

시간주도형 제품개발을 위한 STL 3-Dimensional Modeling  
Data 효율적 변환에 관한 연구

A Study on the Effect of the Conversion of the STL 3-Dimensional Modeling Data  
on Time-Driven Development

주 저자 : 이시창

신라대학교 IT디자인대학 산업디자인학과

Lee, si-chang

Dept. of Industrial Design, College of IT Design, Silla university

1. 서 론

2. 시간 주도형 제품 개발

- 2-1. 신제품 개발환경의 변화
- 2-2. 가속화된 제품 개발의 필요성
- 2-3. 시간 주도형 제품 개발 방법

3. 3D shape 데이터의 활용 방법

- 3-1. Wire-frame/Surface/Solid 모델
- 3-2. RP 시스템과의 연계
- 3-3. RP & CNC 시스템과의 데이터 호환

4. 산업디자인 3-Dimensional data 표준화

- 4-1. Nurbs Modeling의 분석
- 4-2. STL 포맷의 특성
- 4-3. Nurbs data의 STL 포맷 변환
- 4-4. STL 3D 데이터 표준화 가이드 라인

5. 결 론

참고문헌

(要約)

새로운 산업생산 환경의 변화에 대처하기 위한 노력과 혁신적인 제품 개발 프로세스의 도입을 위하여 가속화된 제품 개발의 필요성이 대두되고 있다. 이러한 변화에 발맞추어 디자인 분야 역시 결과물의 구성 요소와 효과들을 증대시키기 위한 노력들이 다각도로 진행되고 있다. 이에 본 연구에서는 컴퓨터응용산업 디자인(CAID)프로세스에서 엔지니어링 분야와 상호 연계 할 수 있는 3-Dimensional product shape data의 생성기술과 변환방법에 관하여 연구하였다. 연구 방법으로는 첫째, 가속화된 제품 개발 프로세스의 필요성 및 방법을 모색하고 둘째, 디자인과 엔지니어링 사이의 시각차 및 통합 프로세스를 조사하였다. 그리고 셋째, 가속화된 제품 개발 환경 속에서 시제품 혹은 제품디자인 결과물의 효과를 극대화시키기 위한 요소로서 넘스(Nurbs) 3D 모델링 데이터의 특징점을 파악하고 솔리드(Solid) 모델링 데이터를 비교 분석하며 마지막으로 넷째, 시제품 제작을 위한 쾌속조형(Rapid Prototyping) 시스템을 활용하기 위하여 데이터 변환(Data Converting) 과정에서 3D 모델링 데이터의 호환성을 높여 작업시간을 단축시킬 수 있는 STL 파일 포맷의 특징을 파악하여 실무적으로 활용

하기 적절한 3-Dimensional Modeling data 표준화 가이드 라인을 제시하였다. 이후 본 모델을 간단하게 검증함으로써 상호 신뢰할 수 있는 데이터 변환의 효율적 방안을 마련하였다.

(주제어)

동시공학, 컴퓨터 응용 산업디자인 프로세스, 3D 모델링, STL 데이터변환, 쾌속조형

(Abstract)

As a result of industry's efforts to respond to environmental changes and the introduction of innovative product development processes, the need for accelerated product development is on the rise. Attempts to keep pace with these changes in the field of design components and effects from various angles are underway. In this study, how computer applications, and the industrial design CAID process can be interconnected in the engineering field, and how three-dimensional products shape data in the creation of technology and how the conversion process works were investigated. The study methods, were as follows. First, the accelerated product development process, occurred. Second, ways to design and engineer the experience between the user and the integration process engineering, was investigated. Third, a survey, was conducted in an environment of accelerated product development, product design, or prototype, on the elements needs to maximize the effectiveness of NURBS 3D solid modeling to identify the characteristic features of the data solid compared with the data modeling. And finally, prototyping of the RP system to take advantage of the data conversion 3D modeling in the process of increasing the compatibility of the data occurred. Such a process is undertaken to reduce the amount of work by investigating the characteristics of the STL file format in practice to utilize the appropriate three-dimensional modeling data standardization guidelines presented in this study after simple cross-validation by reliable data on effective methods of conversion.

(Keyword)

Concurrent Engineering, CAID, 3D Modeling, STL Data Converting, Rapid Prototyping

## 1. 서론

급격하게 변화하는 생산 환경과 시장의 요구에 대응하기 위해서는 제품의 개발 기간을 단축하여 제품 경쟁력을 강화하는 것은 필수적이다. 이를 위하여 신제품개발 단계에서 효율을 높이는 것이 중요하고, 기존의 디자인, 기구설계, 시제품제작, 수정, 해석 및 테스트, 개선, 금형설계, 생산에 이르는 일련의 과정은 비용과 시간적 측면에서 한계가 있을 수밖에 없다. 이를 극복하기 위하여 가속화된 제품 개발의 연구가 진행되고, CAE(computer aided engineering)관련 기술의 비약적 발전으로 산업체에 빠른 속도로 전파되고 있는 시점에서 디자인 개발 분야에서도 적극 수용되어야 한다는 문제의식에서 본 연구는 시작되었다. 이에 제품의 기하학적 모델링을 위한 3차원 파라메트릭 캐드와 다양한 최적설계 기법을 활용하고, 즉시 시제품 가공이 가능한 CNC 혹은 RP의 작업에 동시에 진행 할 수 있는 3D 디자인 데이터를 표준화시켜 생성할 수 있는 방법을 연구하고 실무에 손쉽게 활용하고자 하였다. 이를 위해 먼저 제품디자인 관련 산업체에서 많이 사용되고 있는 3차원 파라메트릭 캐드 툴(Tools)인 Rhino와 Alias, Solidworks 그리고 시제품(Mock-up)제작 관련 산업체에서 CNC와 RP에 연계하여 많이 사용되고 있는 MasterCAM, Modelra 등의 툴을 위주로 제품디자이너들이 작업한 형상모델링을 시제품제작 작업에서 효과적으로 수행할 수 있도록 하는 표준화플랫폼을 구축한 후 최종 형상모델링 검증 및 해석 단계에서 최적화 할 수 있는 가이드라인을 제안하고 제품디자인 분야에 적용해 보도록 한다.

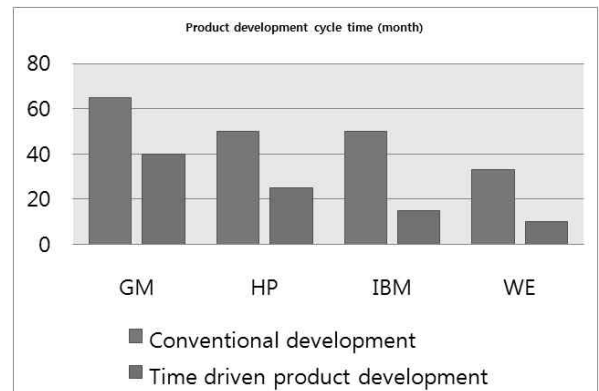
## 2. 시간 주도형 제품 개발

### 2.1. 신제품 개발환경의 변화

현재 우리 사회는 i 또는 e 로 시작되는 단어들의 홍수 속에 살고 있다. 이러한 변화를 대표적으로 표현하는 말이 지식 경제 또는 정보 기술 사회 그리고 서비스사회라고 할 수 있다. 이러한 상황은 제품이 주는 의미와 디자인, 제조 그리고 판매로 이어지는 제품 개발의 변화를 요구하게 되었다. 특히 최근 제품간, 기업간의 경쟁이 심화되면서 시간 주도형 제품 개발(Time-driven development)의 중요성이 강조되고 있다. 시간 주도형 제품개발 프로세스를 적용한 기업들은 계획 - 디자인 - 설계 - 생산에 이르는 개발 주기에서 50%나 그 이하로 시간을 줄일 수 있게 되었다.

