을 제안하게 되었다. 확장된 객체 모델은 고유 함수 개념을 이용하여 기존의 객체 모델을 보다 추상적 레벨로 확장시킨 것이다. 여기서 고유 함수라 함은 이벤트와 관련한 객체 고유의 속성으로 성능 함수와 관심함수로 나뉜다.

### 성능 함수

성능 함수란 태스크에 대한 객체의 성능을 나타내는 함수이다. 태스크 도메인은 이벤트 집합으로 정의되는데, 확장된 객체 모델에서 객체의 이벤트 처리 성능은 0.0 에서 1.0 까지 사이에서 변화한다. 여기서 성능 값 1.0 은 이벤트에 대한 처리를 완벽하게 수행할 수 있

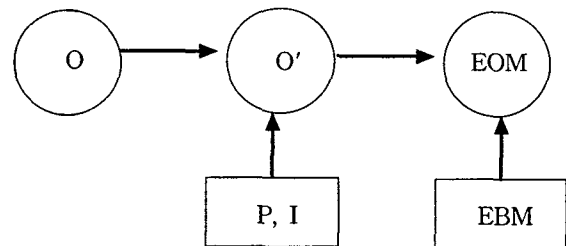
는 능력을 의미하고 0.0 은 처리 능력이 전혀 없는 경우를 의미한다.

### 관심 함수

확장된 객체 모델에서 객체는 임의의 이벤트에 대해 일정한 관심(혹은 흥미)을 보이게 되는데, 관심의 정도(관심 값)를 나타내는 함수를 관심함수라고 정의한다. 관심 값은 0.0 에서 1.0 까지 사이의 값을 갖는다. 여기서 관심 값 1.0 은 이벤트에 대한 완벽한 관심을 의미하고 0.0 은 문자 그대로 무관심을 의미한다. 객체가 보이는 관심은 객체가 요구하는 자원의 양을 결정하는 요인이 된다.

## 3. EOM 모델

EOM 모델은 EBM에서 포텐셜 계층을 감성 모델에 대입시키고 TM 개념을 확장된 객체 개념으로 대체하는 방법으로 만들어진 실용적 모델이다.



주.

O : 객체      O' : 확장된 객체  
P : 성능 함수    I : 관심 함수

그림 3.2 객체 개념의 진화

## IV. 생명체적 속성

EOM 기반 시스템은 생명체 고유의 생명 현상 혹은 감성 현상과 구조적 동질성을 갖는 몇 가지 의미 있는 특징들을 창발해 낸다.

### 1. 음식물 섭취와 배설

Agent 의 내부에서는 끊임없이 학습활동이 일어나는 데, 그 이유는 객체들의 성능 함수와 관심 함수가 환경의 변화에 정확하게 맞아떨어질 수가 없기 때문이다. 특히 안정상태에 있는 객체의 변신이란 대단히 어렵고 상당한 시간이 소요된다. 이럴 경우 학습의 속

도는 환경의 변화를 따라잡지 못하게 되는 데, 한가지 해결책은 객체풀에서 필요로 하는 객체를 취득하는 것이다. 이처럼 음식의 성격으로 섭취되는 객체는 범용 객체인 데, 범용 객체는 고유 함수의 파형이 구형이며 크기가 비교적 작고 동일한 값을 갖는다. 이러한 특징 때문에 유연한 학습 능력으로 시스템의 일부로 쉽게 동화될 수 있게 된다. 범용 객체의 취득과 유연한 적용 과정은 생명체의 음식물 섭취와 소화 과정에 대응하는 것이다. 효과적인 적용에 실패한 음식 객체는 시스템 밖으로 제거(소화되는 양보다 제거되는 양이 훨씬 많음)되는 데, 이 과정은 배설과정에 대응한다.

## 2. 학습

창발론적 관점에서의 학습은 지식간의 상호 관계 즉, 지식의 패턴을 조정하는 행위를 말한다. 이것은 인터넷에서 필요한 지식의 원소(객체화된 지식)들을 얼마든지 구할 수 있다는 사실을 전제하고 있다. 즉, 인터넷은 작고 큰 “지식의 벽돌”을 무한정으로 제공하는 “지식 부품” 공장인 것이다. EOM 모델에서 학습 메카니즘의 역할은 크기가 고정된 KB 영역에서 이들 벽돌을 효율적으로 배열해서 이상적인 패턴을 만들어 내는 것이다. 즉, 시스템이 갖는 지능의 수준은 벽돌 그 자체보다는 벽돌들이 만들어 내는 패턴의 수준에 달려있는 것이다. 실제로 EOM 모델의 학습은 객체들의 성능 함수가 진이되는 방법으로 이루어진다. 학습이 효율적으로 이루어진다면 객체들의 성능 함수가 조화(이상적인 패턴)를 이루어서 최고의 효율을 내 줄 것이다.

