

SEDRIS를 이용한 디지털 생산 시뮬레이션과 합성 환경 매핑

문홍일*, 한순흥**

Mapping Digital Manufacturing Simulation to Synthetic Environment using SEDRIS

Hong il Moon* and Soonhung Han

Abstract

The goal of a distributed simulation such as battle field simulation is to combine all kinds of simulations in the same synthetic environment and to make people interact at the same time. It is a key issue to share the same synthetic environment among simulations. To support reusability and affordability in the modeling and simulation area, DMSO(Defense Modeling and Simulation Office) of USA developed concepts such as HLA(High Level Architecture) and SEDRIS (Synthetic Environmental Data Representation and Interchange Specification).

In the industrial simulation area, the digital manufacturing is the main stream. To reduce cost and to reuse simulation environment, the standardization becomes the focus of digital manufacturing. This study proposes to use SEDRIS to improve interoperability of manufacturing data. The simulation data of DELMIA, which is a leading commercial digital manufacturing solution, is mapped and translated into the SEDRIS transmittal format. Mapping of the manufacturing simulation data and the synthetic environment are implemented and verified through experiments.

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

* 현대모비스 부품정보운영부, moon@mobis.co.kr

** 한국과학기술원 기계공학과, shhan@kaist.ac.kr

1. 서론

디지털 생산(Digital Manufacturing)이란, 컴퓨터를 이용하여 전체 생산 공정에 걸친 각종 오류의 검증과 의사 결정을 미리 수행함으로써, 신속하고 효율적인 제품 개발 및 생산을 실현하고자 하는 기술이다. 디지털 생산을 구현하기 위해서는 생산 시스템의 물리적, 논리적, 구성 요소들과 거동을 통합된 디지털 모델로 구성하는 것이 필요하고, 3차원 CAD, 시뮬레이션, 인터넷 등의 다양한 정보 기술을 응용해야 한다.

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

미국 국가 표준 연구소(NIST)의 정보 기술 연구실(ITL)에서, Deneb의 로봇 시뮬레이션을 VRML로 변환하여 인터넷에서 가시화하는 연구를 수행하여, 디지털 생산 시뮬레이션과 가상 현실을 접목하고자 하였다.

분산 시뮬레이션이 발전하면서 서로 다른 시뮬레이션의 연동을 위한 HLA(High Level Architecture)등의 개념이 도입되었는데, 디지털 생산 시뮬레이션 분야에서도 NIST의 제조 공학 연구실(MEL)을 중심으로, HLA에 기반한 분산 생산 시뮬레이션 시스템과 표준 라이브러리에 바탕을 둔 생산 시뮬레이션 모델을 개발하고 있다.

디지털 생산 시뮬레이션을 가상 현실이나 분산 시뮬레이션과 같은 여러 분야로 활용하기 위해서는, 기존의 데이터를 쉽게 재사용할 수 있어야, 효율이나 비용의 측면에서 효과를 얻을 수 있다.

보통, 기존의 데이터를 재사용하기 위해서는 여러 단계의 많은 변환 작업이 필요하게 되는데, 이때에는 항상 데이터의 손실을 최소화 할

수 있는 방안이 있어야 한다.

기존 연구들은 시뮬레이션 데이터를 재사용하기 위하여 VRML을 이용하려는 시도가 있었는데, 인터넷에서 3D 가시화를 위하여 채택된 프로그래밍 언어인 VRML은, 체계적이고 구조적인 표현 및 교환을 위한 표준으로는 적합하지 않다.

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.

만약 변환이 제대로 이루어지지 않으면 데이터의 손실이 발생하게 되고, 모든 환경 모델을 다시 손봐야 하는 수고가 따르게 된다.

변환 과정에서 손실되는 정보들에는 형상(geometry)과, 위상(topology) 정보뿐만 아니라, 치수(dimension), 단위(unit), 이름(name), 구속 조건(constraint), 관계(relationship), 고유 번호(ID)등의 의미(semantic) 정보와 운동학(kinematics)과 같은 시뮬레이션 정보등이 있다. 이와 같이 변환 과정에서 정보가 손실되는 것을 막는 방법은 다음과 같은 것들이 있다.

