

# 계층적 인지구조를 이용한 지능형 인공지능 개발

홍진혁·조성배 (연세대학교)

## I. 서론

최근 다양한 지능기술에 대한 연구와 함께, 이들을 활용한 지능형 시스템(에이전트)에 관한 관심이 커지고 있다. 특정한 기능만을 강조한 것이 아니라 변화하는 복잡한 환경에서 적절히 작동하도록 여러 지능기술을 통합하여 고수준의 지적 인공지능체계를 개발하려는 시도가 인공지능 분야를 중심으로 이루어지고 있다<sup>[1~2]</sup>. 특히 사용자의 다양한 업무를 이해하고 적절한 서비스를 제공하여 업무를 보조하는 지능형 인공지능을 위한 다양한 기술이 활발히 연구되고 있다<sup>[3~4]</sup>.

인공지능이란 일정관리나 정보검색과 같은 인간비서의 업무를 대행하는 지능형 시스템으로, 실세계 환경에서 발생하는 다양한 상황을 이해할 뿐만 아니라 적절한 서비스를 제공하여 사용자의 업무 효율을 증대시킨다<sup>[1,5]</sup>. 사용자와의 원활한 의사소통이 가능해야 할 뿐 아니라 지속적인 성능향상을 위해 새로운 지식을 학습해야 한다. 이를 위해 각종 센서정보에 기반한 물체인식과 상황추론, 사용자와의 자연스러운 대화기반 의사소통, 지식의 검색, 요약과 학습

등 매우 다양한 지능기술이 요구된다. 국내외 유수의 기관에서 이들 지능기술에 대한 연구를 활발히 수행하고 있으며, 여러 기술을 통합하여 보다 고수준의 지능형 인공지능을 개발하려는 시도가 있다<sup>[5]</sup>.

지능형 인공지능을 개발하기 위한 초기의 연구는 주로 시각/청각을 이용한 물체인식 알고리즘의 개발이나 분류 및 인식, 의사결정 등 개별적인 기능의 구현에 국한되어 왔다<sup>[2]</sup>. 인지과학 분야에서는 인간의 인지과정에 대한 이해를 바탕으로 보다 범용적인 인지기능을 구현하고자 하였으나, 매우 한정된 환경을 대상으로 하였기 때문에 실세계에서 작동하는 지능형 시스템에는 적합하지 못하였다<sup>[6]</sup>. 최근에는 인간과의 상호작용성이 강조되어 대화를 포함한 각종 인터페이스가 개발되었으며<sup>[7]</sup>, 실세계의 다양한 정보를 관리하고 처리하는 기술이 활발히 연구되고 있다<sup>[8]</sup>. 또한 불확실한 상황에 능동적으로 대처하여 문제를 해결하는 기술<sup>[4,9]</sup>이나 상식 등의 범용적인 지식을 활용하는 기술<sup>[10]</sup>이 개발되어 지능형 인공지능의 응용 영역을 넓히고 있다. 하지만 보다 지능적인 인공지능을 개발하기 위해, 각종 지능 및 인지기능을

통합하여 범용적인 인지기능을 구현하고 고수준의 개인화된 서비스를 제공하기 위한 기술이 여전히 요구되고 있다<sup>[6]</sup>.

연세대학교 컴퓨터과학과 소프트웨어공학연구소에서는 <그림 1>과 같은 인공비서 개발모형을 중심으로 지난 십수년간 지능형 인공비서를 위한 각종 기술을 개발하여 왔다. 1) 각종 센서를 이용하여 환경 정보를 수집하고 현재 사용자의 상황을 이해하는 기술<sup>[11-12]</sup>, 2) 사용자와의 대화 인터페이스를 통해 의사소통하는 기술<sup>[4,9,13]</sup>, 3) 웹 등 각종 지식을 체계적으로 관리하고 학습하는 기술<sup>[13-14]</sup>, 4) 상황과 사용자의 의도에 적절한 서비스를 생성하는 기술<sup>[15-16]</sup>을 연구하였다. 특히 실세계의 복잡하고 불확실한 환경을 대상으로 1) 확률모형을 이용해 각종 불확실성을 처리하고, 2) 사용자와의 상호작용을 통해 능동적으로 문제를 해결하며, 3) 다수의 모델을 적절히 통합해 효율적으로 작동하는 지능형 인공비서를 개발하였다<sup>[4,9,11,16]</sup>.

최근에는 보다 범용적이고 확장성 있는 인공비서의 개발을 위해, 계층적이고 모듈화된 인

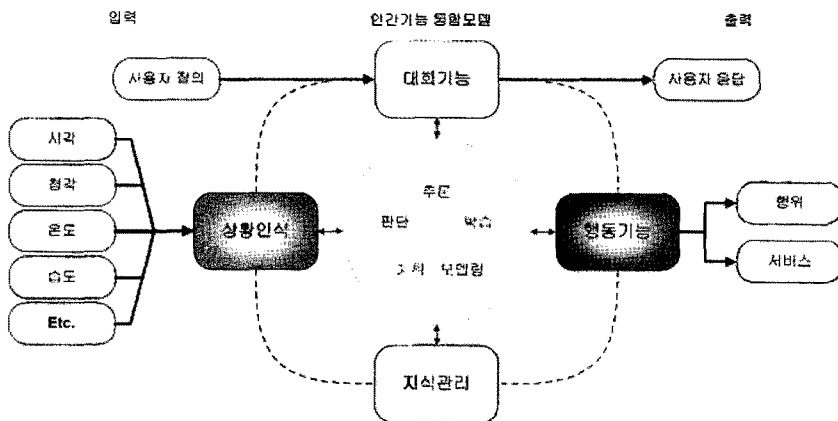
지 모델링 기술과 이들을 효과적으로 통합하기 위한 인지구조에 대한 연구가 활발히 수행 중이며, 일정관리, 집안관리, 정보검색 등의 각종 서비스도 함께 개발하고 있다<sup>[17]</sup>.

