

# 원전 설비 검사정보 세관 Mapping 프로그램 구현

신진호<sup>o</sup> 송재주 이봉재  
한국전력공사 전력연구원

(jinho, jjsong, bilee)@kepri.re.kr

## The Implementation of Inspection Information Tube Mapping Program for Nuclear Power Plant Facility

Jin-Ho Shin<sup>o</sup> Jae-Ju Song Bong-Jae Yi  
Korea Electric Power Research Institute, KEPCO

### 요 약

원자력발전소에서는 기기, 배관 및 각종 지지구조물 등 설비에 대하여 시간의 경과에 따른 취약화 정도를 측정하기 위하여 대략 15개월을 주기로 호기별 비파괴검사로 감시 및 평가하는 가동중검사를 실시한다. 증기발생기, 주북수기와 같은 세관으로 구성된 설비는 와전류탐상검사를 수행하여 신호데이터를 취득하고 건전성 여부를 평가한 다음 그 결과를 Optical Disk에 신호데이터와 함께 저장한다. 본 논문에서는 저장된 방대한 양의 검사 결과 파일을 추출하여 데이터베이스로 구축하고, 행열 수량, 모양, 방향 및 열번호 부여방법이 상이한 다양한 배열 형태의 세관 Map을 편집하여 사용자 요구에 따라 검사정보를 색상 Tube로 Mapping 처리하여 세관의 상태, 검사이력, 결합성장물 및 변화추이 분석을 시각적으로 파악할 수 프로그램 구현 사례를 소개한다.

### 1. 서 론

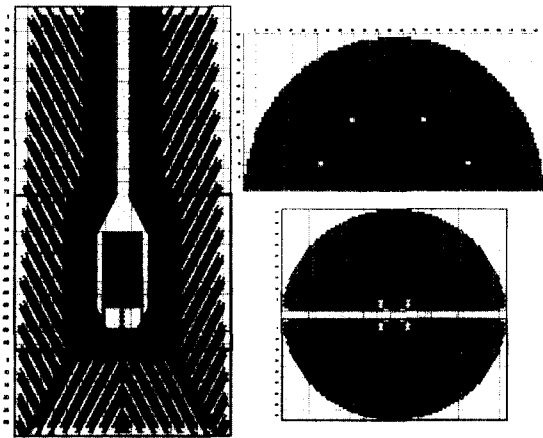
세관으로 구성된 원전 설비는 증기발생기, 주북수기, CCW, LP, HP 등 그 종류가 200~300여 가지에 달할 뿐만 아니라 그 배열 형태도 행열의 모양, 방향 및 열번호 부여 방법에 따라 각기 다르다. 주북수기의 경우 세관의 수량은 10,000여 개이며, 가동중검사이 비파괴 검사의 일종인 와전류탐상검사를 수행하는 수량은 11만여 개이다. 와전류탐상검사란 세관에 탐촉자를 넣고 와전류 신호를 작용시켜 그 변조된 신호를 수집하고, 수집된 신호를 바탕으로 평가자가 신호를 관독하여 건전성 유무를 평가하는 방법이다. 그 평가결과는 신호데이터와 함께 Optical Disk로 저장(현재 고리원자력본부 제2발전소는 13차까지 수행)되어 있다. 이 데이터는 향후 설비 및 세관 분석정보 제공에 기초자료로 활용되기 때문에 체계적으로 보관되어야 하며, 이를 바탕으로 담당자에게 시각적으로 세관 검사이력 및 상태정보를 제공키 위한 새로운 전산 시스템이 필요하게 되었다. 한전 전력연구원에서는 원자력발전소 담당 부서의 요구를 반영하여 세관 설비의 차수별 검사정보 데이터베이스를 구축하고, 현재 수작업에 의존하여 처리한 세관 Map 편집 작업 및 검사정보 Mapping 처리 프로그램을 구현하였다. 본 논문에서는 이러한 세관 Map 편집 기능, Zone분할 및 Re-Numbering 기능 그리고 데이터베이스화 되어 있는 검사정보를 해당 세관에 Mapping하는 기능 등을 포함한 시스템 구현과정을 설명한다. 본 논문의 구성은 개발 시스템 분석, 세관 Map 편집 기능 설계 내용, 검사정보 데이터베이스 관계 및 스키마정의 내용을 소개하며 마지막으로 주요 구현방법에 대해 설명한다.