- 1) 시뮬레이션과 가상 현실 사이의 직접 변환 - 요구 대상의 종류가 많을 때에는 필요한 변환 작업이 기하급수적으로 늘어난다.
- 2) 시뮬레이션과 가상 현실 사이의 중립 포맷(common format) 이용 - 본 연구에서 사용하고자 하는 방법으로, 중립 포맷의 완성도가 중요한 변수이다.
- 3) 가상 현실 소프트웨어를 시뮬레이션시스

템에 통합 - 가장 이상적인 방법이기도 하지만, 시스템에서 자체적으로 제공해주지 않으면 제3자로서는 활용하기 어렵다는 단점이 있다.

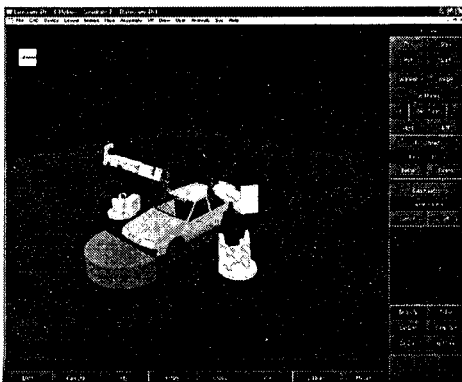
3. 디지털 생산 시뮬레이션

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

본 연구에서는 DELMIA의 Envision 제품을 실험 대상으로 하여, 시뮬레이션 데이터를 SEDRIS 포맷으로 변환하는 것이 목표이다. Envision은 <그림 1>에 보이는 것처럼 가상으로 제조 작업을 수행할 수 있는 디지털 생산 시뮬레이션 제품으로, 로봇 시뮬레이션과 OLP (off line programming) 도구인 IGRIP 제품을 기반으로 하고 있다.

Envision 시뮬레이션 데이터는 다음과 같은 계층적 파일 구조로 구성되어 있다.

- 1) Part - 좌표계, 색깔, 형상 정보
- 2) Device - Part의 관계 및 결합 정보
- 3) Workcell - Device의 관계 정보 및 시뮬레이션 정보



<그림 1> DELMIA Envision의 동작

DELMIA 제품군은 파일의 입출력을 위한 기본 API를 제공하지 않기 때문에 접근에 어려움이 있지만, 역공학을 통하여 파일 구조를 분석하고 다른 곳에 응용하는 것이 가능하다.

4. 합성 환경과 SEDRIS

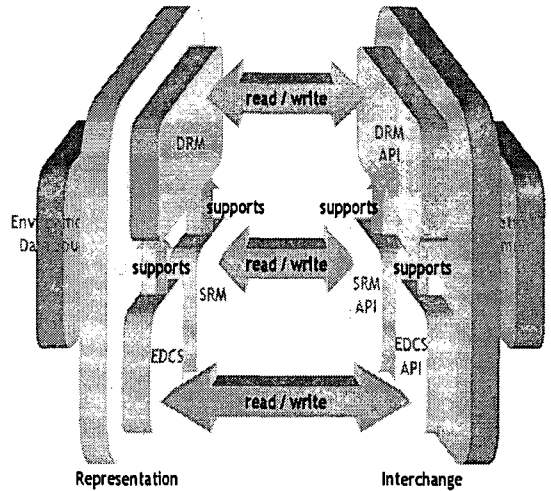
4.1. SEDRIS 개요

미국 국방부의 DoD 용어집에 의하면, 가상 환경(Virtual Environment)이란, 인간이 상호 작용을 통해 몰입감을 느낄 수 있는 컴퓨터에 의해 창조된 환경이라 정의하고 있고, 합성 환경(Synthetic Environment)이란 모의 전장에서 공장이나 공정까지의 고수준 현실감을 표현할 수 있는 네트워크 시뮬레이션 환경이라 정의하고 있다. SEDRIS는 Synthetic Environmental Data Representation and Interchange Specification의 줄임말로, 합성 환경의 표현 및 교환에 관한 표준이다. SEDRIS는 체계적인 문법과 풍부한 어휘를 이용하여, 언어의 개념으로 환경 데이터 요소를 풀이한다.

SEDRIS의 두가지 목표는 환경 데이터를 모호하지 않게 표현하는 것과, 표현된 데이터를 효과적으로 교환하는 것이다. 환경 영역의 표현을 위하여 DRM(Data Representation Model), EDCS(Environmental Data Coding Specification), SRM(Spatial Reference Model) 등의 기술을 제공하고 있고, 표현된 환경을 손실 없이 정확하게 전달하기 위하여 API(Application Programming Interface), STF(SEDRIS Transmittal Format)등의 기술을 제공하고 있다. 현재 이러한 기술들은 <표 1>과 같이 ISO / IEC JTC 1(International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission Joint Technical Committee 1)에서 국제 표준화가 진행되고 있다.

