

가상현실을 이용한 가스플랜트의 VR Monitoring System 개발

서명원[†], 조기용^{*}

(2000년 5월 18일 접수, 2001년 3월 17일 심사완료)

Development of VR Monitoring System for Gas Plant

Myung-Won Suh and Ki-Yong Cho

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. 그

리고 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. 그러나, 가상현실 기술의 발달은 평범하고 단순한 매체전달 방법을 3차원적이고 상호 작용적인 형태

[†] 책임저자, 회원, 성균관대학교 기계공학부
E-mail : suhmw@yurim.skku.ac.kr
TEL : (031)290-7447 FAX : (031)290-5849

^{*} 성균관대학교 대학원

로 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. 가상현실 적용 사례

현재 이러한 가상현실을 산업 분야에 적용하려는 노력은 세계 각국에서 시도되고 있으며 그에 따른 성과도 나타나고 있다. 그 중 플랜트 관련 적용사례를 살펴보면 다음과 같다.

Cadcentre사와 Imperial College 및 Silicon Graphics사는 'Virtual Plant' 프로젝트를 공동으로 수행하기로 1997년 AICHE97에서 발표하였다.⁽⁴⁾ 'Virtual Plant' 프로젝트에서는 플랜트 공정 전반에 대한 3차원 동적 시뮬레이션을 실현하고 현실감 있는 3차원 화면을 통해 운전자뿐만 아니라 일반 기술자도 플랜트의 부분 및 전체 구조를 쉽고 빠르게 이해할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하고 있다. 이들이 개발하고 있는 'Virtual Plant'는 3차원 가상 공간에 플랜트를 건설하고 이를 각종 데이터 베이스와 연결하여 운전자가 화면을 통해 각 부분에 대한 정보를 3차원으로 전달하고자 한다. 또한 일본의 Okayma 대학의 시스템 분석 연구실은 가상현실 기술을 이용한 플랜트 설계 및 운전자 지원 시스템을 연구 중이다.⁽⁵⁾ 플랜트 운용단계에서 이상 발생시 대응 결정은 운전자에게 큰 부담이 되고 있다. 따라서 조기에 그 원인을 추정하여 대책을 마련하고 운전자의 판단미스에 의해 사고가 확대되는 것을 방지하기 위해서 Virtual Reality 기술을 응용한 Plant 설계 및 운전자 조작 지원 시스템을 개발하고 있다. 마지막으로 1999년

ASME Design Engineering Technical Conference에 발표한 Advanced Design Review Process(ADRP)를 살펴보면 이미 가상현실 기법을 실제의 플랜트 설계에 적용한 것을 알 수 있다.⁽⁶⁾ 즉, 독일의 Heinz Nixdorf 공업대학에서는 1999년 European Pressurized Water Reactor 프로젝트를 수행하면서 가상현실 기법을 이용하여 표준화된 Advanced Design Review Process(ADRP)를 개발하였다. 기존의 CAD 사용자는 평면도나 단면도를 통하여 구조물 간의 간섭을 점검하였기 때문에 모델이 복잡하고 여러 명의 설계자가 공동 작업을 할 때는 구조물 간의 간섭을 피하기는 쉽지 않으며 건설 후에 간섭 부분의 수정을 위해 많은 추가 비용이 들어왔다. 이런 문제를 극복하고 설계자가 설계 중 구조물을 Navigation을 하면서 세밀히 관찰하며 이를 설계에 반영시키기 위해서 기존의 CAx 기술이 아닌 가상현실 기법을 이용하여 표준화된 Advanced Design Review Process(ADRP)를 개발하였다.

이와 같이 산업 구조물에 대한 가상현실 기법 적용이 활발히 연구되는 것을 알 수 있으며 앞으로 더욱 더 많은 연구가 수행될 것을 예상할 수 있다.

