

확장형 규칙 표식 언어(eXtensible Rule Markup Language): 설계 원리 및 응용

이재규

한국과학기술원 테크노경영대학원
(jkleee@kgsms.kaist.ac.kr)

강주영

한국과학기술원 테크노경영대학원
(jykang@kgsms.kaist.ac.kr)

손미애

한국국방연구원 선임연구원
(miae@kida.re.kr)

XML(eXtensible Markup Language, XML)은 인터넷에서의 자료 교환을 위해 고안된 언어이다. 본 논문에서는 XML의 개념을 발전시킨 확장형 규칙 표식 언어(eXtensible Rule Markup Language, XRML)를 제안하고 있다. XRML은 웹 페이지에 내재된 암묵적 규칙의 식별, 구조적인 규칙으로의 변환, 사람과 소프트웨어 에이전트간의 지식 공유를 가능하게 하며, 이를 통해 지식기반시스템(Knowledge Based System)과 지식관리시스템(Knowledge Management System)의 통합을 실현할 수 있는 새로운 언어가 될 것이다.

본고에서는 XRML이 이상과 같은 능력을 갖기 위해 반드시 갖춰야 할 6가지 설계 기준과, 이들 기준을 반영한 XRML 구성 요소로서 RIML(Rule Identification Markup Language), RSML(Rule Structure Markup Language)과 RTML(Rule Triggering Markup Language)을 설계하였으며, 개별 요소들의 기능 및 특성과 함께 태그와 DTD(Document Type Definition)도 식별하였다.

나아가 전술한 구조를 기반으로 하여 XRML을 워크플로우 시스템상의 폼처리에 적용한 Form/XRML이라는 프로토타입 시스템을 설계하고 구현하였다. 본 프로토타입의 개발을 통해, 지식기반시스템의 지식을 활용하는 RTML이 폼을 비롯한 다양한 응용시스템에 내재될 수 있으며, 웹 페이지의 암묵적 규칙과 지식기반시스템의 규칙이 일관성 있게 유지될 수 있음을 보여 주었다. 요컨대 본 연구는 XRML이 지능형 웹으로 발전하기 위한 새로운 도구이며, KBS와 KMS의 통합을 위한 중요한 도구임을 입증하였다는 점에서 큰 의의를 갖는다고 하겠다.

1. 서론

HTML(Hypertext Markup Language)은 사용의 용이성과 높은 이식성으로 인해 1990년대 웹의 발전에 견인차 역할을 수행하였다. 그러나 HTML로 표현된 자료나 문서의 사용자가 사람이 아닌 소프트웨어 에이전트일 경우, 위의 특성은 더 이상 장점이 아닌 장애 요소가 되었고, 이를 극복하기 위해 등장한 것이 XML(eXtensible

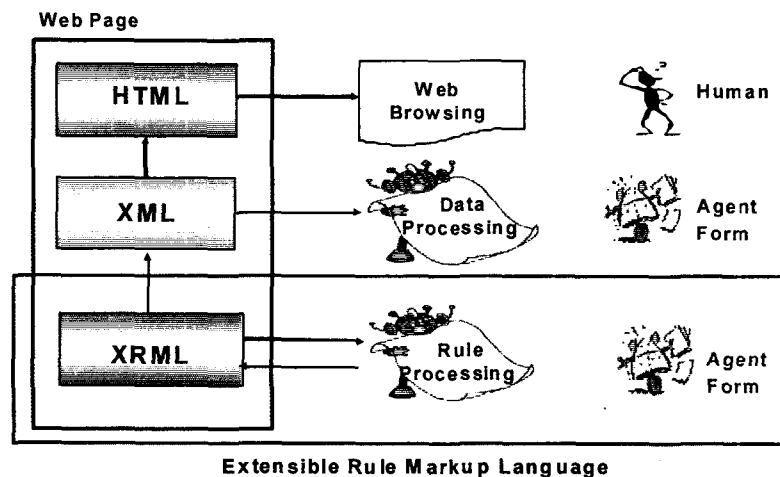
Markup Language)이다. DTD(Document Type Definition)가 고정되어 있지 않다는 XML의 장점은, 여러 응용 분야에서 XML을 기반으로 분야나름대로의 자료 및 문서교환을 위한 표준화 작업의 추진을 가속화시켰으며 이러한 노력은 향후에도 지속될 것으로 예상된다(Li, 2000).

XRML(eXtensible Rule Markup Language)은 XML의 능력을 기반으로 하는 발전 분야로서, XML이 가지는 다음과 같은 한계를 극복하기 위

해 시도된 것이다. 즉 “HTML로 표현된 웹 문서들이 지식(규칙)을 암묵적으로 내포하고 있으나, 현재의 XML로는 웹 문서의 사용자인 사람과 소프트웨어 에이전트가 동시에 활용할 수 있도록 지식을 추출한 후 일관성 있는 관리를 통해 지식의 공유를 달성하는 것이 어렵다”는 것이다. 데이터의 표현 및 교환에서 한 단계 더 발전해 웹 페이지에 내포되어 있는 암묵적인 지식을 식별하여 다양한 지식의 사용자가 공유할 수 있도록 한다는 것은 웹의 발전을 위한 새로운 전기가 될 것이다. 이를 가능하게 하는 것이 본 연구에서 제안하고 있는 확장형 규칙 표식언어(XRML)이다. XRML은 비정형화된 HTML 문서로부터 정형화된 지식과 메타지식을 추출하기 위한 언어로 정의할 수 있으며, 그림 1은 HTML 및 XML과 대비한 XRML의 위상(topology)을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 사람을 위한 HTML이 1세대 언어, 소프트웨어 에이전트를 위한 XML이 2세대 언어라고 한다면, 사람과 소프트웨어 에이전트가 동시에 활용할 수 있는 XRML은 3세대 언어라고 할 수 있다.

XRML이 추구하는 목표를 달성하려면 웹 페이지에 암묵적으로 내포되어 있는 지식을 용이하게 식별할 수 있어야 하고, 구조적인 양식으로의 변환을 통해 교환 가능해야 하며, 궁극적으로 다양한 응용 시스템들이 활용할 수 있는 언어로 설계되어야 한다. 이를 위해 우리는 XRML의 세가지 구성요소로서 Rule Identification Markup Language(RIML), Rule Structure Markup Language(RSML)과 Rule Triggering Markup Language(RTML)을 고안하였다.

