

가상현실을 이용한 가스플랜트의 VR Monitoring System 개발

서 명원* • 조 기용** • 박 대유***

Development of VR Monitoring System for Gas Plant

Myung-Won Suh, Ki-Yong Cho, Dae-You Park

Key Words : Virtual Reality(가상현실), Virtual Reality Environment(가상현실환경), Virtual Reality Modeling Language(가상현실모델언어), Virtual Reality Monitoring System(가상관제시스템)

Abstract

VR (Virtual reality) technologies have given engineers the ability to design, test, and evaluate engineering systems in a virtual environment. The virtual plant is the highlight of the application of the VR technology to plant engineering. Plant design, maintenance, control, management, operation are integrated in the virtual plant. The VR monitoring system including the concept of the virtual plant is developed to replace a current control room that has number of gages and warning lamps in two-dimensional panels which shows the operating status of a plant. The operating status of the plant is displayed in the VR monitoring system through the realistic computer graphics. Sophisticated, realistic and prompt control becomes possible. The VR monitoring system consists of advanced visualization, walk-through simulation and navigation. In the virtual environment, a user can navigate and interact with each component of a plant. In addition, the user can access the information by just clicking interesting component. The VR monitoring system is operated with various modules, such as (1) virtual plant constructed with Graphic Management System (GMS), (2) Touch & Tell System, and (3) Equipment DB System of Part. In order to confirm the usefulness of the VR monitoring system, a pilot gas plant which is currently being used for plant operator training is taken as application. The end of the paper gives an outlook on the future work and a brief conclusion.

1. 서론

가상현실(Virtual Reality)이란 컴퓨터 모형화와 모의실험을 통해 사용자로 하여금 인공적인 3차원 시각적 환경 및 그 밖의 감각적 환경과 상호 반응하게 하는 기술을 의미한다⁽¹⁾. 가상현실은 현실을 그대로 모방 재현한 컴퓨터가 만들어낸 환경에 사용자를 몰입 시킨다⁽²⁾. 가상현실 기술의 기초는 1960년대 비행기 조종사에게 추적 시스템 화면장치를 머리에 쓰게 해 비행기 조종 훈련을

가르치던 모의 비행 훈련 장치에서 시작되었다. 그리고 1980년대 미국의 군부와 미국항공우주국(National Aeronautics and Space administration/NASA)에서 컴퓨터 상호반응 시스템을 만들기 시작하면서 가상현실은 본격화되었다. 1989년, 미국 국방부는 군사 요원들이 상호 반응적인 실시간 훈련 시스템에서 전투작전을 훈련할 수 있도록 해주는, 마이크로컴퓨터를 기초로 한 실험적인 네트워크인 심넷(Simnet: simulator network)을 구축했다. 심넷은 1991년 페르시아만 전쟁 때 미군이 실제 상황에 대비해 훈련을 하는 데 사용되었다⁽³⁾.

오늘날에는 가상현실을 새로운 데이터 전달 매체로 사용하는 기술들이 개발되고 있다. 현재까지 모든 문서나 매체의 전달은 2차원적인 공간에서 이루어져 왔다고 해도 과언이 아닐 것이다. 그러

* 성균관대학교 기계공학부

** 성균관대학교 대학원

*** 성균관대학교 대학원

나, 가상현실 기술의 발달은 평범하고 단순한 매체 전달 방법을 3 차원적이고 상호 작용적인 형태로 바꾸어 놓고 있다. 즉, 그것은 사용자가 실제 환경과 유사하게 만들어진 컴퓨터 모델 속에 들어가 시각 청각 촉각과 같은 감각들을 이용하여 그 속에서 정의된 세계를 경험하고 상호 교환적으로 정보를 주고받도록 하는 방식이다.

가상현실의 활용범위를 살펴보면 그 범위는 무한하다고 할 수 있다. 산업 분야에서 가상현실이 가장 주요하게 사용될 곳은 아무래도 사람이 접근하기 어려운 부분과 매우 큰 구조물에 대한 작업이 될 것이다. 원자로나 대형 플랜트 등 사람이 직접적으로 출입하기가 어려운 곳이나 광활한 범위에 구축된 플랜트 등에서 순간적이고 예상치 못했던 상황에 대한 완벽한 제어를 위해서는 가상현실이 꼭 필요한 기술이 될 것이다.