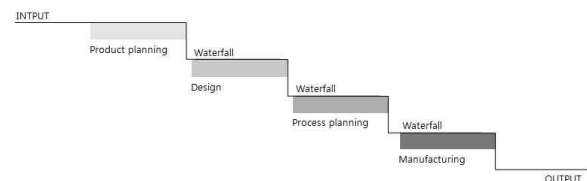
[그림1]에서 보여 주는 기업들이 시간 주도형 제품개발 프로세스를 적용한 좋은 예이다.

[그림 1] 시간주도형 제품 개발의 비교1)



경쟁이 심한 시장 환경에서 제품 개발을 위해서는 높은 질(High quality), 짧은 개발 시간(Short delivery time), 낮은 가격(Low cost) 이상의 요건들을 갖추어야 한다. 하지만 기존의 순차적으로 이루어지는 제품개발디자인프로세스는 위의 요건을 갖추기가 힘들다.

[그림 2] 폭포수이론(Waterfall Theory)



[그림2]처럼 이루어지는 일반적인 디자인 개발 프로세스를 폭포수이론(Waterfall Theory)이라고 한다. 이것은 프로젝트 단계별 출입문(gateway)이라 불리는 관문들을 거쳐야 하는데, 이때 다음 단계로 넘어가기 위해서는 각각의 단계를 완벽히 끝내야만 하는 것이다. 따라서 이런 단계들을 거칠 때 오류라던가 문제가 발생되면 다시 되돌아가서 문제를 해결해야 하기 때문에 프로젝트 전체적인 시간이 지연되고 또한 그 비용도 증가될 수밖에 없어진다.

이에 현재 신제품 개발환경은 점점 시간 주도형 제품개발과 가속화된 제품 개발(Accelerated Product Development) 프로세스로 변화하고 있다.

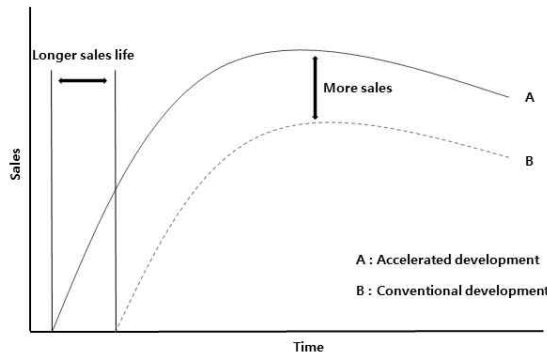
### 2.2. 가속화된 제품 개발의 필요성

전통적인 개발 프로세스와는 반대적인 개념인 시

1) Smith. P.G. (1991). Developing Products in Half the Time. Van Nostrand Reinhold 재구성

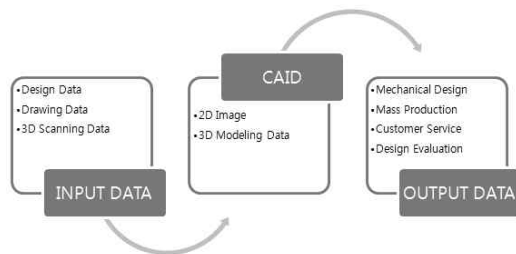
간 주도형 제품 개발은 많은 부분에서 기업에게 이익을 주고 있다.

[그림 3] 가속화된 제품개발의 이익<sup>2)</sup>



[그림3]의 A와 B, 판매 곡선 그래프에서 알 수 있다. A라는 제품이 B 제품 보다 먼저 시장에 소개되었기에 유사 제품이 나오기 이전 까지 판매가 된다. 그러므로 A가 더 긴 판매 수명을 가지고 있으며, 시장 선점 효과로 후발 제품에 비해 일반적으로 더 높은 판매율을 보이게 되는 것이다. 대표적으로 스마트폰에서 선발주자인 애플의 아이폰시리즈를 A, 삼성의 갤럭시시리즈를 B라고 할 수 있을 것이다. 물론 복잡한 시장 환경에서 이러한 공식이 적용되지 않고 후발 제품이 더 높은 판매 실적을 만들 수 는 있으나, 그러기 위해서는 다른 부분의 비용 지출을 감수해야 하고 이는 기업 경쟁력 약화로 이어지기도 한다.

[그림 4] CAID 디자인 정보의 활용<sup>3)</sup>



또한 [그림4]에서처럼 제품 개발 시간을 효율적으로 단축시키기 위해서는 효과적인 정보 공유 및 정보 전달을 통해서 동시적, 수평적으로 프로세스에 참여함으로써 제품 기획에서 생산, 폐기에 이르는 전과정에서 소요되는 시간을 최소화 시킬 수 있어야 한다. 이러한 제품 개발 방식을 실현하기 위한 제품개발과

정에서는 컴퓨터 통합기술력의 활용이 무엇보다도 중요한 요소가 되고 있다. 따라서 산업디자인 분야와 공학설계 분야의 통합적인 개발 프로세스는 컴퓨터 관련 기술의 발달로 급속히 확장되고 있으며 디자인, 설계, 제조, 생산을 위한 통합된 산업디자인 행위로서 서로의 정보들을 공유하며 전후단계의 효율적인 정보 교류를 통하여 제품의 품질향상 및 개발기간을 단축시킬 수 있기에 현대 산업디자인에서 필수적으로 도입되고 있다.

### 2.3. 시간 주도형 제품 개발 방법

시간 주도형 제품 개발은 그 최초의 결정권은 최고 경영자로부터 나와야 한다. 즉 모든 요구를 충족하고 만들어져 진행되는 그 결정들은 여러 가지 안으로 나와야 한다. 그것들은 경제적 수익성 분석과 디자인 계획 단계에서 계산된 시간 안배 그리고 제품 혁신에 관한 결정과 팀 구성 및 그 운용 프로젝트 매니지먼트와 사용 가능한 재원의 배치 등 이 모든 것들을 포함해야 한다. 이렇게 경영 부분에서 받쳐주는 부분 외에 가장 중요한 부분이 기술적인 측면이다. 시간 주도형 제품 개발에서 기술적 고려는 상당히 중요한 위치를 차지하고, 실제로 제품 개발을 구현하는 단계라 할 수 있다. 아래의 세 가지 단계가 디자인 및 엔지니어링 단계에서 구체적으로 논의되어야 할 부분이다. 첫째로 자원(Specification) 설정 및 전개, 둘째로 구조(Structure)의 확정 그리고 마지막으로 통합된 제품과 프로세스 디자인이다.

제품 자원은 제품 개발을 준비하는 시작 단계에서 자원 리스트를 작성하는 것이 가장 중요한 단계이며 디자이너와 엔지니어들에 의해 준비되어야 한다. 신제품 개발을 위해서 기능과 기능 구현을 위한 기술, 물리적 형태들을 한정되어야 하는 것이다.

제품 구조는 자원이 구축되어진 다음 제품의 기능 구조의 범위를 결정지어야 한다. 앞으로 개발 될 제품의 허용되는 크기(Size)와 그 복잡성과 각 부품들 간의 영역들을 구분하여 어떻게 모듈화(Modularity)를 통한 통합을 이룰 것인가 하는 것이다. 이렇게 제품 구조 기능의 영역 설정은 제품 모듈화를 가져오고 이 결정은 제품 개발 주기의 길이를 결정할 수 있게 되는 것이다.