본고에서는 여러 가지 인지기능을 통합하는 계층적 인지구조를 기반으로 설계된 지능형 인공비서를 소개한다. 먼저 제2장에서는 각종 지능 서비스를 제공하는 인공비서와 통합적 인지기능을 제공하기 위해 연구되고 있는 인지구조에 대해 소개한다. 제3, 4장에서는 계층적 인지구조와 이를 기반으로 설계된 지능형 인공비서에 대해서 살펴본다. 제5장에서는 위의 논의를 기반으로 지능형 인공비서에서의 인지구조의 필요성과 나아갈 방향에 대해서 제언함으로써 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

### 1. 인공비서

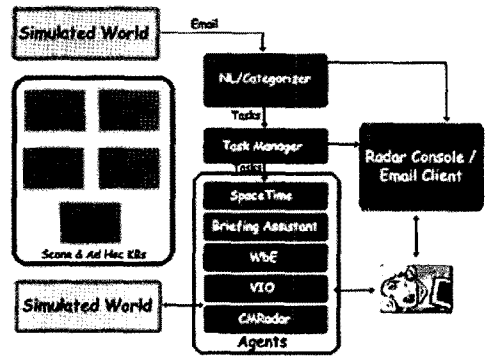
최근 지능 서비스에 대한 관심이 높아짐에



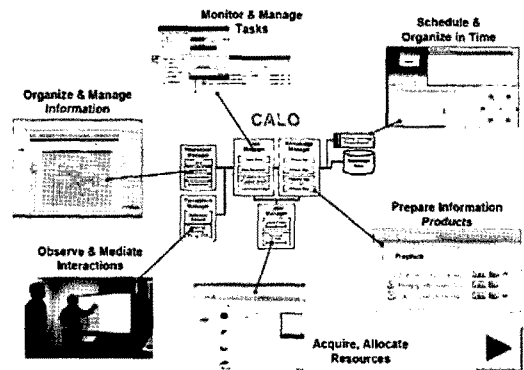
<그림 1> 지능형 인공비서 개발모형

따라 국내외의 우수 연구기관에서 지능형 인공비서와 관련된 다양한 기술을 활발히 연구하고 있다. MIT 미디어랩의 소프트웨어 에이전트 그룹에서는 다양한 지식을 기반으로 의사결정을 하도록 상식 DB를 활용한 지능기술을 개발하고 있으며<sup>[10]</sup>, IBM에서는 대규모 데이터를 분석하는 마이닝 기술인 Intelligent Miner를 개발하여, 정보의 해석과 시각화 등을 지원하는 등 사용자의 업무를 보조하고 있다. MS의 적응시스템 인터랙션 연구실에서는 인공비서의 개인화된 서비스 제공을 위해 협력 필터링, 베이지안 네트워크 등의 기술을 이용하여 사용자의 행동패턴을 모델링하거나 효과적인 인터랙션 도구를 개발하는 연구를 활발히 수행하고 있다<sup>[18]</sup>. 특히 최근에는 사용자의 인지적 특성을 함께 고려하여 효과적으로 정보를 저장하거나 검색하는 심리학적 연구를 함께 진행 중이다. 사용자와의 친숙한 대화 인터페이스로 지식구조를 학습하고 서비스를 제공하는 연구도 진행되었는데, Plymouth 대학에서는 사용자의 음성명령을 통해 기호수준으로 로봇의 지식구조를 지속적으로 학습해나가며 행동하는 로봇을 개발하였다<sup>[19]</sup>.

지능형 인공비서의 구조와 서비스를 개발하는 연구도 진행되었는데, 카네기 멜론 대학은 RADAR(Reflective Agents with Distributed Adaptive Reasoning) 프로젝트를 통해 인공비서가 사용자의 업무를 지능적으로 수행하기 위해, <그림 2>(a)와 같이 필요한 대화, 학습, 추론, 계획 등의 각종 지능 기술을 개발하여, 미팅 일정을 설계하거나 자원을 효율적으로 배분하는 일정관리, 효과적인 웹 사이트 설계나 유지, e-메일 기반의 업무보조 등에 적용하였다<sup>[3,20]</sup>. SRI International 그룹에서는 <그림



(a) CMU의 RADAR 인공비서 구조



(b) SRI International의 CALO 인공비서 구조

<그림 2> 인공비서 관련 프로젝트

2>(b)와 같이 사용자의 행동이나 성향을 지속적으로 학습할 뿐만 아니라, 새로운 지식과 다양한 정보를 가공하거나 시각화하는 인공비서인 CALO(Cognitive Assistant that Learns and Organizes)를 설계하여 많은 관심을 받았다<sup>[21]</sup>.

국내에서도 인공비서와 관련된 다양한 연구가 진행되었다. KAIST의 뇌과학연구센터에서는 뇌정보처리에 기반한 인공두뇌 기본 모형을 설계하고 하드웨어 중심의 인공비서를 개발하였다<sup>[5]</sup>. 연세대에서는 인간의 뇌정보처리 메커니즘을 바탕으로 설계된 기능들을 통합한 인공비서를 개발하였다<sup>[13]</sup>. 복잡한 환경의 다양한 정보를 해석하거나 학습할 뿐만 아니라 사용자

와 상호작용하는 기술을 함께 개발하였다.

## 2. 인지구조

### 가. 소개

인간의 지능에 대한 포괄적 이론을 제시하는 인지구조는 인간과 같이 생각하고 행동하는 지능형 인공지능과 같은 지능형 시스템을 구현하는데 중요한 기반을 제공한다. 인지구조는 비교적 시간과 작업에 독립적으로 동작하는 인지 메커니즘으로 구성되는데, 인지, 행동 등의 인지기능을 담당하는 프로세서들과 작업 기억이나 장기/단기 기억과 같은 메모리들을 포함한다<sup>[6,22-24]</sup>.

