

월성 원전 운전 및 정비 지원을 위한 3차원 CAD 모델 개발

안호준, 김형진, 이범석*, 창영선**
고등기술연구원, 대우건설*, 한전**

3D CAD Model Development for The Operation and Maintenance of Wolsong Nuclear Power Plant

Ho-Jun Ahn, Hyung-Jin Kim, Bom-Seok Lee*, Young-Sun Chang**
Institute Advance Engineering, Daewoo Construction*, KEPCO**

1. 서론

현재 국내 플랜트 분야의 대다수 회사들은 3차원 CAD 시스템을 도입하여 주로 설계, 건설분야에만 국한하여 활용하고 있지만, 운전 및 정비지원 측면에서 모델을 활용하고 있지는 않다. 이에 설계, 건설용으로 기 개발한 CANDU(Canada Deuterium Uranium)형 원자력발전소 3차원 CAD 모델을 모델 파일명의 변환과 해당되는 건물별로 통합하고 계통별로 분할하여 운전 및 정비효율을 높이고자 하였다. 본 연구는 현장 작업종사자나 신입 교육자에게 훈련 교육 측면을 지원하는 모델을 개발하고 그 모델을 응용하여 가상환경에서 이동하는 경로를 설정하면서 정비지원 관점의 데이터를 해당 모델과 연결시키고자 하였다.

2. 본론

고등기술연구원, 대우건설(주), 캐나다원자력공사는 1994년과 1995년에 컴퓨터를 이용한 건설 시공용 3차원 CAD 모델을 개발하였다. 이후, 2.5 inch 이하 Pipe의 모델링과 1998년 8월부터 2000년 3월까지 운전 및 정비 지원 3차원 CAD 모델을 개발하였다. 캐나다원자력공사는 CANDU(Canada Deuterium Uranium)6-Type 발전소의 NSSS(Nuclear Steam Supply System)의 모델을 담당하였고 대우건설(주)은 BOP(Balance of Plant) 부분을 담당하였다. 기존 건설 시공용 3차원 CAD 모델은 데이터와 함께 크기가 120MB로서 Dual Pentium 266MHz CPU, 256MB 메모리인 W/S에서 Load 하는데 반시간 가량이 소요되어 모델 추가와 함께 원자력발전소 전체 모델을 건물별 6개의 빌딩으로 나누고 고등기술연구원은 다시 37개의 계통별 모델로 분리하였다. 모델 설계에 사용한 Software는 Intergraph 사의 PDS(Plant Design System)이고 모델의 3차원 Viewing 도구는 Intergraph 사의 DesignReview 3.6을 사용하였다.

2.1 3차원 CAD 모델, 파일명 체계

운전 및 정비지원 3차원 CAD 모델, 파일명은 이름만으로, 모델의 계통과 모델의 종류, 모델의 위치를 알 수 있고, 호기 번호, 그리고 파이프의 종류를 알 수 있게 나타내었다. 다음은 3차원 CAD 모델의 파일명 체계이다.

aaaaabcdee.dgn

aaaaa : BSI(Basic Subject Index) Number

- b : Application or Discipline Code
- c : Building별 또는 Area별 분류번호
- d : 호기 분류
- ee : file의 특성에 따라 일련번호
- .dgn : Microstation CAD file 확장명 또는 응용 소프트웨어 file 확장명

여기서 BSI는 CANDU(Canada Deuterium Uranium)-Type의 계통별 구분을 가리킨 것으로서 aaaaa 코드의 구분은 10000 코드에서 70000 코드까지로 10000 BSI code는 Site and Improvements, 20000 BSI code는 Building and Structure, 30000 BSI code는 Reactor, Steam Generator and Auxiliaries, 40000 BSI code는 Turbine Generator and Auxiliaries, 50000 BSI code는 Electric Power Systems, 60000 BSI 코드는 Instrument and Control, 70000 BSI code는 Common Processes and Service로 크게 7개의 계통으로 나누어지는 모델 이름이다. b code는 장비나 파이프, 공기정화 계통 등의 모델 종류인 Equipment, Piping, Raceways(Cable Tray), Civil, Architecture, HVAC, Steel Structure and Concrete Structure를 구별하였고 c 코드는 6개로 분리한 발전소의 지역별 영역을 나타내었다. 또한 d 코드는 월성 원자력발전소의 1호기부터 4호기까지 있어서, 호기분류 번호를 나타내었고 ee는 File의 특성에 따라 1번부터 50번까지는 NSSS(Nuclear Steam Supply System) 분야 모델이고 51번부터 99번까지는 BOP(Balance of Plant) 분야 모델이다. 여기서 BOP 분야 Piping의 경우, 51번부터 60번까지는 Large Bore Piping(2.5 inch 이상)이고 61번부터 70번까지는 Small Bore Piping(2.5 inch 미만)이며 71번부터 80번까지는 Vendor Piping이고 81번부터 90번까지는 Underground Piping이다.

