

## STEP AP214 자동차 설계 데이터 정리 시스템

양정삼\*, 한순흥\*\*

### Healing of STEP AP214 Automotive CAD Data

Yang, J. S.\* and Han, S. H.\*\*

#### ABSTRACT

To exchange CAD data between heterogeneous CAD systems, we generally use a neutral format, especially STEP, which is the international standard (ISO-10303) for product model data exchange. AP214 (Application Protocol) for the automotive industry not only takes into account geometry and organizational data, but also provides a classification mechanism for product modeling. When reading a STEP file during a design process that is exported from other CAD systems, it is a burden to a designer to go through the tedious process of removing duplicate or non-manifold entities, adjusting parts, and rearranging text. We analyze the structure of AP214 and develop a healing tool to solve the following problem. Without the assembly information in the Master workspace of CATIA, or to read a STEP file from Pro/Engineer, a designer should do a repetitive process of disintegrating an assembly into parts one by one. We have developed a post-processing tool for STEP AP214 that separates out a part from an assembly model and adjusts superfluous or useless entities using the ACIS kernel.

**Key words** : CAD, STEP, AP214, Data Healing

#### 1. 서 론

다양한 CAD 시스템을 도입해서 사용하고 있는 자동차 산업에서, 서로 다른 CAD 시스템간에 데이터 교환을 위해, STEP, IGES, VDA-FS, 등과 같은 중립포맷(neutral format)을 이용해 왔다. 국제 표준(ISO-10303)인 STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data)은 EXPRESS와 같은 정보 모델링 언어(information modeling language)를 제공함으로써 STEP 안에 있는 정보를 표현할 수 있고, CAD vendor에서 지원되는 STEP 번역기의 특성에 따라서 적합성 클래스(CC, Conformance Classes)를 지정해서, STEP 파일이 서로 다른 CAD 시스템에서 다르게 번역되는 것을 방지 하였다. 또한, 산업 영역에 따라, 다양한 응용 프로토콜(AP, Application Protocols)을 두고 있기 때문에, 특정 전문 분야에 적용 가능한 데이

터(product information)로 표현가능 하다<sup>[1]</sup>.

2001년 2월에 국제 규격(ISO, International Standard)으로 승인받은 STEP AP214(Core data for Automotive Mechanical Design Processes)<sup>[2]</sup>는 자동차 산업 분야에서 사용하고 있는 응용 프로토콜로서, 현대자동차를 비롯한 국내 완성차 업체에서 서로 다른 CAD 시스템간의 데이터 교환을 위해 사용하고 있다.

그러나, 실제 자동차 설계 업무에 있어서, STEP 파일의 이용은 여러 가지 문제점을 보여주고 있다. 그 가운데 하나는, 전달되는 STEP 파일이 특정 CAD 시스템 상에서 설계자가 필요로 하는 형태로 읽혀지지 않거나, STEP파일 내의 불필요한 엔티티(entity)로 인해, 설계자의 추가적인 작업이 요구되고 하드웨어의 자원을 낭비하게 하는 원인이 되고있다.

현대자동차에서 대표적으로 사용하고 있는 CAD 시스템은, 동력계통(power train)의 Pro/Engineer(Parametric Technology Inc., 미국)와 구성설계(configuration design)의 CATIA(Dassault Systemes, 프랑스)가 있다. 이들 두개의 CAD 시스템 간의 데이터 공유를 위해서, 현대자동차에서는 Pro/Engineer로 설계된 데이터

\*학생회원, 한국과학기술원 기계공학과  
\*\*종신회원, 한국과학기술원 기계공학과  
- 논문투고일: 2002. 2. 5  
- 심사완료일: 2002. 4. 9

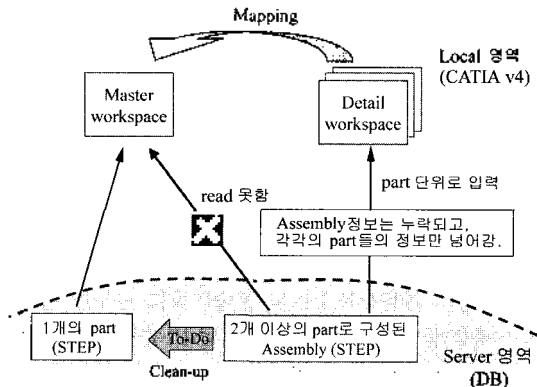


Fig. 1. CAD data flow between Pro/E and CATIA according to STEP AP214.

