

유비쿼터스 공간에서의 정보 연결

A Connection of Information in the Ubiquitous Space

고 성 범*
Sung-Bum Ko

요 약

현재의 인터넷 공간은 소위 유비쿼터스 공간으로 진화해 가고 있다. 인터넷 공간과는 달리, 유비쿼터스 공간에서는 정보가 컴퓨터 메모리, 인간의 두뇌 그리고 물리적 사물에 골고루 분포하게 된다. '하이퍼텍스트'는 컴퓨터 메모리(즉, 전자 공간)를 전제로 한 정보 연결 모델로, 유비쿼터스 공간에는 잘 맞지 않는다. 이점에 착안하여, 본 논문에서는 CPM 모델을 제안하였다. CPM 모델은 아날로그 컴퓨팅, 디지털 컴퓨팅, 휴먼 컴퓨팅 등 세 가지 연산 메커니즘을 포괄할 수 있도록 설계되었다. 본 논문에서는, CPM 모델이 갖는 이러한 속성이 유비쿼터스 공간에서의 정보 연결 목적에 부합됨을 보였다.

Abstract

The current Internet space is evolving to the so called Ubiquitous space. Unlike the Internet space, the information in the Ubiquitous space is distributed evenly in the places like computer's memory, human's brain and physical machine. The 'hypertext', the connection model of the information, which is originally designed for the Internet space doesn't suit well to the Ubiquitous space. From this point of view, we proposed the CPM model in this paper. The CPM model is designed for comprising the such three computing mechanisms as analog computing, digital computing and human computing. In this paper, we showed that the characteristics of the CPM model might answer the such purpose as the connection of information in the Ubiquitous space.

Keyword : Ubiquitous, Hypertext, CPM, Electronic Space, Physical Space, Human Space

1. 서론

미래에는 대부분의 물리적 사물에도 컴퓨터가 내장될 것이고, 그로 인해 상당 부분 지능화 될 것으로 예측되고 있다. 이것은 기계나 도구 등 물리적 사물들이 하나의 지적 행동 주체 즉, 에이전트화 된다는 것을 의미한다. 이런 환경을 유비쿼터스 환경이라고 부른다(마크 와이저는 유비쿼터스 환경의 도래를 2010-2020 년경으로 예상한바 있다[1]). 유비쿼터스 환경에서는 정보가 물리공간, 전자 공간, 휴먼 공간에 골고루 분포하게 된다. 현재의 인터넷(이하 I로 표현)망이 전자 공간 내에서의 정보 연결에 기반을 두고 있는 반면, 미래의 유비쿼터스(이하 U로 표현)망은 전자 공간,

물리 공간, 휴먼 공간 등 세 가지 이질적인 공간이 일체화되고 동기화 된 일종의 초공간 내에서의 정보 연결에 기반을 두게 될 것이다. I-공간과 U-공간에서 각각의 정보가 갖는 특징을 비교해보면 다음과 같다. 우선 I-정보의 특징은 3S (Static, Safety, Shallow)로 표현될 수 있다. 첫째로, I-정보는 상대적으로 정적(Static)이다. I-정보가 정적인 이유는 인터넷 환경의 정보가 휴먼 공간이나 물리 공간에 대해서 구조적으로 독립되어 있기 때문이다. 둘째로, I-정보는 상대적으로 안전(Safety)하다. I-정보가 안전한 이유는 전자 공간의 정보 조작이 바로 물리 공간이나 휴먼 공간의 사물, 즉, 인간이나 기계의 작동으로 연결되지는 않기 때문이다. 셋째로, I-정보는 상대적으로 얕은(Shallow) 구조를 갖는다. I-정보가 얕은 구조를 갖는 이유는 정보망에서의 항해가 단지 1 차원적으로만 이루어지기 때문이다. 한편, U-정보의 특

* 정 회 원 : 천안대학교 컴퓨터공학과 교수
sbko@cnic.ac.kr(제 1저자)

정보는 3D(Dynamic, Danger, Deep)로 표현될 수 있다. 첫째로, U-정보는 상대적으로 동적(Dynamic)이다. U-정보가 동적인 이유는 세 가지 공간에서의 행동 주체들이 서로 연계되어 움직이기 때문이다. 예를 들어, 한 공간에 있는 에이전트의 움직임은 나머지 두 공간의 에이전트들에게 바로 반영되고 이들의 반응은 다시 원래의 에이전트에게 피드백 된다(이런 과정은 순환적으로 반복되어질 수 있다). 둘째로, U-정보는 상대적으로 위험(Danger)하다. U-정보가 위험한 이유는 전자 공간에서의 움직임이 물리 공간의 실제적 움직임으로 이어질 수 있기 때문이다. 예를 들어, 전자 공간 내에서의 살상은 그대로 현실 세계의 살상을 의미할 수 있다. 즉, I-망과는 달리, U-망에서는 더 이상의 순수 가상 공간이 존재하지 않는다(다시 말해서 가상 공간과 실제 공간의 상당 부분이 겹쳐져 있다). 셋째로, U-정보는 상대적으로 깊은(Deep) 구조를 갖는다. U-정보가 깊은 구조를 갖는 이유는 세 가지 공간 정보를 모두 포괄할 수 있도록 3 차원적 구조를 갖기 때문이다. 인터넷은 컴퓨터 응용의 역사에서 보기 드문 성공 사례로 꼽히는 데, 이러한 성공에는 하이퍼텍스트 모델을 이용한 효율적인 정보 연결에 기인한 바 크다. 그러나 하이퍼텍스트(혹은 하이퍼미디어) 모델은 3S로 특징 지워지는 I-공간을 전제한 것이므로 3D로 특징 지워지는 U-공간에는 걸맞지 않는 점이 있다. U-공간에서의 효율적인 정보 연결을 위해서는 세 가지 공간에서의 사물들을 결합할 수 있는 3 차원적 연결 모델이 요구된다. 또한 이렇게 통합된 초 사물(혹은 초 에이전트)에 대해서는 3D 적 속성을 충분히 포함할 수 있는 좀 더 유연한 상호 관계 지원 능력이 요구된다. U-공간 망 혹은 U-컴퓨팅 분야에서 이루어진 그 동안의 연구는 지능형 사물의 개발과 이렇게 개발된 지능형 사물을 전자 공간 속에서 연동시키는 연구에 모아지고 있다[2,3,4,5,6]. 기존 연구와는 달리 우리는 U-공간에서의 정보 연결 문제에 초점을 맞추고 있다. 본 논문에서 우리는, U-공간에서의 정

보 연결을 위하여 CPM 모델을 제안하였다. CPM 모델은 아날로그 컴퓨팅, 디지털 컴퓨팅, 휴먼 컴퓨팅 등 세 가지 연산 메커니즘을 통합하도록 설계되어 있다. 본 논문에서는, CPM 모델이 갖는 이러한 속성이 U-공간에서의 정보 연결 목적에 부합됨을 보인다. 본 논문의 구성을 요약하면 다음과 같다. 2장에서는 미래의 U-공간을 예측한다. 3장에서는 2장의 예측을 근거로 U-공간에서의 정보 연결 모델에 대한 요구 조건을 분석한다. 4장에서는 U-공간에서의 정보 연결 모델과 관련하여 우리의 솔루션을 제안한다. 5장에서는 제안된 모델의 정당성을 보인다. 6장에서는 종합적인 결론을 내리고 앞으로의 연구 과제를 알아본다.

