

온톨로지에 기반한 지능형 에이전트의 설계

Design of Ontology-based Intelligent Agents

이인근 · 권순학*

In K. Lee and Soon H. Kwon

영남대학교 전기공학과

Dept. of Electrical Engineering, Yeungnam University

요 약

최근 온톨로지를 이용하여 지능형 에이전트의 지능을 구현하는 연구가 주목을 받고 있다. 그러나 온톨로지로 구현한 지능을 효과적으로 사용하기 위해서는 지능의 활용 목적에 적합한 온톨로지 모델의 설계가 필요하다. 본 논문에서는 지능형 에이전트가 특정 사건을 인식하고 반응하는 과정을 단계별로 표현한 '지능형 에이전트의 인지 사이클'을 정의한다. 그리고 온톨로지 기반의 지능형 에이전트를 설계하고, 온톨로지 추론을 통한 지능형 에이전트의 상태 변화, 감정 표현, 지능 확장이 가능한 온톨로지 모델을 제안한다. 또한, Helen이라는 지능형 에이전트를 구현하여 주변 환경과 상황에 따른 내부 상태의 변화를 확인하고 지능 확장의 용이성을 보인다.

키워드 : 지능형 에이전트, 온톨로지, 인지 사이클, 지능 설계

Abstract

The realization of intelligence by using ontology is getting attention recently. However, it is necessary to design ontology models suitable to their purpose in order to use efficiently the intelligence realized by ontology. In this paper, we define a cognition cycle for intelligent agents representing a process that the intelligent agents recognize an event and react to it. Moreover, we design an ontology-based intelligent agent, and propose an ontology model that is possible to change the agent's states, to express its emotions, and to expand its intelligence through ontological inference. Finally, we develop an intelligent agent named Helen, confirm the change of her inner states according to the environment and situation, and show the easiness of the extension of her intelligence.

Key Words : intelligent agent, ontology, cognition cycle, intelligence design

1. 서 론

감각 기관에서 획득한 자극으로부터 추론을 통해 감정을 생성하고, 생성된 감정을 표현할 수 있는 지능형 에이전트(intelligent agent)에 관한 연구가 활발히 연구되어 왔다 [1-12]. 특히, 인공지능 분야에서는 지능형 에이전트의 감정을 생성하는 방법에 관한 연구를 수행하였고, 캐릭터 분야에서는 지능형 에이전트의 감정을 표현하는 방법에 관한 연구를 수행해왔다. 그러나 인간의 감정을 모델링하여 표현하고자 하는 연구 목적은 유사하다. 지능형 에이전트의 감정 생성과 표현을 위한 연구로서, Wilson[2]은 Ekman[13]이 제안한 6가지 감정 인자, 즉 기쁨(joy), 노여움(anger), 공포(fear), 혐오(disgust), 놀람(surprise), 슬픔(sadness)을 감정(emotion), 기분(mood), 성격(personality)의 3가지 계층으로 표현하여 시간에 따른 지능형 에이전트의 감정 상태를 결정하는 AEE(Artificial Emotion Engine)를 설계하였다. 그리고 [3,4]에서는 자극, 동기, 감정 사이의 관계로부터 지능형 에이전트의 감정을 결정하기 위해 OCC[14] 모델을 이용하였다. Garcia-Rojas[5]는 인간의 감정과 감정 표현

방법에 관한 Whissel과 Ekman의 연구 결과를 기반으로 하여 가상 환경에서 인간 감정을 얼굴 표정으로 나타내기 위한 방법을 연구하였다.

감정의 생성과 감정의 표현뿐만 아니라, 지능형 에이전트가 외부의 자극 없이도 동기나 목적에 의해 특정 행동을 수행할 수 있도록 하는 행동 선택(action selection)에 관한 연구도 진행되고 있다[6-9]. Velasquez[6]는 Cathexis 모델 적용하여 가상 환경 속에서 배고픔, 목마름, 온도유지, 피로, 흥미의 5가지의 동기를 가지는 Simon이라는 아기 모습의 캐릭터를 통해 환경과 자극에 대한 캐릭터의 감정 변화와 행동 반응을 모델링하였다.

최근에는 지식의 표현이 자유롭고, 추론을 통해 지식의 확장이 가능한 온톨로지를 이용하여 지능형 에이전트의 감정을 결정하고 표현하려는 연구가 진행되고 있다[4,5]. 그러나 기존의 연구에서는 지능형 에이전트가 생성하고 표현할 수 있는 감정의 종류를 Ekman[13]이 제안한 6가지의 감정으로 한정하였다. 또한, 감정의 체계, 감정과 얼굴 표정의 관계 등을 온톨로지로 표현하였으나, 감정의 생성과 표현을 위한 추론과 온톨로지의 활용에 대한 구체적인 방법을 제시하지는 못하였다.

본 논문에서는 지능형 에이전트의 자극 수용과 그에 따른 내부 상태 변화, 감정의 표현과 목적 수행을 위한 행동까지의 과정을 나타내는 '지능형 에이전트의 인지 사이클'을

접수일자 : 2007년 12월 5일

완료일자 : 2008년 2월 5일

*Corresponding author

정의한다. 그리고 온톨로지를 이용하여 '지능형 에이전트의 인지 사이클'에 기반한 지능형 에이전트의 지능을 설계한다. 또한, 지능형 에이전트를 구현하여 주변 환경과 상황에 따른 감정의 변화를 확인하고 지능 확장의 용이성을 보인다.

2. 지능형 에이전트의 인지 사이클

본 논문에서는 Konar[1]가 제안한 '인지 사이클'을 확장하여 외부 자극에 대해 지능형 에이전트의 내부 상태 변화, 그리고 내부 상태의 표현과 목적 수행을 위한 행동까지의 과정을 표현하기 위한 '지능형 에이전트의 인지 사이클 (Cognition cycle for intelligent agent)'을 정의한다. '지능형 에이전트의 인지 사이클'은 그림 1과 같이 지능형 에이전트의 지능을 중심으로 하여 사건 획득, 사건 인식, 상태/감정 결정, 행동 계획, 행동 제어로 구성된다.

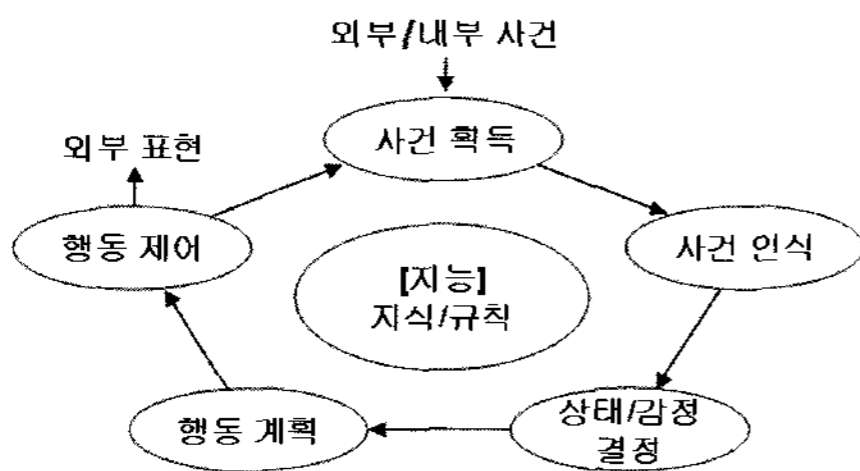


그림 1. 지능형 에이전트의 인지 사이클
Fig. 1. Cognition cycle for intelligent agents

(1)'사건 획득(event acquisition)'은 지능형 에이전트의 외부 및 내부에서 발생한 특정 사건을 감지하는 것이다. 사건은 외부의 물리적 자극(physical stimuli)뿐만 아니라, 지능형 에이전트가 감지할 수 있는 정보성 현상 (informational phenomenon)이나 정보성 사실 (informational fact)을 포함한다. 즉, 지능형 에이전트가 시각, 촉각, 후각, 청각 등과 같은 물리적 감각 센서를 통해 획득한 정보뿐만 아니라, 인터넷과 같은 통신채널을 통해 획득한 정보, 심지어 지능형 에이전트의 객관적 상태 (objective state)나 주관적 심리(subjective mind) 및 감정 또한 지능형 에이전트가 획득할 수 있는 사건이 된다.

(2)'사건 인식(event perception)'은 지능형 에이전트가 획득한 사건의 의미를 파악하고 이해하는 것이다. 지능형 에이전트는 특정 사건이 원인이 되는 결과들을 예측할 수 있으며, 그 사건과 예측에서 얻은 사실로부터 지능형 에이전트의 지식을 수정하고 확장한다.

(3)'상태/감정 결정(state/emotion decision)'은 지능형 에이전트가 인식한 사건에 대해 지능형 에이전트의 상태 및 감정을 결정하는 것이다. 지능형 에이전트의 상태 및 감정에 따라 욕구나 목표가 발생하거나 소멸할 수 있다.