본 연구에서는 가상현실 기법을 가스플랜트에 적용하여 기존의 평면형 전광판 형식의 P&ID (Piping and Instrument Diagram) 상황판을 획기적으로 개선한 VR(Virtual Reality) Monitoring System을 개발하였다.

2. VR (Virtual Reality) Monitoring System

가스플랜트에 대한 VR monitoring system 은 Graphic Management System(GMS), 디자인 DB, Touch & Tell 시스템 및 설비 DB로 구성되었다.

2.1 VR monitoring system 의 구성

Graphic Management System 은 2 차원 도면으로부터 디자인 DB를 생성하고 이를 통하여 각 Area 별 그래픽 모듈을 완성하여 전체적인 VR 데이터 파일을 생성한다. Touch & Tell System 은 Scene을 통해 들어오는 Event에 대한 처리(handling)를 담당하여 설비 DB에 저장되어 있는 도면 ID, 문자 데이터, 기술 보고서 및 Scan 데이터를 쉽고 빠르게 액세스하게 한다. VR monitoring system 대한 구성은 Fig.3과 같다.

2.2 Graphic management system

가스플랜트에 대한 Graphic Management System (GMS)을 구성하기 위해서는 가스플랜트를 구성하는 각종 기기에 대한 3 차원 디지털 모델 작성을 기본으로 하여 이를 시각화(Visualization)하는 과정과 이러한 시각적 형상을 Walk-through 시물

레이션으로 구성하고 이들 구조물 사이에서 사용자의 자유로운 네비게이션(Navigation)이 가능하여야 한다.

그래픽 데이터를 생성하는 과정은 Fig.4와 같다. 먼저 2D 도면을 바탕으로 디자인 DB를 생성하고 이를 바탕으로 전체적인 그래픽 데이터를 생성하였다. 또한 원활하게 그래픽을 처리하기 위하여 Clone, LOD(Level of Detail)등의 기법이 사용된다.

2.2.1 Design DB 개발

많은 디자인 데이터의 효율적 관리와 가상현실 환경에서 빠른 데이터 로딩 및 검색이 가능하도록 디자인 데이터를 zone, boundary, drawing 및 ground model로 이루어진 site를 상위 계층으로 순차적으로 세분화하였다. zone 아래에는 structure, pipe restraint pipe track 및 equipment가 있으며 Equipment는 nozzle, filter, heater 및 governor로 이루어지며 각 equipments는 각각의 세부 구성 요소를 가진다. Fig.5는 전체적인 디자인 DB 계층 구조를 나타내는 것이며 Table 1은 파이프를 구성하는 구성 요소를 나타낸 것이다. 본 연구에서는 디자인 DB를 바탕으로 Filter Area, Heater Area, Metering Area, Governing Area 및 Structure로 구성하여 전체적인 Pilot Gas Plant를 구축하였다.

2.2.2 Clone technique

VRML 객체 모델을 구성하는 모든 노드는 각 모델의 형태와 구조에 따라서 그룹으로 묶어서 나타낼 수 있다. 따라서 한가지 형태의 모델을 구성하기 위해 수많은 노드들이 다중 중복되어 사용되는 경우가 생긴다. VRML의 각 노드는 기하학적인 정보와 외관 정보로 구성되는데 만약 VRML 세계가 한 개의 노드를 다중 중복으로 사용하여 모델을 구성할 경우, VRML 부어가 최초 이들을 로딩하고 해석하여 디스플레이 할 때 동일한 한 개의 노드에 대한 코드가 계속 반복되어 파일 용량이 커지고 반복적으로 불필요한 연산을 수행하며 호스트의 메모리를 할당함으로써 VRML 파일의 로딩 속도를 저하시키는 원인이 된다. 하지만 클론(Clone) 기법을 사용하여 모델을 표현하면 이러한 문제를 감소시킬 수 있다. 중복되는 노드를 VRML 97에서 지원되는 DEF/USE 문을 사용하여 복제하면 복제된 노드는 원본 노드의 기하학적인 정보-위치와 회전은 제외-와 외관 정보를 공유하게 된다⁽⁴⁾. Fig.6