인지과학과 인공지능 분야에서 ACT-R<sup>[22]</sup>, RCS, EPIC, Soar<sup>[23]</sup>, K model, IDA, 그리고 CLARION<sup>[24]</sup> 등과 같이 매우 다양한 인지구조가 제안되었다. 뿐만 아니라 인지와 관련된 Newell의 인지통합이론(unified theory of cognition)<sup>[23]</sup>, Anderson의 ACT-R 이론<sup>[22]</sup>과 Baars의 통합작업공간이론(global workspace theory)<sup>[6]</sup> 등이 인지구조를 이론적으로 뒷받침하고 있다. 인지구조는 성능 자체보다는 인간과 같은 방식으로 생각하고 행동하는 것을 구현하는데 초점이 있기 때문에 특정한 문제 해결에 집중하지 않고 인간 지능의 범용성에 초점을 맞추어 어떤 방식으로 문제를 해결해 나가는지를 분석한다. 특정 작업에 독립적인 인지 메커니즘을 제공하고 다양한 문제에 보다 쉽게 적용되도록 한다.

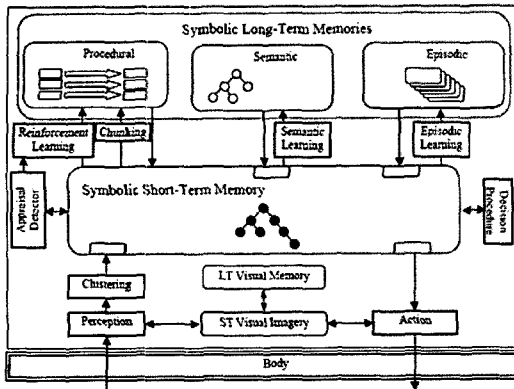
인지구조의 중요성과 가능성에도 불구하고, 아직까지 대부분의 연구가 실험실 환경에 국한되고 응용 범위도 한정되어 있다. 많은 인지구

조가 이산적이고 정적인 환경에서 동작하도록 구성되어 있어 연속적이고 동적인 변수들로 구성된 실세계 환경에 직접 적용되기에는 많은 어려움이 있다<sup>[6]</sup>. 지능형 인공지능 설계에 있어 중요한 환경이나 사람과의 상호작용성이나 학습성을 충분히 고려하지 못하였지만, 최근에는 인지구조에 실세계 환경과의 상호작용을 고려한 인지기능을 추가하거나 학습기능을 포함하려는 시도들이 이루어지고 있다<sup>[6,24]</sup>.

### 나. 대표적 인지구조: Soar, ACT-R, CLARION

Soar는 Newell의 인지통합이론에 따라 설계된 인지구조로서, 프로덕션 주기(production cycle)와 결정 주기(decision cycle)를 가지는 프로덕션 시스템으로 구성된다<sup>[23]</sup>. 현재 서술식 메모리의 내용에 적합한 모든 프로덕션 규칙을 적용하여 그 값을 변경시키며, 더 이상 적합한 프로덕션 규칙이 발견되지 않을 때까지 반복하여 문제에 대한 해답을 획득한다. 최근에 Laird는 실세계 환경에 적합하도록 <그림 3>과 같이 다양한 유형의 지식표현과 학습 및 기억 모듈을 추가하여 Soar 구조를 확장하였다. 장기기억을 절차형 메모리, 에피소드 메모리와 시맨틱 메모리로 세분화하였고, 작업기억(working memory)을 포함시켰다. 또한 기존의 기호기반 정보처리의 한계를 극복하기 위해 감정, 강화학습, 시각적 심상과 클러스터링 등의 비기호 접근법을 새롭게 도입하였다<sup>[25]</sup>.

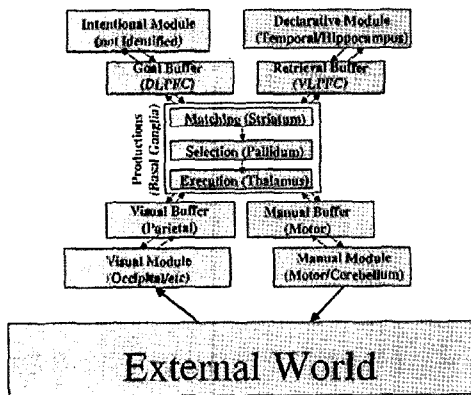
ACT-R은 Anderson의 ACT-R 이론을 기반으로 개발된 인지구조로서, 인지기능을 구현하기 위해 다수의 모듈이 어떻게 상호작용하는지를 보여준다<sup>[22]</sup>. 인간지식을 크게 서술적 유



〈그림 3〉 Soar 인지구조

형과 절차적 유형으로 구분하며, 이들 서술형 지식과 절차형 지식들은 기호형태로 표현된다. 서술적 메모리는 단편적이고 서술형의 지식들로 구성되고 절차적 메모리는 이들 서술형 지식들 사이의 관계를 나타내는 프로덕션 규칙들로 구성된다.

〈그림 4〉와 같이 ACT-R은 인지기능 발현을 위한 다수 모듈 사이의 상호작용을 통해 문제를 해결하는데, 물체인식을 위한 시각적 모듈, 행동 제어를 위한 모터 모듈, 지식검색을 위한 서술형 모듈과 문제해결을 위한 목표 모듈로 구성된다. 중앙의 프로덕션 시스템은 버

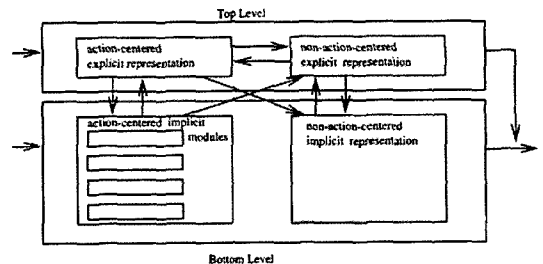


〈그림 4〉 ACT-R 구조

퍼를 활용하여 이들 모듈 사이의 정보흐름을 조정한다. 개별 기능을 가진 모듈 사이의 상호작용을 통해 인지기능을 구현한 ACT-R의 유용성을 검증하기 위해, 문제해결에 있어 인간 두뇌의 정보처리 과정을 fMRI를 활용하여 분석하기도 하였다<sup>[26]</sup>.

