

디지털 생산 시물레이션과 합성 환경의 매핑*

문홍일**, 한순홍***

Mapping between Digital Manufacturing Simulation and Synthetic Environment*

Hong il Moon** and Soonhung Han***

Abstract

최근 모델링 및 시물레이션 분야에서는 HLA에서 정의하듯이, 여러 가지 시물레이션이 동일한 환경에 참여하여 동시에 상호작용 하는 분산 시물레이션을 추구하고 있다. 따라서, 이미 모델링 되어 있는 데이터를 재사용하고 확장할 수 있는 방법이 중요해지고 있다. 미국 국방부에서는 이러한 목적으로 합성 환경의 표현과 교환을 위해 SEDRIS와 같은 표준 개념들을 만들고 있으며, 산업계에서의 모델링 및 시물레이션 영역에서도 역시, 호환성과 원가절감의 측면에서 표준의 개념을 도입하기 위한 노력이 진행되고 있다. 본 연구에서는, 상업용 디지털 생산 시물레이션 솔루션인 DELMIA에서 사용하는 데이터와, 합성 환경의 표준인 SEDRIS 데이터 간의 매핑 방법을 설계하고 구현하였다. 이를 통해, 환경 데이터의 표준 기술인 SEDRIS를 DELMIA와 같은 상업용 디지털 생산 시물레이션 데이터를 표현하고 교환하는 표준으로서 활용의 가능성을 검토하였다.

Key Words: DELMIA, Digital Manufacturing, Environmental Database, Model Reuse, SEDRIS

*본 연구는 대학 IT 연구 센터 육성·지원 사업의 연구 결과로 수행되었음.

**한국과학기술원 기계공학과, mhi@kaist.edu, 042-869-3080

***한국과학기술원 기계공학과, shhan@kaist.edu, 042-869-3040

1. 서론

디지털 생산(Digital Manufacturing)이란, 생산 시스템의 물리적, 논리적, 구성 요소들과 거동을 엄밀하게 컴퓨터상에서 모델링하여 통합된 디지털 모델을 구성하고, 3차원 CAD, 시뮬레이션, 인터넷 등 다양한 정보 기술을 활용하여, 전체 생산 공정에 걸쳐 각종 오류의 사전 검증과 효율적인 의사 결정을 수행함으로써, 신속하고 효율적인 제품 개발 및 생산을 실현하고자 하는 기술이다[8].

디지털 생산의 기본 개념은 3D CAD 모델에 물리학을 접목시켜 시뮬레이션 하는 것이다[3]. 이러한 디지털 생산 시뮬레이션은 궁극적으로, HMD(Head Mount Display), CAVE(Computer Aided Virtual Environment)등의 가상 현실(VR) 기술을 이용해 사용자가 상호작용을 하며 몰입감을 느낄 수 있을 때, 그 진가를 발휘할 수 있게 된다.

디지털 생산 시뮬레이션을 가상 현실과 접목하기 위한 연구로는, 미국 국가 표준 연구소(NIST)의 정보 기술 연구실(ITL)에서 Deneb Robotics 시뮬레이션을 VRML(Virtual Reality Modeling Language)로 변환하여 인터넷에서 가시화한 연구가 있다[10],[11]. 국내에서도 VRML을 이용하여 생산 시스템의 설계와 평가를 위한 가상 환경을 구축한 사례가 있다[4].

최근 모델링 및 시뮬레이션 분야에서는 서로 다른 시뮬레이션 사이의 연동을 위한 분산 시뮬레이션 개념이 중요해지면서, HLA(High Level Architecture)등의 기술을 도입하기 시작하였다. 디지털 생산 시뮬레이션 분야에서도, NIST의 제조 공학 연구실(MEL)을 중심으로 HLA에 기반한 분산 생산 시뮬레이션 시스템 개발과, 표준 라이브러리에 기반한 생산 시뮬레이션 모델을 개발하고 있고[7], 국내에서도 소규모 생산 시스템에 HLA를 도입한 연구 사례가 있다[6].