### 2. 세관 Mapping 시스템 설계

#### 2.1 개발 시스템 분석

세관 Map 편집 시스템은 다음과 같은 사항을 고려하여 구현한다.

첫째, [그림 1]과 같이 다양한 모양과 많은 종류의 열교환기 세관 Map을 편집하기 위해 사용자가 쉽게 접근할 수 있는 직관적인 Interface를 제공하고, Tube를 하나의 객체로서 인식할 수 있는 행/열(Row/Column) 번호를 부여할 수 있는 기능도 포함하도록 구현한다. 또한 여러 가지 Tube 배열이 있는 점을 감안하여 행열 모양, 방향, 열번호 부여 방법을 선택하는 기능을 사용자가 정의할 수 있도록 한다. 두 번째로 생성된 세관 모양의 영역별(Zone) 분할 및 Zone내의 행열 시작번호, 방향, 색상 선택 기능을 제공하도록 한다. Tube 전열관 개수가 10,000개 이상인 주북수기 등과 같은 열교환기는 6개의 영역으로 분리하여 관리할 수 있도록 한다. 세 번째는 편리한 수정편집 기능이 Toolbar 형태로 제공되도록 한다. 상하좌우 대칭된 Tube 편집을 위한 분할 선택기능, 점, 선, 사각 및 다각형 영역 선택 기능, 선택/비선택 Toggle 기능 등이 포함되도록 한다. 또한 영역별 분할하여 Zone명 부여기능과 해제기능도 역시 포함하도록 한다. 네 번째로 완성된 Map은 데이터베이스로 저장 및 삭제 기능이 필요하다. 저장 및 삭제는 오라클 DBMS를 사용하고, 각 Tube 행/열 번호를 Key로 하여 검사정보 세관 Map상에 Mapping시 사용할 수 있도록 구현한다. 마지막으로 검사장비별 표준화한 검사결과 파일을 읽어 해당 세관 Map의 Zone과 행/열 번호가 일치하는가를

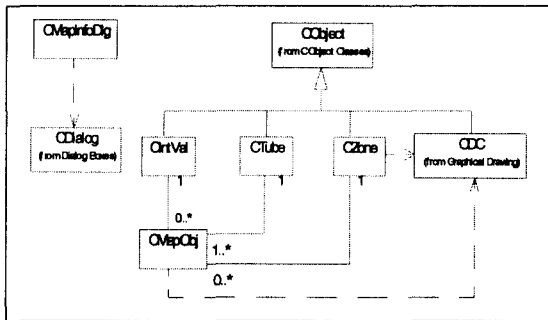


[그림 1] 다양한 세관 Map 배열 형태

확인하여 검사정보 데이터베이스에 입력한다. 입력된 데이터를 이용하여 사용자가 요구하는 검색조건에 따라 세관에 Mapping 처리하며 검색된 검사정보 List, 결함수, 세관수, 범례, 검색조건을 검색결과 화면에 적절히 배치한다.

2. 2 세관 Map Object Modeling

검사장비별, Zone별, 세관 Row 사이의 Interval 등을 고려한 Class Diagram은 [그림 2]와 같다. CMapObj과 CIntVal, CTube, CZone은 Association(연관)관계로 되어있고 CIntVal과 CZone은 Bi-directional Association 관계로 Map에 따라 존재하지 않을 수 있다. CMapObj는 생성시 Database에 존재에 따라 신규로 생성할 때에는 CMapInfoDlg를 Interface하여 Map의 Style을 설정한다.



