인터넷에서 STEP을 이용한 자동차 PDM

정운용* · 오유천** · 한순흥**

Automotive PDM using STEP on the Internet

Yoon-Yong Jeong · Youchon Oh · Soon-Hung Han

〈Abstract〉

Exchange of product model data becomes a key issue in the globalized enterprise environment. Sharing heterogeneous information resides in diverse information resources is not easy. To share automotive product information among different organizations, a reliable neutral information standard and communication methods are needed. World wide sharing of automotive product information can be implemented based on the STEP AP214, the standard for exchange of automotive product model through its whole life cycle. This paper suggests an automotive PDM implemented on the internet and based on the STEP AP214. Physical files containing design data can be shared on the internet using JAVA applets and VRML.

Key Words : CALS, Automotive PDM, STEP, JAVA, VRML, Internet

1. 서 론

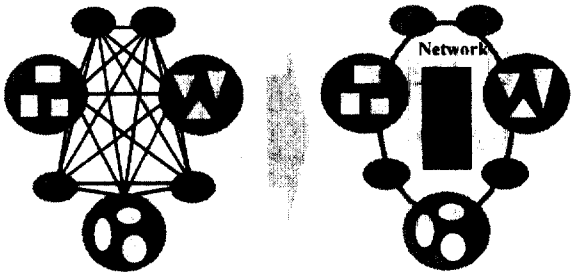
1.1 연구 배경

제조 기업에서 제품에 관련된 정보를 공유한다는 것은 경쟁력 제고에 중요한 일이다. 효과적인 정보 공유 체계를 활용한다면, 적시에 신뢰성 있는 정보를 제공함으로써, 작업에 소요되는 시간, 선/후 작업간의 정보 교환을 위한 시간, 재 작업에 소요되는 시간을 단축시킬 수 있게 되어, 전체적으로 제품이 시장에 출하되기까지의 시간을 단축시킬 수 있다. 이를 구현하기 위한 일반적 수단은 정보 공유 전략 및 제품정보 관리체계를 도입하여 종래의 정보의 직렬적 흐름을 병렬적 흐름으로 대치하는 것이다.

이와 같은 목적을 달성하기 위한 전략으로 동시 공학(Concurrent Engineering), CIM (Computer Integrated Manufacturing), PDM (Product Data Management) 등 다양한 개념이 활용되어 왔으나, 최근 경쟁 체제가 국제화되고 통신망이 획기적으로 발달됨에 따라 CALS 개념이 중심적인 역할을 담당하게 되었다. 칼스를 간략히 요약하면 산업 활동에 관련된 모든 정보를 관련 표준에 의해 디지털화하고, 지역을 초월하여 글로벌(Global)하게 활용하자는 개념이다. 칼스가 기존 정보 전략들과 다른 점은, 정보의 교환 범위가 해당 기업군을 벗어나 이익을 중심으로 하는 불특정 다수라는 대상으로 확대된 것이다. 기존의 계열 중심 기업 활동 구조가 이익 우선주의에 의해 최대 이익 창출 집단 구조로 변화함에 따라, 정보의 교환체계 역시 비교적 통일 되었던 환경에서, 불특정 다수에 의한 상이한 정보교환 환경으로 변화되고 있는데, 〈그림 1〉은 이러한 기업 구조 변화에 따른 정보 공유 체계의 변화를 보여주고 있다.

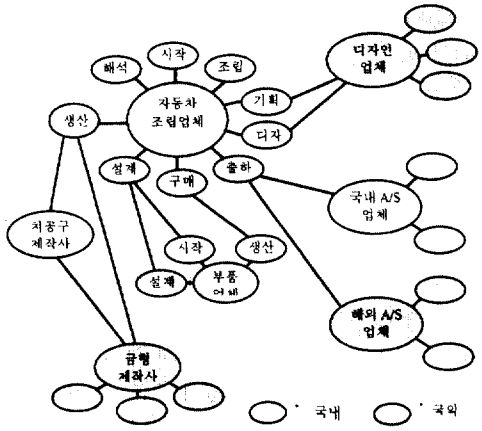
* 기아자동차

** KAIST 기계공학과



〈그림 1〉 정보 공유 형태의 변화

〈그림 2〉에 자동차 산업에서의 전형적인 가상기업 환경이 예시 되어있다. 다양한 이질적(Heterogeneous)인 정보 자원들을 포함하는 가상기업 환경에 대처할 수 있는 정보 관리체계는 개방 지향적이어야 하며, 응용 구조 및 데이터 구성에 국제표준이 적극 활용되어야 할 필요성이 대두되고 있다.