2.2 월성 원자력발전소 Building 별 모델 개발

월성 원자력발전소 전체 모델은 CAD 모델과 공학적 데이터 파일을 합해서 300MB에 달하므로 Dual Pentium 266MHz CPU, 256MB 메모리인 W/S에서 Load 하는데 1시간 가량이 소요된다. 따라서 모델 운용에 무거움이 따르고 작업종사자와 신입 교육자에게 전체 모델보다 모델운용에 빠름을 제공하고자 전체 모델을 빌딩별로 나누어 개발하였다. 나중에 모델을 가지고 이용할 경우나 가상환경에서 작업할 경우, 외부 데이터 연결이나 모델 이용의 속도와 시스템의 이해에 나온 환경이 갖추어지게 되었다. 모델은 원자력발전소에서 건물별로 Reactor Building, Service Building, Turbine Building, Pump House Building, D₂O Upgrade Building, Yard Area인 6개의 빌딩으로 구분하였다.

건물별로 모델이 구분되어서 모델 Load 시간이 5/1에서 6/1로 시간이 절약되었고 찾고자 하는 기기들의 탐색에서는 더 빠른 속도를 제공해 시스템을 이해하고 모델을 이용한 유지, 보수의 측면에서 모델 활용의 효율을 증대시켰다.

2.3 월성 원자력발전소 천 단위 계통별 모델 개발

고등기술연구원은 일반 개인용 컴퓨터에서도 3차원 CAD 모델을 운용하도록 천 단위 계통별로 모델을 구성하였다. 모델이 없는 것은 구분하지 못했지만, 있는 것은 다음과 같이 37개의 계통으로 나누었다.

- 10000대 BSI : 10000
- 20000대 BSI : 20000, 21000, 22000, 23000, 24000, 28000, 29000,
- 30000대 BSI : 31000, 32000, 33000, 34000, 35000, 36000, 38000
- 40000대 BSI : 41000, 42000, 43000, 45000
- 50000대 BSI : 51000, 52000, 55000, 57000

60000대 BSI : 60000, 62000, 63000, 64000, 65000, 66000, 67000, 68000
70000대 BSI : 71000, 72000, 73000, 75000, 76000, 79000

그러나 모델이 작은 것은 사이즈가 몇 KB이지만, 모델이 큰 것은 수십 MB에 달하므로 펜티엄급에 해당하는 컴퓨터에서 최소 64MB Ram에 해당하는 기억장치의 사양을 가진 개인용 컴퓨터(Personal Computer)에서 모델을 운용하면 된다.

2.4. 3차원 CAD 모델 운용

운전 및 정비지원 3차원 CAD 모델을 가지고 가상 환경 공간에서 발전소 전체 전경을 보이는 Walk through Path를 설정하였다. 규격은 320×240mm으로 용량은 300MB이다. 또한, Reactor Building, Turbine Building, Service Building의 건물에서 월성 원자력발전소 현장을 기준으로 바다쪽을 향한 방향에서 뒷쪽으로 진행하여 정중앙 한가운데서 180 ° 회전하여 반대편으로 내려오는 Path를 설정하고 서쪽을 바라본 측면에서 출발하여 바다 쪽으로 360 ° 회전한 옆면을 관찰한 모습을 동영상으로 담았다. 규격은 480×360mm으로 원자로 건물 윗면의 동영상 크기는 80MB이고 원자로건물 옆면은 92MB가 된다. 특히, 작업자가 접근하기 어려운 지역인 고방사능 지역이나 밀폐차폐 지역의 접근 경로와 구조물의 위치를 살펴볼 수 있었다. 그리고 장비의 교체나 정비 보수의 목적으로 재 설치 시, 사전 모의 훈련을 통한 중량물의 이동 경로를 설정하고 주변 장비들과의 간섭체크로 이상적인 이동경로를 설정할 수 있었다. 방법은 이동하고자하는 기기를 먼저 정의하고 이동 경로를 x축, y축, z축의 값을 조합으로 지정한 후, 순차적으로 다음 경로의 값을 같은 방법으로 설정하여 기기를 이동시켰다. 그리고 3차원 CAD 모델 설계 시, 구축한 공학적인 데이터(파이프 길이, 재질, 정상온도, 정상압력...) 이외에, 외부 데이터(P&ID, Iso Drawing, 문서, Image 파일, 동영상 파일...)를 연결하여 유지, 보수 측면에서 운전 및 정비 효율을 높였다. 먼저, 외부 데이터베이스를 구동시킬 때, msaccess.exe의 path와 MS-ACCESS의 파일의 위치를 지정해 주었다.

```
c:\program files\microsoft office\Office\msaccess.exe  
g:\dri_file\w34\rb\db1.mdb
```