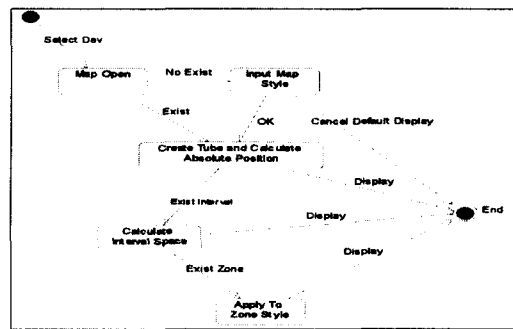
[그림 2] Map Object의 Class Diagram

Class CMapObj는 Tube Map의 전체크기 및 Option Type, Grid Type 값들의 Map의 기본정보와 CTube Array, CZone Array, CIntVal Array를 포함하여 [표 1]과 같이 구성된다.

[표 1] CMapObj Class의 기본구성

Type	설 명
int	Map의 전체 열의 크기
int	Map의 전체 행의 크기
int	Map의 열 사이의 간격 크기
int	Map의 행 사이의 간격 크기
int	Map의 열번호, 행번호의 방향 코드
int	Map의 행열모양의 코드
CString	Map의 주석
BOOL	Map의 편집유무
CObArray	Tube정보 처리용 Array
CObArray	Zone정보 처리용 Array
CObArray	Interval정보 처리용 Array

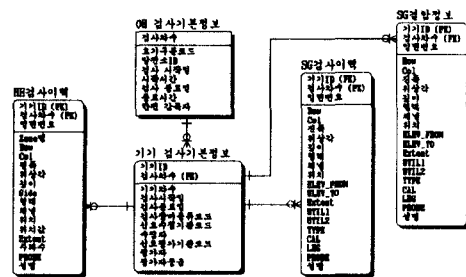
State Diagram은 오브젝트가 가질 수 있는 모든 상태와 어떠한 Event를 받았을 때 결과로 어떠한 상태로 변화하는지를 나타낸다. 아래 그림은 세관 Map을 Open할 때 변화하는 State Diagram이다.



[그림 3] Map Object의 State Diagram

2. 3 검사정보 Database Modeling

데이터베이스는 관계형 DBMS인 오라클을 사용하며, 기기 검사기본정보 Table에서 기기ID와 O/H검사정보 Table에서의 검사차수를 Primary Key로 하여 검사장비의 결과 파일 양식에 따라 각각 검사이력 Table에 입력토록 하고, 증기발생기(SG) 형태의 양식은 검사정보가 포함되어 있으므로 Trigger를 사용하여 결합정보를 분리토록 관계를 설정하였다. [그림 4]에 DB 모델링 결과를 표현하였다.



[그림 4] 검사정보 Database Logical Model

### 3. Mapping 시스템 구현

#### 3.1 세관 Map Re-Numbering

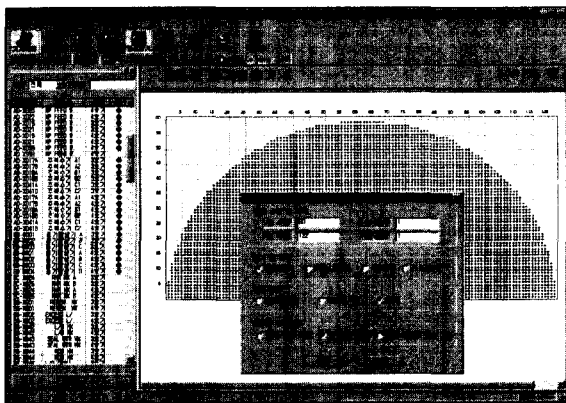
초기 행/열 번호는 절대 행열값과 동일한 번호가 부여된다. 중복수기와 같이 6개의 Zone 영역으로 분할할 경우는 각각 Zone 별로 상대 행/열 값을 따로 관리해야 한다. 아래 모듈의 세관 Map 생성시 Zone 영역 분할된 절대 행/열 번호를 Re-Numbering하여 상대 행/열 번호를 다시 부여하는 부분이다.

```

old = row=0,no=1;
for(j=0;j<m_DocTube->GetSize();j++){
    ptube=(CTube*)m_DocTube->GetAt(j);
    if(!ptube->m_live) continue;
    if(ptube->m_zoneno!=pzone->zzone_no) continue;
    if(old!=ptube->m_Arow){
        if(pzone->m_ZOption%2!=0 && row!=0){
            for(k=os;k<m_nRow*m_nCol;k++){
                ptube2=(CTube*)m_DocTube->GetAt(k);
                if(ptube2==NULL) continue;
                if(old!=ptube2->m_Arow) break;
                if(!ptube2->m_live) continue;
                if(ptube2->m_zoneno!=pzone->zzone_no)
                    continue;
                ptube2->m_col = no-ptube2->m_col;
            }
        }
        if(pzone->m_ZOption<2) row = bottom-top-
            ptube->m_Arow+pzone->m_row_st_no+1;
        else row = ptube->m_Arow-top
            +pzone->m_row_st_no;
        old = ptube->m_Arow;
        no=pzone->m_col_st_no;
        os=j;
    }
    ptube->m_row = row;
    ptube->m_col = no;
    no++;
}
    
```