마지막으로 통합된 제품과 프로세스 디자인은 동시 생산과 공정 설계를 의미하며 오늘날 소비자의 요구들을 모두 수용할 수 있는 기능을 모두 채우기 위해 제품이 복잡화 되어가면서 각각의 기능들의 문제를 해결할 수 있는 부서들로 이루어진 복잡한 조직체

2) John M Usher. (1998). Integrated Product and Process Development. Wiley & Sons Inc.  
 3) 황구영. (1997). 동시공학적 측면에서의 CAID-최적의 개발 환경을 위한 CAID프로세스. CAD&그래픽스. p120. 재구성

를 구성하게 되는데 대부분의 회사들이 이런 부서간의 커뮤니케이션 단절로 인하여 여러 문제가 발생하는 것이다.

[표 1] 부서별 제품을 보는 시각

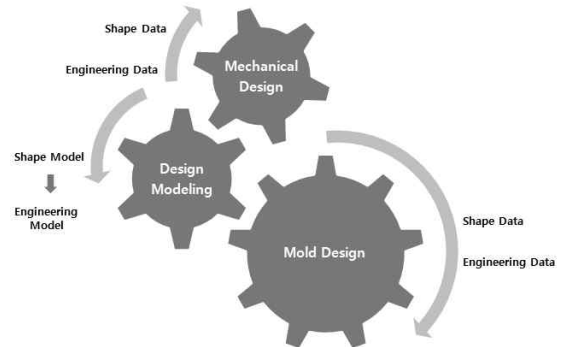
부서	제품을 보는 시각
마케팅	어떻게 하면 경쟁 업체보다 더 나은 제품의 특징을 구현하여 세일즈 포인트를 찾을 수 있을까?
디자인	어떻게 하면 흥미로운 제품의 형태를 만들기 위하여 신기술을 적용하고 소비자의 니즈를 반영할 것인가?
생산	어떻게 하면 좀 더 견고한 생산 라인을 위한 조정하기 쉬운 생산 공정을 설계하고 에프트 서비스를 쉽게 할 것인가?

[표1]에서처럼 부서간의 시각적 대립이나 갈등이 제품 개발 프로세스의 가장 큰 장애가 되는 것이다. 예를 들어, 생산부서는 생산 라인에 드는 비용과 노력을 줄이기 위해서 제품 개발에서 이전 모델과의 변화를 기피한다. 그러나 디자인에서는 새로운 제품 개발을 위해서는 생산 라인의 변화가 불가피한 것이다. 현재 여러 기업들은 디자인과 제조 프로세스 간의 협력 방안을 구체화시키기 위하여 노력하고 있다. 그들은 이러한 활동을 통하여 품질과 비용 문제뿐만 아니라 좀 더 빨리 시장에 제품을 출시 선점하려는 문제 또한 귀를 기울이고 있는 것이다. 그러기 위해서 위에서 언급한 문제를 해결하기 위하여 새로운 프로세스를 적용하고 서로 다른 부서들의 업무를 겹쳐 수행함으로써 제품 개발 주기를 짧게 하고 부서 상호간의 의사 전달을 원활히 하는데 중점을 두고 있는 것이며 궁극적으로는 좋은 품질과 상대적으로 낮은 가격의 제품 개발을 위해서 계속적으로 개발 프로세스를 연구 적용하는 것이다. 특히나 직접 제품 개발에 관련된 디자인과 엔지니어링 부서간의 프로세스는 중요하며 CAID프로세스를 통합하는 중요하다.

현재 제품개발에 있어 3D 디자인 형상의 과정을 보면, 제품디자인에서는 아이디어를 구체적인 형상으로 표현하는데 있어서 CAID시스템을 이용 최초 3D 형상 데이터를 생성하고, 기구설계 단계에서는 제품의 내부 구조를 형성하고 부품의 위치 및 기구 분석을 위해서 CAD시스템에서 3D형상을 재생성하고 있다. 또한 금형설계분야에서는 절삭된 금형을 위하여 CAM시스템에서 3D형상을 재생성하고 있다. 이러한 일련의 과정에 있어서의 문제점은 각 단계에서 3D 형상 데이터를 각 분야의 특성에 따라 재차 생성해야 한다는 것이다. 동시 공학적 CAID프로세스의 핵심은 3D 모델링 생성단계이다. 따라서 통합적 CAID프로

세스에서는 렌더링, 도면, 목업을 하나의 과정으로 통합화하는 것을 말한다.

[그림 5] 통합적 CAID 프로세스 모델4)



[그림5]에서 보면 디자인 실체화 단계에서의 디자인 모델링 작업은 자유롭게 표현할 수 있는 컴퓨터 툴의 지원을 통하여 모델링하고 기구설계 및 금형설계 과정과의 통합화를 위한 데이터 연결 작업이 동시에 이루어지게 된다. 따라서 디자인모델링, 기구설계, 금형설계 단계의 3D 모델링 데이터의 통합화를 위해서는 제품디자인 단계에서 3D 디자인 형상 데이터를 생성함에 있어 기구 및 금형설계 등의 단계에서 검증될 수 있는 제품 형상정보가 생성되어야 한다. 또한 이들 제품형상 정보를 후속 단계에 정확하게 전달할 수 있는 표준화와 응용 소프트웨어 간 상호 연결이 이루어질 수 있는 3D 형상 데이터의 통합화가 이루어져야 한다.

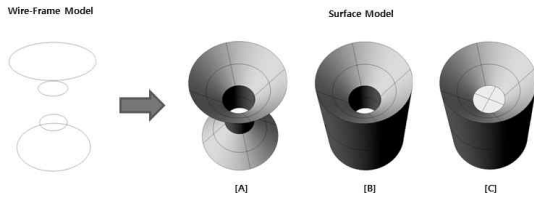
### 3. 3D shape 데이터의 활용 방법

#### 3.1. Wire-Frame/Surface/Solid 모델

대상물의 3차원 좌표와 그 좌표를 연결하는 선(wire)의 관계만으로 형상을 나타내는 것, 이것은 마치 철사를 이어서 만든 뼈대처럼 보이므로 와이어 프레임(Wire-Frame)이라 한다.5) 와이어프레임 모델은 구조가 간단하여 물체를 표시하는데 시간이 적게 걸리는 장점이 있으나 선을 입체로 복원할 때 오류가 발생할 수 있다는 단점이 있다.

[그림 6] 와이어프레임(wire-frame) 모델의 불확실성

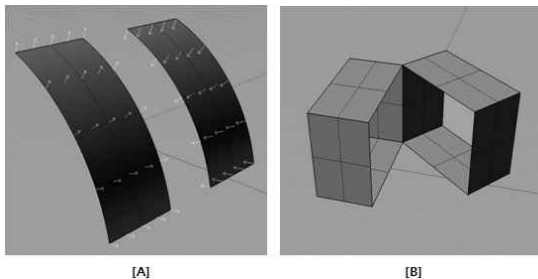
4) Mark A. (2005). Evans. Rapid prototyping and industrial design practice. Emerald Group Publishing Limited. p.157 재구성  
5) 조영제. (2007). 디자인사전. 안그래픽스. p300.



