

< 논문 >

# 가상 공장 시뮬레이션을 위한 PC 클러스터 기반의 멀티채널 가시화 모듈의 설계와 구현

김용식\* · 양정삼† · 한순흥\*\*

(2005년 3월 22일 접수, 2005년 10월 28일 심사완료)

## Design and Implementation of Multichannel Visualization Module on PC Cluster for Virtual Manufacturing

Yong-Sik Kim, Jeongsam Yang and Soonhung Han

**Key Words :** Immersive Virtual Reality(몰입형 가상현실), Multichannel(멀티채널), PC Clusters(PC 클러스터), Virtual Manufacturing System(가상생산시스템)

### Abstract

Immersive virtual reality (VR) for the manufacturing planning helps to shorten the planning times as well as to improve the quality of planning results. However, VR equipment is expensive, both in terms of development efforts and device. Engineers also spend time to manually repair erroneous 3-D shape because of imperfect translation between 3-D engineering CAD model and VR system format. In this paper a method is proposed to link 3-D engineering CAD model to a multichannel visualization system with PC clusters. The multichannel visualization module enables distributed computing for PC clusters, which can reduce the cost of VR experience while offering high performance. Each PC in a cluster renders a particular viewpoint of a scene. Scenes are synchronized by reading parameters from the master scene control module and passing them to client scenes.

### 1. 서론

경쟁력 강화를 위해서 자동차산업, 조선산업 그리고 항공산업 등에서 도입하고 있는 가상생산시스템(Virtual manufacturing system, VMS)에 최근에는 가상현실 기술이 결합되고 있다. 작업자가 가상 공간의 공장에서 가상의 기계를 조작하거나, 가상의 제품을 다루면서 평가와 검증을 할 수 있다. 이러한 평가와 검증을 통하여 사전에 예상치 못한 오류를 파악하여 수정함으로써, 공정 전체의 시간과 비용을 감소시킬 수 있다.

VMS가 도입되기 전에는 단위 작업장에 대한 2차원의 수학적인 모델을 풀어, 이 결과를 모니터

상에서 대강의 형태를 그려보고 의사 결정을 하였다.<sup>(1-3)</sup> 이러한 수학적 모델링 방법은 실제의 3차원 공장을 2차원 모델로 추상화하는 과정에서, 수학적 모델의 불완전한 추상화와 2차원 공간의 한계로 인해, 실제 현장에 적용할 경우 오류 발생 가능성이 높다. 또한 정확한 결과를 위해서는 모델 추상화에 작업자의 많은 경험과 시간이 요구된다.

이에 대한 보완책으로 업체들은 2차원 공간에서 3차원 공간으로 확장하여 실제와 유사한 VMS를 도입하고 있다.<sup>(4-6)</sup> 그러나, 공정 시뮬레이션과 같은 VMS 결과를 저해상도의 모니터로 출력함으로써, 현장감을 작업자에게 효과적으로 전달하기에는 부족하고 정확한 인식을 제공하지 못하였다. 이를 개선하기 위한 방법으로 몰입형 가상현실 기술이 도입되고 있다.<sup>(7-9)</sup>

그러나, Dassault Systemes의 Delmia 또는 EDS의 VisFactory 등과 같은 상업용 VMS에서 몰입형 가

† 책임저자, 회원, 아주대학교 산업정보시스템공학부  
E-mail : nurbs7@gmail.com  
TEL : (031)219-2335

\* KAIST 기계공학과 mk37do@icad.kaist.ac.kr

\*\* 회원, KAIST 기계공학과 shhan@kaist.ac.kr

상현실 기술을 적용하는 과정에서 여러 가지 문제가 발생된다. 예로서, 가상현실시스템의 가시화 라이브러리와 VMS 간의 데이터 포맷의 차이로 인해 변환 과정이 요구되며, 변환 과정에서 데이터의 손실 및 오류를 방지하지는 못 한다.

본 논문에서는 가상현실이 도입된 기존 VMS 에서 발생하는 상기의 문제점을 보완하고, 작업자의 몰입감을 향상시킬 수 있는 멀티채널 가시화 시스템을 제안한다. 이를 위해서 다음과 같은 두 가지 방법으로 접근한다. 첫 번째는, VMS 에서 생성된 데이터를 가상현실 시스템용으로 변환하는 과정에서 발생하는 불일치나 오류 문제를 개선하기 위해서, 상업용 VMS 의 하나인 Delmia 를 몰입형 가상현실 시스템의 뷰어(Viewer)로 이용하였다. 이 경우 VMS 의 데이터를 직접 이용하기 때문에, 변환 과정에서 발생하는 데이터의 오류를 회피할 수 있다.

두 번째는, 가상현실 전용 시스템을 대신하는 PC 클러스터 방식의 가상현실 시스템을 멀티채널 스크린 형태로 구현하였다. 클러스터 된 다수의 PC 들은 상호간에 실시간으로 제어되며, 나뉘어진 다수의 화면들을 논리적으로 하나의 큰 화면을 구성할 수 있다. 이 방식은 가상현실 전용 시스템에 비해 가격 측면에서 유리하며, 적용 시스템의 환경에 따라 유연한 변경이 가능하다.

## 2. 관련 연구 현황

### 2.1 관련 연구

기존의 VMS 와 관련된 연구활동은 VMS 에 가상현실을 이용할 경우의 유용성을 증명하는데 초점을 주는 경우가 많았다. Weyrich *et al.*은 가상생산공장(Virtual manufacturing factory)를 위해서 가상의 물체가 입체적으로 투사되는 가상 작업대인 워크벤치를 개발하였다.<sup>(4)</sup> 작업자는 LCD 셔터 글래스를 착용하고 워크벤치에서 가시화되는 3 차원 장면을 입체적으로 관찰할 수 있다. 또한, 작업자는 6 차원 입력 기구를 통해 워크벤치 시스템과 상호작용을 할 수 있다. 계층적 객체 구조를 가지고 있는 이 시스템은 대용량의 형상 데이터를 처리하는 기능, Level of detail (LOD)을 처리하는 기능, 텍스처 매핑을 처리하는 기능들을 가지고 있다. 하드웨어 장비는 몰입 환경을 위하여 SGI 사의 Onyx 시스템을 사용하였으며, 자체 개발한 라이브러리를 통해 가시화한다. 그러나 이 연구는 가상현실의 응용 분야를 확대시키는 데 초점이 맞춰져 있으며, 제안된 시스템이 현업에서 생성된 현장의

데이터를 워크벤치 시스템 내에서 사용하기 위해서는, 데이터 변환과 같은 추가적인 작업이 필요하다.