(4)'행동 계획(action planning)'은 지능형 에이전트의 욕구를 해소하고 목표를 성취하기 위해 지능형 에이전트의 행동을 결정하는 것이다. 지능형 에이전트의 감정 표현 또한 행동 결정에 포함된다. 지능형 에이전트가 인식한 사건이 지능형 에이전트의 특정 행동으로부터 기인되었다고 판단될 경우, 지능형 에이전트의 욕구나 목표의 성취도에 따라 학습이 이루어진다.

(5)'행동 제어(action control)'는 지능형 에이전트의 행동 결정에 따라 얼굴 표정이나 몸짓을 외부로 표현하기 위해

물리적인 제어 값을 결정하는 것이다. 즉, 지능형 에이전트의 감정을 얼굴의 모양으로 표현할 때, 눈썹, 눈, 입 등의 얼굴 표정 기관의 움직임 정도를 결정한다.

3. 온톨로지 기반의 지능 설계

동일한 지식이라도 그 표현 방법은 다양하다. 또한, 같은 지식을 표현한 온톨로지라 할지라도 그 설계에 따라 온톨로지의 활용 범위가 달라진다. 그러므로 온톨로지의 응용 분야와 목적에 따라 지식의 확장, 추론, 활용이 용이하도록 온톨로지가 설계되어야 한다. 그림 2(a)는 온톨로지의 구성 요소인 개념(concept), 개체(instance), 숫자나 문자와 같은 데이터(data), 그리고 개념이나 개체 사이의 관계 설정을 위한 속성(property)의 기호를 나타낸다.

온톨로지는 지식 표현 방법에 따라 개념(concept)과 개체(instance)를 구분하기 위한 기준이 달라지며, 또한 관계(relation)를 표현하기 위한 속성(property)의 표현 방법 또한 달라진다. 예를 들어, 본 논문에서 구현한 'Helen' 개체의 감정을 표현함에 있어 그림 2(b)와 같이 'angry(Helen, 0.5)'와 같이 화난 정도를 'angry'속성을 이용하여 이진 관계(binary relation)로 표현할 수 있다. 그러나 'angry(Helen, James, 0.5)'와 같은 이진 이상의 관계(n-ary relation)를 표현하기 위해서는 'property(subject, object, degree)'와 같이 미리 정의된 관계 표현 형태가 필요하며, 그림 2(c)와 같이 이진 관계의 조합만으로 이진 이상의 관계를 표현할 수 있다.

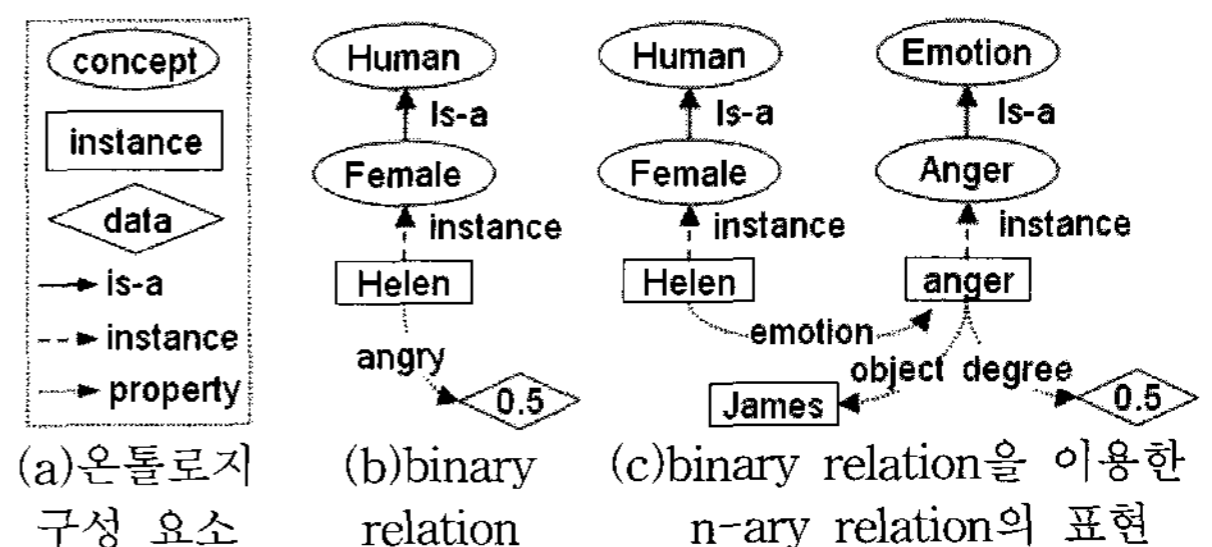


그림 2. 관계의 표현
Fig. 2. Expression of relations

아래에서는 지능형 에이전트의 지능 표현과 확장에 적합한 온톨로지를 설계하고, 지능형 에이전트의 인지 사이클에 따른 온톨로지의 구축과 활용 방법을 보인다.

3.1 지능 표현을 위한 온톨로지 설계

지능형 에이전트의 지능 구현을 위해 지식(knowledge), 특성(character), 상태(state), 감정(emotion), 행동(action) 등의 정보를 온톨로지로 표현한다.

(1)지식의 표현: 객관적인 사실을 표현한다. 예를 들어, '엄마는 여자이고, 한명 이상의 아기가 있다.' 라는 지식은 [Axiom-1]과 같이 정의하고, 그림 3과 같이 표현할 수 있다. 또한, 개체 'baby'의 신체 각 부분들과의 관계처럼 외형적인 정보도 온톨로지로 표현한다.

[Axiom-1]

$$Mother \equiv Female \cap \exists isMother.Baby \cap isMother \geq 1$$

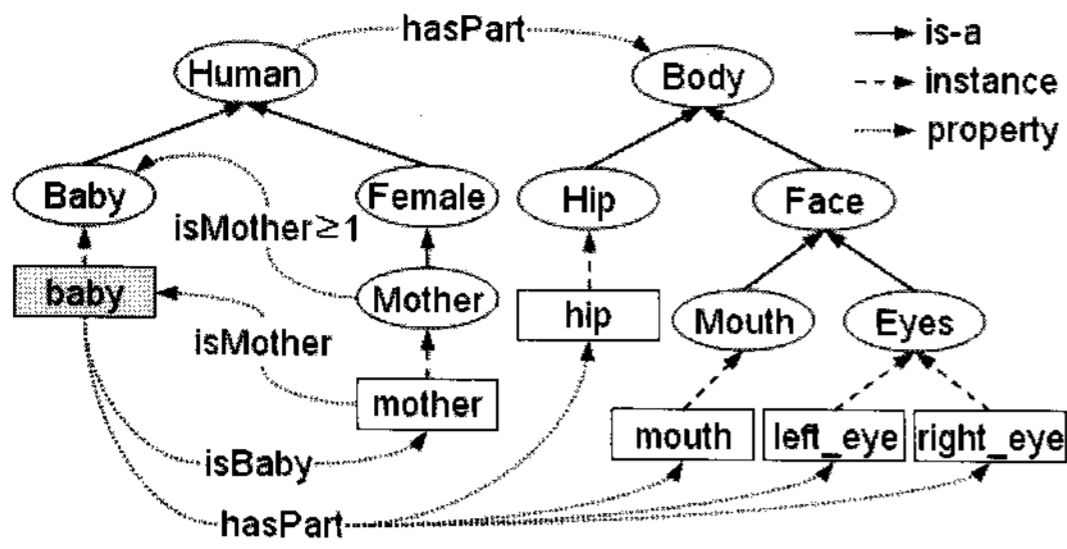


그림 3. 지식의 표현
Fig. 3. Expression of knowledge

(2)특성의 표현: 지능형 에이전트의 고유 성질을 나타낸다. 그림 4와 같이 개체 'mother'와 개념 'Meat'의 관계를 속성 'canEat'으로 설정함으로써 'canEat(mother, Meat)'를 표현한다. 특히, 개체 'baby'의 경우에는 'canEat(baby, milk_1)'으로 표현함으로써 "개체 'baby'는 '개체 'milk_1'만을 먹을 수 있다"고 한정할 수 있다.