3. VR Monitoring System 개요

1986년 최초로 LNG 가스를 도입한 이래로 계속적인 사용량 증가로 1998년에는 1천 60만 톤이 도입되었다.⁽⁷⁾ 현재 인천과 평택에 생산기지가 있으며 생산기지에서 전국 각지에 배관을 통해서 LNG를 공급하고 있다. 가스 플랜트는 특성상 한번의 사고 발생시 막대한 경제적 손실 및 인명 피해를 초래할 수 있기 때문에 무엇보다도 운전 중 기기의 신뢰성 확보 여부 및 누출 여부 감시가 가장 큰 관심의 대상이 되고 있다. 현재 생산기지에 설치되어 있는 평면형 전광판 형식의 P&ID(Piping and Instrument Diagram) 상황판은 각 기기의 P&ID(Piping and Instrument Diagram)로써 운전상태를 판단할 수 있다. 이러한 P&ID(Piping and Instrument Diagram)는 기기의 상태만을 나타내기 때문에 기기의 위치, 설비 및 이력 데이터를 확보하기 위해서는 부가적인 작업이 필요하다. 즉, 현장 요원을 호출하여 기기의 ID(Identification)를 확인한 후 ID를 데이터베이스를 통하여 검색하여야만 과거의 설비 및 이력 데이터를 확보할 수 있다. 또한 유지 및 보수를 위한 기기를 교체할 때 작업 수행에 필요한 자료, 즉 기기의 위치, 관련 기기의

종류, 납품업체, 대체 기기 보유 상황, 과거 설비 데이터 및 이력 데이터 등의 확보에 많은 시간 및 인력이 소요되고 있다. 이 때문에 체계적인 유지 및 보수 작업의 수행에 많은 어려움이 있다. 또한 운전대상인 산업설비 자체가 지역적으로 매우 광범위하기 때문에 효과적인 운전 및 유지를 위해서 보다 종합적인 형태의 관제 시스템이 구축되어야 한다. 이러한 요구에 따라 본 연구에서는 VR monitoring system 을 개발하여 기존의 평면형 전광판 형식의 P&ID(Piping and Instrument Diagram) 상황판과 비교하고 VR monitoring system 을 가스플랜트에 적용하여 그 실용성을 검토하고자 한다.

본 연구는 경기도 안산시 일동에 위치한 한국가스공사 연구개발원 모의실습기지를 바탕으로 수행되었다. 총 면적은 51m×40m 이며 5 개의 주요 시설과 1 개의 연습 동으로 구성되어 있다. 모의 실습기지를 대상으로 연구를 수행한 이유는 모의 실습기지가 일반 가스 공급기지의 직원들을 교육하기 위해 건설되어 실제 공급지에서 사용되고 있는 여러 종류의 부품들을 총 망라하고 있기 때문이다. 모의 실습 기지는 가스 필터부(Gas Filter Area), 가스 히터부(Gas Heater Area), 미터링부(Metering Area), 가버너부(Governor Room) 및 벤트스택(Vent Stack)으로 구성되어 있다. 각각에 대한 세부 면적은 Table 1 과 같다.

Fig. 1 과 Fig. 2 는 평면형 P&ID 상황판과 VR monitoring system 을 비교하여 나타낸 것이다. 현재 인수기지에 설치되어 있는 평면형 전광판 형식은 각 기기의 P&ID 로써 운전상태를 판단할 수 있다. 이러한 P&ID 만으로 기기의 상태를 판단하는 데에는 숙련된 운전자의 경우 신속하게 사고 기기를 판별할 수 있다는 장점이 있지만 사고 기기의 정확한 위치, 도면, 형태를 정확히 감지 할 수는 없다. 하지만 VR monitoring system 은 운전 자가 실제와 같은 가상플랜트의 Navigation 을 통하여 기

기의 위치를 쉽게 파악할 수 있을 뿐만 아니라 세부부품을 3 차원 상에서 확인 가능하며 이들의 데이터베이스를 신속하게 검색할 수 있다.

4. VR (Virtual Reality) Monitoring System

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

4.1 VR monitoring system 의 구성

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

4.2 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 시뮬레이션

Table 1 Area of the pilot plant

| | |
|-----------------|---------|
| 모의 실습 기지 | 51m×40m |
| Gas Filter Area | 12m×10m |
| Gas Heater Area | 12m×10m |
| Metering Area | 24m×6m |
| Governor Room | 22m×8m |
| Vent Stack | 7m×6m |