2. 가정

우리는 미래의 U-공간이 다음과 같은 5가지 가설로 정의될 수 있다고 예측하며 이를 [U-가정]이라고 부른다

U-가정

[제 1 가설]공간 가정

우리는 미래의 U 공간이 ①기계들로 연결된 물리공간 ②컴퓨터로 연결된 웹 공간(대외적 전자 공간) ③컴퓨터로 연결된 LAN 공간(대내적 전자 공간) ④사람들로 연결된 휴먼 공간 등 네 가지 공간 개념의 결합이 될 것으로 예측한다. U-망은 기존의 웹(WEB) 망과는 달리 외부의 공격에 대해서 치명적일 수 있기 때문에 독자적인 통신 프로토콜을 갖춘 안전망(안전 가옥 같은)을 갖추어야 한다. 이것이 우리가 LAN 망을 별도로 가정하게 된 동기이다. LAN 망은 다시 하위 레벨의 독립된 LAN 망을 가질 수 있으며 이러한 순환 관계는 얼마든지 계속될 수 있다. 즉, 미래의 U-망에서는 WEB 망을 통한 극단적인 공용화(Public 화)와 LAN 망을 통한 극단적인 개별화(Private 화)가 동시에 일어날 것으로 예측된다.

[제 2 가설] 에이전트 가정

우리는 미래의 U-공간에서는 모든 사물이 에이전트(지능적이고, 자율적이고, 사회적이고, 목표 지향적인 행동 주체)화될 것으로 예측한다. 첫째로, 물리 공간 속에는 ‘로봇 에이전트(이하 로봇)’가 거주하게 될 것이다(물리적 사물들은 지능성과 함께 이동성을 갖출 것이며 그런 의미에서 로봇이라는 어휘가 적절하다고 본다). 둘째로, 전자 공간 속에는 ‘아바타 에이전트(이하 아바타)’가 거주하게 될 것이다. 전자 공간은 WEB 공간과 LAN 공간으로 나뉘는 데, 전자에 대응하는 아바타를 ‘G-아바타’라 하고 후자에 대응하는 아바타를 ‘L-아바타’라고 부른다. 셋째로, 인간 사회 속에는 ‘인간 에이전트(이하 인간)’가 거주하게 될 것이다. 로봇은 기계 시스템을 장악할 것이며, G-아바타는 인터넷의 방대한 정보 베이스를 장악할 것이며, L-아바타는 특정 개체의 사적인 정보(DB, KB 등) 시스템을 장악할 것이다. 그리고 인간은 인간 자신을 장악하게 될 것이다. 정보 처리 관점에서 볼 때, 로봇은 주로 아날로그 컴퓨팅에 기반하며, 아바타는 주로 디지털 컴퓨팅에 기반하며, 사람은 주로 휴먼 컴퓨팅에 기반한다. 즉, 아바타는 주로 명시적 정보 처리를 담당할 것이며, 인간은 주로 묵시적 정보 처리를 담당할 것이며, 로봇은 주로 정보 처리를 하드웨어적으로 구현하는 일을 담당하게 될 것이다(하지만, 시간이 갈수록, 에이전트의 기능들은 증폭되어질 것이다).

[제 3 가설] 정보 분포 가정

U-공간에서 정보는 전자 공간(컴퓨터 메모리), 물리 공간(물리적 기계 장치), 휴먼 공간(인간의 두뇌) 등 세 가지 공간에 골고루 분포하게 될 것이다.

[제 4 가설] ‘초 사물’ 가정

U-공간에서 로봇, 아바타(G-아바타 및 L-아바타), 인간이 결합된 새로운 에이전트가 태어날 것인바, 우리는 이것을 ‘초 사물 에이전트(이하 초

사물)’라고 부른다. 즉, U-망은 초 사물이 연결된 망이며 U-망에 의해 창발된 공간을 U-공간이라고 정의할 수 있을 것이다. U-공간에서 네 가지 공간의 에이전트들은 초 사물을 통해서 일체화되고 동기화 되고 동적으로 연동될 것이다. 초 사물은 서로 유기적으로 대화하고 경쟁하고 협동할 것이다. 또한 서로 연결되고 결합되어 보다 높은 차원의 초 사물로 진화해갈 것이다. 초 사물은 능동적인 행동 주체로서 지각, 통신, 감시, 계획, 학습, 구동 등의 기본 기능과 자가 진단, 자가수정, 자가 치유 등의 자기 방어 능력을 갖게될 것이다. 이상적인 U 공간에서, 개별 공간 속의 에이전트들은 U 공간의 초 사물이 각각의 개별 공간에 투사된 존재로 간주될 수 있을 것이다.

[제 5 가설] MASTER-SLAVE 가정

컴퓨터와 기계가 개발된 이후의 역사는 인간이 하는 일을 점진적으로 컴퓨터와 기계에게 일임해 가는 과정으로 볼 수 있다. 이런 경향은 앞으로도 계속될 것이고, 또한 컴퓨터와 기계는 지능 로봇(즉, 로봇 에이전트)으로 통합되어갈 것이므로, 미래의 U-공간에서는 결국 실무자인 지능 로봇과 그 로봇을 관리하는 인간으로 ‘일 처리’ 모델이 표준화 될 것으로 보인다(물론 실무 역할을 로봇만큼 잘 해낼 수 있는 인간이 있을 수 있고, 관리 역할을 인간만큼 잘 해낼 수 있는 지능 로봇도 있을 수 있으므로 소위 역할 교환은 얼마든지 일어날 수 있다). 관리자와 실무자의 역할 구별을 확실히 하기 위해서 우리는 본 논문에서 전자를 ‘MASTER’로 후자를 ‘SLAVE’로 명명하기로 한다.

3. 조건

2장의 U-가정을 전제로 할 때, 미래의 U-공간이 제 기능을 발휘하기 위해서는 그에 걸 맞는 정보 연결 모델이 요구된다. 우리는 U-공간용 정보 연결 모델(이하 U-모델)에게 요구되는 조건들을 일곱 개의 가설로 표현하였으며, 이를 U-모

텔의 'U-조건' 이라고 부른다.

U-조건

[제 1 조건] 초 사물 조건

U-모델을 이용해서 U-공간의 초 사물 개념을 구현할 수 있어야 한다.

[제 2 조건] 상호 관계 조건

U-모델은 (제 1 조건에서 구현 된) 초 사물간에, 정보 처리 관점에서의, 다양한 상호 관계를 지원할 수 있어야 한다.

[제 3 조건] 제어 관계 조건

U-모델은 초 사물에 포함된 MASTER와 SLAVE 간의 관계에 있어서 전자가 후자를 관리할 수 있도록 효율적인 제어 수단을 지원할 수 있어야 한다.

[제 4 조건] 통신 조건

U-모델은, U-공간 내에서, 초 사물을 구성하는 네 가지 에이전트 상호 간에 대하여 효율적인 통신 수단을 지원해야 한다.

[제 5 조건] 항해 조건

U-모델은, U-공간 내에서, 초 사물을 구성하는 네 가지 에이전트 상호 간에 대하여 효율적인 항해 수단을 지원해야 한다.

[제 6 조건] 보안 조건

U-모델은 U-공간에 분산되어 있는 다양한 정보들을 보호할 수 있도록 강력한 보안 기능을 제공해야 한다.