본 고에서는 새로운 개념의 표식언어인 XRML을 제안하기 위해 지식기반시스템(Knowledge Based System, KBS)과 지식관리시스템(Knowledge Management System, KMS)의 특징을 문헌을 통해 검토하였으며, XRML이라는 새로운 표식언어가 가져야 할 6가지의 기준을 제시하였다. 또한 이러한 기준을 만족하는 RIML, RSML 및 RTML의 태그와 DTD를 제안하는 한편, XRML을 폼 처리에 적용한 프로토타입인 Form/XRML에 대해 자세히 소개하였다.



<그림 1> 웹의 발전 방향

2. 문헌조사

2.1 KBS와 KMS의 비교

진술한 바와 같이 XRMML은 웹페이지내에 암묵적으로 내포되어 있는 지식을 식별하여 구조적으로 변환한 후 소프트웨어 에이전트와 사람이 지식을 공유할 수 있도록 하는 언어이다. 공유의 과정에서 반드시 달성되어야 할 점은 동일한 지식을 사용하는 이질적인 사용자들이 항상 일관성있게 지식을 공유해야 한다는 것이다. 이러한 차원에서 XRMML은 지식기반시스템과 지식관리시스템의 통합을 시도하는 것이라고 볼 수 있다.

본 절에서는 XRMML과 관련된 두가지 개념인 지식기반시스템과 지식관리시스템에 대해 살펴보고자 한다. 이들 두 개념은 표 2에서 보는 바와 같이 용어의 유사성에도 불구하고 완전히 상이한 개념임을 알 수 있다.

<표 1> KBS와 KMS

	지식기반시스템	지식관리시스템
지식처리	추론엔진	사람
추론	전방향/역방향 추론, 근사추론	하이퍼링크, 키워드검색
지식표현	규칙, 술어계산, 객체(프레임)	HTML, XML, VRML
지식 원	특정 지식베이스	글로벌 지식포탈
도구	적용분야별 도구	범용적 도구
대중성	제한된 사용자	시간과 사용자 제한 없음

• 지식기반시스템

인공지능의 한 분야로 발전한 지식기반시스템은 1980년대 초반에 등장한 이후 발전을 지속해 왔으며(Liebowitz, 2001), 흔히 전문가시스템(Expert System)과 동의어로 사용되기도 한다.

지식기반시스템은 응용 분야별로 코드화된 지식을 활용해 자동화된 추론을 수행하고 설명하는 것이 주 목적이지만, 지식 처리의 핵심이 되는 자연어 처리 분야의 발전 담보로 제한된 분야에서만 활용되고 있는 실정이다.

지식기반시스템은 규칙, 술어계산 및 프레임(객체) 등으로 지식을 표현하고, 이렇게 표현된 지식을 이해할 수 있는 특정 추론엔진만을 활용하여 추론과 설명을 시도한다. 이러한 제한점으로 인해 지식기반시스템은 진단, 구성관리, 생산계획 및 경영을 위한 의사결정 지원 등과 같이 인식기능이나 광범위한 지식을 필요로 하지 않는 분야를 중심으로 활용되고 있다.

그러나 최근 이러한 지식기반시스템의 활용 영역을 웹으로 확장시키려는 노력들이 이루어지고 있다. 지능형 이메일 해석 및 분류, 제품에 대한 소비자 지원을 위한 스마트 자문, 온라인 구성관리 및 기술지원을 위한 안내데스크 등이 대표적인 예이다(Firepond, 2001). 이와 함께 웹 페이지로부터 지식을 획득하려는 노력(Gaines, R.B. and Shaw, L.G.M., 1997)과 규칙기반시스템을 하이퍼텍스트로부터 자동 생성해 주는 도구(Song, and Lee, 2000)의 개발이 시도되고 있다.

• 지식관리시스템

지식경영이라고도 불리는 지식관리시스템은 인터넷(Internet), 인트라넷(Intranet) 및 익스트라넷(Extranet) 상에 방대하게 퍼져있는 지식을 공유하고, 재사용하고자 하는 웹기술을 그 시발점으로 하고 있다. 표에서 요약한 바와같이 지식관리시스템의 주사용자는 소프트웨어 에이전트가 아닌 사람이다. 이들은 대화식 검색을 통해 특정 주제에 대한 이해를 도모한다. 다시말해, 웹상에 게시되어 있는 모든 지식은 지식관리시스템의 관리

대상이 된다고 해도 과언이 아니다.

이상의 논의를 통해 지식기반시스템과 지식관리시스템의 특징을 살펴보았다. 이들 두 시스템은 상이한 목적을 달성하기 위해 서로 다른 발전을 도모해 왔으나, 이들의 통합 필요성에 대한 논의가 서서히 일고 있다(Liebowitz, 2001, O'Leary, 1998). 즉, 웹의 사용자가 더 이상 사람에 국한되지 않고 다양한 소프트웨어 에이전트들로 확대되고 있으며, 이러한 사실로부터 사람과 소프트웨어 에이전트간에 웹 페이지 지식의 공유가 필수적임을 알 수 있다.

XRML이 추구하는 목표는 이러한 추세적 요구에 정확하게 부합한다. 이의 구현을 위해서는 지식관리시스템의 지식 표현방법인 하이퍼텍스트와 지식기반시스템의 구조적인 규칙이 일관성있게 관리되고 유지되어야 할 것이다. 이상의 논의를 종합해 볼때, XRML은 지식기반시스템과 지식관리시스템의 통합을 위한 새로운 프레임웍으로 볼 수 있다.

하이퍼텍스트와 RSML 규칙간의 관계에 대한 메타지식은 HTML/RIML 문서의 생성을 통해 추출되며, 지식을 추출(Knowledge Extraction)하는 것은 구조화된 RSML 규칙의 생성을 통해서 이루어진다. 지식관리시스템에서 가장 많은 노력과 시간을 투자해야 하는 절차가 지식 획득임을 감안할 때, XRML에서 채택한 지식획득 방법, 즉 웹 페이지로부터 구조적인 규칙을 추출하는 방법은 비용 대 효과 측면에서 매우 유효한 방법이라고 할 수 있다.

XRML은 차세대 지식기반시스템과 지식관리시스템인 동시에 웹 공동체가 추구하고 있는 세만틱 웹(Berners-Lee, T. Hendler, J. and Lassila, O., 2001, Boley, H., Tabet, S. and Gerd Wagner, 2001)을 위한 규칙표식 언어로서도 그 역할을 할

수 있을 것으로 기대한다.