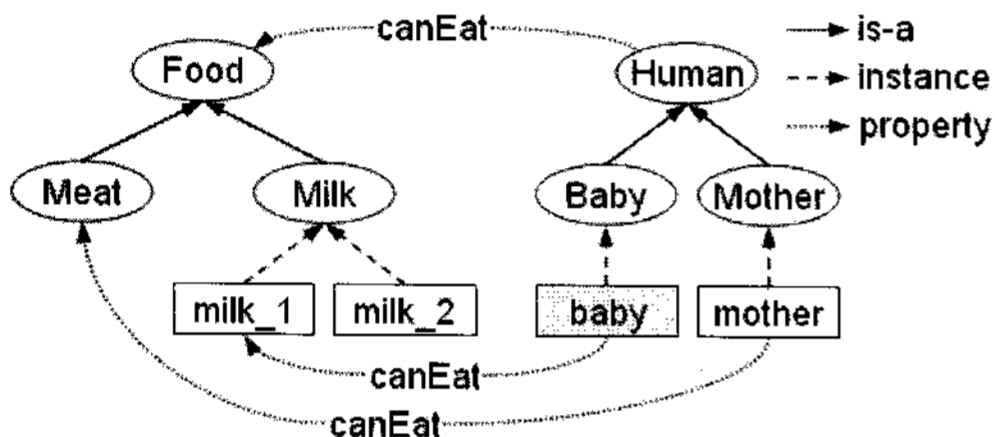


그림 4. 특성의 표현
Fig. 4. Expression of characteristics

(3)상태의 표현: 지능형 에이전트 내부의 상태를 나타낸다. 그림 5와 같이 내부에서 인식하는 느낌(feeling)의 상태를 배고픔(hungry), 포만감(full), 고통(pain) 등과 같은 개체로 나타내고, 또한 각 느낌 개체의 크기(degree)를 나타낼 수 있다. 또한, 각 느낌 개체마다 역치(threshold)를 설정함으로써, 느낌의 크기가 역치 이상일 경우 실제로 개체가 특정 느낌을 인식할 수 있도록 할 수 있다. 역치는 지능형 에이전트의 특성이 된다.

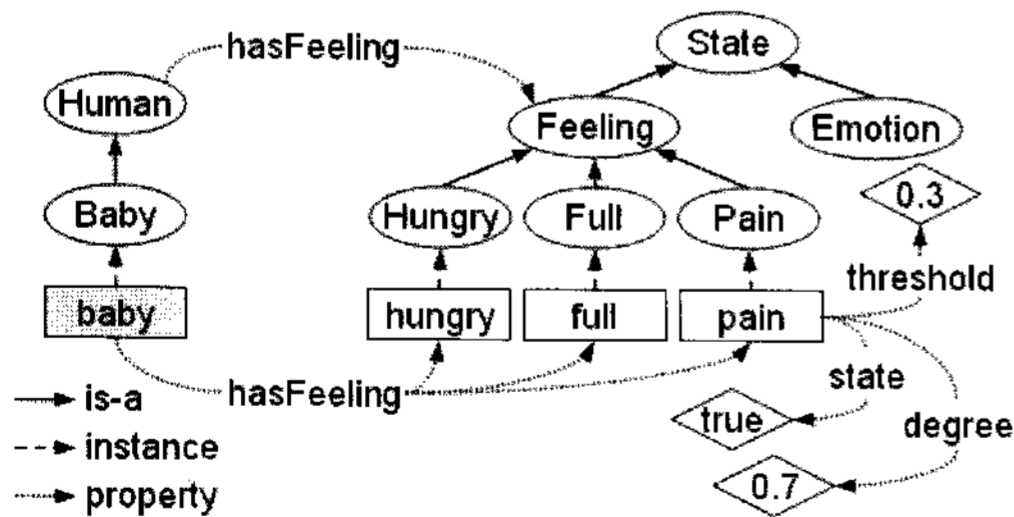


그림 5. 상태의 표현
Fig. 5. Expression of states

(4)감정의 표현: 지능형 에이전트의 감정 상태를 나타낸다. 그림 6과 같이 개체 'baby'의 감정인 노여움(anger), 만족(satisfy), 사랑(love)을 개념으로 표현함으로써 개체의 감정을 체계적으로 분류하고 쉽게 확장할 수 있도록 한다. 또한, "아기는 엄마를 많이(0.9) 사랑한다"와 같이 '사랑한다'의 대상과 크기를 나타낼 수 있다. 그리고 "아기는 아빠보다 엄마를 더 사랑한다."를 표현하기 위해 개체 'baby'는

동일 개념 'Love'에 속하는 다수의 감정 개체와 관계를 맺을 수 있다. 즉, 위의 문장은 'hasEmotion(baby, love_mother), object(love_mother, mother), state(love_mother, 0.9)'와 'hasEmotion(baby, love_father), object(love_father, father), state(love_father, 0.7)'로 표현할 수 있다.

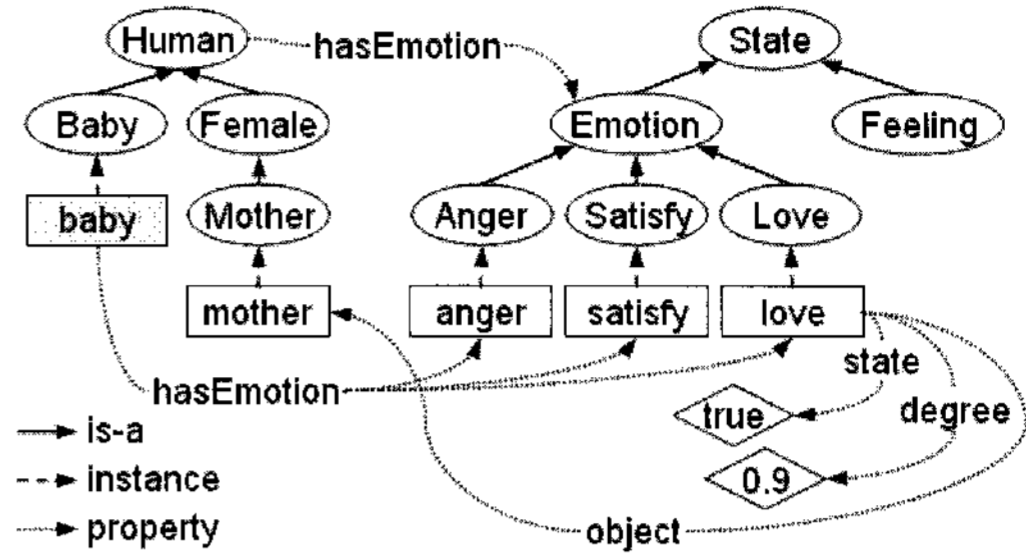


그림 6. 감정의 표현
Fig. 6. Expression of emotion

(5)행동의 표현: 지능형 에이전트가 내부 상태와 감정에 따른 행위의 종류를 나타낸다. 그림 7과 같이 현재는 개체 'baby'가 'eat'과 'cry'의 행동이 가능하다. 그러나 'doAction(baby, run)'의 관계를 추가함으로써 개체 'baby'는 개념 'Run'의 개체인 'run'의 행동이 가능하게 할 수 있다. 즉, 학습을 통해 행동의 표현 범위를 확장할 수 있다.

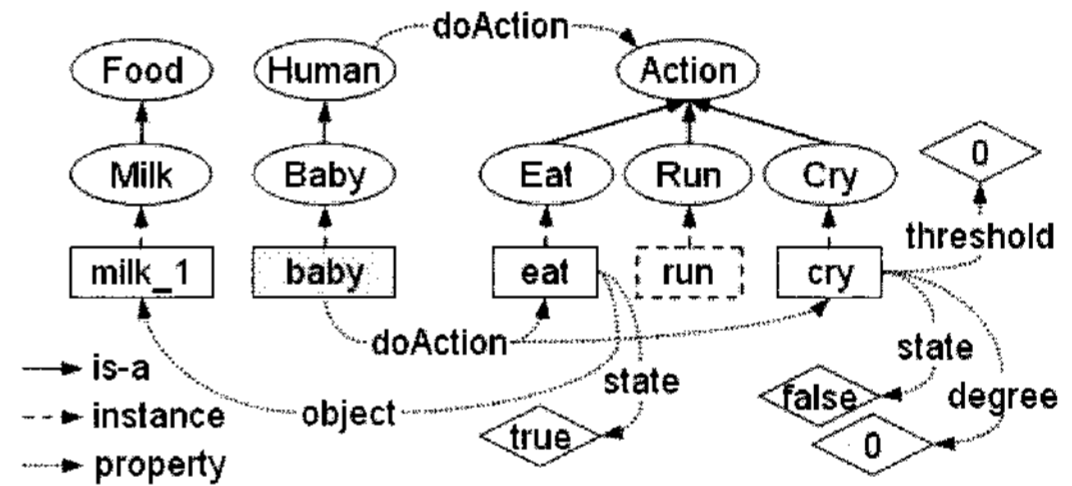
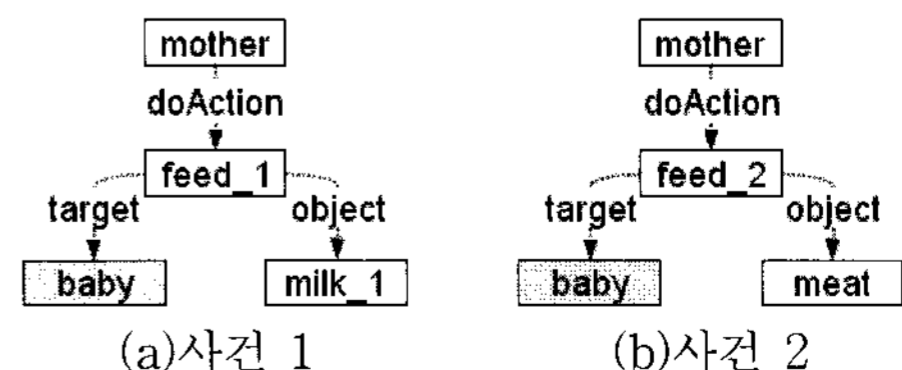


그림 7. 행동의 표현
Fig. 7. Expression of actions

3.2 사건 획득

지능형 에이전트는 그림 8과 같은 형태로 내부와 외부에서 발생한 사건을 획득하게 된다.