Korves *et al.*은 제조 셀의 설비 배치 계획을 목적으로 Head-mounted display (HMD)를 이용하여 대화형 배치 시스템(Interactive layout planning system)을 개발하였다.<sup>(5)</sup> 이 시스템은 데이터베이스에서 필요로 하는 설비를 선택하여 가상작업공간(Workspace)에 위치시키고, 작업자의 선택에 따라 작업 환경을 배열하는 몰입형 인터페이스를 가지고 있다. 만약 작업자가 사전에 정의된 계약을 어겼을 때는 소리와 문자로 작업자에게 피드백을 한다. Korves 는 가상 현실의 유용성을 판단하기 위하여, 개발된 시스템을 이용해서, HMD 와 3-D 마우스를 사용하는 몰입형 가상현실 환경과 모니터와 일반 마우스를 사용하는 비 몰입 환경으로 나누어 비교 평가를 수행하였다. 이 실험의 결과에서 작업자가 설비 배치에 대한 경험이 있고 몰입형 가상현실 환경에 익숙한 경우, 몰입형 가상현실 환경이 비 몰입형 환경보다 오류 검증에서 더 좋은 평가를 받았다.

### 2.2 상업용 VMS

프랑스 Dassault Systemes 사의 Delmia Solution 은 데스크탑(Desktop) 가상현실 환경에서 가상공장과 로봇 중심의 시뮬레이션을 통해, 제조과정에서 발생하는 문제들을 사전에 평가할 수 있다.<sup>(10)</sup> 또한 인간 형태의 아바타(Avatar)를 프로세스에 포함시켜, 작업자가 움직이거나 작업하는 모습을 아바타를 통해 흉내 내게 함으로써, 실제 작업 환경을 유추할 수 있는 환경을 제공하고 있다.

미국 EDS 의 VisFactory 는 3-D 그래픽스 환경에서 가상 공장의 설비 배치 및 분석을 할 수 있다.<sup>(11)</sup> VisFactory 는 레이아웃 설계를 위한 FactoryCAD 와 레이아웃 분석을 위한 FactoryFlow 로 구성되어 있다. FactoryCAD 는 크레인, 컨베이어, 로봇 등과 같은 형상 데이터와 해당 장비에 대한 구입비, 전원, 사이클 타임, 연동 시간 등과 같은 설비 관리에 관련된 속성 정보를 라이브러리에서 선택하여, 작업자가 요구하는 최적의 레이아웃을 설계 할 수 있다. FactoryFlow 는 제조과정에서 작업자와 제품의 흐름을 분석 할 수 있도록 비용, 이동량을 시각적으로 표현하여 공장의 레이아웃을 이해하고 개선점을 파악할 수 있다.

Delmia Solution 과 VisFactory 는 일반적으로 데스크탑 모니터에서 공정 시뮬레이션에 대한 가시화만을 제공한다. 몰입형 가상현실을 위해서는 SGI 의 Onyx 에서 운용되는 전용 뷰어를 가지고 있는

특수한 하드웨어를 이용해야 한다. 그러나, VMS에서 생성된 공학용 CAD 데이터를 상기의 전용 뷰어에서 사용하기 위해서는, VRML 과 같은 중립 포맷으로 변환하는 과정이 필요하다. 이 변환 과정은 아직 완벽하지 못해서 복잡도가 높을수록 형상의 왜곡과 데이터 손실이 초래될 수 있다.<sup>(12)</sup> 실제 변환 결과, 축에 연결된 캠들이 축의 움직임에 연동되지 않은 채 개별적으로 움직이는 것과 같이 동적인 부분에서 많은 문제점이 발견되었다.

### 3. 멀티채널 가시화 모듈의 설계

#### 3.1 시스템 구축을 위한 요구조건

PC 클러스터 기반의 멀티채널 가시화 시스템을 구축하기 위해서는, 분할된 화면들이 논리적으로 하나의 대형 화면을 이룰 수 있도록 장면전환 시 화면 일치와 정보상태의 일치가 필요하다.

##### 3.1.1 장면전환의 일치

하나의 모델을 멀티채널 가시화 시스템에서 가시화 할 경우, 각 화면이 동일한 화면을 출력되는 경우는 드물다. 이는 각 PC 에서 처리해야 할 그래픽 부하에 차이가 있음을 의미한다. Fig. 1은 랜딩기어 모델을 3 개의 대형 스크린을 가진 멀티채널 시스템에서 가시화한 결과이다. 이 사례에서 보는 바와 같이, 각 스크린에 하나의 프레임을 가시화하는데 필요한 시간은 왼쪽 스크린에서는 7millisecond(ms), 중앙 스크린에서는 4ms, 그리고 오른쪽 스크린에서는 2.8ms 등으로 서로 다르게 연출된다. 즉, 왼쪽 스크린에서 가시화되는 그래픽 부하가 중앙 스크린과 오른쪽 스크린에서 가시화되는 그래픽 부하보다 많기 때문이다. 그래픽 부하의 차이는 각 PC 에서 해당 프레임을 완료하는 시간의 차이를 발생시키며, 이러한 그래픽 부하의 불균형은 각 화면이 처리해야 하는 프레임 속도의 차이를 야기하게 된다. 이 차이는 시간에 따라 더 커지게 된다. 이것은 사용자가 볼 때 일치된 이미지를 제공하지 못하고, 부분적으로 끊긴 듯한 화면을 보게 되어 몰입감을 저해하는 요인이 된다.