<표 1> ISO/IEC JTC 1 국제 표준화 문서

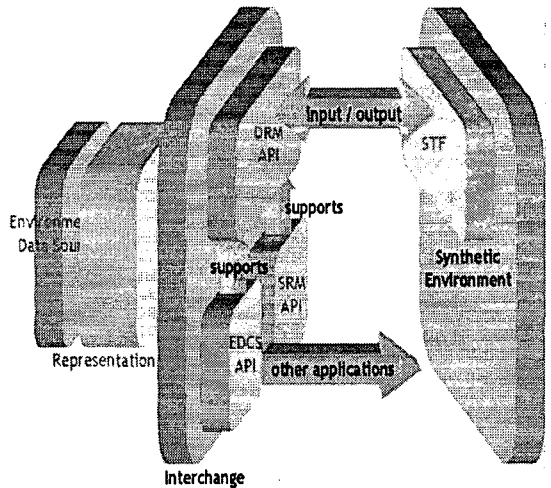
18023	SEDRIS
18023-1	SEDRIS Functional Specification (DRM, API)
18023-2	SEDRIS Transmittal Format (STF)
18023-3	SEDRIS Transmittal Format Binary Encoding
18024	SEDRIS Language Bindings
18024-4	SEDRIS Language Binding to ISO C
18025	Environmental Data Coding Specification (EDCS)
18026	Spatial Reference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



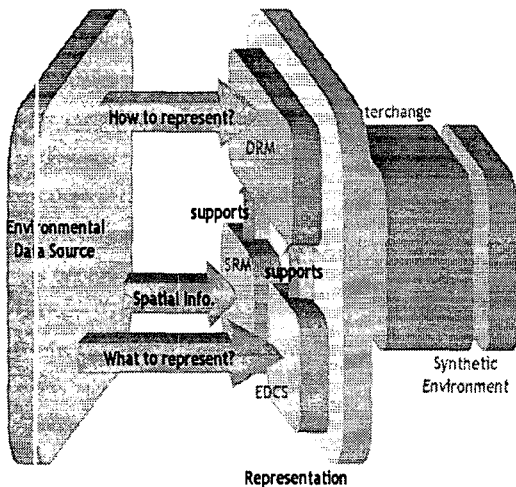
<그림 3> 표현과 교환의 관계

4.2. SEDRIS의 핵심 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 UML(Unified Modeling Language)을 이용하여 표현되어 있다.



<그림 4> 교환과 합성 환경의 관계



<그림 2> 환경 영역과 표현의 관계

환경 데이터 코딩 규격(EDCS)은 환경을 표현하는 언어의 “사전”에 해당한다. 여러 가지 속성을 표현하기 위한 총 9개의 사전 요소들을 조합해, DRM이 표현하고 있는 환경 객체를 정의할 수 있다.

공간 참조 모델(SRM)은 모델링과 시물레이션에서 중요한 좌표의 정확한 표현 및 교환을 가능하게 해주는 요소이다. 총 151 가지 이상

의 좌표계 변환에서 1mm 이내의 정확도를 지원하고 있는데, 이는 환경 시뮬레이션 영역에서는 무리가 없는 오차 범위이다.

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. 이는 환경을 표현하는 언어로 기술된 “책”에 해당한다.

이러한 핵심 기술들의 관계를 그림으로 그려보면 그림 2~4와 같다. 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 구조이다.

5. DELMIA와 SEDRIS의 매핑

5.1. 파트(Part) 매핑

DELMIA의 파트는 시뮬레이션을 위한 형상의 정보를 담고 있다. 파트에서 다루는 기본 형상은 다각형(polygon)이다.

DELMIA의 파트 파일에는 버전, 좌표계의 개수 및 방향 벡터, 원점, 곡선 및 곡면 데이터, 다각형 데이터가 순서대로 나열되어 있고, 다각형 데이터는 각각 색깔, 3차원 꼭지점 데이터, 점을 이은 선 및 다각형면 데이터 등으로 이루어져 있다.