Fig. 1 P&ID monitoring system

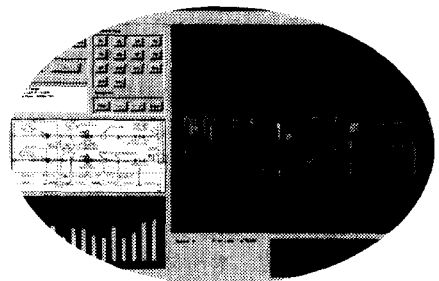


Fig. 2 Virtual Reality monitoring system

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

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

4.2.1 Design DB 개발

많은 디자인 데이터의 효율적 관리와 가상현실 환경에서 빠른 데이터 로딩 및 검색이 가능하도록 디자인 데이터를 zone, boundary, drawing 및 ground model 로 이루어진 site 를 상위 계층으로 순차적으로 세분화하였다. zone 아래에는 structure, pipe restraint pipe track 및 equipment 가 있으며 Equipment 는 nozzle, filter, heater 및 governor 로 이루어지며 각 equipments 는 각각의 세부 구성 요소를 가진다. Fig. 5 는 전체적인 디자인 DB 계층 구조를 나타내는 것이며 Table 2 는 파이프를 구성하는 구성 요소를 나타낸 것이다. 본 연구에서는 디자인 DB 를 바탕으로 Filter Area, Heater Area, Metering Area, Governing Area 및 Structure 로 구성하여 전체적인 Pilot Gas Plant 를 구축하였다.

4.2.2 Clone technique

VRML 객체 모델을 구성하는 모든 노드는 각 모델의 형태와 구조에 따라서 그룹으로 묶어서 나타낼 수 있다. 따라서 한가지 형태의 모델을 구성

하기 위해 수많은 노드들이 다중 중복되어 사용되는 경우가 생긴다. VRML 의 각 노드는 기하학적인 정보와 외관 정보로 구성되는데 만약 VRML 세계가 한 개의 노드를 다중 중복으로 사용하여 모델을 구성할 경우, VRML 뷰어가 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 97 에서 지원하는 DEF/USE 문을 사용하여 복제하면 복제된 노드는 원본 노드의 기하학적인 정보-위치와 회전은 제외-와 외관 정보를 공유하게 된다.⁽⁸⁾ Fig. 6 은 클론 기법을 사용하여 원본