2.2 규칙표식언어(Rule Markup Language)

웹 브라우저를 통해 보여주는 차원을 넘어 이질적인 웹 구성 요소들 간의 자료 교환을 목적으로 등장한 XML을 인공지능 및 규칙기반시스템들에 적용하기 위해 다양한 노력들이 시도되고 있다. (Boley, 2002). 표 2에서 보는 바와 같이 현재 RuleML 공동체의 주 관심사는 규칙이나 케이스 등과 같은 지식표현 수단을 XML로 표현한 후 이들을 교환하고자 하는 것이다.

광의의 의미에서 보면 XML을 기반으로 규칙을 표현하고자 한다는 점에서 XRML도 RuleML의 한 시도로 볼 수 있다. 그러나 XRML이 단순

<표 2> Rule Markup Languages (RuleMLs)의 유형

RuleML 명칭	대상
CaseBased Markup Language (CBML)	분산환경에서의 사례 기반 추론을 위한 RuleML로서, 케이스의 재사용성과 이질적인 시스템간의 상호운용성 보장을 위한 XML 기반의 케이스 표현언어
Business Rules Markup Language (BRML)	이질적인 규칙 기반 시스템들간에 규칙을 교환하기 위해 공통의 규칙 구조 명시
Agent-Object-Relationship Markup Language (AORML)	소프트웨어 에이전트가 업무처리, 상호작용 처리, 사건의 순서, 행위, 활동 및 통제 등을 처리할 수 있도록 업무규칙을 XML로 표현
Artificial Intelligence Markup Language (AIML)	단순 패턴매칭 기법을 적용한 채팅 로봇인 ALICE (Artificial Linguistic Internet Computer Entity)를 위한 XML 명세
Universal Rule Markup Language (URML)	이질적인 인공지능 응용체계들이 상호 입력자료와 출력자료를 공유하기 위해 입출력 자료를 XML로 표현
Relational-Functional Markup Language (RFML)	call-by-value 표현을 사용하는 로직 프로그래밍언어인 Reifun의 XML 버전

히 규칙을 표현하는 데 그치는 것이 아니라 웹 페이지에 내포되어 있는 암묵적인 지식을 식별하고, 식별한 지식을 구조화시키며 이를 지식기반시스템과 연결될 수 있도록 해준다는 관점에서 기존의 연구들과는 확연한 차별성을 갖고 있다.

2.3 전자상거래에서의 XML

XML의 출현은 기업간 많은 양의 자료교환을 수반하는 기업간 전자상거래 확산에 일대 전기를 마련하였다. 전달된 웹 문서로부터 분리된 자료를 직접 기업 내부의 업무절차에 적용하는 것이 XML에 의해 비로소 가능해졌기 때문이다. 현재 XML은 기업간 전자상거래에서 국제표준으로 자리잡고 있으며(Worden, 2000), 이외에도 생물학, 화학 및 그래프 이론의 분야에서도 다양한 표준화 노력이 전개되고 있다(W3C, <http://www.w3.org/TR>). 본 절에서는 XML과 관련되어 진행 중인 다양한 노력 중 기업간 전자상거래 분야에 대해 집중적으로 알아보려고 한다.

- CBL(Common Business Language): 이질적인 플랫폼과 응용시스템 간에 XML로 표현된 주 문서나 송장 등을 교환함으로써 기업간 전자상거래를 지원하는 언어로서 Commerce One을 중심으로 진행중이다(Commerce One, 1999).
- cXML(Commerce XML): 인터넷상에서 기업간 전자상거래 업무를 처리하기 위해 소요되는 프로토콜을 XML 기반으로 제공하는 것으로서 Ariba를 중심으로 표준화가 진행중이다(Ariba, 1999).
- EbXML(Electronic Business XML Initiative):

응용 시스템간, 응용시스템과 사용자간 또는 응용시스템환경과 사용자간에 발생하는 전자적 거래 자료의 교환을 위해 XML 기반으로 제공된 개방형 기술 체제로서, 기업간 전자상거래와 관련된 대표적인 표준이며 UN/CEFACT(UN's body for Trade Facilitation and Electronic Business) XML/EDI (Electronic Data Interchange)와 OASIS(Organization for the Advancement of Structured Information Standards)의 공동 노력에 의해 발전되고 있다(Alan Kotok and David R.R. Webber, 2001).

- XML/EDI (Electronic Data Interchange): XML 태그를 사용하여 EDI 메시지를 표현함으로써 현재 EDI 메시지를 이해하기 위해 반드시 필요한 복잡한 변환절차를 생략한 채 전달된 자료의 의미를 이해할 수 있으며, 하나의 표준 메시지를 기업의 요구사항에 맞게 적절히 수정할 수 있는 장점을 가진 XML/EDI에 대한 연구가 진행중이다.

이외에도 XML을 기반으로 하는 다양한 표준화 노력들이 진행 중이며(Cover, 2002), 이러한 추세는 향후에도 지속될 것으로 예상된다(Li, 2000).

이상의 논의로부터 XML을 응용하여 새로운 이익을 창출하려는 다양한 노력들이 이루어지고 있음을 알았다. 그럼에도 불구하고 기존의 노력들은 인터넷을 통해 자료를 교환한 후, 교환된 자료를 가동하여 소프트웨어 에이전트가 이를 처리할 수 있도록 하는 단계에 머물고 있다. 그러나 교환의 대상이 자료가 아닌 지식이고 교환된 지식을 지식기반시스템에 저장할 수 있다면 기존 지식기반시스템의 장점을 웹으로 흡수해 웹의 발전을

가속화할 수 있을 것이다. 이와 함께 이질적으로 표현된 지식을 일관성 있게 관리함으로써 진정한 의미의 지식공유를 통한 지식관리도 달성할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

3. XRML의 설계 기준

웹 페이지에 암묵적으로 내포되어 있는 지식을 식별하고, 구조적인 양식을 통해 교환하며, 궁극적으로 다양한 응용 시스템들이 활용할 수 있도록 한다는 XRML의 목표를 달성하기 위해 다음과 같은 XRML 설계 기준을 제안하였다(Lee and Sohn, 2002).

