

XML Topic Map을 이용한 Product Configuration 지식 교환에 관한 연구

도남철*, 조지훈**, 곽현욱**, 김 현***, 김형선****, 이주행****,
조준면****, 홍충성*****

XTM based Knowledge Exchanges for Product Configuration Modeling

Do, N.*, Cho, J.**, Kwak, H.W.**, Kim, H.***, Kim, H.S.****, Lee, J.H.****,
Cho, J.M.**** and Hong, C.S.*****

ABSTRACT

Modeling product configurations needs large amounts of knowledge about technical and marketing restrictions on the product. Previous attempts to automate product configurations concentrate on representations and management of the knowledge for specific domains in fixed and isolated computing environments. Since the knowledge about product configurations is subject to continuous change and hard to express, these attempts often failed to efficiently manage and exchange the knowledge in collaborative product development. In this paper, XML Topic Map (XTM) is introduced to represent and exchange the knowledge about product configurations in collaborative product development. A product configuration model based on XTM along with its merger and inference facilities enables configuration engineers in collaborative product development to manage and exchange their knowledge efficiently. An implementation of the proposed product configuration model is presented to demonstrate that the proposed approach enables enterprises to exchange the knowledge about product configurations during their collaborative product development.

Key words : Product Configurations, XML Topic Map, Product Configuration Model, Knowledge Exchanges

1. 서 론

Product Configuration은 기 정의된 표준 요소들을 조합하여 다양한 특징(Feature)을 가진 제품군을 효과적으로 만들어내는 체계이다. Product Configuration을 효과적으로 구성하기 위하여는 구성 요소 사이의 관계 및 제약 규칙을 정의하는 Product Configuration 모델이 필요하며, Product Configuration 모델을 작성

하는 작업에는 설계, 생산, 마케팅, 판매, 고객지원 등 제품과 관련된 다양한 분야에 대한 종합적이고 깊은 지식이 요구된다. 그러므로 Product Configuration은 인공지능(Artificial Intelligence)의 지식 표현 및 관리의 주요 응용분야로 오랫동안 관심을 받아 왔다. 예로 1982년부터 Digital Equipment 사는 자사의 Computer 시스템의 Product Configuration을 구성하는데 XCON이라는 규칙기반 Expert System을 사용하여 왔다.

Product Configuration에 대한 규칙기반 시스템의 연구와 응용은 제한된 분야에 대한 지식치리를 특정 정보 시스템을 이용하여 처리하는 폐쇄적인 접근방식을 취하였다¹⁾. 이 Product Configuration을 위한 지식들은 표준화되지 않았을 뿐만 아니라 독립적으로 개발된 특정 시스템에 종속되어 있기 때문에 새로운 제품이나 규칙으로 인한 지식 표현의 변경이 매우 어

*교신저자, 종신회원, 경상대학교 산업시스템공학부 공학연구원

**경상대학교 산업시스템공학부 공학연구원

***종신회원, 한국전자통신연구원 지능형로봇연구팀

****한국전자통신연구원 지능형로봇연구팀

*****정회원, 한국전자통신연구원 지능형로봇연구팀

- 논문투고일: 2005. 03. 10

- 심사완료일: 2005. 10. 13

려왔다¹²⁾.

더구나 최근에 확산되고 있는 분산 협업 제품개발 환경에서는 Product Configuration에 대한 지식을 구성원들간 서로 교환할 수 있는 보다 효과적인 정보모델을 요구하고 있다. Product Configuration 지식의 교환은 협동작업에 참여한 설계자나 지역적으로 분산된 다양한 부분의 제품관련 전문가들이 자신의 제품에 대한 지식을 전산환경이나 위치에 상관없이 쉽게 표현하고 상호 교환할 수 있도록 하여야 한다.

본 논문에서는 XML 기반의 지식 표현 및 관리 표준인 ISO XML Topic Map(XTM)을 이용하여 협동작업에 참여한 참가자들이 Product Configuration에 대한 지식을 쉽게 표현하고 상호 교환할 수 있게 하는 Product Configuration 모델을 제안한다.

본 논문의 2장은 관련연구에 대하여 서술한다. 3장에서는 협업적 Product Configuration 모델링과 XTM에 관하여 알아본다. 4장에서는 Product Configuration을 XTM을 이용하여 표현한 모델을 소개한다. 5장에서는 제안된 Product Configuration 모델 기반의 정보시스템 구현을 설명하고, 6장에서는 논점을 재정리하며 결론을 도출한다.

2. 관련 연구

규칙기반의 추론 시스템(Rule-based Inference System)을 이용한 Product Configuration 관리에 관한 연구는 많이 발견되고 있다. 이들 연구는 학술적인 주제에 관한 연구¹³⁾, 시스템 개발에 관한 연구^{14,15)}, 관련 연구의 조사¹⁶⁾ 등으로 분류할 수 있다. 또한 기존의 규칙 기반 시스템의 응용에서 발생하는 문제를 다룬 연구^{17,18)}도 발견할 수 있다. 최근의 Product Configuration에 대한 연구는 주로 새로운 응용 분야에 대한 연구가 나타나고 있다. 예로 고객지원을 위한 Reconfiguration¹⁹⁾과 소프트웨어와 하드웨어 융합제품 개발을 위한 Configuration통합 개발²⁰⁾ 등의 연구가 진행되고 있다.

연구조사에서 언급된 연구들은 규칙기반 추론 시스템을 Product Configuration결정에 사용하고 있으나 상호 협업작업이나 호환을 위한 연구를 제안하고 있지 않다. 특히 [7,8]의 기존 연구에 대한 문제를 다룬 논문에서는 기존의 폐쇄적인 방법들이 규칙의 적용과 변경을 어렵게 하여 그 효용성 자체를 떨어뜨리는 점을 지적하고 있다. 이들이 주장하는 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 Product Configuration 관리에 필요한 지식 표현을 위한 XTM 표준을 고려하였다.

