

창발 기반 정보 시스템

Emergence-Based Information System

임기영, 고성범

대전산업대학교 제어계측과, 천안공업대학 전자계산과

Lim, Gi-Young, Sung-Bum Ko

Department of Control & Instrumentation, Taejon National University of Technology

Department of Computer Science, Chonan National Technical College

요약

창발적 정보가 갖는 중요한 속성 중 하나는 일정한 범위 내에서 정보의 정확성을 조절할 수 있다는 점이다. 이러한 특성을 이용할 경우 기존의 환원론적 모델에서는 불가능했던 유연한 정보처리가 가능해진다. 우리는 이러한 예를 인간의 두뇌 활동에서 볼 수 있다. 본 논문에서는 창발적 정보를 다루기 위한 한 가지 정보 모델을 제안하였다. 우리는 이 모델을 기반으로 한 창발 정보 시스템을 설계하고 이 시스템 내에서 자료들이 어떻게 다루어질 수 있는지를 분석하였다. 이러한 분석 결과를 이용하여 제안된 모델이 가질 수 있는 유용성을 보여주었다.

I. 서론

최근 본격적인 인터넷 시대의 진입에 따라 시스템 환경의 복잡성이 빠르게 증가하고 있다. 여기서 말하는 복잡성이라는 단어 속에는 시스템의 동적 속성, 비 선형적 속성 그리고 개방적 속성이 포함된다. 당연히 이런 새로운 환경 속에서는 기존의 패러다임과는 다른 새로운 패러다임의 정보 처리가 요구된다. 즉, 한치의 오차도 없는 경직된 정보 처리보다는 물처럼 흐르면서 핵심만을 추려 가는 유연한 정보처리가 바람직한 것이다. 무엇보다도 개방성을 갖는 구조에서는 엄밀한 의미의 '최적 개념'의 정의가 어렵고 설사 최적 개념에 대한 접근이 가능하다 해도 투명한 속성을 갖는 닫힌 계에서처럼 실제적인 유용성을 갖기가 힘든 것이다. 창발적 정보가 갖는 중요한 속성 중 하나는 최소한 일정한 범위 내에서는 정보의 정확성을 단계적으로 조절할 수 있다는 점이다. 즉, 극도의 근사적 모드와 극도의 엄밀성 모드를 양극단으로 하는 스펙트럼 사이를 유연하게 조정해갈 수 있다는 것이다. 이러한 창발 정보 고유의 특성을 이용할 경우 동적 환경에서의 유연한 정보 처리가 가능해진다. 이것은 기존의 환원론적 모델에서는 거의 불가능했던 일이다. 사실 이러한 예는 인간의 두뇌 활동에서 쉽게 관찰될 수 있다. 본 논문에서는 창발적 정보를 다루기 위한 한 가지 정보 모델을 제안하였다. 우리는 이 모델을 기반으로 한 창발 정보 시스템을 설계하고 이 시스템 내에서 자료들이 어떻게 다루어질 수 있는지를 분석하였다. 이러한 분석 결과를 이용하여 제안된 모델이 특히 유용성의 관점에서 어떤 의미를 갖는지를 보여주었다.

II. 창발 기반 정보의 정의[1][3]

다수 요소들의 상호 관계가 발현시킨 거시적(Global) 개념이 원래의 요소 개념으로 환원될 수 없을 때 이를 창발 현상이라고 부른다. 일반적으로 창발은 질적으로 단순한 요소들의 양적인 상호 관계의 복잡성이 일정한 한계점을 넘어설 때 일어난다. 우리는 창발 개념이 다음과 같은 세 가지 조건을 만족할 때 이를 창발 기반 정보라고 정의한다.

[1]복잡성의 감소

요소들의 수가 증가할수록 창발 개념의 복잡성이 감소해야 한다. 즉, 우리가 다루어야 할 도메인의 크기가 창발적 레벨에서 보다 작아져야 한다.

[2]자기 조직화

창발 개념은 자기조직화라는 내부적 충동에 의해서 발현되어야 한다. 즉, 외부적 개입이 전혀 없이 창발 개념이 생성될 수 있어야 한다.

[3]유의미성

창발 개념은 정보로서의 유의미성을 가져야 한다. 즉, 창발적 정보는 인식기 종속적인 속성을 가져야 한다.

III. 창발 기반 정보 시스템[1][2]

본 논문에서 제안하는 창발 기반 정보 시스템(Emergence-based Information System : EIS)은 하나의 생태계 구조를 하고 있다. 이 생태계의 먹이 사슬관계는

다음과 같다.