[그림6]은 하나의 원기둥 형태를 와이어 프레임 모델로 표현한 것이다. 하나의 와이어 프레임 모델로 [A], [B], [C] 세 가지의 입체를 모두 표현할 수 있다. 즉 [그림8]의 와이어 프레임 모델로는 작업자가 의도하는 입체형상을 정확히 표현할 수가 없는 것이다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 서페이스(surface) 모델이 등장했다. 서페이스 모델은 선(wire)과 면(surface)의 정보를 모두 가지고 있으므로 와이어프레임 모델에서 발생할 수 있는 [그림6]과 같은 오류를 방지할 수 있는 것이다. 또한 서페이스 모델링은 외관뿐이지만 면의 정보를 가지고 CNC 프로그램의 작성도 기대할 수 있다. 그리고 간섭 체크 등 여러 오류를 미리 발견할 수 있는 장점도 있다. 하지만 서페이스 모델에서도 몇 가지 단점이 존재한다. 첫째로 [그림7]의 [A]처럼 정의한 면의 어느 쪽에 실체가 존재하는 명확히 알 수 없다는 것과 두 번째로 [B]처럼 내부에 실체가 존재하고 있는 입체인지, 그렇지 않은 비어있는 입체인지 파악할 수가 없다는 것이다. 세 번째로 동시공학적용을 위하여 시제품 제작을 위하여 CNC나 RP로 데이터 전송 시 외관형상만 작업 가능하다는 점이다. 일반적으로 워킹목업(Working mock-up)의 경우 내부 형상이 모델링 되어야 하는데 서페이스 모델링에서는 내부 형상을 다시 재생성 해줘야 하는 즉, 셸(Shell)작업이 힘들다는 단점이 존재하는 것이다.

[그림 7] 서페이스(surface) 모델의 불확실성



이러한 와이어프레임과 서페이스의 모델의 단점을 모두 감안한 것이 솔리드 모델이다. 즉, 솔리드 모델은 입체의 형상을 완전하게 나타내는 것으로 서페이스 모델이 외형 위주의 '면들의 집합'이라고 한다면 솔리드 모델은 속이 다 채워진 '덩어리'의 개념이라고

할 수 있는 것이다. 또한 [표1]에서 언급한 대부분의 설계 엔지니어링 툴(Design Engineering Tool)들이 솔리드모델링 방식을 채택하고 있다.

[표 2] 각 모델링 데이터의 요소별 구분

	Wire-Frame Model	Surface Model	Solid Model
Shape	O	O	O
Surface	X	O	O
Direction	X	X	O
Curve	O	O	O
Point	O	O	O

또한 [표2]에서처럼 3D 형상(Shape)을 요소별로 구분하여 보면 점(point), 선(curve), 면방향(direction), 면(surface), 형태(shape)의 5가지 모든 요소를 다 갖추고 있는 솔리드 모델이 동시공학에 적용하기에는 가장 적합한 방식이라고 할 수 있다.

### 3.2. RP 시스템과의 연계

쾌속조형 및 제작(RPM, Rapid Prototyping and Manufacturing)은 CAD/CAM이 결합된 가공기술로서 3D CAD데이터를 얇은 두께로 절단해 2차원 단면 형상을 얻은 후 각 단면들을 적층, 원하는 형상을 제작하는 방식이다.<sup>6)</sup> 여기서 쾌속조형(RP)이란 3D CAD데이터를 이용하여 적층(Layer by Layer) 방식에 의해 고속으로 시제품을 제작하는 기술의 총칭이다. RP는 빠른 제작시간과 편리함이 있지만 최종 마감면이 거친 것과 얇은 보강대, 작은 슬롯 또는 구멍같은 부분은 가공이 난해한 점도 있다.

[표 3] RP 시스템의 활용 상황<sup>7)</sup>

Product Name	Title	Company
Stereolithography	STL	3D-System
Solid Ground Curing	SLC	Cubital
Lasersintern	SLS	EOS DTM
Fused Desposition	FDM	Stratasys
Multiphase Jet Solidification	MJS	ITP
Multi Jet Modeling	LMJM	3D-System
Layer Object Manufacturing	LOM	Helisys
Paper Laminated Technology	PLT	Kira

6) 류승용. (2006). 디자인 재료/Mock-up제작기법. 국제. p61.  
7) Ibid., p63. 재구성

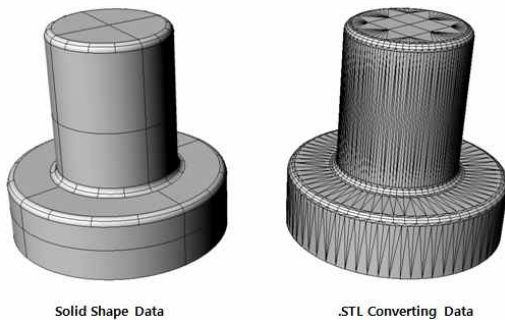
[표3]은 현재 우리나라 및 전 세계적으로 판매, 활용되고 있는 주요 RP장비들의 목록이다.

[그림 8] RP 시스템과의 정보 흐름 분석



일반적으로 CAID와 RP 시스템과의 연계는 데이터 변환에서부터 시작된다. [그림8]에서처럼 디자인 과정에서 작업된 3D 형상 데이터를 자동 프로그래밍하기 위해서는 솔리드 또는 서페이스 모델을 최초로 Stereolithography 시스템을 상용화한 3D-System사의 STL 파일 포맷으로 전환하는 것이다.

[그림 9] Solid & STL Data 비교



[그림9]처럼 STL파일 포맷은 작은 삼각형(tiny triangle)들로 모델의 면들을 접근시켜 나가는 것이다. 솔리드나 서페이스 모델들이 많은 삼각형으로 변환되므로 일반적으로 STL 파일 포맷은 데이터량이 매우 커지게 된다. 또한 강제적으로 삼각형의 면으로 변경시키기 때문에 많은 문제점들이 발생한다. 이러한 문제점들을 최소화하고자 하는 표준화 가이드라인을 제시하는 것이 본 연구의 요지인 것이다.

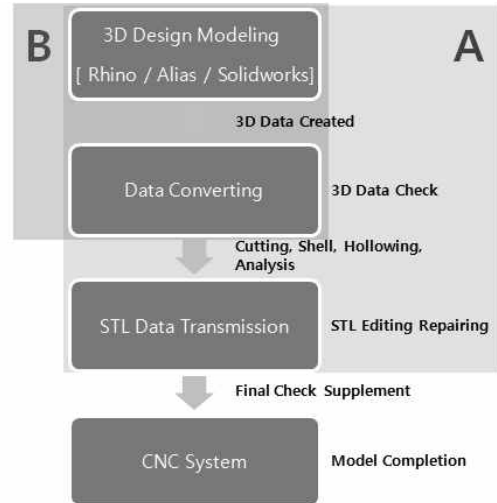
물론 다른 파일 포맷을 활용할 수도 있겠지만 1990년대 이후로 많은 수의 CAD/CAM 시스템 개발자들은 RP 시스템과 STL 파일 포맷으로 통합하고 있다.<sup>8)</sup>

### 3.3. RP & CNC 시스템과의 데이터 호환

일반적으로 디자인전문회사 혹은 디자인부서에서 디자인 개발 작업 후 목업 전문회사 또는 자체 보유한 RP & CNC System으로 시제품 제작을 위한 데이터를 전송할 때는 [그림10]과 같은 과정을 거치게 된다. 이러한 과정에서 동시공학 개념에서는 디자이너

가 설계에 대한 개념을 가지고 모델링을 수행하여 A 영역 전체를 담당해야 하나 현재의 대부분의 디자인 작업에서는 디자이너가 B영역만을 담당하고 있다.

