

원자력발전소 설계의 컴퓨터 응용

1. 서 론

현재 Computer는 거의 전 기술분야에 필수적인 도구가 되었다 그중 graphic 개념을 도입한 설계 도구인 Computer-aided-design(CAD) system은 모든 plant 설계에 사용되고 있으며, 첨단 기술의 집합인 원자력발전소 설계도 예외는 아니다.

이 보고서에서는,

- CAD 개요
- 원자력발전소의 생애와 관련공정
- 원자력기술 분야별 CAD응용 방향을 기술하고자 한다.

2. CAD 개요

협의의 CAD는 Computer graphic에 의한 설계 자동화 system이며, 광의의 CAD는 computer에 의한 설계제도, 기술 계산, 및 사업관리 system을 포함한다.

여기에서 굳이 CAD를 정의한다면, 설계대상을 도형(graphic) 자료로 생성(generation), 표현(representation), 조작(manipulation), 처리(processing), 저장(storage) 하며, 비도형(non-graphic) 자료를 graphic 자료와 연관시켜 표현, 처리, 조작, 저장하는 일체의 전산조직이라 할 수 있다.

2.1 CAD의 역사

CAD의 시작점이 언제부터 인지에 대하여는 여러 가정이 있다. computer graphics를 interactive 하게 사용한 system 개발을 CAD의 원조로 보면, 1950년대 초기에 미국 Massachussetts Institute of Technology(MIT)에서 개발한 Whirlwind Enivac 전산기를 사용한 Sage 항공방위 및 제어 System을 들 수 있다.

1960년대 초기에 International Business Machine(IBM)사에서 IBM7094 전산기에 DAC-1 console을 연결하여 CAD의 하나의 맥을 형성했고, 다른 하나의 맥은 Digital Equipment Corp-

신 재 인
(한국전력기술주식회사)

oration(DEC)사에서 PDP 계열의 소형전산기의 출현과 함께 시작된다. IBM을 사용하는 그룹은 IBM 기종의 변천과 함께 제 3세대 전산기인 IBM 360/370 계열을 통하여 현재의 4300 계열을 중심으로 변천되어 왔으며, DEC 기기를 사용하는 그룹은 PDP 계열에서 현재의 super mini 전산기인 VAX 계열로 변천되어 왔다.

1970년대 초기에 수많은 기종의 전산기가 출현하였지만, 그중 괄목하게 성장한 그룹은 Data General(DG)가 기기를 이용하는 그룹으로서 Nova를 시작점으로 하여 Eclipse를 거쳐 MV 계열의 전산기로 변천되어 왔다. Control Data Corporation(CDC), Hewlett Packard(HP) 역시 이 사업 영역에 뛰어들어 또 다른 맥을 형성하였다.

1970년대 말기의 Motorola 68,000 microprocessor의 출현은 CAD hardware계의 커다란 이정표가 되었다. 이로 인하여 제 2세대 CAD hardware라고 불릴 수 있는 Apollo가 출현하여 현재 새로운 맥을 형성하고 있다.

IBM이나 CAC의 대형전산기를 사용하는 CAD system은 대부분 기기 공급회사 자체에서 개발되었으며, 외부에서 개발된 성공적인 system 도 결국은 IBM, CDC 사에 의하여 흡수되었다. DEC

기기를 사용하는 system 공급자는 많은 분화를 거쳐 현재의 Applicon, Intergraph사 등의 성공적인 공급자들에 이르렀고, DG 기기를 사용하는 그룹은 Calma, Computervision 등이 있으며, Computervision사는 초기에 DG의 기계를 사용하다가 전산기를 자체 개발/사용하고 있다. 그리고 Autotrol사, Calma사 등은 기존의 hardware에서 Apollo로 전환하고 있다(그림 2-1 참조).

2.2 CAD 원리 및 구성

설계자료를 전산자료화 하기 위해서는 전산기가 인식할 수 있도록 계수화 하여야 하며, 계수화된 자료를 graphic의 형태에 따라 논리적으로 연계시켜야 한다.

CAD의 개념은

- 도식화된 도형의 각 구성점을 이차원/삼차원 좌표계수화(digitization)
- 입력된 좌표를 논리적으로 점, 선, 다각형 다면체화, 도형자료로서 생성/처리/저장
- 도식화된 도형의 비도형 자료를 생성된 도형자료와 연관 처리/저장
- 저장된 자료의 표현/조작/재저장으로 표현될 수 있다(그림 2-2 참조).

위에서 서술한 개념을 실행하기 위해서는 전산 hardware 및 software를 필요로 한다.