지능형 에이전트가 네트워크를 통해 얻은 일부 지식 체계가 그림 8과 같이 표현되거나 지능형 에이전트 내부에서 발생한 사건은 별도의 변환 과정 없이 수용 가능하다. 그러나 그림 8과 같이 표현되지 않는 사건 정보나, 센서를 통해 획득한 사건과 같이 정형화 되지 않은 사건에 대해서는 사건의 의미를 파악하는 과정이 필요하게 된다. 즉, 지능형 에이전트가 획득한 사건의 발생 주체나, 사건의 종류, 대상, 규모 등과 같이 '사건의 인식' 과정과 병렬적으로 수행되어야 한다.



(a)사건 1 (b)사건 2
그림 8. 사건의 획득 형태
Fig. 8. A form of event acquisition

3.3 사건 인식

지능형 에이전트는 획득한 사건에 대해 추론을 통해 그 의미를 파악하여 지식을 수정한다. 예를 들어, 그림 8의 사건에 대해 [Rule-1], [Rule-2]의 추론 규칙으로 그림 9와 같은 추론 결과를 얻는다.

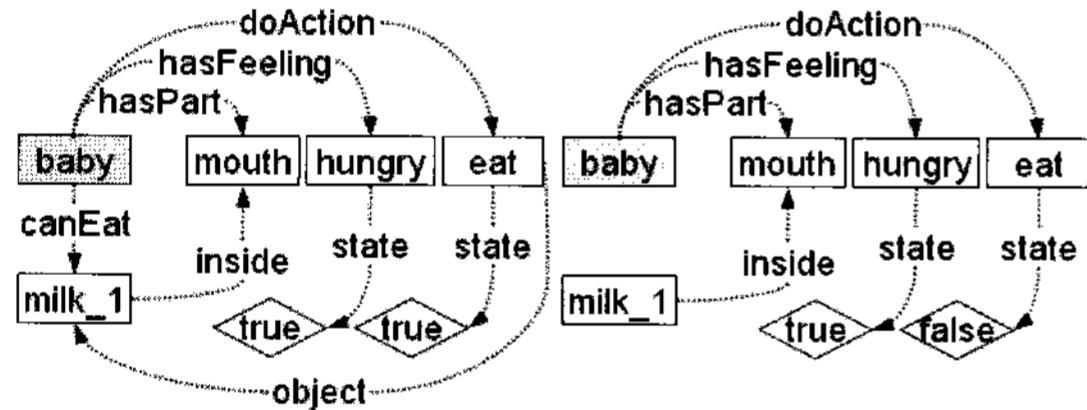
추론 규칙은 [Rule-1]에서와 같이 ‘조건부→결론부’의 형태로 구성되며, ‘∧’는 논리곱을 나타낸다. 그리고 ‘Human(?h1)’과 ‘Feed(?fe)’은 개념 ‘Human’과 개념 ‘Feed’의 하위 개념이나 개체를 각각 변수 ‘?h1’과 ‘?fe’로 지정하는 것을 뜻하고, ‘doAction(?h1,?fe)’은 각 변수에 지정된 개념이나 개체의 관계가 ‘doAction’이라는 속성으로 설정되어 있다는 것을 뜻한다. 따라서 [Rule-1]의 조건부를 만족하는 개념과 개체들 중에서 ‘?fo’와 ‘?m’의 변수에 지정된 개념이나 개체의 관계를 ‘inside’라는 속성으로 설정함으로써 새로운 사실을 생성한다.

[Rule-1]

$$\begin{aligned} & Human(?h1) \wedge Human(?h2) \wedge Food(?fo) \wedge Feed(?fe) \\ & \wedge doAction(?h1,?fe) \wedge object(?fe,?fo) \\ & \wedge target(?fe,?h2) \wedge Mouth(?m) \wedge hasPart(?h2,?m) \\ & \rightarrow inside(?fo,?m) \end{aligned}$$

[Rule-2]

$$\begin{aligned} & Human(?h) \wedge Food(?fo) \wedge Eat(?e) \wedge Hungry(?hr) \\ & \wedge doAction(?h,?e) \wedge Mouth(?m) \wedge hasPart(?h,?m) \\ & \wedge hasFeeling(?h,?hr) \wedge state(?hr,true) \\ & \wedge inside(?fo,?m) \wedge canEat(?h,?fo) \\ & \rightarrow state(?e,true) \wedge object(?e,?fo) \end{aligned}$$



(a)사건 1의 인식 결과 (b)사건2의 인식 결과

그림 9. 사건 인식 결과

Fig. 9. Results of event perception

그림 9(a)의 경우에는 [Rule-2]의 조건을 만족하여 ‘object(eat, milk_1)’와 ‘state(eat, true)’의 새로운 사실이 추론되었다. 그러나 그림 9(b)의 경우에는 [Rule-2]의 조건 중 ‘canEat(baby, milk_2)’를 만족하지 못하여 개체 ‘baby’는 개체 ‘milk_2’를 먹지 않는 것으로 판단한다.

3.4 상태 및 감정 결정

외부의 사건이나 내부 상태에 따라 지능형 에이전트의 상태나 감정의 변화를 결정하는 단계이다. 예를 들어, 그림 10과 같이 개체 ‘baby’의 배고픔(hungry)의 정도가 ‘0.8’일 때, 개체 ‘baby’의 배고픔의 역치인 ‘0.7’보다 크다는 조건에 의해 [Rule-3]에서 개체 ‘baby’는 배고픔을 느끼게 된다. 그리고 [Rule-4]에서는 배고픔으로 인해 편안함(satisfy)을 느끼지 못하며, 음식(Food)을 필요로 하게 된다. [Rule-5]에서는 필요로 하는 것을 가지지 못할 때 슬픔(sad)을 느끼게 된다. [Rule-5]는 감정을 결정하는 규칙으로서 Masuyama[15]가 정의한 ‘Sorrow’의 감정의 논리 공식을 변형한 것이다.

[Rule-3]

$$\begin{aligned} & Human(?h) \wedge Hungry(?hr) \wedge hasFeeling(?h,?hr) \\ & \wedge threshold(?hr,?t) \wedge degree(?hr,?d) \\ & \wedge greaterThan(?d,?t) \\ & \rightarrow state(?hr,true) \end{aligned}$$

[Rule-4]

$$\begin{aligned} & Human(?h) \wedge Hungry(?hr) \wedge hasFeeling(?h,?hr) \\ & \wedge state(?hr,true) \\ & \wedge Satisfy(?st) \wedge hasEmotion(?h,?st) \\ & \rightarrow state(?st,false) \wedge need(?b,Food) \end{aligned}$$

[Rule-5]

$$\begin{aligned} & Human(?h) \wedge Sad(?sd) \wedge hasEmotion(?h,?sd) \\ & \wedge Mouth(?m) \wedge hasPart(?h,?m) \\ & \wedge Food(?fo) \wedge need(?h,?fo) \wedge \neg inside(?fo,?m) \\ & \rightarrow state(?sd,true) \end{aligned}$$

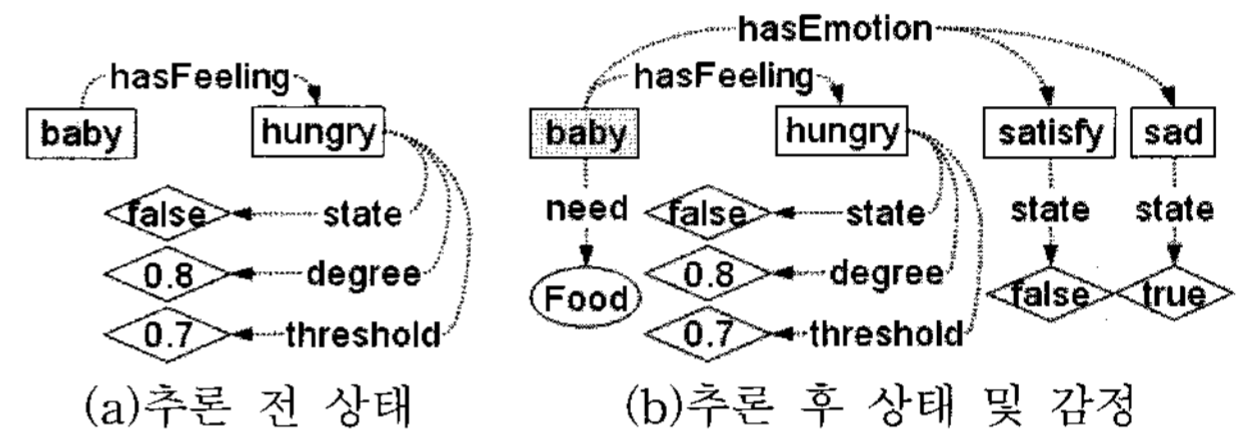


그림 10. 상태 및 감정 결정

Fig. 10. Decision of states and emotion

3.5 행동 계획

지능형 에이전트의 내부 상태나 감정, 동기나 목적에 따라 지능형 에이전트가 외부로 표출하는 행동을 결정한다. 즉, 지능형 에이전트는 내부 상태나 감정을 표현하기 위해 얼굴 표정을 변화하거나, 지능형 에이전트가 특정 목적을 수행하기 위해 내부 상태나 감정과는 무관하게 특정 행동을 결정한다. 그러므로 행동 계획에서는 종합적인 판단을 위한 복잡한 추론 규칙과 행동 결정 과정이 필요하다. 예를 들어, 그림 11과 같이 개체 ‘baby’가 배고픔을 느낄 때 음식(Food)을 필요로 하게 된다. 음식을 얻기 위해 개체가 할 수 있는 행동으로는 [Rule-6]의 추론을 통해 울음(cry)을 결정할 수 있으며 울음의 크기 또한 결정할 수 있다.