앞서 언급한 기호기반의 인지구조와는 달리, 명시적인 지식뿐만 아니라 암묵적인 지식도 함께 고려한 CLARION (Connectionist Learning with Adaptive Rule Induction ON-line)이 Sun에 의해 제안되었다<sup>[24]</sup>. 〈그림 5〉에서와 같이 2단계의 정보처리 구조를 가지는 CLARION은 상위수준에서 기호나 논리 등의 표현형을 이용하여 지식을 명시적으로 모델링하고, 하위수준에서는 역전과 네트워크 등의 분산화된 비기호 모델을 이용하여 절차적 지식을 처리한다.

의사결정은 먼저 현재 상태를 파악하는 것으로 시작된다. 저수준에서 가능한 행동들을 평가한 후에 적절한 것을 선택하고 이를 바탕으로 고수준에서 프로덕션 규칙을 이용하여 다시 적절한 행동을 평가한다. 행동을 수행한 후에는 다음 상태를 관측하고 이를 바탕으로 강화학습 등의 알고리즘을 이용하여 각 단계의 정보처리 모듈을 갱신한다. 주어진 문제를 해결할 때까지 이 과정을 반복하면서 각 단계의 상



〈그림 5〉 CLARION 구조

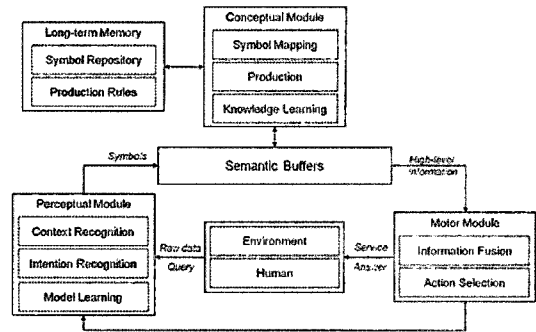
태값을 갱신해간다. CLARION은 사회 현상을 모델링하여 에이전트 기반의 사회성 시뮬레이션을 설계하는데 적용되었다<sup>[24]</sup>.

### III. 계층적 인지구조에 기반한 지능형 인공지능

#### 1. 계층적 인지구조

본고에서는 범용적인 지능형 인공지능을 개발하기 위해 다양한 지능 및 인지기능들을 통합한 계층적 인지구조를 소개한다. 인식, 대화, 추론, 학습, 행동 등의 다양한 인지기능을 바탕으로 다양한 센서정보로부터 환경을 이해할 뿐만 아니라 사용자와 상호작용하여 서비스를 제공하거나 새로운 지식을 학습한다. 특히 비기호모형과 기호모형을 계층적으로 구성하여 지식구조와 정보처리 메카니즘을 설계하였기 때문에 저수준의 센서정보뿐만 아니라 고수준의 의미정보를 효과적으로 다룬다. 또한 인지기능별로 분할된 다수의 모델을 설계하여 확장성을 함께 고려하였다<sup>[16]</sup>.

<그림 6>과 같이 세 개의 정보처리모듈과 두 가지 유형의 메모리로 구성된 계층적 인지구조는 암묵적 지식과 명시적 지식을 구분하여 처리할 뿐만 아니라 환경과의 상호작용성을 함께 고려한다<sup>[24]</sup>. 지식은 인식모듈(perceptual module)과 개념모듈(conceptual module)에서 계층적으로 모델링되며, 시맨틱 버퍼를 통해 정보가 전달된다. 최종적으로 처리된 지식은 행동모듈(motor module)을 통해 사용자에게 다양한 서비스의 형태로 제공된다.



<그림 6> 계층적 인지구조

인식모듈에서는 저수준의 센서정보가 환경으로부터 수집되고, 암묵적이고 분산적으로 처리되어 기본단위의 기호로 인식되고, 사용자와의 상호작용을 위해 기호들로 표현되는 고수준의 지식은 개념모듈에서 명시적으로 해석된다. 각 모듈에서 처리된 모든 기호들은 일련의 배열형태로 구현된 시맨틱 버퍼에서 관리되며, 동일 시점에서 발생하거나 처리된 기호들은 배열의 동일한 블록에 저장된다.

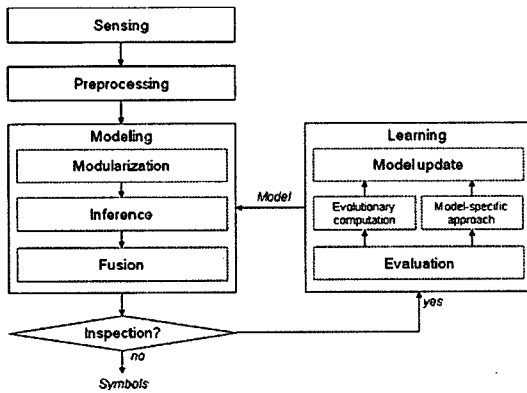
#### 2. 저수준 인식모듈

인식모듈은 벡터형태로 구성된 센서값을 입력받아서 사전에 정의된 기호를 할당한다. 센서값을 구성하는 벡터는 이종의 특징으로 구성되는데, 실세계 환경으로부터의 영향으로 종종 불안정한 값을 가진다. 따라서 이들 입력값을 해석하기 위해서는 통합, 정규화, 이산화, 특징추출 등의 다양한 전처리 과정이 필요하다. 전처리 과정을 통해 지식 모델링에 안정적인 특징값을 획득하면, 신경망이나 베이지안 네트워크 등의 기법을 사용하여 도메인 지식을 표현하고 주어진 상황에 적절한 결과를 추론한다. 추론된 결과값은 기호의 형태로 나타내어져 시

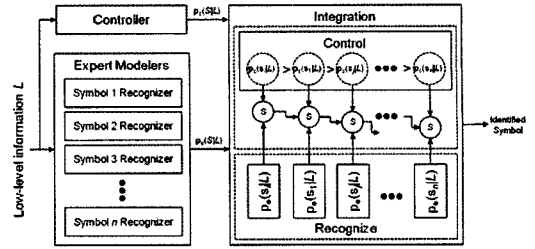
맨틱 버퍼를 통해 개념모듈로 전달되고, 고수준의 지식을 모델링하는데 사용되거나 상황에 따라 반응적인 서비스를 실행하기 위해 직접 모터모듈로 전달된다. <그림 7>은 인식모듈의 작동 과정을 보여준다.

