

의미망 제약식언어를 기반으로 한 인터넷 쇼핑 의사결정 틀

이명진* · 김학진** · 김우주*

A Framework of Internet Shopping Decision Making Based on Semantic Web Constraint Language

Myungjin Lee* · Hak-Jin Kim** · Wooju Kim*

■ Abstract ■

Semantic Web society initially focused only on data but has gradually moved toward knowledge. Recently rule beyond ontology has emerged as a key element of the Semantic Web. All of these activities are obviously aiming at making data and knowledge on the Web sharable and reusable between various entities around the world. If one of ultimate visions of the Semantic Web is to increase human's decision making quality assisted by machines, there is a missing but important part to be shared and reused. It is knowledge about constraints on data and concepts represented by ontology which should be emphasized more. In this paper, we propose Semantic Web Constraint Language (SWCL) based on OWL and show how effective SWCL can be in representing and solving an internet shopper's decision making problem by an implementation of a shopping agent in the Semantic Web environment.

Keyword : Semantic Web, Constraint, Optimization Model, Decision Making, OWL, SWRL, SWCL, Internet Shopping Agent

논문접수일 : 2007년 09월 21일 논문게재확정일 : 2007년 06월 21일

논문수정일(1차 : 2008년 03월 20일)

* 연세대학교 공과대학 정보산업도시공학과

** 연세대학교 경영대학

† 교신저자

1. 서론

의미망[22]은 팀버너스리가 그 아이디어를 제시한 이후 그가 제안한 “계층 구조 (Layer Cake)”에 따라 급속도로 진행되어, 온톨로지 계층을 지원하기 위한 RDF(Resource Description Framework)[17]와 OWL(Web Ontology Language)[1]이 권고안으로 발표되었다. 현재 온톨로지 계층을 기반으로 논리와 규칙을 표현하기 위한 규칙 계층으로써 SWRL(Semantic Web Rule Language)이 2004년 W3C에 의해 제안되었다[12]. SWRL은 혼 규칙(Horn Logic)을 OWL에 결합하여 OWL의 표현력을 확장하기 위한 시도이다. 여기에 덧붙여 최근 W3C RIF(Rule Interchange Format) 연구그룹의 동향은 규칙시스템 간에 규칙이 교환 공유될 수 있도록 하는 규칙언어를 만드는 방향으로 나아가고 있다. 이와 같은 시도는 단순히 데이터를 공유하는 측면뿐만 아니라 규칙 자체를 각기 다른 영역간에 서로 공유되고 재사용될 수 있도록 하는 보다 체계적이고 본질적인 흐름으로 가는 것으로 볼 수 있다. 이러한 흐름에서 한 단계 나아가 웹 환경의 분산된 데이터를 단순히 공유하고 재 사용하는 것에 그치는 것이 아니라 웹을 통해 얻어진 정보를 사용자가 원하는 목적에 맞도록 가공하여 제공함으로써, 궁극적으로 사용자의 의사결정 과정에 도움이 되도록 웹 환경을 바꾸어 가는 방향이 제시되고 있다.

그런 의미에서 Kim et al. [13]은 인터넷에서 일반 구매자의 구매 과정을 분석하고, 의미망 환경에서 일반 구매자의 의사결정을 도와줄 수 있는 에이전트를 어떻게 구현할 수 있는지 인터넷 쇼핑물의 사례를 통해 논하였다. 의미망에서 RDF, OWL, SWRL과 같은 개념들이 구매자의 의사결정에 어떻게 접목될 수 있는지를 보였고, 온톨로지에 기반한 정보를 이용해서 구매자의 의사결정 목표를 수리 모형화하고 이를 풀어 최적의 조합을 구매자에게 보여 줄 수 있는 의사결정 지원 에이전트의 구축이 가능함을 보였다. 하지만 이 논문에서는 구매자가 원하는

는 목표들마다 수리적인 모형이 자동으로 형성될 수 있는 틀의 제시가 미흡하였으며, 의미망 환경에서의 정보 추출에서부터 모형 설정과 모형의 풀이, 해의 도출과 이 해를 구매자에게 제시하는 과정까지의 여러 가지 기술적인 문제들이 해결되지 않았다. 무엇보다도 아직 해결되지 않은 기술적인 문제들 중 가장 시급하다고 할 수 있는 것은 구매자가 원하는 목표가 제시되었을 때 이를 자동으로 수리 모형화해 줄 수 있는 언어적 틀을 제시하는 것이다.

따라서, 시맨틱 웹에서 OWL을 기반으로 작성하는 제약식을 기술하기 위한 수리모형 언어를 적용하며, 이러한 언어를 통하여 기존의 OWL 상의 개념이나 속성과 같은 데이터들을 제약식으로 어떻게 연결하여 표현할 수 있을 지를 제시하고자 한다. 이러한 수리 모형에 대한 표준적인 언어적 틀을 이용함으로써 의사 결정과 관련된 문제 해결 과정에 있어서 제약식을 표현하고 이해하는데 매우 유용하게 이용될 수 있으며, 또한 가상 기업(virtual enterprise)과 같은 정보네트워크 환경에서 기계와 기계가 해당 모형에 대해 서로 이해하고 공유하거나 나아가 통합할 수 있는 수단을 제공함으로써 더욱 쉽고 유연한 정보의 전달 및 교류가 가능해 질 수 있다.

이 논문에서는 의미망 기반에서 수리 모형화를 위한 언어적 틀을 제시하고, 이를 기반으로 한 구매자가 인터넷에서 쇼핑을 할 때 발생하는 인터넷 구매자 문제를 어떻게 표현하는지를 보여주하고자 한다. 또한 OWL과 SWRL의 의미망 정보를 이해하는 에이전트의 구현을 통해 본 논문에서 제시하는 의미망 기반의 제약식 언어가 어떻게 전통적인 수리 계획법[4]에서 다루는 정수계획 모형으로 설정되고, 그 해가 도출되는지를 보여줌으로써, 언어적 틀의 유용함을 논하고자 한다.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 이와 관련된 관련 연구들을 소개하고, 제 3장에서는 추상적인 수준에서의 제약식 개념을 OWL에 결합해야 하는 필요성과 OWL을 기반으로 한 의미망 제약식 언어(the Semantic Web Constraint Language : SWCL)를 논한다. 제 4장에서는 인터넷 구매자

문제를 정의하고 의미망의 기술을 이용해서 어떻게 의미망 환경을 구축하는지를 논의한다. 제 5장에서는 구축된 의미망 환경에서 지능형 쇼핑 에이전트의 구조를 논하고, 의미망 환경에서 어떻게 구매자의 의사결정 모형이 도출되고 그 해법이 제시되는지를 보여준다.