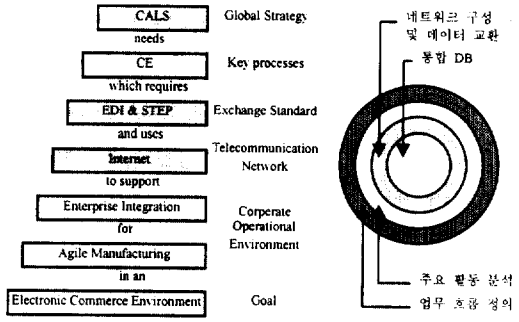


〈그림 2〉 자동차 산업에서의 가상기업 환경

1.2 CALS에서 STEP의 위치

CALS와 주요 정보화 전략들과의 관계 및 전개를 위한 4계층이 〈그림 3〉에 도시 되어 있는데, 이는 CALS가 추구하는 전자 상거래 개념에서의 신속한 생산체제 구축을 위한 기업 통합 (또는 가상기업 구축)을 지원하기 위하여는 동시공학 개념이 필요하고, 이 개념은 정보통합을 위한 국제표준인 EDI와 STEP을 필요로 하며, 지역을 초월하여 정보를 전달할 수 있는 인터넷을 수용하여야 한다는 것이다 [1, 2].

CALS 개념의 구현을 위한 STEP의 역할은, 제품정보를 제



〈그림 3〉 정보화 전략들간의 관계 및 전개 4계층 [1, 2]

품의 기획 단계에서 사후 관리 단계까지 서로다른 시스템 간에 호환하는 것이다. CALS개념에 적합한 PDM (Product Data Management) 체계를 구축하는데 있어서 STEP은 기업 고유의 업무 과정에서 발생되는 정보들을 정의하고, 이 정보들을 활용하는 표준적 방법을 제공하는데 사용될 수 있다.

1.3 연구의 필요성과 목적

CALS 개념에 부합하는 제품정보 체계의 구축은, 제품정보 관리체계 및 데이터 구조 설정을 위한 표준으로 STEP을 활용하고, 데이터 전송체계로 인터넷을 활용하는 것으로 요약될 수 있다. 따라서 STEP에 기반한 PDM 구축을 수행하고 활용하기 위하여는, 자동차 공업 분야의 중요한 제품정보 표준으로 채택될 것으로 예상되는 AP214에 대한 연구와, 이에 근거한 PDM의 인터넷 상에서의 구현방안에 대한 연구가 필요하다. 하지만 국내에서는 STEP AP214에 대한 연구가 이루어져 있지 않으며, PDM에 연계하여 활용하는 연구 또한 미미하다.

본 논문에서는 자동차 부문의 제품정보 교환 표준인 STEP AP214에 근거한 자동차 PDM 구축을 위한 Prototype AP214 AIM을 제시하고, 제시된 AIM에 근거한 자동차의 특정 부품 정보를 수록하는 STEP 물리 파일을 생성하고, 인터넷상에서 재현하는 Prototype PDM 시스템을 구현함으로써, 인터넷에서 AP214에 기반한 PDM 체계의 구현 방안을 제시하고자 한다.

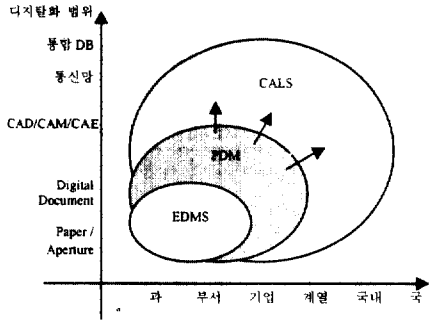
2. PDM (Product Data Management)

2.1 CALS환경에서 PDM개념의 발전 방향

CALS, PDM 등 정보화 전략 개념들이 추구하는 목표나 활

용되는 수단들이 다른 것은 아니지만, 범위 설정 및 표준의 채택 정도 등에서는 차이를 가지고 있다. 대부분의 공통된 시각은 현재의 PDM 체계들은 〈그림 4〉에서 볼 수 있는 바와 같이, 디지탈화 대상 영역을 주로 폐쇄된 망 내의 한정된 자원에 중점을 두고 있으며, 대상 역시 특정 자원에 한정하고, 지원 대상 조직도 사내 및 계열을 대상으로 비교적 통일된 환경을 전제로 함을 알 수 있다 [3, 4].

그러나 CALS에서 대상으로 하는 가상기업의 구성 멤버들은 이질적 환경을 가지고 있기 때문에, 이러한 PDM의 개념에 광역 통신망인 인터넷과 데이터베이스를 추가하고, 대상 범위를 국제적인 불특정 다수로 확장하는 것이 필요하다. 따라서 향후 PDM은, 분산된 정보자원의 활용, 인터넷 웹 서비스를 이용한 멀티미디어 정보의 활용, 제품정보 표준에 근거한 데이터 입출력 체계 등, 가상기업에서의 활용 개념을 수용하여 나아갈 것으로 판단된다.

