

지식 표현을 위한 객체 측면-관계성 모델 (Entity Aspect-Relationship Model for Knowledge Representation)

김일도* · 박도순** · 황중선*

* 고려대학교 전산학과

** 홍익대학교 전산학과

요 약

객체-관계성(ER:entity-relationship)모델을 이용한 지식표현모델은 실세계를 객체(entity)들 또는 객체들의 집합들 사이의 서로 간에 관계성(relationship)으로 나타낸다. 그러나 고정된 측면에서 표현되기 때문에 하나의 객체를 여러가지 측면에서 관찰할 수 없다. 반면 객체-측면(EA:entity-aspect)모델은 객체노드와 측면노드의 두가지 형을 갖는 노드들로 구성되어 측면에 따라 서로 다른 지식을 표현할 수 있으므로 하나의 객체를 여러가지 측면에서 관찰할 수 있고 그 세부적 계층구조를 나타낼 수 있는 장점이 있으나 너무 계층성을 강조하며, 객체간의 관계성을 나타낼 수가 없어 계층구조 속에 포함되지 않은 객체는 지식으로 표현할 수 없어 실세계의 다양한 지식을 표현하는데 부자연스럽다. 따라서 본 논문에서는 객체-관계성(ER)모델의 관계성과 객체-측면(EA)모델의 측면성을 통합하여 객체 측면-관계성(EAR)모델을 제시하고, 이 모델에서 객체간의 관계성을 하나의 객체로 간주함으로써 IS-A측면에 의해서 하위레벨로 계승할 수 있음을 보였다.

1. 서 론

지식 베이스는 전문가시스템 분야, 로봇틱스 분야, 패턴인식 분야, CAI 분야, 시뮬레이션 분야, 경영정보시스템 분야, CAD/CAM 분야 등 지식을 필요로 하는 여러분야에 걸쳐 도입되어 왔다.[1,2,3,4,5]

기존의 객체중심의 지식표현모델들은 노드(node)와 링크(link)로 구성된 Semantic Networks 지식표현모델, 대상(object), 속성(attribute), 값(value)으로 사실을 표현하는 Object-Attribute-Value (O-A-V) Triplets 지식표현 모델, 및 Slot으로 구성되어 그 안에 디폴트 값(default value)이나, 다른 프레임을 가르키는 포인트, 규칙들의 집합 혹은 값을 구하는 procedure를 갖고 있는 프레임 지식 표현모델, 관계성, 속성, 링크들로 구성된 그래프구조인 ER 지식표현모델, 시스템 객체구조(system entity structure)의 개념에서 측면성을 도입하여 객체, 측면, 일반화(generalization), 특수화(aggregation), 측면, 다중성(multiplicity) 등의 구성요소로한 EA(entity aspect) 지식표현모델 등이 있다.[8,13,14,15,16]

그러나 기존의 모델들은 특정한 환경에 지식표현모델을 부분적으로 적용함으로써 지식들을 표현하기 때문에 실세계의 지식표현에는 한계를 가진다.

즉 ER지식표현 모델에서는 객체간의 관계성을 나타내는데는 매우 우수하나 한 객체에 대한 다양한 측면을 고려하여 지식을 나타내는데는 어려움이 있다. 또한 EA지식표현모델에서는 한 객체에 대하여 여러 측면에서 지식을 표현하는 장점이 있으나 너무 계층성을 강조하여 객체들 혹은 객체들의 집합간의 관계성을 나타내는데는 한계가 있다. 이러한 한계성을 극복하기 위하여 객체-측면(EA)모델과 객체-관계성(ER)모델을 통합하여 객체 측면-관계성(EAR:entity- aspect- relationship)모델을 제시한다.