제품설계지식의 교환 및 전달을 위한 연구로서는 Design History에 관한 연구들을 들 수 있다. Design History란 설계과정을 추적하고 관련 지식을 추출하여 이를 재 사용하는데 목적을 두고 있다²¹⁾. 이들 연구는 프로세스를 이용한 설계이력의 전달연구²²⁾, 설계과정을 STEP 표준형태로 기록한 Log File의 일종인 Delta File을 이용한 설계지식 전달²³⁾ 그리고 설계지식을 표현하고 전달하기 위하여 Database 기술과 STEP 표준을 이용한 기반환경 개발²⁴⁾ 등이 존재한다. 또한 설계자의 정보처리를 분석한 후 이를 바탕으로 지식 표현 Framework과 정보의 저장 및 인출을 위한 정보시스템을 개발한 연구 등이 있다²⁵⁾. 이들 연구는 일부 STEP표준을 고려한 표현모델을 가지고 있으나^{23,24)} Product Configuration에 관한 지식을 다루고 있지 않고 일반적 설계지식을 다루고 있다.

기존의 Product Configuration에 대한 폐쇄적인 접근 방법을 현재의 협업적 제품개발 환경에 적용하려 한다면 관련 지식의 교환에 복잡한 문제가 많이 발생할 것으로 예측된다. 현재까지 제품개발에 대한 설계 지식 표현을 위한 Ontology기반 Framework을 제시한 연구는 존재하나²⁶⁾ 협업적 제품개발 환경에서 Product Configuration 모델링을 위한 표준화된 지식의 교환에 관한 연구를 찾아보기는 힘들다.

본 연구는 서로 다른 협동 제품개발 참가자가 가지고 있는 Product Configuration에 대한 지식을 지식 표현의 표준 기술을 이용하여 어떻게 표현하고 서로 교환할 수 있도록 하는가에 초점이 맞추어져 있다. 그러므로 본 연구에서는 Computer 기반 정보 시스템에서 Product Configuration을 표현하고 이를 추론하는 방법 및 예제는 기존의 연구²⁶⁾ 결과를 이용하였다.

본 연구에서는 Product Configuration 지식 표현과 관리를 위하여 ISO 표준인 XTM을 채용하였다. 현재 XTM같은 목적을 가진 표준인 RDF/OWL(Resource Description Framework/Web Ontology Language)을 W3C에서도 제안하고 있으며 두 표준에 대한 비교와 호환에 대한 연구가 진행되고 있다²⁷⁾. 본 논문에서 제안된 Product Configuration Model은 간단한 Node와 Node사이의 Relation으로 표현되므로 XTM의 Topic과 Association에 대응하는 RDF/OWL의 Class와 Property로 표현 가능하다.

현재 Semantic Web 표준(XTM, RDF, OWL)기반의 설계지식 호환이나 공유에 관한 국내 연구는 크게 전체 제품개발 정보에 대한 Ontology 기반 지식 표현과 관리에 관한 연구^{27,28)}와 이 기준 CAD간 특징형상 교환²⁹⁾과 STEP-NC자료 검색 및 관리²⁰⁾ 등 특징응용

분야에 대한 적용연구로 나눌 수 있다. 본 연구도 Product Configuration이라는 특정 응용 분야에 대한 Semantic Web 표준 적용 연구로 분류될 수 있다.

3. 협업적 Product Configuration과 XTM 지식표현

3.1 협업적 Product Configuration 모델링

Product Configuration 모델은 Product Configuration 구성 요소로 이루어진 제품구조(Product Structure)와 제품구조 상의 Product Configuration 요소들의 조합을 제약하는 규칙들(Restriction Rules)로 이루어져 있다. 이 Product Configuration 모델을 생성하기 위하여는 제품개발에 참여하는 설계, 판매 그리고 영업 분야의 다양한 전문가들의 서로 다른 Product Configuration에 대한 지식이 통합되어야 한다.

Fig. 1의 업무흐름은 어떻게 협업작업에 참여한 설계와 마케팅 전문가들이 통합된 Product Configuration 모델을 생성하는지를 보여준다(업무흐름에서 마케팅 전문가는 생산, 판매, 고객지원 등 설계 외의 Product Configuration 전문가를 대표한다). 설계자(기술적인 전문가)가 제품구조와 관련 제약 규칙들을 사용하여 기술적인 Product Configuration 모델(Technical Product Configuration Model)을 생성함으로써 협동적인 업무흐름을 시작한다. 다음으로 마케팅 전문가가 설계자로부터 제공된 제품구조를 기반으로 자신의 마케팅 Product Configuration 모델(Marketing Product Configuration Model)을 생성한다. 이렇게 여러 관점에서 생성된 다양한 Product Configuration 모델은 하나의 Product Configuration 모델로 통합되게 된다. 이 과정에서 서로 다른 Product Configuration 모델에 상호 충돌이 일어날 수 있으며 통합된 Product Configuration 모델을 생성하기 위하여는 이 상호충돌을 모두 해결해야 한다. 통합이 완료된 Product

Configuration 모델은 각 고객이 원하는 Product Configuration(Sales Product Configuration)을 생성하는데 사용하게 된다.

Fig. 1의 협업적 Product Configuration 모델 생성 단계의 참가자들은 사용하는 정보 도구나 전산환경 혹은 위치에 관계없이 자신의 Product Configuration에 대한 지식을 표현하고, 다른 참가자의 지식과 통합하고 이를 검증할 수 있어야 한다. 4장에서는 이러한 요구사항을 XTM 기반의 Product Configuration 모델을 이용하여 자동으로 만족시킬 수 있는 방법을 소개한다.