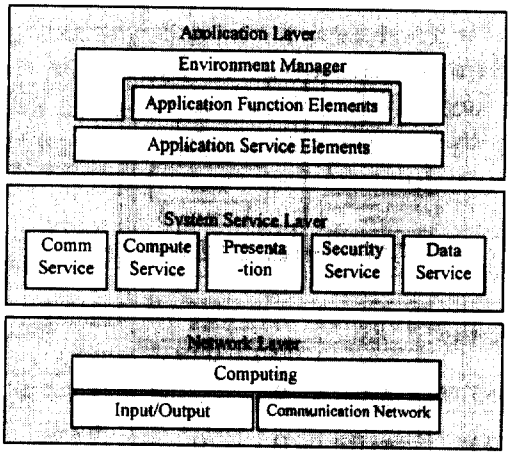


〈그림 4〉 개념별 적용 범위 [3, 4]

2.2 PDM의 구조와 기능

일반적으로 PDM은 제품 전주기에 걸쳐 제품과 관련된 데이터를 관리하고 정보에 대한 추적성 (Traceability)을 제공하며, 제품개발 프로세스를 관리하는 제품 데이터 관리체계로써, 신속하고 정확한 제품정보 활용체계를 갖춤으로써 제품이 시장에 출하되기까지의 시간을 단축하고자 하는 목적을 가지고 있다. 〈그림 5〉는 Scott Tsao에 의하여 제시된 개방형 구조를 가진 제품정보 시스템의 구조이다 [5]. 대부분의 PDM 체계들은 Application architecture와 Data architecture을 구현하는데 있어 표준을 수용하기 보다는, 효율상 독자적인 Architecture를 가지는 것이 일반적이다.

PDM의 주요한 기능은 데이터 관리 기능과 프로세스 관리



〈그림 5〉 제품정보 시스템의 구조

기능으로 분류할 수 있다 [6]. 데이터 관리 (Data Management) 기능은 관심이 있는 특정 제품에 관련된 다양한 형태의 정보들을 체계적으로 활용할 수 있도록 분류하고, 분류된 데이터들에 대한 포인터를 두어 효과적으로 데이터들을 활용하도록 하는 것이다. 반면 생성된 데이터는 매우 복잡한 순서를 따라 활용이 되는데, 이러한 제품정보가 활용되는 과정을 관리하는 기능이 프로세스 관리(Process Management)이다.

3. STEP AP214 기반 PDM

3.1 AP214 제정 활동 및 관련 연구

ISO에서는 제품의 전 수명 주기에 걸친 모든 데이터를 포함하는 제품 데이터 표준화 작업을 1983년부터 ISO 10303 STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data)이라는 명칭하에 추진하여 왔다. 이중 자동차에 관한 응용 프로토콜이 AP214이다.

AP214의 정식 명칭은 Core Data for Automotive Design and Processes이며, STEP의 응용 프로토콜의 하나이다. 1992년 STEP 시애틀 회의에서 독일에 의하여 제안되었고, 자동차의 기획 단계로부터 스타일링, 설계, 실험, 공정 계획, 툴 설계 및 제작, 품질 검사에 이르는 수명 전 주기상에서 발생되는 제품 관련 정보를 다루고 있으며, 제품정보 공유의 통합적 수단을 제공하고 있다. 제정 활동은 ISO10303 (STEP) WG (Working Group)에 미국, 독일, 프랑스, 스웨덴, 일본 등의 자동차 협회들을 중심으로 회원사에서 파견된 전문가들에 의하여 실험적

프로젝트 및 국제 표준화 연구가 추진되고 있다. AP214는 현재 위원회 안 (Committee Draft)으로 상정되어 있으며, 현재까지는 AP203에 근거한 형상 정보 교환을 위주로 하고 있다. 각국의 자동차 협회들을 중심으로 진행되고 있는 프로젝트들은 〈표 1〉과 같다.

〈표 1〉 자동차 협회들의 STEP 프로젝트 [9, 10]

프로젝트명	주도	이용프로토콜		목 적
		AP203	AP214	
AutoSTEP	AIAG	O		형상정보교환
ISAP	ProSTEP	O	O	형상정보/관리정보
V-CALS	JAMA	O		자동차 CALS
β-system		O	O	형상정보/관리정보

3.2 AP214 ARM 정보 모델

응용 참조 모델 ARM은 AAM에 근거하여, 각 Activity에 대한 입,출력 정보를 분석하여, 자동차 산업 분야에서 필요한 정보에 대하여 제품 모델을 표현하는 것으로, AIM을 작성하기 위한 수단으로 사용된다. AP214에는 제품 데이터를 표시하는데 사용되는 무수한 응용 객체 (Application Object)들을 다음과 같은 12가지의 정보 형식으로 구분하고 있다.