[Rule-6]

$$\begin{aligned} & Baby(?b) \wedge Hungry(?hr) \wedge hasFeeling(?b,?hr) \\ & \wedge Cry(?c) \wedge doAction(?b,?c) \\ & \wedge state(?hr,true) \wedge degree(?hr,?d) \\ & \rightarrow state(?c,true) \wedge degree(?c,F_{cry}(?d)) \end{aligned}$$

여기서 F_{cry} 는 울음(cry)의 정도(degree)를 결정하는 함수로서 개체의 특성에 의해 결정된다.

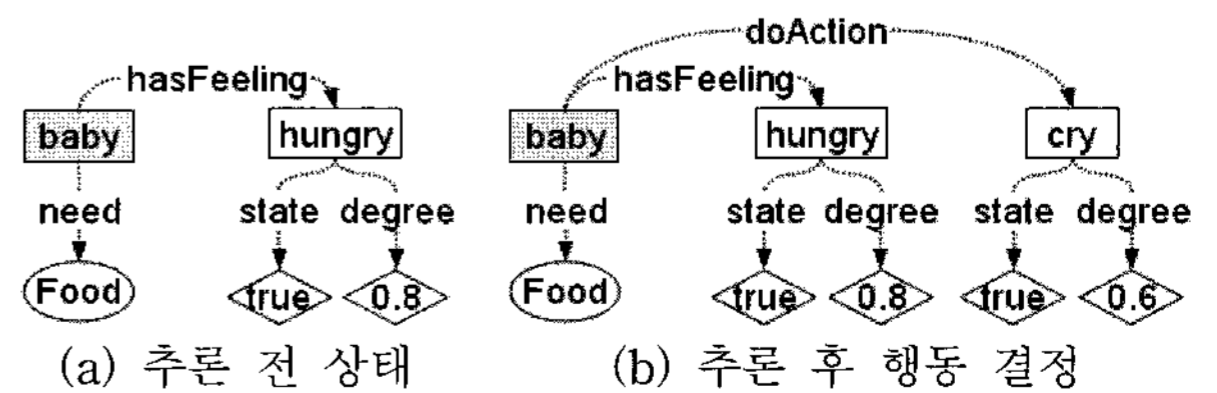


그림 11. 행동 계획

Fig. 11. Planning of actions

3.6 행동 제어 및 감정 표현

지능형 에이전트는 행동 계획에서 결정된 행동을 표현 기관을 이용하여 외부로 표현한다. 예를 들어, 그림 12와 같이 개체 'baby'는 울음(cry)의 행동 결정 이후에 [Rule-7]을 통해 울음(cry)의 정도에 따라 얼굴의 표정 기관인 눈썹(BrowsExp), 눈(EyeExp), 입(MouthExp) 등을 제어하게 된다. 눈썹의 경우 왼쪽 눈썹(brows_left_exp), 오른쪽 눈썹(brows_right_exp)의 움직임 정도를 결정함으로써 울음(cry)의 행동에 대해 눈썹의 모양을 결정한다.

[Rule-7]

$$\begin{aligned} & Human(?h) \wedge BrowsLeftExp(?e) \wedge hasExpress(?h,?e) \\ & \wedge Cry(?c) \wedge doAction(?h,?c) \wedge state(?c,true) \\ & \wedge degree(?c,?d) \\ & \rightarrow degree(?e, F_{BrowsLeftExp}^{cry}(?d)) \end{aligned}$$

여기서 $F_{BrowsLeftExp}^{cry}$ 는 왼쪽 눈썹(brows_left_exp)의 움직임 정도를 결정하는 함수이다.

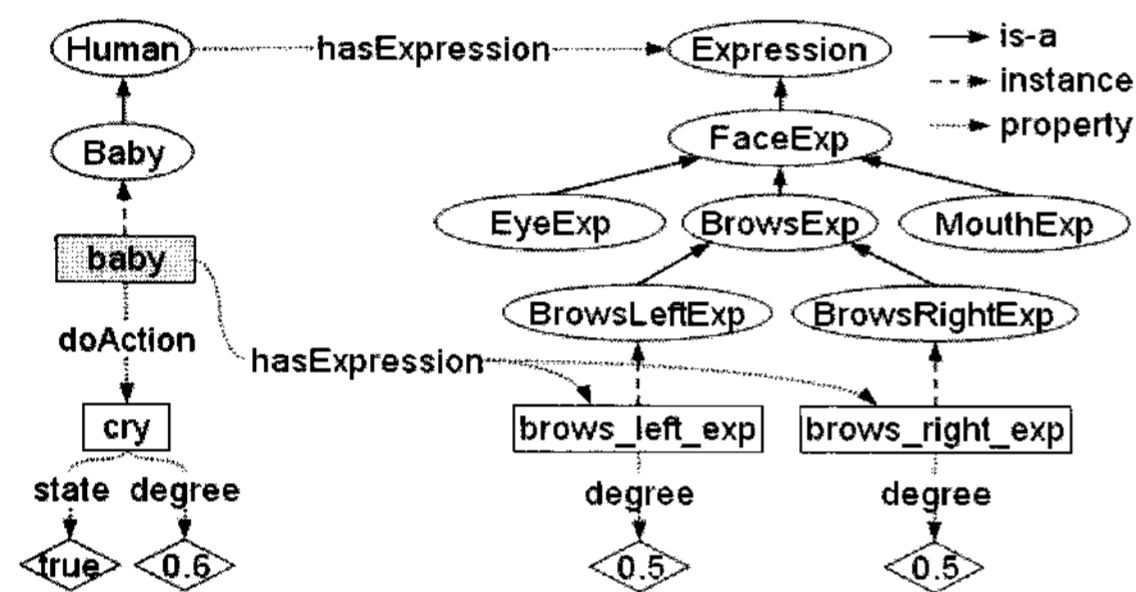


그림 12. 행동 제어
Fig. 12. Control of action

4. 지능형 에이전트 구현

본 절에서는 위의 2절 및 3절에서 논의한 지능형 에이전트의 인지 사이클 및 온톨로지에 기반한 지능의 설계 기법을 바탕으로 온톨로지 기반의 지능형 에이전트(Helen)를 Jena2[15]와 JAVA로 구현한다. 그림 13은 지능형 에이전트 Helen의 인터페이스 화면을 보인다.

Helen의 구조는 그림 14와 같다. Helen의 지식은 온톨로지 구현하였고, 외부에서 인위적으로 Helen에게 자극을 줄 수 있도록 하였다. 그리고 온톨로지 추론 규칙을 작성하고, 온톨로지 추론을 통해 외부 자극과 시간 흐름에 따른 Helen의 내부 상태와 감정을 결정하도록 하였다. 또한, Helen의 감정이나 욕구 표출은 표정을 통해 외부로 의사 전달이 가능하도록 하였고, Helen의 얼굴 형태와 표정은 Ekman의 FACS(Face Action Coding System)[10]과 Perlin의 Facial Animation[11]을 참조하여 설계하였다.

그림 15는 Facial Animation을 참조하여 구성한 Helen의 얼굴 골격과, 얼굴 표정을 표현하기 위해 기준이 되는 주요 지점을 나타낸 것이다. 예를 들어, 왼쪽눈썹의 움직임을 표현하는 기준이 되는 지점(FL11, FL12, FL13, FL14, FL15)의 위치를 변경함으로써 눈썹의 모양을 나타낸다. 표 1은 왼쪽 눈썹의 움직임 범위를 나타낸다. 즉, 눈썹의 움직임 방향을 '-1(하향)', '0(기준)', '1(상향)'과 같이 정하고, 방향에 대한 각 지점이 이동할 수 있는 최대 범위를 나타낸다.