[제 7 조건] 유연성 조건

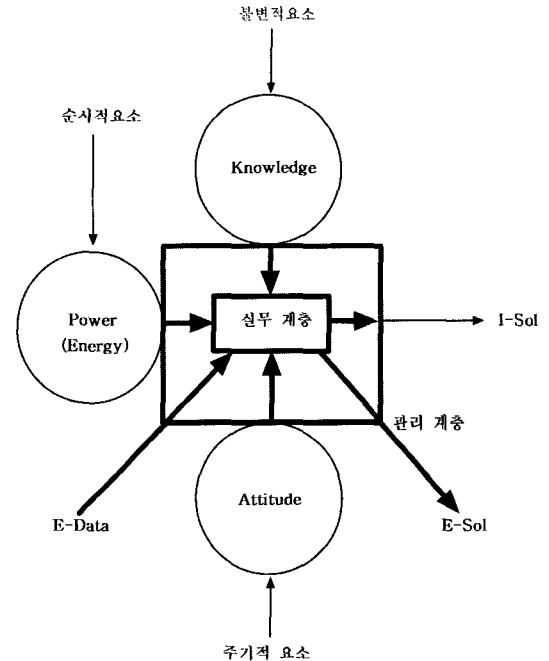
U-모델은 U-공간이 만날 수 있는 모든 변화에 대하여 유연하게 적응할 수 있어야 한다.

4. 제안

우리는 U-공간에서의 효율적인 정보 연결 모델로 CPM(CAS Processing Model)을 제안하고자 한다. 본래 CPM이 고안된 목적은 복잡 적응계 (Complex Adaptive System, CAS)에서의 정보 처리를 위한 것인 데[7,8], 우연히도 CPM이 갖는 고유의 특징이 U-공간의 속성과 잘 부합됨을 발견하였다(우리는 원래의 CPM 모델을 다소 수정하여 사용한다).

4.1 CPM의 기본 개념

CPM 모델에서 정보는 세 가지 개념으로 분할하여 처리된다. 첫째, 순시적 요소는 힘(혹은 에너지)의 개념으로 처리한다. 둘째, 주기적 요소는



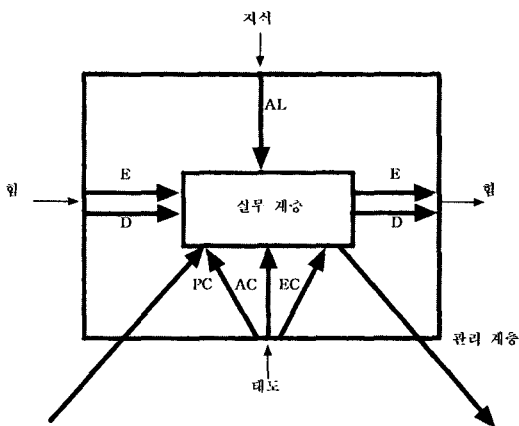
주 굵은 선 : 명시적 도메인
가는 선 : 묵시적 도메인

<그림 4.1> CPM의 구조

태도 개념으로 처리한다. 셋째, 불변적 요소는 지식 개념으로 처리한다. 이 세 가지 개념은 인간의 감성, 태도, 이성 등 세 가지 정보 처리 메커니즘에 대응한다. 일 처리 관점에서 CPM은 실무 계층과 관리 계층 등 두 가지 계층으로 구성된다. 여기서 관리 계층은 제어 파라미터를 설정하며 실무 계층은 설정된 제어 파라미터를 기반으로 솔루션을 도출한다. 그림 4.1은 이상의 관계를 보여준다.

4.2 CPM의 내부 구조

관리 계층의 전형적인 정보 처리 패턴은 목시적 정보를 명시적 정보로 바꾸어 주는 것이다. 이렇게 바뀌어진 명시적 정보들은 실무 계층에게 공급된다. 이처럼 상기의 지식, 힘, 태도 등의 목시적 개념을 명시적 개념으로 바꾸는 일은 관리 계층의 몫이다. 여기서 두 개념간의 매핑(혹은 매핑 함수의 정의역과 치역)을 어떻게 정의하느냐에 따라 CPM의 성격이 달라질 수 있다(매핑 함수의 설계는 어느 정도 도메인에 종속적이다). 본 논문에서는 하나의 표준화된 매핑 개념으로 그림



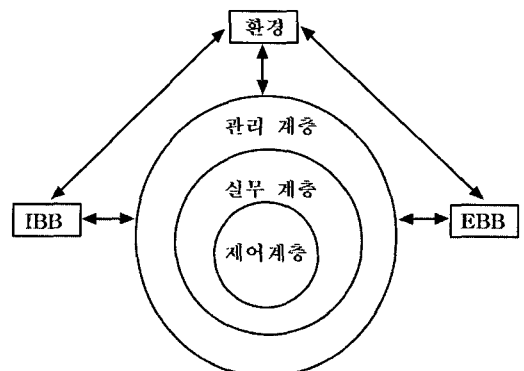
AL : Algorithm PS : Positive Constant
 E : Encourage Potential ES : Egoistic Constant
 D : Discourage Potential AS : Autonomous Constant

<그림 4.2> CPM 내부 구조

4.2와 같은 인터페이스 모델을 제시하였다. 첫째, 목시적 개념인 힘은 Encourage(격려하기)와 Discourage(위축시키기) 등 두 가지 명시적 개념으로 구현된다. 실무 계층은 Encourage 될수록 보다 강력한 추진력을 갖게 된다. 제안된 모델에서, 실무 계층이 일을 하려면 논리적 판단력(디지털 적 능력)과 함께 물리적 에너지(아날로그 적 능력)가 동시에 요구된다. 둘째, 목시적 개념인 지식은 명시적 개념인 알고리즘(혹은 논리 기반 지식표현)으로 구현된다. 지식은 컴퓨터의 CPU에 의해서 실행되거나 사람의 Brain에 의해서 실행될 수 있다. 셋째, 목시적 개념인 태도는 명시적 개념인 적극성 상수(PC), 이기성 상수(EC), 자율성 상수(AC) 등 세 가지 정량적 파라미터에 의해 구현된다.

4.3 CPM의 계층 구조

CPM은 실무 계층과 관리 계층으로 구성되는데, 이 모형을 실제로 사용하기 위해서는 두 계층을 연결해주는 제어(CONTROL) 계층이 필요하다(이것은 일반적인 IC 모형에서도 마찬가지이다). CPM에서의 제어 계층은 모듈 자체에 대한 활성화 및 갈등 추출 기능 등을 포함한다. 또한 CPM이 제대로 작동되기 위해서는 CPM 상호 간에 정보를 공유할 수 있는 외부 메모리 영역이 필요하다. 우리는 이러한 용도로 Implicit Blackboard



<그림 4.3> CPM 계층 구조

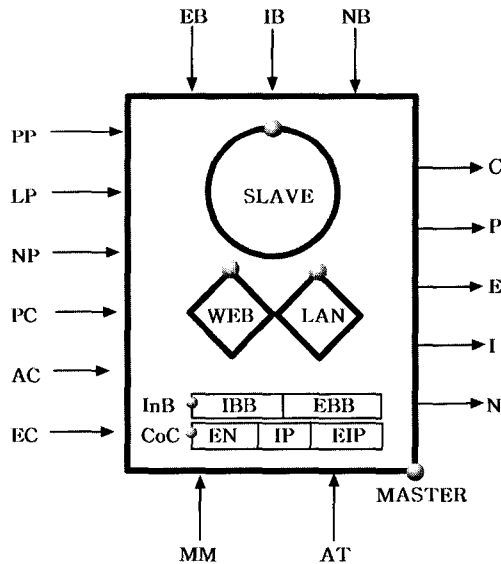
(IBB)와 Explicit Blackboard(EBB) 등 두 가지 유형의 Blackboard 모형을 제안하였다. 여기서 IBB 는 주로 관리 계층이 사용하는 정보 공유 메모리이고, EBB 는 주로 실무 계층이 사용하는 정보 공유 메모리이다. 그림 4.3은 이상의 계층 관계를 도시한 것이다.