이러한 문제점을 해소하기 위해서는, 전체 프레임의 진행 상태를 지속적으로 확인하여 그래픽 부하 차이에 따라 느려지는 경우에 대해서 직접적인 제어를 통해서 보완해야 한다. 이와 더불어, 동시에 하나의 프레임과 다음 프레임 사이의 전환도 제어를 통해서 실시간으로 이루어지도록 처리하는 것이 필요하다.

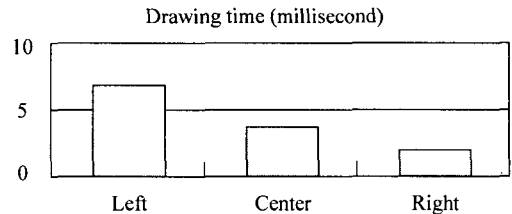
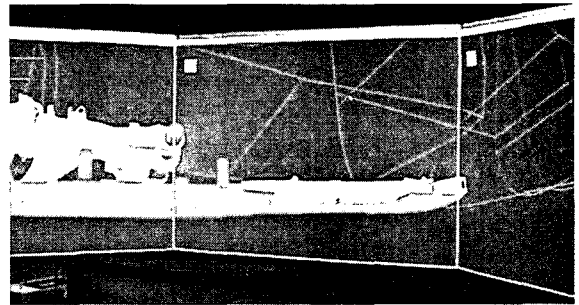


Fig. 1 Example of drawing time difference due to the graphic load

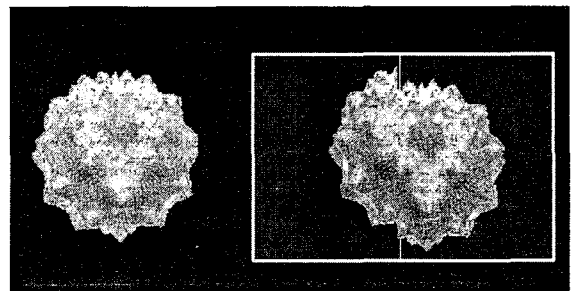


Fig. 2 Example of inconsistency of the state synchronization

##### 3.1.2 화면 상태정보의 일치

상태의 동기화는 물리적으로는 여러 개로 나뉘어진 화면이 논리적으로는 하나로 보이도록 하기 위해서 필요한 것이다. 전체가 하나의 화면으로 보이기 위해서는, 여러 화면들 각각에 대해서 서로 다른 세부 설정을 요구한다. 또한, 가시화되고 있는 대상의 움직임, 색의 변화와 같은 다양한 상태 정보도 일치되어야 한다.

Fig. 2는 두 개의 화면이 같은 대상에 대해서 서로 다른 상태 정보를 가지고 있는 예를 보여준다. 형상을 위쪽으로 이동할 경우, 왼쪽 그림과 같이 형상의 왜곡 없이 표현되어야 하지만, 적절한 제어가 이루어지지 못할 경우에는 오른쪽 그림처럼 일부 화면에만 갱신되어 형상이 찢어져 보일 수 있다.

이와 관련된 사항들을 가상공장 시스템에 대해서 고려할 경우에 장비들의 동적인 움직임, 장비의 상태에 따른 색깔 변화 그리고 특정 시점의 변화 등 다양한 상태의 일치가 요구된다.

본 논문에서는 마스터(Master) PC 가 매 프레임마다 변경되는 상태 정보를 확인하여 네트워크를 통해 각각의 슬레이브(Slave) PC 로 전송하도록 구현한다. 일반적인 네트워크 대역폭의 제한을 고려하여, 데이터를 사전에 슬레이브 PC 로 분산 저장해 두고, 업데이트되는 정보만 확인하여 슬레이브 PC 로 전송하는 방식을 이용한다.

### 3.2 멀티채널 가시화 모듈의 설계

몰입형 가상현실 환경을 구축하기 위해서, VMS의 하나인 Delmia 를 뷰어로서 이용하여 PC 클러스터 기반의 멀티채널 가시화 시스템을 구현한다.

#### 3.2.1 제어 모듈의 설계

본 논문에서 제시하는 시스템은 Fig. 3 에서 보는 바와 같이 전체 시스템을 제어하는 마스터 PC 와 VMS 를 제어하는 슬레이브 PC 로 클러스터링되어 있다.

마스터 PC 는 사용자 인터페이스 모듈 (User interface module), 전역 제어 모듈 (Global control module)로 구성된다. 사용자 인터페이스 모듈은 사용자의 입력을 받아서 시스템이 대응할 수 있도록 전역 제어 모듈에 해당 명령어를 지시한다. 전역 제어 모듈은 네트워크로 클러스터 되어 있는 PC 들의 전체 움직임을 감시하며, 이를 통해 장면

전환 및 관련 데이터 통신을 주관한다.

슬레이브 PC 는 국지 제어 모듈 (Local control module), 번역기 모듈 (Translator module)로 구성된다. 국지 제어 모듈은 전역 제어 모듈로부터 전달 받은 명령어를 슬레이브 PC 에서 수행하기 위해 번역기 모듈에 전달한다. 번역기 모듈은 국지 제어 모듈로부터 전달 받은 명령어를 VMS 에서 수행되도록 제어 및 감시를 한다.

장면 전환 및 상태정보를 일치시키는 역할을 하는 전역 제어 모듈은 클러스터링 된 모든 슬레이브 PC 들을 실시간으로 감시한다. 작업자의 입력 데이터와 VMS 에서 발생하는 동적인 움직임에 대한 스크립트(Script) 데이터를 확인하여, 변경된 정보가 있는 경우에 화면을 제어하는 신호를 슬레이브 PC 에 전송한다. 스크립트 데이터는 모델의 동적인 움직임에 대한 정보를 가지고 있다.