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

<표 2> DELMIA PART 구조와 SEDRIS 클래스의 매핑

DELMIA (PART)	SEDRIS DRM Class
colour	<Colour Index>
vertex	<Vertex>
vertex location	<LSR Location 3D>
line	<Line>
polygonal face	<Polygon>

5.2. 디바이스(Device) 매핑

DELMIA의 디바이스는 파트들의 연결 관계, 자유도, 운동 범위 등 시뮬레이션에 필요한 기본 정보를 담고 있다. 디바이스 파일은 구성하는 파트의 이름을 참조함으로써 파트를 불러들이는데, SEDRIS도 이와 비슷한 기능으로 ITR(Inter-Transmittal Referencing)을 제공하고 있다.

DELMIA 디바이스 데이터의 요소들과 SEDRIS DRM 클래스 사이의 관계를 정리하여, 간단한 매핑 문서를 만들어 보면 <표 3>과 같다.

<표 3> DELMIA DEVICE 구조와 SEDRIS 클래스의 매핑

DELMIA (DEVICE)	SEDRIS DRM Class
hierarchy structure	<UOGH> - Union of Geometry Hierarchy
transformation	<LSR Transformation>
transform matrix	<Local 4x4>
simulation	<Control Link>
reference	<GMI> - Geometry Model Instance

파트와 디바이스를 각각 독립된 파일로 구성하기 위하여, 파트들은 SEDRIS의 <Model Library> 클래스 아래에 <Model>로 저장되고, 디바이스는 라이브러리에 있는 모델을 인스턴싱하여 불러들인다. 본 연구에서는

<Geometry Model> 클래스를 주로 이용하였으므로, <Geometry Model Instance>를 적용한다.

디바이스에서 파트 사이의 연결 및 계층 구조를 표현하기 위하여 <Union of Geometry Hierarchy> 클래스를 이용한다. DELMIA 디바이스 파일에서 표현하는 연결 구조를 분석하여 <LSR Transformation> 클래스를 이용하여 동일하게 구성하면, 계층 구조와 연결 구조를 가지는 디바이스를 생성할 수 있다.

회전을 제어하기 위해서 <Rotation Control Link> 클래스를 이용한다.

DELMIA의 파트, 디바이스 및 작업셀 파일에 대하여 SEDRIS DRM 클래스에 대한 매핑 문서를 작성하고, 이를 바탕으로 인스턴스 다이어그램(instance diagram)을 작성하여, 생성하고자 하는 STF의 구조를 파악한 후, 파트, 디바이스 및 작업셀의 변환 소프트웨어를 개발하여 변환 성능을 시험하였다.

5.3. 작업셀(Workcell) 매핑

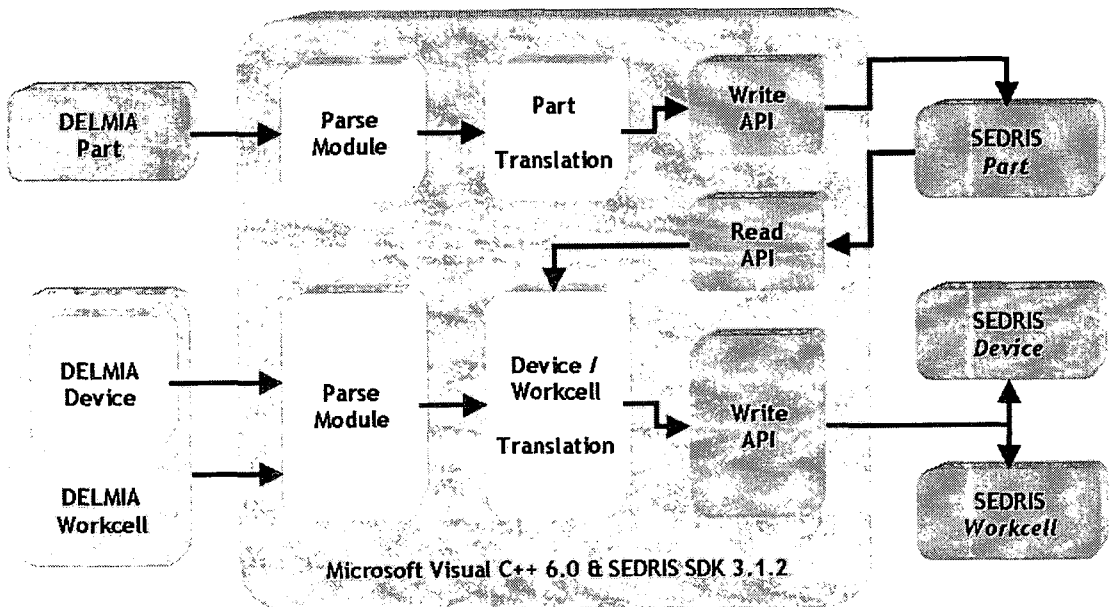
DELMIA의 작업셀은 하나 이상의 디바이스들과 그들의 위치 관계, 또한 디바이스를 바탕으로 한 시물레이션 프로그램 정보 등으로 구성되어 있다.