를 STEP AP214 형태로 저장해서, CATIA로 넘겨게 된다. 이때, Pro/Engineer에서 모델링 된 형상을 STEP AP214 파일로 저장했을 경우, Fig. 1에서 보는 바와 같이, STEP 파일 내에 저장된 모델이 단품인 경우에는 CATIA의 Master-workspace로 바로 번역되어 넘어가지만, 어셈블리 정보를 포함하고 있는 STEP 파일을 전달할 경우에는, 어셈블리 정보를 포함하고 있는 각각의 단품 정보들이 Detail-workspace로 번역된다. 이것은 CATIA가 갖고 있는 특징 중의 하나로서, CATIA의 Master-workspace 공간은 어셈블리 정보를 표현하지 못하기 때문이다. 설계자가 모델에 대한 설계 변경을 할 수 있는 작업 공간은 Master-workspace 공간이기 때문에, Detail-workspace로 번역된 데이터를 Master-workspace상으로 넘겨주는 일련의 과정이 요구된다.

본 연구에서는, STEP AP214 파일의 형상 정보(geometry data)와 조립 정보(assembly relationship)를 중심으로, AP214 파일의 구조를 분석하고 자료 구조를 변경하는 방법을 통해, Pro/Engineer에서 만든 데이터를 CATIA로 직접 전달이 가능하도록 하기 위한 방법을 찾고, 실제 설계 업무에서 STEP을 사용함으로써 인해 발생하는 설계자의 후처리 공정을 줄일 수 있는 시스템을 개발하는데 있다. 그리고, ACIS를 중심으로 각 CAD 커널(kernel)에서 제공하는 STEP 번역기의 특성과 문제점에 대한 검토를 하였다.

STEP AP214와 관련된 연구 현황을 살펴 보면, Mannisto<sup>[3]</sup>는, Inheritance, Classification 등의 객체지향 방법론에 따라, AP214를 특정 분야로 확장시켜 적용한 Generic product structure modeling 개념을 도입하였고, Yeh<sup>[4]</sup>는 STEP AP214를 기반으로, 데이터베이스 형태의 제품 데이터 교환을 위한 모델을 제시

하였다. 최무라, 유상봉<sup>[5]</sup>은 온톨로지(ontology) 활용 방법을 적용하기 위해 AP214를 사용하였다.

## 2. STEP AP214의 개요

AP214의 적용범위를 살펴보면, STEP 파일 내부에는, CAD models, Drawings, Form features, Tolerances, Release management, Project status, Bill of material, Versions/Variants, Costs/Weights/etc., Manufacturing data, Measuring, Simulation, Photo-realistic images을 포함하고 있다. 그 밖에 Native CAD data, STEP/VDAFS/IGES, Raster files, Audio/Video data, Electric data, Finite Element data를 외부 참조할 수 있다.

AP214에 포함된 총 31개의 기능 단위(UoF, Units of Functionality)에 대한 세부 내용은 다음과 같다.