2. 객체-관계성(ER)모델과 객체-측면(EA)모델

2.1 객체-관계성(ER)모델과 객체-측면(EA)모델의 개요

1) 객체-관계성(ER)모델의 개요

객체-관계성(ER)모델의 엔티티라고 부르는 기본적인 객체의 집합과 이 객체 사이의 고관계들로 구성된 실제 세계를 기반으로 하고 있다. 이 모델은 객체, 객체가 갖는 속성, 객체들간의 관계성, 객체들의 관계성과 연결 또는 객체와 속성들을 연결하는 링크로 구성된다. 객체집합(entity set)은 지식표현을 위해 관심의 대상이 되는 사람, 장소, 사물 혹은 사건을 나타내는 주요한 대상체가 된다. 속성(attribute)들은 이름, 색상, 무게 등과 같은 성질을 객체에 부여함으로써 객체를 나타내는데 이용된다. 관계성(relationship)은 실세계의 객체들 사이에 존재하는 관계를 나타낸다.[8]

객체-관계성(ER)모델은 주로 데이터베이스 설계 및 지식베이스 구축의 논리적 설계를 위하여 도입되는 개념적 모델로서 가장 많이 이용되고 있다.

2) 객체-측면(EA)모델의 개요

객체-측면(EA)모델은 실세계의 객체적, 추상적 대상체를 나타내는 객체타입 노드, 그 객체를 나타내고 표현하는 관점인 측면타입노드, 객체와 측면과의 관계성을 나타내는 링크, 그리고 그 객체의 성질을 나타내는 속성으로 구성되며 다음의 규칙을 만족하는 트리구조 모델이다.

- 규칙1. (균일성) : 같은 이름의 두 노드는 동일한 속성과 동형의 서브트리들을 갖는다.
- 규칙2. (제한된 계층구조) : 트리의 통로상에 같은 노드가 두번이상 나타날 수 없다.
- 규칙3. (변환모드) : 각노드는 객체타입노드이거나 측면타입 노드이다. 한 노드의 모드와 그노드의 successor들의 모드는 항상 반대 모드이며 루트노드는 항상 객체 노드이다.
- 규칙4. (타당성) : 같은 부모를 갖는 두 노드는 같은 이름을 갖지 못한다.
- 규칙5. (속성) : 동일한 객체타입에 속하는 노드는 같은 이름을 가질 수 없다.

객체타입노드는 모델의 구성요소를 나타내며 측면노드는 객체의 분할을 나타낸다. 변환모드의 성질로부터 한측면노드에서 0 이상의 분할이 가능하며 각 분할에서는 0개이상의 구성 객체타입들로 이루어질 수 있음을 알 수 있다.

객체-측면모델에서는 일반화(generalization)와 집산화(aggregation) 및 다중성 등의 개념들은 3가지 추상화 개념으로서 이용된다.

일반화는 IS-A 관계로서 공통성질을 갖는 서브클래스들을 한클래스로 통합하는 추상화개념, 이 반대 개념 즉, 한 클래스를 상호 배제적인 서브클래스들로 분류하는 개념을 특수화(specialization)라 한다.

특수화개념의 장점 중의 하나는 객체성질의 상속성(inheritance)이다. 즉, 한 클래스의 인스턴스들은 일반적으로 그 클래스의 서브클래스의 인스턴스가 된다. 한 클래스를 표현하기 위해 나타낸 정보를 그 서브클래스 및 그 이하의 서브클래스를 나타내기 위하여 되풀이해서 사용할 필요가 없다.

집단화는 A-PART-OF관계로서 여러개의 객체를 통합하여 새로운 조합된 객체(개념)를 창출하며 이 개념의 역관계 개념은 분리화(decomposition)이다.[16]

2.2 객체-측면(EA)모델과 객체-관계성(ER)모델의 특징 및 장단점 비교

객체-관계성(ER)모델의 구성요소가 객체, 관계성, 속성, 링크들로 구성된 그래프 구조의 모델인 반면 EA은 객체, 측면, 속성 및 링크들과 추상화 개념인 집단화, 일반화, 다중화(multiplicity)등의 개념들로 구성된 모델로서 지식구조표현에 중점을 둔다. 또한 객체-관계성(ER)모델은 객체들간의 관계성 식별에 기초를 둔 모델링 접근 방법을 택한 반면, 객체-측면(EA)모델은 지식객체의 측면들을 중심으로 지식의 구조, 지식들간의 관계성에 기초를 둔 모델링 접근방법을 택한다.

따라서 객체-측면(EA)모델은 모델구성자체가 트리구조 형태이므로 계층성과 상세성을 지니는 지식을 잘 표현할 수 있는 반면 객체-관계성(ER)모델은 그래프형태를 표현함으로써 수평적 관계성을 갖는 지식표현에 적합하다.