앞으로 디지털 생산 시뮬레이션을 가상 현

실, 분산 시뮬레이션 등의 여러 분야로 활용하기 위해서는, 기존의 데이터를 재사용할 수 있어야만 효율성이나 비용의 측면에서 효과를 얻을 수 있다. 기존의 데이터를 재사용하기 위해서는 여러 단계의 많은 데이터 변환 작업이 필요하게 되는데, 이때에도 데이터의 손실이 최소화 되어야만 한다.

본 연구에서는 디지털 생산 시뮬레이션 데이터를 재사용하기 위하여, 합성 환경의 개념을 도입하고 SEDRIS 기술을 이용하는 방법을 소개한다.

2. 데이터의 변환과 손실

가상 현실과 디지털 생산 시뮬레이션을 연계하는 가장 일반적인 방법은, CAD 모델이나 사진 이미지 등 이미 존재하는 데이터를 가상 현실에서 응용할 수 있는 데이터로 변환하는 것이다. 따라서 데이터 변환이 제대로 이루어지지 않으면 데이터의 손실이 발생하게 되고[9], 모든 환경 모델을 새로 제작해야만 한다.

데이터 변환 과정에서 손실되는 정보들 중에서는 형상(geometry), 위상(topology) 정보뿐만 아니라, 치수(dimension), 단위(unit), 이름(name), 구속 조건(constraints), 관계 정보(relationships), 고유번호(IDs) 등의 의미(semantic) 정보와, 운동학(kinematics)과 같은 시뮬레이션 정보 등이 있다. 이처럼 데이터 변환 과정에서 정보가 손실되는 것을 막는 방법은 다음과 같은 것들이 있다[9].

1) 변환 과정을 쉽게 하는 모델링 방법의 구축

복잡한 변환 과정을 단순화 하여 쉽게 하고자 하는 방법으로, 요구가 있을 때마다 반복적으로 같은 작업이 계속 수행되어야 한다는 점에서 효율적이지 못하다.

2) 시뮬레이션과 가상 현실 사이의 중립 포맷(common format)을 이용

본 연구에서 사용하고자 하는 방법으로, 디

디지털 생산 시물레이션 데이터를 가상 현실 데이터로 변환하는 과정에서의 손실을 줄이기 위해 SEDRIS 중립 포맷을 이용하였다.

3) 가상 현실 소프트웨어를 시물레이션 시스템에 통합

디지털 생산 시물레이션 시스템에 몰입감을 더하기 위하여, 상업용 시물레이션 시스템의 화면을 멀티채널 스크린 시스템에서 가시화한 연구가 대표적이다[1]. 이상적인 방법이기기는 하지만, 상업용 시스템 업체에서 제공해주지 않으면 활용하기 어렵다는 단점이 있다.

3. 디지털 생산 시물레이션

현재 디지털 생산 솔루션 시장은 미국의 Deneb를 인수한 Dassault Systemes의 DELMIA 제품군이 절반 이상의 시장 점유율을 하고 있고, 이스라엘의 Tecnomatix와 제휴를 하고 있는 UGS PLM Solutions의 e-Factory 등의 시스템이 뒤를 따르고 있다.

본 연구에서 목표로 잡은 DELMIA 제품군은 Envision, Assembly, IGRIP, UltraArc, UltraSpot, ERGO, VNC, UltraGrip, Ultra Paint 등의 제품으로 구성되어 있다.

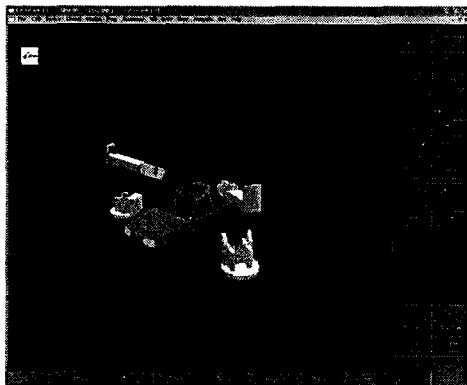


그림 1 . DELMIA Envision의 동작

이중에서 Envision 제품은 가상으로 제조 작업을 수행할 수 있는 디지털 생산 시물레이션 제품으로, 로봇 시물레이션 및 OLP(Off

Line Programming) 도구인 IGRIP 제품을 기반으로 하고 있고, 사용하는 파일 형식도 IGRIP과 같다.