- 표현의 완전성(Expressional Completeness): RSML은 구조적인 규칙의 전형(canonical), 즉 '조건-행위(condition-action)' 형태의 규칙으로 완전하게 변환할 수 있어야 한다. 이는 RSML의 사용자인 지식기반시스템 또는 전문가시스템이 이해할 수 있는 형태로 규칙이 변환되어야 함을 의미한다. RSML 문법에서 제안하는 태그를 사용함으로써 지식기반시스템의 추론 엔진이 사용할 수 있는 전형적인 규칙으로의 변환이 가능할 것이다.
- 관계의 연결성(Relevance Linkability) : RIML로 표현된 하이퍼텍스트와 RSML 규칙 사이의 연결관계가 완전히 표현되어야 한다. 사람과 소프트웨어 에이전트가 웹상에서 지식을 공유하기 위해서는 이질적으로 표현된 지식, 즉 사람을 위한 HTML과 소프트웨어 에이전트를 위한 규칙간의 관계가 지식의 일관성 유지를 위해 명확히 식별되어야 한다. XRML은 RIML과 RSML간의 관계를 확인할 수 있는 태그를 설계함으로써 RSML 규칙이 RIML과 어떻게 관련되어 있는 지를 식별할 수 있도록 하였다.
- 다형의 일치성(Polymorphous Consistency): 웹에서의 지식은 그 용처에 따라 RSML, 규칙 또는 RIML을 포함하고 있는 하이퍼텍스트 등으로 표현될 수 있으며, 그 표현 양식에 상관없이 지식은 일관성을 유지해야 한다. 이는 지식의 일관성 유지 및 그로부터 파생되는 지식의 공유라는 측면에서 중요한 의미를 가지고 있다. 즉, 지식에 변화가 발생한 경우, 접근이 용이한 한가지 유형의 지식만 수정하면 XRML이 가지고 있는 관계의 연결성을 통해 다양한 형태의 지식이 수정될 수 있다. 즉 XRML의 구성요소로부터 지식들은 그 형태에 상관없이 항상 동일한 지식을 유지할 수 있고 지식의 관리가 매우 용이하게 된다.
- 응용의 범용성(Applicative Universality): RSML 규칙은 '조건-행위' 형태의 규칙으로 변환되어 지식기반시스템의 지식베이스에 저장되며, 이 지식베이스는 RTML을 포함하고 있는 응용 시스템들이 활용할 것이다. 즉 특정 영역에서 활용 중인 응용시스템의 유형에 상관없이, 응용시스템이 RTML을 포함할 수만 있다면 RSML로부터 변환된 지식을 활용할 수 있음을 의미한다.
- 지식의 통합성(Knowledge Integrability): 웹에서의 지식은 다양한 형태로 존재하며, 이는 곧 지식을 표현하는 방법 또한 다양함을 의미한다. 따라서 다양한 지식 원으로부터 수집된 규칙은 단일의 형태로 표현되어야 만이 RTML을 내포하고 있는 다양한 응용 시스템들이 활용할 수 있을 것이다. XRML은 다양한 원천으로부터

수집된 지식을 RSML을 통해 전형적인 규칙으로 변환함으로써 지식의 통합성(knowledge integrability)을 보장한다.

- 상호운영성(Interoperability): 지식의 교환 및 공유를 위해서는 규칙의 표현 방법이 여러 시스템에서 인식될 수 있어야 한다. RSML을 포함한 표식언어의 장점 중 하나는 문서, 데이터, 규칙을 응용분야나 운영시스템 및 하드웨어의 특성과 상관없이 독립적으로 교환할 수 있다는 점이다. XML은 HTML의 한계를 넘어 데이터의 교환이 가능하며 일반적으로 사용되는 데이터베이스에 저장할 수 있다. XRML은 이런 XML의 특성을 그대로 간직하고 있을 뿐만 아니라 규칙의 교환과 저장도 가능하다. 또한 RSML로 표현된 규칙은 간단한 조작을 통해 기존의 지식기반시스템을 위한 규칙으로 전환할 수 있다.

다음 절에서는 상기의 기준을 반영하여 설계한 XRML 구성 요소인 RIML, RSML 및 RTML의 태그와 DTD에 대해 알아보하고자 한다.

4. RIML, RSML 및 RTML의 개요

4.1 RIML

RIML로 표현된 메타지식은 HTML로 표현된 웹 문서에 내포되어 있는 암목적 지식을 식별하기 위한 것이다. 자연어로 표현된 웹 문서로부터 암목적 지식을 추출하고, 이를 구조화된 규칙으로 표현하기 위해서는 암목적 지식과 규칙과의 관계를 명시적으로 표현해야 한다. 이를 예제를 사용

해 설명하고자 한다. 다음의 HTML문서는 한국과학기술원에서 시행중인 '연구예산의 지출'에 관련된 규정이다.

```
<HTML>
<p>A research account can be spent only within the
limit of the contract budget, according to the following
restrictions.</p>
```

```
<p>If the budgetary source is the type-P research
fund, the spendable items are limited to on student's
salary and expenses for data collection.</p>
</HTML>
```

상기 규정의 두 번째 문장에는 암목적인 규칙이 내포되어 있으며, 이를 전형적인 규칙 형태로 표현해 보면 다음과 같다. 즉 예산 집행자는 위의 규정을 다음과 같이 구조화하여 해석을 한다는 것이다.

Rule Title: Restriction of Type-P Research Fund Expenditure

```
IF ((budgetary source IS type-P research fund)
AND ((spendable item IS student's salary)
OR (spendable item IS expense for data
collection)))
THEN expenditure IS permitted
```

위의 예를 통해서 알 수 있듯이 동일한 지식이 라고 할지라도 상이하게 표현된 경우에는 이들 간의 명확한 관계를 식별하는 것이 용이하지 않다. 본 논문에서는 하이퍼텍스트가 구조화된 규칙과 어떠한 관계를 가지고 있는 지에 대한 메타규칙을 하이퍼텍스트에 추가함으로써 관계의 연결성을 보장하고자 한다. 다음의 HTML 문서는 이러한 메타규칙을 포함하고 있으며, 이를 HTML/RIML 문서로 분류한다.

```

<HTML>
<p>A research account can be spent only within the
limit of the contract budget, according to the
restrictions. </p>

<RIML Version="0.5">
<Rule>
<RuleTitle> Restriction of Type-P Research Fund
Expenditure </RuleTitle>
<p>If the <variable1>budgetary source<variable1> is
the <value1>type-P research fund</value1>, the
<variable2>spendable items</variable2> are limited
to on <value2>student's salary</value2> and <value2>
expenses for data collection</value2>. </p>
</Rule>
</RIML>
</HTML>
    
```