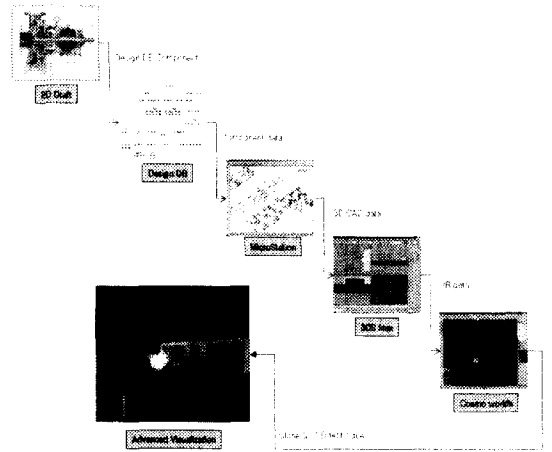


Fig. 4 A process of visualization

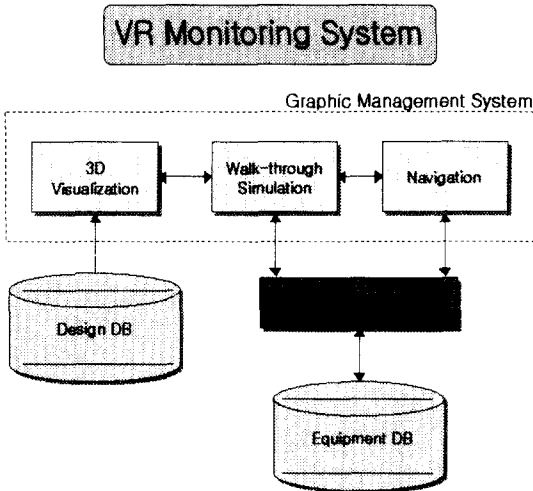


Fig. 3 System configuration of VR monitoring system

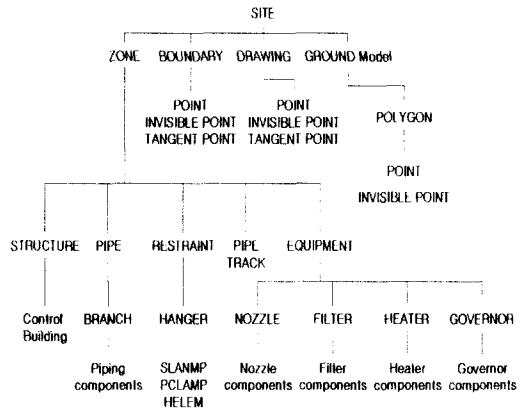


Fig. 5 The design DB hierarchy

Filter1 를 복제하여 Filter2 를 만드는 VRML 소스가 구현되어져 있고 Fig. 7 에는 Fig. 6 의 소스에 의해서 만들어지는 Filter 를 클론 기법과 복사 방법의 경우로 나누어 나타내었다. Fig. 6 의 6 번째 줄에서 OriginFilter 라는 이름으로 DEF 된-복제되는 원본은 반드시 DEF 문으로 고유한 이름을 가지고 있어야 한다.⁽⁹⁾ -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 파일의 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.

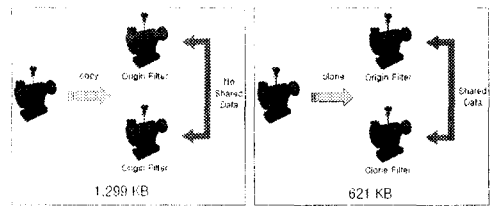
4.2.3 LOD (Level of Detail) Technique

LOD(Level of Detail)는 View Point 와의 거리에 따라 3 차원 모델링데이터의 폴리건(Polygon) 개수나 배열을 조절하는 것이다.^(10,11) 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 이리

한 데이터들을 표현할 때 아바타-가상인물-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.⁽¹²⁻¹⁴⁾ Fig. 8 은 Filter 부에 대한 LOD 노드 구성을 나타낸 것이다. Close, Medium 그리고 Far 그룹으로 나누어 아바타와 거리에 따라 최적화된 가상 환경을 갖도록 구성하였다. Fig. 9 는 Heater 부에 대한 LOD 노드에 대한 Vertices 및 Face 를 비교하여 나타낸 것이다.

Table 2 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 COMPONET | |



```

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           Shape (
10            appearance Appearance (
11              material Material (
12                ambientIntensity 0 1233
13                diffuseColor 0 3882 0 5254 0 1922
14                specularColor 0 045 0 045 0 045
15                shininess 0 2975
16                transparency (
17                )
18              )
19            texture ImageTexture (
20              url "maps/valve.jpg"
21            )
22          )
23        )
24      )
25      geometry DEF filter_set05_0-FACES IndexedFaceSet (
26        coord DEF filter_set05_0-COORD Coordinate (
27          point (
28            100 0 0
29            93 97 0 -34 2
30          )
31        )
32      )
33    )
34  )
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
    
```

Fig. 6 Embodiment of clone

Fig. 7 The comparison copy and clone technique

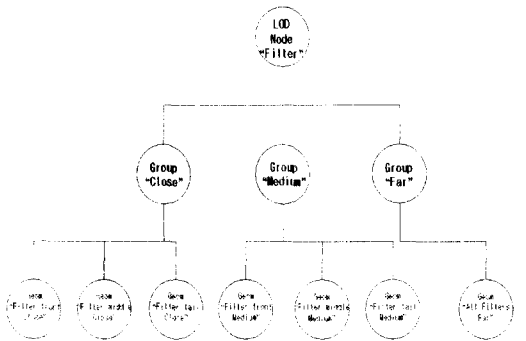


Fig. 8 Scheme of LOD node for filter

4.2.4 Walk-Through 시뮬레이션

Walk-through 시뮬레이션은 사용자가 3-D 대상에 대하여 시점이 변화하면서 움직일 수 있는 것을 의미한다.⁽¹⁵⁾ 즉 사용자는 3-D 대상에 대하여 전면 또는 후면 등으로 움직이며 대상의 형상과 주변 구조물과의 연결 등의 관계를 파악할 수 있다. 본 연구에서는 우선 사용자가 접근을 원하는 기 기나 배관에 대하여 각각 독립된 경로를 지정하고 이들 경로에 따라서 대상을 관측할 수 있도록 구성하였다. 이러한 과정을 가능하게 하기 위해서 3-D 형상에 대한 정적인 영상, 즉 Frame 을 경로에 따라 생성한 후 이를 순차적으로 연결하여 하나의 독립적인 Walk-through 시뮬레이션으로 구성하였다. Fig. 10 에 모의실습기지에 대한 Walk-through 시뮬레이션의 예를 나타내었다.