화면 갱신이 완료되면 국지 제어 모듈은 전역 제어 모듈로 완료 신호를 보낸다. 전역 제어 모듈은 모든 슬레이브 PC 로부터 완료 신호가 접수될 때까지, 완료 신호를 보낸 슬레이브 PC 가 다음 프레임으로 넘어가지 못하도록 대기시킨다. 이를 통해 화면 갱신 속도의 차이를 줄일 수 있다. 완료 신호를 모두 접수하면 전역 제어 모듈은 다음 이미지 프레임으로 넘어갈 것을 모든 슬레이브 PC 에 지시한다.

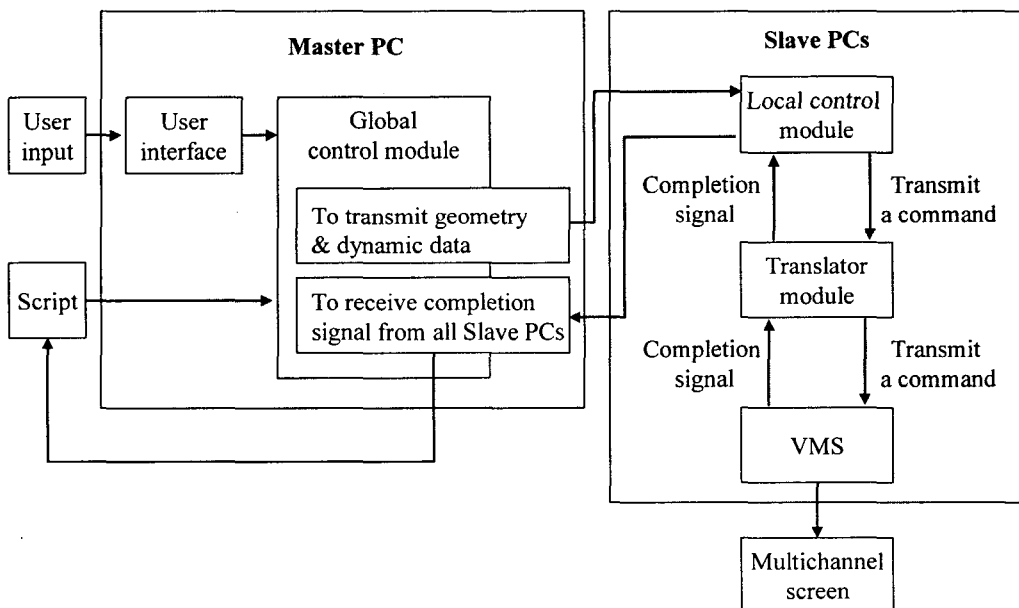


Fig. 3 Configuration of the multichannel visualization system

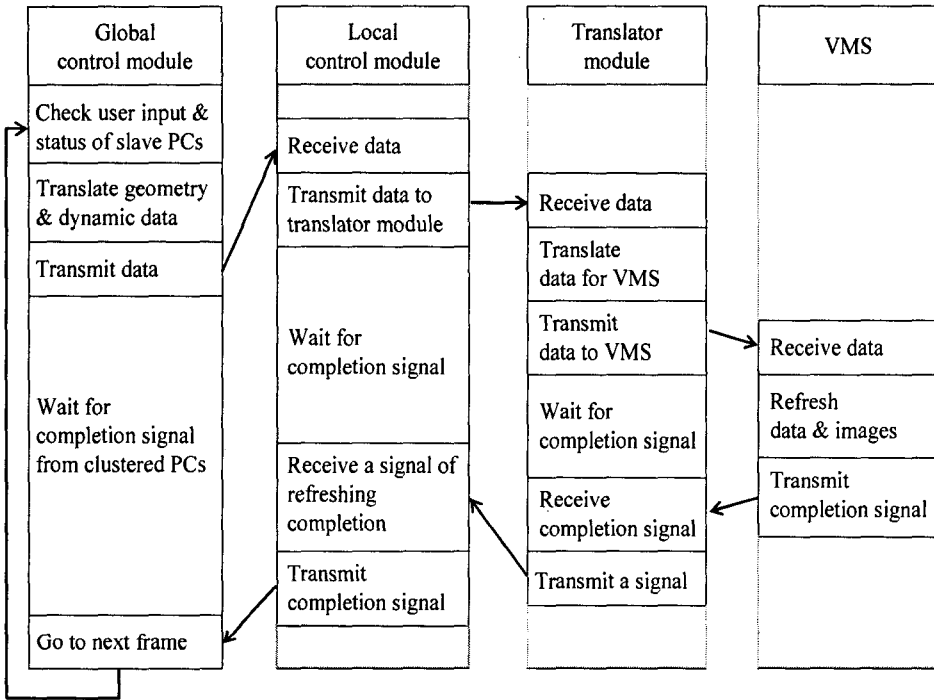


Fig. 4 Data flow of the control modules

Fig. 4 는 마스터 PC 의 전역 제어 모듈과 클러스터 된 각각의 슬래브 PC 의 국지 제어 모듈 사이에서 이미지 프레임이 갱신되는 과정을 시간 축에 따라 보여준다. 갱신된 프레임은 번역기 모듈을 경유하여 VMS 에 이미지가 생성된다.

3.2.2 Translator module 의 설계

번역기 모듈은 국지 제어 모듈에서 전송 받은 데이터를 VMS 에 적합한 명령어 형태로 변환한다. 변환 내용에는 작업자의 위치 변경에 따른 뷰(View) 데이터의 갱신, 애니메이션 동작의 시작, 정지, 일시 정지에 대한 정보, 이미지 프레임에 대한 화면의 갱신 그리고 갱신 완료 신호의 발송을 포함한다.

본 논문에서는 상업용 VMS 인 Dassault Systemes 의 Delmia 를 이용하였다. Delmia 의 시뮬레이션 엔진에 접근하기 위해서 CLI (Command Line Interpreter)를 사용하여 번역기 모듈을 구현하였다. API 형태로 제공되는 CLI 는 시뮬레이션 엔진을 외부에서 접근하여, 가시화에 관련된 명령어를 제어할 수 있다.