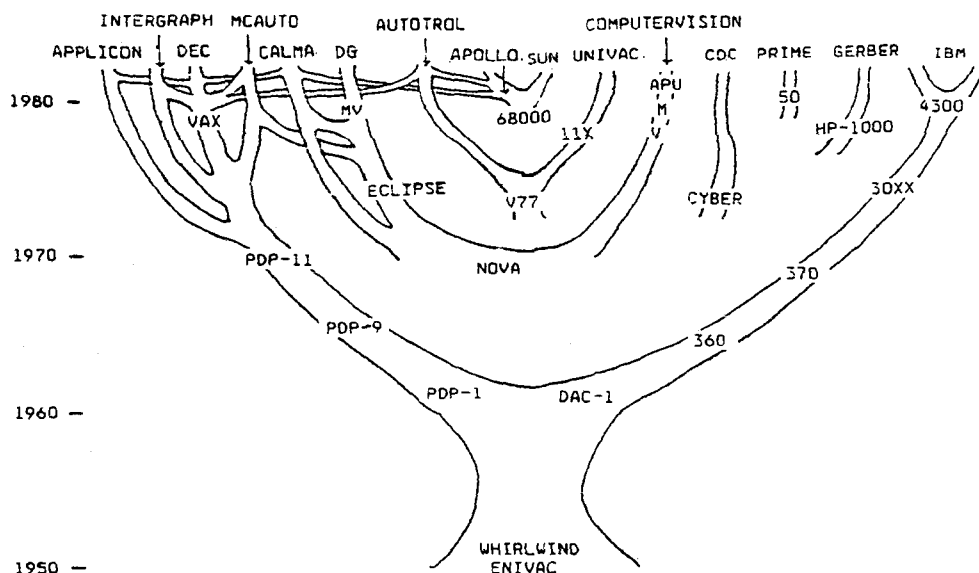


그림 2-1. Computer Graphics System의 역사

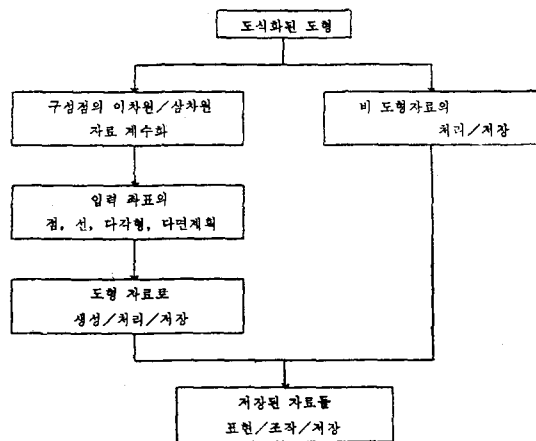


그림 2-2. Computer Graphics System의 개념

Hardware 원리는 전산기(중앙처리장치, 기억장치 포함)로 부터 display processing unit를 거쳐 도형자료를 display하고, 사용자와의 interaction을 전산기에 입력시키는 것이다. 사용자가 제도를 원할 때는 interaction을 통하여 전산기로 하여금 자동제도로 출력시키는 것이다(그림 2-3 참조).

Hardware로 하여금 어떤 작업을 시키기 위해서는 software가 필요하다. software의 원리는 high-level programming 언어와 도형/비도형 자료를 논리적/합리적으로 저장하기 위한 정보관

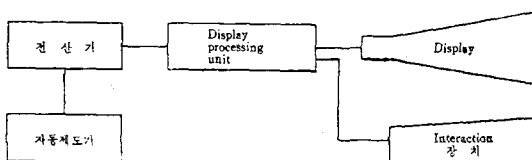


그림 2-3. Computer Graphics System Hardware의 원리

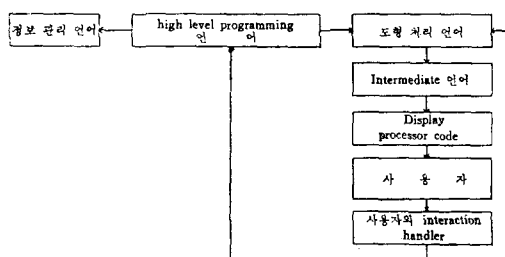


그림 2-4. Computer Graphics System Software의 원리

리 언어(data base management language)를 사용하여 hardware로 하여금 작업을 수행하도록 하는 명령의 조합인 program을 작성하는 것이다(그림 2-4 참조).

2.3. CAD의 응용분야

CAD의 응용분야는 크게 다음의 4분야로 나눌 수 있다.