2. 관련 연구들

Lee [23]가 컴퓨터를 이용해서 웹 정보를 가공 처리할 수 있도록 정보에 의미를 주는 의미망 개념이 제안된 이후로 의미망에 대한 연구는 주로 정보를 웹에 어떻게 저장하고 표현하는가에 초점이 맞추어졌고, 이러한 연구의 결과로 XML, Schema, RDF, OWL 등이 권고안으로 발표되었다. 그 이후 현재에 이르러 그 비전은 자연스럽게 웹에 저장, 표현된 데이터를 어떻게 이용하는가에 관심을 갖기 시작하였다. 이를 위해 논리, 규칙, 제약식 등의 표현을 이용해서 데이터를 추출하고 이로부터 저장된 웹 데이터를 필요한 응용문제들에 표현하는데 관심을 기울이게 되었다. 특히 제약식은 개체와 개체 간의 관계를 보는 새로운 패러다임으로서, 문제를 표현하는 데에도 강점을 지니고 있는 것으로 알려지면서 최근 관심이 부각되어 SWRL의 기반 위에 제약식을 표현하는 CIF/SWRL[8]을 제안하게 되었다. 여기서 저자는 제약식 언어인 Colan[3]과 이 위에서 작동하는 데이터 모형을 제시하여 RDF 스키마를 통해 제약식 데이터 모형을 사용할 수 있는 인터페이스를 제시하고 있다. 또한 Preece et al.[21]은 의미망에서 소프트 제약조건식의 다루는 방법을 다루고 있는데, 소프트 제약조건식이란 응용문제에서 엄격하게 충족되어야 하는 제약식이 아니라 충족시키는 정도를 감안하여 모든 제약식을 충족시키는 해가 없을 경우 중요하지 않은 제약식을 제거함으로써 좀 더 약한 문제의 표현에서 만족하는 해를 찾을 수 있도록 제약식에 강제성의 정도가 부여된 제약식으로 볼 수 있다. 위 논문은 현재 진행되는 SWRL 위에서 이루어지고 있는 제약식의 표현 상에 소프트 제약식을

어떻게 구현할 수 있는지에 대한 방안을 모색하는 논문이다.

인터넷의 발달로 온라인(online)에서의 구매 활동이 더 활발해지고 있지만 현재까지의 온라인 쇼핑은 구매자가 직접 각 사이트를 방문하면서 상품을 검색하고 비교하는 수준에 머물고 있는 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 노력으로써 쇼핑 에이전트[9]를 이용하여 해당 상품을 판매하고 있는 다양한 쇼핑몰로부터 실시간으로 가격 정보를 추출하고 가격을 비교하여 그 결과를 알려줌으로써 구매자에게 편의성을 제공[20]해주고 있기는 하지만 최적의 선택을 하기 위한 구매자의 노력은 전과 다르지 않다. 최근에 들어서면서 보다 진보되고 지능화된 쇼핑 에이전트에 대한 연구가 활발해지고 있으며, 그 연구 중 하나로 IntelliShopper[16]에 대한 연구에서는 멀티 에이전트(Multi Agents) 시스템을 이용하여 사용자의 행동에 따라 학습함으로써 보다 지능화되고 개인화된 쇼핑 에이전트의 아키텍처와 컴포넌트를 소개하고 있다. 또한 Lin [24]의 연구에서는 지능형 에이전트와 지능형 쇼핑 에이전트를 소개하고 현재의 문제점을 분석하면서, 의사 결정을 위한 지식 기반(Knowledge based)의 쇼핑 에이전트에 대해 다루고 있다.

3. 의미망 제약식언어(SWCL)의 필요성

SWRL의 도입을 통한 OWL의 확장은 웹 환경에서 기계가 인식할 수 있도록 분산된 정보를 어떻게 표현하느냐의 문제에서 사용자의 의사결정에 도움이 될 수 있도록 표현된 정보를 가공하는 문제로 넘어서고 있음을 의미한다. ISWC 2003에서 짐헨들러(Jim Hendler)의 발표에도 부분적으로 나타난 것처럼[11] 의사결정은 필수불가결하게 대상이 되는 문제, 그 문제를 구성하는 목표, 문제를 표현한 모형, 그리고 이를 구체적으로 설명하는 데이터를 수반하게 된다. 이러한 관점에서 현 상황의 의미망은 목표와 모형을 어떻게 나타낼 것인지를 충분히 담

고 있지 않다. 웹 환경에서 사용자가 만나게 되는 문제를 해결하기 위해서는 문제를 표현할 실용적인 의미의 표현 수단이 요구된다.

전통적으로 제약식은 논리 및 규칙과 함께 지식 표현의 또 다른 큰 줄기를 형성해 왔다. OR이나 AI 분야의 많은 문헌에서 쉽게 보는 계량 의사결정 모형들은 제약식을 이용해 문제를 표현하고 있다. 또한 의사결정론의 한 분야인 모형관리(Model Management) 분야는 추상적인 수준에서 제약식을 표현하고 이를 데이터베이스 같은 데이터 모형에 연계시키는데 많은 노력을 기울여 왔다. 이 분야에서 궁극적으로 관심을 갖은 것은 특정 소프트웨어나 하드웨어에 상관없이 어떻게 하면 사용자로 하여금 다양한 형태의 수리 의사결정 모형을 추상적인 레벨에서 데이터로부터 단절됨 없이 유연하게 사용할 수 있게 하는가였다[14, 15, 25]. 이러한 시도는 의미망에서 빠져서는 안될 또 하나의 중요한 요소로서, 현재의 의미망에 제약식 개념을 포함할 수 있다면 수리 모형을 사용하는 타 분야들의 문제 해결 기법들을 이용하여 의미망에서 궁극적으로 지향하는 공유와 재활용이 가능한 정보의 표현과 정보 가공을 통해 사용자의 의사결정 과정이 하나의 틀 안에서 유연하게 이루어 질 수 있게 된다. 이 논문에서는 제약식 개념을 포함하는 OWL의 확장으로서

의미망 제약식 언어(the Semantic Web Constraint Language : SWCL)를 제안한다.

예로써 'hasPart'와 'populationValue'라는 특성을 갖는 두 개의 OWL 클래스 'Country'와 'Province'가 있다고 하자. 'hasPart' 특성은 두 클래스 'Country'와 'Province' 간의 전체-부분 관계를 나타낸다. 그리고 'populationValue'는 'Country'나 'Province' 지역에 거주하는 사람의 수를 나타낸다. 이것은 [그림 1]과 같은 OWL 문서로 나타낼 수 있다.

위 문장에서 각 나라의 인구 수는 그 나라에 속한 지역 각각의 인구 수를 합한 것과 일치한다. a, b 를 객체 a 의 성질 b 의 값을 나타낸다고 할 때 위의 지식을 다음의 제약식 (1)로 나타낼 수 있다.

$$\sum_{x \in y.\text{hasPart}} x.\text{populationValue} = y.\text{populationValue},$$

for all $y \in \text{Country}$ (1)

이와 같은 수식을 나타내는데 OWL과 SWRL의 표현력으로는 충분치 않다. 이 간격을 메워주는 역할을 하는 것이 SWCL이라고 할 수 있다. SWCL은 제약식에 대한 추가적인 공리를 이용해서 OWL의 추상문법을 확장한다.