디바이스 구조는 앞에서 설명하였고, 시물레이션을 표현하기 위해서 운동과 관련된 클래스들이 필요하다. 예를 들어, 회전 운동의 경우 회전 중심에 <Rotation> 클래스와 함께,

6. 매핑의 구현 및 실험

6.1. 구현 환경 및 구조

DELMIA와 SEDRIS의 데이터 매핑을 구현한 소프트웨어의 구조는 그림 5와 같다. DELMIA 파트 파일을 읽어 STF로 변환이 가능하다. 또한 DELMIA 디바이스나 작업셀 파일을 읽어, ITR로 읽어 들인 파트 파일을 참조하여 STF로 변환할 수 있다.



<그림 5> 구현된 시스템 구조

SEDRIS에는 파트, 디바이스, 작업셀 등의 개념이 없기 때문에 단일 포맷으로 이러한 개념을 모두 표현하였다. 이 변환 소프트웨어는 다음과 같은 환경에서 구현하였다.

Microsoft Visual C++ 6.0

Dassault Systemes DELMIA VMAP 5.3

SEDRIS Standard Development Kit 3.1.2

SEDRIS에서 제공하는 `syntax_checker`와 `rules_checker`를 이용하여, 변환 소프트웨어 개발 과정에서 STF가 올바르게 생성되는지를 확인할 수 있다. 또한 변환 소프트웨어로 구현하지 못한 부분은, STF 저작 도구인 SEDRIS Focus를 이용하여 편집하였다. STF 가시화는 SEDRIS 관련 소프트웨어를 개발하고 있는 AcuSoft의 Side-by-Side를 이용하였고, 시뮬레이션 테스트는 SEDRIS에서 제공하는 OpenGL Model Viewer를 이용하였다.

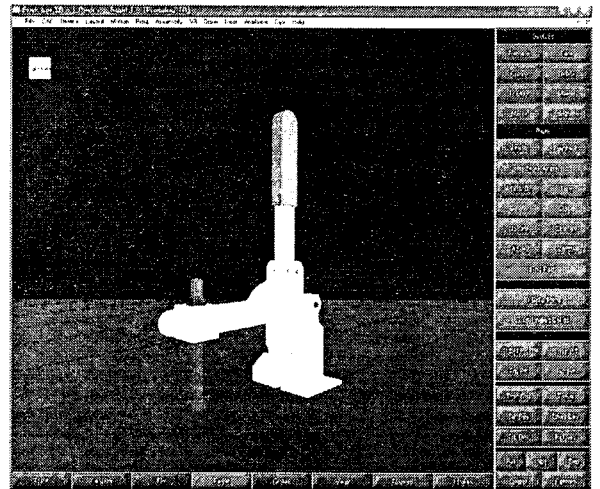
6.2. 실험 결과

DELMIA에서 샘플로 제공하고 있는 로봇, 공구, 자동차, 부품 등의 파트, 디바이스, 작업셀 파일을 SEDRIS로 변환하는 실험을 수행하였다.