- 기계(Mechanical) 관련분야
- 전기/전자(Electric/Electronic) 관련분야
- 건축/설계 / 건설(Architect / Engineering/ Construction; AEC) 관련분야
- 지도(Mapping) 관련분야

기계 관련분야에선 기계류 설계에 컴퓨터 그래픽 기법을 이용하는 것으로, 수치제어 선반과 함께 기계류 자동 제작까지 가능하며, 전기/전자 관련분야에선 특히, 전자기판(Printed Circuit Board) 설계 제작에 CAD 기법이 응용되고, 지도 관련분야에선 지도의 정보를 컴퓨터 그래픽 기법을 이용하여 digital map으로 변환, 이를 쉽게 저장, 조작, 출력할 수 있으며, 건축/설계/건설 관련분야에선 각종 해석(Analysis) 작업 및 도면 제작 분야에 CAD 기법이 이용된다.

3. 원자력발전소의 생애와 관련공정

참고로 원자력발전소의 전체공정을 고찰하면,

- R&D Phase
- Design Phase
- Construction Phase
- Start-up Phase
- Commercial Operation Phase
- Decommissioning/Life Extension Phase

로 대분될 수 있다(그림 3-1 참조).

현재 CAD는 위와 같은 각각의 Phase에 산발적으로 이용되고 있으나, 각 Phase 간의 연계는 아직 이루어지지 않고 있다. 이점이 앞으로 개선되어야 할 것이다.

이 중에서 CAD를 이용한 설계공정만을 도식화하면 그림 3-2와 같으며, 그 업무 내용은 다음과 같다.

- 부지선정(siting) : Plant 건설부지를 digital terrain model을 이용 전/후 지형태의 simulation

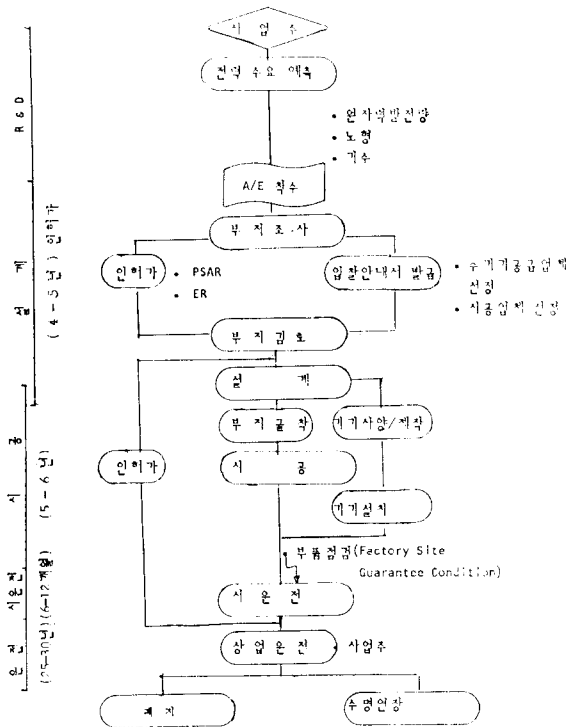


그림 3-1. 원자력발전소의 생애와 관련공정

- 토목구조 model(foundation model) : 토목 구조물의 3차원적 설계토지이동 용량계산
- 강구조 model(Steel structure model) : Plant 건물의 근간을 이루는 강구조의 3차원적 설계
- Piping and instrument diagram(P&ID) 작성 : 기계와 배관의 개념적 설계 제도
- 기계 / 장비 model(instrument / equipment model) : Plant내에 들어갈 기계와 장비들의 3차원적 위치 배정
- 배관설계 (piping design) : 배관설계, isometric 작성, 자재목록 작성
- 공기조화장치 설계 (heating, ventilation, and airconditioner duct design) : 공기조화 duct의 3차원적 설계.
- 전기배선 및 계기설계 (electric cable and control instrument design) : 전기배선의 3차원적 설계와 전기배선과 계기의 개념적 설계
- 간섭검색 (interference check) : 위의 모든 시설물의 3차원적 간섭검색
- Plant의 Solid model : 설계된 Plant 전체의 solid model화, 실제 모양의 simulation