- (1) Product Structure: product management data/element structure/item definition structure/effectivity/work management/classification/specification control/process plan
- (2) Property: item property
- (3) Geometry: wireframe model 2D/wireframe model 3D/connected surface model/faceted B-rep model/B-rep model/compound model/CSG model/geometrically bounded surface model
- (4) Measured Data: measured data
- (5) Presentation: geometric presentation/annotated presentation/shaded presentation
- (6) Draughting: explicit draughting/associative draughting
- (7) Form Features: user defined feature/included feature/generative featured shape
- (8) Kinematics: kinematics
- (9) Surface Condition: surface condition
- (10) Tolerances: dimension tolerances/geometric tolerances
- (11) External Reference: external reference mechanism

Fig. 2는 AP214 데이터 모델에 대한 구조를 보여주고 있다. 상용 CAD 시스템에서 AP214 파일을 지원하는 범위를 알 수 있는 적합성 클래스는 다음과 같다.

- (1) CC 1 to 5: for CAD/CAM
- (2) CC 6 to 10: for product structure and configuration management(PDM/BoM)
- (3) CC11 to 13: for process planning
- (4) CC14 to 15: for feature based design
- (5) CC16 to 17: for kinematics simulation, measuring

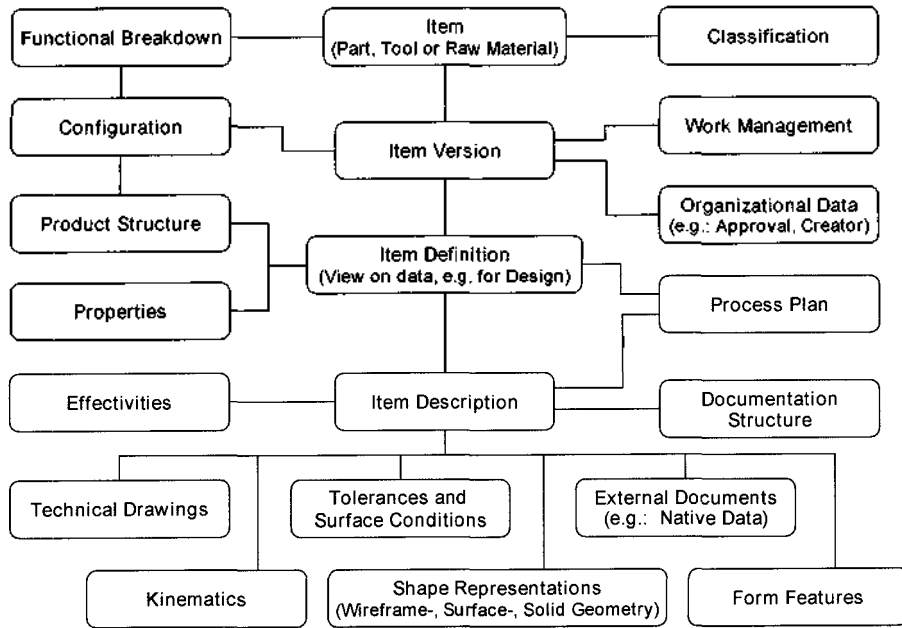


Fig. 2. Overview of the AP214 data model.

and quality control

- (6) CC18 to 19: for configuration controlled process-planning with 3D-DMU
- (7) CC 20: for complete data storage and retrieval

### 3. 데이터 정리 시스템

#### 3.1 개발 개요

Fig. 1에서 보는 바와 같이, CATIA의 Detail-workspace로 넘어온 STEP 파일을 Master-workspace로 넘기기 위해서, 설계자는 Detail-workspace 상에 있는 각각의 단품들을 Explode 한 후, Master-workspace로 넘기는 반복적인 작업을 수행하게 된다. 대부분의 CAD 모델은 수십 개에서 수백 개에 이르는 단품들로 구성되었기 때문에, 이러한 반복적인 작업은 설계자에게 많은 부담을 주고 있는 상황이다.