① 제품 구조 (Product Structure) : 제품 관리, 조립 등
② 형상, 위상 (Geometry, Topology) : 와이어프레임, 곡면, 솔리드 등
③ 프레젠테이션 (Presentation)
④ 특징 형상 (Form Feature)
⑤ 공차 (Tolerance)
⑥ 도면화 데이터 (Draughting)
⑦ 기구 운동 (Kinematics)
⑧ 유한요소해석 (Finite Element Analysis) 데이터
⑨ 제품 특성 (Product Properties) : 재질, 질량
⑩ 표면 조건 (Surface condition)
⑪ 외부 참조 (External Reference)
⑫ 측정 데이터 (Measured Data)

이들 정보 형식은 다시 각각 몇 가지의 기능 단위들 (Units of Functionality)로 구성되며, 각 기능 단위 (UoF)에는 AP214에서 활용되는 최소 단위의 객체들이 편성되는데 이를 응용 객체 또는 응용 요소 (Application Object or Application Element)라고 하며 응용 프로토콜을 표현하는 최소 단위가 된다.

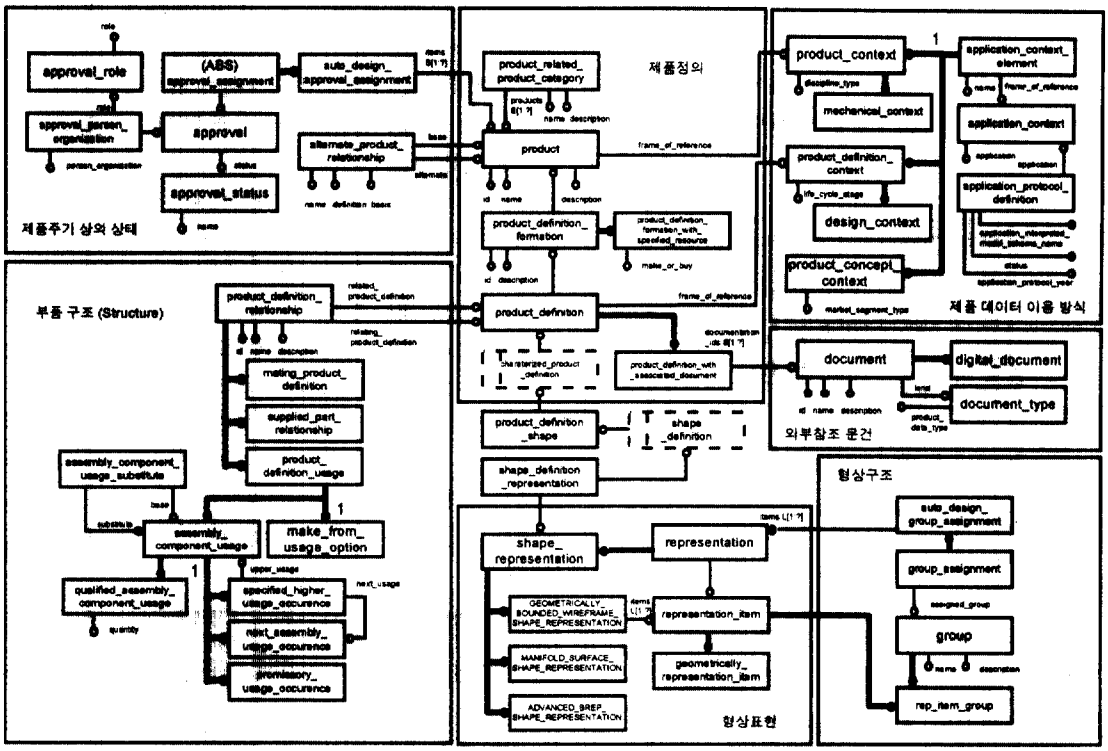
3.3 응용 객체와 AIM 요소 간의 사상

ARM 과정에서 얻어진 응용 객체들은 통합 자원 (Integrated Resource)으로부터 선택된 적절한 요소들과 사상 되게 되며, 존재하지 않는 자원들은 별도로 EXPRESS를 이용하여 정의하게 된다[11]. 이렇게 공용 자원 및 고유한 EXPRESS 자원들에 의하여 형성되는 모델을 AIM이라고 하며, 프로그래밍 등에서 활용되는 모델은 바로 이 통합 자원들이 형성하는 AIM이다. AIM을 생성하기 위하여는 응용 객체와 통합 자원 간의 사상이 필요하게 되며, 해당 산업 분야에서 AIM을 이용하여 제품정보 관리 시스템을 구축하는 사람들에게 ARM요소와 AIM요소간의 사상 관계를 설명하여 주는 표가 제공된다. 이 관계를 표시하는 것이 사상표 (Mapping Table)이며, AP214의 사상표는 AP214 5장 "Application interpreted model"에 수록되어 있다 [12]. 각 AIM은 EXPRESS에 의해 기술되는 Entity를 가지며, 제약 조건 등이 부여되어 응용 객체의 요구를 만족시키게 된다.

3.4 AP214 기반 PDM용 Prototype AIM