3.2 XTM을 이용한 지식 표현

XTM은 지식을 상호 교환하기 위한 목적으로 만들어진 XML 기반의 표준이다^[2]. XTM은 관련된 객체와 이들 사이의 관계를 표현하는 <topic>과 <association> 요소로 구성되어 있다. 이 요소들을 이용하여 특정 분야의 지식을 표현하는 지식 망(Knowledge Network)을 생성할 수 있다.

XTM에는 두 가지 중요한 연산이 가능하다. 하나는 서로 다른 복수의 XTM 정의들을 하나로 융합(Merger)하는 것이고, 다른 하나는 XTM 정의 내의 Association 요소를 이용하여 표현된 지식을 추론하는 연산이다. 융합 연산은 같은 Scope안의 Subject Identity나 Name의 동일 값을 이용하여 두 개 이상의 Topic Map을 하나로 융합할 수 있다. 추론 연산은 XTM의 Association을 전환하여 생성한 Fact를 이용하여 기계적 추론이 가능하다. 특히 이때 사용자가 정의한 Rule을 추가하여 추론할 수 있다. 표준화된 XTM 언어를 이용하여 추론이나 XTM에 정의한 많은 요소들의 절의가 가능하다. 본 연구에서는 XTM의 융합과 추론 기능을 서로 다른 Product Configuration 지식을 하나의 통합된 지식으로 융합하고, 융합된 지식 내부의 Product Configuration 지식간 상호 충돌을 찾아 내는 용도로 사용한다.

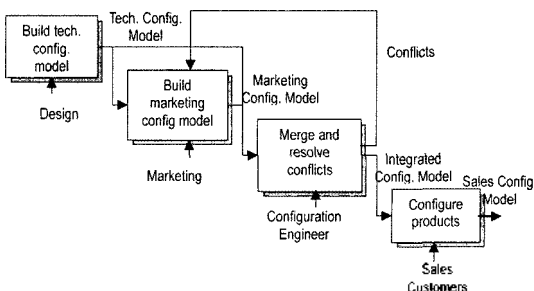


Fig. 1. 협업적 Product Configuration 모델링.

4. XTM 기반의 Product Configuration 표현

4.1 Product Configuration 모델

Product Configuration 모델을 구성하기 위하여는 일관된 제품구조가 필요하다. 본 연구에서는 Model, Configuration, Option 그리고 Feature로 구성된 일관된 제품자료모델^[3]이 사용된다. Fig. 2는 제품구조의 한 예를 보여주고 있다. 제품구조의 최상위 제품

(Product)인 '1000 car'는 Model 객체로써 Product Configuration의 집합을 유지하며, 관계된 Option의 집합을 포함하는 Feature를 연결하고 있다. 예로 Feature '1100 engine'은 3개의 Option, '1110 engine 1.5', '1120 engine 2.0' 그리고 '1130 engine 2.5'로 구성되어 있다. 이 Option들은 Product Configuration을 구성하며 이때 몇몇 제약 규칙(Restriction Rules)들이 Option의 조합을 제약할 수 있다. Fig. 2에서 '1000e e-car' Product Configuration이 Option '1110', '1210' 그리고 '1310'의 조합으로 구성되어 있는 것을 볼 수 있다.

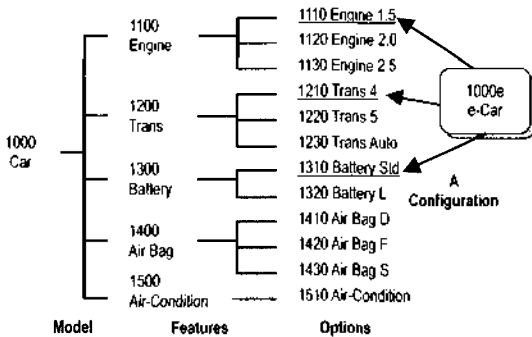


Fig. 2. Product Configuration을 위한 Product Structure 예제⁶⁾.

3장 1절에서 언급한 바와 같이 Product Configuration 모델은 제품구조와 Product Configuration 구성 요소(Option)의 조합을 제약하는 규칙으로 구성되어 있다. Option의 조합을 제약하는 규칙의 종류는 다음과 같은 4가지가 존재한다⁶⁾.

AND Rule (&)- 만일 한 Option이 Product Configuration의 요소로 선택되면 다른 Option은 같은 Product Configuration의 요소로써 선택되어야 한다.

NOT Rule (~)- 만일 한 Option이 Product Configuration의 요소로 선택되면 다른 Option은 같은 Product Configuration의 요소로써 선택될 수 없다.

ONE Rule (X)- 만일 한 Option이 Product Configuration의 요소로 선택되면 특정 집합에 속한 Option 중 하나만이 같은 Product Configuration의 요소로써 선택될 수 있다.

MORE Rule (+)- 만일 한 Option이 Product Configuration의 요소로 선택되면 특정 집합에 속한 Option 중 하나 이상이 같은 Product Configuration의 요소로써 선택될 수 있다.

다음은 예제 Product Configuration 모델에 적용된 제약 조건은 앞에서 언급한 규칙을 이용하여 표현한 것이다.

- 1) 1110 :- &1310 | X1210,1220 | ~1510
- 2) 1120 :- &1320 | X1210,1220,1230 | &1410
- 3) 1130 :- &1320 | X1220,1230 | &1510 | &1410 | +1420,1430
- 4) 1310 :- &1110 | X1210,1220 | ~1510
- 5) 1320 :- X1120, 1130 | X1210,1220,1230

예로 1)번 규칙은 '1110 engine 1.5'가 선택되면 '1310 battery std'와 '1210 trans 4'와 '1220 trans 5' 중에 하나가 선택되어야 하고 '1510 air-condition'은 선택되어서는 안 된다는 규칙을 표시하고 있다. 이러한 규칙은 Product Configuration을 생성하는데 사용될 뿐만 아니라 생성된 Product Configuration의 적합성을 평가하는데 사용될 수도 있다. Fig. 3은 Fig. 2의 Product Configuration을 위한 제품구조에 제약 규칙을 추가한 Product Configuration 모델의 예를 보여주고 있다.