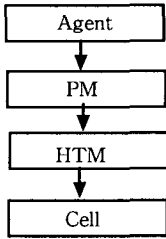


그림 3.1 먹이 사슬 관계

3.1 EIS 모델

1.Cell

Cell 은 비유적으로 지구 생태계의 토양에 해당한다. Cell 은 특정한 테스크에 대해 투명하게 정의된 성능을 보장한다. 모든 생명체는 궁극적으로는 Cell 위에서 구축된다. Cell 은 다음과 같이 표현된다.

$$\text{Cell} = (\text{테스크}, \text{성능})$$

2.HTM

HTM은 비유적으로 지구 생태계의 식물에 해당한다. HTM 은 Cell Support 위에 정규 분포 형태의 성능 구조로 자라게 된다. 이러한 성능 구조는 유전자에 정적인 형태로 기록되어 있다. 이때 정규 분포의 면적은 내부 포텐셜의 크기에 대응한다. 충분히 성장한 HTM 은 증식하며 이때 유성생식과 무성생식을 동시에 사용한다. HTM 은 학습 능력이 없는 대신 정적인 환경에서 살아간다. HTM 의 생존 여부는 유전자와 환경의 조화여부에 의해 결정된다.

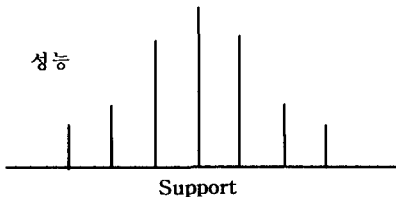


그림 3.2 HTM 의 유전자 정보

3.PM

PM 은 비유적으로 생명체의 세포에 해당한다. PM 은 TM 과 PI(PM Interface)로 구성된다. TM 은 PM 의 Core 를 형성한다. PM 은 PI 를 통해서 다른 PM 들과 포텐셜을 교환한다. PM 은 테스크에 대한 솔루션을 출력 공간에 게시하는 데, 이때 솔루션의 크기는 유효 포텐셜이 결정한다. 유효 포텐셜은 내부 포텐셜과 외부 포텐셜의 벡터 합이다. PM 은 HTM 과는 달리 과격한 학습을 수행

하며 따라서 유전자가 동적으로 변화한다. PM 은 HTM 과는 달리 동적인 환경에서 살아가기 때문에 학습 능력이 떨어진 노년기의 PM 은 결국 죽게된다. 즉, PM 은 수명을 갖는다.

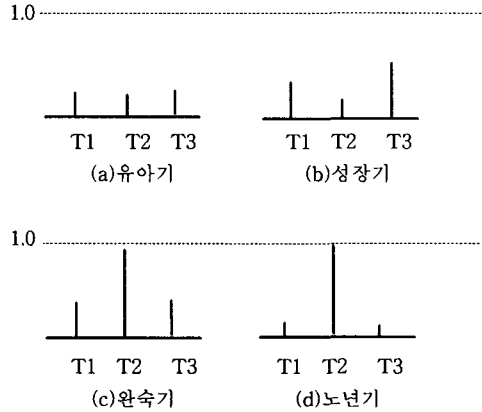


그림 3.3 PM 의 성장 과정

4.Agent

PM 들의 연결망으로 구성되는 Agent 는 비유적으로 지구 생태계의 동물에 해당한다. Agent 의 테스크 도메인은 PM 들의 성능 곡선(정규분포)의 벡터 합으로 정의된다. PM 은 일정한 시간이 지나면 늙거나 병들어 죽기 때문에 Agent 는 HTM을 먹고 소화(성장 과정)하는 방법으로 끊임없이 구조 조정을 수행한다. 주로 어린 HTM을 먹지만 특별한 환경변화에 적응하기 위해 성장한 HTM을 섭취하기도 한다.

3.2 구현

우리는 EIS 모델의 실제적인 구현을 위하여 몇 가지 제약조건을 도입하였다. 첫째로 Cell 이 다루는 정보 형태를 숫자로 제한하였다. 둘째로 PM 간의 상호 관계에 대해서는 숫자의 유사성만으로 경쟁과 협조를 정의하였다. 셋째로 각종 질병 가능성에 대해서는 고려하지 않았다. 지면 관계상 여기서는 Cell, PM, Agent 의 구조만을 간단히 소개하기로 한다.

1. Cell

Cell 은 복수개의 숫자를 이용하여 특정한 숫자 정보를 창발해 내고 이를 보관하며 외부에 제공한다. 복수개의 숫자 생성은 정규 분포 형태의 확률적 메카니즘에 따른다. 이 경우 출력 정보의 성능은 생성된 숫자 집합의 크기에 의해 결정된다.