[그림 2]는 제약식의 수리적 모델이 SWCL과 어

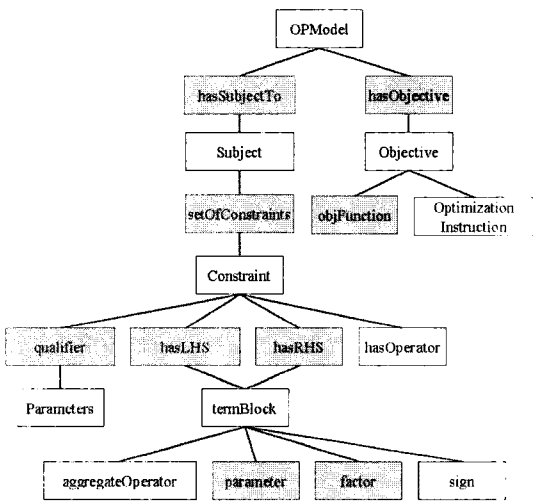
```

<owl:Class rdf:ID="Province"/>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hasPart">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Country"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Province"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="populationValue">
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#Country"/>
        <owl:Class rdf:about="#Province"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:positiveInteger"/>
</owl:DatatypeProperty>

```

[그림 1] OWL 문서의 표현

떻게 사상되는지에 대한 구조를 보여주고 있다. 현 단계의 SWCL은 다항식 형태의 수리 제약식과 혼합 정수계획 모형에 국한되어 있다. 하나의 모델은 제약식의 집합과 그것을 통해 구하려는 목적함수로 이루어져 있으며, 하나의 제약식은 한정자와 좌변, 우변 그리고 변 사이의 관계를 나타내는 연산자로 이루어진다. 우변과 좌변에서의 각 항은 집계 연산자와 매개변수, 인수, 그리고 부호로 구성된다.



[그림 2] SWCL과 제약식과의 사상 구조

다음은 EBNF(Extended Backus-Naur form) 형식으로 표현된 SWCL의 문법을 보여주고 있다. EBNF는 BNF의 확장으로써 컴퓨터 프로그래밍 언어나 형식적 언어를 기술하기 위한 수리 형식적인 표기법이다. BNF는 수리적 이념을 바탕으로 명백한 표기를 기술할 수 있으며, BNF로 작성된 문서를 처리하기 위한 해석기를 만드는 것이 가능하다 [7]. 따라서 EBNF로 정의된 SWCL은 그 문법에 있어 명확한 의미의 형식적 정의를 담고 있다.

axiom ::= constraint

하나의 제약식을 나타내는 axiom은 한정자와 제약식의 좌변을 나타내는 LHS, 연산자, 우변을 나타내는 RHS 네 개의 요소로 구성된다.

```

constraint ::= 'Constraint(' [URIreference] {
  qualifier } LHS operator RHS ')'
qualifier ::= 'Qualifier(' URIreference ')'
LHS ::= 'LHS(' termBlock { termBlock } ')'
operator ::= 'equal' | 'notEqual' | 'lessThan' |
'lessThanOrEqual' | 'greaterThan'
| 'greaterThanOrEqual'
RHS ::= 'RHS(' termBlock { termBlock } ')'
termBlock ::= 'TermBlock(' sign
[aggregateOperator] { parameter }
factor { factor } ')'
sign ::= '+' | '-'
aggregateOperator ::= 'Sigma' | 'Production'
factor ::= 'Factor(' URIreference ')'
parameter ::= 'Parameter(' URIreference ')'
    
```

제약식 (1)을 SWCL에 적용해 본다면 LHS는 $\sum_{x \in y.hasPart} x.populationValue$ 를 나타내며 RHS는 'y.populationValue'를 나타내고, 한정자와 연산자는 각각 'Country'와 '='을 의미한다. 또한 LHS와 RHS는 각 변에서 하나의 항을 의미하는 하나 이상의 termBlock으로 구성된다.

마지막으로 제약식을 이용해서 주어진 문제를 풀기 위해서는 의사결정 모형을 수립해야 한다. 이를 위해 SWCL에서는 다음과 같이 목적 함수와 제약식으로 구성된 최적화 모형을 제공한다.

```

optModel ::= 'OptModel(' objective subjectTo ')'
objective ::= 'Objective(' opti-
mizationInstruction objectiveTerm ')'
subjectTo ::= 'SubjectTo(' { constraint } ')'
optimizationInstruction ::= 'Minimize' |
'Maximize'
objectiveTerm ::= URIreference | termBlock
    
```

앞에서 설명한 OWL 문서와 연결하여 제약식 (1)은 다음의 [그림 3]에서와 같이 SWCL 문서의 형식

으로 나타낼 수 있다.

4. 인터넷 구매자 문제와 의미망 환경의 구축

이번 장에서는 SWCL이 OWL과 함께 실제의 인터넷 구매자 문제를 표현하는데 어떤 도움이 되는지를 살펴보고, SWCL로부터 어떠한 유익을 얻을 수 있는지 알아본다.

먼저 구매자는 다수의 인터넷 쇼핑몰에서 여러 가지의 CD를 구매하고자 한다고 가정한다. 이때 구매자는 인터넷 검색엔진을 이용해서 제품의 탐색을 시작한다. 구매자가 사고자 하는 CD앨범의 제목이

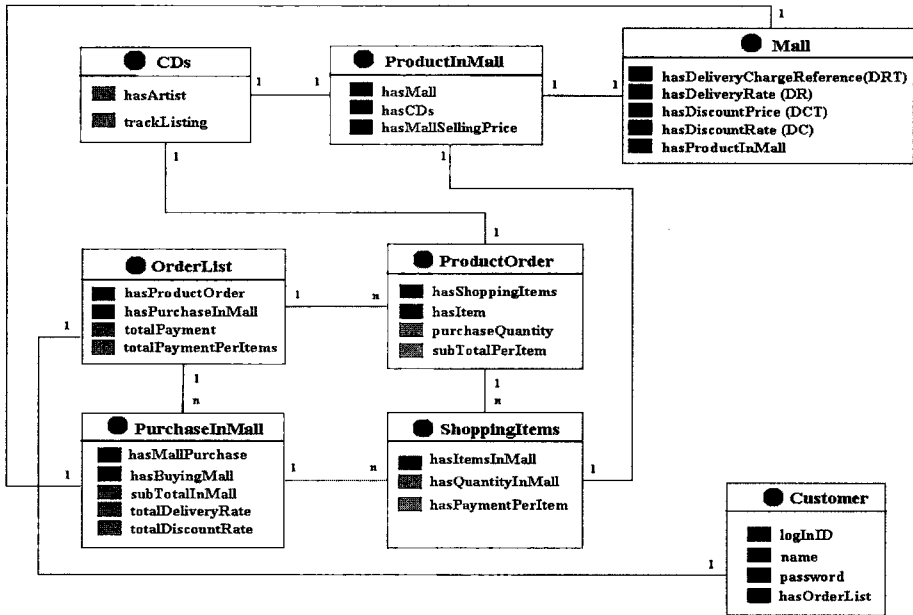
나 이에 관련된 설명을 검색엔진에 입력하면 대부분의 경우 구매자가 살펴보기 힘들 정도로 많은 데이터를 보여준다. 이로써 대부분의 경우 원하는 제품을 어디서 구매하여야 하는지를 결정하기 어렵게 된다.