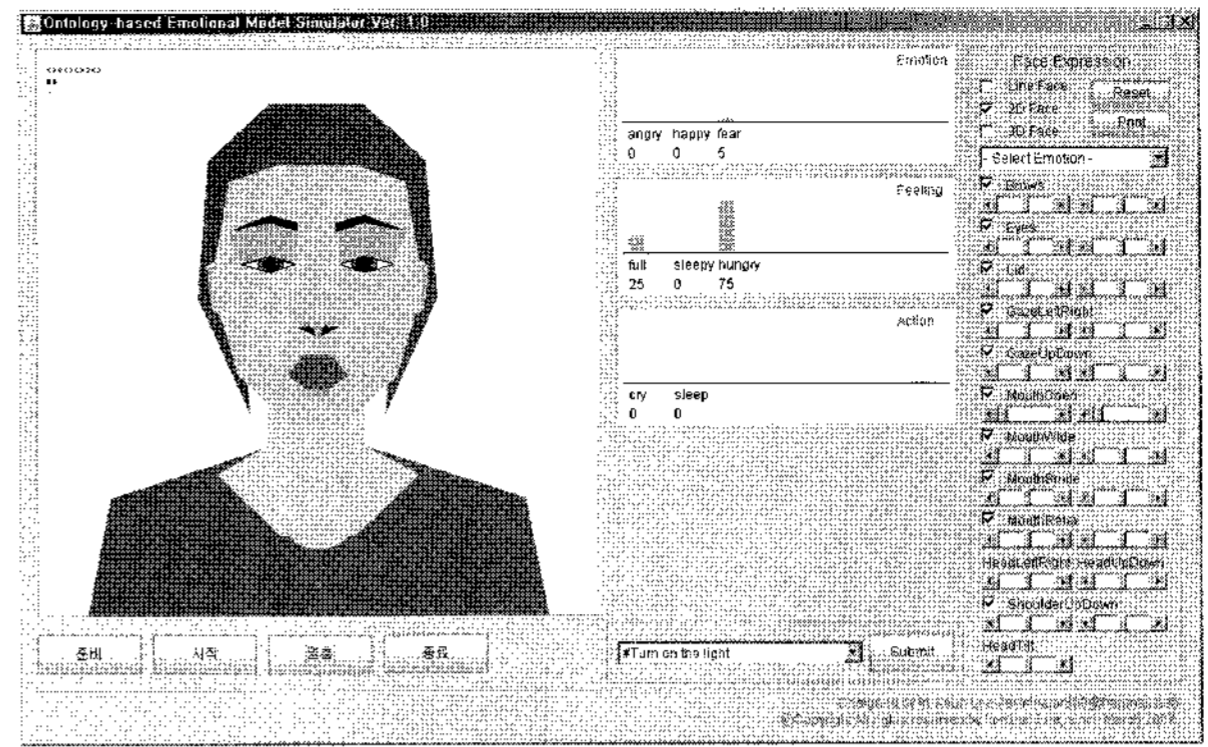


그림 13. 지능형 에이전트, Helen
Fig. 13. Intelligent agent, Helen

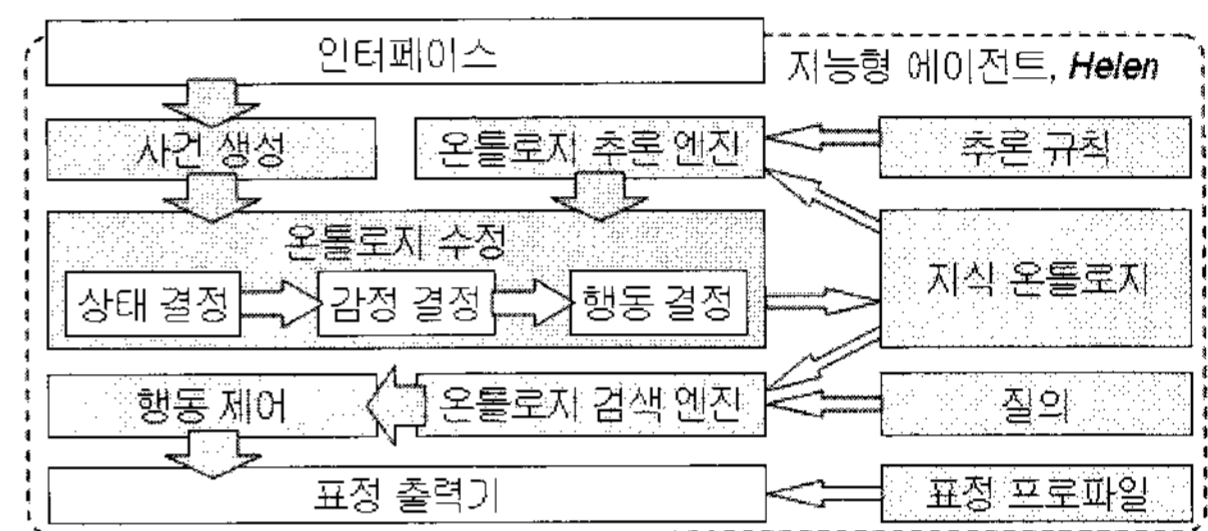


그림 14. Helen의 구조
Fig. 14. Architecture of Helen

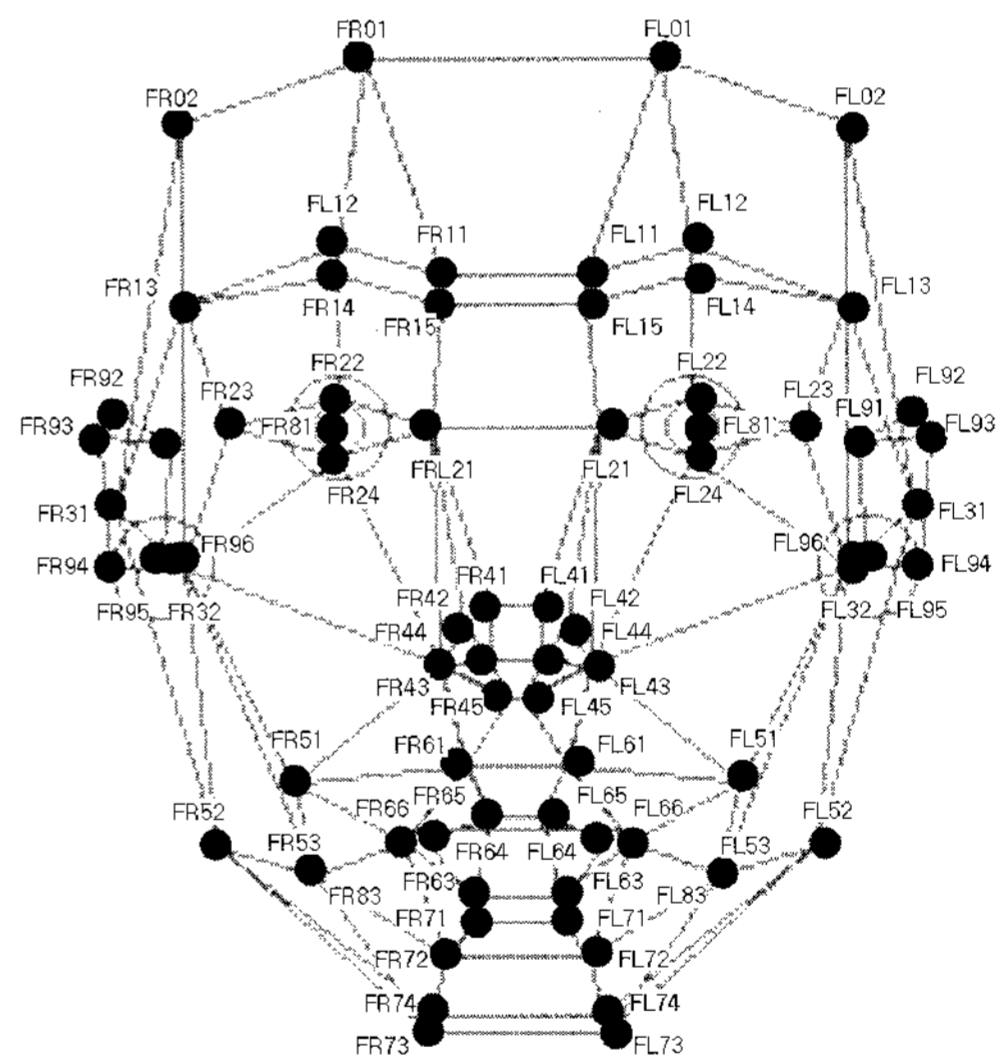


그림 15. Helen의 얼굴 골격
Fig. 15. Helen's face frame

그림 16은 Helen의 무표정에서 노여움으로의 표정 변화의 예를 보인다. “화가 났을 경우에 미간을 찌푸리고 눈을 치켜뜨며, 윗입술이 올라가 치아를 드러낸다.”와 같이 감정에 따른 표정은 얼굴 표정 기관의 움직임으로 표현할 수 있다. 따라서 각 표정에 대한 얼굴 표정 기관의 움직임 정도를 표 2와 같이 프로파일로 설정하고, 특정 감정을 표정으로 나타낼 때 표정 프로파일을 참조하여 각 기관의 움직임 정도를 결정한다. 예를 들어, 그림 12에서 노여움의 감정 정도에 따라 왼쪽 눈썹의 표현 정도가 'degree(brows_left_exp, 0.5)'와 같이 '0.5'로 결정되었을 경우, 실제 Helen의