본 연구에서는 DELMIA Envision 제품이 사용하는 시물레이션 파일을 SEDRIS 포맷으로 변환하는 것을 목표로 하고 있다. DELMIA 데이터는 다음과 같은 파일들로 이루어져 있다.

- 1) Part - 좌표계, 색깔, 형상 정보
- 2) Device - Part 사이의 관계 정보
- 3) Workcell - Device 사이의 관계 정보 및 시물레이션 정보

DELMIA 제품군은 파일의 입출력을 위한 기본 API를 제공하지 않기 때문에 접근에 어려움이 있지만, 텍스트(ASCII)로 되어 있기 때문에 Reverse Engineering을 통하여 파일 구조를 분석하고 다른 곳에 응용하는 것이 가능하다.

4. 합성 환경의 표현 및 교환

4.1. SEDRIS 개요

미국 국방부의 DoD Glossary[1995]에 의하면, 가상 환경(Virtual Environment)이란 인간이 상호작용(interactive)을 통해 몰입감(immersion)을 느낄 수 있는, 컴퓨터에 의해 창조된 환경을 의미하고, 합성 환경(Synthetic Environment)이란 모의 전장(theaters of war)에서 공장이나 공정(factories and manufacturing processes)까지의 고수준 현실감을 표현할 수 있는 네트워크 시물레이션 환경이라고 정의하고 있다.

SEDRIS는 Synthetic Environmental Data Representation and Interchange Specification의 줄임말로, 이러한 합성 환경의 표현 및 교환에 관한 표준이다. SEDRIS는 체계적인 문법(grammar)과 풍부한 어휘(vocabulary)를

이용하여, 언어의 개념으로 환경 데이터 요소를 풀이한다.

18023	SEDRIS
18023-1	SEDRIS Functional Specification (DRM, API)
18023-2	SEDRIS Transmittal Format (STF)
18023-3	SEDRIS Transmittal Format Binary Encoding
18024	SEDRIS Language Bindings
18024-4	SEDRIS Language Binding to ISO C
18025	Environmental Data Coding Specification (EDCS)
18026	Spatial Reference Model (SRM)
18041	EDCS Language Bindings
18041-4	EDCS Language Binding to ISO C
18042	SRM Language Bindings
18042-4	SRM Language Binding to ISO C

표 1. ISO/IEC JTC 1 국제 표준화 문서

SEDRIS의 두가지 목표는 환경 데이터를 모호하지 않게 표현하는 것과, 표현된 데이터를 효과적으로 교환하는 것이다. 모든 환경 영역을 표현할 수 있는 방법으로 DRM(Data Representation Model), EDCS(Environmental Data Coding Specification), SRM(Spatial Reference Model) 등의 요소 기술을 제공하고 있고, 이를 손실 없이 정확하게 전달할 수 있는 방법으로 API, STF(SEDRIS Transmittal Format) 등의 요소 기술을 제공하고 있다. 현재 이러한 기술들은 표 1과 같이 ISO/IEC JTC1에서 국제 표준화가 진행되고 있다.

4.2. SEDRIS의 요소 기술

데이터 표현 모델(DRM)은 환경을 표현하는 언어의 “문법”에 해당한다. 속성을 가진 데이터 요소들의 논리 관계에 대한 설명으로, 객체 지향 방법론의 클래스 개념과 비슷하다. 총 327개의 클래스와 그 관계가 UML을 이용하여 표현되어 있다.