객체-측면(EA)모델은 3가지 추상화 개념을 도입함으로써 EER모델의 IS-A 관계 뿐만 아니라, 객체-관계성(ER)모델에서 표현하기 힘든 집단화(aggregation)개념과 같은 추상화 개념이 제공되어 지식의 체계성을 잘 나타내며 도식적인 표현에서 각 개념에 대한 구성요소를 도입함으로써 시각적인 이해가 쉽다. 그러나 객체-측면(EA)모델에서 표현된 객체 노드들 사이에 존재하는 관계성을 표시할 수 없을 뿐아니라, 객체노드들을 구성하고 있는 객체집합들사이에 존재하는 관계성을 나타낼 수 없어 자연스런 지식표현에 한계가 있다.

객체-측면(EA)모델은 측면과 집단화 및 일반화등의 추상화 개념을 이용함으로써 객체-관계성(ER)모델에 비해 지식을 분리하고 통합하는데 대한 장점을 갖으며 객체중심모델(object-oriented model)로서 부류들사이의 계층구조 및 상속성(inheritance)을 정의 가능하기 때문에 모델링에서 일관성을 유지할 수 있다.

3. 객체 측면-관계성(EAR:entity-aspect-relationship)모델

3.1 객체 측면-관계성(EAR)모델의 정의 및 개념

객체 측면-관계성(EAR)모델은 실세계의 객관적, 추상적 대상체를 나타내는 객체타입노드, 그 객체를 나타내고 표현하는 관점인 측면타입노드, 객체와 객체간의 관계를 나타내는 관계성타입노드 또는 객체의 집합들 사이에서 나타나는 관계성타입노드, 객체와 객체, 객체와 측면과의 관계를 표현하는 링크, 그 객체의 성질을 나타내는 속성타입으로 구성된다. 여기서 객체는 semantic networks지식표현에서의 대상체(object)와 동일한 개념으로, 물리적 대상체(physical object)을 나타내거나 개념적 대상체를 나타낸다. 측면은 한객체에 대하여 여러가지 관점을 말한다. 또한 관계성은 여러 객체들사이의 관련을 의미하며 객체 측면-관계성(EAR)모델에서는 내부관계성(internal relationship)과 외부관계성(external relationship)으로 두가지 타입의 관계성이 있다.

내부 관계성은 측면상에서 상위레벨 객체타입노드가 같은 객체들사이에서의 관계성을 말하며 외부 관계성은 측면상에서 상위레벨 객체타입노드가 다른 객체들사이에서 이루어지는 관계성을 말한다.

객체 측면-관계성(EAR)모델은 객체-관계성(ER)모델의 객체간의 관계성 표현방법과 객체-측면(EA)모델의 한 객체를 다양한 측면에서 바라보아 다양한 관점들을 제공할 수 있는 장점등을 통합하여 객체를 여러측면을 보면서 계층성을 구성하며 객체와 객체간의 관계성을 표현하는 지식표현모델이다.

객체 측면-관계성(EAR)모델은 측면, 관계성, 링크, 속성, 객체 등으로 구성되며 다음과 같은 구성을 만족하는 네트워크 구조 모델이다.

- 규칙 1. 객체타입노드들 사이에 관계성, 측면타입노드만 존재한다.
- 규칙 2. 측면에 의해서 분해된 객체는 같은 이름을 갖지 못한다.
- 규칙 3. 각 노드는 객체타입노드, 측면타입노드, 관계타입노드로 구성되며 객체타입노드에서 시작하여 관계타입노드 혹은 측면타입노드로 순차적으로 교차하여 나타난다. 단 관계타입노드는 언차적으로 나타낼 수 있다.
- 규칙 4. 맨 마지막 노드는 항상 객체타입노드이다.
- 규칙 5. 객체타입노드와 관계타입노드들만이 속성을 갖는다.
- 규칙 6. 측면타입노드에 의해서 분해된 객체타입노드에만 상속성의 성질이 적용된다.

객체타입노드는 모델의 구성요소를 나타내며 측면노드는 객체의 분할을 나타낸다. 한 측면노드에서 0이상의 분할이 가능하며 각 분할에서는 0개 이상의 구성 객체타입들로 이루어질 수 있다. 객체 측면-관계성(EAR)모델에서는 EA의 고유의 특성인 일반화(generalization)와 집단화(aggregation) 및 다중성 등의 추상화의 개념으로 사용한다.