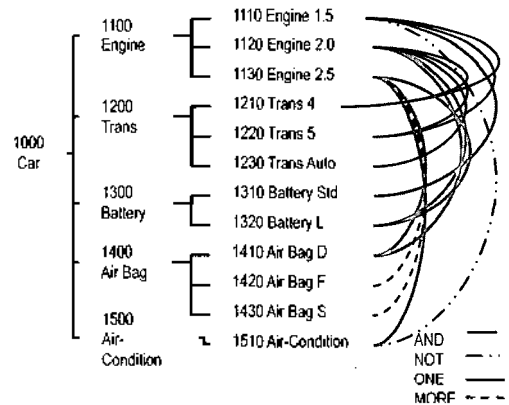


Fig. 3. 가지화된 Product Configuration 모델의 예.

4.2 XTM을 이용한 Product Configuration 모델 표현

Fig. 4에 ISO STEP EXPRESS-G 형식으로 표현된 제안된 XTM 기반의 Product Configuration 모델이 표현되어 있다. Fig. 4의 Option Topic과 Rule Association은 각각 제품구조상의 Option과 Product Configuration 구성을 위한 제약 규칙을 나타낸다. Fig. 4에서 Rule Association에는 각 규칙의 이유를 나타내는 Cause Topic을 가지고 있으며 이 Topic은

'Regulation' 항목(Attribute)의 값으로 XTM의 Public Subject Indicator (PSI)를 가질 수 있다. 규칙의 이유로 사용된 PSI는 상호 약속된 지식으로 공공기관의 웹 사이트 등에 공개된 공식화된 규정에 관한 Topic (published topics of regulations)을 지칭하고 있다.

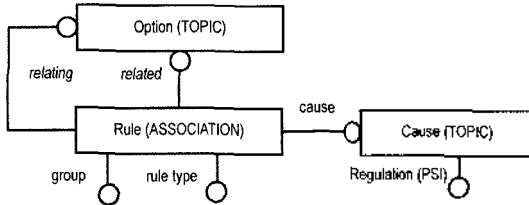


Fig. 4. XTM기반의 Product Configuration 모델 구조.

다음의 정의는 앞의 예제의 'engine 1.5'와 'air condition' Option과 그들 사이의 NOT 규칙인 'engine_01_50_NOT_air_condition'을 Fig. 4의 XTM Product Configuration 모델을 이용하여 정의한 것이다. Fig. 5는 정의된 Option Topic과 Association을 시각화한 것이다.

```
<topic id="engine_01_50"/* engine 1.5 topic */
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#option"/>
  </instanceOf>
  <baseName>
    <baseNameString>engine_01_50</baseNameString>
  </baseName>
</topic>
<topic id="air_condition"/* air condition topic */
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#option"/>
  </instanceOf>
  <baseName>
    <baseNameString>air_condition</baseNameString>
  </baseName>
</topic>
/* NOT association rule between engine 1.5 and air
condition */
<association id="engine_01_50_NOT_air_condition">
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#ruleAssociation"/>
  </instanceOf>
  <member>
    <roleSpec ><topicRefxlink:href="#relating"/>
```

```
</roleSpec>
  <topicRefxlink:href="#engine_01_50"/></member>
</member>
  <roleSpec ><topicRef xlink:href="#related"/>
</roleSpec>
  <topicRef xlink:href="#air_condition"/></member>
</member>
  <roleSpec ><topicRef xlink:href="#operator"/>
</roleSpec>
  <topicRef xlink:href="#NOT"/></member>
</association>
```

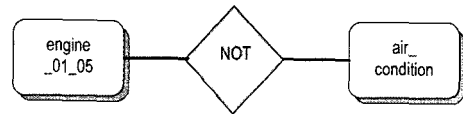


Fig. 5. engine 1.5와 air condition Topic과 NOT Association.

위의 Topic과 Association정의들은 제품자료관리 (Product Data Management) 시스템에서 관리되는 제품정보에서 변환 도구를 이용하여 생성될 수 있다. 기술적인 부분에 관심을 가진 설계자는 제품정보관리 시스템이 제공하는 Product Configuration 모델러 (Product Configuration Modeler)를 이용하여 종합성이 유지되는 Product Configuration 모델을 생성할 수 있다. 제품정보관리 시스템을 포함한 Product Configuration 관리 시스템의 체계는 5장에서 자세히 다루어질 예정이다.

4.3 마케팅 Product Configuration 모델의 정의

3장에서 언급하였듯이 설계자들이 기술적 Product Configuration 모델을 생성한 후에 이를 바탕으로 마케팅 전문가들이 자신들의 마케팅 Product Configuration 모델을 준비하게 된다. 이때 마케팅 전문가들은 기술적 Product Configuration 모델의 제품구조를 고려하여 자신의 제약 규칙을 추가하는 방식으로 진행된다. 물론 마케팅 전문가들도 자신들의 필요에 의하여 Option이나 Feature를 생성할 수 있다. 하지만 문제를 간략하게 하기 위하여 본 논문에서는 마케팅 Product Configuration 모델은 기술적 Product Configuration 모델에서 작성한 제품구조를 추가 없이 그대로 사용한다고 가정한다. 그러므로 그들은 단지 기술적 Product Configuration 모델에 존재하는 기존의 제품구조, 즉 설계에서 생성한 Option Topic에 마케팅 관련 제약 규칙을 표현하는 Rule Association을 추가

하게 된다. 다음은 어떤 지역의 마케팅 전문가가 자신의 마케팅 Product Configuration 모델을 위하여 제시한 제약 규칙의 예이다.