2절에서 살펴보았던 PDM을 구현하기 위하여는 적합한 AIM 요소들을 활용하여 정보를 정의하고, 이에 근거한 정보 활용 시스템을 구축하여야 한다. 본 논문에서 제안하는 AP214 기반 PDM용 축소 정보 모델은, PDM 구축에 가장 범용적이라고 판단되는 ARM 요소에 대응되는 다음과 같은 주요 AIM 요소들을 이용하여 정보 모델을 정의한다.

① 제품 정의 (Product Definition) : 제품 명칭 및 내용, 제품 형태 (외주품/자작품), 제품 정의 (타 정보 형식과 제품과의 연결을 담당), 외부 문건의 연결
② 제품 데이터 이용 배경 (Context of Product) : 제품 이용 배경, 제품 정의 배경, 응용 분야 배경
③ 제품 구조 (Product Structure) : 하향식 조립체 정의
④ 제품 주기 상의 상태 (Approval Status in the Life-cycle) : 승인 정보, 승인 부여



〈그림 6〉 AP214 기반 Prototype PDM의 AIM 모델

⑤ 외부 참조 문건 (External Reference) : 일반 문건, 디지털화 되어 있는 문건

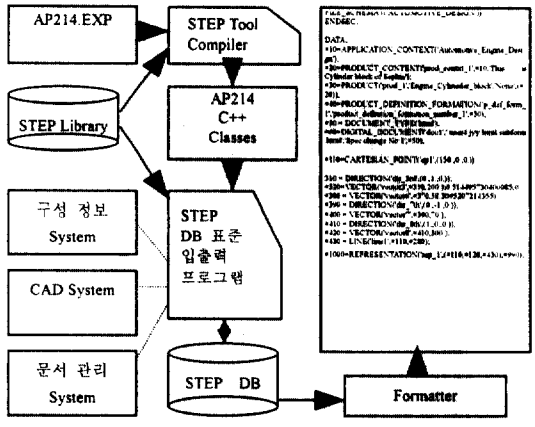
⑥ 형상 표현 (Geometric Representation) : 제품 정의에 형상 연결, 형상 표현 정의, 실질적 형상 정보

⑦ 형상 구조 (Geometry Structure) : 형상들의 그룹화

위의 AIM 요소들로 구성된 AP214기반 Prototype AIM 정보 모델이 〈그림 6〉에 도시되어 있다.

3.5 제안된 정보 모델에 근거한 물리 파일의 생성

제안된 Prototype PDM 모델에 근거한 STEP 물리 파일을 생성하기 위하여, STEP Tool을 이용하였다. 생성 순서는 〈그림 7〉과 같다. NIST로부터 입수한 AP214 EXPRESS 파일을 STEPTool을 이용하여 컴파일하고, 해당 C++ Class들을 얻은 후, 이 Class들과 Rose, C++ 프로그램을 이용하여 제품구조(Product Structure), 형상(Geometry), 외부 참조 문건(External-Reference)에 대한 정보를 수록한 STEP 물리파일을 생성하였다[13, 14].



〈그림 7〉 제안된 AIM 모델에 근거한 물리 파일 생성

3.6 시스템 구조

본 논문에서 구현한 Prototype PDM 시스템의 구조를 2.2절에서 설명한 Scott이 제시한 구조에 기준하여 표현하면 〈표 2〉와 같다.