또한 대부분의 현장 설계는 협력 설계(collaborative design)를 하고 있기 때문에, 다른 설계자가 만든 모델을 참고 모델(reference model)로 설계를 진행하거나, 다른 설계자가 설정한 지역 좌표계(LCS, Local Coordinate System)를 기준으로 모델링을 하는 경우가 많다. 이때, 다른 설계자가 만든 모델에 실제 필요한 형상 데이터 이외의 데이터가 다수 포함되어 있다면, 이 모델을 참고로 설계하는 사람은 많은 혼란을 느끼

게 될 것이다. 또한, CAD 데이터 크기도 불필요하게 증가 됨으로 인해, 하드웨어의 자원을 낭비하는 결과를 초래하게 된다. 따라서, 다양체 솔리드(manifold & solid) 형태의 주 형상(main model shape)을 제외하고, 그밖에 불필요한 엔티티(reference shapes, unnecessary arrow & text, duplicated shapes, etc.)를 정리하는 기능이 필요하다.

마지막으로, 모델 형상에서 Self-intersection loop, Void-face, Inconsistency surface, 등과 같은 오류가 포함되어 있는 경우에는 형상의 왜곡을 초래하기 때문에 오류를 찾아내고 수정(healing) 하는 기능이 필요하다.

#### 3.2 문제 해결을 위한 방법

대표적인 상용 CAD kernel에서 지원하는 STEP 번역기의 특징을 정리하면 Table 1과 같다.

일반적으로 상용 Kernel에서 STEP 파일을 읽을 경우에는, AP42 Schema에 해당되는 부분을 최적화 한 후, 해당 커널의 자료 구조로 변환하는 방법을 사용하

Table 1. STEP translators of commercial CAD Kernels

	Read	Write
ACIS v7.0	AP 203, AP 214	AP 203
Parasolid v12	AP 203, AP 214	AP 203
Open CasCade v3.1	AP 203, AP 214	AP 214

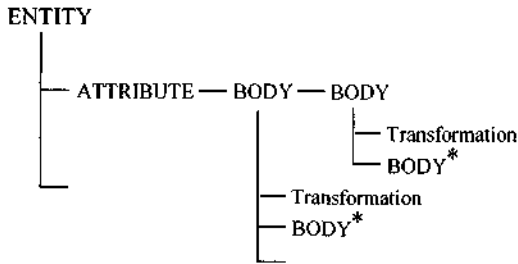


Fig. 3. ACIS data structure after reading a STEP file.

고 있다. Table 1에서 보는 바와 같이, 해당 커널의 매뉴얼을 살펴 보면 AP203과 AP214를 지원한다고 하지만, 실제로 프로그램을 구현해 보면 AP203, AP214에 대한 읽기(reading)는 가능하지만, 저장(writing)은 각기 다른 형태로 저장된다. 본 연구에서 시스템 개발을 위해 사용한 ACIS 7.0은 AP203 형태로 저장되기 때문에, 본 논문에서는 결과 파일을 AP214로 바꾸는 모듈을 추가로 개발하였다.

STEP 파일을 ACIS를 통해 읽어 들인 후, 자료구조를 살펴 보면 Fig. 3에서 보는 바와 같이, 하나의 객체를 표현하고 있는 일반적인 ACIS 자료구조와 다른 형태를 보여 주고 있다. 즉, 하나의 ATTRIBUTE 클래스 아래에, 2개의 중복된 BODY 클래스(동일한 geometry data)가 존재하고 있다. 따라서, 결과 파일을 저장하게 되면, 최초 입력 받은 STEP 파일의 크기 보다 2배 이상 커지게 된다. 또한, 이러한 자료 구조는 “One-part generation” 등과 같은 자료 구조 변경과 같은 작업에 직접 사용할 수 없는 구조가 된다. 따라서, Fig. 3과 같은 비정상적인 자료 구조 형태를 Fig. 4와 같은 자료 구조 형태로 변환하는 과정이 필요하다.