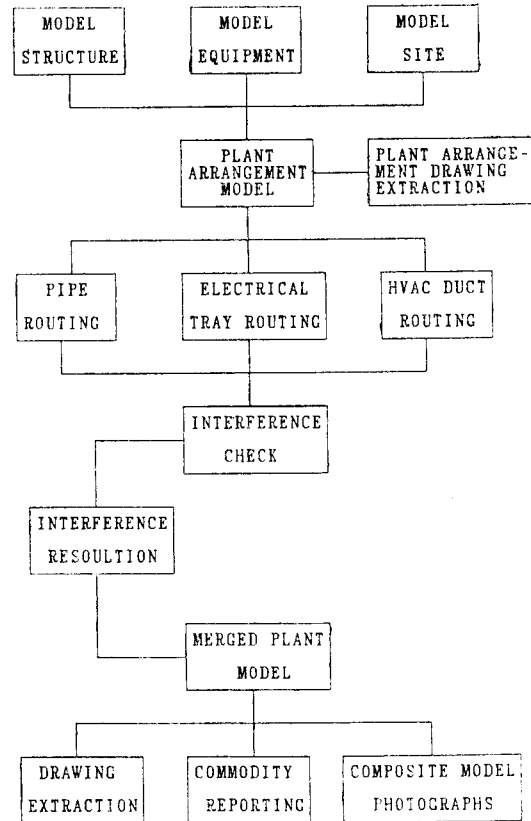


그림 3-2. 발전소 설계 CAD 이용 공정

4. A/E 기술분야별 CAD 응용

원자력발전소 A/E 업무와 연관되는 기술분야는 토목, 건축, 기계, 배관, 전기 및 계측제어의 6개 분야이며, 각 기술분야별 CAD 입력자료, 해석업무 및 CAD를 통하여 획득할 수 있는 출력자료를 열거하면 다음과 같다.

4.1 입력 자료

- | | |
|-------|---|
| 토목 분야 | <ul style="list-style-type: none"> • Digital terrain model • Steel layout model • Finite element model(FEM) • Steel detail • Concrete detail • Steel code table |
| 건축 분야 | <ul style="list-style-type: none"> • Building floor plan & elevation • Building section & detail |

- 기계 분야
 - Building model & perspective
 - Process & instrumentation diagram (P&ID)
 - Heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) duct layout model
- 배관 분야
 - Plot plan & block model
 - Equipment model
 - Piping layout model
 - Pipe specification
- 전기 분야
 - Schematic diagram
 - Lighting plan
 - Grounding plan
 - Cable tray layout model
- 계측제어 분야
 - Instrument loop
 - Instrument logic
 - Instrument location

4.2 Analysis 업무

- Plant 3차원 surface model
- FEM을 이용한 structure의 stress analysis
- Piping stress analysis
- HVAC duct layout analysis
- Interference check

4.3 출력 자료

- 토목 분야
 - Site plan drawings
 - Structural steel plan & section drawings
 - Steel detailing drawings
 - Concrete detailing drawings
 - Stress analysis output
 - Structural steel bill of material (BOM)
- 건축 분야
 - Floor plan & elevation drawings
 - Section & detail drawings
 - Building perspective
 - Door & window schedule
 - 기타 BOM
- 기계 분야
 - P&ID drawings
 - Line list, valve list 및 equipment list
 - HVAC duct plan & section dra-

- wings
- 배관 분야
 - HVAC 관련 BOM
 - Pipe specification data base
 - Equipment layout drawings
 - Piping plan & section drawings
 - Isometric drawings
 - Pipe stress analysis output
 - Pipe, fitting 및 기타 bulk material의 BOM
- 전기 분야
 - Single line diagram drawings
 - Cable tray plan & section drawings
 - Lighting plan drawings
 - Grounding plan drawings
- 계측제어 분야
 - Instrument loop drawings(ILD)
 - Instrument logic diagram
 - Instrument location drawing
 - Instrument list

5. 결 론

현재 CAD 기술 수준으로 볼 때, 설계만을 분리하여 보더라도 각 기술분야별 자료정보들의 종합(integration)이 제대로 안되고 있는 실정이다. 원칙적으로 보면, 각 기술분야, 예를 들어 piping, HVAC, cable tray 등이 한 data bank에 들어가 서로 interference check가 완벽히 되어, 소위 engineering model의 과정을 배제하여야 하나, 현재의 여러 여건으로 제대로 안되고 있다. 그 이유로는,

- CAD 활용에 적합한 Engineering 절차미비
- CAD Software의 미비
- CAD hardware의 미비

등을 들 수 있으며, 본인의 견해로는, 첫번째 이유가 보다 큰 비중을 차지하고 있는 것 같다. 그러나 CAD 사용 경험이 축적됨에 따라, 상기 문제점은 해결이 가능하며, 이러한 어려움을 극복하면 원자력발전소 설계에 CAD가 크게 기여할 수 있다고 판단된다.

아직 nuclear power plant 중 CAD에 의해 전체가 설계된 것은 없지만, 이것이 이루어지면 발전소 전체 공정중 설계이후 과정인 시공, 시

운전 공정에도 크게 사용될 수 있다고 판단된다. 또한, construction 기간 동안 project manapement의 일부인 material manapement에 직접 사용될 수 있으며, operation 기간 동안 facility manapement에도 기본 자료로 이용될 수 있다. 현재의 제약조건으로는 각각의 phase를 별도의 회사 또

는 조직 전담운영 하고 있으므로, 각각의 조직에 다른 computer를 사용하므로 자료의 공동이용에 문제가 있다. computer communication technology의 발달로 이러한 문제가 해결되면, nuclear power plant 업계에 커다란 기술변혁이 오리라 고 예상된다.