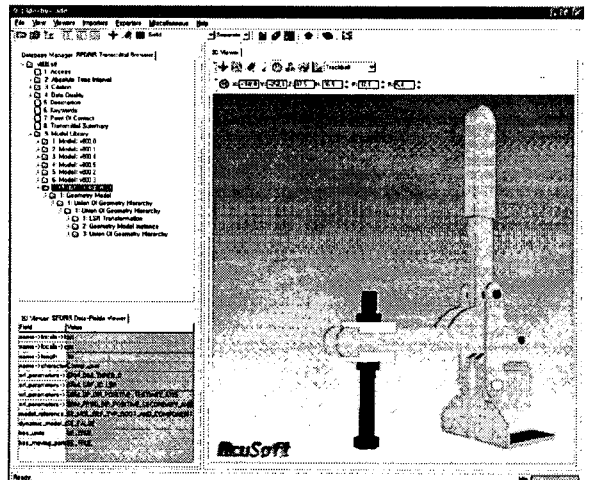
<그림 6>은 샘플 중에 하나인 6개의 파트로 이루어진 'v800' 이라는 이름의 클램프 디바이스를 DELMIA에서 가시화한 것이고, 그림 7은 구현한 소프트웨어를 이용하여 STF 포맷으로 변환하고, Side-by-Side를 이용해 가시화한 결과이다.

실험 결과 매핑 테이블을 작성하고, 구현한 모든 속성들에 대해서는, 샘플로 제공하고 있는 파트 파일의 색깔, 선, 형상 정보와, 디바이스 파일의 결합 관계, 계층 구조 등이 모두 성공적으로 변환되었음을 확인하였다.

<그림 8>과 <그림 9>는 STF로 만들어진 'v800' 디바이스를 SEDRIS Focus에서 탐색한 결과이다. 각각의 파트는 <Model> 클래스로 저장되고, 그 하위에 <Colour>, <Polygon> 등의 클래스를 이용하여 형상과 색깔을 표현한다.



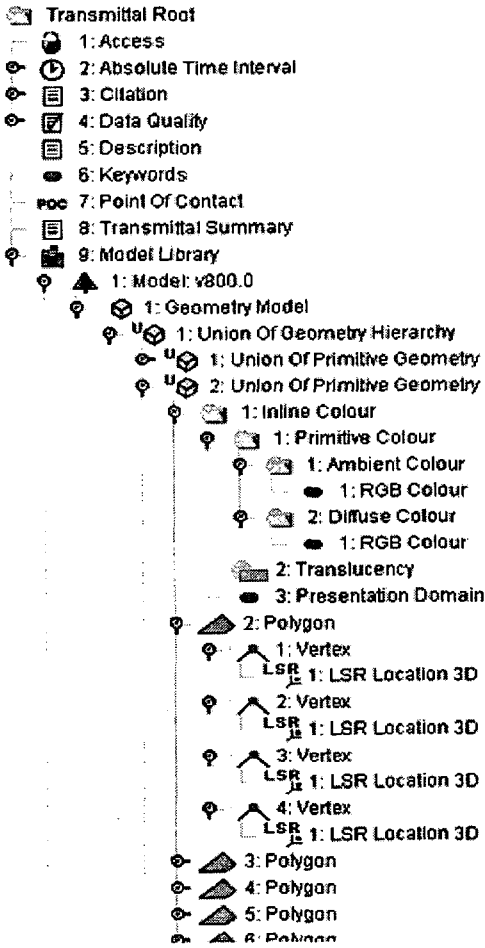
<그림 7> 'v800' 클램프 디바이스의 DELMIA 가시화



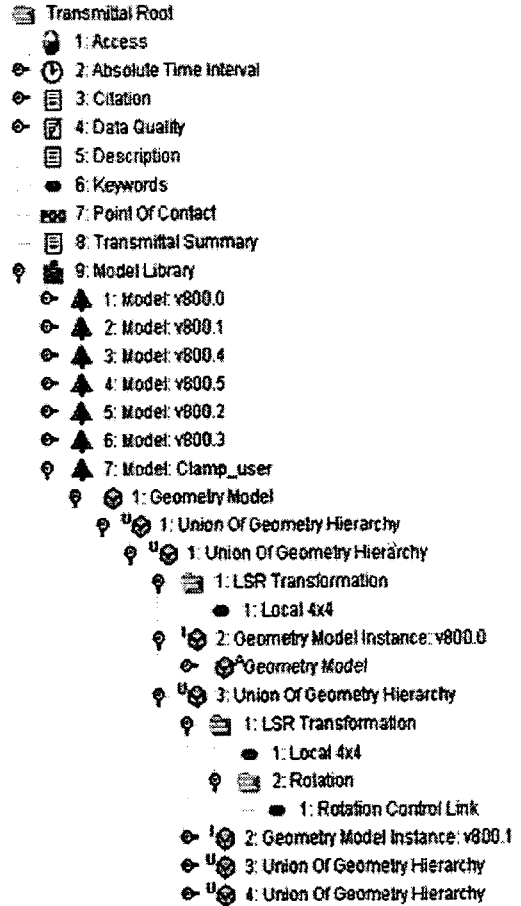
<그림 6> 'v800' 클램프 디바이스의 SEDRIS 가시화

디바이스는 파트 이름을 참조하여 불러들이고, <LSR Transformation>, <Rotation> 등의 클래스를 이용하여, 계층 구조와 회전 가능한 링크로 결합되어 있다.