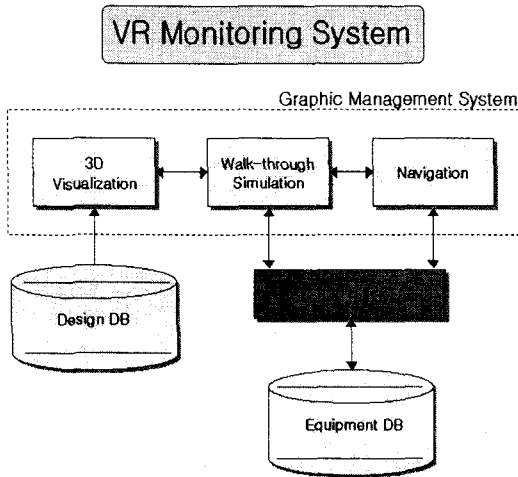


Fig. 1 System configuration of VR monitoring system

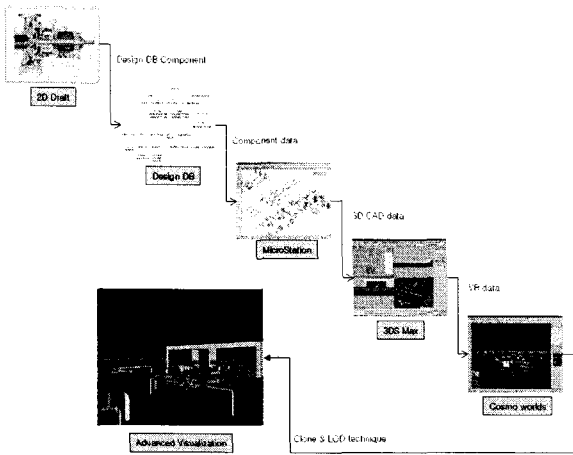


Fig. 2 A process of visualization

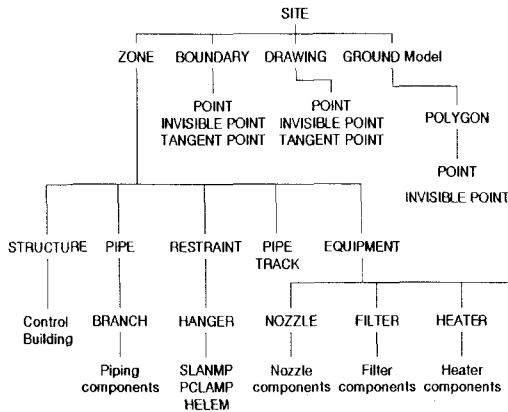


Fig. 3 The design DB hierarchy

은 클론 기법을 사용하여 원본 Filter1 를 복제하여 Filter2 를 만드는 VRML 소스가 구현되어 있고 Fig.7에는 Fig.6의 소스에 의해서 만들어지는 Filter 를 클론 기법과 복사 방법의 경우로 나누어 나타내었다. Fig.6의 6 번째 라인에서 OriginFilter 라는 이름으로 DEF 된-복제되는 원본은 반드시 DEF 문으로 고유한 이름을 가지고 있어야 한다⁽⁵⁾. -transform 노드의 거의 모든 정보가 간단하게 USE 문을 사용하여 복제되어 새로운 transform 노드에 적용 되어짐을 볼 수 있다. 복사 방법의 경우는 OriginFilter 의 모든 코드가 그대로 다시 코딩 되어져야 하고 똑같은 정보에 대한 메모리도 따로 할당 받게 된다. 그래서 복사(Copy)를 사용하여 중복 노드를 표현하는 방법보다 클론 기법을 사용하여 표현하는 것이 VRML 과일의 로딩 속도를 빠르게 한다. 실제로 클론 방법과 복사 방법으로 복제한 Filter 데이터의 용량은 각각 621KB, 1,299KB 로 현격한 차이가 났다. 본 연구에서는 Filter, Heater, Silencer, MOV 및 Valve 등이 중복 사용되기 때문에 빠른 데이터 로딩 및 그래픽 처리를 위하여 동일한 그래픽 데이터는 각각의 클론을 만들어 사용하였다.