4.4 CPM 의 표준 모형

그림 4.4는 전 절의 분석결과를 참고하여, 본 논문에서 제안된 CPM 의 표준 모형이다. CPM 은 두 업무 처리 주체인 [MASTER, SLAVE], 두 정보 저장 주체인 [WEB, LAN] 그리고 에이전트들의 공유 정보 베이스인 [InB] 와 상호 관계 제어장치인 [CoC] 등 총 6개의 모듈로 구성된다. 여

기서 [CoC] 모듈은 [11개의 입력 단자와 5 개의 출력 단자] 등 16개의 외부 연결 단자를 포함한다. CPM 모델에서는 동역학적 모델링을 위해 포텐셜 개념을 사용한다. 포텐셜은 힘을 표현하는 파라미터로 [0, 1] 값으로 정규화 되어 있다. 포텐셜은 정적 포텐셜과 동적 포텐셜로 나뉘는데, CPM 내부에 저장되어 있는 포텐셜을 정적 포텐셜이라 하고 CPM 망을 흐르는 포텐셜을 동적 포텐셜이라고 한다.

MM은 모듈 수정(수정, 삭제, 교환) 단자이다. AT는 CPM 모듈의 활성화 단자로 CPM은 AT 단자의 입력 값(포텐셜 값)이 임계값을 넘을 때 활성화된다. PP는 Encourage 신호이고 NP는 Discourage 신호이다. PP와 NP는 서로 모순되는 속성 때문에 CPM 내부에서 갈등을 야기하는 데, C



- | | | |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| PP : Positive Potential | LP : Conflict Potential | NP : Negative Potential |
| PC : Positive Constant | AC : Autonomous Constant | EC : Egoistic Constant |
| MM : Module Modify | AT : Activation Input | I : IB output |
| E : EB output | P : Output Potential | C : Conflict output potential |
| IB : IBB input | EB : EBB Input | InB : Information Base |
| NB : Formal search Input | N : Formal search Output | EN : Energy |
| Coc : Correlation Controller | IP : Inner Potential | EIP : Effective Inner Potential |

〈그림 4.4〉 CPM의 표준 모형

단자는 이 갈등의 크기를 검출해낸다. LP는 갈등 출력 C의 감도를 조절하기 위해 사용되는 외부 갈등 포텐셜이다. EBB, IBB는 각각 명시적 블랙보드와 묵시적 블랙보드이다. WEB과 LAN은 각각 공개 정보 메모리와 비밀 정보 메모리를 상징한다. EB, IB는 각각 EBB와 IBB로의 입력 단자이며 E, I는 각각 EBB와 IBB로부터의 출력 단자이다. NP, N은 각각 InB가 제공하는 공식 서비스에 대한 요구 단자이다. IP는 내부 포텐셜이며 EIP는 유효 내부 포텐셜이다. IP는 CPM이 다른 CPM들에 대해 갖는 상대적 영향력을 의미한다. CPM 모델에서, WEB 모듈을 제외한 모든 모듈은 CPM 망으로 구현될 수 있고 이 관계는 순환적으로 계속될 수 있다(즉, 프랙탈 적이다). 다음 식들은 CPM 모델이 갖는 구조적 특성을 나타낸다.

$$CPM = \text{def } MASTER \wedge SLAVE \wedge WEB \wedge LAN \wedge CoC \wedge InB \quad (4-1)$$

$$COC = \text{def } NV(EN \wedge IP \wedge EIP \wedge CL) \quad (4-2)$$

여기서 CL : CPM 연결 단자

$$InB = \text{def } NV(IBB \wedge EBB) \quad (4-3)$$

$$EBB = \text{def } DB \vee KS \quad KS = \text{def } KB \wedge IE$$

$$MASTER = \text{def } NV(MASTER.IF \vee MASTER.MASTER^+) \quad (4-4)$$

$$SLAVE = \text{def } NV(SLAVE.IF \vee SLAVE.SLAVE^+) \quad (4-5)$$

$$LAN = \text{def } NV(LAN.IF \vee LAN.LAN^+) \quad (4-6)$$

$$WEB = \text{def } WEB.IF \wedge WEB.Homepage \quad (4-7)$$

여기서,
+ : 1 개 이상 계속 됨

NI : No Instance
IF : 특정 에이전트와의 인터페이스

다음 식들은 CPM 모델이 갖는 기능적 특성을 나타낸다.

단, δ_1 : CPM의 1 단계 활성화 임계치,
 δ_2 : CPM의 2 단계 활성화 임계치.

$$\delta_2 > AT > \delta_1 \rightarrow ACT-1(CPM), \quad AT > \delta_2 \rightarrow ACT-2(CPM) \quad (4-8)$$

$$C = LP + \text{Min}(PP, NP) \quad (4-9)$$

$$EN \geq \sum_t EIP(t) \quad (4-10)$$

$$P = EIP + (PP - NP) \quad (4-11)$$

$$IP \geq \sum EIP \quad (4-12)$$

$$ACT-1(CPM) \rightarrow (E, I, N) = \text{Active} \wedge (C, P) = \text{Non-Active} \quad (4-13)$$

$$ACT-2(CPM) \rightarrow (E, I, N, C, P) = \text{Active} \quad (4-14)$$

5. 증명

우리는 4장에서 U-모델의 하나로 CPM 모델을 제안하였다. 그리고 3장에서는 U-모델에게 요구되는 필요충분조건으로 'U-조건' 가설을 제안하였다. 우리는 본 장에서 CPM 모델의 정당성을 보이기 위해서 CPM 모델이 U-조건을 충족시킬 수 있음을 보인다.

5.1 제 1 조건(초 사물 조건)의 증명

<제 1 조건>

U-모델을 이용해서 U-공간의 초 사물 개념을 구현할 수 있어야 한다.

증명)

CPM 모델은 U-공간의 네 가지 개별 공간에 존재하는 네 가지 에이전트를 통합할 수 있는 구조(즉, 초사물 구조)로 설계되어 있다. 첫째로, MATER 모듈은 휴먼 공간의 인간 에이전트를 상징한다. 둘째로, SLAVE 모듈은 물리 공간의 로봇 에이전트를 상징한다. 셋째로, WEB 모듈은 웹 공간의 G-아바타 에이전트를 상징한다. 넷째로, LAN 모듈은 LAN 공간의 L-아바타 에이전트를 상징한다. CPM 내에서 네 개의 개별 에이전트들은 다시 CPM 망으로 구성 가능하고 이런 관계는 순환적으로 계속될 수 있는 데, 최종적으로는 특정한 에이전트의 인터페이스로 귀결된다. 그림 5.1은 이러한 관계를 보여준다(그림에서는 생략되었지만, 모든 에이전트들은 로봇 에이전트가 보여주는 것과 동일한 순환 구조를 갖는다).