4. 구현과 실험

4.1 구현 환경

Table 1 은 프로그래밍 구현 환경을 보여 준다. 운영체제는 윈도우즈 2000 을 이용하였다. 전역 및 국지 제어 모듈은 Win32 API 를 기반으로 구현하였고, 사용자 인터페이스를 위해 Microsoft foundation classes (MFC)를 사용하였다. VMS 와 연동되는 번역기 모듈은 C++을 기반으로 Delmia 의 CLI 을 이용하여 시뮬레이션 엔진에 접근할 수 있도록 구현하였다. 또한, Delmia 의 원격 제어를 위해 Delmia 에서 제공하는 Nettools 을 사용하였다. 그리고, 독립된 네트워크를 구축하여 안정성이 보장하므로 TCP/IP 보다는 속도가 빠른 UDP/IP 를 이용하였다.

본 연구에서 구현된 PC 클러스터 기반의 멀티채널 가시화 시스템은, Fig. 5 에서 보는 바와 같이 5 개의 채널로 구성되어 작업자의 몰입감을 제공한다. 각각의 채널은 1 개의 120 인치 스크린, 1 대의 슬래브 PC, 1 대의 빔 프로젝터로 구성되어 있다. 각각의 스크린에서 수평시야각(Horizontal field of view)과 수직시야각(Vertical field of view)은

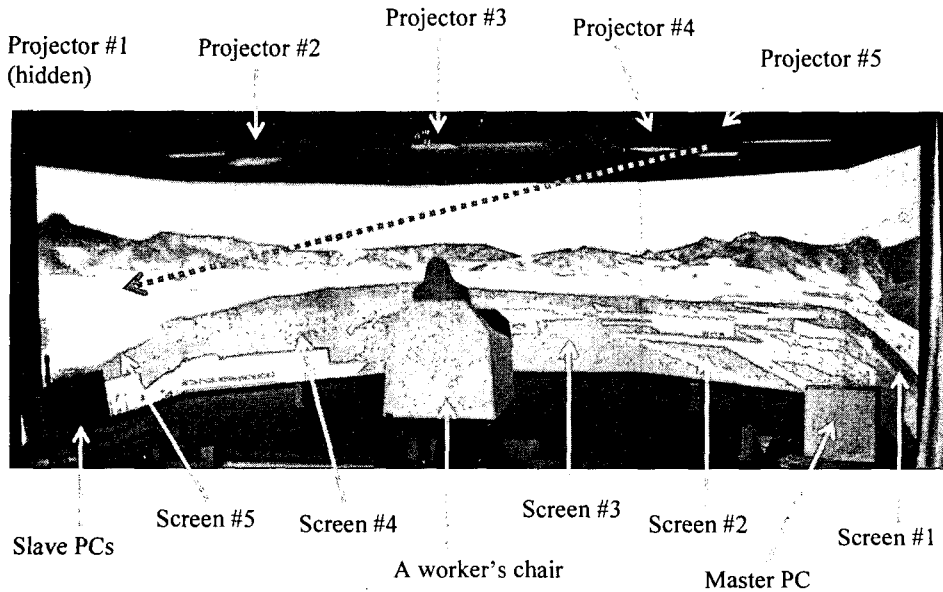


Fig. 5 Hardware arrangement of the multichannel visualization system

Table 1 Programming implementation environment

Operating System	Windows 2000 Professional
Global & local control module	C++, Win32 API, and MFC
Translator module	C++, CLI, and Nettools
Networking	UDP/IP and Nettools
VMS	Delmia of Dassault Systemes

각각 45 도로 작업자를 둘러싸여 배치되어 225 도의 수평시야각을 제공한다. 또한, 1024 x 768 의 해상도를 가지는 5 개의 스크린은 병렬로 배치되어 총 5,120 x 768 의 해상도를 가진다.

각각의 슬레이브 PC 에는 번역기 모듈과 국지 제어 모듈이 설치되어 있으며, 마스터 PC 에는 사용자의 시스템 조작을 위한 인터페이스 모듈과 슬레이브 PC 와의 명령어 교환을 위한 전역 제어 모듈이 위치하고 있다. 클러스터 PC 는 펜티엄 4 Processor / 2.4GHz 의 CPU 를 장착하고 있는 범용 데스크탑 PC 를 사용하였고, 100 Mbps 의 Ethernet 네트워크로 연결되어 있다.

작업자가 동영상을 자연스럽게 인지하기 위해서는 매 프레임이 30ms 이내로 처리되어야 한다. 본

연구에서 적용된 하드웨어의 시험 결과, 75Hz 의 갱신율을 가지는 각 PC 에서 VMS 의 한 프레임을 가시화하는데 소요되는 시간은 13ms 이내이며, PC 들 사이의 네트워크 소요 시간은 0.1ms 이하였다. 따라서 본 시스템은 요구되는 속도를 만족시킬 수 있다.

#### 4.2 멀티채널 가시화 모듈의 구현

##### 4.2.1 사용자 인터페이스 모듈

윈도우즈 환경에서 MFC(Microsoft foundation class)를 이용하여 사용자 인터페이스 모듈을 구현하였다. 작업자는 키보드를 이용해서, 관찰 위치의 조절, 시뮬레이션의 실행 및 정지, 그리고 시뮬레이션 통제에 필요한 데이터를 입력 받아 전역 제어 모듈로 전송한다.

##### 4.2.2 전역 제어 모듈

전역 제어 모듈은 사용자 인터페이스 모듈과 국지 제어 모듈에 연동된다. 전역 제어 모듈은 특정 VMS 에 종속되지 않고 Delmia 뿐만 아니라 다른 VMS 에서 수정 없이 재사용이 가능하도록 하드웨어 의존적인 라이브러리의 사용을 줄였다.

시뮬레이션 도중에는 외부에서 Delmia 를 제어할 수 없다. 이로 인해 멀티 채널을 위한 제어를 할 수 없기 때문에 화면 불일치의 문제 등이 생긴다. 본 시스템에서는 하나의 시뮬레이션을 짧은 시뮬레이션으로 나누고, 이 사이에 제어를 진행하는 방식으로 처리하였다.