Fig. 3의 자료 구조를 검색해서, 중복된 BODY와 유일한(unique) BODY를 찾아 내는 작업이 선행되었다. One-Part Generation 단계로서, Fig. 4와 같이 어셈블리 정보를 포함하고 있는 자료 구조 형태를, Fig. 5에서 보는 바와 같이, 하나의 BODY 아래에 BODY의 종속된 위상 구조인 LUMP를 Sub-set 형태로 재 구성하는 과정이 필요하다. 즉, 새로운 BODY 하나를 만들고, 이 BODY 객체의 하위에, Fig. 4에서 Leaf node에 있는 모든 BODY를 LUMP로 위상 구조를 바꾸어 위치시키고 연결시킨다. 이때, 각 BODY와 함께 있던, 지역 좌표계에 대한 데이터를 전역 좌표계(WCS, World Coordinate System) 기준으로 LUMP를 이동(transformation) 한다[Fig. 5].

모델을 구성하는, 위상정보와 기하정보를 검색해서, 복잡 다양체(non-manifold)에 해당하는 엔티티를 자료

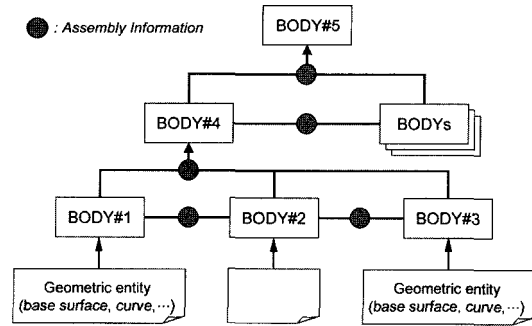


Fig. 4. Modified assembly data structure.

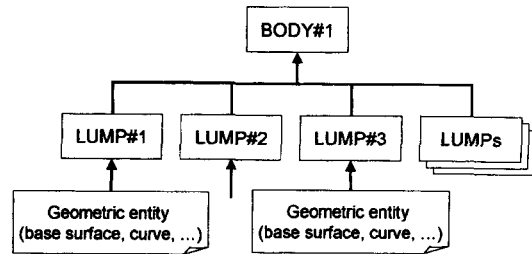


Fig. 5. Data structure after One-Part generation.

구조 상에서 정리하고, 불필요한 형상 데이터를 제거해서 다양체 솔리드 형태의 단품(one-part)으로 만든다. 또한, 복잡한 형태의 NURBS 평면은 파일 크기를 증가시키는 요인이 되기 때문에 단순화된 Analytic 평면으로 변환하는 과정이 필요하다.

모델의 오류를 검증하기 위해, 자체 개발되어 있는 “CAD 모델 오류 검증 시스템<sup>6)</sup>을 이용해서, 오류가 있는 부분을 찾아 내고, 수정을 위해서, ACIS healing husk를 이용하였다.

### 3.3 System sequence

STEP AP214 정리 프로그램은, Fig. 6에서 보는 바와 같이 7단계의 프로세스를 수행 하였다. [1, 2, 3, 7] 단계는 기본적으로 수행되는 프로세스이고, [4, 5, 6] 단계는, 설계자의 옵션 설정에 따라서, STEP 파일의 오류를 진단하고 수정하는 프로세스이다. 각 단계별 세부 내용은 다음과 같다.

**단계 1:** STEP AP214 파일을 입력 받으면, STEP physical 파일을 검색해서, 어셈블리 형태인지 확인을 한다. Configuration 파일은, 정리 프로그램의 환경 설정을 위해 만들어 놓은 옵션 설정을 위한 파일이다.