HTML/RIML 문서 내에서 구조적인 규칙을 포함하고 있는 부분을 태그 셀 <RIML>과 </RIML>로 표시하고, 하나의 규칙과 그에 해당하는 명칭을 역시 <Rule>과 </Rule> 및 <RuleTitle>과 </RuleTitle>로 명시한다. <RIML>과 </RIML>은 여러 개의 규칙을 포함할 수 있으며 확장이 필요한 경우에도 기존의 태그 셀에 새로운 태그를 추가할 수도 있다. 이와 함께 규칙 부분에 사용된 <variable#>와 <value#> 태그는 구조적인 규칙에서 변수와 그 값을 식별하는 데 활용되며, vr (변수)과 vl (값)과 같은 약어를 사용해도 이해나 변환이 가능하다. 또한 HTML/RIML 문서는 RIML 부분에 삽입된 태그를 제거함으로써 HTML 문서로 변환되어 웹 브라우저를 통해 사람에게 보여지게 된다. 다음 그림은 이상에서 논의한 RIML의 태그와 DTD를 요약한 것이다.

```

<!ELEMENT RIML (Rule)+>
  <!ATTLIST RIML Version CDATA #Required>

<!ELEMENT Rule (RuleTitle, (variable1*, value1*,
variable2*, value2*)>
<!ELEMENT RuleTitle(#PCDATA)>
<!ELEMENT variable1(#PCDATA)>
<!ELEMENT variable2(#PCDATA)>
<!ELEMENT value1(#PCDATA)>
<!ELEMENT value2(#PCDATA)>
    
```

<그림 2> DTD of RIML

현재의 RIML에서는 정의하고 있지 않으나 'GreaterThan(GT)'나 'LessThan(LT)'와 같은 단순 연산자들을 표현하는 태그의 추가도 가능하며, 이외에도 구조적인 규칙과의 관계를 명확하게 할 수 있는 다양한 태그를 추가할 수 있다. 그러나 태그의 종류가 다양 할수록 암묵적 지식을 식별하기 위한 편집 노력이 배가될 수 있음을 경계해야 할 것이다. 이러한 점에서 RSML로의 변환의 용이성과 RIML 태그의 정교성 사이에 적절한 수준의 균형이 필요하게 된다.

4.2 RSML

RIML에 의해 식별된 규칙의 파편들을 지식기반시스템이 활용할 수 있는 정형화된 규칙으로 변환하기 위해 이들을 구조적인 형태로 표현하는 것이 필요하다. RSML은 RIML에서 식별된 암묵적 규칙을 구조화된 규칙으로 표현할 수 있게 하는 XRML의 구성 요소이다.

RIML에서 식별된 규칙의 요소들이 RSML로 변환되는 과정을 살펴보자. RIML에서 식별된 규칙의 요소들을 이용해 RSML 규칙을 표현하면 1차적으로 다음과 같은 불완전한 형태의 RSML 규칙이 만들어지게 된다. 이는 XRML 편집기를

사용해 자동적으로 생성되게 된다.

```
<RSML Version="0.5">
  <Rule>
    <RuleTitle>Restriction of Type-P Research
    Fund Expenditure</RuleTitle>

    <budgetary source>type-P research fund
    </budgetary source>

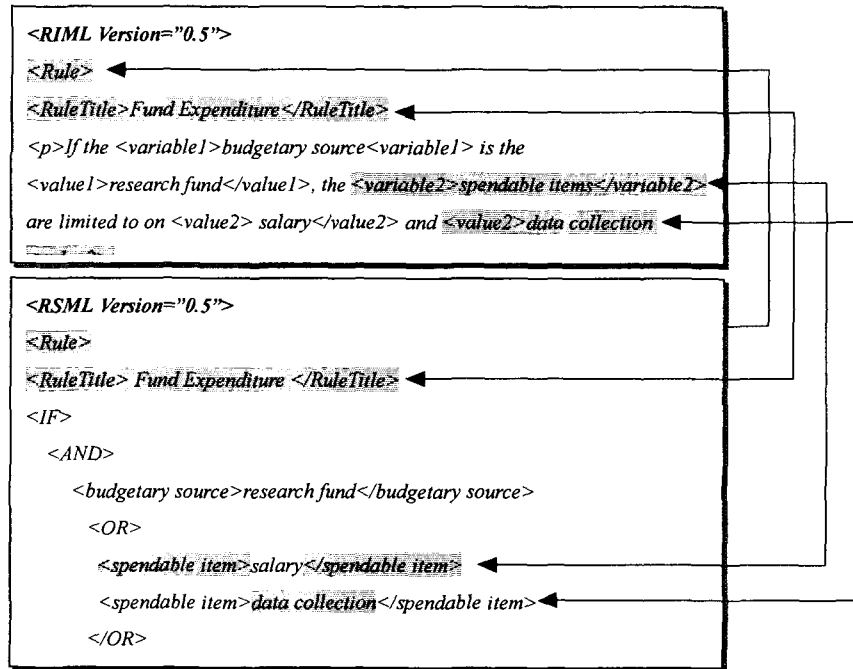
    <spendable item>student's salary
    </spendable item>
    <spendable item>expense for data
    collection
    </spendable item>
    <expenditure>permitted</expenditure>
  </Rule>
</RSML>
```

RIML에서 식별된 <Rule>과 </Rule> 및 <RuleTitle>과 </RuleTitle>은 원형 그대로 활용되며, <variable#>과 </variable#>에 의해 표시된 값은 RSML의 태그로, <value#>과 </value#>으로 표시된 값은 태그의 값으로 자동 변환되었다. 그러나 위의 RSML 규칙은 규칙의 구성요소만 나열되었을 뿐이며, 조건부나 결론부의 위치가 전혀 명시되어 있지 않다. 즉, HTML/RTML 문서 내 문맥의 전후관계를 반영하는 추가적인 구조화 작업이 필요함을 의미한다. 이러한 작업은 자동화가 불가능한 부분으로서, 지식관리자가 수행하게 된다. 다음은 이러한 절차를 거쳐 생성된 RSML 규칙으로서, 이전의 규칙보다 상당히 정형화되어 있음을 알 수 있다. RSML 규칙에서 밑줄 부분은 지식관리자에 의해 추가 작업이 이루어진 곳이다.

```
<RSML Version="0.5">
  <Rule>
```

```
<RuleTitle>Restriction of Type-P Research
Fund Expenditure</RuleTitle>
<IF>
  <AND>
    <budgetary source>type-P research fund
    </budgetary source>
  <OR>
    <spendable item>student's salary
    </spendable item>
    <spendable item>expense for data
    collection
    </spendable item>
  </OR>
</AND>
</IF>
<THEN>
  <expenditure>permitted</expenditure>
</THEN>
</Rule>
</RSML>
```

이상의 논의에서 알 수 있듯이 RSML과 RIML은 동전의 양면과 같다. RIML과 RSML은 그림 3에서 보는 바와 같이 상호 밀접하게 연관되어 있으며 이러한 관계의 연결성을 통해 이질적으로 표현된 지식간의 일관성 유지가 가능해 지는 것이다. 즉, 웹 페이지의 변수나 그 값이 변화하면 관계의 연결성에 의거 RSML의 태그 또는 그 값에 변화가 반영되고, 이러한 변화는 즉시 지식기반시스템의 지식베이스에 저장된 규칙 또한 변경되도록 한다. 이러한 이유에서 RIML에 웹 페이지상의 암묵적 지식과 지식베이스내의 정형화된 지식을 연결해 주는 RSML 형태의 규칙이 필요한 것이다.