Fig. 6 은 전역 제어 모듈에서 시뮬레이션 상황과 시뮬레이션 상황이 아닐 때로 나누어서 상기의 문제를 처리하는 과정을 보여준다. 시뮬레이션이 아닌 경우에는 주로 작업자의 요구 사항 위주로 처리되고, 시뮬레이션 상황인 경우에는 작업자의 요구 사항과 시뮬레이션에 필요한 데이터를 동시에 처리되도록 짧은 간격으로 빠르게 전환해가면서 처리한다.

4.2.3 번역기 모듈과 국지 제어 모듈

번역기 모듈은 국지 제어 모듈로부터 작업자의 요구 사항을 받아서, 슬레이브 PC에 설치되어 있는 VMS에 맞도록 변환하는 역할을 한다. 이렇게 변환된 데이터를 이용하여 국지 제어 모듈은 VMS와 연동된다.

본 연구에서 사용되는 데이터는 작업자의 위치 정보를 위한 데이터와 부가기능을 위한 보조 데이터를 가진다. 작업자의 위치는 6 자유도(Degree of freedom)의 위치와 방향에 대한 정보를 가지고 있다. 보조 데이터는 파일 로딩, 초기화 그리고 시뮬레이션 시작, 정지, 일시정지 등에 필요한 정보를 가지고 있다.

번역기 모듈은 위치 정보에 대한 데이터와 보조데이터를 VMS를 구동하기에 적합한 명령어로 변환한다.

국지 제어 모듈은 슬레이브 PC의 초기 환경변수 설정 기능, 전역 제어 모듈과의 연계 기능 그리고 번역기 모듈과의 연계 기능을 한다. 초기 환경변수 설정 기능은 다수의 화면이 하나의 논리적

화면처럼 보이도록 화면의 FOV(Field of view), 시야각(Viewing angle) 등에 관련된 개별 디스플레이 설정을 처리한다. 전역 제어 모듈과의 연계 기능은 전역 제어 모듈에 VMS의 상태 전달과 제어 방법을 제공한다. 번역기 모듈과의 연계 기능은 위치정보에 대한 데이터와 보조데이터를, VMS의 명령어로 변환하여 VMS와의 호환성을 유지한다.

본 연구에서 VMS 모듈로 사용된 Delmia는 뷰에 관련된 API의 기능이 제한되어 있기 때문에, Delmia의 카메라 마운팅 기능을 이용하여 간접적으로 뷰 관련 기능을 제어하였다. Delmia 내부적으로 사용자용 카메라를 추가하고, 전역 제어 모듈은 이 카메라를 제어함으로써 뷰 제어 기능을 구현하였다.

4.3 실험

Fig. 7은 항공기의 랜딩기어 모듈을 본 논문에서 구현한 멀티채널 가시화 시스템에서 가시화한 것을 보여준다. 랜딩기어 모듈은 랜딩기어 박스, 랜딩기어, 랜딩기어 지지대, 그리고 현가장치(suspension system)에 대한 형상정보와 동적정보(Kinematics)를 포함하고 있다. 랜딩기어 박스의 커버가 열리고, 랜딩기어가 전개되는 과정을 시뮬레이션 한다. 다른 스크린에 비해 왼쪽에서 두 번째 스크린에서 그래픽 부하가 많이 발생됨에도 불구하고

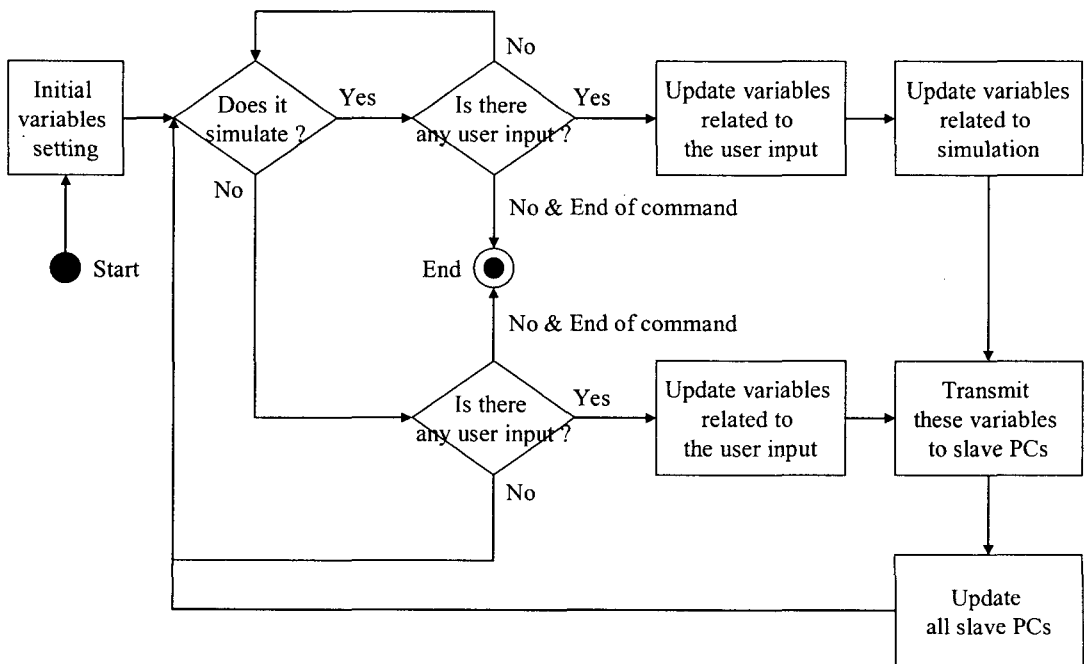


Fig. 6 Flowchart of the global control module

하고, 시뮬레이션은 모든 스크린에서 정상적으로 구동된다.

Fig. 8 은 완성차 조립라인의 일부를 본 시스템에서 가시화 한 그림이다. BIW (Body in white)가 올려진 차대(Station)를, 두 대의 스폿 용접용 로봇이 있는 조립라인으로 이동해서, 로봇의 지그를 통해 BIW의 지붕 부분을 용접하는 시뮬레이션이다. 실제 조립라인의 크기와 동일한 그래픽 공장에서 로봇의 용접상태를 근접거리에서 확인함으로써, 조

립과정에서 발생할 수 있는 공정 오류를 사전에 확인할 수 있다.