〈표 2〉 인터넷 상의 AP214 기반 PDM도구

구 분			사용된 표준	활용된 기술
Application Architecture	Appl Layer	Appl. Function Element	STEP AP214	JAVA
		Appl. Service Element	STEP AP214	VRML, HTML
	System Service Layer	Comm. Service	TCP/IP	Netscape
		Security Service		CGI
	Network Layer	Comm. Network		인터넷
Data Architecture			STEP AP214	ROSE, C++, JAVA

4. 인터넷 상에서의 정보 공유 체계 구현

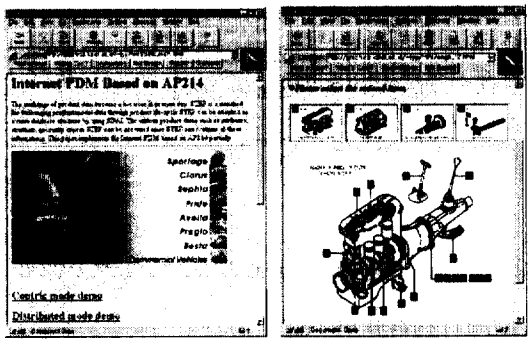
4.1 인터넷 상의 구축의 장점

STEP 기반 PDM을 인터넷 환경에서 구축하면 산재 되어 있는 불특정 다수의 제품 관련 활동 조직을 유기적으로 연결하여 제품 관련 활동을 진행할 수 있고, 저렴한 비용으로 설치 및 운영할 수 있다. 인터넷 상에서 작동되는 STEP 파일 또는 STEP DB에 근거한 제품 관리체계 (Product Management System)는 인터넷 상에서 활용되는 표준 기술들을 기반으로 구축되는 것이 바람직하다. 관련된 주요 표준 및 준 표준 기술들은 TCP/IP, HTTP, JAVA, VRML, HTML 등이며 분산 환경에서의 응용 프로그램 개발에는 CORBA 등이 활용될 수 있다[15].

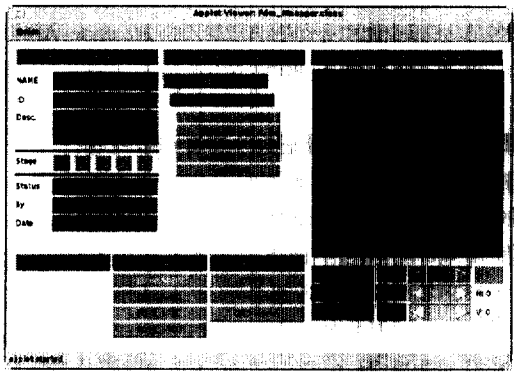
4.2 JAVA와 HTML을 이용한 구현

인터넷 상에서 PDM을 구현하기 위하여는 산재된 자원들을 이용할 수 있는 프로그래밍 언어가 필요하다. JAVA는 HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) 등과 같은 TCP/IP 네트워크 환경에서 작동하는 다양한 프로토콜을 지원하는 라이브러리를 가지고 있어, 원격지의 정보 또는 Applet을 URL (Uniform Resource Locator)을 이용하여 조작할 수 있다. 분산 환경에서 작동이 된다는 점과 STEP과 마찬가지로 객체 지향적이라는 공통점을 가지고 있어, STEP 기반 PDM 도구를 구현하는데 적합한 언어이다.

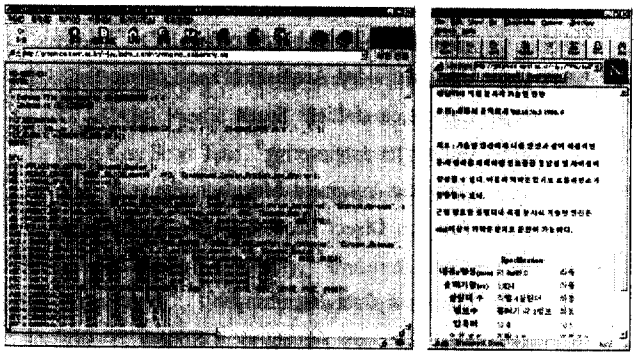
〈그림 8〉은 HTML을 이용하여 정보에 접근할 수 있음을 보여주고, 여기서 특정 부품을 선정하면 〈그림 9〉에서와 같이 제품 구조가 나타난다. 이것은 STEP 물리적 파일을 파싱하여 얻은 것으로 형상 부분은 자바 그래픽 라이브러리를 개발하여 와이어프레임 모델로 가시화하였다. 각 부품에 해당되는 버튼을 선택하게 되면, 그 부품에 해당되는 형상 요소를 반전시켜 표시하고, 관련된 정보를 검색 할 수 있는 등 통합적 활용이 용이하다. 문제점은 Applet의 크기가 커지면, 네트워크의 통신 속도와 자바의 구현속도가 느리기 때문에 전체적으로 정보 검색에 시간이 많이 걸린다는 것이다. 〈그림 10〉은 STEP파일,