4.2.5 네비게이션(Navigation)

VRML 2.0 에서 시점은 실제 사람이 컴퓨터의 맞은 편에 있다고 가정한다. 시점이 활성화되었을 때 현재 작동되고 있는 시점에서의 배경 scene 쪽으로 시선을 향하게 된다. 그런 이유로 움직이는 시점을 향해서 원거리 Navigation 을 할 때 시점을 따라서 정확하게 움직일 수 있다. 이러한 스타 트레키안(Star-Trekkian)적인 행동은 스크립팅 언어를 그 시점에서 원거리 Navigation 을 하도록 작동시킬 수 있고 원거리 Navigation 을 스크립트의 작동과 연결시킨다. 만일 움직이는 시점을 향해서 원거리 Navigation 을 하게 된다면 그것을 따라서 움직이는 것이 된다.⁽¹⁶⁾ 본 연구에서는 사용자의 시점과 높이 1m70cm 의 아바타 (Avatar), 즉 가상 인물을 정의하여 Navigation 을 가능하게 하였고, 사용자가 Navigation 을 수행하며 직접 대상을 선택하고 선택한 대상에서 원하는 데이터로 접근하도록 구성하였다. 모의 실습기지의 많은 부품 중에서 특히 Filter, Heater, Orifice 그리고 Silencer 등을 주요부로 정하고 이에 대한 Navigation 을 수행할 수 있도록 하였다. 또한 필터부와 같이 구성 기기의 교환이 빈번한 주요부에 대해서는 조립 및 분해 애니메이션을 수행하여 운전자의 이해를 극대화하였다.

4.3 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 사용자에게 플랜트 부품에 대한 기술적인 정보를 제공

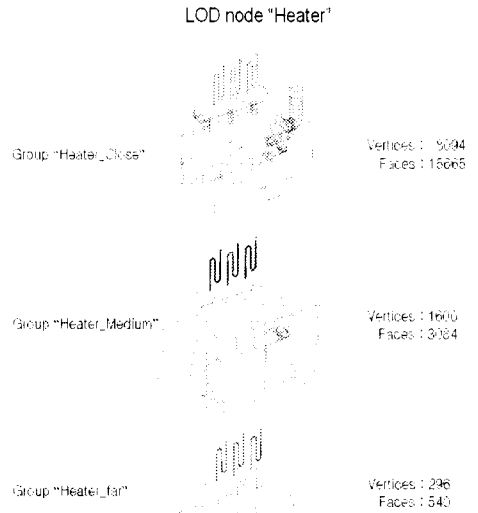


Fig. 9 LOD in heater modeling stage

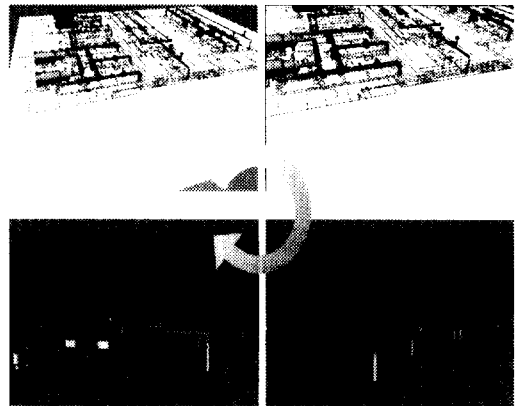


Fig. 10 Walk-through simulation of the pilot plant

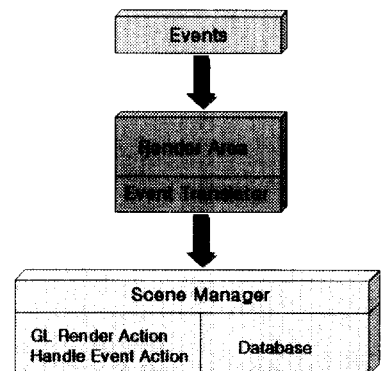


Fig. 11 Event processing in Inventor

하기 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 DB로부터 화면 좌측의 Document, 2D Graphic 뷰어에 나타난다. 사용자 인터페이스와 VRML 파일에 대한 제어를 위하여 Open Inventor⁽¹⁷⁾를 이용하여 뷰어를 개발하였다.⁽¹⁸⁾ Fig. 11은 Inventor 내에서 이벤트 처리를 나타낸 것이며 Fig. 12는 Touch & Tell 함수의 IDEF0이다. Fig. 13은 필터 영역에 대한 네비게이션 중 필터를 클릭 하였을 때에 프로그램 좌측에 필터에 대한 문자데이터와 스캔(scan) 데이터가 출력되도록 설비 DB와 연결하는 예를 나타내었다.