Fig. 9 는 완성차 조립라인에서 타이어 조립 공정을 시뮬레이션 한 그림이다. 컨베이어벨트를 타고 조립라인으로 들어온 완성차에 아바타 형태의 작업자가 타이어를 선택해서 장착하는 모습을 보여준다. 작업자의 동선(Traffic line)을 사전에 파악함으로써, 작업 환경에 대한 인간공학적 평가가 가능하다.

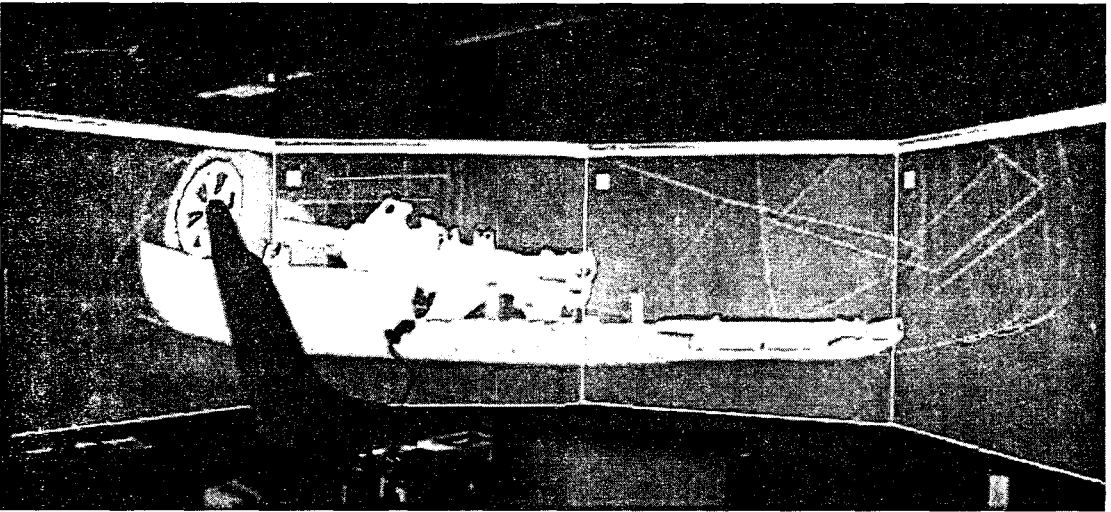


Fig. 7 Experiment 1: landing gear module simulation

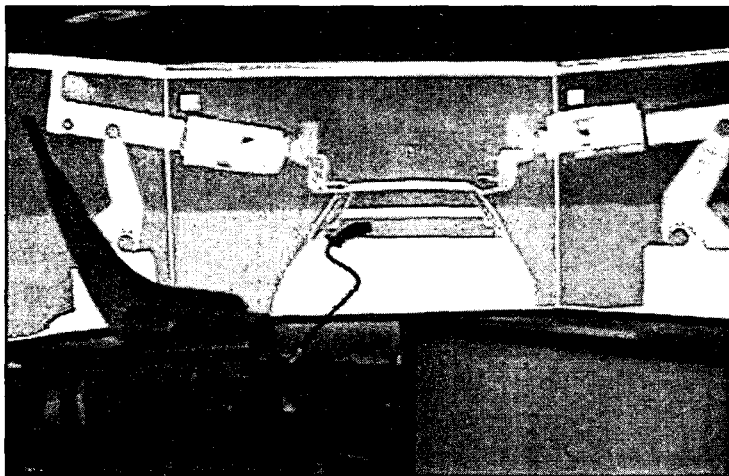


Fig. 8 Experiment 2: spot welding robot simulation for BIW



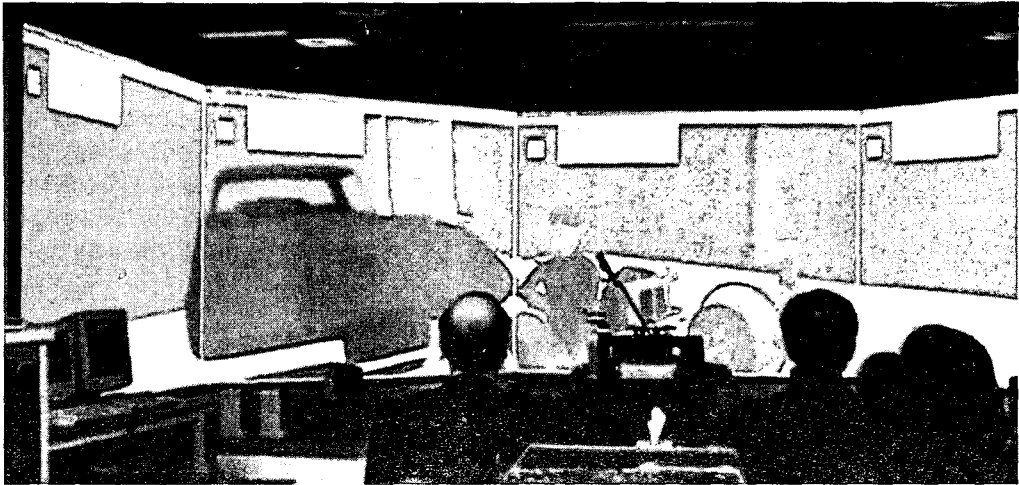


Fig. 9 Experiment 3: tire assembly simulation

Table 2 Comparison with existing systems

	Our method	SGI Onyx hardware dedicated to Delmia	VR viewers with data conversion
Hardware	Low price desktop PC	Exclusive hardware	Low price desktop PC
Construction cost	Inexpensive	Expensive	Inexpensive
Data accuracy	No need for data conversion	No need for data conversion	Causes data loss due to data conversion
Execution speed	Reduced speed due to the network	High speed with the system bus	Reduced speed due to the network
System expansion	Expandable	Expensive to expand from the initial design specifications	Expandable

#### 4.4 관련 연구와 비교

상업용 VMS 를 이용해서 멀티채널 스크린 형태의 가상현실 환경을 구축하기 위해서는, VMS 와 연동 가능한 멀티채널 전용 하드웨어를 사용하는 방법과, VMS 에서 생성된 형상데이터와 동적데이터를 중립파일 또는 멀티채널 스크린의 전용 파일로 변환하여, 몰입형 가상현실 시스템을 사용하는 방법이 있다. 그러나 이 두 가지 방법은 구축비용, 데이터의 정확성, 그리고 시스템 확장성 측면에서 단점을 가지고 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은, 상업용 VMS 에 멀티채널을 구동할 수 있는 모듈을 추가하는 것으로써, 데이터의 정확성과 저가로 시스템을 도입할 수 있는 장점을 가지고 있다.