일반화는 IS-A 관계로서 공통된 성질을 갖는 서브클래스들을 한클래스로 통합하는 추상화 개념이며, 이 개념의 반대되는 개념은 한클래스를 상호배제적인 서브클래스들로 분류하는 개념을 특수화(specialization)이라한다.

집단화는 A-PART-OF관계로서 여러개의 객체(개념)을 통합하여 새로운 조합된 객체를 창출하며 이 개념의 역관계 개념은 분리화(decomposition)이다.

다중성은 한 클래스를 구성하는 같은 형태의 구성요소가 여러번 발생할 경우 대표적인 요소만 표시하는 개념이다.

EAR 모델의 도형표현에서 객체는 사각형, 측면은 쌍마름모꼴로, 관계성은 마름모꼴로, 속성은 “~”기호 다음에 속성이름을 기록함으로, 연결자는 원으로, 분리화링크와 특수화링크, 그리고 다중성링크는 각기다른 표기를 가진 계층구조형(그림1 참조)으로 표시한다.

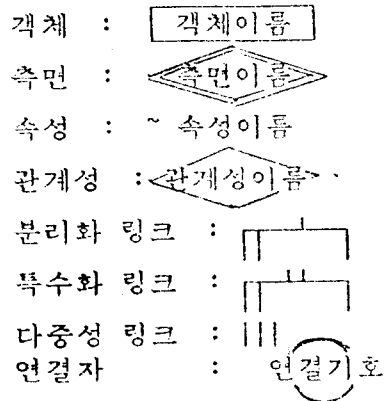


그림 1 객체 측면-관계성(EAR)모델의 구성요소

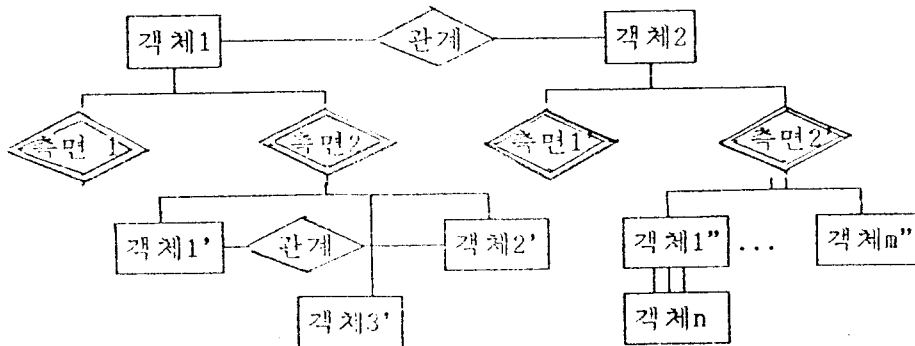


그림2 객체 측면-관계성(EAR)모델의 기본형태

특수화개념의 장점은 객체의 성질의 상속성(inheritance)이다. 한 클래스의 인스턴스들은 일반적으로 그 클래스의 서브클래스의 인스턴스가 된다. 한 클래스를 표현하기 위하여 나타낸 정보를 그 서브클래스 및 그 이하의 서브클래스로 나타내기 위하여 되풀이해서 사용할 필요가 없다.

또한 관계성의 상속성이다. 즉 두개의 객체에서 관계성을 가질때 각각 특수화측면에 의해서 분할된 각각의 하위객체들사이에는 상위의 관계성의 성질을 그대로 상속된다. 결과적으로 분류시 상세한 설명이 생략될 수 있고 설명의 반복에서 발생하는 오류를 피할 수 있다.