〈그림 8〉 HTML을 이용한 정보 접근



〈그림 9〉 JAVA를 이용한 Prototype PDM



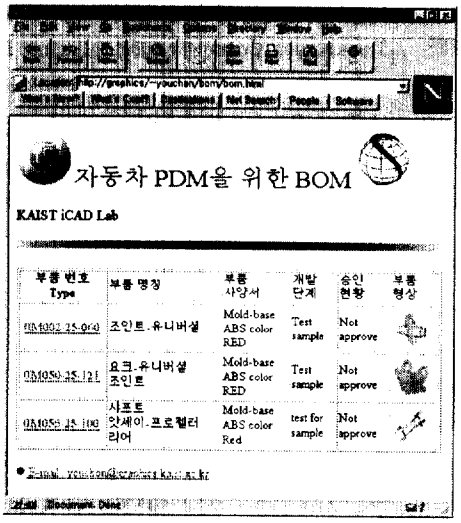
〈그림 10〉 STEP 파일과 관련 문서의 취득

부품의 명세서 등 관련된 외부 참조 정보들을 취득하는 과정을 보여주고 있다[16].

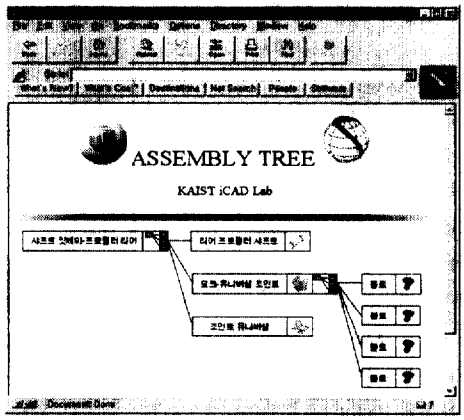
4.3 VRML과 HTML을 이용한 구현

JAVA를 이용하여 형상정보를 가시화하는 것이 복잡한 반면, VRML은 우수한 그래픽 기능을 가진 장면묘사 언어이기 때문에 형상정보를 쉽게 가시화할 수 있다. 따라서 STEP파일의 형상정보는 VRML을 이용하고, BOM 등의 제품정보는 HTML을 이용하여 가시화할 수 있다. 이때 BOM과 형상 정보 상호간의 연결은 HTML과 VRML이 지원하는 앵커 기능을 이용하여 가능하다. 〈그림 11〉은 HTML을 이용하여 가시화된 BOM 정보이다. 여기서 부품 번호를 선택하면 관련 부품 정보로, 형상 부분을 선택하면 VRML로 표현된 형상정보로 연결된다.

〈그림 12〉는 제품의 어셈블리 트리를 보여주고 있어서 쉽게 부품의 형상정보와 BOM 정보에 접근할 수 있다. 〈그림 13〉은



〈그림 11〉 HTML을 이용하여 가시화된 BOM 정보



〈그림 12〉 어셈블리 트리를 이용한 정보 검색

〈그림 13〉 VRML을 이용한 Prototype PDM

VRML과 HTML을 이용하여 제품 정보를 취득하는 과정을 도시하고 있다. 요크 부분에 삽입되어 있는 볼트 부분을 선택하면 해당 VRML형상으로 연결된다. 이러한 방식으로 각각의 형상 정보와 BOM 정보 간의 자유로운 상호 참조가 가능하다[17].

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 가상기업 환경에서 PDM이 확장되어 나아가야 할 방향과 STEP AP214가 자동차 개발단계에서 통합적 데이터 관리 수단으로 사용될 수 있음을 제시하였으며, STEP AP214를 기반으로 한 PDM의 구현이 인터넷 상에 이루어 질 수 있음을 JAVA와 VRML을 이용하여 보임으로써, 가상기업 환경에서의 제품정보 관리체계의 구축 방안을 제시하였다.

향후 과제로는 본 논문에서 제시된 정보 모델의 적용 범위를 확장하는 것과 정보 생성원과 STEP DB 간의 결합(Binding), 데이터 분류 및 접근 체계에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서 구현된 Prototype PDM에서는 STEP 물리 파일에 근거하였으나, 이 대신 오라클과 같은 R-DB 또는 O-DB로부터 정보를 입수하는 방안, CAD 시스템에서 제품 관련 정보를 입력하고 제품 구조를 정의하여 STEP 데이터베이스로 출력하는 방안이 연구되어야 한다.

또한, 분산된 환경에서 작동할 수 있는 객체를 이용하여 PDM 관련 도구들이 동작할 수 있도록 하는 연구가 필요하다. 각 특화된 PDM 도구들은 관련 지역에 위치하여, 표준에 근거한 STEP 기반 통합 데이터베이스에 대한 검색 기능을 제공함으로써 가상기업 환경에 유연하게 대처할 수 있을 것이다. 이를 위하여는 JAVA를 이용한 통신 프로그램의 개발, JDBC를 이용한 원격지 데이터베이스의 검색, OMG의 CORBA를 이용한 분산 응용 객체 활용에 대한 연구가 필요할 것이다.