**단계 2:** STEP 파일을 ACIS Kernel로 읽어 들인 후, Fig. 5와 같이 자료 구조를 변경해서, One-Part Generation을 수행한다.

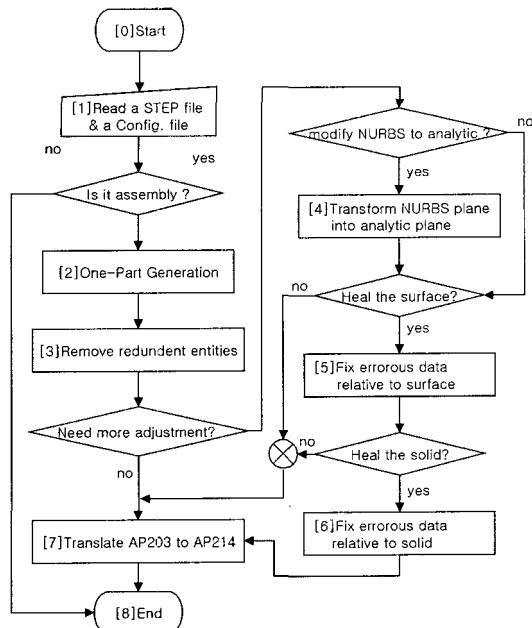


Fig. 6. Flow chart for the adjustment sequence.

단계 3: One-Part Generation을 수행하면서 만들어진, 중복된 엔티티들을 제거하는 작업을 수행한다. Fig 5와 같이 자료 구조 내부를 검색하면서, 2개 이상의 중복된 엔티티를 파악하고 삭제한다.

단계 4: NURBS 평면 데이터는 파일의 크기를 증가시키는 원인이 되기 때문에, Analytic 평면의 형태로 변환하는 과정을 수행한다. 이 과정을 통해, 파일 크기는 약 15% 줄어드는 결과를 보였다.

단계 5: 설계자의 실수, 또는 잘못된 설계 프로세스로 인해, CAD 데이터의 오류를 발생시킬 수 있다. 특히, 솔리드를 구성하는 기반형상(base geometry)의 왜곡은 설계된 형상에 치명적인 결과를 낳게 된다. 곡면의 연속성(consistency)을 검증하고, 주어진 정밀도에 따라 곡면의 차수를 수정하는 단계이다. 또한 self-intersection과 twisted surface에 대한 오류를 찾아낸다.

단계 6: 솔리드에 관계되는 오류를 수정하는 단계이다. Void-face를 수정하고 공차 이상의 edge와 loop에 대한 연결(stitching) 작업을 통해 조정한다.

단계 7: 마지막으로, ACIS에서 STEP AP203으로 저장된 파일을 AP214로 변환시킨 후, 프로그램을 종료하게 된다.

3.4 시스템 환경

STEP AP214 정리 프로그램을 개발하면서 사용한

Table 2. System environment

	Specification
Platform	Silicon Graphics O2
Operating system	IRIX v6.5
UNIX shell	Bourne shell
CAD kernel	ACIS 7.0 & husk
C++	MIPS 4 C/C++ Compiler 7.3

환경은 Table 2에서 보는 바와 같다.

설계 개발 전용 시스템(EWS, Engineering Workstation)은 Silicon Graphics의 IRIX v6.5를 사용하고 있다. 또한, CATIA 시스템의 작업 환경이 Bourne shell이기 때문에, 프로그램을 개발하기 위한 환경도 Bourne shell에 맞게 구성하였다. 사용된 프로그램 언어는 객체지향 방식의 C++을 사용하였다.

현업에 적용된 정리 프로그램은, CAD DB server에 설치 되어, 부하가 적은 시간에 맞춰서 Back ground processing으로 운영 되도록 하였다.

3.5 실험 결과

실험 대상 파일은, 현대자동차에서 제공 받은 것으로, 약 2.6 Mbyte 크기의 Shock absorber assembly이다. 총 12개의 부품들로 구성된 어셈블리 형태의 파일이다(Fig. 7 left-side). Fig. 6에서 [1, 2, 3, 7] 단계를 거쳤을 경우에는, 처리 시간은 약 3분 정도 소요되었고, 결과 파일의 크기는 약 2.3 Mbytes를 보여주고 있다(Fig. 7 right-side). 처음 입력 받은 파일 보다 크기가 줄어든 것은, NURBS 평면을 Analytic 평면으로 변환하는 작업과 불필요한 엔티티를 제거(clean-up)하는 기능이 수행되었기 때문이다. 추가적인 정리 프로세스(Fig. 6의 모든 단계)를 거치면, 약 13분의 처리 시간과, 4.7 Mbytes의 결과 파일을 만들었다. 현업에 적용할 수 있도록 프로그램의 안정성 확인을 위해, 총 18개의 샘플링 파일에 대한 테스트를 수행 하였다.