이 문제의 원인 중 하나는 일반적인 검색 방법이 일치하는 단어나 문구를 찾는 데 초점이 맞추어져 있기 때문이다. 이렇게 찾아진 검색 결과는 검색 엔진의 측면에서 전혀 이해되지 않는 문자들의 집합이기 때문에 그 결과물을 가지고 어떤 가공과정을 거친다는 것이 불가능하다. 이를 해결하기 위한 한 가지 방법은 의미망 기술을 탐색 과정에 포함하는 것으로서[2, 5], 이 과정을 통해서 필요한 정보를 보

```

<swcl:Constraint rdf:ID="numberOfPopulation">
  <swcl:qualifier>
    <swcl:Variable rdf:id="y">
      <swcl:bindingClass rdf:resource="#Country"/>
    </swcl:Variable>
  </swcl:qualifier>
  <swcl:hasLHS>
    <swcl:TermBlock rdf:ID="termBlock_1">
      <swcl:sign rdf:resource="&swcl;plus"/>
      <swcl:aggregateOperator rdf:resource="&swcl;Sigma"/>
      <swcl:parameter>
        <swcl:Variable rdf:id="x">
          <swcl:bindingClass>
            <owl:Restriction>
              <owl:onProperty rdf:resource="#partOf"/>
              <owl:hasValue rdf:resource="#y"/>
            </owl:Restriction>
          </swcl:bindingClass>
        </swcl:Variable>
      </swcl:parameter>
      <swcl:factor>
        <swcl:FactorAtom>
          <swcl:bindingClass rdf:resource="#x"/>
          <swcl:bindingProperty rdf:resource="#populationValue"/>
        <swcl:FactorAtom>
      </swcl:factor>
    </swcl:TermBlock>
  </swcl:hasLHS>
  <swcl:hasOperator rdf:resource="&swcl;equal"/>
  <swcl:hasRHS>
    ...
  </swcl:hasRHS>
</swcl:Constraint>
    
```

[그림 3] SWCL문서를 이용한 제약식 (1)의 표현



[그림 4] 인터넷 구매자 문제에 필요한 온톨로지 정의의 일부

다 정확하게 추출해 내는 것이 가능하다. 하지만 이런 개선을 통해 정확하고 좋은 대안들을 얻어내는 것이 구매자로 하여금 가장 좋은 의사결정을 하도록 보장해 주는데 충분치 않다.

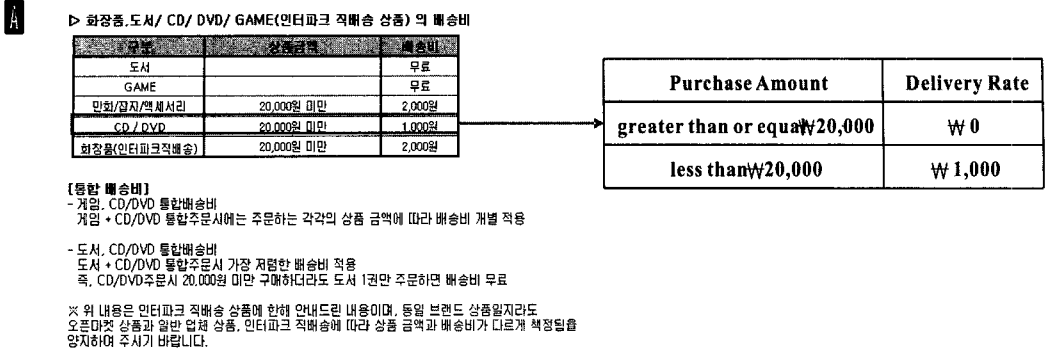
문제에서 요구되는 온톨로지 정의의 일부를 [그림 4]에서 보여주고 있다. [그림 4]는 8개의 클래스와 이에 관련된 속성들으로써, 열은 색으로 표시된 속성들은 데이터형 성질(DatatypeProperty)이며 진한 색으로 표시된 부분은 객체 성질(ObjectProperty)을 나타낸다. 이 클래스와 속성의 개념들은 구매자의 정보 추출 및 의사결정 활동을 돕는 구매에이전트(Shopping Agent)의 관점에서 설계된다.

구매 의사결정시 구매자에게 큰 부담이 되는 것은 같은 제품을 서로 다른 가격을 가지고 다양한 구매 조건으로 판매하는 다수의 인터넷 쇼핑몰이 있다는 것이다. 구매자가 제품을 구매하는데 있어서 제품의 가격 만이 구매를 결정하는 요인이 되는 것은 아니다. 좀더 최선의 구매 결정을 하기 위해서는 각 인터넷 쇼핑몰의 판매정책들을 고려할 필요가 있다. 각각의 인터넷 쇼핑몰은 자기 자신의 기업

전략에 따라 서로 다른 판매정책들을 사용한다. 왜냐하면 이것이 타 쇼핑몰과 차별화하기 가장 쉬운 방법이기 때문이다. 이런 정책으로는 현금반환 정책, 배송 정책, 할인 정책, 제품 포장 정책 등 굉장히 다양한 정책들이 있어 구매자들에게 다양한 선택의 폭을 허용하고 있다.

[그림 5]는 국내의 CD 판매에 있어서 선도적인 역할을 하고 있는 인터넷 쇼핑몰 CDPark의 배송 정책을 보여주고 있다. 그림의 왼쪽 부분은 CDPark의 홈페이지에서 뽑아낸 스크린샷을 보여주고 있고, 오른쪽은 CD에 있어서 배송비에 대한 부분을 간략하게 요약해서 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 CDPark는 총 구매액이 20,000원 이상일 경우 배송비를 부과하지 않는다. 단지 그 미만일 경우 1,000원의 배송비를 부과하고 있다.