즉, 초사물 에이전트 S는 주어진 도메인 D에 대해, 특정한 관계 R을 가진, 에이전트 요소 집합 E로 정의 될 수 있다.

$$S =_{def} (R(E))D \quad (5-1)$$

여기서,

$$R = (R1, R2, R3, R4) \quad (5-2)$$

R1 : 정보 관계(CPM의 E, I, N, EB, IB, NB 단자)

R2 : 제어 관계(CPM의 A, G, AT, CP 단자)

R3 : 감성 관계(CPM의 PP, LP, NP 단자)

R4 : 태도 관계(CPM의 PC, AC, EC 단자)

$$E = (E1, E2, E3, E4) \quad (5-3)$$

E1 : 휴먼 에이전트

E2 : G-아바타 에이전트

E3 : L-아바타 에이전트

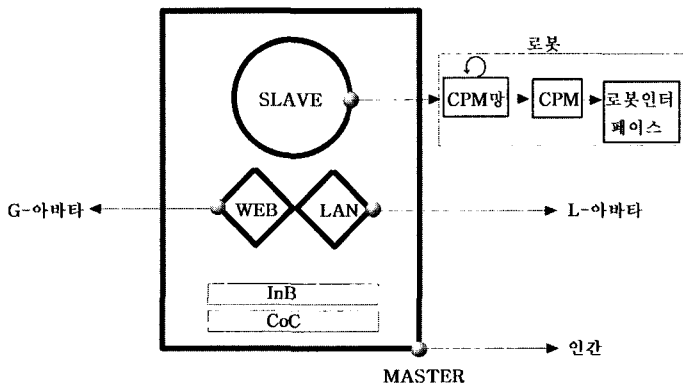
E4 : 로봇 에이전트

5.2 제 2 조건(상호 관계 조건)의 증명

<제 2 조건>

U-모델은 초 사물간에, 정보 처리 관점에서의, 다양한 상호 관계를 지원할 수 있어야 한다.

정보 처리 관점에서, 우리는 세상의 다양한 상호 관계를 조사하였으며, 그렇게 얻어낸 상호 관계의 표준 형식은 8가지이다(이를 사물간의 기본 관계라고 부른다). 기본 관계를 조합하는 방식으로 세상에 존재하는 복잡한 상호 관계들을 만들어 낼 수 있다(이를 우리는 사물간의 유도 관계라고 부른다). CPM 모델을 이용해서 이들 상호 관계를 구현하는 방법은 다음과 같다(여기서, 'X(A)'라는 표현은 'CPM 모듈 A'의 'X단자'라는 의미이다).



<그림 5.1> CPM과 에이전트의 관계

기본 관계

- ① 적대 관계(A, B)
 - 소극적 적대 : $P(A) \rightarrow NP(B)$
 - 적극적 적대 : $P(A) \rightarrow P(B)$ 단, $P(A) < 0$
- ② 지원 관계(A, B)
 - $P(A) \rightarrow PP(B)$
- ③ 자연어 전달 관계(A, B)
 - $I(A) \rightarrow IB(B)$
- ④ 인공어 전달 관계(A, B)
 - $E(A) \rightarrow EB(B)$
- ⑤ 갈등 관계(A)
 - $PP(A) \wedge NP(A) \rightarrow C(A)$
- ⑥ 활성화 및 비활성 관계(A, B)
 - 활성 : $P(A) \rightarrow AT(B)$ 단, $P(A) > +\delta$
 - 비활성 : $P(A) \rightarrow AT(B)$ 단, $P(A) < -\delta$
- ⑦ 갈등 조정 관계(A, B)
 - 증폭 관계 : $P(A) \rightarrow LP(B)$ 단, $P(A) > 0$
 - 해소 관계 : $P(A) \rightarrow LP(B)$ 단, $P(A) < 0$
- ⑧ 탐색 관계(A, B)
 - $N(A) \rightarrow NB(B)$

유도 관계

- ① 협조 관계(A,B)
 - 지원관계(A,B) \wedge 지원관계(B,A)
- ② 경쟁 관계(A,B)
 - 선의의 경쟁 관계 : 적대관계(A,B) \wedge 적대관계(B,A)
 - 악의의 경쟁 관계 : 소멸관계(A,B) \wedge 소멸관계(B,A)
- ③ 자연어 대화 관계(A,B)
 - 자연어 전달 관계(A,B) \wedge 자연어 전달 관계(B,A)
- ④ 인공어 대화 관계(A,B)
 - 인공어 전달 관계(A,B) \wedge 인공어 전달 관계(B,A)
- ⑤ 상호 탐색 관계(A,B)
 - 탐색 관계(A,B) \wedge 탐색 관계(B,A)
- ⑥ 착취 관계(A,B)

착취를 가하는 관계 : 지원관계(B, A) \wedge 적대관계(A, B)
 착취를 당하는 관계 : 지원관계(A, B) \wedge 적대관계(A, B)

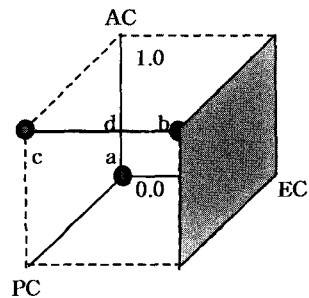
5.3 제 3 조건(제어 관계 조건)의 증명

<제 3 조건>

U-모델은 초 사물에 포함된 MASTER와 SLAVE 간의 관계에 있어서 전자가 후자를 관리할 수 있도록 효율적인 제어 수단을 지원해야 한다.

증명)

CPM 모델에서 묵시적 개념인 태도는 명시적 개념인 적극성 상수(PC), 이기성 상수(EC), 자율성 상수(AC) 등 세 가지 정량적 파라미터에 의해 구현된다. 이들 세 가지 특징을 나타내는 ‘태도 파라미터’ 들은 그림 5.2에서 보는 것과 같은 ‘3차원 태도 공간’ 을 형성한다. 일반적으로 SLAVE의 태도는 태도 공간 내의 한 점(혹은 한 선이나 한 면)으로 표현된다. 공간 내의 특정한 영역은 특정한 의미를 갖는데, 예를 들어 점 a는 완전히 이기적이고, 타율적이고, 보수적인 태도를 표현한다. 선분 d는 진보성과 자율성을 충분히 갖춘 태도를 표현하며, 면 X는 단지 이기적인 태도를 의미한다. 이처럼, 태도 공간 개념을 이용하여 우리는 어떤 복잡한 성격(태도)도 구현할 수 있다. CPM 모델에서, MASTER는 태도 핸들(태도 상수



<그림 5.2> 태도(Attitude) 공간

를 제어하는 도구)을 이용하여 SLAVE의 행동 패턴을 효율적으로 제어할 수 있다.

즉, MASTER는 환경 변화의 목시적 요소 E 를 SLAVE의 명시적 태도 패턴 P로 매핑(F1)하며, SLAVE는 MASTER 에 의해 설정된 P를 실제적인 행동 패턴 A로 매핑(F2)한다. 여기서 전자는 휴먼 컴퓨팅에 대응하고 후자는 디지털 컴퓨팅에 대응한다.