마케팅 제약조건:

- Rule 1: Air Bag S 는 수요가 없다.
- Rule 2: engine 1.5와 air-condition을 조합한 Product Configuration의 수요가 존재한다.

이 규칙들 중에 첫 번째 규칙은 특정 지역에 특정 Option을 제공하지 않음으로써 구현될 수 있다. 즉 해당 지역의 고객들은 이 Option을 자신의 Product Configuration의 구성으로 선택할 수 없게 된다. 두 번째 규칙은 기존의 기술적 제약 규칙에 새로운 제약 규칙을 추가하게 되며 다음 단계의 융합 과정을 위하여 XTM으로 표시되어야 한다. 다음은 두 번째 규칙을 XTM으로 표시한 예이다.

```
<association id="engine_01_50_AND_air_condition">
  <instanceOf>
    <topicRef xlink:href="#ruleAssociation"/>
  </instanceOf>
  <member>
    <roleSpec><topicRef xlink:href="#relating"/>
  </roleSpec>
  <topicRef xlink:href="#engine_01_50"/></member>
  <member>
    <roleSpec><topicRef xlink:href="#related"/>
  </roleSpec>
  <topicRef xlink:href="#air_condition"/></member>
  <member>
    <roleSpec><topicRef xlink:href="#operator"/>
  </roleSpec>
  <topicRef xlink:href="#AND"/></member>
</association>
```

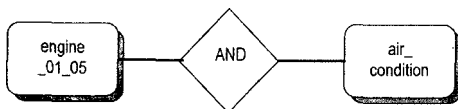


Fig. 6. engine 1.5와 air condition Topic과 AND Association.

4.4 Product Configuration 지식의 융합

XTM은 같은 이름을 가진 Option Topic을 기반(XTM의 이름 기반 융합, Name-based Merger)으로 기술적 Product Configuration 지식과 마케팅 Product Configuration 지식을 하나의 Topic Map으로 통합할

수 있도록 한다. XTM의 융합은 같은 이름을 가지면서 다른 Product Configuration 모델에 존재하는(다른 XTM 파일에 존재하는) Option Topic 들을 융합하게 된다. 이때 각 Option Topic에 관련된 Association 들은 새로이 융합된 Option Topic에 연결되게 된다. Fig. 7은 Fig. 5와 6의 기술적 Product Configuration 과 마케팅 Product Configuration 모델의 일부를 융합했을 경우의 Topic과 Association 관계를 가시화 시킨 것이다. Fig. 7에는 Fig. 5과 Fig. 6의 engine_01_05 와 air_condition Topic이 각기 하나로 융합되었으며 이들 Topic 사이의 AND와 NOT Association이 통합되어 있는 것을 알 수 있다.

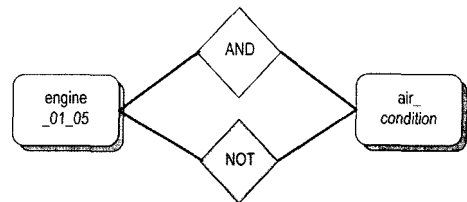


Fig. 7. Fig. 5와 6을 융합한 XTM.

비록 기술적 Product Configuration 모델과 마케팅 Product Configuration 모델이 하나로 융합되었지만 이 안의 Rule Association 사이에는 상호 충돌이 존재할 수 있다. Fig. 7의 예제에서도 두 Topic이 Product Configuration을 위한 선택 시 ‘꼭 같이 있어야 한다’와 ‘같이 조합되어서는 안 된다’는 제약조건이 충돌이 발생하였다. 이러한 충돌을 해결하기 위하여 XTM의 Association으로부터 추출된 Fact를 기반으로 하는 Rule을 정의할 수 있도록 하고 있다. 이 Rule은 추론 엔진(Inference Engine)을 이용하여 통합된 XTM내의 제약 규칙들 중에서 상호 충돌을 일으키는 제약 규칙을 찾을 수 있도록 한다. 이 충돌을 검색하는 Rule을 작성하기 위하여는 어떤 것이 제약조건 사이의 충돌인지를 정의하는 공리가 필요하다. 여기서 공리란 XTM으로 표현된 Product Configuration 구성이 지켜야 할 규칙을 뜻한다. 예로 다음의 기본 공리를 통하여 Product Configuration 규칙 중에 충돌을 일으키는 Association Rule을 찾아낼 수 있다.

IF A and B are different options and a set of option X has B as its element

- 1) The rule A & B conflicts with A ~ B
- 2) The rule A & B conflicts with A + X
- 3) The rule A & B conflicts with A × X

1)번 공리는 기본적인 논리 오류가 발생한 경우이며, 2)와 3)번 공리는 X중의 B가 이미 결정되었으므로 ONE이나 MORE 관계정의는 의미가 없어진다. 사용자는 XTM에서 추출된 Fact중에 충돌을 일으키는 Rule Association들을 찾아 내기 위하여 위의 공리들을 Rule로 만들어 추론에 사용한다.

XTM의 Association에서 전환된 Fact와 다음의 'conflicted_association' Rule은 Product Configuration 작성자가 위에서 언급한 1)번 공리를 위반하는 Rule Association을 찾도록 도와준다.

만일 XTM에 정의된 'ruleAssociation' Association이 'ruleAssociation(relating, related, operator)' Fact로 변환되었다면

conflicted_association(\$A, \$B) :- ruleAssociation(\$A: relating, \$B: related, AND : operator) AND ruleAssociation(\$A: relating, \$B: related, ONE : operator).