### 학습 알고리즘

1. 환경 변화에 따라 성과가 성능함수를 따르지 않게 된다.
2. 이에 따라 관심 함수가 변화하고 자원 신청 패턴이 바뀌게 된다.
3. 자원 신청의 변화가 긍정적인 결과를 얻게되면 관심 함수의 변화가 증폭된다.
4. 관심 함수가 새로운 상태에서 안정되면 그에 대응하는 지식의 교체가 이루어진다.
5. 지식 교체의 결과로 성능 함수가 변화한다.

## 3. 성장

새로 태어난 어린 객체들은 범용성을 갖는다. 즉, 고유 함수가 평등 분포를 하며 모든 분야에 대한 고른

관심과 고른 능력을 갖게 된다. 이것은 어느 분야로든 쉽게 적응해 갈 수 있다는 뜻이다. 어린 객체들의 함수 값은 제한 폭보다 훨씬 작게 마련이다. 따라서 특정한 태스크에 맞추어져 있는 성숙한 객체들과 바로 그 태스크를 놓고 경쟁한다면 승산이 없을 것이다. 다행히도 동적 환경에서는 작든 크든 환경의 변화가 끊임없이 일어나므로 어린 객체들에게도 삶의 기회는 주어진다. 성장한다는 것은 자기 전공 분야를 찾아간다는 뜻이다. 최대 값이 커질수록 표준편차는 줄어든다. 표준 편차가 줄어들수록 자신의 주 전공에 대한 성능은 증가해 가지만 새로운 환경에 대한 적응 능력은 감소해 간다. 적응 능력과 성능을 종합적으로 고려한 경쟁력을 생각할 때 최적치는 표준 편차가 지나치게 작지도 크지도 않은 그 사이 어딘가에 존재할 것이다. 이 지점이 성장의 절정인 것이며 이후로는 경쟁력이 떨어져 간다. 즉, 늙는 과정이 시작되는 것이다. 늙음을 촉진하는 직접적인 원인은 정적 환경의 지속이다. 즉, 정적 환경이 길어지면 학습의 필요성이 줄어들게 되므로 표준 편차가 점점 더 감소하게 되는 것이다. 극단적으로 표준 편차가 0인 지점이 늙음의 절정일 것이다. 하나의 객체가 삶을 유지하기 위해서는 항상성을 잃지 않아야 한다. 객체의 인생에서 가장 위험한 시기는 유년시절과 노년기이다. 유년 시절은 정적 환경이 위험하며 반대로 노년기에는 동적 환경이 치명적이다. 시스템의 입장에서 볼 때 죽음은 자연스러운 것이다. 객체풀에서 어린 객체들을 얼마든지 구할 수 있기 때문에 시스템 입장에서 유년기의 죽음은 별로 아까울 게 없다. 또한 어린 객체들을 교육시키는 것이 상대적으로 훨씬 쉽기 때문에 동적 환경에 적응하지 못하는 늙은 객체들의 죽음은 바람직한 것이다. 늙은 객체들은 정적 요인을 그리고 젊은 객체들은 동적 요인을 반영한다. 시스템은 여러 연령층의 객체들을 포용함으로써 환경의 정적 측면과 동적 측면에 효율적으로 적응할 수 있게 된다.

## 4. 질병 과 치료

EOM 모델에서의 질병은 정신적 질병과 육체적 질병으로 나뉘어진다. 정신적 질병은 PM 계층(감성 계층)에서 발병되며 시스템의 감성 상태에 영향을 끼치게 된다. 육체적 질병은 객체 계층에서 발병되며 객체의 내적 상태에 영향을 끼치게 된다. 전자는 객체간의 상호관계의 이상 상태를 나타내며 후자는 객체 내부의 이상 상태를 나타낸다. 정신적 질병과 육체적 질병에 대응하여 치료 방법도 정신적 치료와 육체적 치료로 나누어 생각할 수 있다. 그러나 엄밀하게 볼 때 정신

과 육체는 유기적으로 연결되어 있기 때문에 이상적인 치료를 위해서는 두 가지 접근 방법이 조화를 이루어야 한다. EOM 모델에서 우리가 그 동안 찾아낸 질병들은 스트레스, 비만증, 조울증, 정신 분열증, 암 등이다. 각 질병에 대응하는 치료법은 서양 의학보다는 한의학적 치료와 유사하다.