그러나, Pro/Engineer와 ACIS STEP husk에서 다음과 같은 문제점을 발견하였다. Pro/Engineer에서 만들어진 STEP AP214 파일을, STEP Tools 사(7)의 AP214 Checker를 통해 확인해 보면, 많은 부분에서, Attribute failure와 Invalid shape representation 오류를 발견할 수 있었다. 또한, 모델에서 Void-face의 오류가 검증되는 부분이 많이 발생되었고, 위상 정보와 기하 정보 사이의 불일치 되는 부분에 대한 오류가 발견되었다. 그리고, ACIS 커널에서는, manifold\_surface\_shape\_representation → shell\_based\_surface\_model →



Fig. 7. Experiments of STEP AP214 enhancement (Viewer: ST-Viewer).

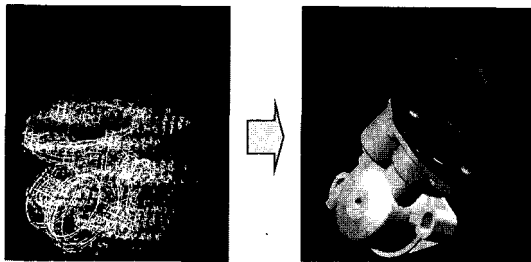


Fig. 8. Experiments of STEP AP214 enhancement (Viewer: CATIA v4.2, Courtesy of Hyundai Motors).

open\_shell→advanced\_face 형태의 STEP AP203 CC4의 꼭면 모델의 경우 치명적인 오류(core-dump)가 확인되었다. 이 경우, 개발된 수정 과정(healing process)을 통해, 문제를 해결하였다.

#### 4. 결 론

서로 다른 CAD 시스템 간에 데이터 교환을 위한 방법으로 STEP 활용은 지속적인 증가세를 보이고 있다. 그리고, 자동차 산업의 응용 프로토타입인 AP214는, 강력한 데이터 모델링 메커니즘을 제공할 뿐만 아니라, 제품 교환을 위한 product structure까지 포함하고 있다. 그러나, 실제 설계 업무에 있어서, STEP의 사용은, 다른 중립 포맷과 마찬가지로 설계자들에게 추가적인 작업을 요구하고 있다.

본 연구에서는, CATIA 설계자들이 Pro/Engineer에서 변환된 STEP AP214 파일을 읽어 들였을 경우에, 수반되는 문제점을 해결하는 프로그램을 개발하였다. 이를 위해, STEP AP214 구조와 ACIS 자료구조를 분

석 하였고, 효과적으로 CATIA에서 STEP 파일을 읽을 수 있는 방법을 찾아 보았다[Fig. 8].

그 동안 설계 부서에서는, STEP 데이터를 정리 작업으로 인해, 많은 시간을 소비하였고, 특히 데이터의 크기가 큰 모델인 경우에는, 설계자들이 실제 설계 작업에 많은 부담을 느끼고 있었다. 이러한 정리 작업이 제대로 이루어 지지 않을 경우, 후 공정에서, 재 사용 시 같은 작업을 반복적으로 수행 되어야 하는 어려움이 있었다.

이번에 개발된 STEP 데이터 정리 프로그램을 사용할 경우, 설계 작업의 효율성을 증대 시키고, 각각의 설계자에 의해 반복적으로 수행되던, STEP 데이터 정리 작업을 CAD server에서 background process를 통해 자동적으로 이루어지게 하였다. 이로 인해, 후 공정에서 일관성 있는 데이터 전달이 가능하게 되었다. 그리고, Pro/Engineer와 ACIS의 STEP 번역기 모듈에 대한 검토 작업이 이루어졌고, 번역하는 과정에서 발생된 오류를 찾아내어 Vendor측에 수정을 요구하였다.