인터넷 쇼핑몰의 다양한 판매 정책들은 구매자로 하여금 좋은 의사결정을 하는 것을 방해하는 역할을 한다. 하지만 SWRL을 이용함으로써 쇼핑몰의 다양한 판매 정책들을 표현하고 이를 인터넷에 공개하는 것을 가능하게 하여, 에이전트로 하여금 각 인터넷



[그림 5] CDPark의 인터넷 홈페이지로부터 추출한 배송비 정책

쇼핑몰의 정책들을 이해할 수 있도록 한다. 이와 같은 경우 구매에이전트는 쇼핑몰로부터 제품의 가격 뿐만 아니라 배송비 같은 정보들을 확인해서 구매자가 제품을 구매하기 위해 특정 인터넷 쇼핑몰에서 지불해야 할 비용을 제시해 줄 수 있다. [그림 6]은 [그림 4]에서 묘사된 온톨로지와 연결해서 CDPark의 판매 정책을 SWRL로 표현한 예를 보여주고 있다. SampleDeliveryRateRule은 [그림 5]의 오른쪽에서 묘사한 배송 정책의 예를 묘사하고 있다.

모든 제품에 대한 관련 정보가 수집된 상태에서 구매자가 취해야 하는 행동은 자신의 목표에 따라 최선의 선택을 하는 것이다. 즉 여러 제품을 다수 구매하고자 할 때 구매자는 어느 인터넷 쇼핑몰에서 어떤 제품을 얼마만큼 구매하는 것이 최선의 선택일지를 결정해야 한다. 이런 종류의 의사결정은 단지 개인대 기업간 상거래에서 뿐만 아니라 기업대 기업간의 상거래에서도 다양하게 나타날 수 있는 문제로서, 여기서는 총 구매비용의 최소화를 구매자의 달성 목표로 가정한다. 이 경우 문제는 전통적인 최적화 문제가 된다. 그리고 문제의 묘사로부터 얻어지는 제약식들은 SWCL을 통해서 표현되게 된다.

터 얻어지는 제약식들은 SWCL을 통해서 표현되게 된다.

인터넷 구매자 의사결정 문제를 표현하기 위한 SWCL사용과 그 해결을 설명하기 위한 예로서 [그림 4]에서 제시된 구매자 문제의 온톨로지로부터 다음의 6가지 제약식을 확인할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{OrderList.totalPayment} &= \\
 &\text{OrderList.totalPaymentPerItems} + \\
 &\text{OrderList.totalDeliveryRate} \\
 &- \text{OrderList.totalDiscountRate} \quad (2) \\
 \text{OrderList.totalPaymentPerItems} &= \\
 &\sum \text{PurchaseInMall.subTotalInMall} \quad (3) \\
 \text{OrderList.totalDeliveryRate} &= \\
 &\sum \text{PurchaseInMall.deliveryRate} \quad (4) \\
 \text{Orderlist.totalDiscountRate} &= \\
 &\sum \text{PurchaseInMall.discountRate} \quad (5) \\
 \text{PurchaseInMall.subTotalInMall} &= \\
 &\sum (\text{ProductInMall.hasMallSellingPrice} \\
 &\cdot \text{ShoppingItems.hasQuantityInMall}) \quad (6)
 \end{aligned}$$

```

SampleDeliveryRateRule :
  hasBuyingMall(?x, "CDPark") ^ subTotalInMall(?x, ?z)
  ^ swrlb:greaterThanOrEqual(?z, 20000)
  → deliveryRate(?x, 0)
    
```

[그림 6] CDPark의 판매 정책을 표현한 SWRL 문서의 일부

ProductOrder.PurchaseQuantity =
 Σ ShoppingItems.hasQuantityInMall (7)

구매자 문제에서 온톨로지 상의 제약식 (2)는 구매자의 최종 지불액이 각 제품 구매에 대한 지불액, 배송비 그리고 만약 해당될 경우 추가적인 할인액의

총합으로 구성됨을 보여준다. 제약식 (3)과 (6)은 제품에 대한 지불액이 각 인터넷 쇼핑물의 제품 가격과 구매되는 양의 곱으로 표시되고, 제약식 (4)와 (5)는 배송비와 할인액을 정의하고 있는 식이며, 마지막으로 제약식 (7)은 구매자가 지불해야 하는 총 금액이 각 쇼핑물 별로 지불해야 하는 금액의 합임을

```

<swcl:Constraint rdf:ID="Constraint_6">
  <swcl:qualifier rdf:resource="#x"/>
  <swcl:hasLHS rdf:parseType="Collection">
    <swcl:termBlock rdf:ID="subTotalInMall_1">
      <swcl:sign rdf:resource="http://iwec.yonsei.ac.kr/swcl#plus"/>
      <swcl:factor rdf:parseType="Collection">
        <swcl:FactorAtom>
          <swcl:bindingClass rdf:resource="#x"/>
          <swcl:bindingDatatypeProperty rdf:resource="#subTotalInMall"/>
        </swcl:FactorAtom>
      </swcl:factor>
    </swcl:termBlock>
  </swcl:hasLHS>
  <swcl:hasOperator rdf:resource="http://iwec.yonsei.ac.kr/swcl#equal"/>
  <swcl:hasRHS rdf:parseType="Collection">
    <swcl:termBlock rdf:ID="Price_2">
      <swcl:sign rdf:resource="http://iwec.yonsei.ac.kr/swcl#plus"/>
      <swcl:aggregateOperator

      rdf:resource="http://iwec.yonsei.ac.kr/swcl#sigma"/>
      <swcl:parameter>
        <swcl:Variable rdf:ID="y">
          <swcl:bindingClass rdf:resource="#CDs"/>
        </swcl:Variable>
      </swcl:parameter>
      <swcl:factor rdf:parseType="Collection">
        <swcl:FactorAtom>
          <swcl:bindingClass rdf:resource="#ProductInMall"/>
          <swcl:bindingDatatypeProperty rdf:resource=
"#hasMallSellingPrice"/>
        </swcl:FactorAtom>
        <swcl:FactorAtom>
          <swcl:bindingClass rdf:resource="#ShoppingItems"/>
          <swcl:bindingDatatypeProperty rdf:resource=
"#hasQuantityInMall"/>
        </swcl:FactorAtom>
      </swcl:factor>
    </swcl:termBlock>
  </swcl:hasRHS>
</swcl:Constraint>

```

[그림 7] 제약식 6의 SWCL 표현

보여준다. [그림 7]은 제약식 6에 대한 SWCL 문서의 일부를 보여주고 있다. 이들 제약식에 대한 SWCL 문서는 <http://iwec.yonsei.ac.kr/swcl/shop_ping-problem.swcl>에서 찾아 볼 수 있다.