2.2.3 LOD (Level of Detail) Technique

LOD(Level of Detail)는 View Point 와의 거리에 따라 3 차원 모델링데이터의 폴리곤(Polygon) 개수나 배열을 조절하는 것이다⁽⁶⁾⁽⁷⁾. 3 차원 모델링 데이터를 생성해 내어 그것을 실시간으로 렌더링을 하기 위해서는 일반적인 Computer Graphics 용의 데이터 보다 상당히 최적화가 이루어져 있어야 한다. Filter 를 가상 현실용으로 모델링을 한다면 단면을 보았을 때 원에 가까울수록 측면을 이루고 있는 페이스(face)의 개수가 증가할 것이다. 이때 이러한 데이터들을 표현할 때 아바타-가 상인물-에 근접할 수록 좀더 자세히 그려지고 반대로 아바타에서 멀어지거나 아주 작아 질 경우는 아주 단순화 시킨다면 좀더 실시간 렌더링을 하는데 있어서 시스템의 부하가 적게 걸린다. 이러한 기법을 LOD 라고 한다⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾. Fig.8은 Filter 부에 대한 LOD 노드 구성을 나타낸 것이다. Close, Medium 그리고 Far 그룹으로 나누어 아바타와 거리에 따라 최적화된 가상 환경을 갖도록 구성하였다. Fig.9는 Heater 부에 대한 LOD 노드에 대한 Vertices 및 Face를 비교하여 나타낸 것이다.

Table 1 Piping Components

ELBO	BEND	TEE	VALVE
REDUCER	FLANGE	GASKET	VENT
WELDOLET	BLIND FRANGE	FILTER	COUPLING
STANDARD HOOK-UP	THREE-WAY VALVE	CAP	WELD
FIXED TUBE LENGTH	FOUR-WAY VALVE	UNION	TRAP
LAP-JOINT SUB END	DUCTING	CROSS	CLOSURE
ATTACHMENT PINT	INSTRUMENT	GENERAL PIPE COMPONENT	

```

1 #VRML V2.0 utf8
2 #Cosmo Worlds V2.0
3
4 Transform {
5   children DEF OriginFilter Transform {
6     children
7     DEF filter_set05 Transform {
8       children
9       DEF filter_set05 {
10        appearance Appearance {
11          material Material {
12            ambientIntensity 0.1233
13            diffuseColor 0.3882 0.5294 0.1922
14            specularColor 0.045 0.045 0.045
15            shininess 0.2875
16            transparency 0
17          }
18        }
19        texture ImageTexture {
20          url "/apps/valve.jpg"
21        }
22      }
23    }
24  }
25  geometry DEF filter_set05_0-FACES IndexedFaceSet {
26    coord DEF filter_set05_0-COORD Coordinate {
27      point [ 100 0 0,
28            93.97 0 -94.2,
29            18405 ]
30    }
31  }
32 }
33
34 18405 }
35 18406
36 18407
37 18408 Transform {
38   children USE OriginFilter
39 }
40 18409 translation 6309.68 -1942.21 -535.366
41 18410 rotation 0 0 1 0.0549979
42 18411
43 18412
44 18413
45 18414
46 18415