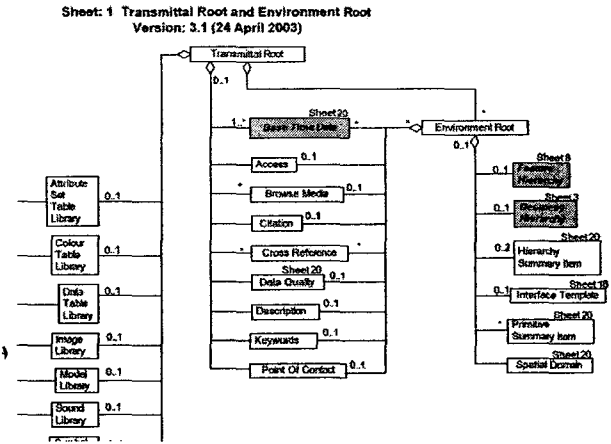


그림 2. UML로 표현된 DRM의 일부

환경 데이터 코딩 규격(EDCS)은 환경을 표현하는 언어의 “사전”에 해당한다. Classification, Attribute, Attribute Value Metadata, Attribute Enumerant, Unit, Unit Equivalence Class, Unit Scale, Organizational Schema, Group 등 총 9개의 사전의 요소들을 조합해 DRM이 표현하고 있는 환경 객체를 정의할 수 있다.

공간 참조 모델(SRM)은 모델링과 시물레이션에서 중요한 요소인, 좌표의 정확한 표현 및 교환을 가능하게 해주는 요소이다. 151가지 이상의 좌표계 변환에서 1mm 이내의 정확도를 지원하고 있다. 이는 시물레이션 영역에서는 적당한 오차 범위라고 할 수 있다.

SEDRIS 인터페이스 규격(API)은 SEDRIS 데이터의 입력, 출력, 편집을 지원하는 환경을 표현하는 언어를 읽고 쓰는 “도구”에 해당한다. SEDRIS 전달 포맷(STF)은 플랫폼에 독립적인 교환 매커니즘을 제공하기 위해 파일 형태로 전달하는 도구이다. 환경을 표현하는 언어로 기술된 “책”에 해당한다.

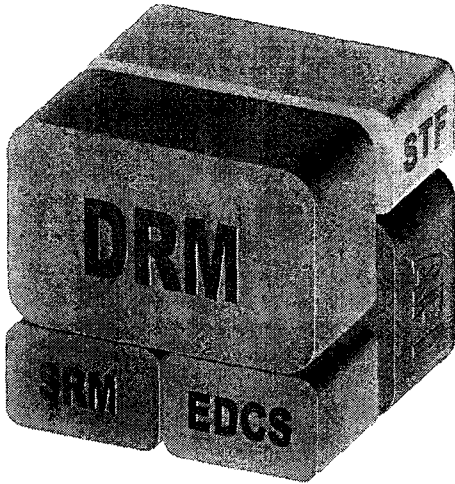


그림 3 . SEDRIS를 구성하는 요소 기술들의 관계

이러한 요소 기술들은 그림 3과 같은 모양으로 결합되어 있다. 환경 데이터 표현 도구는 DRM이 중심이고, EDCS와 SRM이 이를 보조해 주고 있다. 이러한 표현 도구들은 각각의 API를 가지고 있어, 다른 시스템과의 입출력을 가능하게 한다. 하지만, STF라는 중립 전달 포맷으로 교환이 이루어지기 위해서는 EDCS와 SRM이 반드시 DRM과 결합되어야 하고, DRM API를 통해야만 STF가 입출력될 수 있는 구조를 가지고 있다.

5. DELMIA와 SEDRIS의 매핑

5.1. SEDRIS의 구축 과정

SEDRIS를 이용한 합성환경의 구축 과정은 다음과 같다. 1) 요구 사항을 분석하고 2) SEDRIS와 매핑을 한 후 3) 소프트웨어를 개발하고 4) 검증하는 총 4 단계이다. 본 연구의 경우, 요구사항은 DELMIA에서 SEDRIS로 파일을 변환하는 것이고, 다음 단계는 매핑 문서(Mapping Document)를 작성하는 것이다.