왼쪽 눈썹의 움직임은 식 (1)과 같이 결정된다. 여기서 $FL11_x$ 와 $FL11_y$ 는 각각 'FL11'가 이동할 x 축, y 축의 크기를 나타낸다. 즉, 표 2에서 노여움의 감정을 표현할 때 왼쪽 눈썹의 방향과 움직임의 비율은 각각 '-1(하향)'과 '1.0'이다. 그리고 $FL11_x$ 의 경우에는 움직임의 방향이 '-1(하향)'이므로 x 축의 최대 이동 범위는 '5'이다. 또한, 화난 정도에 따른 왼쪽 눈썹의 움직임 정도가 '0.5'로 결정되었으므로, 'FL11' 지점은 x 축으로 '2.5'만큼 이동한다.

$$FL11_x = 5 \times 1.0 \times 0.5 = 2.5$$

$$FL11_y = -12 \times 1.0 \times 0.5 = -6 \quad (1)$$

표 1. 왼쪽 눈썹의 움직임 범위
Table 1. Motion limits of left eyebrow

기준 점	-1 하향/오른쪽		0 기준		1 상향/왼쪽/열기	
	x 축	y 축	x 축	y 축	x 축	y 축
FL11	5	-12	0	0	-2	12
FL12	0	-3	0	0	-2	3
FL13	0	8	0	0	0	-8
FL14	0	-4	0	0	0	4
FL15	0	-14	0	0	-5	14

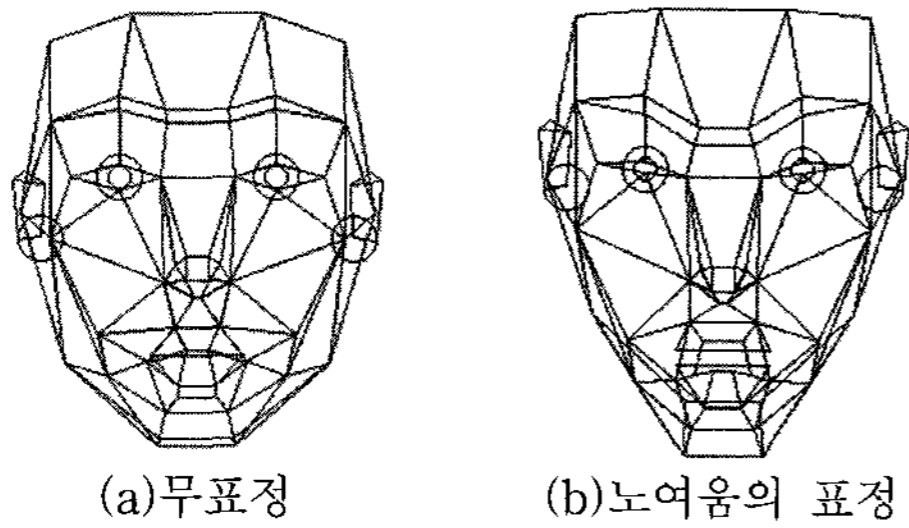


그림 16. 표정 변화
Fig. 16. Change of face expression

표 2. 노여움의 표정 프로파일
Table 2. Profile of face expression for anger

대상	방향	비율	대상	방향	비율
왼쪽 눈썹	-1	1.0	오른쪽 눈썹	-1	1.0
왼쪽 눈	-1	0.55	오른쪽 눈	-1	0.55
왼쪽 눈꺼풀	1	1.0	오른쪽 눈꺼풀	1	1.0
왼쪽 눈동자 좌/우 보기	0	1.0	오른쪽 눈동자 좌/우 보기	0	1.0
왼쪽 눈동자 상/하 보기	0	1.0	오른쪽 눈동자 상/하 보기	0	1.0
왼쪽 입술 열기	1	0.13	오른쪽 입술 열기	1	0.13
왼쪽 입꼬리 당기기	0	1.0	오른쪽 입꼬리 당기기	0	1.0
왼쪽 입꼬리 올리기	-1	1.0	오른쪽 입꼬리 올리기	-1	1.0
머리 돌리기	0	0	머리 숙이기	-1	1.0

Helen은 시간 경과에 따라 배고픔(hungry), 피로감

(tired) 등의 내부 상태가 변하게 되며, 그에 따라 음식(Food)과 수면(Sleep)을 필요로 한다. 그리고 각각의 필요에 따라 표정으로 의사를 표시한다. 그림 17은 자극에 대한 Helen의 내부 상태와 감정 및 행동의 변화를 보인다.

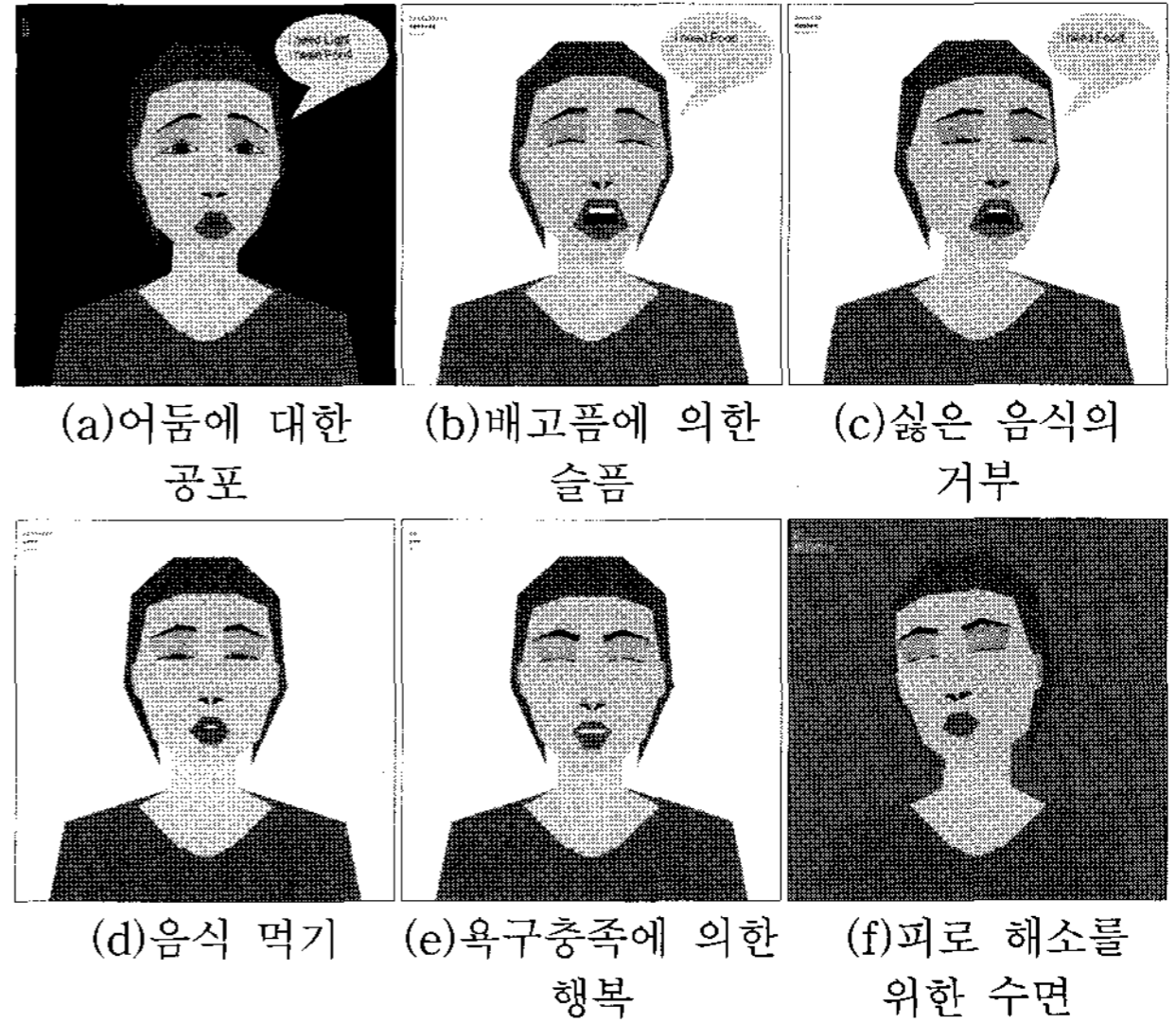


그림 17. Helen의 상황별 표정과 행동
Fig. 17. Helen's face expressions and her actions at each state

실험을 위해 Helen을 어두운 공간에 방치하였다. Helen은 시간이 경과함에 따라 어둠에 대한 공포와 배고픔을 느끼게 되고, 어둠에 대한 공포(fear)를 그림 17(a)와 같이 표현하였다. 그리고 밝은 곳에 있기를 위하여 불을 켜줄 것을 요구하였다. 이에 대응해 'state(light, true)'를 온톨로지에 추가하여 불빛을 공급하였다. 공포는 해소되었으나 배고픔(hungry)의 상태는 해소되지 못하였기에, 그림 17(b)와 같이 Helen은 배고픔에 대한 슬픈(sad) 감정을 표현하고 음식을 요구하였다. 'inside(rice, mouth)'를 통해 음식을 제공하였으나, Helen은 'rice'를 좋아하지 않으므로 그림 17(c)와 같이 음식 먹기를 거부하였다. 'inside(meat, mouth)'를 통해 Helen이 좋아하는 음식인 'meat'를 제공하자 그림 17(d)와 같이 음식을 먹었다. 그리고 그림 17(e)에서 배고픔의 욕구 해소에 의한 행복한(happy) 감정을 표현하였다. 'state(light, false)'를 통해 불을 끄자, 그림 17(f)에서 수면(sleep)을 통해 피로감(tired)을 해소하는 모습을 확인할 수 있었다.