```

Fig. 4 Embodiment of clone

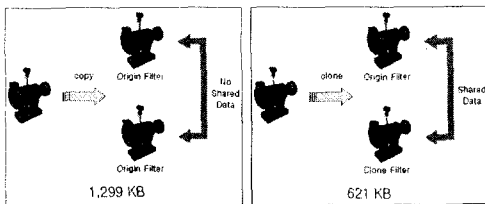


Fig. 5 The comparison copy and clone technique

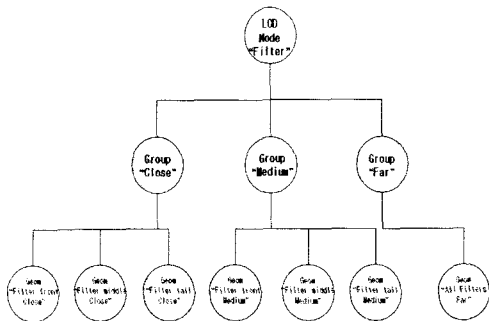


Fig. 6 Scheme of LOD node for filter

2.3 Touch & Tell 기능

VR monitoring system 과 기존의 평면형 전광판 형식의 P&ID(Piping and Instrument Diagram) 상황판의 큰 차이점은 Navigation 등의 VR 환경뿐만 아니라 Touch & Tell 기능이다. Touch & Tell 은 사용자 에게 플랜트 부품에 대한 기술적인 정보를 제공하기 위하여 개발한 easy-to-use 인터페이스를 말한다. 사용자는 GMS(Graphic Management System)를 통하여 구축된 가스플랜트에 대한 Navigation 을 하면서 주요 기기에 대한 정보를 마우스 클릭만으로 볼 수 있다. 이 정보는 설비 DB 로부터 화면 좌측의 Document, 2D Graphic 뷰어에 나타난다. 사용자 인터페이스와 VRML 파일에 대한 제어를 위하여 Open Inventor⁽¹¹⁾를 이용하여 뷰어를 개발하였다⁽¹²⁾. Fig.11 은 Inventor 내에서 이벤트 처리를 나타낸 것이며 Fig.12 는 Touch & Tell 함수의 IDEF0 이다. Fig.13 은 필터 영역에 대한 네비게이션 중 필터를 클릭 하였을 때에 프로그램 좌측에 필터에 대한 문자데이터와 스캔(scan) 데이터가 출력되도록 설비 DB 와 연결하는 예를 나타내었다.

2.4 유량에 대한 운전상황 시뮬레이션

모의 실습기지는 지름이 10inch 인 주배관과 지름이 6inch 인 가지배관으로 구성되어있다. 배관에 흐르는 유량을 측정하기 위하여 총 58 개의 유량센서가 설치되어 있다. 본 논문에서는 이중 14 개의 신호만을 나타냈다. 유량데이터는 최대허용 유량(0.678m³/sec)과 최소허용유량(0.078m³/sec) 사이의 임의의 값으로 생성되고 생성된 값은 유량에 대한 센서 신호로 입력되어 검사 알고리즘을 통하여 유효 유량 범위에 있는지를 파악하고 만일 비정상 상태이면 그때의 유량을 나타내고 경고 알람을 발생시키고 그 센서를 찾아가도록 구성되었다. Fig.14 는 유량에 대한 운전상황 시뮬레이션의 구조를 나타내는 IDEF0 이다. 유량 데이터를 효과적으로 나타내기 위해서 14 개의 막대그래프와 1 개의 히스토리 그래프(History Graph)를 사용하였다. Fig.15 에 유량에 따른 운전상황 시뮬레이션의 예를 나타내었다.

2.5 VR monitoring system 과 평면형 P&ID 전광판의 비교

본 연구에서 개발한 VR monitoring system 과 기존의 평면형 P&ID 전광판을 비교하면 다음과 같다. 표현방식의 관점에서 VR monitoring system