[그림 10] RP & CNC 시스템 데이터 로드맵



이에 STL 데이터 변환과정에서 불가피하게 디자인이 변형되면 디자이너의 재검토를 받아야 하는 시간적 낭비가 이루어지게 되고, 또는 디자이너의 의도와는 달라진 시제품 결과물을 얻을 수도 있다. 또한 기초 모델링을 작업한 디자이너가 아니라 완성된 디자인 모델링을 받아서 추가 작업을 하는 목업전문회사의 엔지니어는 커팅(Cutting), 셸링(Shelling), 할로잉(Hollowing), 분석(Analysis) 작업을 하는데 기초 모델링 분석부터 해야 하기에 많은 작업 시간이 요구된다. 또한 기초 디자인 모델링이 솔리드모델이 아닌 타입의 경우 더욱더 많은 시간이 소요된다. 이에 동시공학을 적용한 시간 주도형 제품개발 프로세스를 적용하기 위해서 솔리드모델 타입의 커팅, 셸링, 할로잉, 분석작업이 완료된 모델링 데이터를 전송하여 주는 것이 좋다고 할 수 있다.

## 4. 산업디자인 3-Dimensional data 표준화

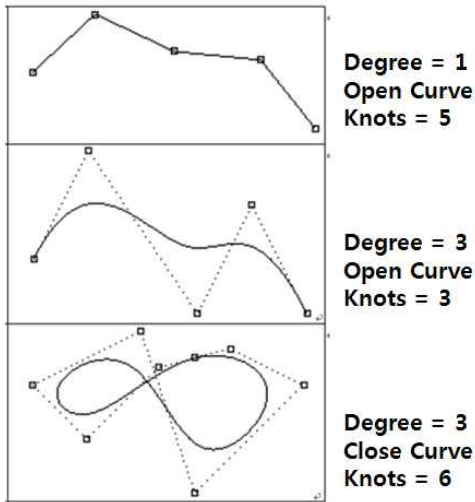
### 4.1. Nurbs Modeling의 분석

넵스(Nurbs)는 Non-Uniform Rational B-Spline의 약자이다. 여기서 Non-Uniform은 커브의 파라미터화를 뜻하고, Non-Uniform 커브는 베지어(Bezier) 커브를 표현하기 위한 Multi-knot를 허용한다는 의미이다. 또한 Rational이란 근본을 이루는 수학적 표현을 뜻하고 B-Spline이란 파라메트릭 표현을 가진 구분적 다항식 커브를 뜻한다.<sup>9)</sup> 다시한 번 풀어서 얘기한다면 넵스는 수학적으로 매우 완성도가 높은 곡선과 곡

8) 김상윤. (2005). 제품디자인 프로세스의 디지털화에 따른 CNC와 RP기기의 활용 방안에 관한 연구. 국민대학교. p.79.

면의 표현 방식이다. 하나의 넘스곡선을 표현하기 위해서는 4가지의 요소가 필요하다. 이 4가지의 요소는 차수(degree), 컨트롤 포인트(Control points), 매듭(knots), 치수(Dimension)이다.<sup>10)</sup>

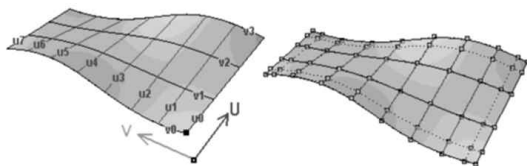
[그림 11] 넘스 커브(NURBS Curve)



[그림11]에서 처럼 차수는 1차 함수, 2차 함수처럼 방정식의 차수를 얘기한다. 즉, degree=1은 1차 함수의 커브를 말하는 것으로 직선이 된다. 즉, degree=1은 직선, degree=2는 원, 타원, 포물선, 호 등이고, degree=3이상이 자유곡선을 의미한다. 일반적으로 차수는 1-11까지 설정이 가능하지만 수치가 높을수록 컨트롤 포인트가 늘어나서 편집 및 제어가 힘들어지므로 일반적으로 차수는 5이하로 설정하는 것이 좋다. 컨트롤 포인트는 커브를 편집할 수 있는 조절점을 의미하고, 매듭은 일반적으로 점으로 볼 수 있지만 사용자의 임의로 설정할 수 있는 점이 아니라  $Knots = CP의\ 개수 - Degree + 1$ 의 공식에 의해 생성이 되는 것이다.

이러한 넘스 공식에 의하여 만들어진 커브를 이용하여 U, V 방향으로 배치하여 면을 생성하는 것이 [그림 12]의 넘스 서페이스이고 모델링이다.

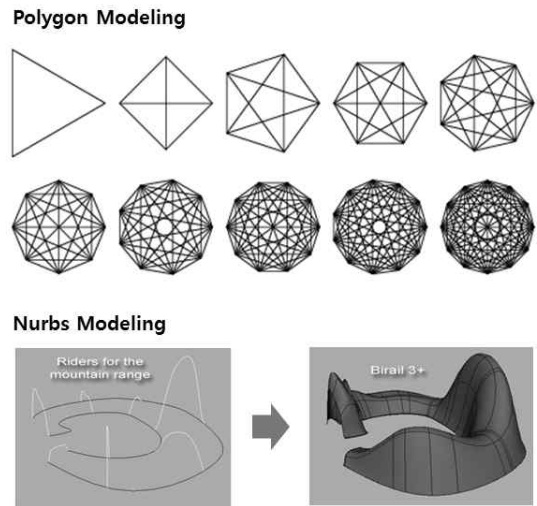
[그림 12] 넘스 서페이스(NURBS Surface)



9) Pat Anderson. (2004). Alias StudioTools Official Guide. 영진닷컴. p46  
10) 2011.12.18. <http://en.wikipedia.org/wiki/NURBS>

[그림13]처럼 폴리곤모델링과 넘스모델링 역시 명백한 차이를 보인다.

[그림 13] 폴리곤(Polygon) & 넘스(Nurbs) 모델 비교



폴리곤모델링은 STL파일의 구성요소와 같이 하나의 형상을 삼각형의 폴리곤조합을 이용한다. 때문에 폴리곤방식의 모델링에서 곡면 표현을 정밀하게 하고자 할수록 필요한 폴리곤의 수는 기하급수적으로 증가하게 된다. 거기에 반하여 넘스모델링의 경우 사각형의 면을 사용하며, 패싯(Facet)<sup>11)</sup>이 존재하지 않는 것이다. 모든 형태를 각각의 면을 휘거나 접거나 비틀어 접합하는 방식의 모델링 방식이기에 곡면 표현에 적합하여 제품디자인처럼 곡면설계가 중요한 프로그램에서 강점을 발휘하는 것이다.

이처럼 폴리곤모델링과 넘스모델링의 특성과 모델링 이론을 연구해야 하는 이유는 [표1]에서 언급한 디자인 모델링 틀에서 3DS-MAX만 STL 포맷과 유사한 폴리곤모델링 방식을 사용하고, 나머지 Rhino, Alias, Maya 등은 모두 서페이스 모델인 넘스 모델링 방식을 채용하고 있기 때문이다. 하지만 폴리곤모델링 방식을 사용하는 3DS-MAX의 경우 폴리곤모델링의 특성 상 치수(Dimension)를 삽입하여 모델링 할 수가 없어 모델링 이후 렌더링(Rendering) 작업만이 이루어지고 대부분의 CAID프로세스에서는 정확한 치수삽입과 자유로운 곡면표현이 가능한 넘스모델링 방식의 Rhino나 Alias 소프트웨어를 많이 활용하기 때문이다.