Rule은 두 Topic사이에 AND와 NOT 제약조건이 동시에 정의된 Fact들을 찾아내게 된다. 이때 사용자가 정의하는 Rule은 논리적인 공리 외에 기술적, 경제적 혹은 법률이나 공공규제로 인하여 Product Configuration에 적용되어야 할 다양한 공리가 적용될 수 있다.

5. 시스템 구현

제한한 Product Configuration 모델과 XTM의 융합과 추론기능을 이용하여 협업적 Product Configuration 설계작업을 지원하는 정보 시스템이 구현되었다. Fig. 8은 해당 시스템 체계를 보여주고 있으며, 이 체계에는 제품자료관리 시스템, Product Configuration 모델러, Product Configuration XTM 관리도구 (XTM Config Utility) 그리고 Prolog 기반의 추론 엔진 등 4 개의 중요 하위 시스템이 존재한다.

우선 설계자는 제품자료관리 시스템을 이용하여 Product Configuration구성의 요소가 되는 제품구조를 작성하게 된다(Fig. 8의 'Design Engineer'와 'PDM'). 제품자료관리 시스템에서 작성된 제품구조는 형상모델링을 위한 제품구조와 제약조건을 정의하는 Product Configuration 모델러로 전달되며(Fig. 8의 'Product Structure'), 이 Product Configuration 모델러를 이용하여 설계자는 기술적 Product Configuration 모델을 검증하고 생성하게 된다. 이렇게 검증된 Product

Configuration은 관련된 제품구조만 다시 제품자료관리 시스템으로 저장된다(Fig. 8의 'Verified Configurations').

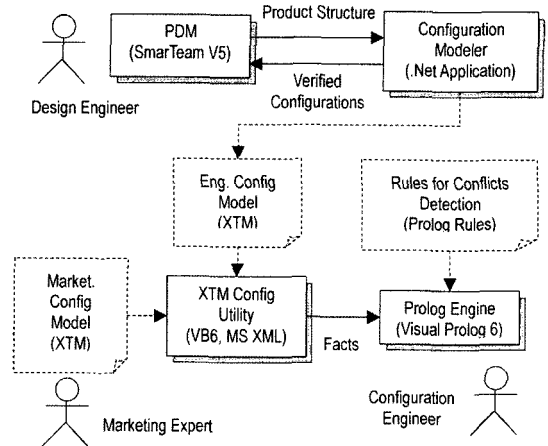


Fig. 8. 협업적 Product Configuration 구성을 위한 시스템 체계.

구현된 시스템은 제품자료관리 시스템으로 Dassault Systems의 SmarTeam V5R13을 사용하였으며 Product Configuration 모델러는 Microsoft의 Net과 SQL Server 2000 데이터베이스 기반의 Web 응용프로그램으로 작성되었다. 이들 사이의 제품구조와 Product Configuration을 전달을 위하여 SmarTeam에서 제공하는 API를 사용한 Visual Basic 6(VB6) 응용 프로그램이 작성되었다. Fig. 9는 구현된 제품자료관리 시스템과 Web기반 Product Configuration 모델러의 화면을 보여주고 있다.

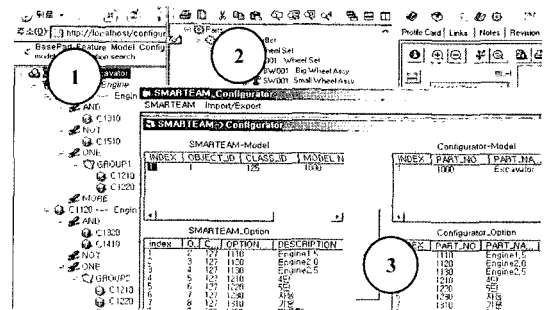


Fig. 9. Web기반 Product Configuration 모델러(1), 제품자료관리 시스템(2), Interface Utility(3) 화면.

다음 단계로 설계자는 Product Configuration 모델을 통하여 저장된 제품구조와 제약조건을 분. 논문

에서 제안한 XTM 기반의 기술적 Product Configuration 모델로 전환하여 외부로 내보내게 된다. 이때 실질적으로 Product Configuration 모델은 XTM 파일의 형태로 관리된다(Fig. 8의 'Eng. Config Model'). 한편 마케팅 전문가도 설계에서 작성한 제품구조를 참조하여 마케팅 Product Configuration 모델을 역시 XTM 형식의 파일로 작성하게 된다(Fig. 8의 'Marketing Config Model').

이렇게 작성된 XTM 파일들은 Product Configuration XTM Utility 관리도구(Fig. 8의 'XTM Config Utility')를 이용하여 기술적 Product Configuration 모델과 마케팅 Product Configuration 모델을 Option Topic과 Rule Association을 이용하여 융합할 수 있도록 한다. 이 도구는 또한 융합된 XTM 파일에서 충돌을 일으키는 제약조건을 추론해 내기 위하여 융합된 Topic Map의 Association을 Prolog언어로 표현된 Fact로 전환시키는 기능을 한다(Fig. 8의 'Facts'). Product Configuration XTM Utility 관리도구는 VB6와 Microsoft XML Library를 사용하여 작성되었다. Fig. 10은 구현된 Product Configuration 관리 도구의 사용화면을 보여주고 있다.

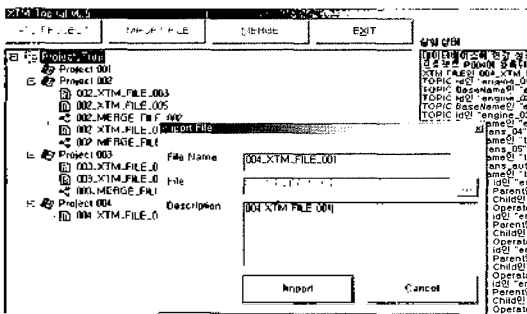


Fig. 10. Product Configuration 관리 도구의 사용 화면.