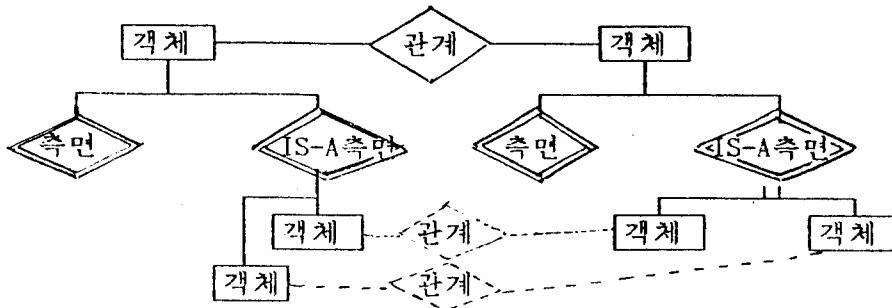


그림 3 관계성의 상속 형태

3.2 객체 측면-관계성(EAR)모델의 설계방법

1) 객체, 측면, 관계성의 결정

- a) 객체의 결정 : 객체는 독립적으로 식별되거나 실세계의 대상체 (real world object)를 분할시킬 때 그 대상체를 구성하는 구성요소로서의 실세계의 대상체가 되며 또는, 어떤 개념같이 추상적일 수도 있다. 예를들면, 공휴일, 사랑 등이 있다.
- b) 관계성의 결정 : 관계성은 두 객체간에 관련을 의미한다. 즉 관계성은 독립된 하나 이상의 객체간에 이루어지는 개념적인 관련의 의미를 말한다. 예를들면, 고객과 은행과의 관계성은 거래이다.
- c) 측면의 결정 : 측면은 관계성과는 달리 한 객체에 대하여 여러가지 관점을 의미하며, 한 객체가 여러가지의 측면으로 분해될 수 있다. 예를들면, 컴퓨터를 역할측면, 기능측면, 구성측면 등으로 나누어 생각할 수 있다.

2) 하향식 설계방법

객체와 관계성 및 측면을 기반으로한 객체 측면-관계성(EAR)모델로 지식 표현을 하기 위해서는 다음 관계를 나타내어야한다.

- a) 객체와 그 객체에 대한 측면 또는 특수화사이의 관계
- b) 객체간의 관계성과 그 객체에 대한 측면의 관계
- c) 객체와 그 객체의 분리화사이의 관계
- d) 부모가 다른 객체간 관계성의 관계
- e) 특수화와 분리화에 따른 객체들 사이의 관계성
- f) 측면과 특수화구조의 관계
- g) 계속되는 객체 분리화사이의 관계
- h) 부분 분리화와 부분측면, 관계성, 그리고 특수화사이의 관계

객체 측면-관계성(EAR)모델의 하향식 설계(top-down design)방법은 객체를 기본으로 두고, 이 객체에 대한 측면과 관계성을 고려하여 다음과 같은 단계에 의해서 설계를 한다.

- 단계 1 : 모델링하고자 하는 객체 $E_1, E_2, \dots, E_k, \dots, E_m$ (또는 지식표현 대상, 시스템 객체)을 선정한다.
- 단계 2 : 선정된 객체들에 대하여 서로간의 관계성 R_1, R_2, \dots, R_n 고려한

- 다. 여기서 관계성은 외부관계성을 말한다.
- 단계 3 : 선정된 각 객체에 대하여 여러가지 측면 $A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{kn}$ ($k=1, 2, \dots, m$)을 고려한다.
- 단계 4 : 각 측면 A_{ki} ($k=1, 2, \dots, m, i=1, 2, \dots, n$)에 대한 객체 $E_{(ki)1}, E_{(ki)2}, \dots, E_{(ki)m}$ 에 대하여 내부관계성 및 외부관계성을 고려한다.
- 단계 5 : 각 측면 A_{ki} ($k=1, 2, \dots, m, i=1, 2, \dots, n$)에 대하여 객체에 대하여 개체에 대한 분할형을 고려하여 분할형이 특수화일 경우 특수화를 적용시키고 적용시킨 객체에 대하여 단계 1을 적용시킨다. 분할형이 분리화일 경우 객체를 $E_{(ki)1}, E_{(ki)2}, \dots, E_{(ki)m}$ 로 분할하여 적용시킨 객체에 대하여 단계 1을 적용한다.
- 단계 6 : 위에서 구하여진 객체 $E_{(ki)1}$ 가 더이상 분할되지 않을 경우 반복과정을 종료시킨다.