<그림 3> RIML과 RSML의 관계

다음은 RSML을 구성하고 있는 태그를 정의한 것이다.

- RSML: RSML의 최상위 요소
- Version: RSML의 현재 버전
- Rule: 온전한 형태의 규칙을 싸고 있는 요소이며, RSML내에 반드시 하나는 존재해야 한다. Rule은 RuleTitle, IF 및 THEN 등의 요소를 반드시 포함하고 있어야 한다.
- RuleTitle: 하나의 규칙을 다른 규칙들로부터 식별할 수 있는 식별자로서 규칙의 명칭을 나타낸다.
- IF/THEN: 규칙의 조건부와 결론부를 나타내는 요소이다. 이들은 RIML로부터 식별한 변수

와 값들을 가지며, 필요시 AND, OR 또는 NOT 과 같은 관계연산자를 가질 수도 있다.

- variable/value: variable과 value의 명칭을 나타내는 문자 요소이다.

전술한 바와 같이 RSML 규칙은 RSML에 포함되어 있는 예약어의 수정을 통해 전형적인 규칙으로 변형될 수 있다. 이러한 수정되어 저장된 규칙은 RTML을 포함하고 있는 응용시스템에 의해 활용된다. 다음 절에서는 응용시스템에 포함되어 지식기반시스템을 가동하는 RTML에 대해 살펴보자.

4.3 RTML

RTML은 지식기반시스템내의 지식베이스에

저장되어 있는 규칙을 활용하여 추론을 수행하도록 하는 조건을 명시한 언어로서, 전문가시스템, 소프트웨어 에이전트 또는 일반적인 프로그램과 같은 응용 시스템에 삽입되어 필요시 능동적으로 규칙을 트리거하는 기능을 수행한다. RTML의 가치는 지식베이스에 저장된 지식을 응용시스템이 능동적으로 활용할 수 있다는 점이다. 예를 들어 워크플로우 소프트웨어서 폼을 처리하는 경우, 폼 처리에 필요한 규칙은 자바(Java)나 비주얼베이직(Visual Basic)과 같은 프로그램을 활용해 처리하였으나, 프로그램은 규칙을 다시 한번 변환한 것으로 오류의 가능성이 높으며, 규칙이 바뀌었을 경우 대상 프로그램 코드도 바뀌어야 하는 어려움이 있다는 점이 자주 거론되었다. RTML을 적용하면 지식베이스의 규칙을 수정하는 것만으로 폼의 처리가 가능하므로 기존 방법에서의 어려움을 해결할 수 있다.

RTML을 활용하기 위해서는 추론 시점(when to trigger the inference), 사용할 규칙의 명칭(which rules to use) 및 추론결과의 용처(how to use the obtained result) 등을 표현하는 문법의 정의가 필요하다. 다음은 '연구예산 계정'의 지출을 위해 폼에 내재되어 있는 RTML 예이다.

```
<RTML Version="0.5">
  <WhenTrigger>
    <AND>
      <requisition>on</requisition>
      <budgetary source>type-P research fund
    </budgetary source>
    </AND>
  </WhenTrigger>

  <Bring>
    <RuleTitle>Restriction of Type-P Research Fund
    Expenditure </RuleTitle>
    <DataFile>Research Fund Accounts</DataFile>
```

```
</Bring>

  <Result>
    <expenditure>permitted</expenditure >
  </Result>
</RTML>
```

RTML을 구성하는 최상위 요소와 그 의미는 다음과 같이 정의된다.<WhenTrigger>는 규칙의 트리거 조건을 나타내고, <Bring>은 추론엔진이 사용할 규칙과 데이터를 그리고 <Result>는 추론 결과로서 돌려 받을 값을 표현하고 있다.

```
<ELEMENT RTML (WhenToTrigger, Bring, Result)>
  <!ATTLIST RTML Version CDATA #Required>
```

• 규칙의 트리거 조건

<WhenToTrigger>와 </WhenToTrigger> 사이에는 응용시스템이 RTML을 포함시킨 목적에 따라 상이한 조건들이 포함되게 된다. 위의 예에서는 예산지출 요구의 시작 여부를 나타내는 태그인 <requisition>과 사용하고자 하는 예산 항목에 대한 태그인 <budgetarysource>를 사용하고 있다.

• 추론엔진이 사용할 규칙 또는 데이터

위의 트리거 조건이 만족된 경우 많은 규칙을 포함하고 있는 지식베이스로부터 관련있는 지식만을 추출해 사용하기 위해서는 사용할 규칙의 명칭과 필요하다면 데이터 파일의 명칭을 명시해야 한다. 이 정보를 활용해 추론엔진은 꼭 필요한 규칙만을 선택할 수 있고, 결과적으로 추론시간도 절약할 수 있는 장점이 있다. 이를 위해 본 예제에서는 전문가시스템이 사용할 개별 규칙의 명칭을 명시하는 <RuleTitle>과 데이터 파일의 명칭인

<DataFile>을 사용하였다.

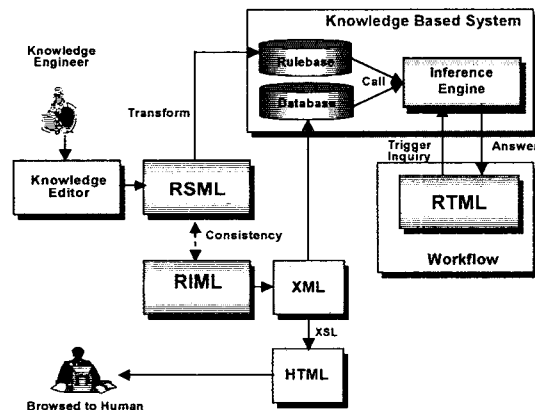
• 되돌려 받을 추론 결과

RTML의 트리거에 의해 추론을 수행한 추론엔진은 그 특성에 따라 다양한 추론 결과를 산출하게 된다. 이들 결과 중에서 필요한 결과만을 돌려받기 위해 정의한 요소이며, 본 예제에서는 예산의 지출여부를 의미하는 <expenditure>를 사용하고 있다.