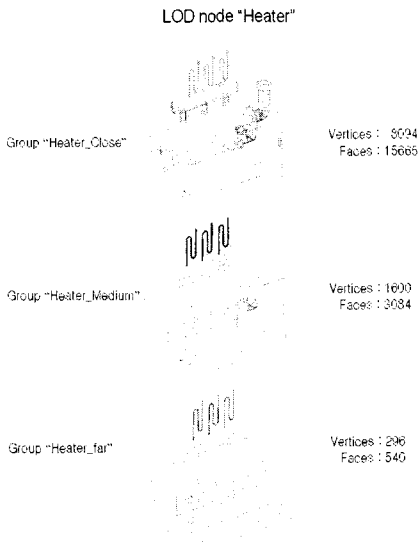


Fig. 7 LOD in heater modeling stage

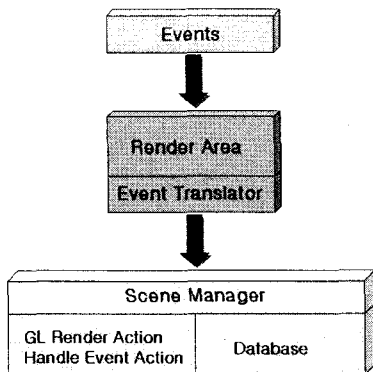


Fig. 8 Event processing in Inventor

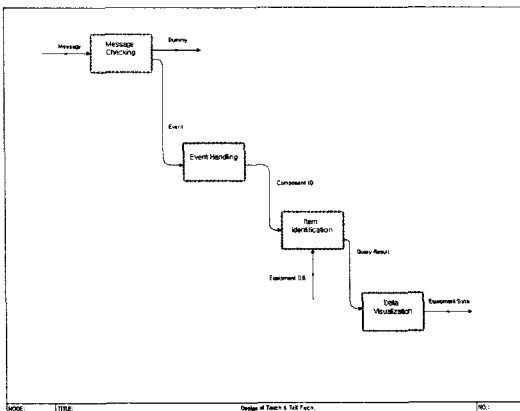


Fig. 9 IDEF0 of "Touch & Tell" function

은 표현방식에 제한이 없다. 운전자가 게 이해할 수 있도록 3 차원상에서 자유로운 각도로 회전 시켜 관찰할 수도 있으며 각각의 부속기기를 확대시켜볼 수도 있다. 아울러 기존에 구축된 DB 와 쉽게 연결하여 DB 활용을 극대화 시킬 수 있다. VR monitoring system 의 특징은 광범위한 지리적 영역에 건설되고 다양한 부속품을 갖는 가스플랜트의 효과적인 관리체계를 확립할 수 있다는 점이다. 가스플랜트에 대한 VR monitoring system 의 적용은 많은 비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 운전 중 이상이 발생할 경우 조기에 그 원인을 파악할 수 있게 해주며 적절한 대책을 마련할 수 있도록 하여 운전자의 판단착오에 의한 사고가 확대되는 것을 방지할 수 있을 것으로 기대한다.

3. 결론

본 연구에서는 가상현실환경을 이용한 가스플랜트에 대한 VR monitoring system 을 구축하였으며 그 연구결과는 다음과 같다.

VRML 을 이용하여 Advanced Visualization, Walk-through 시뮬레이션과 네비게이션이 가능한 가스플랜트에 대한 GMS 를 개발하였으며, GMS 를 통하여 구축된 가스플랜트에 대한 Navigation 을 하면서 주요 기기에 대한 정보를 마우스 클릭만으로 볼 수 있도록 Touch & Tell 기능을 개발하였다. 또한 유량에 따른 운전상황 시뮬레이션을 수행하였다.

본 연구에서 개발한 가스플랜트 VR 환경은 다양한 기기 및 배관으로 구성된 복잡한 가스플랜트의 실제 설치 상태 확인이 가능하며 VR 환경에서의 탐색과 시뮬레이션 기능은 작업자나 작업기계의 작업경로 및 작업방식 개선을 위한 기술로 사용될 수 있다. 또한 각 주요부에 대한 설비 도면, 스캔 데이터, 설비에 대한 정보를 제공하는 데이터베이스를 운전자가 쉽고 빠르게 접근하여 운전 상황 이해를 향상 시킬 수 있다.

향후 VR monitoring system 를 파괴역학분석 프로그램과 연계하여 보다 효과적이고 치밀한 감시 시스템이 되도록 통합화된 가상플랜트개발에 관한 연구를 수행하고자 한다.