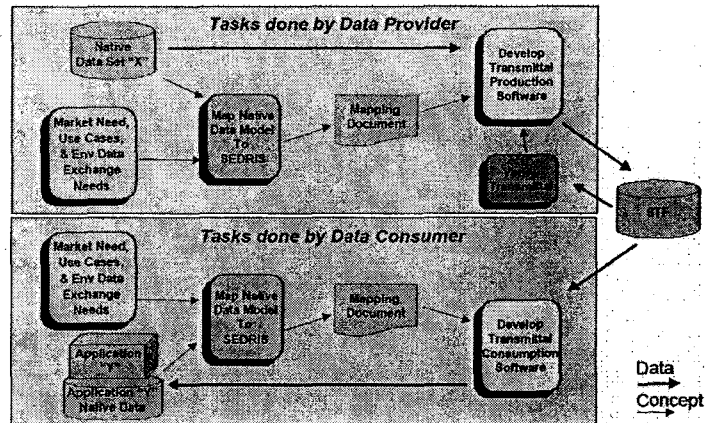


그림 4 . SEDRIS의 구축 과정

5.2. 매핑 문서

DELMIA의 파트(Part)는 시물레이션을 위한 기본 형상의 정보를 담고 있다. 파트에서 다루는 형상은 곡선, 곡면, 다각형(polygon) 등으로 이루어져 있다. 하지만 실제 사용되는 파트 데이터들은 다각형으로 이루어진 데이터가 90% 이상을 차지하고 있다.

DELMIA의 파트 파일 내부에는 버전(version), 좌표계(coordinate systems)의 개수 및 방향 벡터, 원점, 곡선 및 곡면 데이터, 다각형(polygon) 데이터가 순서대로 나열되어 있고, 다각형 데이터는 각각 색깔, 3차원 꼭지점(vertex) 데이터, 점을 이은 선(line) 및 다각형 면(polygonal surface) 데이터 등으로 이루어져 있다.

DELMIA 파트 데이터의 요소들과 SEDRIS DRM 클래스 사이의 관계를 정리하여, 간단한 매핑 문서를 만들어 보면 표 2와 같다.

DELMIA Part	SEDRIS Class
Coordinate System	<Local 4x4>
Color Index	<Colour Index>
Vertices	<Vertex>
Vertex Location	<LSR Location 3D>
Surfaces	<Polygon>
Lines	<Line>
⋮	⋮

표 2 . DELMIA와 SEDRIS 클래스의 매핑

DELMIA의 디바이스(Device)는 파트들의 연결 관계, 자유도, 운동 범위 등 시물레이션에 필요한 기본 정보를 담고 있다. 디바이스 파일은 이를 구성하는 파트의 파일 이름을 참조(reference)함으로써 파트를 불러들이는데, SEDRIS도 이와 비슷한 기능으로 ITR(Inter-Transmittal Referencing) 기능을 제공하고 있다. 본 연구에서도 ITR을 이용하여 디바이스의 파트 참조 기능을 구현하였다.

파트들을 SEDRIS의 <Model Library> 클래스 아래에 <Model>로 저장하고, 디바이스로 구성하기 위하여 라이브러리에 있는 모델을 인스턴싱(instancing)하여 불러들인다. 본 연구에서는 <Geometry Model> 클래스를 이용하였으므로, <Geometry Model Instance>를 적용한다.

디바이스에서 파트 사이의 연결 및 계층(hierarchy) 구조를 제대로 표현하기 위하여 <Union Of Geometry Hierarchy> 클래스를 이용한다. 이를 적절히 이용하면서 사이에 <LSR Transformation>을 삽입해 주면, 계층 구조와 연결 구조를 가지는 디바이스를 생성할 수 있다.

DELMIA의 디바이스 파일에 대하여도 SEDRIS DRM 클래스에 대한 매핑 문서를 작성하고, 이를 바탕으로 인스턴스 다이어그램(instance diagram)을 작성하여, 생성하고자 하는 STF의 구조를 파악한 후, 파트 및 디바이스의 변환 소프트웨어를 개발하여 데이터 변환을 시도하였다.

6. 매핑의 구현 및 실험

6.1. 구현 환경

다음과 같은 환경에서 DELMIA와 SEDRIS 사이의 데이터 매핑을 구현하였다.