5. SWCL 기반의 지능형 쇼핑 에이전트

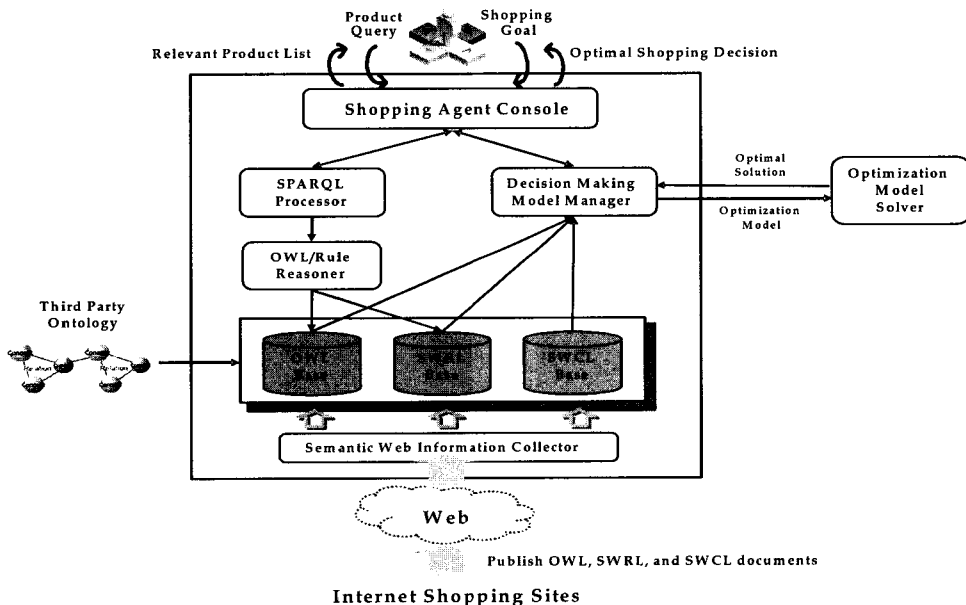
이번 장에서는 의미망을 기반으로 의사결정을 하는 쇼핑 에이전트의 틀을 제시하고, 그 구현이 앞에서 서술된 문제의 예를 어떻게 해결하는지를 보여준다.

5.1 지능형 구매 의사결정의 틀

구매 의사결정 틀은 다섯 개의 부분과 세 개의 주요정보 저장소로 분류된다. [그림 8]은 이 구매 의사결정 틀의 전체 구조를 보여주고 있다. O'keefe와 McEachern은 구매자의 의사결정 과정을 5가지 단계, 즉 필요성의 인식, 정보의 탐색, 평가, 구매, 그리고 구매 후 평가로 분류하였는데[19], 그 관점에서 보았을 때 여기서 제시하는 틀은 정보의 탐색과 평가 두 가지 단계에 해당한다.

[그림 8]에서 보이는 바와 같이 쇼핑 에이전트의 기능은 두 가지로 나뉜다. 첫째로 SPARQL 처리기와 OWL/Rule 추론기는 정보를 탐색하는 기능을 담당한다. 둘째로 의사결정 모형 관리기는 평가의 부분을 담당한다. 쇼핑 에이전트 콘솔은 기본적으로 구매자와의 유저 인터페이스의 역할을 하면서 필요한 과업을 관련된 부분인 SPARQL 처리기나 의사결정 모형 관리기에 할당을 한다.

일단 구매자가 구매에 필요한 제품의 목록을 갖게 되면 어떤 제품을 구매할 것인지를 결정하게 된다. 제품에 대한 결정이 이루어진 후 구매자는 선택된 제품을 구매자가 미리 설정한 목표, 예를 들어 총 구매 비용의 최소화 같은 목표를 달성하기 위해 어떤 인터넷 쇼핑몰에서 얼마만큼의 양을 구입해야 하는지를 결정한다. 이를 위해 구매자는 원하는 의사결정 목표를 쇼핑 에이전트 콘솔을 통해 입력한다. 물론 이때는 구매자에게 의사결정 목표로 제시되는 양에 대한 제약식의 표현들이 미리 SWCL로 구현되어있는 상태이다. 의사결정 모형 관리기는 OWL, SWRL, 그리고 SWCL로 표현된 온톨로지, 규칙, 그리고 제약식들의 정보를 이용해서 해당하는 의사결



[그림 8] SWCL을 이용한 지능형 쇼핑 에이전트의 틀

정 모형의 형태를 확인하고 그 정확한 모형을 생성한다. 마지막으로 최적화 솔버(Solver)를 호출하여 모형의 해를 도출하고 이를 구매자에게 보여준다.

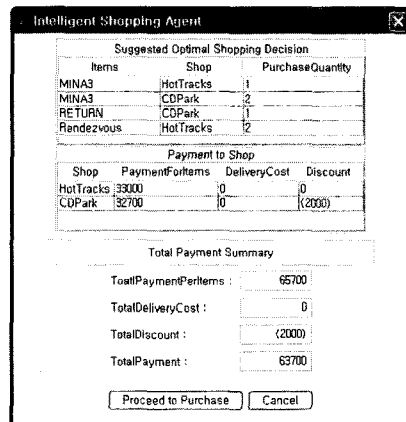
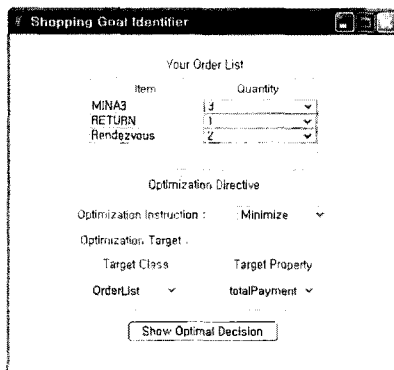
5.2 의사결정 모형의 생성과 해의 도출

의사결정 모형 관리기는 OWL, SWRL, 그리고 SWCL로 표현된 정보로부터 모형을 추출하고, 해당 모형의 솔버를 호출하여 주어진 문제를 푼다.

[그림 9]의 왼쪽 스크린샷은 에이전트의 콘솔을 통해서 구매자가 최적화 명령어 'Minimize'와 최적화하고자 하는 양 'Orderlist.totalPayment'를 선택함으로써, 총 구매 비용을 최소화하도록 하는 구매 목표의 입력 과정을 보여주고 있다. 이런 목표가 주어졌을 때 모형 관리기는 'Orderlist.totalPayment'를 인수(factor)로서 포함하는 모든 제약식을 SWCL문서에서 탐색하여 추출한다. 다시 말해 앞에서 SWCL로 설정된 모든 제약식을 검토하면서 'Orderlist.totalPayment'라는 항목을 포함하는 모든 제약식들을 추출해 내게 된다. 앞의 예에서는 제약식 (2)에 해당하는 제약식을 SWCL문서에서 추출하게 될 것이다. 다음 단계로 새로이 추출된 제약식에 포함된 새 인수들을 확인하고 그 인수들이 포함된 제약식을 추출해낸다. 제약식 (2)는 'Orderlist' 클래스의 'totalPaymentPerItems', 'totalDeliveryRate'와 'totalDis-

countRate'라는 새로운 인자를 가지고 있으므로 SWCL 문서로부터 이 인수를 포함하는 제약식을 추출하면 제약식 (3)~(5)에 해당하는 제약식을 얻게 된다. 이와 같은 탐색과 추출의 과정이 더 이상 제약식의 추가가 없을 때까지 진행된다. 이 탐색 과정 중에 모형 관리기는 각각의 확인된 인수에 대해 해당하는 값이 있는지를 OWL과 SWRL로 표현된 온톨로지와 규칙으로부터 확인한다. 만약에 그런 값이 존재할 경우 해당 인자는 상수로 간주되고 값이 존재하지 않는 경우 변수로 간주된다. 이 과정을 거친 후 마지막으로 모형 관리기는 형성된 모형이 자신의 솔버를 이용해 다룰 수 있는 모형인지를 확인한다. 만약 형성된 모형이 현재의 솔버에서 다룰 수 없는 문제인 경우 그 사실을 구매자에게 알린다. 예제에서 모든 제약식이 선형임을 알 수 있는데 이는 제약식의 각 항에 변수로 규정된 인수가 하나만 존재하기 때문이다.