후기

본 연구는 한국과학재단 산하 SAFE 연구센터

연구과제의 지원금으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

- (1) Hass, S. and Jasnoch, U., 1994, "Cooperative Working on Virtual Prototypes, Proceedings of the IFIP WG 5.10 Workshops on Virtual Environments and Their Applications and Virtual Prototyping", pp. 48~57.
- (2) M. A. Bossak, 1998, Simulation Based Design, Journal of Process Technology 76, pp. 8~11.
- (3) BRITANNICA 2000, 가상현실.
- (4) Stephen, N. Matsuba, and Bernie, Roehl, 1997, Using VRML, Que Publishing Company, pp. 252-253, pp. 311.
- (5) Maciel, P.W.C., Shirley, P., 1995, Visual Navigation of Large Environments Using Textured Clusters, In proceedings of Symposium on Interactive 3D Graphics, pp. 95~102.
- (6) Tittle, E.D., Scott, C., Wolfe, P., Sanders, C. 1998, Building VRML Worlds, McGraw-Hill Book Co., pp. 150~151.
- (7) Stephen, N. Matsuba and Bernie Roehl, 1997, Using VRML, Que Publishing Company, pp. 104, pp. 499.
- (8) Aliaga, D.G., 1996, Visualization of Complex Models Using Dynamic Texture-based Simplification, In proceedings of Visualization '96, pp.101-106.
- (9) Garland, M., Heckbert, P.S., 1997, Surface Simplification Using Quadric Error Metrics, In proceedings of ACM SIGGRAPH '97, pp. 209~216.
- (10) Cohen, J., Varshney, A., Manocha, D., Turk, G., Weber, H., Agarwal, P., Brooks, F., Wright, W., 1996, Simplification Envelops, In proceedings of ACM SIGGRAPH '96, pp. 109~118.
- (11) Open Inventor, Ver. 2.5, TGS, 1999.
- (12) Josie Wernecke, 1999, Programming Object-Oriented 3D Graphics with Open Inventor, pp. 251~282, Open Inventor Architecture Group.

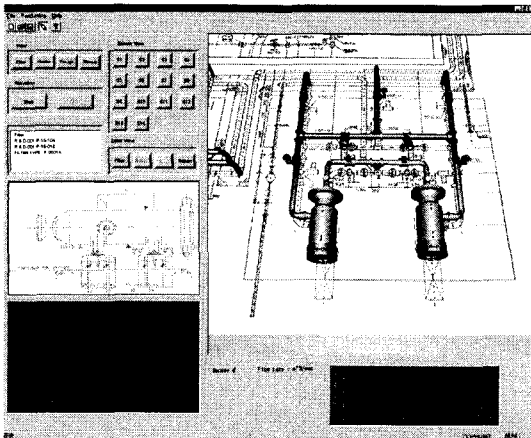


Fig. 10 "Touch & Tell" function during navigation

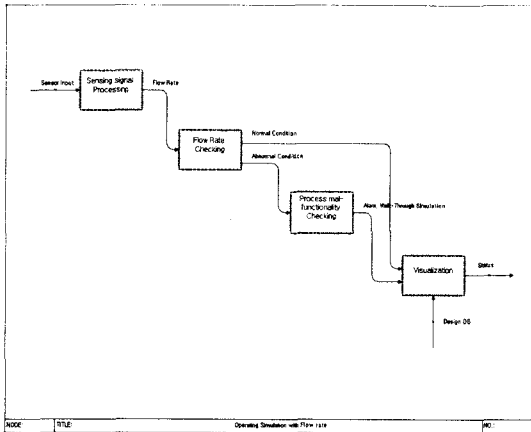


Fig. 11 IDEF0 of operating simulation with flow rate

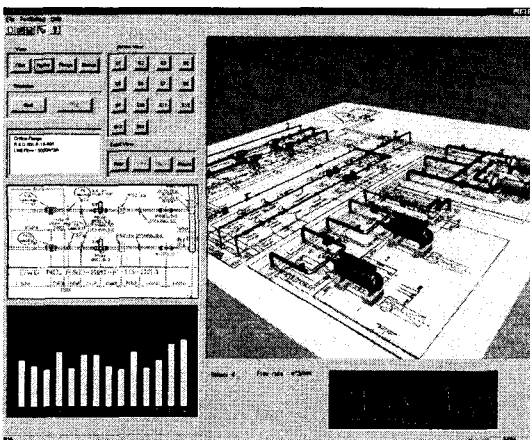


Fig. 12 Operation simulation with the flow rate sensing