#### 3.2 주요 개발 화면

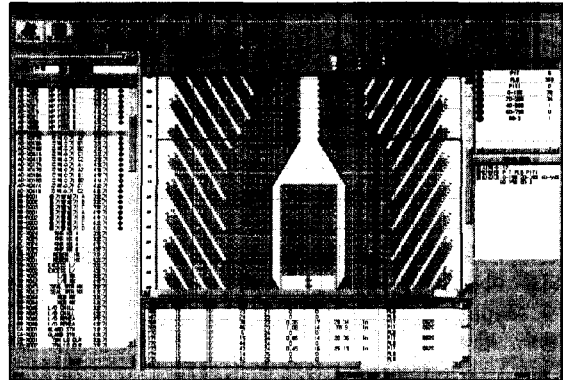
아래 그림과 같이 Map정보 Dialog에서 행열 수량, 방향, 모양 등을 Map의 배열 형태에 따라 선택하여 초기



[그림 5] 세관 Map 편집 화면

절대 행열을 생성하고 상단의 편집 Toolbar를 이용하여 세관을 삽입, 삭제, Zone 분할한다. 정확한 Tube 편집 작업을 위해 가로 세로 Grid를 표시하고, 일정한 간격으로 행/열 번호를 표시한다. 좌측에는 관리 대상 설비 List가 나열하고 Map 상단에는 현재 Open된 설비의 명칭을 표시한다.

아래 그림은 중복수기 Map에 사용자가 선택한 검색조건에 따라 Mapping처리하고, 그 결과를 List와 범례 등과 함께 보여주는 화면이다.



[그림 6] 검사정보 Mapping 결과 화면

### 4. 결 론

본 논문에서는 원자력발전소의 주요 설비인 열교환기 및 증기발생기의 검사정보 관리를 위한 "열교환기 검사정보 관리시스템" 개발에 주요인 하나인 세관 Map 편집 기능과 Mapping 처리 시스템 구현 방법에 대해 설명하였다. 이 시스템을 활용하여 현업 부서 담당자들은 세관 검사결과 이력정보를 시각적으로 파악할 수 있을 뿐만 아니라 결함정보를 다양한 보고서 형태로 출력하고, 방대한 분량의 검사정보를 체계적으로 관리할 수 있을 것으로 판단된다. 현재 본 시스템은 고리와 울진 발전소에서 운영하고 있으며, 타 발전소에 적용하기 위해 기능보강 및 시스템 최적화를 수행하고 있다.

#### 참고문헌

- [1] 한진, 원자력연구소, "고리 4호기 제12차 가동중검사 보고서", 2000. 3
- [2] 한진, 카이텍, "고리 3호기 제2주기 3차 가동중검사 보고서", 2000. 2
- [3] 박준기 외1, "Inside Secrets Visual C++6", 삼각형프레스, 1999. 8
- [4] 이화식 외1, "대용량 데이터베이스 솔루션 I, II", 대청미디어, 1998. 5
- [5] 지영수, "객체지향 Rational Rose 2000", 홍릉과학출판사, 2001. 3