일단 의사결정 모형이 위와 같은 절차를 통해 얻어지고 그 모형이 솔버를 통해 풀릴 수 있다고 결정되면, 다음으로 그 모형을 솔버에 입력해서 모형의 해를 도출해야 할 것이다. 앞에서 설명된 예제의 경우는 정수계획 모형으로 설정이 된다. 따라서 여기서는 이 모형을 풀기 위해 CPLEX[6]를 수리계획 엔진으로 갖고 있는 ILOG OPL Studio[10]를 호출하고 이에 모형을 입력하여 문제를 푼다.



[그림 9] 구매 목표와 설정과 최적의 쇼핑 의사결정을 보여주는 스크린샷

ILOG OPL Studio는 모형언어로 OPL을 사용하기 때문에 문제를 풀기 위해서는 전술한 절차에 따라 OWL, SWRL, 그리고 SWCL로부터 설정한 모형을 OPL 문장으로 번역해야 할 필요가 있다. 이 번역 과정은 제약식 집합, 확인된 변수와 상수의 집합들의 구조체로부터 별다른 어려움 없이 이루어질 수 있다. 에이전트는 먼저 모형에서 제약식들의 설정에 필요한 의사결정 변수와 상수에 해당하는 데이터를 선언문의 형식으로 기록한다. 그리고 각 제약식에 해당하는 OPL 문장을 쓴다. SWCL의 매개 변수와 한정어는 OPL의 인덱스와 한정어로 변환이 가능하다. 예를 들어 제약식 (6)을 OPL 문장으로 변환하면 다음과 같이 표현된다.

```
(string) Mall = ... ;
(string) CDs = ... ;
float hasMallSellingPrice[Mall][CDs] = ... ;
dvar float + subTotalInMall[Mall];
dvar int + hasQuantityInMall[Mall][CDs] ;
forall(i in Mall) {
    subTotalInMall[i] == sum(j in CDs)
        hasMallSellingPrice[i][j]
            * hasQuantityInMall[i][j] ;
};
```

여기서 Mall과 CDs는 두 개의 인덱스를 나타내는 것으로 SWCL의 매개변수는 인덱스로 정의되고, 구체적인 매개변수 값은 등호 이후에 표현되게 된다. 예에서는 쇼핑물의 이름이 인덱스의 구체적인 값으로 들어가게 된다. 다음으로 'hasMallSellingPrice[Mall][CDs]'를 얻기 위해서는 주어진 인덱스 값에 대해 (6)에서의 hasMallSellingPrice 인수를 포함하는 'ProductInMall' 클래스를 SWCL문서에서 확인한 후 온톨로지 관계 구조로부터 클래스 'ProductInMall'을 바인딩하는 매개변수 클래스가 'Mall'과 'CDs'임을 확인할 수 있다. 마찬가지로 'subTotalInMall[Mall]'과 'hasQuantityInMall[Mall][CDs]'의 인덱스 정보가 얻어지고 온톨로지 상에서 해당 인수

가 값을 갖지 않으므로 변수로 선언된다. OPL 문장에서 선언 이후의 제약식 표현은 SWCL 문서의 해당 제약식 표현을 OPL 문법에 따라 써 준 것에 지나지 않다.

SWCL 문서에 표현된 제약식을 OPL 문장으로 표현하는 것 이외에 SWRL로 표현된 규칙을 모형에 담을 필요가 있다. 즉 SWCL 문서를 통해서 얻게 된 여러 인수들 중에 값이 정해지지 않은 인수는 변수로 설정이 되는데 이 변수들 중에 SWRL 문서로 표현된 것이 있는지를 살펴보게 된다. 예를 들어 'PurchaseInMall.deliveryRate' 같은 경우 [그림 6]에서 주어진 것처럼 해당하는 비즈니스 규칙이 정의되어 있다. 이 규칙에 따르면 배송비는 해당 쇼핑몰에서의 주문액에 대한 계단형의 비용함수를 갖게 된다. 정수계획 모형에서는 비용의 계단형 구조를 처리할 수 있는 모형 자체의 원시적인 구성부가 존재하지 않기 때문에 이를 표현하기 위해서 추가적인 선형 제약식과 추가 변수를 도입하는 방법을 사용한다[18]. 이와 마찬가지로 쇼핑 에이전트도 추가적인 선형 제약식과 변수를 도입함으로써 그에 해당하는 구조체를 만들 수 있고, 이를 통해 계단형 비용의 문제를 해결한다. 이를 OPL 문장으로 표현하면 다음과 같다.

```
int LambdaSize = ... ;
int Intervals = ... ;
float + DR[Mall] = ... ;
float + DRT[Mall] = ... ;
dvar float + lambda[Mall][LambdaSize] ;
dvar Boolean Y[Mall][Intervals] ;
forall(i in Mall) {
    deliveryRate[i] == DR[i]*Y[i][2] ;
    subTotalInMall[i] == DRT[i]*lambda[i][3] +
        totalBound*lambda[i][4] ;
};
forall(i in Mall) {
    lambda[i][1] <= Y[i][1] ;
    lambda[i][2] <= Y[i][1] + Y[i][2] ;
```

```

lambda[i][3] <= Y[i][2] + Y[i][3] ;
lambda[i][4] <= Y[i][3];
sum(k in LambdaSize) lambda[i][k] == 1 ;
sum(k in Intervals) Y[i][k] == 1 ;
};
    
```

SWRL 문서로부터 [그림 5]와 [그림 6]에서 배송비 면제의 기준이 되는 구매액 20000이 'DRT'의 값으로 설정되고 'DR'은 배송비 1000으로 설정된다. 계단형 비용을 위해 에이전트는 'lambda'와 'Y'라는 변수를 도입하고 이 두 형태의 변수들 간의 제약식을 통해서 계단형 비용을 표현하는 것을 보여주고 있다. 배송비와 마찬가지로 할인의 문제도 이와 비슷한 방법으로 제약식을 형성한다.