F1(MASTER) : E -> P

F2(SLAVE) : P -> A

5.4 제 4 조건(통신 조건) 의 증명

<제 4 조건>

U-모델은 초 사물을 구성하는 네 가지 에이전트 상호간에 대하여 효율적인 통신 수단을 지원해야 한다.

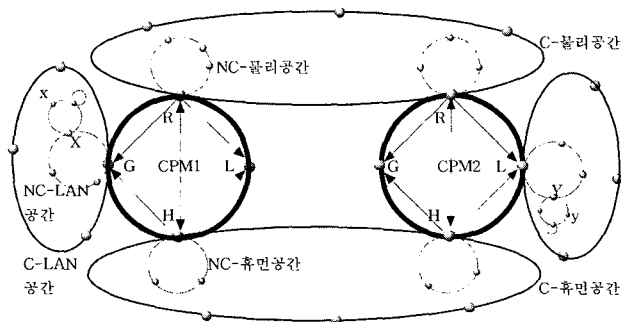
증명)

CPM을 구성하는 에이전트들은 각각 CPM을 다루기 위한 도구와 지식을 갖추고 있어야 한다. 첫째로, 로봇은 CPM 관련 프로그램을 적재할 수 있도록 컴퓨터를 내장(Embedded)해야 한다. 둘째로, 사람은 CPM 을 다루기 위한 도구(핸드폰 등)와 관련 지식을 갖추어야 한다. 셋째로, G-아바타

와 L-아바타가 거주하는 WEB 서버 와 LAN 서버는 전용 PC를 갖추어야 한다(서버에서 사용되는 브라우저는 CPM기능을 내장해야 한다). 이처럼 웹을 통해 CPM을 다룰 수 있는 노드를 CPM화 되었다고 한다. CPM화된 공간을 C-공간이라고 하며, 따라서 C-공간은 C-WEB공간, C-물리공간, C-LAN 공간, C-휴먼공간의 통합 개념이 된다. CPM 화되지 않은 상태를 'NC 상태' 라고 정의한다. NC화된 노드들도 망을 구성할 수 있는 데, 이를 NC-공간이라고 부른다. 실제로 U-공간은 C-공간과 NC-공간 모두를 포함한다. 그림 5.3은 CPM 모델에 기반한 U-공간의 구조를 보여준다.

그림 5.3의 U-망에서 가능한 통신의 유형은 36 가지(8C2+8)인 데, 대부분의 경우 웹 망을 이용하거나 자체 연결망을 이용한 통신이 가능하다. 단, 두 개의 NC-망 노드들은 직접 공유하는 연결 망을 갖고 있지 않을 수 있으며, 이 경우 간접 통신에 의존해야 한다. 즉, 통신망이 바뀔 경우에는 양쪽 망을 공유하는 노드에게 통신을 의뢰해야 한다. 예를 들어, 그림 5.3의 NC-노드인 x에서 y로의 통신 과정을 살펴보면 다음과 같다.

메시지 이동 및 변환식 : $x \rightarrow [X] \rightarrow CPM1 \rightarrow [G] \rightarrow CPM2 \rightarrow [L] \rightarrow [Y] \rightarrow y$



H : 사람 에이전트(MASTER)

G : G-아바타 에이전트(WEB)

R : 로봇 에이전트(SLAVE)

L : L-아바타 에이전트(LAN)

점선 : NC-망(비 웹 망)

모든 실선 : C-망(웹 망)

굵은 실선 : CPM

<그림 5.3> CPM 기반 U-연결망

여기서, -> : 메시지 이동

[] : 메시지 변환(두 통신 패러다임 간)

- ① 첫째, x는 자신과 통신망을 공유하는 X에게 통신 메시지를 의뢰한다.
- ② 둘째, X는 자신과 통신망을 공유하는 CPM1에 접근하여 진입을 요청한다.
- ③ 셋째, X는 CPM1에 진입하여 G에게 x의 메시지를 의뢰한다.
- ④ 넷째, G는 WEB 망을 경유해서 CPM2에 대한 진입을 요청한다.
- ⑤ 다섯째, G는 CPM2를 통해서 L에 접근하고 이어서 x의 메시지를 의뢰한다.
- ⑥ 여섯째, L은 자신과 통신망을 공유하는 Y에게 x의 메시지를 의뢰한다.
- ⑦ 일곱째, Y는 자신과 통신망을 공유하는 y에게 x의 메시지를 전달한다.

5.5 제 5 조건(항해 조건)의 증명

<제 5 조건>

U-모델은 초 사물을 구성하는 네 가지 에이전트 상호 간에 대하여 효율적인 항해 수단을 지원해야 한다.

증명)

웹 망에서의 항해는 홈페이지를 방문하는 것이지만, U-망에서의 항해는 CPM을 방문하는 것이다(구체적으로는 CPM내부에 거주하는 네 가지 에이전트들을 방문하는 것이다). 일반적으로 항해의 주체는 인간이다(물론 이론적으로는 모든 에이전트들이 항해의 주체가 될 수 있다). 인간은 물리 공간망을 통하거나 전자 공간망을 통해서 U-공간을 항해할 수 있다(로봇도 그렇게 할 수 있으나 아바타는 전자 공간망을 통한 항해만이 가능하다).

(1) 아바타를 방문하는 경우

G-아바타에 대한 방문은 웹 망을 통해서 쉽게

이루어질 수 있다. 하지만 L-아바타가 거주하는 LAN 공간은 특별한 통신 매체나 특별한 통신 프로토콜을 사용할 수 있으므로 특정한 호스트까지 물리적인 이동이 필요할 경우도 생긴다(예를 들어, 특정한 LAN 공간 정보는 물리적으로 특정한 컴퓨터를 통해서만 접근 가능하게 만들 수 있다).

(2) 사람을 방문하는 경우

사람은 물리 공간을 이동해서 직접 만나거나, 상대가 웹 망에 연결되어 있는 경우, 웹 망을 통해서 간접적으로 만날 수 있다. 간접적인 만남으로는 전화나 채팅 등의 수단이 이용될 수 있다(VR 기술이 발전하면 간접적인 만남과 직접적인 만남의 차이가 줄어들 것이다).

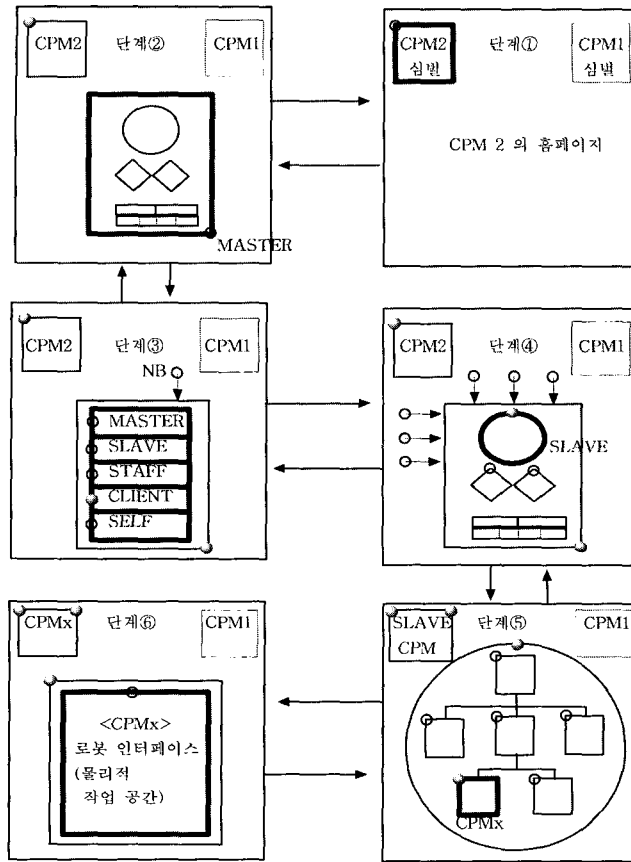
(3) 로봇을 방문하는 경우

사람을 방문하는 경우와 동일하며 직접적인 만남과 간접적인 만남이 가능하다. 웹 망을 통한 간접적인 만남은 로봇과의 인터페이스(일반적으로는 제어 보드)를 통해서 이루어진다.