〈약어 설명〉

AAM	Application Activity Model
AIAG	Automotive Industry Action Group
AIM	Application Interpreted Model
AP	Application Protocol
ARM	Application Reference Model
BOM	Bill Of Material
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CALS	Computer-aided Acquisition and Logistic Support, Commerce at Light Speed
CE	Concurrent Engineering
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
DB	DataBase
EDI	Electronic Data Interchange
EDMS	Electronic Data Management System
HTML	Hyper-Text Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IGES	Initial Graphics Exchange Specification
ISO	International Standard Organization
IR	Integrated Resource
JAMA	Japan Automobile Manufacturer Association
JDBC	JAVA DataBase Connectivity
JSTEP	Japan STEP Promotion Center
NIAM	Nijssen Information Analysis Method
NIST	National Institute of Standard and Technology
O-DB	Object Oriented Database
OMG	Object Management Group
PDES	Product Data Exchange Using STEP
PDM	Product Data Management
R-DB	Relational Database
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
UoF	Unit of Function
URL	Uniform Resource Locator
WG	Working Group
VRML	Virtual Reality Modeling Language

[참 고 문 헌]

[1] Ho Nai Choon, "A proposal CALS Framework to support manufacturing industry in Singapole", CALS Pacific Korea '96 Proceeding II, 1996. 9

[2] Richard S. Briggs Jr., "Implementing Concurrent Product and Manufacturing Process Development Using the CALS Strategy", CALS Pacific Korea '96 Proceeding II,1996. 9

[3] Hiroshi Mizuta, "Corporate Management and the Role of

CALS", CALS Pacific Korea '96 Proceeding II, 1996. 9
[4] Stephan Wong, "Next Generation Enterprise PDM-PDM II", CALS Pacific Korea '96 Proceeding II, 1996. 9
[5] Shou-Kuo Scott Tsao, "An overview of Product Information Management", http://www.pdmic.com/ articles/pimsarch. html, 1993
[6] Hewlett-Packard Company, "Understanding Product Data Management", 1995, http://www.pdmic.com
[7] ISO TC184/SC4, "Guidelines for the Development and Approval of STEP Application Protocols", Ver1.2, 1995
[8] STEP 연구회 , "STEP - 제품 모델 정보 교환을 위한 국제 표준", 성안당, 1996. 9
[9] 加藤 廣/日産自動車, "自動車 産業の STEP", CALS Pacific '95 ,1995
[10] JAMA, "STEP AP203 Pilot at ISO STEP Kobe Meeting 96", 1996
[11] Douglas Schenck, Peter Wilson , "Information Modeling the EXPRESS Way", Oxford Univ. Press, 1994
[12] ISO TC184/SC4, "STEP Part 214 Core Data for Automotive Mechanical Design Processes", 1995
[13] STEP Tools Inc., "The STEP programmer's Tool Kit Reference Manual", 1993
[14] STEP Tools Inc., "The STEP programmer's Tool Kit Tutorial manual ", 1992
[15] 정운용, 한순흥, "초고속 통신망에서 3차원 동시형상설계", 한국 CALS/EC 학회지, Vol 1, No 1, pp141-157, 1996
[16] 정운용, "STEP AP214에 근거한 자동차 PDM의 구현 방안", KAIST, 석사학위논문, 1997
[17] 오유천, "인터넷에서 3차원 STEP 형상정보의 가시화", KAIST, 석사학위논문, 1997
[18] 日本情報處理開發協會, "海外における CALS/STEPの實用例", STEP セミナテキスト, 1996. 6
[19] 八木 外, "STEPで 設計はどう 變わるか" , 機械設計 第4 卷 1 號, 日本情報處理開發協會, 1996

정운용
1986년 인하대학교 기계공학과 (학사)
1997년 한국과학기술원 자동화설계공학과 (석사)
1985~현재 기아자동차 재직중

오유천
1993년 연세대학교 기계공학과 (학사)
1997년 한국과학기술원 자동화설계공학과 (석사)
1997년 한국과학기술원 기계공학과 박사과정 재학중

한순흥
1977년 서울대 조선공학과 학사
1979년 서울대 조선공학과 석사
1985년 영국 Newcastle대 석사
1990년 미국 Michigan대 박사
1979~92년 해사기술연구소 (현재 기계연구원)
1993~95년 KAIST 자동화설계공학과
1996~현재 KAIST 기계공학과 부교수로 재직중