Microsoft Windows xp

Microsoft Visual C++ 6.0

Dassault Systemes DELMIA VMAP 5.3
SEDRIS Standard Development Kit 3.1.2

6.2. 실험 결과

DELMIA에서 샘플로 제공하고 있는 파트(로봇, 공구, 자동차, 부품 등의 모델)파일을 SEDRIS로 변환하는 실험을 하였다.

샘플로 제공하고 있는 대부분의 파트 파일의 색깔, 형상 정보등을 완전하게 변환할 수 있었으나, 아직 SEDRIS에서는 NURBS와 같은 곡선이나 곡면을 지원하고 있지 않기 때문에, NURBS로 이루어진 곡선이나 곡면 부분은 제대로 변환하지 못하였다.

현재 SEDRIS는 NURBS에 관한 부분의 표준화를 진행중이다. SEDRIS에서 NURBS에 관한 표준이 제정되기 전에는 제품 정보 교환 표준인 ISO-10303 STEP(STandard for the Exchange of Product model data)의 AIC(Application Interpreted Constructs) 500 번째 문서들을 참조하여 임시로 NURBS 표준에 관한 내용을 다룰 수 있다.

또한 DELMIA 파트들 사이의 관계 정보를 가지고 있는 디바이스 파일을 SEDRIS로 변환하는 실험을 하였다.

그림 5는 DELMIA에서 샘플로 제공하고 있는 6개의 파트로 이루어져 있는 v800이라는 이름의 클램프(clamp) 디바이스를 구성하는 파트들을 SEDRIS로 변환하여 Side-by-Side라는 도구를 이용하여 가시화 한 결과이다.

그림 6은 변환된 파트의 구조를 Focus라는 도구를 이용하여 탐색한 결과이다.