센서로부터 입력되는 다양한 정보를 동시에 처리하도록 인식모듈은 모듈형 접근법을 활용한다. 다중의 전문 모델들이 대상 도메인에서 사용되는 기호들의 확률값을 계산하고 필요에 따라 통합하거나 병렬적으로 결과를 산출한다. 특히 다중 모델들 사이의 불필요한 모호성을 최소화하도록 모델을 평가하는 상위 관리자를 두어, 각 모델의 적합성을 대략적으로 측정하고 이에 따라 모델의 평가 순위를 결정한다.

<그림 8>과 같이 포섭구조의 형태로 다중의 전문 모델을 구성한 후에, 가장 적절한 기호가 선택되도록 한다. 관리자(Controller)가 구한 각 기호의 확률값에 따라 높은 순으로 전문모델(Expert Modeler)을 정렬하고 전문모델에서 획득된 확률값이 임계치를 넘는지를 판별한다. 임계치를 넘게 되면 해당 기호가 선택이 되고 넘지 않는다면 다음 기호의 전문모델이 평



<그림 7> 인식모듈 동작과정



<그림 8> 다중모델기반 저수준 정보처리

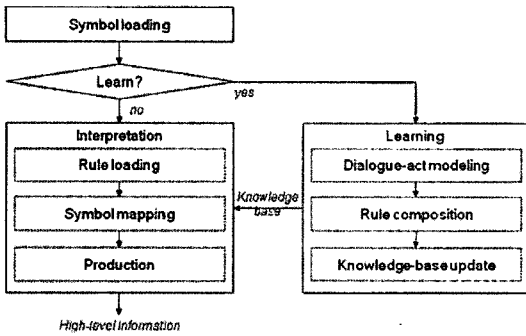
가된다. 전문모델에서 아무것도 선택되지 않는다면 관리자에서 가장 높은 확률값을 획득한 기호가 선택된다<sup>[16]</sup>.

### 3. 고수준 개념모듈

고수준의 정보는 개념모듈에서 처리되는데, 인식 모듈에서 인식된 기호들을 해석하여 고수준의 기호로 치환한다. 개념 모듈은 기존의 기호기반 인지구조들과 같은 프로덕션 시스템으로, 사용자와의 상호작용을 통해 학습된 프로덕션 규칙으로 구성된다. 프로덕션 규칙은 기존 기호들의 시간적 발생관계를 바탕으로 새로운 기호를 정의하는데 사용되기 때문에, 기호들 간의 동시적이고 순차적인 관계를 적절히 묘사하도록 설계되었다<sup>[13]</sup>.

개념 모듈은 입력된 기호들을 프로덕션 규칙을 적용하여 새로운 기호로 변환하여 시맨틱 버퍼로 출력한다. 더 이상 매칭되는 프로덕션 규칙이 없을 때까지 반복해서 적용된다. <그림 9>는 개념모듈의 동작과정을 보여준다.

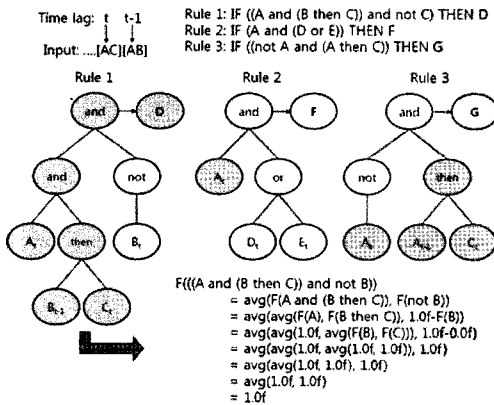
입력된 기호 시퀀스에 대해 적절한 프로덕션 규칙을 선택하기 위해 각 규칙을 평가한다. 프로덕션 규칙에 포함된 기호들의 발생 여부와 기호들 사이의 관계에 따라 입력 시퀀스에 대한 평가값이 다음과 같이 계산된다.



〈그림 9〉 개념모델 동작과정

$$\begin{aligned}
 F(A \text{ then } B) &= \text{avg}(F(A), F(B)), \\
 F(A \text{ and } B) &= \min(F(A), F(B)), \\
 F(A \text{ or } B) &= \max(F(A), F(B)), \\
 F(\text{not } A) &= 1.0f - F(A), \\
 F(s) &= 1.0f, \text{ if found,} \\
 &= 0.0f, \text{ otherwise.}
 \end{aligned}$$

then, and, or, not은 기호들 사이의 관계를 표현하는 연산자이며, s는 기호들을 나타낸다. <그림 10>은 프로덕션 규칙의 평가과정을 보여준다.