## V. 실험

본 연구에서 우리는 세 가지 사항을 중점적으로 조사하였다 첫째는 감성 계층을 통한 시스템의 동적 적응에 관한 것이고, 둘째는 포텐셜 주입에 의한 엔트로피 조절에 관한 것이며 셋째는 확장된 객체 모델에서의 성장과 학습 과정에 관한 것이다.

### 1. 시스템의 동적 적응

EOM 모델에 기반한 시스템 구조는 크게 표정계, 상태계, Agent, 게시판, 포텐셜 주입 장치, Task-Pool 등 5 개 부분으로 구성된다. 여기서 표정계는 시스템의 감정 상태를 나타내며, 상태계는 시스템 내부의 감성적 엔트로피 상태를 나타낸다. Agent 내부는 PM 간의 결합 관계를 보여 주는 데, 여기서 PM 의 크기는 해당 모듈이 감성적으로 부추겨진 정도를 의미한다. 그림 5.1 은 연산기 시스템의 예를 보인다.

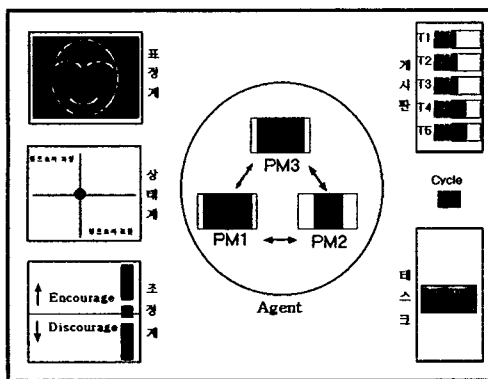


그림 5.1 연산기 시스템의 구조

시스템은 감성 계층에서의 상호 작용을 통하여 테스트 환경에 대한 적자가 시스템 운영을 주도하도록 유도한다. 이것은 여러 유형의 적응 메카니즘 중 일차적 적응 과정에 해당하며 상대적으로 빠르고 민감하게 수행된다. 그림 5.2 는 상기 연산기의 예에서 Agent 의 적응 과정을 보여준다. 여기서 PM 의 흑색 부분은 부

추겨진 정도를 의미하는 내부 포텐셜이다.

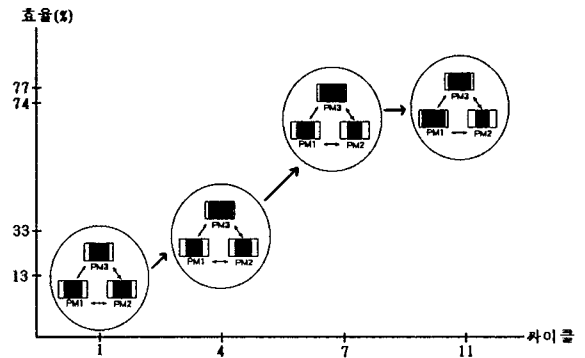


그림 5.2 시스템의 적응 과정

### 2. 엔트로피 조절

감성 상태를 나타내는 엔트로피는 동적 적응 과정에서 중요한 역할을 담당한다. EOM 모델의 중요한 특징 중의 하나는 엔트로피 주입방법에 의해 내부적 감성 상태를 임의적으로 조절할 수 있다는 점이다. 본 절에서는 엔트로피 주입 방법으로 어떻게 상태가 변화되어 가는지를 조사한다. 여기서 그림 5.3 은 경쟁적 상호 관계를 맺고 있고 그림 5.4 는 우호적 상호 관계를 맺고 있다. 두 그림은 여러 가지 환경에서의 엔트로피 주입이 갖는 효과를 보여주고 있는데, 특히 그림 5.4 는 다운 상태에서 회복되어 가는 두 가지 다른 경우를 보여주고 있다.