그런 다음, 외부 데이터의 종류에 따라 실행 파일의 위치를 지정해준다.

```
c:\winnt\notepad  
d:\microoffice\office\excel.exe  
c:\microoffice\office\winword.exe  
c:\win32app\ustation\ustation.exe  
c:\winnt\system32\MPLAY32.EXE /play  
c:\drv\imgview.exe -g  
d:\Microoffice\office\msaccess.exe  
c:\HNC\Hwpw.exe  
c:\winnt\notepad.exe
```

다음 각각의 외부 데이터를 Equip No., Description, Line no, Tag No., 등의 Key 값으로 지정하고 데이터가 있는 경로를 지정해 준다.

```
g:\dri_file\w34\apidata\doc
```

g:\dri_file\w34\rb\apidata\fsar\ch1
g:\dri_file\w34\rb\apidata\iso_3d
g:\dri_file\w34\rb\apidata\avi
g:\dri_file\w34\rb\apidata\picture

그림 1은 Steam Generator의 분리, 이동을 나타낸 것이고 그림 2는 CAD 모델에 연결된 외부 데이터를 열람한 모습이다. 이는 한전 월성 제2발전소 현장에서 모델에 데이터베이스가 계속하여 구축 중에 있으며 1999년 6월 발전소 방제훈련에서 CAD 모델과 연결된 외부 데이터베이스를 사용하였다.

3. 결론

운전 및 정비지원 3차원 CAD 모델로서 현장을 직접 방문하지 않고도 사무실에서 기기를 찾고 주변 구조물 구조를 파악할 수 있었다. 또한 CAD 모델과 연관된 공학적 데이터인 재질, 온도, 압력 등으로 장비들의 엔지니어링 관점을 측정할 수 있었고 실제 증량물 이동, 설치 전에 사전 모의 실험을 통하여 간섭 체크를 확인하였고 접근이 곤란한 지역이나 밀폐된 지역을 가 볼 수 있었다. 또한 외부 데이터를 CAD 모델에 계속해서 구축하여 유지, 보수, 정비 지원 시스템이 갖추어지게 되었다.

[참고 문헌]

1. Intergraph Corp., Design Review 3.6 Reference Guide, 1997
2. 고등기술연구원, 컴퓨터 이용 CADNU 설계, 건설 지원 시스템 개발, IAE/RR-EP01/96, 1996
3. Intergaph Corp., PDS 3D Theory User's Guide 1993
4. 대우건설, 월성원전 2, 3, 4호기 지하매설물 3차원 CAD 모델 설명서, 2000
5. 한국전력공사, 월성원자력 2, 3, 4호기 최종안전성 분석보고서

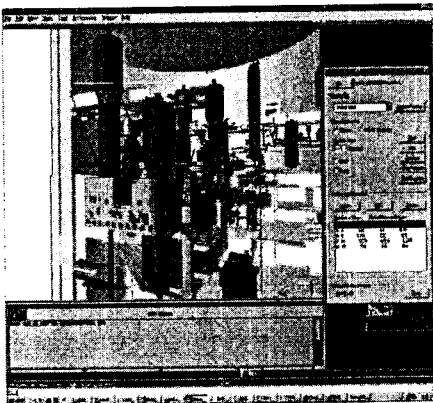


그림 1 Steam Generator의 분리, 이동

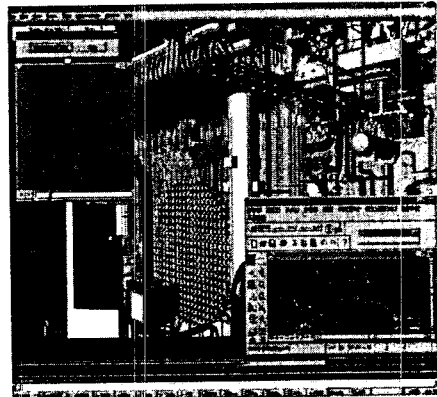


그림 2 CAD 모델에 연결된 외부 데이터