4.4 유량에 대한 운전상황 시뮬레이션

모의 실험기지는 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(0.678m³/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. 14는 유량에 대한 운전상황 시뮬레이션의 구조를 나타내는 IDEF0이다. 유량 데이터를 효과적으로 나타내기 위해서 14 개의 막대그래프와 1 개의 히스토리 그래프(History Graph)를 사용하였다.

Fig. 15에 유량에 따른 운전상황 시뮬레이션의 예를 나타내었다.

4.5 설비 DB(database) 개발

VR monitoring system은 GMS을 통해 구축된 각 설비들의 이름, 설비 도면, 스캔 데이터, 설비에 대한 정보를 Microsoft Access⁽¹⁹⁾를 사용하여 데이터베이스로 구축하였다. 설비의 명칭은 관리 명칭을 기본으로 사용하였다. 설비 도면은 모의 실험 기지 건설 도면을 바탕으로 하였다. 스캔 데이터는 설비를 중심으로 제작사의 도면을 사용하였으며 기타 정보는 가스 공사 설비 데이터 베이스를 모델로 구축하였다.

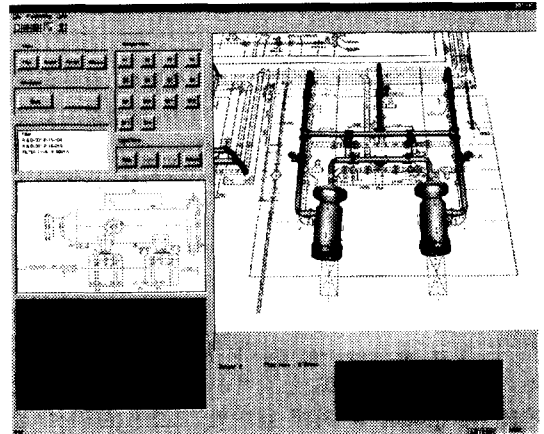


Fig. 13 "Touch & Tell" function during navigation

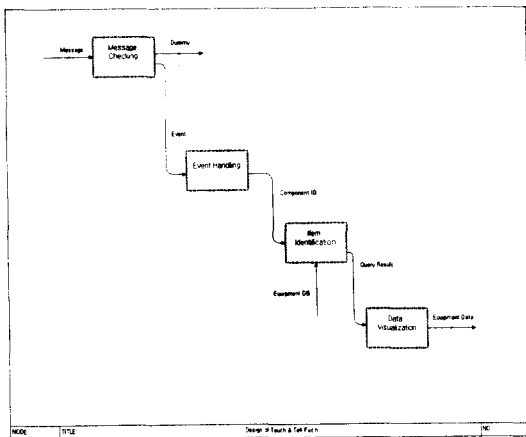


Fig. 12 IDEF0 of "Touch & Tell" function

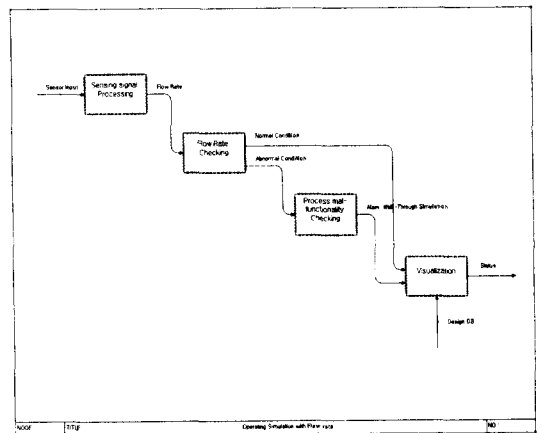


Fig. 14 IDEF0 of operating simulation with flow rate

4.6 VR monitoring system 과 평면형 P&ID 전광판의 비교

본 연구에서 개발한 VR monitoring system 과 기존의 평면형 P&ID 전광판을 비교하면 Table 3 과 같다. 표현방식의 관점에서 VR monitoring system 은 표현방식에 제한이 없다. 운전자가 쉽게 이해할 수 있도록 3 차원상에서 자유로운 각도로 회전시켜 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.