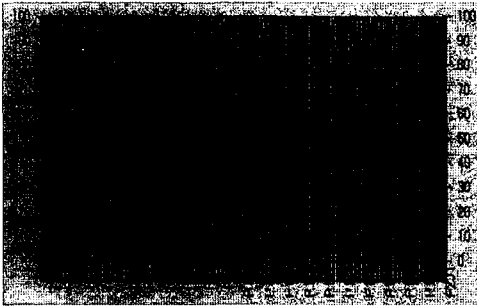


그림 3.4 숫자 집합의 크기와 성능

2. PM 의 구조

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

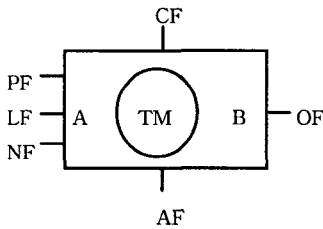


그림 3.5 PM(Potential Module) 의 구조

PM 은 태스크를 처리하는 TM(Task Module)과 포텐셜을 처리하는 포텐셜 인터페이스로 구성된다. 여기서 PM 은 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.

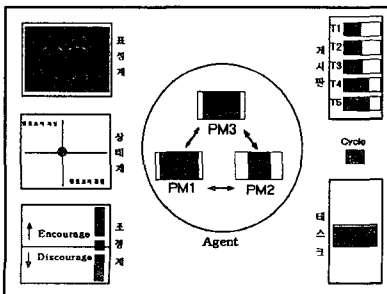


그림 3.6 Agent 의 구조

3.Agent 의 구조

Agent 구조는 크게 표정계, 상대계, Agent, 게시판, 포텐셜 주입 장치, Task-Pool 등 5 개 부분으로 구성된다. 여기서 표정계는 시스템의 명시적 감정 상태를 나타내며, 상대계는 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.

IV.창발 기반 정보의 조작[3][4]

일반적인 정보 시스템에서는 관리 모드가 지원되며 허가 받은 관리자는 얼마든지 정보(혹은 자료)를 입력하고, 삭제하고 수정할 수 있다. 그러나 두뇌와 같은 창발적 정보 시스템의 경우는 자료 조작에 관한 한, 어느 것 한가지도 쉽지 않다. 본 장에서는 3 장에서 설계한 EIS 모델에서 어떻게 자료 조작이 이루어지는 지를 설명한다.

1.입력(Insert)

EIS 모델에서, Agent 에게 특정한 정보를 입력시키기 위해서는 두 가지 단계가 필요하다. 첫째로 해당 정보를 갖는 성숙한 HTM을 제작해서 Agent 에게 제공한다. 둘째로 Agent 에게 그 정보를 반복적으로 요구한다. 그러면 Agent 는 제시된 HTM 에 대해서 식욕을 느끼게 되고 결국 그것을 먹게 될 것이다. 섭취된 HTM 은 소화 과정을 거쳐서 하나의 PM으로 자리 잡게된다. 이후 이 PM 이 계속해서 유의미한 보상(에너지)를 얻게되는 경우 다양한 유전자 교환 방식을 통하여 증식해갈 것이다. PM 의 증식은 정보의 안정성을 제는 척도가 된다.

2.수정(Modify)

Agent 가 이미 갖고 있는 정보를 수정하는 일은 쉽지 않다. Agent 는 수정할 정보를 갖는 성숙한 HTM을 먹지 않으려 할 것이다. 왜냐하면 기존의 Belief 체계가 이질적인 정보에 대해 거부 반응을 보일 것이기 때문이다. 따라서 유아 상태(특성 함수 값이 아주 작은)의 HTM을 만들어서 주어야 한다. Agent 는 유아적 HTM 에 대해서는 이질적인 정보를 특별히 의식하지 않는다. 일단 이런 식으로 입력시킨 정보에 대해서 집중적인 지원을 해주면 기존의 정보는 점점 약화되고 새로운 정보는 점점 강화되어 결국 기존의 정보는 새로운 정보로 바뀌게 될 것이다. 여기서 특별한 정보에 대한 지원이란 그 정보에 대한 보상 효과가 보장되는 Task 를 연속적으로 맡긴다는 뜻이다.