본 연구에서, AP203과 AP214 파일 간의 변환을 위해, 형상 중심(AP42)의 부분적인 분석을 하고, 특정 산업용 CAD 시스템에서 변환된 STEP 파일의 오류 검증과 수정을 하였고, 이를 위해 자료 구조를 변경(handling)을 통해 현업의 문제점을 해결 하였다.

향후 AP214에 대한 정확한 분석을 통해 STEP AP214를 활용할 수 있는 번역기에 대한 연구가 필요하다.

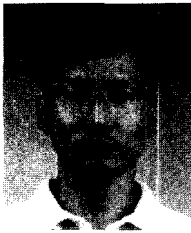
#### 감사의 글

본 연구는 현대자동차의 지원으로 한국과학기술원

에서 수행된 것으로, 관계자 여러분에게 감사를 드립니다.

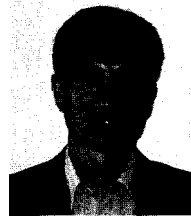
### 참고문헌

1. STEP on a Page, <http://www.mel.nist.gov/sc5/soap/>.
2. ISO Committee Draft 10303-214: Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 214: Application Protocol: Core data for automotive mechanical design process. ISO TC184/SC4 N577, 1997.
3. Mannisto, T., Peltonen, H., Martio, A. and Sulonen, R., "Modelling generic product structures in STEP", *Computer-Aided Design*, Vol. 30, No. 14, pp. 1111-1118, 1998.
4. Yeh, S.C. and You, C.F., "Implementation of STEP-based product data exchange and sharing", *Concurrent Engineering Research and Applications*, Vol. 8, No. 1, pp. 50-60, 2000.
5. 최무라, "유상봉, 제품 정보의 검색에 온톨로지 활용 방법", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제6권, 제4호, pp. 229-235, 2001.
6. 양정삼, 한순홍 외, "OpenCASCADE를 이용한 CAD 모델의 오류 진단 시스템의 개발", 자동차공학회 춘계학술대회, 2001년 5월.
7. Lee, K. and Kwon, B.W., "Efficient Modeling Method of Sheet Objects", *Proc. ASME Computers in Engineering Conference*, San Francisco, CA, Vol. 1, pp. 437-446, August 2-3, 1992.
8. STEP Tools, Inc, <http://www.steptools.com/>.
9. ISO 10303-203: Part 203: Configuration controlled design, ISO TC184/SC4, 1994.
10. Bhandarkar, M., Downie, B., Hardwick, M. and Nagi, R., "Migrating from IGES to STEP: one to one translation of IGES drawing to STEP drafting data", *Computers In Industry*, Vol. 41, pp. 261-277, 2000.
11. ACIS kernel v7.0 On-line Manual, <http://download.spatial.com/download>.
12. CATIA Users Forum, <http://www.dsweb.com/>.



### 양 정 삼

1991년 충남대학교 기계공학과 학사  
 1997년 한국과학기술원 기계공학과 석사  
 2000년-현재 한국과학기술원 기계공학과 박사과정  
 1994년~1996년 한국전력공사 일산복합화력  
 1997년~2000년 고동기술연구원(IAE)  
 관심분야: Product Data Quality, 형상모델링, 설계전문가시스템, STEP



### 한 순 홍

1977년 서울대 조선공학과 학사  
 1979년 서울대 조선공학과 석사  
 1985년 영국 Newcastle대 석사  
 1990년 미국 Michigan대 박사  
 1979년~1992년 해사기술연구소(현재 기계연구원)  
 1993년~1995년 한국과학기술원 자동화설계공학과  
 1996년~현재 한국과학기술원 기계공학과  
 관심분야: CAD모델표준(STEP), Intelligent CAD, 설계전문가시스템, 형상모델링 커널