

3차원 CAD 모델을 활용한 월성원자력발전소

운전 및 정비지원 시스템개발

김형진, 안호준, 장대휘*, 장희승*, 창영선*
고등기술연구원, 한국전력공사*

Development of 3D CAD O&M Support System for Wolsong Nuclear Power Plant

Hyung Jin Kim, Ho Joon Ann,
Tae-Hee Chang*, Hee-Seung Chang*, Young-Sun Chang*
Institute for Advanced Engineering, Korea Electric Power Corporation*

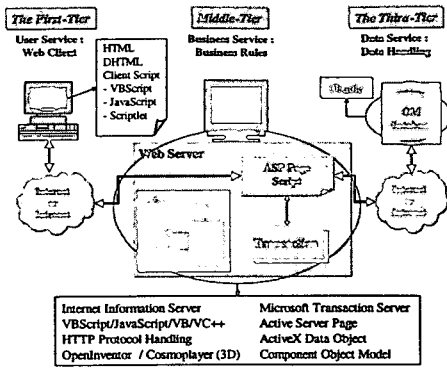
1. 서론

발전소 운전 및 유지보수(Operations and Maintenance) 작업에 대한 오늘날의 기술개발 추세는 운전 중 얻어진 발전소 실시간 데이터와 과거의 정비이력 데이터들을 온라인으로 분석, 진단하여 최적화 된 정비계획과 절차를 세움으로써 기기 및 설비의 오동작으로 인한 발전정지를 막고, 유지보수 비용을 획기적으로 줄이며, 이용률을 높일 수 있는 시스템 개발에 많은 노력을 하고 있다. 발전소의 각종 해석 소프트웨어, 감시, 제어 및 보호 시스템 등이 2D 또는 3D CAD를 인터페이스로 하여 데이터베이스 관리시스템과 유기적으로 작동하는 이러한 시스템은 분산 네트워크 환경에서 구성요소객체모델(Component Object Model)을 기반으로 하는 정보화기술을 통하여 형상관리기반의 운전 및 정비지원 통합시스템(Integrated Operations and Maintenance Management System)으로 구현되고 있다. 이러한 시스템은 발전소 설계부터 설비의 운전 및 보수기간 중 발생하는 많은 정형·비정형 자료의 관리 유지가 필수적이며, 특히 경영 효율을 극대화하기 위해 분산되어있는 발전소 부서별 관리 설비들과 그에 관련된 운영 및 정비 업무를 하나의 통합된 시스템에서 관리할 필요가 절실히 요구되고 있다. 이러한 발전소 유지보수를 위한 통합관리시스템 구축을 위해서는 STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data)개념을 도입하여 각종 문서의 형식을 일원화하고, 네트워크를 이용한 작업 신청과 허가에 관련된 업무관리(Work Flow)의 기능을 추가하여 관리와 보안을 효과적으로 처리할 필요가 있으며, 특히 3차원 CAD/CAM 시스템의 적용을 통하여 프로세스를 가시화 한 효율적인 통합시스템의 구현이 바람직하다.

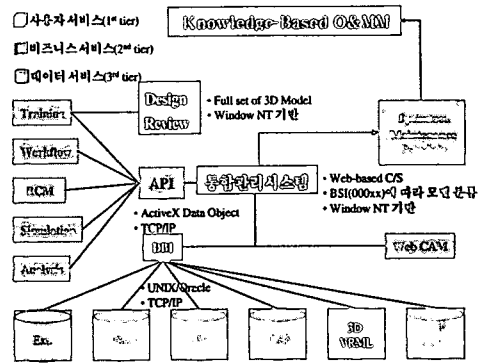
본 연구의 목적은 이러한 추세와 필요성에 따라 월성원자력본부 2발전소 전 계통에 대하여 3차원 CAD와 가상현실 모델을 개발하고, 이들을 계통분류 체계(Basic System Index)에 따라 현장에 분산되어 있는 이종의 데이터베이스에 연동시켜 O&M관련 정보를 통합관리하고, 실시간 발전소 자료를 정보화 시켜줄 수 있는 웹 기반의 O&M 통합지원시스템을 개발하는데 있다.