웹 망을 통한 항해를 설명하기 위한 가상 시나리오를 그림 5.4에서 제시하였다. 여기서의 목표는 CPM 1에서 CPMx 까지 항해하는 것이다. 여기서, CPM 심벌의 좌 상부 모서리와 우 상부 모서리에 있는 원은 각각 현재 활성화되어 있는 CPM과 부모 CPM을 의미한다.

[단계 ①]홈페이지 방문

CPM 방문의 전형적인 방법은 웹 상에서 목표 CPM의 홈페이지를 방문하는 것이다. 그림 5.4의 단계 ①은 CPM1에서 CPM2의 홈페이지를 방문한 상태를 보여준다. CPM 기반 홈페이지가 갖는 특징 중의 하나는 페이지의 좌상 부에 방문 당한 CPM의 심벌이 있고 우상 부에 방문한 CPM의 심벌이 있다는 점이다(CPM 모델에서는 웹 상의 모든 페이지가 그러하다). 이 상태에서 방문자가 화면의 좌 상부 심벌을 클릭하면 단계 ②로 이동한다.



〈그림 5.4〉 CPM 방문의 시나리오

[단계 ②] CPM2에 대한 접근 요청

이 단계에서는 화면의 중앙에 CPM2의 전체 구조도가 나타난다. 여기서 방문자가 NB 단자를 누르면 InB(EBB, IBB)가 공식적으로 지원하는 정보 서비스를 받을 수 있다(이 서비스의 등급은 WEB의 공개 서비스보다는 높고, LAN의 비밀서비스보다는 낮다). 그러나 보다 공식적인 방문을 위해서는 CPM2의 MASTER에게 방문 요청을 해야한다.

[단계 ③] MASTER 메뉴 선택

이 단계에서 방문자는 MASTER 메뉴를 통해 자신의 자격을 신고해야 하는 데, 방문자의 자격은 MASTER, SLAVE, STAFF, CLIENT, SELF 등

5가지이다(여기서 MASTER란 CPM2의 부모 CPM을 의미하고, SELF는 CPM2 자신을 의미한다). 방문자가 어떤 자격으로 방문하였는가에 따라 정보에 대한 접근 범위에 제약이 받게 된다.

[단계 ④] 메뉴 중 SLAVE 선택

여기서는 방문자가 CLIENT 자격으로 방문하였다고 가정한다. 이 경우에는 6개의 입력 단자와 SLAVE 모듈에 대한 접근이 허락된다(다른 입출력 단자와 모듈에 대한 접근은 불허된다). 방문자는 여기서 SLAVE 모듈에 대한 접근을 요청한다.

[단계 ⑤] CPM 망에서 CPMx 선택

여기서 CPM2의 SLAVE(실무자)는 6개의 CPM

망으로 구성되어 있음을 보여준다. 방문자는 자신의 방문 목표인 CPM_x 를 선택한다.

[단계 ⑥]로봇과의 만남 성공

방문자는 비로소 CPM_x 의 물리적 에이전트(즉, 로봇)와 만나게 된다. 실제로 로봇을 통해 어떤 일을 할 수 있는지는 로봇 인터페이스가 지원하는 기능에 달려 있다.

5.6 제 6 조건(보안 조건) 의 증명

<제 5 조건>

U-모델은 U-공간에 분산되어 있는 정보를 보호할 수 있도록 강력한 보안 기능을 제공해야 한다.

증명)

보안 문제와 관련하여, CPM 모델은 방문자의 신원을 효율적으로 검증할 수 있는 독특한 체크 수단들을 갖추고 있다.

(1) History 기반 체크(History Based Check, HBC)

CPM에 대한 방문은 웹 공간을 통해 바로 이루어질 수도 있고, CPM.SLAVE.SLAVE... 식으로 계층 구조를 형성하며 이루어질 수도 있다. 후자의 경우, 보안 History가 자연스럽게 형성되는 데, 이것은 방문자의 신뢰도 체크에 중요한 자료가 된다. 예를 들어, 방문자가 웹을 통해서 곧바로 접근했을 경우 방문자의 방문 영역이 극도로 제한 당할 수 있다. 실제로 CPM은 방문자의 (정보)요구 수준을 조사한 뒤, 그 수준에 부응하는 보안 History를 방문자에게 요구할 수 있다.

$HBC(Guest) =_{def} Confirm(Guest, History(Guest))$

$History(Guest) =_{def} History(Guest, CR1.CR2... CRn)$

$CR =_{def} [Host, Guest, Date, Grade]$

여기서 CR : Check Result

여기서, Host, Guest : 방문 당한 CPM과 방문자 CPM

(2) 역 방문 체크(Inverse Visting Check, IVC)

CPM 모델에서는 방문 당한 CPM이 원할 경우, 방문자가 보는 것과 동일한 웹 페이지 화면을 볼 수 있으며, 이 경우 필요하다면 방문자 CPM을 역으로 방문하여 방문자의 신원을 보다 적극적으로 확인할 수 있다(이것은 단지 웹 페이지의 우상부에 있는 CPM 심벌을 클릭하는 것으로 가능하다).

$IVC(Host, Guest) =_{def} Visting(Host, Guest) \wedge Confirm(Guest)$

$Visting(Host, Guest) =_{def}$

$Visting(Host, WEB, Guest, SLAVE^+ . IF)$

여기서, SLAVE⁺ : 1개 이상의 SLAVE

(혹은 CPM) 계층을 의미함

IF : 터미널 CPM의 인터페이스(터미널 CPM은 항상 한 개의 에이전트만 포함)

(3) 입체적 체크(Multi-Dimensional Check, MDC)

CPM 모델에서는 네 가지 에이전트들이 하나의 초사물 단위로 상호 연계되어 움직인다(그렇게 하는 것이 경쟁의 관점에서 확실하게 유리할 것이기 때문이다). 내가 언제 어디를 가든, 거미줄 같은 전자 연결망과 물리 연결망(인공 위성, 자동차, 거리나 빌딩의 모니터, 심지어는 우리 몸에 딸린 손목시계, 핸드폰, 옷, 구두 등 지적 사물들이 포함됨)을 벗어날 수 없을 것이며, 나에 속한 에이전트들이 그림자처럼 따라붙을 것이다. 예를 들어, 내가 서울 시장의 사무실을 노크할 때, 나의 CPM 역시, 전자 공간 속에서, 서울 시장 CPM에게 (전자적인) 노크를 하고 있을 것이다. 즉, 방문 당한 CPM은 한 명의 인간 방문자가 아니라

그가 몰고 온 에이전트 모두를 상대로 입체적인 보안 체크를 해볼 수 있을 것이다.

$$\begin{aligned} \text{MDC}(\text{Guest}) =_{\text{def}} & \text{Confirm}(\text{Guest.MASTER.Human}) \\ & \wedge \text{Confirm}(\text{Guest.SLAVE.Robot}) \\ & \wedge \text{Confirm}(\text{Guest.WEB.G-Abata}) \\ & \wedge \text{Confirm}(\text{Guest.LAN.L-Abata}) \end{aligned}$$

이처럼 CPM 모델은 U-망에 대해서 직관적으로 알기 쉽고, 기능적으로 강력하고, 동시에 (특히 해커의 입장에서 보면) 매우 까다로운 보안 기능을 제공할 수 있다.