기술적 Product Configuration 모델과 마케팅 Product Configuration 모델을 융합한 모델에서 제약조건을 표현하는 Prolog Facts를 준비한 Product Configuration 기술자는 융합된 Product Configuration 모델상의 충돌된 규칙을 찾기 위하여 충돌을 추론할 수 있는 공리를 표현한 Prolog Rule을 준비하여야 한다(Fig. 8의 'Rules for Conflicts Detection'). 이 Rule은 단순히 논리적 공리를 표현할 뿐만 아니라 기술적, 경제적 제약조건을 포함한 다양한 사용자 정의 제약조건도 함께 표현할 수 있다.

제약조건을 표현하는 Fact와 제약조건간의 충돌을 추론할 수 있는 Rule은 하나의 Predicate 집합으로 보

아시고 이는 Prolog 추론 엔진을 통하여 충돌을 일으키는 제약조건과 그 이유를 찾아내게 된다. 구현된 시스템은 Visual Prolog 6.0으로 개발된 Prolog 추론 엔진을 이용하였으며 Fig. 8에 제약조건을 표현하는 Predicate과 Prolog 추론엔진을 이용하여 충돌을 일으키는 제약조건을 찾는 화면이 나타나 있다.

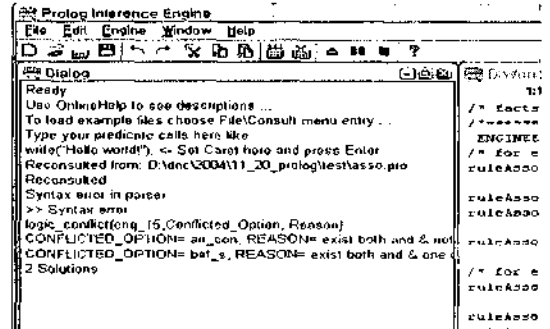


Fig. 11. Prolog 추론 엔진 사용 화면.

구현된 제품의 이용단계를 요약하면 제품 설계자는 기술적 Product Configuration 모델을 제품정보관리 시스템을 이용하여 작성하고 이를 전환기를 통하여 XTM 형태로 변경하게 된다. 이후 마케팅 전문가들은 XTM 안에 존재하는 Option Topic을 기반으로 자신의 Product Configuration 제약 규칙을 추가하게 된다. 이 기술적 Product Configuration 모델과 마케팅 Product Configuration 모델은 XTM 관리 도구와 Prolog 추론엔진을 이용하여 융합되고 검증되게 된다. 이 융합되고 검증된 (동합된) Product Configuration 모델은 다시 제품정보관리 시스템에서 제공하는 Product Configuration 모델러에 입력되어 고객들에게 관련된 모든 제약조건을 만족하는 검증된 Product Configuration을 선택할 수 있도록 도와주는데 사용된다.

6. 결 론

이 논문은 지식표현 및 교환의 표준인 XTM을 이용하여 제품구조와 Product Configuration을 위한 제약조건으로 구성된 Product Configuration 모델을 제안하였다. 제안된 XTM 기반의 Product Configuration 모델은 관련 전문가들이 협업적 제품개발 과정에서 필요한 Product Configuration에 대한 지식을 표현하고 이를 제품개발에 참여한 다른 여러 전문가들과 지역과 사용 전산환경에 관계없이 공유하거나 교환할

수 있도록 지원한다. 특히 XTM의 융합(Merger)와 추론(Inference)기능을 이용하여 교환되고 통합된 Product Configuration 모델의 정합성을 검증할 수 있다. 제안된 Product Configuration 모델은 상용 제품 자료관리 시스템, Web 기반 Product Configuration 모델러, Product Configuration XTM 관리도구 그리고 Prolog 추론 엔진을 이용하여 구현되었다.

현재 연구는 기계적 추론을 이용하여 모델간의 상호충돌여부만을 찾아낼 뿐 충돌해결은 지원하지 못하고 있다. 추후 연구로는 추론 기능을 이용하여 충돌해결을 위한 대안들을 전문가들에게 제공할 수 있는 시스템을 계획하고 있다.