3.3 객체 측면-관계성(EAR)모델에 의한 지식표현의 특징 및 예

객체 측면-관계성(EAR)모델은 지식표현에 있어서 관계성을 사용함으로써 수평적 지식표현을 쉽게 할 수 있고 측면을 사용하여 실세계의 수직적 지식표현이 가능하여 나타내고자 하는 객체들을 자연스럽게 표현할 수 있다. 또한 객체 측면-관계성(EAR)모델은 객체-측면(EA)모델에서 표현할 수 없었던 각기 다른 객체간의 관계성을 표현할 수 있는 장점이 있고 객체에 대한 측면을 관찰함으로써 객체를 여러 관점에서 지식을 표현할 수 있다는 장점이 있다.

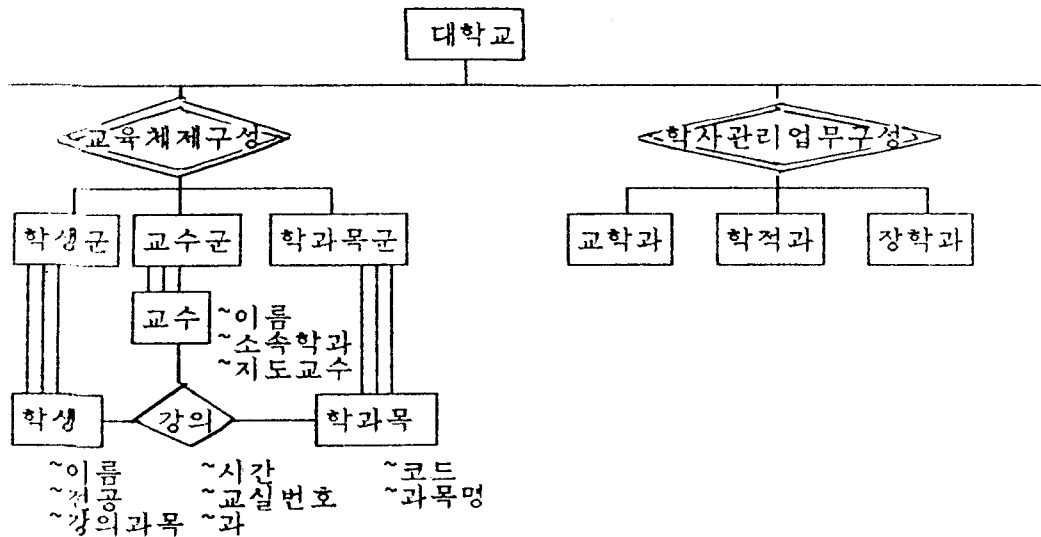


그림 4 대학교에 대한 객체 측면-관계성(EAR)모델 예

예를 들면 그림 4에서 “대학교”는 객체-측면(EA)모델에 따른 지식표현에서 “교육체제구성”측면에서 볼때 “학생군”과 “교수군”, “학과목군”은 다중성에 의해서 각각 “학생”, “교수”, “학과목”등의 클래스로 표현된다. 이때 “학생”, “교수”, “학과목”등의 관계성을 나타낼 수 없었다. 객체 측면-관계성(EAR)모델에서는 여기에 “강의”라는 관계성의 개념을 부여하여 “학생”, “교수”, “학과목”간의 관계성을 표현하여 단점을 보완하였다.

그림 5에서 “컴퓨터 시스템”과 “사용자” 간의 “사용”이라는 관계성을 표현함으로써 두 객체간의 관계를 표현할 수 있었다. 그러나 컴퓨터시스템을 보다 구체적으로 표현하기는 어렵다.