5.7 제 7 조건(유연성 조건) 의 증명

<제 7 조건>

U-모델은 U-공간이 만날 수 있는 모든 변화에 대하여 유연하게 적용할 수 있어야 한다.

증명) 4장의 식(4-1)~식(4-7)에서 보는 바와 같이, CPM 모델은, 구조적 측면에서, 프랙탈적이고, 모듈화 되어 있고, 구체화(Instance)가 용이한 속성을 갖는다.

(1) 복잡성 관점의 적응

일반적으로 U-공간이 복잡해지는 경우는 관리를 맡고 있는 MASTER와 실무를 담당하는 SLAVE가 복수의 에이전트 연결망으로 구축되어지는 경우이다. CPM 모델은 프랙탈 구조를 하고 있으므로 MASTER, SLAVE 모두를 CPM 망으로 구현하는 일이 언제나 가능하다. CPM 망 구조에서는 부모 CPM이 MASTER 역할을 하게 되고, 자식 CPM들은 SLAVE 역할을 하게 된다. 이 구조를 이용하여 복잡성의 깊이를 쉽게 조절할 수 있다.

(2) 진화 관점의 적응

CPM 모델은 하나의 클래스로 존재하며 각 부분은 철저히 모듈화 되어 있다. 구체화되지 않은 모듈은 아무런 기능도 갖지 않는다. WEB 모듈을 제외한 모든 모듈은 구체화가 필수적인 것이 아니다. 즉, U-공간의 모든 진화 단계에 대응하는 부분별 구체화가 언제나 가능하다(오늘날의 인터넷은 CPM.WEB 모듈의 홈페이지 기능만 사용되고 있는 단계로 볼 수 있다).

(3) 동적 관점의 적응

홀랜드는 유전자가 섞이는 과정에서 유용성이 검증된 유전자 조합이 나타날 수 있다고 하였다(이를 스키마라고 부른다). CPM에서 이에 대응하는 개념을 ‘스키마-CPM’이라고 부른다. 스키마-CPM의 중요한 특징은 상호 관계 기능이 사용되지 않는다는 것이다. 이것은 또한 SLAVE 단독의 일 처리가 가능하다는 것을 의미한다. 예를 들어, 회사의 직원들은 업무 환경이 복잡하게 바뀔 경우 주변 사람들의 도움을 필요로 하는 데, 이것은 비유적으로 동적 환경을 의미한다. 이후 익숙해지면 혼자서 업무를 처리할 수 있는 데, 이것은 비유적으로 정적 환경을 의미한다. CPM 모델에서는 일반-CPM 과 스키마-CPM 간의 유연한 변환(단지 상호 관계를 조정하면 된다)을 통해서 다양한 환경 변화에 쉽게 적용할 수 있게 된다.

6. 결론

우리는 U-환경의 네 가지 사물들을 결합시킨 소위 ‘초 사물’을 가정한 바, 이 초 사물들이 연결된 U-망에 의해 이상적인 U-공간이 생성될 수 있다고 주장한다. 우리는 이러한 초 사물에 대한 대안의 하나로 CPM 모델을 제안하였다. CPM 모델을 이용하여 초 사물을 구현할 경우, CPM 고유의 속성으로 인해, 상기 네 가지 공간 정보들을 유기적으로 연결할 수 있으며, 또한 CPM 상호간에 다양한 상호 관계 패턴을 지원 받을 수 있다.

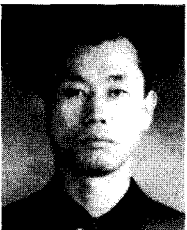
사실 U-공간은, 적어도 현재로서는, 매우 추상적이고 포괄적인 개념이기 때문에, U-공간과 관련된 주장을 구체적인 실험이나 정량적 수단으로 논증해 보이기 매우 어렵다(U-공간을 피부로 느끼기 위해서는 최소한 10년은 더 기다려야 할 것이다). 그럼에도 불구하고, U-공간과 관련된 몇 가지 사안들은 현시점에서 결정되지 않으면 안 된다. 그렇지 않으면 훗날 엄청난 규모의 시행착오를 피할 수 없을 것이다. 우리는 그 사안들 중 대표적인 것이 바로 U-공간에서의 정보 연결 모델이라고 생각한다. 만일 U-공간에서의 정보 연결 모델이, 적절한 정확도 수준에서, 개발될 수 있다면 앞으로 개별 공간들의 진화 과정에서 중요한 지표(혹은 방향 제시)가 될 수 있을 것이다 (예를 들어, Embedded IC 설계자에게 이 모델은 유의미한 설계 지침이 될 수 있다). 이것이 본 논문이 쓰여진 현실적 배경이다. 본 논문은 U-공간에 대한 미래의 예측(2장)을 하나의 공리제로 놓고 그것으로부터 우리가 원하는 명제들을 연역하는 방식으로 쓰여졌다. 혹시 본 논문에서 제시된 예측 자체가 객관성을 잃고 있거나 오류를 포함하고 있다면 그로부터 연역된 명제들의 정당성 역시 상당 부분 의심받을 수 있다. 그런 이유로

우리는 U-공간의 미래 예측에 대해 좀더 많은 증거들과 유용한 논거들을 수집할 필요가 있다고 생각하는 데, 일단은 이것이 다음 번 과제이다.

참고 문헌

- [1] S.A.N. Shafer, EasyLiving, <http://www.research.microsoft.com/easyliving>
- [2] 사카무라겐(저자), 최운식(역자), “유비쿼터스 컴퓨터 혁명”, 동방 미디어, 2002.
- [3] The NIST series of workshops on Pervasive Computing <http://www.itl.nist.gov/iaui>.
- [4] The journal of Pervasive and Ubiquitous Computing <http://www.personal-ubicomp.com>.
- [5] Mark Weiser. "Hot topic: Ubiquitous Computing", IEEE Computer, Oct., 1993.
- [6] M.Satya, IEEE Pervasive Computing Magazine, <http://www.computer.org/pervasive>
- [7] 고성범, 김동근, “복잡계 정보 처리를 위한 사람과 에이전트의 결합 모델”, 정보과학회 논문지, 제 30 권 제 8 호, P752-763, 2003.
- [8] 고성범, 원일용, “세포 기반 시스템”, 한국정보기술학회 논문지, 제 1 권, P.85-100, 2003

◎ 저자 소개 ◎



고성범

1980년 숭전대학교 전기공학과 졸업(학사)
 1983년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사)
 2003년 건국대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(박사)
 1983년~현재 : 천안공업대학 컴퓨터공학과 교수
 관심분야 : 인공지능, 생명체 패러다임, 복잡계
 E-mail : sbko@cnc.ac.kr