이상의 논의를 통해서 알 수 있듯이 RTML의 최상위의 3개 태그내의 하위 태그들은 응용시스템의 활용 목적에 따라 유동적임을 알 수 있다.

5. XRML 기반의 프로토타입: Form/XRML

본 절에서는 지금까지의 논의를 폼 처리에 적용한 프로토타입인 Form/XRML에 대해 설명하고자 한다.



<그림 4> Form/XRML의 구조

5.1 전반적인 구조

웹 페이지로부터 RIML과 RSML을 거쳐 지식베이스에 규칙을 저장한 후, 워크플로우 소프트웨어에 내재된 RTML이 그 규칙을 이용하여 추론을 수행하는 Form/XRML의 구조는 다음 그림 4와 같다.

5.2 메타지식 및 지식의 추출 절차

하이퍼텍스트와 RSML 규칙간의 관계에 대한 메타지식은 HTML/RIML 문서의 생성을 통해 추출되며, 지식을 추출하는 것은 구조화된 RSML 규칙의 생성을 통해서 이루어진다.

• HTML/RIML 문서 생성

웹 페이지에 내포된 암묵적인 지식으로부터 구조화된 규칙을 생성하기 위해 제일 먼저 할 일은 암묵적인 규칙을 포함하고 있는 HTML 문서를 선택하는 것이다. HTML 문서가 선택되면 HTML 문서 내에서 정형화된 규칙으로 변환될 수 있는 부분의 처음과 끝에 <RIML>과 </RIML>을 표시한다. 이후 HTML/RIML 문서를 완성하기 위해 RuleTitle, variable 및 value 태그를 문서의 적절한 위치에 표시하게 된다. 이때 variable과 value 태그가 1 대 1의 관계에 있지 않기 때문에 variable과 value 후미의 번호는 지식관리자가 추가한다.

본 프로토타입 시스템에서는 마우스의 오른쪽 버튼을 클릭함으로써 RIML의 예약어가 화면에 나타나며, 이들 중 필요한 예약어를 다시 한번 클릭하면 HTML 문서에 입력되는 방식으로 구성하였다. 이상의 작업을 통해 생성된 HTML/RIML 문서는 확장자 '*.riml' 형태로 저장된다.

- RSML 형태의 규칙으로의 변환

4.2.절에서 설명한 바와 같이 저장된 RIML 형태의 규칙은 XRML이 가지고 있는 특징인 관계의 연결성에 의해 용이하게 RSML 형태의 규칙으로 변환된다. 편집기를 통해 얻어진 최초의 RSML 규칙은 구조적인 규칙의 형태를 가지고 있지 못하지만 지식관리자의 간단한 추가 작업에 의해 우리가 원하는 'if-then' 형태의 구조적인 규칙을 얻을 수 있게 된다. 이러한 맥락에서 RSML로의 변환 절차를 지식추출 과정으로 보는 것이다.

- 전형적인 규칙으로의 변환

이미 전형적인 규칙과 유사한 RSML 형태의 규칙을 획득하였으므로, 이 변환절차는 상대적으로 간단하다. 즉 RSML 태그중 불필요한 태그를 제거하고, 문장의 우선 순위를 식별하기 위한 몇 개의 괄호를 추가함으로써 변환된 규칙을 갖게 된다. 이렇게 변환된 규칙은 규칙의 형태에 따라 다양한 확장자를 가질 수 있으며, 본 예제에서는 역방향 추론을 위한 '*.bwd'로 저장된다. 이 과정을 통해 생성된 규칙은 역방향 추론엔진인 UNIK-BWD가 사용하도록 설계되었다.

6. XRML의 적용 가능 분야

본 절에서는 향후 XRML을 작용해 연구를 수행할 수 있는 분야들에 대해 간략히 언급하고자 한다.

- 자동화된 폼 처리

5장에서 언급한 프로토타입 시스템인 Form/XRML로부터, 폼에 RTML을 포함시켜 자동화된

폼 처리가 가능하다는 것을 알 수 있었다. 그러나 진정한 의미의 자동화된 폼 처리가 구현되기 위해서는 응용체계로서의 워크플로우 소프트웨어와 XRML의 결합이 필요하다. 그러므로 이들의 통합에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

- 에이전트 기반의 기업간 전자상거래

B2B EC는 컴퓨터 네트워크를 통한 상거래라고 정의되며 (Lee and Lee, 1997), 상거래에는 많은 자료 및 지식의 교환이 수반된다. XML이 자료의 교환 표준으로 등장하였으나, 기업간 공유해야 할 지식의 교환을 가능하게 하는 표준은 이제 연구의 초기 단계이다. 이러한 분야에 XRML을 적용한다면 기업들이 지식을 공유할 수 있을 뿐 아니라, 지식의 일관성까지도 용이하게 보장받을 수 있으므로 지식관리가 자연스럽게 달성될 수 있다. 이러한 관점에서 에이전트 기반의 기업간 전자상거래에서 XRML의 활용은 큰 반향을 일으킬 것으로 예상된다.

- 웹 기반의 지식기반시스템

웹 기반의 지식기반시스템은 기존의 stand-alone 방식에서 벗어나 웹 환경으로 이행함으로써 복수의 사용자를 지원하고, 지식을 공유하며, 시스템의 유지보수를 용이하게 하고자 개발되고 있다 (Song and Lee, 2000). 그러나 기존의 연구나 응용 시스템들은 다양한 지식 원이 다양한 형태로 보유하고 있는 지식의 공유와, 공유된 지식을 활용한 지식기반시스템의 구축을 포함하고 있지 못하다. 이는 XRML 개념을 웹 기반의 지식기반시스템 구축에 적용함으로써 달성할 수 있는 응용 영역이므로 이에 대한 연구의 수행이 필요하다.

• 적용분야별 시소러스(thesaurus)

XRML은 다양한 지식 원들에 포함되어 있는 다양한 양식의 지식을 일관성있게 유지함으로써 지식의 공유를 달성하고자 하는 하나의 표준이다. 이를 특정 분야에 적용하기 위해서는 분야별 공동체 내부의 의견 수렴을 통한 태그 집합과 DTD에 대한 시소러스가 구축되어야 한다. 이러한 표준화 작업은 XML에서도 유사하게 이루어지고 있다.

7. 결론 및 향후 연구방향

본 논문을 통해 XRML이라는 새로운 표식언어와 이의 3가지 구성요소를 제안하였다. 그리고 그 적용 가능성을 확인하기 위해 한국과학기술원 연구비 지출 절차를 대상으로 하여 프로토타입 시스템으로서 Form/XRML을 개발하였다. 이 시스템의 개발을 통해 다음과 같은 XRML의 능력을 검증할 수 있었다.