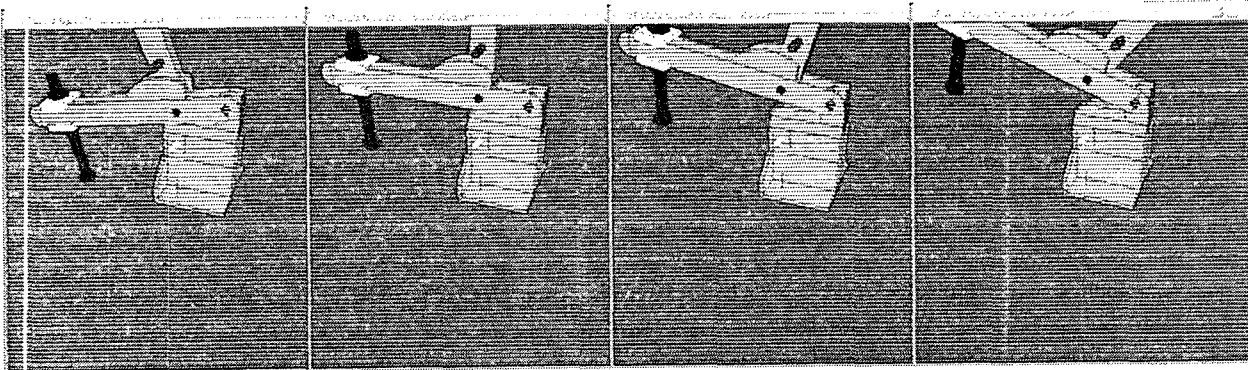
SEDRIS에서 상대 운동 시뮬레이션 정보는 <Control Link> 클래스에서 다루어진다. 본 연구에서는 여러 가지 Control Link 중에서 <Rotation Control Link> 클래스의 변환을 구



<그림 8> 'v800' 파트 STF 구조



<그림 9> 'v800' 디바이스 STF 구조



<그림 10> 'v800' 디바이스 회전 시뮬레이션

현하여, 시뮬레이션에 필요한 정보가 올바르게 전달됨을 확인하였다.

<그림 10>은 변환된 디바이스의 <Rotation Control Link> 클래스에 대한 시뮬레이션을 OpenGL Model Viewer에서 가시화한 결과이다.

이와 같은 방법으로 SEDRIS에서 제시하고 있는 DRM 클래스의 규칙과 문법을 잘 따라 소프트웨어를 설계한다면, 어떤 환경 데이터라도 SEDRIS를 이용하여 표현 및 교환이 가능하다.

또한 본 연구를 통하여 합성 환경의 표현과 교환을 위한 표준인 SEDRIS가, 디지털 생산 시뮬레이션 데이터를 표현하고 교환하는데 활용 가능성이 있음을 검증하였다.

7. 결론

디지털 생산 시뮬레이션 데이터를 재사용하고 응용하는 방법의 하나로, 합성 환경의 표준인 SEDRIS를 이용하는 방법을 제시하고, DELMIA 데이터를 SEDRIS 전달 포맷으로 매핑하고 변환하는 소프트웨어 구현을 통하여 실험해 보았다.

기존의 연구에서는 손실 없이 전달하는데 어려움이 있었던 의미 정보나 시뮬레이션 정보들도, SEDRIS에서 정의하고 있는 DRM 클래스를 이용하여, 표현과 전달이 가능함을 검증하였다.

본 연구를 통해 SEDRIS의 활용 영역을 디지털 생산 시뮬레이션 영역으로 확장하였으며, 기존의 환경 데이터와 디지털 생산 시뮬레이션 데이터의 융합 가능성을 제시하였다.