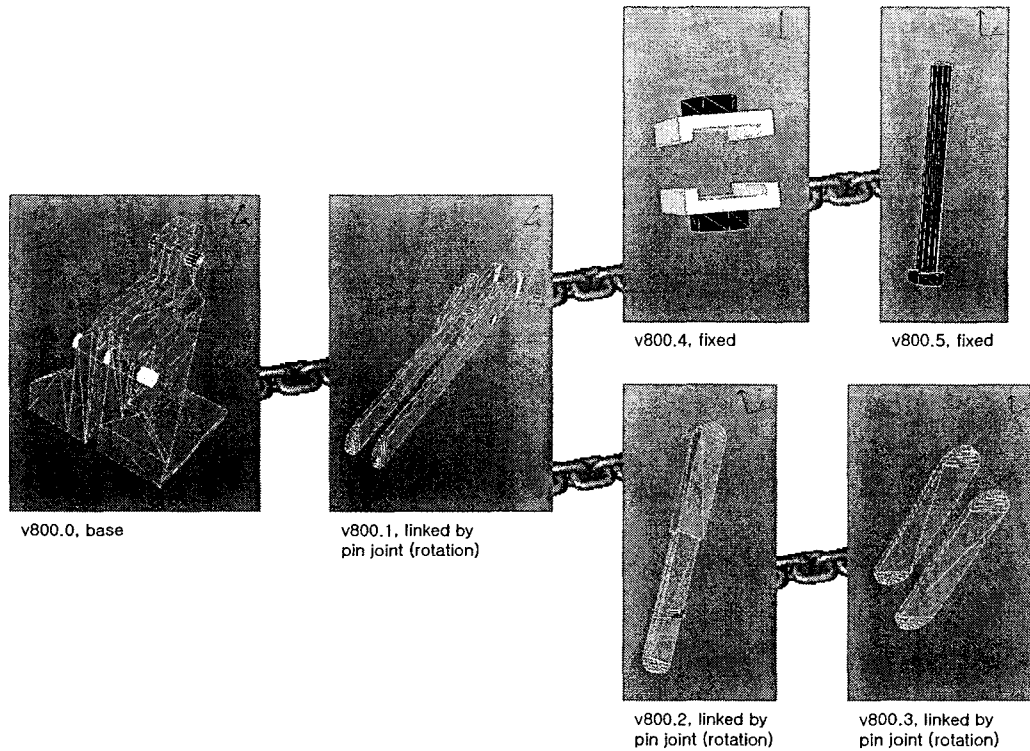


그림 5 . v800 클램프 디바이스를 구성하는 6개의 DELMIA 파트를 SEDRIS로 변환하여 가시화한 결과와, 각 파트 사이의 연결 관계

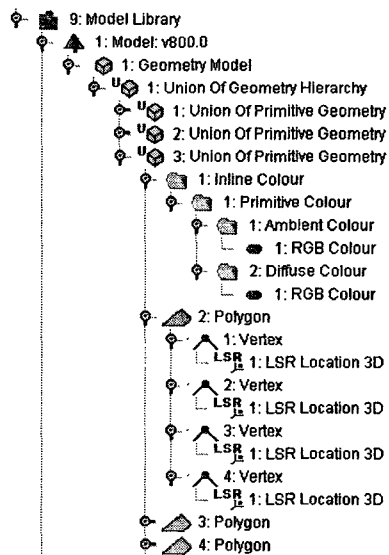


그림 6 . 클램프 파트 구조

먼저 v800.0부터 v800.5까지 6개의 파트 파

일을 STF로 변환한 다음, Clamp_user라는 디바이스 파일을 STF로 변환하여, 최종적으로 올바른 계층 구조 및 연결 관계를 유지하고 있는 디바이스의 STF가 생성 되었다.

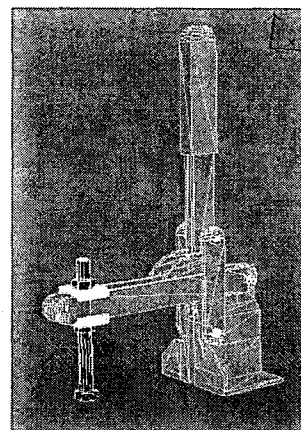


그림 7 . 변환이 완성된 v800 클램프 디바이스

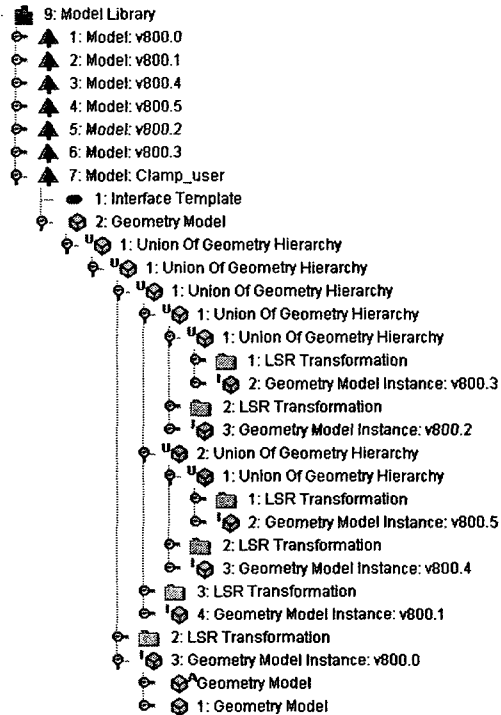


그림 8 . v800 클램프 디바이스 구조

그림 7은 변환이 완성된 v800 클램프 디바이스를 가시화 한 결과이고, 그림 8은 디바이스의 구조를 탐색한 결과이다.

SEDRIS에서 상대 운동의 시물레이션 정보는 <Control Link> 클래스에서 다루어진다. SEDRIS에서는 많은 종류의 Control Link들을 지원하고 있지만, 클램프 디바이스와 같이 Joint Link로 연결된 움직임은 <Rotation Control Link> 클래스를 이용하여 표현할 수 있으며, 이 클래스는 <LSR Transformation> 클래스 하위에 삽입된다.

아직까지 SEDRIS 모델 데이터를 읽고 상대 운동을 시물레이션 할 수 있는 방법은 없다. Side-by-Side와 같은 기존의 SEDRIS 가시화 도구들은 시물레이션을 지원하지 못하고 있고, model_viewer라는 도구에서 간단한 <Rotation Control Link>의 시물레이션만 가시화 할 수 있다.