2. 개발내용

2-1. 지원시스템의 구성



[그림 1] 3-tier 구조와 계층별 관련기술



[그림 2] 계층별 시스템 구성

본 연구개발에서는 시스템이 Windows NT 운영체제에서 작동한다는 점을 고려하여 Microsoft Solution Framework을 참조하였으며, 개발 도구 역시 전개될 클라이언트/서버 응용프로그램의 견고성(robust), 안전성(secure), 그리고 호환성(compatibility)을 고려하여 MS의 Visual Studio(Visual InterDev, VC++, VB, NT Option Pack)를 사용하였다. [그림 1]은 본 연구개발에서 사용한 서비스 중심 모델의 3-tier 솔루션 구조와 사용된 기술을 보여주고 있으며 [그림 2]는 이들 계층별 시스템 구성을 보여주고 있다. 서비스 기반은 응용프로그램의 기능이 특정한 사용자의 요건을 만족하는 서비스의 집합으로서 특정 지어짐을 의미하며, 계층(tier)은 응용프로그램이 서비스별로 어떻게 분할될 수 있을까 하는 방법을 제공하는 논리적인 개념이다. 서비스 모델은 사용자 서비스(User Service), 비즈니스 서비스(Business Service), 그리고 데이터 서비스(Data Service)로 분류하였는데, 이러한 계층의 개념으로 서비스들의 논리적인 분할을 강조함으로써 많은 사용자들이 동시에 데이터베이스에 액세스하려 할 때 발생하는 네트워크 통신 량의 체증을 해결하고 데이터베이스 서버 부하를 더욱 효과적으로 관리할 수 있게 하였을 뿐만 아니라 조용성(Scalability), 기능의 분리와 캡슐화(Encapsulation), 유지(Maintainability), 다중 사용자 지원(multi-user support), 그리고 분산능력을 제공할 수 있도록 하였다.

2-2. 3차원 CAD 및 가상현실(VRML) 파일 개발

본 연구개발 시스템의 중추적 인터페이스 역할을 하는 3차원 CAD와 가상현실 모델은 고등기술연구원, 대우건설(주), 그리고 캐나다원자력공사(AECL)가 설계 및 시공용으로 공동 개발한 3차원 CAD 모델을 발전소 운전 및 유지보수에 사용할 수 있도록 계통분류체계(Basic System Index)에 따라 re-modeling 한 후 VRML 파일로 변환하여 구현하였다. 기존의 3차원 CAD 모델은 인터그래프의 Plant Design System을 사용하였는데, 이 시스템은 Bentley의 Microstation에 기반을 두고 있다. Microstation의 파일 포맷으로부터 변환된 가상현실 파일은 변환의 한계성으로 인해 직접 웹 브라우저에서 실행되지 않기 때문에 VRML 파일 포맷을 편집해 주어야했다.

VRML의 내용은 3차원 정보를 나타내는 객체 정의와 객체간의 관계와 위치를 지정하는 scene 정의, 그리고 인터넷 navigation을 위한 노드 등을 정의한다. [표 1]은 VRML의 노드를 4가지로 분류해 놓았는데 이들 노드의 유형 중 Group 노드 내부의 children 노드에서 배경 색을 정의하는 특성(Property)노드를 삭제하고 코드(1)과 같은 광원 특성 노드를 삽입해

주었다.

[표 1] VRML에서 Node의 종류와 분류

분류	노드(Node)
Group Node	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Group, Separator ◦ Switch, LOD, Transform Separator ◦ WWW Anchor
Shape Node	<ul style="list-style-type: none"> ◦ ASCII Text ◦ Cone, Cube, Cylinder, Sphere
Property Node	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Material, Texture2, Shape Hint, Normal Binding, Material Binding, Normal, Texture2 Transform ◦ Matrix Transform, Rotation, Scale, Translation ◦ Orthographic Camera, Perspective Camera ◦ Direction Light, Point Light, Spot Light
etc Node	◦ WWW Inline

```

DEF SOLARLIGHT DirectionalLight {
    on TRUE
    intensity 1.0000000
    color 1.000000 1.000000 1.000000
    direction 0.647137 -0.394233 -0.652528
}
    
```

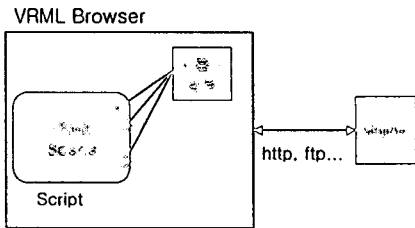
(1)

웹은 다양한 종류의 플랫폼을 사용하므로 동적인 문서를 작성하기 위해서는 플랫폼에 독립적인 스크립트가 필요하다. Sun 마이크로사의 JAVA는 이에 가장 적합한 스크립트 언어라 할 수 있는데 [그림 3]은 VRML 브라우저가 스크립트를 처리하는 과정을 보여준다. 웹 상에서 JAVA 스크립트를 가져오면 제어권을 스크립트로 넘겨주고 스크립트는 해당되는 루틴에 의해 VRML 장면 그래프(Scene Graph)를 직접 조작한다. [그림 4]에서는 스크립트 언어의 내부적인 처리를 보여주는데 스크립트는 이벤트에 해당되는 반응을 기술한 언어이고 장면(Scene) 내의 스크립트간, 또는 객체간 인터페이스를 제공해서 발전소 계통의 동적인 3차원 공간을 제공한다.