3.삭제>Delete)

Agent 가 소유하고 있는 정보를 당장에 삭제하는 명쾌한 방법은 없다. 가장 자연스러운 방법은 그 정보를 일체 사용하지 않는 것이다. 그러면 PM 들의 학습 메커니즘에

의해서 서서히 그 정보의 가치가 소멸되어갈 것이다. 그러나 엄청난 숫자의 PM 들 모두가 그 정보를 완전하게 잊어주길 기대할 수는 없을 것이다. 왜냐하면 PM 고유의 자율성으로 인해 PM 들의 학습 메카니즘이 획일화되지 않기 때문이다. 이것은 인간의 경우도 마찬가지이다. 예를 들어 한번 각인된 불쾌한 추억은 아무리 시간이 흘러도 그 잔재가 남는 법이다.

4.추출(Retrieve)

PM 들은 생존과 번식을 위해서 에너지(내부 포텐셜)가 필요하다. 이 에너지를 얻기 위해서는 부단하게 테스크를 추구하지 않으면 안 된다. 우리가 시스템에 대해서 특정한 정보(예를 들어 변수 값)를 요구하면 PM 들은 그에 대한 자신의 솔루션을 즉각 출력 공간에 게시할 것이다. 이때 게시되는 솔루션의 크기는 유효 포텐셜에 비례한다. 그런데 유효 포텐셜은 관심곡선과 성능곡선, PM 간의 상호관계 및 Agent 레벨에서의 포텐셜 주입 등 다양한 요소들에 의해서 동적으로 변화한다. 즉, 추출 과정에 있어서 일관성이 보장될 수 없는 것이다.

V.EIS 모델의 유용성[2][3][4]

창발 기반 정보 시스템의 실제적인 예는 인간의 두뇌 시스템이다. 따라서 EIS 모델의 특징과 장단점은 인간의 두뇌와 거의 흡사하다. 본 장에서는 EIS 모델이 갖는 유용성에 관해 살펴보기로 한다.

[1]자기 조직화

EIS 모델에서 Agent 를 구성하는 PM 은 생명체의 세포에 대응하는 개념이다. PM 들은 생존과 증식을 위하여 한편으로는 끊임없이 일(Task)을 추구하며 또 한편으로는 끊임없이 환경에 적응(학습, 진화)해 간다. 한편 Agent 레벨에서는 경쟁력이 떨어진 PM 들을 제거하는 대신 새로운 HTM(유아 형태 혹은 성인 형태) 들을 끊임없이 섭취하는 방법으로 구조조정을 수행한다. EIS 모델의 적응 메카니즘은 그 민감성의 정도에 따라 네 가지 유형으로 나눌 수 있다. 즉, 첫째는 DNA 기반 적응이고 둘째는 구조조정 기반 적응이며 셋째는 학습 기반 적응이다. 넷째는 감성 기반 적응인데, 감성 기반 적응은 가장 높은 레벨의 적응을 담당한다. 이런 강력한 자기조직화 능력을 갖는 정보 시스템은 최근 새롭게 대두되고 있는 복잡성 문제를 해결하는 유효한 대안이 될 수 있다고 본다.

VI.결론

최근 인터넷 시대로의 본격적인 진입에 따라 시스템의 복잡성 문제가 새로운 이슈로 떠오르고 있다. 인터넷이 상정하듯이 오늘날의 시스템들은 복잡 다양한 상호 관계를 통하여 사실상 열린계로 나아가고 있는 추세이다. 이런 열

린 계에서는 기존의 닫힌 계에서 사용되던 투명하고 정적인 정보보다는 변화하는 환경을 유연하게 반영할 수 있는 근사적이고 동적인 정보가 더 유용성을 가질 수 있다. 창발적 정보는 이런 시대적 요구에 잘 부응하는 특성을 갖는다. 본 논문에서는 창발 이론에 근거한 정보 시스템 모델을 제안하고 그 특징과 유용성을 분석하였다. 우리는 하나의 세포 기능 역할을 할 수 있는 기본 요소(PM)를 설계하고 이들간의 상호 관계를 효율적으로 구현하기 위한 인터페이스를 정의하였다. 이렇게 정의된 PM을 조합하여 하나의 창발적 정보 시스템인 Agent 를 구현하였다. Agent 는 인간 두뇌와 비슷한 특성과 거동을 보여준다.

참고문헌

- [1]Sung-Bum Ko, Gi-Young Lim "The development of EBO System as a Life", Proceedings of KFIS Fall Conference, 295-306, 1999.
- [2]고성범, "생태계로서의 인터넷", 한국생물공학회 춘계 학술 발표, S306, 2000.
- [3]Sung-Bum Ko, Gi-Young Lim "Life-Based System Design", 2000 International Workshop on Advanced Intelligent Systems", P.9, 2000.
- [4]고성범, 임기영, "창발 기반 보안 모델", 한국 퍼지 및 지능 시스템 학회 춘계학술 대회, P.158, 2000