디지털 생산 시뮬레이션 데이터를 합성 환경에 매핑하기 위한 기반 연구는 수행되었지만, 실제로 SEDRIS를 통하여 전달된 시뮬레이션 정보가 활용되기 위해서는, SEDRIS 데이터 또는 SEDRIS에서 변환된 데이터를 지원하는 시뮬레이션 엔진과 같은 지원 도구들이 지속적으로 개발되어야 한다.

SEDRIS의 처음 목적은 디지털 생산 시뮬레이션이 아닌, 전장(battle field) 시뮬레이션을 위한 것이었다. 따라서 아직까지는 One SAF(Semi Automated Forces), Mod SAF와 같은 전장 시뮬레이션 엔진에서 사용하는 데이터베이스로 변환하였을 때 가장 이상적인 결과를 얻을 수 있다.

SEDRIS는 아직 표준화가 진행 중이다. 부족한 점도 많이 있지만, 표준화가 완성되고 활용 도구들이 많이 개발 된다면, SEDRIS가 인공적으로 생성된 모든 환경을 대표하여 활용될 것도 기대해 볼만하다.

참고문헌

- [1] 김용식, “가상 공장 시뮬레이션을 위한 PC 클러스터 기반의 다채널 가시화 모듈의 설계와 구현”, 한국과학기술원 석사학위논문, 2004
- [2] 김형철, 윤석준, “통합 환경 데이터베이스 상호 운용성의 사례 및 향후 발전 방향에 관한 연구”, 한국시뮬레이션학회 03 추계 학술대회 논문집, pp.43~50, 2003
- [3] 문홍일, “SEDRIS를 이용한 디지털 생산 시뮬레이션 환경의 융합”, 한국과학기술원 석사학위 논문, 2004
- [4] 손미애, “합성환경 표현 및 교환형세 (SEDRIS) 소개”, 한국국방연구원 국방정책연구 제59호, pp.99~127, 2003
- [5] 이명원 외, “가상환경 데이터 표현 인터페이스 구현”, 한국컴퓨터그래픽스학회 '04 추계 학술대회 논문집, 2004
- [6] ㈜코덱커뮤니케이션즈 김성곤 외, 「The development of Unambiguous and lossless 3D Data Converter & Common Interchange Format based on SEDRIS technology」, 디지털문화콘텐츠기술개발사업 최종연구개발결과보고서, 2003
- [7] Berta J., “Integrating VR and CAD”, *IEEE Computer Graphics and*

Applications, v.19, no.5, pp.14~19, 1999

[8] Carson, S., "Standards Pipeline: work with the SEDRIS organization begins", *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, v.34, pp.35~36, 2000

[9] Cox R., et al. "Port and Harbor Interactive Simulator", 02S-SIW-034, *Spring SIW (Simulation Interoperability Workshop)*, Orlando, FL., 2002

[10] Macchi, W., Sims, E., "Creating Interchangeable Human Models Using the SEDRIS DRM and H-Anim", 02F-SIW-095, *Fall SIW*, Orlando, FL., 2002

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

[12] Pivonka, J., "SPDI: The SEDRIS Parallel and Distributed Interface", *IEEE Proceedings of the 2003 User Group Conference*, pp.320~324, 2003

[13] Richbourg, B., "Digital Representations of the Environment: Requirements, Representations, and Constructions", *IDA(Institute of Defense Analyses) Research Summaries*, v.7, n.2, pp.1~6, 2000

[14] <http://www.delmia.com>

[15] <http://www.sedris.org>

[16] <http://www.acusoft.com>

주 작 성 자 : 문 홍 일
 논문투고일 : 2004. 05. 09
 논문심사일 : 2004. 09. 03(1차), 2004. 09. 06(2차), 2004. 09. 16(3차)
 심사판정일 : 2004. 09. 16

● 저자소개 ●



문홍일
 2000 한국과학기술원 기계공학과 학사
 2004 한국과학기술원 기계공학과 석사
 현재 현대모비스 부품정보운영부 재직
 관심분야: SEDRIS, 가상현실(VR)



한순홍
 1990 University of Michigan 박사
 STEP센터(www.kstep.or.kr) 회장, 전자거래학회(www.calsec.or.kr) 회장
 역임
 International Journal of CAD/CAM(www.ijcc.org) 편집장 역임
 현재 한국과학기술원 기계공학과 교수 (<http://icad.kaist.ac.kr>)
 관심분야: STEP, 가상현실 응용, 지능형 CAD