5. 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 운전상황 이해를 향상 시킬 수 있다.

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

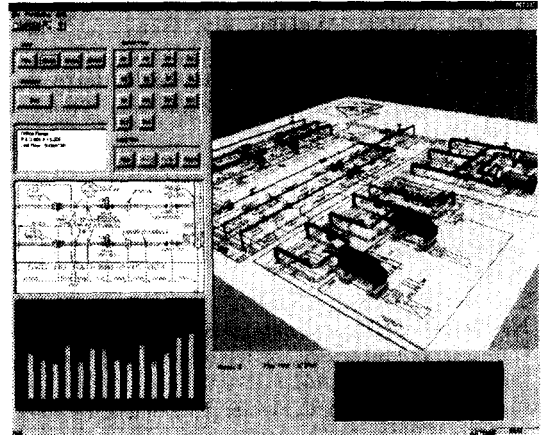


Fig. 15 Operation simulation with the flow rate sensing

Table 3 Comparison of VR monitoring system and Plane control panel with P&ID

| 비교 | VR monitoring system | 평면형 P&ID 전광판 |
|-------|------------------------------------|-------------------------|
| 표현 방식 | 점등, 화면의 확대, 자유로운 각도에서 확인 | P&ID의 표시 |
| 표현 대상 | 센서의 신호, 점검기록, 보수이력관리 및 관련 도면 | 각 센서의 신호 |
| 장 점 | 대상기기의 DB와 3D 모델의 결합으로 안정성 및 신뢰성 확보 | 숙련된 운전자에게 빠른 정보 제공 |
| 단 점 | 3D 모델의 용량의 증가에 따라 하드웨어 성능 향상이 필요 | 대상기기의 상태 외의 부가 기능제공 어려움 |

후 기

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) Bossak, M. A., 1998, Simulation Based Design, Journal of Process Technology 76, pp. 8~11.
- (3) BRITANNICA 2000, 가상현실.
- (4) Virtual Plant, 1998, <http://www.sgi.com/aec/virtual-plant.html>
- (5) 1997, Application of Virtual Reality Technique to Plant Design, Operation Supporting in an Emergency, <http://syslab2.mech.okayama-u.ac.jp/rtheme/index->

- e.html, System Analysis lab. Okayama Univ.
- (6) Peter Ebbesmeyer, Peter Gehrmann, Michael Grafe, and Holger Krumm, 1999, "Virtual Reality for Power Plant Design," *ASME Design Engineering Technical Conference*, DETC99/CIE-9037.
- (7) 1998, 한국가스공사 제 16 기 1998 회계년도 영업보고서, pp. 2~3.
- (8) Stephen, N. Matsuba, and Bernie, Roehl, 1997, Using VRML, Que Publishing Company, pp. 252~253, p. 311.
- (9) 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.
- (10) Tittle, E.D., Scott, C., Wolfe, P., Sanders, C. 1998, *Building VRML Worlds*, McGraw-Hill Book Co., pp. 150~151.
- (11) Stephen, N. Matsuba and Bernie Roehl, 1997, Using VRML, *Que Publishing Company*, p. 104, p. 499.
- (12) Aliaga, D.G., 1996, "Visualization of Complex Models Using Dynamic Texture-based Simplification," *In proceedings of Visualization '96*, pp. 101~106.
- (13) Garland, M., Heckbert, P.S., 1997, "Surface Simplification Using Quadric Error Metrics," *In proceedings of ACM SIGGRAPH '97*, pp. 209~216.
- (14) 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.
- (15) Hernandez, S. and Hernandez, L.A., 1996, "Advanced Visualization and Computer Animation in Engineering and Architectural Design," *Proceedings of Second International Conference Application and Architectural Design*, pp. 15~30.
- (16) Ed Tittel, Charlie Scott, Paul Wolfe, Claire Sanders, 1998, *Building VRML Worlds*, McGraw-Hill Book Co.
- (17) Open Inventor, Ver. 2.5, TGS, 1999.
- (18) Josie Wernecke, 1999, Programming Object-Oriented 3D Graphics with Open Inventor, pp. 251~282, Open Inventor Architecture Group.
- (19) Access 97, Microsoft, 1998.