〈그림 10〉 프로덕션 규칙 평가 모습

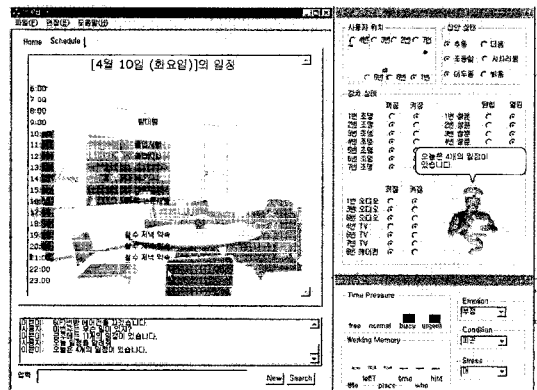
## IV. 구현 및 검증

### 1. 일정관리 인공비서

본고에서는 계층적 인지구조에 기반하여 설계된 지능형 인공비서의 유용성을 확인하기 위해, <그림 11>과 같이 비서의 기본 업무인 일정관리 서비스를 구현하였다<sup>[13,16]</sup>. 다양한 센서를 사용하여 사용자의 상태를 이해할 뿐만 아니라 사용자와의 대화를 통해 일정의 입력, 검색, 변경 등 다양한 일정관리 서비스를 제공한다. 인식된 사용자의 상태는 일정을 알릴 때 적절한 시점과 정보 유형을 결정하는 데 사용된다.

### 2. 지능 서비스를 위한 사용자 상황인식

사용자의 일정을 관리하기 위해, 제안하는 지능형 인공비서는 Armband와 xBus 가속도 센서로부터 수집된 정보를 분석하여 감정, 스트레스, 행동 등의 사용자 상황을 인식한다. 저수준의 센서정보는 계층적 인지구조의 인식모



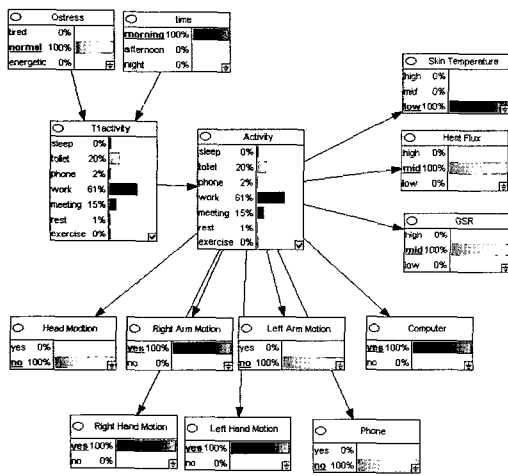
〈그림 11〉 일정관리에 적용된 지능형 인공비서



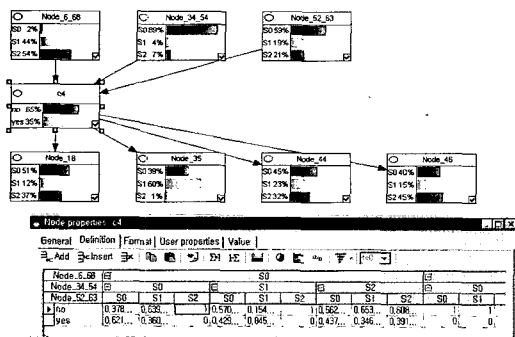
들에서 처리되며, 사용자의 5가지 감정상태(우울, 행복, 화남, 짜증, 보통), 3가지 스트레스 수준(피곤, 보통, 활력)과 7가지 행동(낮잠, 화장실, 전화, 일, 미팅, 휴식, 운동)을 인식한다.

<그림 12>와 같이 인식모듈의 관리자는 수동으로 설계된 베이직안 네트워크를 이용하였고, 각 사용자의 상태를 인식하기 위한 전문모델은 진화기술을 이용하여 학습된 동적 베이직안 네트워크를 이용하였다.

제안하는 지능형 인공지능의 사용자 상태 인식성능을 관찰하기 위해 시나리오를 설정하고 실험을 수행하였다. <그림 13>은 실험에 사

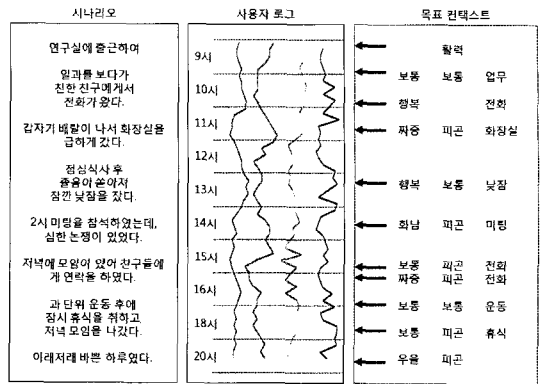


(a) 사용자 행동을 인식하기 위한 관리자



(b) 사용자 행동(일)의 인식을 위한 전문모델

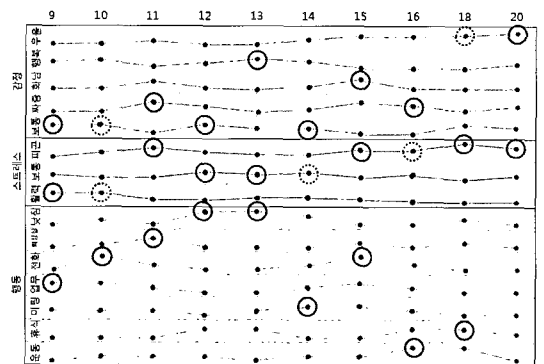
<그림 12> 인식모듈 예



<그림 13> 사무실 환경에서의 시나리오

용된 시나리오를 보여준다. 시나리오에 따라 생성된 하루 분량의 사용자 로그를 가상으로 설계하고 목표 컨텍스트인 감정, 스트레스, 행동을 인식하였다. 행동의 경우 실제로 수집된 정보를 사용하였고, 감정과 스트레스는 가정된 상황과 비슷한 환경에서 수집된 로그를 활용하였다.

<그림 14>는 시나리오에 대한 사용자 상태의 인식결과를 보여준다. 점선으로 된 원은 잘못된 인식결과를 산출했음을 의미한다. 감정이나 스트레스의 경우, 매우 주관적일 뿐만 아니라 본인의 감정이 어떠한 상태인지를 평가하기도 쉽지 않다. 대체로 긍정적인 감정과 부정적



<그림 14> 시나리오 기반 실험 결과

인 감정으로 나누어 전반적으로 비슷한 경향을 보였으며, 짜증의 경우 조금 늦게 탐지되는 것을 확인하였다. 스트레스는 하루일과 속에서 대체로 증가하였으며, 휴식을 취하는 경우에도 즉각적으로 반영되지는 않았다. 행동은 가속도 센서나 논리 센서값의 영향으로 대체로 즉각적으로 반영되었다.