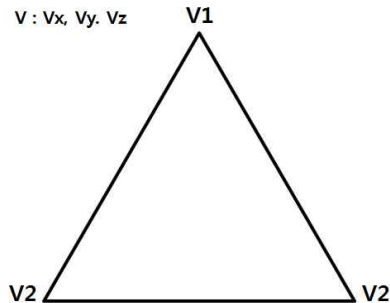
## 4.2. STL 포맷의 특징

11) 특정 상황에 관한 정보를 채우기 위한 프레임 표기법의 한 요소. 즉 d차원 다면체의 경계를 이루는 (d-1) 차원 면을 말한다.



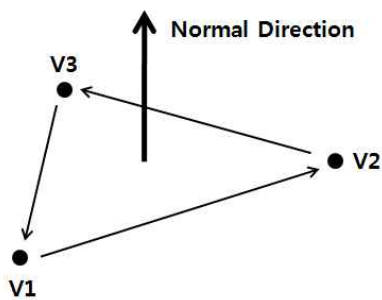
RP 시스템용 자료교환의 표준인 STL파일은 아스키(ASCII)와 바이너리(binary) 2가지 형식으로 구성되어 있다. 일반적인 3D 데이터에서는 3D형상을 구성하는 최소 단위가 삼각형이거나 사각형이며 이것을 메쉬(mesh)라고 부른다. 하지만 STL 3D 데이터에서는 형상을 구성하는 최소 단위가 항상 삼각형이며 이를 패싯이라 한다.<sup>12)</sup> [그림14]는 패싯의 구조를 보여주고 있다.

[그림 14] 패싯(Facet)의 구조



STL은 [그림9]처럼 3D 형상을 구성하는 수많은 패싯들로 구성되어 각 패싯에 대한 정보를 가지고 있다. 패싯은 세 정점과 삼각형을 이루는 면의 법선 벡터로 구성되어 있다. 오류가 없는 STL포맷을 형성하기 위해서는 물체를 구성하는 패싯들이 [그림15]처럼 오른손법칙과 Vertex-to-Vertex 규칙을 만족시켜야 한다. 즉, STL 데이터에서는 법선방향이 항상 외부(바깥)쪽을 향해야 한다.

[그림 15] 패싯(Facet)의 오른손 법칙<sup>13)</sup>



이런 이유로 3D 디자인 모델링 데이터의 서페이스를 STL 데이터로 변환하는 과정에서 가끔 오류가 발생한다. 서페이스를 이루는 면(Face)들의 곡면법선 벡터가 동일한 방향성을 가지고 있지 않을 경우가 생기기 때문이다. 이를 해결하기 위하여 서페이스를 이

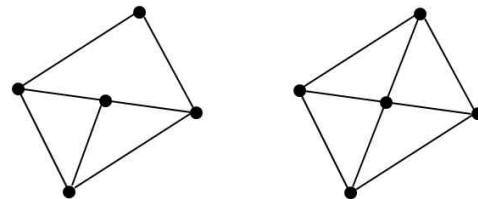
12) 안덕상, (2003). 폐속가공시스템을 위한 STL 뷰어/슬라이서 및 경사절단 알고리즘 설계 및 구현. 순천대학교. p24

13) 신명철. op.cit., p229.

루는 면들의 법선 벡터를 기준 면에 맞추어 정렬시켜 주어야 한다.

STL정보는 삼각형의 정점좌표(Vertex)와 패싯을 이루는 법선벡터(Facet Normal)로 구성되며, [그림18]과 같이 하나의 패싯은 Vertex-to-Vertex 규칙에 맞추어 모든 패싯의 정점은 반드시 이웃한 패싯의 정점과 만나서 연결되어야 한다. [그림16]에서 왼쪽의 이미지는 모든 정점이 연결되지 않아 오류가 발생한 예이며, 오른쪽 이미지는 완전하게 구성된 STL 구조이다.

[그림 16] Vertex-to-Vertex 규칙 예

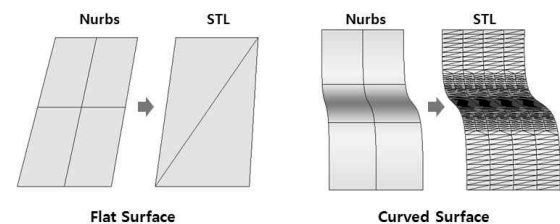


그러므로 정확한 형상 모델링을 위한 서페이스 생성은 방향과 정점의 개수 및 연결이 중요한 역할을 한다 할 수 있다. 이에 CAID 작업 후, 최종 디자인 서페이스 모델을 CNC나 RP작업에 적합한 STL 포맷의 솔리드모델로 변경할 때 주의를 기울여야 하는 것이다.

### 4.3. Nurbs data의 STL Format 변환

STL 파일은 면 분할된(Tessellated) 파일로서 일반적으로 모델링된 넘스 서페이스를 패싯으로 변환시켜야 한다. 이렇게 패싯으로 폴리곤화 된 데이터베이스의 해상도는 원본 넘스서페이스의 컨트롤 포인트와 매듭의 개수에 따른 면분할(Subdivision)<sup>14)</sup> 특성에 의해 정의된다.

[그림 17] 평면과 곡면의 STL 변환

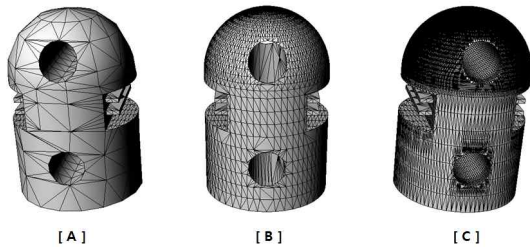


[그림17]의 예처럼 넘스에서 하나의 평면 사각형

14) Subdivision이란 폴리곤 모델링방식 중에 가장 진보한 방식으로 계층적 모델링 방식이다. 전체 오브젝트의 해상도를 균일하게 증가시키는 것이 아니라 모델에서 특정 부분의 메쉬 해상도를 증가시킬 수 있어 필요한 부분의 디테일만을 증가시켜 모델링 작업의 효율성을 극대화 할 수 있는 방식이다.

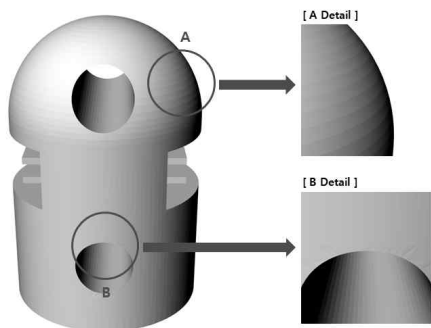
은 일반적으로 2개의 패킷으로 나누어지지만 곡선 및 곡면으로 이루어진 면들을 더 많은 패킷 구조가 필요하게 된다. 또한 구멍이 뚫려있거나 얇은 보강대를 가진 제품의 경우 특정 부분만의 해상도를 증가시킬 수 있는 면분할의 특징으로 인하여 더욱 많은 패킷을 요구하게 된다.