첫째, RIML은 웹 브라우저를 통해 보여지는 비정형화된 HTML 문서에 내포되어 있는 암묵적인 지식을 식별할 수 있으며 하이퍼텍스트와 RSML 규칙간의 관계에 대한 메타지식을 충분히 표현할 수 있다. 또한 RIML과 관련된 예약어를 제거하면 사람이 읽을 수 있는 형태로의 변화이 가능하기 때문에 사람에 의한 지식처리가 가능하다.

둘째, RSML은 RIML에 의해 식별된 규칙들의 파편을 조합하여 구조화된 규칙을 생성할 수 있으며, RSML 규칙의 구조성에 의해 전형적인 규칙으로의 변환이 가능하다. 또한 RIML과 RSML 태그간 관계의 연결성에 의거 상이한 표현 양식을 갖는 지식간의 일관성을 유지할 수 있다.

셋째, RTML은 전문가시스템, 소프트웨어 에이전트 또는 일반적인 프로그램과 같은 응용 시스템에 삽입되어 지시기반시스템내의 규칙을 트리거함으로써, 사람이 사용하는 웹 페이지상의 지식을 동시에 소프트웨어 에이전트도 활용할 수 있다. 동일 지식을 사람과 소프트웨어 에이전트가 공유할 수 있다는 점에서 XRML의 활용 영역은 매우 넓다고 할 수 있다.

이상의 논의를 통해 XRML의 특성과 활용 가능성에 대해 살펴 보았다. XRML의 연구는 아직 일천한 단계이지만, 지속적인 심화 연구가 이루어진다면 상용 소프트웨어의 개발도 기대할 수 있으며, 나아가 지식관리와 지능형 전자상거래를 가능하게 하는 세만틱 웹 플랫폼 발전에 크게 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

- Ariba, "Ariba Supports Commerce XML (cXML)", <http://oasis-open.org/>, 1999.
- Alan Kotok and David R.R. Webber, "ebXML: The New Global Standard for Doing Business on the Internet", New Riders Publishing, 2001.
- Berners-Lee, T. Hendler, J. and Lassila, O., "The semantic web", Scientific American, 2001.
- Boley, H., "Rule Markup Language", <http://www.dfki.uni-kl.de/ruleml/>, 2002.
- Boley Harold, "The Relational-Functional Markup Language RFML (Draft Specification)", <http://www.relfun.org/rfml/>, 2000.
- Boley, H., Tabet, S. and Gerd Wagner, "Design Rationale of RuleML: A Markup Language for Semantic Web Rules", Proc. SWWWS '01, Stanford, 2001.

- CommerceOne, "XML Common Business Library (XCBL)", <http://xcbl.org/>, 1999.
- Firepond, "eServicePerformer Concierge", <http://www.firepond.com/SPconcierge.pdf>, 2001.
- Gaines, R.B. and Shaw, L.G.M., "Knowledge acquisition, modeling and inference through the World Wid Web", CPCS/KSI/KSS Report, 1997.
- Grosf N. Benjamin, "Standardizing XMLRules: Rules for E-Business on the Semantic Web", invited talk. Workshop on E-business and the Intelligent Web, IJCAI-01, Aug 2001.
- Hayes Conor, Pdraig Cunningham, and Michelle Doyle, "Distributed CBR using XML", Proceedings of the workshop: Intelligent Systems and Electronic Commerce, Bremen, 1998.
- Kim H. Do, "B2B Electronic Commerce@XML", <http://www.baecomter.com>, 2000 (Korean).
- Lee, Jae K. and Mye M. Sohn, "eXtensible Rule Markup Language - Toward the Intelligent Web Platform", Communications of the ACM, 2002(forthcoming).
- Lee, Jae K. et al., "The Priciples and Development of Expert System", Beb-Young Press, 1996 (Korean).
- Li, Haifei, "XML and Industrial Standards for Electronic Commerce", Knowledge and Information Systems, Vol. 2, pp. 487-497, 2000.
- Liebowitz, J., "Knowledge Management: Learning from knowledge Engineering", CRC Press LLC, 2001.
- O'Leary, E. D., "Using AI in Knowledge Management: Knowledge Management and Ontologies", IEEE Intelligent Systems, 1998.
- Robin Cover, "The XML Cover Pages-XML Articles and Papers", <http://xml.coverpages.org/XMLArticles.html>, 2002.
- Sohn, M., "XRML version 0.5," <http://xrml.kaist.ac.kr>, 2002.
- Song, Y. U. and Lee, J. K., "Automatic generation of web-based expert systems", Jounal of Intelligent Information Systems (Korean), 2000.
- Worden Robert., "XML E-Business Standards: Promises and Pitfalls", <http://www.xml.com/pub/2000/01/ebusiness/index.html>, 2000.

Abstract

eXtensible Rule Markup Language (XRML): Design Principles and Application

Jaekyu Lee*
Mye M. Sohn**
Jooyoung Kang**

eXtensible Markup Language (XML) is a new markup language for data exchange on the Internet. In this paper, we propose a language eXtensible Rule Markup Language (XRML) which is an extension of XML. The implicit rules embedded in the Web pages should be identifiable, interchangeable with structured rule format, and finally accessible by various applications. It is possible to realize by using XRML. In this light, Web based Knowledge Management Systems (KMS) can be integrated with rule-based expert systems. To meet this end, we propose the six design criteria: Expressional Completeness, Relevance Linkability, Polymorphous Consistency, Applicative Universality, Knowledge Integrability and Interoperability. Furthermore, we propose three components such as RIML (Rule Identification Markup Language), RSML (Rule Structure Markup Language) and RTML (Rule Triggering Markup Language), and the Document Type Definition (DTD).

We have designed the XRML version 0.5 as illustrated above, and developed its prototype named Form/XRML which is an automated form processing for disbursement of the research fund in the Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST). Since XRML allows both human and software agent to use the rules, there is huge application potential. We expect that XRML can contribute to the progress of Semantic Web platforms making knowledge management and e-commerce more intelligent. Since there are many emerging research groups and vendors who investigate this issue, it will not take long to see XRML commercial products. Matured XRML applications may change the way of designing information and knowledge systems in the near future.

Keywords: eXtensible Rule Markup Language (XRML), Extensible Markup Language (XML), Knowledge Management System (KMS), Knowledge Based System (KBS), World Wide Web (WWW), Artificial Intelligence (AI)

* KAIST Graduate School of Management
** Korean Institute for Minitary Studies