Table 2 는 본 논문에서 제안하는 방법, 멀티채널

을 구동할 수 있는 Delmia 기반의 SGI Onyx 하드웨어를 사용하는 방법, 그리고 파일 변환을 통해 가상현실 전용 시스템을 사용하는 방법을 비교한 것이다. Onyx 시스템은 멀티채널 형태의 몰입형 가상현실 환경으로 개발된 전용 하드웨어 이므로, 속도 면에서 우수하나 도입비용이 고가이고 초기에 설계된 사양으로 고정되어 확장성이 떨어진다.

#### 5. 결 론

종래에는 가상현실이 요구하는 고성능의 실시간 처리를 위하여, 고가의 워크스테이션과 전용 장비를 필요로 하였다. 그러나, 최근 PC 의 연산 능력과 3 차원 그래픽 가속기의 성능이 급속하게 향상되면서, PC 를 기반으로 하는 가상현실 시스템의

등장이 가능해졌다.

본 연구에서는 저가의 데스크탑 PC 로 클러스터를 구성하여, 현장에서 사용중인 상업용 VMS 에 멀티채널 디스플레이 기능을 추가하여 몰입형 가상현실 환경을 구현하였다. 구현된 멀티채널 가상화 시스템은 상업용 VMS 의 하나인 Delmia 를 기반으로 225 도의 시야각과 5120 x 768 의 고해상도로 구동된다. 작업자에게 넓은 시야각과 실제 크기와 동일한 환경을 제공하기 때문에 가상공장에 대한 몰입감을 높일 수 있다.

본 연구에서 구현된 멀티채널 가상화 모듈은, 독립적인 다수의 PC 를 제어하여 하나의 논리적인 화면을 구성하게 함으로써, 사용자에게 보다 넓은 시야를 제공하여 몰입감을 높여 준다. 또한, 기능에 따라 제어 모듈과 번역기 모듈로 분리하여, 네트워크 통신을 통해 VMS 와 연동된다. 이렇게 분리된 구조는 성능 면에서 하나로 집약된 시스템에 비해 네트워크 부하를 줄이며, 추가 기능을 확장하기에 유리하다. 또한, 구현된 모듈을 다른 VMS 와 연동할 경우에는 개발에 필요한 작업량을 감소시킨다.

향후 연구는 몰입감의 향상을 위하여 멀티채널 가상화 시스템에 스테레오(Stereo) 기능을 추가하는 것이다. 이를 위해서, 소프트웨어 측면에서는 VMS 에서 뷰 관련 내용에 대한 수정과, 하드웨어 측면에서는 편광 필터를 장착한 2 대의 빔 프로젝터를 이용하여 Passive 스테레오 방식의 몰입 환경의 추가가 가능하다.

### 참고문헌

- (1) Iqbal, M. and Hashmi, M.S. J., 2001, "Design and Analysis of a Virtual Factory Layout," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 118, pp. 403~410.
- (2) Lari, M.B., 1999, "Layout Design in Cellular Manufacturing," *European Journal of Operational Research*, Vol. 112, pp. 258~272.
- (3) Shukla, C., Vazquez, M. and Chen, F.F., 1996, "Virtual Manufacturing: an Overview," *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 31, No. 1, pp. 79~82.
- (4) Weyrich, M. and Drews, P., 1999, "An Interactive Environment for Virtual Manufacturing: the Virtual Workbench," *Computers in Industry*, Vol. 38, pp. 5~15.
- (5) Korves, B. and Loftus, M., 2000, "Designing an Immersive Virtual Reality Interface for Layout Planning," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 107, pp. 425~430.
- (6) Ng, F.M., Ritchie, J.M., Simmons, J.E.L. and Dewar, R.G., 2000, "Designing Cable Harness Assemblies in Virtual Environment," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 107, pp. 37~43.
- (7) Bao, J.S., Jin, Y., Gu, M.Q., Yan, J.Q. and Ma, D.Z., 2002, "Immersive Virtual Product Development," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 129, pp. 592~596.
- (8) Paillot, D., Merienne, F., Neveu, M., Frachet, J.P. and Thivent, S., 2003, "Virtual Immersive Review for Car Design," *Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems*, pp. 445~452.
- (9) Mancini, F., Viganò, G., Liao, Z., Sacco, M. and Boer, C.R., 2004, "The Virtual Factory a Semi-Immersive Interactive 3D Environment," *Proc. 2004 Summer Computer Simulation Conference: SCSC 2004*, pp. 502~506.
- (10) Delmia Solutions: Overview, <http://www.delmia.com>
- (11) VisFactory, <http://www.plmsolutions-eds.com/products/colsol/>
- (12) Ressler, S. and Wang, Q., 2003, "Using Web3D Technologies to Visualize and Analyze Caesar Data," *Proc. 15th Triennial Congress International Ergonomics Association* ([http://www.itl.nist.gov/iaui/ovrt/IEA2003\\_pix.pdf](http://www.itl.nist.gov/iaui/ovrt/IEA2003_pix.pdf)).

(1) Iqbal, M. and Hashmi, M.S. J., 2001, "Design and Analysis of a Virtual Factory Layout," *Journal of*