[그림 18] 패킷 구조에 따른 STL 변환의 예



[그림18]의 [A]는 부족한 패킷으로 인한 거친 표면구조이며 [C]는 너무 많은 수의 패킷으로 인한 매우 세밀한 표면구조라 할 수 있다. [C]처럼 너무 많은 수의 패킷은 [그림19]처럼 오히려 형상표면에 각이 생성되거나 홀(hole) 가장자리가 깨어지는 현상이 발생할 가능성이 매우 높고 또한 STL파일의 용량이 매우 커지기 때문에 부피가 많고 복잡한 제품의 경우 Design Engineering Tool에서의 작업 곤란할 수도 있다.

[그림 19] 초과 패킷 구조의 문제점



따라서 균일한 크기의 패킷과 좋은 표면구조를 가진 [그림18]의 [B]가 Nurbs -> STL 변환의 가장 좋은 예라 할 수 있다. 이처럼 모든 디자인 모델링 데이터에서 똑같은 패킷 구조를 적용시키는 것이 아니라 제품디자인 형상에 따라 적절한 패킷으로 변환을 시켜줘야 시제품제작 작업에서 활용할 적절한 표면 구조와 적당한 파일 용량으로 변환이 가능한 것이다.

#### 4.4. 3D 데이터 표준화 가이드 라인

STL파일을 이용한 최종적인 조형용 정보인 빌드(Build) 데이터를 생성시키기 위해서는 다음 6가지 포인트를 체크해야 할 필요가 있다.

첫째로 녁스모델링 단계에서 디자인모델링 작업시 정확한 치수로 모델링되어야 한다는 것이다. 폴리곤모델은 특성상 치수가 포함될 수가 없고 추후 치수의 측정도 불가능하기 때문에 추가적으로 변경이 필요없는 제품의 1:1 크기(scale)의 정확한 치수로 모델링작업을 진행 하는 것이 중요하다.

둘째로 가능한 솔리드타입으로 모델링 하여야 한다. 특히 셸링(Shelling)이 생성되어 있는 솔리드 볼륨(Solid Volume)으로 모델링 하는 것이 디자인 모델링에서는 STL 변환을 위한 최상의 상태인 것이다.

셋째로 디자인 모델링 작업시 솔리드볼륨으로 모델링하였다도 STL파일 변환 전 패킷을 차례로 불러들여 패킷끼리 완전하게 인접해 있는지를 확인하고 솔리드인지를 반드시 모델링 상에서 테스트해야 한다.<sup>15)</sup> 이러한 솔리드 테스트는 소프트웨어마다 명령어가 다르지만, 대표적으로 Rhino에서는 'Naked Edge'명령으로 확인이 가능하고 Alias에서는 'Solid Check'명령으로 확인이 가능하다. 이러한 면분할식 체크는 패킷 간의 빈틈이 없는 솔리드 모델인지, 토폴로지(Topology)<sup>16)</sup>상태로 오류를 나타내는 갭(gap)<sup>17)</sup>을 포함하는지 여부를 찾아준다. 이러한 갭은 일반적으로 붉은색 또는 흰색으로 표시되어져 사용자가 모델을 수정하여야 한다.

넷째로 Tessellation Stitch tolerances를 고려해야 한다. Tessellation Stitch tolerances는 허용오차(Tolerance)를 나타내며 이 오차값으로 패킷의 모서리(edge)가 일치할 정도로 충분히 가까워 솔리드 볼륨에 대한 요건을 충족하는지를 결정하게 된다. 일반적으로 0.1mm의 수치가 설정되지만 정밀한 부품이거나 정확한 작동을 원하는 시제품의 제작의 경우 0.01mm로 수정할 수 있다.

다섯째로 Tessellation tolerances의 설정을 고려해야 한다. Tessellation tolerances 설정은 원본 모델링의 셸과 STL 파일로 변환되어 면분할 된 두께간의 최대 차를 의미하는 것이다. 허용오차의 값이 적을수록 패킷의 수는 많아지게 되고, Tessellation tolerances는 솔리드 이미징(Solid Imaging) 기술에 의해 제작되는 물리적인 모델의 결과물에 반영된다는

15) Martin D. (2005). Converting CAD Files to STL. Stratasys.  
 16) 위상기하학을 말한다. 도형이나 공간이 가진 여러 가지 성질 가운데 특히 연속적으로 도형을 변형하더라도 변하지 않는 성질을 연구하는 기하학이다.  
 17) 패킷(Facet)간의 STL파일 변환 작업 시 설정한 유효값 이상의 간격

것을 중요하게 고려해야 한다. 초기 설정값은 일반적으로 1cm이다.

여섯째로 Merge Vertices Tolerance 값을 고려해야 한다. Merge Vertices Tolerance의 설정은 패시의 정점(vertex)을 합병(merge)할 때 정점간의 허용오차 및 두 정점을 하나로 결합하게 될 최대 거리의 설정을 의미한다. 일반적으로 초기 설정값은 0.001mm이지만 0.001mm로 설정해 둘 경우 정밀하지 않은 모델링의 경우 계속적인 패시 갭 오류가 나타날 수 있다. 또한 0.1mm정도로 큰 설정값으로 작업을 진행하면 정밀한 부품 이거나 사이즈가 작고 복잡한 제품일 경우 의도하지 않은 정점이 합병되어버려 디자인 모델링이 디자이너의 의도와는 무관하게 변형되는 경우가 많으므로 0.01mm이하로 수정하여야 STL변환 후 시제품과 제품 모델링의 형태가 달라지는 오류를 막을 수 있다.

향후 녀스를 활용한 디자인 모델링 툴을 활용하여 모델링 작업 후 RP 시스템 혹은 목업 전문회사에 최종 빌드 데이터를 이관하기 전 STL포맷의 3D 모델링 데이터 변환 시 이상의 여섯 가지 체크포인트를 확인 하고 오류 발생 시 디자인 모델링 수정 후 데이터를 이관한다면 엔지니어의 리모델링이나 디자인 수정으로 인한 디자이너와 엔지니어의 자료교환으로 발생하는 시간적, 금전적 손해를 최소화 할 수 있을 것이다.

[표 4] STL File Format의 표준화 가이드라인

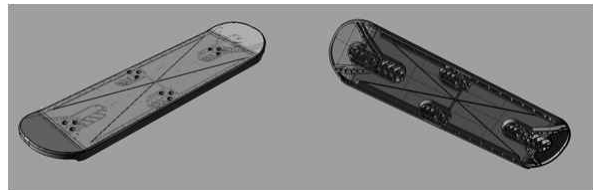
항목	기준	적용기준
I Transmission System & Software	RP / CNC	SYSTEM NAME
		SOFTWARE
II Converting File Format	stl / igs / stp / x_t	
III Real size Modeling	1:1 unit : mm	( : ) unit :
IV Solid Volume	Yes / No	
V Solid Check Test	Naked Edge	TEST CHECK
	Solid Check	PROBLEM MODIFY
VI Tessellation Stitch Tolerances	0.001 ~ 10 Default:0.1	mm
VII Tessellation Tolerances	0.01 ~ 1 Default:1.0	cm
VIII Merge Vertices	0.0001 ~ 10	mm

	Tolerance	Default:0.001
IX	Final File Converting	FILE NAME

이에 본 연구에서는 상기의 연구결과를 바탕으로 [표4]의 STL 3D 모델링 데이터의 표준화를 위한 가이드라인을 최종적으로 설정하고 이를 제안한다.