### 3. 대화기반 사용자 의도인식

계층적 인지구조의 개념모듈을 활용하여 지능형 인공지능의 대화기능을 구현하였다. 일정관리와 관련된 단어와 사용자 의도를 기호로 정의하였으며, 프로덕션 규칙을 사용하여 이들 사이의 관계를 정의하였다<sup>[4,9]</sup>. <그림 15>는 개념모듈에 기반한 지능형 인공지능의 상호주도형 대화 예를 보여준다.

<그림 15>의 대화에서와 같이 사용자 질의로부터 기호들('오늘', '식사', '약속', '생기다')을 추출하고 개념모듈의 프로덕션 규칙들과 비교한다. 적절한 규칙이 선택되어 새로운 기호인 '일정추가'가 발현된다. 시맨틱 버퍼에 등록된 새로운 기호에 대해 모터모듈에서 적절한 서비스가 선택되어 동작한다. 일정추가를 위한 대화가 동작하여 추가로 필요한 정보인 일정장소와 일정시간을 사용자에게 묻는 질문이 수행되고, 일정등록에 필요한 모든 정보가 수집되면 '일정등록' 기호가 활성화되어 모터모듈을 거쳐 일정등록이 완수된다.

<그림 16>의 대화는 인식모듈에서 인식된 사용자의 상태와 시간, 날씨 등의 각종 정보를 바탕으로 개념모듈에서 적절한 프로덕션 규칙이 선택되어 새로운 기호인 '일정알림', '잠', '깨우기'가 차례로 활성화되어 적절한 서비스인

사용자: 오늘 식사 약속이 생겼어.  
추출기호(오늘, 식사, 약속, 생기다)  
추출정보(일정종류-식사, 일정날짜-오늘)  
프로덕션 규칙 매칭: '일정추가' 기호 활성화  
에이전트: 누구랑 만나기로 하셨나요?  
모터모듈: 일정추가-정보획득질의(일정대상)

사용자: 가족들이랑.  
추출기호(가족)  
추출정보(일정대상-가족)  
프로덕션 규칙 매칭: '장소추천' 기호 활성화  
에이전트: 신촌에서 보시나요?  
모터모듈: 장소추천-추천확인질의(일정장소)

사용자: 어  
추출기호(예)  
추출정보(일정장소-신촌)  
프로덕션 규칙 매칭: '시간선정' 기호 활성화  
에이전트: 몇 시 약속인가?  
모터모듈: 시간선정-정보획득질의(일정시간)

사용자: 1시에 보기로 했어.  
추출기호(1시, 보다)  
추출정보(일정시간-1시)  
프로덕션 규칙 매칭: '일정등록' 기호 활성화  
에이전트: 일정을 등록하였습니다.  
모터모듈: 일정등록

<그림 15> 사용자 의도인식 대화 예

인식모듈(행동:낮잠, 감정:보통, 스트레스:피로)  
시맨틱버퍼(날씨:맑음, 시간:2시, 일정:A)  
프로덕션 규칙 매칭: '일정알림' 기호 활성화  
프로덕션 규칙 매칭: '잠' 기호 활성화  
프로덕션 규칙 매칭: '깨우기' 기호 활성화  
모터모듈: 깨우기-일정알림(잔여시간)

에이전트: 주인님, 일어나세요.(자명종울림) 다음 일정이 30분 남았습니다.

사용자: 장소가 어디지?  
추출기호(장소, 어디)  
프로덕션 규칙 매칭: '장소검색' 기호 활성화

에이전트: 신촌입니다.  
모터모듈: 정보알림(일정A-장소)  
GoogleMap(일정A-장소) 출력

<그림 16> 계층적 인지구조 동작 예

‘깨우기’와 ‘일정알림’이 동작한다. 사용자의 추가 질의에 대해서는 새로운 기호(장소검색)가 선택되어 대응하는 서비스가 사용자에게 제공된다.

## V. 결론

본고에서는 지능형 인공비서와 범용적인 인지기능 구현을 위한 인지구조의 연구 동향과 계층적 인지구조를 적용한 지능형 인공비서에 대해 소개하였다. 범용적인 인지구조를 제공하여 저수준의 센서정보로부터 상황을 이해할 뿐만 아니라 사용자와의 상호작용을 통해 문제를 해결하는 인공비서를 설계하여 일정관리 서비스에 적용하였다.

다양한 지능기술이 개발됨에 따라 보다 범용적이고 고수준의 서비스를 제공하는 시스템에 대한 관심이 커져가고 있다. 다양한 인지기능을 효과적으로 통합하고 인간과 같은 수준의 지능과 인지기능을 구현하는 기술은 특정 영역에 국한된 서비스만을 제공하는 것이 아닌 다양한 영역에 쉽게 적용가능한 범용적인 지능형 인공비서의 개발에 일조할 것이다.

## VI. 감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-신기술융합형 성장동력사업의 일부 지원을 받아 수행된 연구임 (2009-0093676)

## 참고문헌

- [1] S. Bocionek, "Software secretaries: Learning and negotiating personal assistants for the daily office work," *In Proc. IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics*, pp.7-12, 1994.
- [2] N. Jennings and M. Wooldridge, "Applying agent technology," *Applied Artificial Intelligence*, Vol.9, pp.351-361, 1995.
- [3] D. Garlan and B. Schmerl, "The RADAR architecture for personal cognitive assistance," *Int. J. of Software Engineering and Knowledge Engineering*, Vol.17, No.2, 2007.
- [4] J.-H. Hong, Y.-S. Song and S.-B. Cho, "Mixed-initiative human-robot interaction using hierarchical Bayesian networks," *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics, Part A*, Vol.37, No.6, pp.1158-1164, 2007.
- [5] S.-Y. Lee, "Artificial brain based on brain-inspired algorithms for human-like intelligent functions," *IEEE Int. Conf. on Integration Technology*, pp. 40-41, 2007.
- [6] D. Vernon, G. Metta and G. Sandini, "A survey of artificial cognitive systems: Implications for the autonomous development of mental capabilities in computational agents," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol.11, pp.151-180, 2007.