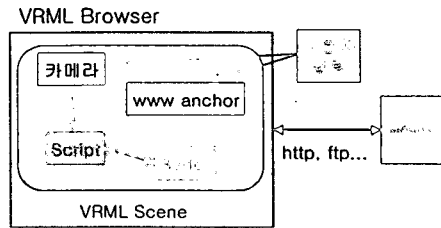
운전 및 정비지원 3차원 가상현실 모델 파일명은 이름만으로도, 모델의 계통과 모델의 종류, 모델의 위치를 알 수 있는 지역, 호기 번호, 그리고 파일의 종류를 알 수 있게 다음과 같이 나타내었다.

aaaaabcdee.wrl

여기서 aaaaa는 CANDU(Canada Deuterium Uranium)-Type의 계통별 구분을 가리킨 BSI (Basic System Index) 번호를 나타내고, b는 장비나 파이프, 공기정화 계통 등의 모델 중



[그림 3] 스크립트 언어의 처리과정



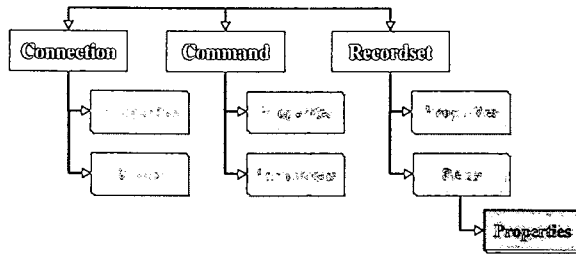
[그림 4] 스크립트 언어의 내부적 처리도

류를 지적하며, c는 발전소의 지역별 분리 영역을 나타내며, d는 월성원자력발전소의 호기분류 번호를 표시하고, ee는 NSSS(Nuclear Steam Supply System)과 BOP(Balance of Plant)의 구분과 직경 2.5 inch을 기준으로 한 파이프의 크기를 가리킨다.

2-3. 웹에서 데이터베이스 링크

현장에 분산되어 있는 이종의 데이터베이스 연결은 시스템 성능을 고려하여 3-tier로 설계한 기본 구조 중 중간계층(2nd-tier)에서 ASP(Active Server Page)와 ADO(ActiveX Data Object) 구성요소를 사용하여 구현하였다.

ADO(ActiveX Data Object)는 ODBC(Open Database Connectivity) 데이터 소스를 포함해서 OLE DB(Object Linking and Embedding Database) 데이터 소스로부터 데이터에 액세스하는 응용 프로그램을 작성할 수 있게 해 주는 자동화 기반의 응용프로그램 레벨의 프로그래밍 인터페이스이다. ASP(Active Server Page)와 함께 ADO를 사용할 때 모든 데이터 액세스와 데이터 처리는 서버에서 실행된다. ADO는 Active Server Page와 데이터베이스 사이에 [그림 5]에서 보여지는 것처럼 Connection, Command, 그리고 Recordset 객체로 구성되어 있는데, 각 객체는 서로 의존하지 않고 독자적으로 생성되고 파괴되기 때문에 업무에 필요한 객체만을 생성하고 보다 더 간단한 코드를 작성할 수 있도록 해준다. 즉, 객체를 생성하기 위해서 불필요한 계층을 더 이상 탐색할 필요가 없다는 것을 의미한다.



[그림 5] ActiveX Data Object 구성계층

Unix 운영체제에서 Oracle로 구축된 발전소 현장의 데이터베이스에 액세스할 때 connection 객체의 속성에 대한 있는 그대로의 값을 사용하는 것보다는 오히려 응용프로그램 변수를 사용하는 방법을 택하였다. 웹 페이지에 데이터 connection을 추가하기 위하여 응용프로그램 변수에 connection에 대한 정보를 저장하고, 이들을 전역변수 페이지인 global.asa 파일에 스크립트로 추가하여 판독과 수정을 쉽게 하였다. 코드(2)는 트랜잭션 서버와 IIS(Internet Information Server)에서 처리되는 ASP에 스크립트로 작성한 connection 객체를 나타내고 있다.

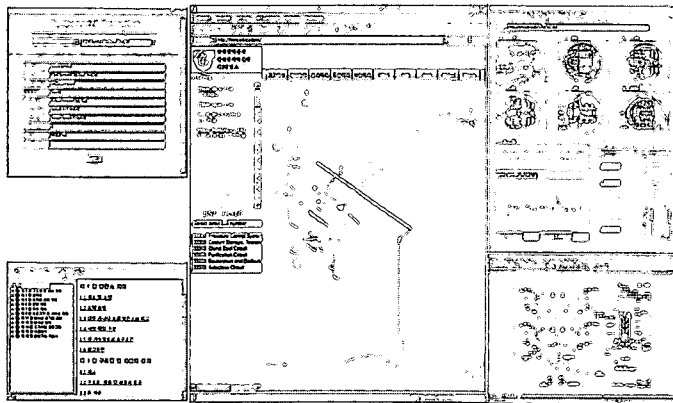
```

Set conn = Server.CreateObject("ADODB.Connection")
conn.ConnectionTimeout = Application("caddb_ConnectionTimeout")
conn.CommandTimeout = Application("caddb_CommandTimeout")
conn.Open Application("caddb_ConnectionString"), _
           Application("caddb_RuntimeUserName"), _
           Application("caddb_RuntimePassword")
  