온톨로지로 구성된 지능을 확장하기 위해, Helen에게 노여움(anger)의 감정을 온톨로지에 추가하고, 노여움의 감정 상태에 대한 표정 프로파일을 설정하였다. 그리고 노여움의 감정 상태를 발생하는 인자의 추론을 위해 Masuyama가 정의한 'Anger'의 감정 논리 공식을 변형한 [Rule-8]의 추론 규칙을 추가하였다. 그리고 그림 18(a)와 같이 음식을 요구하는 Helen에게 음식을 주고, Helen이 음식을 먹는 도중에 음식을 빼앗자 그림 18(b)와 같이 노여움을 표현하였다.

[Rule-8]

$Human(?h) \wedge Food(?fo) \wedge Eat(?e) \wedge Anger(?a)$
 $\wedge hasEmotion(?h,?a) \wedge Mouth(?m) \wedge hasPart(?h,?m)$
 $\wedge doAction(?h,?e) \wedge target(?e,?fo) \wedge \neg inside(?fo,?m)$
 $\rightarrow state(?e,true)$

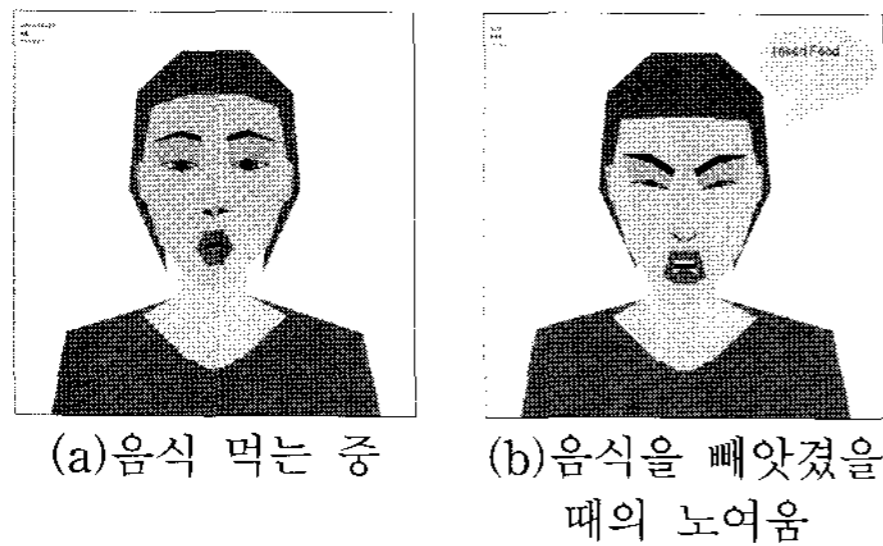


그림 18. 감정과 표현의 추가
 Fig. 18. Additional emotion and its expression

5. 결 론

지능형 에이전트로 하여금 인간과 유사한 감정 체계를 갖고, 좀 더 유연한 사고를 바탕으로 외부 자극에 대해 인간과 유사한 반응을 보일 수 있도록 하기 위한 방법으로 온톨로지를 이용한 연구가 주목받고 있다. 그러나 온톨로지가 지식 표현의 자유성과 확장의 용이성 및 추론과 검색을 통해 쉽게 활용할 수 있다는 장점은 있으나, 동일한 지식이라 할지라도 표현 방법에 따라 온톨로지의 활용 범위와 효용성이 달라지는 단점이 있다. 따라서 온톨로지 구현한 지능을 효과적으로 사용하기 위해서는 지능의 활용 목적에 적합한 온톨로지 모델의 설계가 필요하다.

본 논문에서는 사건 획득, 사건 인식, 상태/감정 생성, 행동 선택, 행동 제어로 구성된 '지능형 에이전트의 인지 사이클'을 정의함으로써, 외부 자극에 대한 지능형 에이전트의 내부 상태 변화, 그리고 내부 상태의 표현과 목적 수행을 위한 행동까지의 과정을 체계화 하였다. 그리고 온톨로지를 이용하여 '지능형 에이전트의 인지 사이클'에 기반한 지능형 에이전트를 설계하였고, 지능 설계 과정에서 온톨로지 추론을 통해 지능형 에이전트의 상태 변화, 감정 표현, 지능 확장이 가능한 온톨로지 모델을 제안하였다. 또한, Helen이라는 지능형 에이전트를 구현하여 상황에 따른 내부 상태의 변화와 지능 확장의 용이성을 확인하였다.

차후 연구로는, 지능형 에이전트가 인간뿐만 아니라 다른 지능형 에이전트와의 관계 속에서 학습을 통해 지식과 규칙을 확장할 수 있는 온톨로지 모델과 온톨로지 규칙 설계에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] A. Konar, *Artificial Intelligence and Soft Computing Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain*, CRC Press, Boca Raton, 2000.
 [2] I. Wilson, "The Artificial Emotion Engine : Driving Emotional Behavior," *In: AAI Spring Symposium on Artificial Intelligence and Interactive Entertainment*, 2000.
 [3] 최형일, "감성 인터페이스 에이전트," *정보과학회지*, 제18권, 5호, pp. 36-40, 2000.
 [4] 김지환, 조성현, 최종학, 양정진, "디지털 캐릭터를 위한 온톨로지 기반의 감성엔진," *한국지능정보시스템학회 06 춘계학술대회*, pp. 255-261, 2006.
 [5] A. Garcia-Rojas et al., "Emotional face ex-

pression profiles supported by virtual human ontology," *Computer Animation and Virtual Worlds*, Vol. 17, pp. 259-269, 2006.
 [6] J. Velasquez, "Modeling emotions and other motivations in synthetic agents," *Proceedings of the Fourteenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-97)*, pp. 10 - 15, 1998.
 [7] 우중하, 박정은, 오경환, "강화학습과 감정도형 기반의 지능적인 가상 캐릭터의 구현," *한국퍼지 및 지능시스템학회 추계학술대회 논문지*, 제15권, 2호, pp. 431-435, 2005.
 [8] E. Sevin, and D. Thalmann, "A motivational Model of Action Selection for Virtual Humans," *In Computer Graphics International (CGI)*, IEEE Computer Society Press, New York, 2005.
 [9] 안형철, 박명수, 최진영, "동기와 계층화된 감정에 기반한 로봇의 행동 결정," *한국퍼지 및 지능시스템학회 추계학술대회 논문지*, 제15권, 2호, pp. 431-435, 2005.
 [10] P. Ekman, and W.V. Friesen, "FACS(Face Action Coding System)," <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/face/www/facs.htm>, 2002.
 [11] K. Perlin, Facial Animation, <http://mrl.nyu.edu/~perlin/facedemo/>
 [12] 김진용, 유재희, "아바타 통신에서의 얼굴 표정의 생성 방법," *한국컴퓨터정보학회논문지*, 제10권, 3호, pp. 55-64, 2005.
 [13] P. Ekman, and R. Davidson, *The Nature of Emotion : Fundamental Questions*, Oxford University Press, New York, 1994.
 [14] A. Ortony, G. Clore, and A. collins, *The Cognitive Structure of Emotions*, Cambridge University Press, 1988.
 [15] A. Masuyama, "A Number of Fundamental Emotions and Their Definitions," *In Proceedings of IEEE Communication*, Tokyo, Japan, pp. 156-161, 1994.
 [16] Jena-A Semantic Web Framework for Java, <http://jena.sourceforge.net/>

저 자 소 개

이인근(In K. Lee)
 제17권 7호 (2007년 12월호) 참조

E-mail : iklee@ynu.ac.kr

권순학(Soon H. Kwon)
 제17권 7호 (2007년 12월호) 참조

E-mail : shkwon@yu.ac.kr