- [7] V. Zue and J. Class, "Conversational interfaces: Advances and challenges," *Proc. of the IEEE*, Vol.88, No.8, pp.1166-1180, 2000.
- [8] X. Li and Q. Ji, "Active affective state detection and user assistance with dynamic Bayesian networks," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, Vol.35, No.1, pp.93-105, 2005.
- [9] K.-M. Kim, J.-H. Hong and S.-B. Cho, "A semantic Bayesian network approach to retrieving information with intelligent conversational agents," *Information Processing and Management*, Vol.43, No.1, pp.225-236, 2007.
- [10] H. Liu and P. Singh "ConceptNet: A practical commonsense reasoning toolkit," *BT Technology J.*, Vol.22, 2004.
- [11] K.-S. Hwang and S.-B. Cho, "Landmark detection from mobile life log using a modular Bayesian network model," *Expert Systems with Applications*, Vol.36, pp.12065-12076, 2009.
- [12] S.-B. Cho, K.-J. Kim, K.-S. Hwang, and I.-J. Song, "AniDiary: Daily cartoon-style diary exploits Bayesian networks," *IEEE Pervasive Computing*, pp.66-75, 2007.
- [13] J.-H. Hong, S.-S. Lim and S.-B. Cho, "Autonomous language development using dialogue-act template and genetic programming for a conversational agent," *IEEE Trans. Evolutionary Computation*, Vol.11, No.2, pp.213-225, 2007.
- [14] K.-J. Kim and S.-B. Cho, "Personalized mining of web documents using link structures and fuzzy concept networks," *Applied Soft Computing*, Vol.7, No.1, pp.398-410, 2007.
- [15] J.-H. Lee, H.-Y. Noh, S.-W. Oh, K.-S. Hwang and S.-B. Cho, "Development of user interface and blog based on probabilistic model for life log sharing and management," *Journal of KIISE: Computing Practices and Letters*, Vol.15, No.5, pp.380-384, 2009.
- [16] J.-H. Hong, S.-I. Yang and S.-B. Cho, "A context-aware messenger for sharing user contextual information," *Journal of KIISE: Computer Systems and Theory*, pp.906-910, 2008.
- [17] K.-J. Kim, and S.-B. Cho, "A unified architecture for agent behaviors with selection of evolved neural network modules," *Applied Intelligence*, Vol.25, No.3, pp.253-268, 2006.
- [18] E. Horvitz, J. Breese, D. Heckerman, D. Hovel and K. Rommelse, "The lumiere project: Bayesian user modeling for inferring the goals and needs of software users," *Proc. of the Fourteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, pp.256-265, 1998.
- [19] S. Lauria, G. Bugmann, T. Kyriacou, J. Bos and E. Klein, "Personal robots using natural language instruction," *IEEE Intelligent Systems*, Vol.16, No.3, pp.38-45, 2001.
- [20] M. Freed, J. Carbonell, G. Gordon, B.

- Myers, D. Siewiorek, S. Smith, A. Steinfeld and A. Tomasic. "RADAR: A personal assistant that learns to reduce email overload," *23<sup>rd</sup> AAAI Conf. on Artificial Intelligence*, pp.1287-1293, 2008.
- [21] P. Berry, K. Myers, T. Uribe and N. Yorke-Smith, "Task management under change and uncertainty: constraint solving experience with the CALO project," *Proc. CP'05 Workshop on Constraint Solving under Change and Uncertainty*, pp.4-8, 2005.
- [22] J. Anderson, "Human symbol manipulation within an integrated cognitive architecture," *Cognitive Science*, Vol.29, pp.313-341, 2005.
- [23] J. Laird, A. Newell and P. Rosenbloom, "Soar: an architecture for general intelligence," *Artificial Intelligence*, Vol.33, pp.1-64, 1987.
- [24] R. Sun, "Cognitive social simulation incorporating cognitive architectures," *IEEE Intelligent Systems*, Vol.22, pp.33-39, 2007.
- [25] J. Laird, "Extending the Soar cognitive architecture," in *Artificial General Intelligence*, pp.224-235, 2008.
- [26] J. Anderson, J. Fincham, Y. Qin, and A. Stocco, "A central circuit of the mind," *Trends in Cognitive Science*, Vol.12, pp.136-143, 2008.

## 저자소개



홍진혁

2002년 2월 연세대학교 기계전자공학부 학사  
 2004년 2월 연세대학교 컴퓨터과학과 석사  
 2009년 2월 연세대학교 컴퓨터과학과 박사  
 2008년 2월 BK21 영브레인 선정  
 2009년 3월~2009년 5월 연세대학교 소프트웨어응용  
 연구소 연구원  
 2009년 5월~현재 미국 CMU HCI 박사후연구원  
 주관심 분야 : 지능형 에이전트, 유비쿼터스 컴퓨팅, 사용  
 자 인터페이스 설계, 패턴인식



조성배

1988년 2월 연세대학교 전산학과 학사  
 1990년 2월 한국과학기술원 전산학과 석사  
 1993년 8월 한국과학기술원 전산학과 박사  
 1993년 10월~1995년 4월 일본 ATR 인간정보통신연구  
 소 연구원  
 1998년 1월~1998년 2월 호주 Univ. of New South  
 Wales 초청과학자  
 2005년 9월~2006년 8월 캐나다 Univ. of British  
 Columbia 방문교수  
 1995년 9월~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 교수  
 주관심 분야 : 신경망, 소프트웨어, 지능형 에이전트