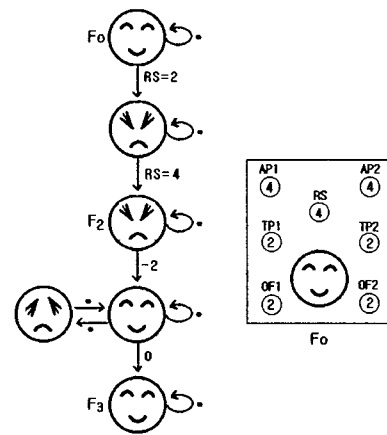


그림 5.3 감성 상태 변화 1

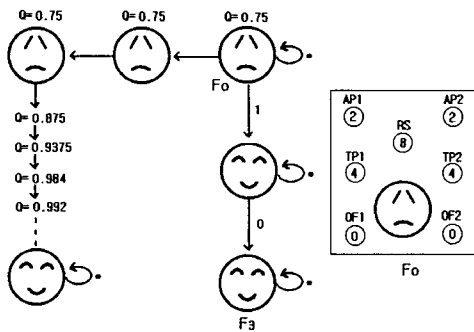


그림 5.4 감성 상태 변화 2

### 3. 객체의 학습과 성장

확장된 객체 모델은 고유 함수(성능 함수와 관심 함수)라는 중요한 내부 속성을 갖는다. 이 고유 함수에 의해서 성장과 학습개념이 유도된다.

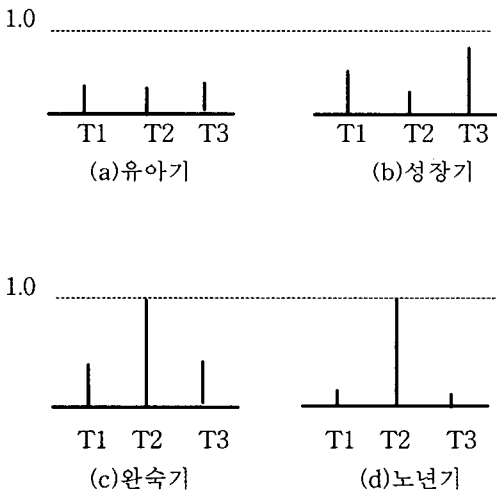


그림 5.5. 성장 과정

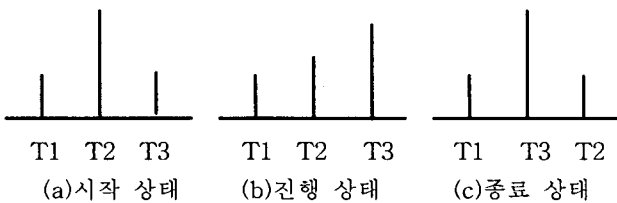


그림 5.6 학습 과정

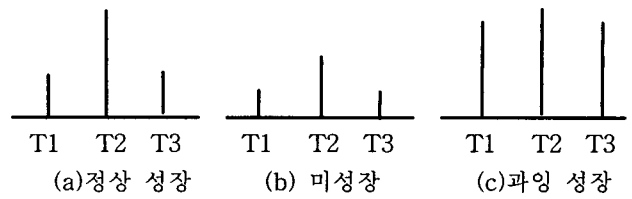


그림 5.7. 성장 상태

## VI. 결론

본 논문에서는 창발 기반 객체(EOM) 모델을 제안하였다. 창발 기반 객체 모델은 감성 계층, 성능 곡선, 관심 곡선 등의 개념을 도입하여 기존의 객체 개념을 보다 높은 레벨로 확장시킨 것이다. 우리는 구조적 분석과 시뮬레이션을 통하여 제안된 모델이 생명체 고유의 현상들을 창발시킬 수 있음을 보였다. 이들 중에는 적응, 학습, 성장 및 감성 현상이 포함된다. 이러한 특징들을 이용할 경우 환원론적 방법으로는 접근하기 곤란한 시스템의 복잡성 문제를 다룰 수 있다. 즉, 시스템으로 하여금 자발적으로 복잡성을 키워가게 할 수 있으며 마치 생명체를 다루듯이 감성적으로 시스템을 제어할 수도 있게 된다. 본 연구는 몇몇 개별적 특성들에 초점을 맞추어서 국부적으로 수행되었다. 여기서 얻어진 연구 결과를 토대로 전반적인 관점에서의 시스템 특성을 조사하는 것이 다음 번 연구 과제이다.

## 참고 문헌

- [1]R.A. Brooks, "A Robust Layered Control System For A Mobile Robot", IEEE Journal of Robotics And Automation, Vol. RA-2, No.1, 1986
- [2]고성범, "동적 환경에서의 감성 모델", 한국 감성 과학회, 98 추계 학술 발표 논문집, 127-132, 1998
- [3]고성범, "감성 계층 모델", 한국 감성 과학회, 99 춘계 학술 발표 논문집, 133-137, 1999
- [4]Pattie Maes, "Modeling Adaptive Autonomous Agents", Artificial Life 1, 135-162, 1994.
- [5]프리츠포 카프라, "생명의 그물", 범양사 출판부, 1999.
- [6]A. Ortony, G. Clore and A. Collins, The Cognitive Structure of Emotions, Cambridge University Press, 1988.