이렇게 형성된 OPL 문장들은 ILOG OPL studio로 입력되고 OPL studio는 주어진 모형의 해를 도출하여 에이전트의 의사결정 모형 관리기로 보낸다. [그림 9]의 오른쪽 스크린샷은 예제 문제를 에이전트의 모형 관리기를 통해 풀었을 때 결과로서 얻어진 최적 의사결정을 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 구매자에게 63,700원을 최소 비용으로 갖는 최적의 해가 제시되었다. 즉 에이전트는 구매자에게 2단위의 "Rendezvous"와 1단위의 "MINA3"를 "Hot-Tracks" 쇼핑물로부터 구입하고 1단위의 "Return"과 2단위의 "MINA3"를 "CDPark" 쇼핑물로부터 구입하는 것을 추천하고 있음을 볼 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구 과제

이 논문은 OWL을 기반으로 한 의미망 제약식 언어(SWCL)에 대해 논하고, 의미망의 구성부인 OWL과 SWRL, 그리고 SWCL을 통해 인터넷 환경에서 발생할 수 있는 의사결정 문제인 인터넷 구매자 문제를 어떻게 효과적으로 표현할 수 있는지 보여주었다. 특히 OWL, SWRL, SWCL 등 의미망 기술을 최적화 모형 기술과 연결하여 데이터의 표현과 이 데이터를 이용한 의사결정을 자동적으로 이루어지도록 하는 지능형 쇼핑 에이전트의 원형(prototype)을

개발하고, 이를 통해 인터넷 쇼핑 의사결정 틀을 보여줌으로써 원시 데이터를 실제 의사결정자에게 유용한 지식의 수준으로 상승시킬 수 있음을 보였다.

본 연구는 앞으로의 연구 과제로 돌려질 수 있는 몇 가지 제한적인 상황 하에서 진행되었다. 우선 현 단계의 SWCL은 다항식 형태의 수리 제약식만을 다룰 수 있고, 둘째로 최적화 모형의 범위가 혼합 정수계획 모형에 국한되고 있다. 위 두 가지 문제들 뿐만 아니라 SWRL 처럼 Protégé의 플러그인 형태로 제공되는 전용 에디터와 같은 에디터의 개발 및 에이전트 구현에 관련된 많은 구체적인 문제들은 추후의 연구과제로 진행될 것이다. 이와 더불어 의미망에서의 지식에 대한 유효성(validation)과 검증(verification) 또한 중요한 연구과제 중 하나로서, 지식으로써의 수리 모형에 대한 유효성과 검증 또한 향후 연구방향으로 남아있다.

참고 문헌

- [1] Antoniou, G. and F. van Harmelen, "Web Ontology Language : OWL," Handbook on Ontologies in Information Systems, Springer, (2003), pp.76-92.
- [2] Bangyong, L., T. Jie and L. Juanzi, "Association Search in Semantic Web : Search + Inference," Special Interest Tracks and Posters of the 14th International Conference on World Wide Web, Chiba, Japan (2005), pp.992-993.
- [3] Bassiliades, N. and P.M.D. Gray, "Colan : A Functional Constraint Language and Its Implementation," Data and Knowledge Engineering. Vol.14(1994), pp.203-249.
- [4] Bazaraa, M.S. and J.J. Jarvis, Linear Programming and Network Flows. John Wiley and Sons, Canada, 1977.
- [5] Cesarano, C., A. d'Acerno and A. Picariello, "An Intelligent Search Agent System for Semantic Information Retrieval on the Internet,"

- Proceedings of the 5th ACM International Workshop on Web Information and Data Management, New Orleans, Louisiana, USA (2003), pp.111-117.
- [6] CPLEX Optimization Inc., Using the CPLEX TM Callable Library and CPLEX TM Mixed Integer Library, Incline Village, NV, 1994.
- [7] Garshol. L.M., "BNF and EBNF : What are they and how do they work?," <http://www.garshol.priv.no/download/text/bnf.html>.
- [8] Gray, Peter, Kit Hui and Alun Preece, "An Expressive Constraint Language for Semantic Web Applications," IJCAI01 Workshop on e-business and the intelligent web, August 5, 2001.
- [9] Greenwald, A.R. and J.O. Kephart, "Shopbots and Pricebots," Proceedings of the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence, (1999, July 3-August 06), pp.506-511.
- [10] Heisig Gerald, Minner Stefan, "ILOG OPL Studio," OR Spektrum : Organ der Deutschen Gesellschaft für Operations Research, Vol.21, No.4(1999), pp.419-427.
- [11] Hendler, Jim, <http://iswc2003.semanticweb.org/invitedtalks.html>, 2003.
- [12] Horrocks, I., P.F. Patel Schneider, H. Boley, S. Tabet, B. Groszof and M. Dean, "SWRL : A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML," Acknowledged W3C Member Submission, NRC 48058, May 21, 2004.
- [13] Kim, H.-J., W. Kim, J. Kim, "An Intelligent Shopping Agent for Optimal Purchasing Decision on the Semantic Web," ISCIS2006, Lecture Notes on Computer Science, Vol.4623(2006), pp.192-201.
- [14] Krishnan, R., "Knowledge Based Aids for Model Construction," Ph.D. Thesis, The University of Texas, Austin, 1987.
- [15] Lee, J.K. and M.Y. Kim, "Knowledge-assisted Optimization Model Formulation : UNIK-OPT," Decision Support Systems, Vol.13(1995), pp. 111-132.
- [16] Menczer, F., W.N. Street, N. Vishwakarma, A.E. Monge and M. Jakobsson, "IntelliShopper : a proactive, personal, private shopping assistant," Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multi-agent systems, part 3, ACM Press, 2002.
- [17] Miller, E, "An Introduction to the Resource Description Framework," Bulletin of the American Society for Information Science, Vol.25, No.1(1998).
- [18] Nemhauser, G.L. and L.A. Wolsey, Integer and Combinatorial Optimization, John Wiley and Sons, 1988.
- [19] O'Keefe, R.M. and T. McEachern, "Web-Based Customer Decision Support Systems," Communications of the ACM, Vol.41, No.3(1998).
- [20] Pack, Thomas, "Intelligent shopping agents," Link up.Medford, Vol.18, No.2(2001, Mar~Apr), p.16.
- [21] Preece, Alun, Stuart Chalmers, Craig McKenzie, Jeff Z. Pan and Peter Gray, "Handling Soft Constraint in the Semantic Web Architecture," WWW2006, (2006, May), pp.22-26.
- [22] Tim Berners-Lee, <http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>, 1998.
- [23] Tim Berners-Lee.(ed.), Weaving the Web, Orion, 1999.
- [24] Wen Shan, Lin, "Knowledge modelling and its applications for an intelligent shopping agent," Proceedings of 2005.
- [25] Yeom, K. and J.K. Lee, "Logical Representation of Integer Programming Models," Decision Support Systems, Vol.18(1996), pp.227-251.