```

3. 결론

O&M통합관리 지원시스템은 발전소 설계부터 주어진 수명기간동안 발생하는 모든 자료를 하나의 시스템에서 3D 모델 기반 위에 효율적으로 관리할 수 있도록 설계되었다. 설계기술자료와 운전 및 정비이력에 근거한 정보흐름 모델은 이러한 시스템의 핵심에 놓여있으며, 이것은 발전소 운전요원, 보수요원, 그리고 관리 및 행정요원을 포함한 허가된 모든 정보 사용자의 필요성의 이해와 연계된다. 또한 실시간 운전 자료와 정비이력 자료를 효과적으로 관리할 수 있는 통합기술을 제공하고, 발전소 작업종사자들로 하여금 발전소에서 진행되고 있는 설계기술과 운전 및 정비작업을 가시적 형상을 통해 제어할 수 있도록 기본구조를 제공하고 있다(그림 6 참조).

3차원 모델을 기반으로 하는 본 시스템의 가상현실 파일을 다루기 위해서는 Pentium I 100MHz 이상이면 되지만 사용자 친화적인 성능을 고려해 볼 때 Pentium II 이상이 되어야 불편한 점을 느끼지 못할 것이다. 또한 이중의 분산 데이터베이스에 연계하기 위해서는 이중 분산 DB 처리 도구를 사용하면 그 성능을 더욱 높일 수 있을 것으로 본다. 본 시스템은 전 세계적으로 증명된 비용 효율적인 사전 행동의 보수업무 처리를 가능케 하며, 고속의 자료수집, 정보접근, 그리고 향상된 정확한 분석능력을 추가할 수 있으며 더욱더 효율적이고 효과적인 의사결정을 제공하도록 도와 줄 것이다. 따라서 장기적으로 발전소의 운영 및 유지보수(Operations Maintenance & Administrative) 비용절감을 가져올 뿐만 아니라 높은 생산성과 이용률 그리고 향상된 신뢰성과 안전성을 제공할 것이다.



[그림 6] O&M 통합관리 지원시스템 실행결과

4. 참고문헌

- [1] John Douglas, "The Maintenance Revolution", EPRI Journal 1995 May.
- [2] 한국전력공사, "원자력발전원가" 한국전력공사, 1999 April.
- [3] Charlebois, P., "CANDU Plant Maintenance - Recent Development", IAEA Technical Committee Meeting on Advances in Safety Related Maintenance, Vienna, Austria, September 1997.
- [4] Alex Homer, David Sussman, "Professional MTS & MSMQ with VB and ASP",

- Wrox, 1998
- [5] E. P. Horton, T. R. Sepa, "Nuclear Generation Cost Management and Economic Benefits", OECD/NEA International Symposium, April 17-21, 1989, Tokyo, Japan.
 - [6] Richard J. Simon, "Windows NT WIN 32 API", 정보문화사, 1.26, 1998
 - [7] Alex Fedorov, Brian Francis, Richard Harrison, Alex Homer, Robert Smith, David Sussman, Stephen Wood, "Professional Active Serve Pages 2.0", WROX, Jan. 19, 1999
 - [8] Nigel McFarlance, Andrea Chiarelli, James De Carli, Sing Li, Mark Wilcox, Pul ilton, Cliff Wootton, Stuart Updegrave, "Professional Java Script", WROX, 1999
 - [9] Cay S. Horstmann, Gary Cornell, "Core Java", Sun microsystems, 1999
 - [10] Josie Wernecke, "The Inventor Toolmaker", 2nd ed. Open Inventor Group, Addison Wesley, 1994
 - [11] Charles Siegel, "Access 97 for Windows", Samgakhyung Press, 1997
 - [12] Paul Lomax, "Learning VBScript", O'Reilly, 1998
 - [13] Laura Lemay, Paul Lomax, Rogers Cadenhead, "ActiveX and VBScript", Sams.net, 1997
 - [14] Intergraph Corp., Design Review 3.6 Reference Guide, 1997
 - [15] 고등기술연구원, 컴퓨터 이용 CANDU 설계, 건설 지원 시스템 개발, IAE/RR-EP01/96, 1996
 - [16] Intergraph Corp., Microstation 2D Level 1 Course Guide, 1993