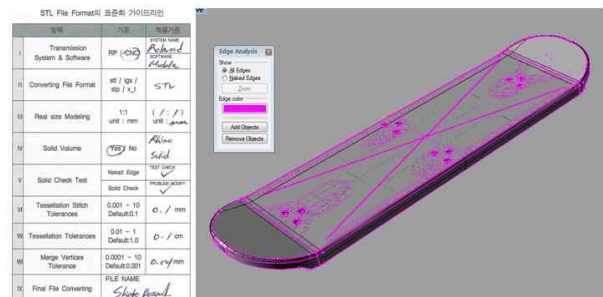
[표4]의 가이드라인은 최종 데이터변환 과정에서 활용할 수 있으며 '기준' 항목을 중심으로 데이터변환을 유도하여 STL데이터의 표준화를 이루는데 그 목적이 있다. '적용기준'은 작업자가 직접 현재 작업 과정을 체크하고 직접 기록하여 보다 정확한 데이터변환이 이루어질 수 있도록 유도하고 추후 문제점 발생 시 오류를 쉽게 찾아낼 수 있도록 가이드라인 항목을 구성하였다. [표4]의 가이드라인을 최종 검증하기 위하여 양산까지 진행되었던 [그림20]의 스케이트보드 실무 3D데이터 녀스 모델링 파일을 검증데이터로 활용하고 모델링 프로그램으로 라이노(Rhino 3D)를 NC프로그램으로 롤랜드(Roland)사의 Virtual Modela 프로그램을 활용하였다.

[그림 20] 데이터검증용 모델링 데이터



[그림21]은 [표4]의 가이드라인에 따라 라이노프로그램에서 Naked Edge 체크 모습과 실제 본 연구결과물 가이드라인의 활용 이미지이다.

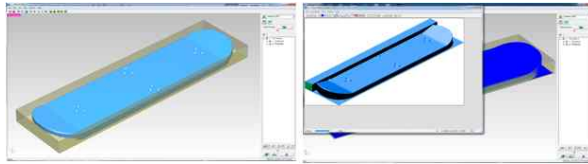
[그림 21] STL File Format 표준화 가이드라인의 활용



[표4]의 표준화 가이드라인의 순서에 따라 체크하고 설정한 후, 테스트 모델링 파일을 확장자 STL 파일 포맷으로 변환하고, 롤랜드사의 Modela라는 NC 프로그램으로 불러들여 간단한 NC 가공 설정을 한

다음 NC가공 시뮬레이션인 Virtual Modela로 시뮬레이션 테스트결과 이상 없음을 [그림22]에서 확인할 수 있다.

[그림 22] STL File Format 표준화 가이드라인의 검증



검증 사례를 단계별로 본 연구 지면에 수록하면 좋으나 지면의 한계로 중간 한 단계와 최종 결과만으로 본 표준화 가이드라인의 정당성을 검증한다.

## 5. 결론

과거의 순차적인 단계구조의 제품개발프로세스에서 CAID프로세스의 등장으로 새로운 디자인 환경이 만들어졌으며 현재는 기존의 CAID에서 더 나아가 CAID/CAD/CAM/CAE 등의 연계를 통한 빠른 속도의 동시 병렬적 구조로 전환되고 있다. 제품디자인 작업에 있어서 검토해야 할 정보의 형태가 복잡해지고 제품의 라이프 사이클이 짧아짐에 따라, 시간 주도형 제품개발과 가속화된 제품 개발의 기초인 동시공학의 중요성이 더욱 강화되고 있음을 이상의 연구 결과를 통하여 알 수 있다. 특히 대부분의 디자이너와 산업체들이 신제품을 개발하는 과정에서 금형을 제작하기 전 금형 오류를 줄이기 위하여 혹은 디자인에 대한 확신성을 높이기 위해 시제품 제작과정을 거치게 된다. 이때 RP나 CNC 시스템을 거쳐 시제품을 만드는 과정에서 기구설계엔지니어나 RP & CNC 엔지니어의 독자적인 디자인모델링 변경 및 설계변경은 디자이너의 의도와는 다른 최종 결과물 형상이 나오는 경우가 많았으며 엔지니어들의 수정사항과 디자이너의 의견이 충돌하여 자료교환과 제작업의 연속으로 이어지는 경우가 많이 발생하고 있다. 이런 문제때문에 따른 시제품 제작시간 및 비용이 추가로 발생하는 경우가 많고 신제품이 타사의 경쟁제품보다 시장출시가 늦어 제품 경쟁력을 잃는 상황이 나타나기도 한다. 이에 본 연구에서는 제품디자이너가 3D 디자인 툴을 활용하여 모델링된 디자인모델링이 주로 STL포맷을 활용하는 엔지니어와의 동시공학작업 호환성을 높여 엔지니어의 리모델링 과정을 줄여 디자인이 수정되거나 계속적인 자료교환의 문제점을 최소화시키고자 4.4.절에서 디자인 모델링에서 STL 포맷으로 변환시 표준화할 수 있는 방법을 여섯가지로 설정하고

[표4]의 가이드 라인 연구 결과를 도출하였다.

본 연구를 통하여 제품디자인 3D 형상 데이터를 생성하고 이들 형상정보들을 기구 및 금형설계 단계로의 연계성을 높이고 통합적 제품개발 방법에 동시공학개념을 도입하여 전체 제품 개발 프로세스의 리드타임을 크게 단축시킬 수 있는 방법을 제시하였다. 동시공학 환경의 제품개발 프로세스에서 제품디자인은 가장 선행 단계로서 디자이너들은 기존의 디자인 프로세스와 도구에 집착하기보다는 새로운 기술의 적극적인 도입을 시도함으로써 그 영역을 확대하여 그 역할을 다 할 수 있으리라 전망한다.

## 참고문헌

- 김상윤. (2005). 제품디자인 프로세스의 디지털화에 따른 CNC와 RP기기의 활용 방안에 관한 연구. 국민대학교.
- 류승용. (2006). 디자인 재료/Mock-up제작기법. 도서출판 국제.
- 신명철. (2004). 실습과제 모형제작 방법에 관한 연구 -RP와 수동형, CNC모형제작 방법 비교를 중심으로-. 대구대학교.
- 조영제. (2007). 디자인사전. 안그래픽스.
- 안덕상, (2003). 쾌속가공시스템을 위한 STL 뷰어/슬라이서 및 경사절단 알고리즘 설계 및 구현. 순천향대학교.
- 한국과학기술원. (2000). 동시공학설계개념에 의한 통합최적설계시스템 개발. 과학기술부.
- 황구영. (1997). 동시공학적 측면에서의 CAID-최적의 개발 환경을 위한 CAID프로세스. CAD&그래픽스.
- John M Usher. (1998). Integrated Product and Process Development. Wile & Sons Inc.
- Kochan D. (1994). Process chain of the rapid prototyping Process. SME.
- Mark A. (2005). Evans. Rapid prototyping and industrial design practice. Emerald Group Publishing Limited.
- Martin D. (2005). Converting CAD Files to STL. Stratasys.
- Pat Anderson. (2004). Alias StudioTools Official Guide. 영진닷컴.
- Smith. P.G. (1991). Developing Products in Half the Time. Van Nostrand Reinhold
- 2011.12.16., [http://www.korchambiz.net/company/company\\_5upjongList.jsp?subclass=22299](http://www.korchambiz.net/company/company_5upjongList.jsp?subclass=22299)
- 2011.12.18., <http://en.wikipedia.org/wiki/NURBS>