현재 표준화 작업 및 지원 도구의 개발이 진행되고 있으므로, 조만간 SEDRIS 모델의

운동 시물레이션을 검증하는 것도 가능할 것이다.

7. 결론

상업용 디지털 생산 시물레이션 솔루션인 DELMIA의 IGRIP 및 Envision 제품의 데이터를 재사용 하고 응용할 수 있는 방법의 하나로, 합성 환경의 표준인 SEDRIS를 이용하는 방법을 제시하였다.

DELMIA의 파트 및 디바이스 데이터를 SEDRIS 데이터로 매핑하는 방법을 구현하고 검증하였다. 본 연구에서는 SEDRIS의 활용 영역을 디지털 생산 시물레이션 영역으로 확장하였으며, 이를 통하여 기존의 환경 데이터와 디지털 생산 시물레이션 데이터의 융합 가능성을 제시하였다.

SEDRIS는 아직 표준화가 진행 중인 상태이지만, 그 응용 가능성은 많다[2]. 앞으로 디지털 생산 시물레이션의 기본 단위인 작업셀 (Workcell) 데이터까지 SEDRIS로 매핑하는 것이 필요하다.

본 연구를 통해 디지털 생산 시물레이션 데이터의 전달을 위한 기본 준비는 되었지만, 실제로 SEDRIS를 통하여 시물레이션 정보가 전달되기 위해서는, SEDRIS에서 변환된 데이터를 지원하는 시물레이션 엔진을 이용하여야 한다.

SEDRIS의 처음 목적은 디지털 생산 시물레이션이 아닌 전장 시물레이션을 위한 것이었기 때문에, One SAF(Semi Automated Forces), Mod SAF와 같은 전장 시물레이션 엔진에서 사용하는 데이터베이스로 변환하였을 때 가장 이상적인 결과를 얻을 수 있다.

참고문헌

[1] 김용식, 한순홍, “가상 공장 시스템용 PC 클러스터 기반의 가상현실 모듈 설계 및 구현”, 제13회 HCI, CG, VR, Design, UI 학술

대회 논문발표집 1-1, pp.544-548, 2004

[2] 김형철, 윤석준, “통합 환경 데이터베이스 상호 운용성의 사례 및 향후 발전 방향에 관한 연구”, 한국시물레이션학회 '03 추계학술대회 논문집, pp.43-50, 2003

[3] 명세현, “자동차 차체 조립 공정에 있어서 디지털 생산 기술의 적용방법론”, 한국 CAD/CAM학회 '04 학술발표회 논문집, pp.325-332, 2004

[4] 오형술, 박경중, “생산 시스템의 설계 및 평가를 위한 가상 환경”, 한국시물레이션학회 '98 추계학술대회 논문집, pp.196-198, 1998

[5] (주)코닥커뮤니케이션즈 김성곤 외, 「The development of Unambiguous and lossless 3D Data Converter & Common Interchange Format based on SEDRIS technology」, 디지털문화콘텐츠기술개발사업 최종연구개발결과보고서, 2003

[6] 홍윤기, 권순중, “생산 시스템 시물레이션을 위한 High Level Architecture / Run-Time Infrastructure의 적용”, 한국시물레이션학회 '00 추계학술대회 논문집, pp.30-39, 2000

[7] McLean, C., “The Simulation and Visualization Program at the National Institute of Standards and Technology (NIST)”, SEDRIS Technology Conference, 2004

[8] Jordan, J. and Michel, 「Next Generation Manufacturing (NGM)」, CASA/SME Blue Book, 1999

[9] Berta, J., “Integrating VR and CAD”, TEP, 가상현실 응용, 지능형 CAD

IEEE computer graphics and applications, v.19, no.5, pp.14-19, 1999

[10] Ressler, S., et al., “Using VRML to Access Manufacturing Data”, *Proceedings of VRML97 Second Symposium*, 1997

[11] Ressler, S., et al., “A VRML Integration Methodology for Manufacturing Applications”, *Proceedings of VRML99 Fourth Symposium*, 1999

[12] SEDRIS 홈페이지
<http://www.sedris.org>