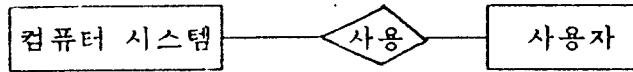


그림 5 컴퓨터시스템과 사용자간의 관계성 표현

따라서 “컴퓨터시스템”에 측면을 도입하여 한 객체를 여러 관점에서 관찰함으로써 객체에 대하여 보다 구체적으로 객체를 표현할 수 있다. 여기서 “컴퓨터 시스템”을 “응용”측면과 “역할”측면, “IS-A”측면, “구성”측면 등으로 표현할 수 있고, “구성”측면은 “H/W”, “S/W”등으로 구분할 수 있고, “응용”측면에서는 “그래픽”, “CAI”, “OA”, “FA” 등의 객체로 표현되고, “역할”측면은 “연산”객체로 표현될 수 있으며, “IS-A”측면에서는 “범용컴퓨터”, “특수컴퓨터” 등으로 표현하고, “범용컴퓨터” 객체와 “특수컴퓨터” 객체는 “컴퓨터시스템”에서 “구성” 측면과 “역할” 측면 등을 그대로 상속받게 된다. 한편 “사용자” 객체에서 IS-A측면을 고려하면 “전문가”와 “일반사용자”로 구분할 수 있다. 또한 특수화개념에서의 상속성을 그대로 이용하여 관계성의 상속인데 상위 객체인 “컴퓨터시스템”과 “사용자” 사이의 관계성인 “사용”은 특수화에 따른 각각의 하위객체인 “범용컴퓨터” 객체, “특수컴퓨터” 객체와 “전문가”, “일반사용자” 객체사이에 관계성 “사용”이 상속된다.

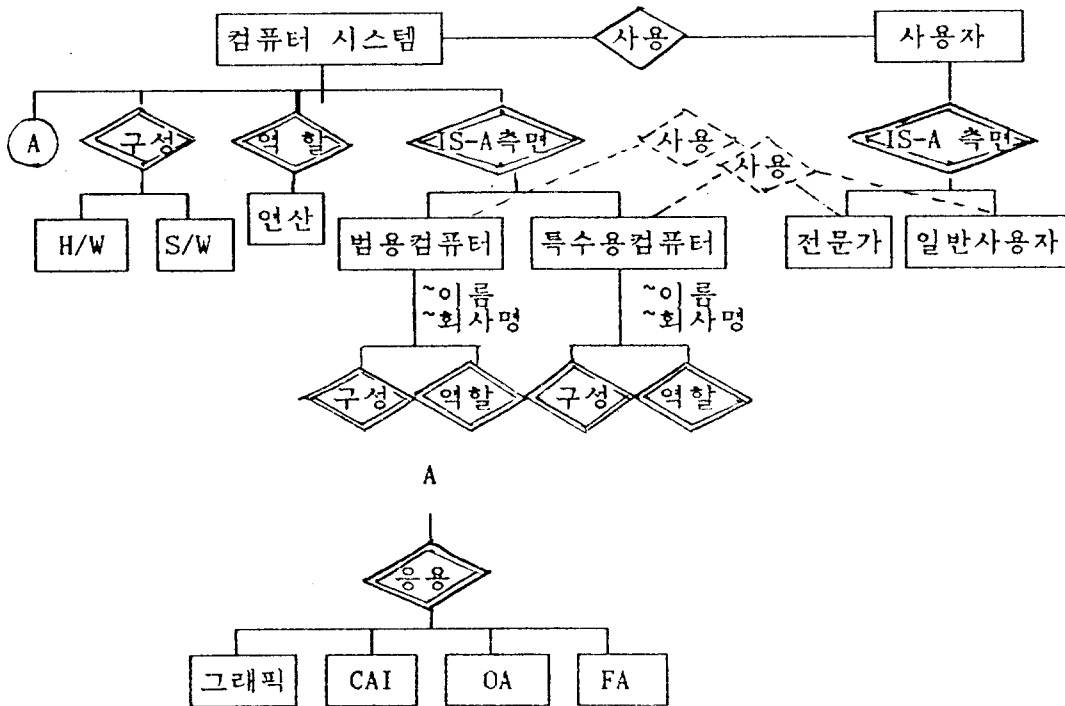


그림 6 컴퓨터시스템과 사용자간의 관계성표현 및 컴퓨터시스템의 측면표현

4. 결론

기존의 지식표현 모델은 지식을 측면만을 혹은 관계성만을 강조하여 체계적이고 구조적인 실세계를 명확하게 나타내는데는 한계가 있다. 객체-측면(EA)모델에서는 측면을 강조하여 한 객체에 대한 표현을 구체적이고 체계적으로 표현할 수 있으나 객체와 객체간의 관계를 나타내는데는 한계가 있다. 또한 객체-관계성(ER)모델에서는 관계성 만으로 지식을 표현함으로써 한 객체에 대한 세부적이고 관점의 차이를 표현하는데는 한계를 가진다. 따라서 객