참고문헌

- Barker, V. E. and O'Connor, D. E., "Expert Systems for Configuration at Digital: XCON and beyond", *Communications of the ACM*, Vol. 32, No. 3, pp. 298-318, 1989.
- Crnkovic, I., Asklund, U. and Dahlqvist, A. P., "Implementing and Integrating Product Data Management and Software Configuration Management", Artech House, 2003.
- Erens, F., Heggge, H., van Veen, F. A. and Wortmann, J.C., "Generative Bills-of-material: An Overview", IFIP Transactions, Integration in Production Management Systems, Pais, H. J. and Wortmann, J. C. (eds.), 24-27 August, pp. 93-113, 1992.
- Soininen, T., Tiihonen, J., Mannisto, T. and Sulonen, R., "Towards a General Ontology of Configuration", *Artificial Intelligence for Engineering Design. Analysis and Manufacturing*, 12, pp. 357-372, 1998.
- McDermott, J., "A Rule-Based Configurer of Computer Systems", *Artificial Intelligence*, Vol. 19, No. 1, pp. 39-88, 1982.
- 김선호, 권용성, 주경준, 정식찬, "CORBA기반의 이종분산환경용 제품구조 및 구성관리 시스템 개발", *IE Interfaces*, Vol. 13, No. 4, pp. 572-583, 2000.
- Leitgeb, M. P. M. and Pernler, E. S. M., "Knowledge-Based Systems for Configuration - A Survey", Authors Thesis, Swedish Institute of Computer Science, 1995.
- Sabin, D. and Weigel, R., "Product Configuration Framework - A Survey", *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 13, No. 4, pp. 42-49, 1998.
- Pechoucek, M., "Knowledge Based Systems", <http://labe.felk.cvut.cz/~pechouc/papers/make/node15.html>, 1996.
- Sivard, G., "A Generic Information Platform for Product Families", Doctoral Thesis, Royal Institute of Technology, Sweden, 2000.
- Mannisto, T., Soininen, T., Tiihonen, J. and Sulonen, R., "Framework and Conceptual Model for Reconfiguration", In Configuration Papers from the AAAI Workshop, pp. 59-64. AAAI Technical Report WS-99-05. AAAI Press, 1999.
- Asikainen, T., Mannisto, T. and Soininen, T., "Representing Feature Models of Software Product Families Using a Configuration Ontology", ECAI 2004 Configuration Workshop, 2004.
- Shah, J. J. et al., "Database Infrastructure for Supporting Engineering Design Histories", *Computer-aided Design*, Vol. 28, No. 5, pp. 347-360, 1996.
- Brown, D. C., "Using Design History Systems for Technology Transfer", Proc. of MIT-JSME Workshop on Cooperative Product Development, pp. 545-559, 1989.
- Hardwick, M., Downie, B., Kutcher, M. and Spooner, D., "Concurrent Engineering with Delta Files", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 15, No. 1, pp. 62-68, 1995.
- Baya, V., "Information Handling Behavior of Designers During Conceptual Design: Three Experiments", Doctoral thesis, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, 1996.
- Lee, J. and Suh, H., "Ontology-based Multi-level Framework for the Knowledge Management System of Product Development", 5th Japan-Korea CAD/CAM Workshop, Digital Engineering Workshop (DEWS), Tokyo, Japan, Dec. 24-25, 2005.
- Cregan, A., "Building Topic Maps in OWL-DL", Extreme ML Presentation, Aug. 2, 2005.
- 홍충성, 김현, 이주행, 이현찬, 조준면, 한순홍, "제품 지식 공유 및 통합을 위한 온톨로지 기반 접근 방법", 한국CAD/CAM학회 학술발표대회 논문집, 2004.
- 이유숙, 천상욱, 한순홍, "CAD시스템 간의 융용성을 위한 설계 특징형상의 온톨로지 구축", 한국CAD/CAM학회 논문집, 제9권, 제2호, pp. 164-174, 2004.
- 이희재, 유상남, "RDF를 이용한 제품데이터 온톨로지 표현과 활용", 한국CAD/CAM학회 논문집, 제10권, 제2호, pp. 97-106, 2005.
- Park, J. and Hunting, S. (ed.), "XML: Topic Maps - Creating and Using Topic Maps for the Web", Addison-Wesley, 2003.
- Do, N., Kim, H., Kim, H. S., Lee, J. Y. and Lee, J. H., "Web-based Product Data Management and Parts Catalog Publication System for Collaborative Product Development", IIWAS 2001, Linz, Austria, Sept. 10-12, 2001.



도 남 철

1991년 포항공과대학교 산업공학과 학사
1993년 포항공과대학교 산업공학과 석사
1996년 포항공과대학교 산업공학과 박사
1996년 삼성중공업 중앙연구소 선임연구원
1998년 분보건설기계 코리아 CAD/PDM 팀 과장
2001년 한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어연구소 동시공학팀 선임연구원

2002년~현재 경상대학교 산업시스템공학부 조교수
관심분야: 제품자료모델, 제품정보제약조건, 제품자료통합, 제품개발지식표현



김 현

1984년 한양대학교 기계설계학과 학사
1987년 한양대학교 기계설계학과 석사
1997년 한양대학교 기계설계학과 박사
1998년~1999년 한양대학교 산업공학과 겸임교수
1990년~현재 한국전자통신연구원 소프트웨어로봇연구팀장, 책임연구원

관심분야: Ubiquitous Software Robot, Concurrent Engineering, Virtual Engineering, Distributed Collaborative Design, Engineering Knowledge Management, Intelligent System



조 지 훈

2004년 경상대학교 산업시스템공학부 졸업
2004~현재 경상대학교 산업시스템공학 석사과정(2년)
관심분야: PDM, 제품정보 모델링



박 현 욱

2005년 국립경상대학교 산업시스템공학 학사
2005~현재 국립경상대학교 산업시스템공학 석사 과정
관심분야: 제품정보모델링, PDM 응용 시스템 개발



이 주 행

1994년 포항공과대학교 전자계산학과 학사
1996년 포항공과대학교 전자계산학과 석사
1999년 포항공과대학교 전자계산학과 박사
1999년~현재 한국전자통신연구원 소프트웨어로봇연구팀 선임연구원

관심분야: Geometric Modeling and Processing, Computer-Aided Design, Computer Graphics, Virtual Reality, Information Visualization, Distributed Computing, Robotics



조 준 면

1993년 한국과학기술원 기계공학과 졸업(학사)
1995년 한국과학기술원 자동화설계공학과 졸업(공학석사)
1995년 (주)분보건설기계코리아 기술연구소(구 삼성중공업 중앙연구소) 선임연구원

2001년~현재 한국과학기술원 기계공학과(박사과정 재학)
관심분야: 제품정보관리 (PDM), Ontological Engineering, 지능형 정보 시스템



김 형 선

1982년 상지대학교 경영학과 학사
1989년 광주대학교 컴퓨터공학과 석사
2003년 대전대학교 컴퓨터공학과 박사
1985년~현재 한국전자통신연구원 소프트웨어로봇연구팀 책임연구원
관심분야: 분산컴퓨팅, 정보보호, Context-Aware, 소프트웨어로봇, 분산데이터베이스



홍 충 성

1998년 홍익대학교 산업공학과 학사
2000년 홍익대학교 산업공학과 석사
2003년 홍익대학교 정보산업공학과 박사 과정 수료
2003년~현재 한국전자통신연구원 연구원
관심분야: Concurrent Engineering, Knowledge Engineering, Geometric Modeling