체 측면-관계성(EAR)모델은 두 모델을 통합함으로써 객체에 관계성, 측면 등을 도입하여 보다 객관적이고 체계적인 지식표현을 제시하였다. 즉 객체와 객체간의 관계성을 도입하고 한 객체에 여러가지 관점을 보는 측면을 도입함으로써 한 객체에 대한 구체적이고 세부적인 지식을 표현할 수 있다. 또한 관계성을 하나의 객체로 간주하여 각 객체에서 각 객체에서 특수화 측면에 의해 분할된 하위객체에 상위 관계성의 성질을 그대로 계승할 수 있다. 따라서 객체-측면(EA)모델과 객체-관계성(ER)모델의 단점을 보완하여 객체 측면-관계성(EAR)모델을 제시하였고, 객체 측면-관계성(EAR)모델의 설계방법, 특징 등을 제시하였다.

참고 문헌

1. Paul Harmon & David King, "Representing Knowledge ", in EXPERT SYSTEMS, A WILEY PRESS BOOK, pp.34-48, 1985
2. Piero Scaruffi, " A framework to build Expert Systems for Decision Support ", in AI '87 JAPAN : THE INTERNATIONAL CONFERENCE & EXHIBITION ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, pp.261-285, October 29, 1987
3. James A. Galambos, " Knowledge Structures for Common Activities ", in James A. Galambos, Robert P. Abelson, & John B. Black(eds.), KNOWLEDGE STRUCTURES, London : Lawrence Erlbaum Associates, Publishes, pp.21-47, 1986
4. John F. Sowa, " Knowledge Acquisition ", in CONCEPTUAL STRUCTURES : INFORMATION PROCESSING IN MIND AND MACHINE, IBM Systems Research Institute, pp.318-328, 1984
5. Bruce G. Buchanan & Edward H. Shortliffe, " The Nature of the Knowledge Acquisition Process ", in RULE-BASED EXPERT SYSTEMS : THE MYCIN EXPERIMENTS OF THE STANFORD HEURISTICS PROGRAMMING PROJECT, Addison-wesley Publishing Company, pp.149-158, 1985
6. James G. Schuetzle & David R. Zoch, " A Hierarchy Planning System for Mission Support ", in Kamal N. Karna, Kamran Parsaye, & Barry G. Silverman(eds.), EXPERT SYSTEMS IN GOVERNMENT SYMPOSIUM, Tysons Westpark Hotel McLean, Virginia : Computer Society Press, pp.210-220, October 22-24, 1986
7. Bernard P. Zeigler, " Framework for Modelling and Simulation ", in THEORY OF MODELLING AND SIMULATION, A Wiley-Interscience Publication, pp.293-305, 1976
8. Richard Hull & Roger King, " Semantic Database Modeling : Survey, Applications, and Research Issues ", in ACM Computing Surveys, Vol.19, No.3, pp.201-260, September 1986
9. Walter D. Potter & Robert P. Trueblood, " Traditional, Semantic, and Hyper-Semantic Approaches to Data Modeling ", in IEEE OF COMPUTER, pp.53-63, June 1988
10. Thomas Gruber & Paul Cohen, " Principles of Design for Knowledge Acquisition ", in PRECEEDINGS THE THIRD CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS, Hyatt Orlando, Kissimmee, Florida : Computer Society Press, pp.9-15, February 23-27, 1987
11. Wanying Jin & Robert F. Simmons, " Question Answering with Rhetorical Relations ", in PRECEEDINGS THE THIRD CAIA, Hyatt Orlando, Kissimmee, Florida : Computer Society Press, pp.22-28, February 23-27, 1987
12. 김창화, 백두권, "지식표현을 위한 EA 모델의 확장", 한국정보과학회 학술발표논문집, Vol.16, No.1, pp.119-122, 1989
13. 김창화, 백두권, "EA모델링을 위한 지식표현시스템과 지식정의 언어", 한국정보과학회 학술발표논문집, Vol.16, No.2, pp.415-418, 1989
14. 김창화, 백두권, "데이터베이스 설계를 위한 EA 모델에 관한 연구", 한국정보과학회 학술발표논문집, Vol.14, No.1, 1987
15. 김창화, "EA 모델에 의한 지식표현 모델링", 고려 대학교 대학원 수학과 전산학 전공 박사 학위 논문, 1989.12