

## C/S 환경에서의 원전기기 검사정보 관리시스템 구현

송재주, 신진호, 이봉재  
한전 전력연구원

### A Implementation of the Inspection Information Management system for the Nuclear Power Plant Heat Exchanger using Client/Server Environment

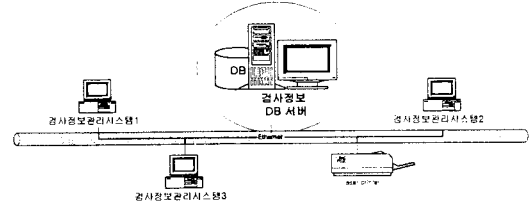
Jae-Ju Song, Jin-ho Shin, Bong-Jae Yi  
Korea Electric Power Research Institute, KEPCO

**Abstract** 원전 운영에 핵심적인 기기중에 하나인 열교환기는 5,000여개에 달하는 세관들로 구성되어 있다. 이러한 세관은 건전성 유무를 판단하기 위해 정기적으로 비파괴검사를 수행하고 있다. 본 논문에서는 비파괴검사 공결결과 생성되는 열교환기 세관 이력 및 상태자료를 데이터베이스화하여 유지 관리하고, 데이터베이스화된 내용을 바탕으로 세관 상태 변화추이를 파악하는 기능과 비 체계화된 모든 세관의 이력정보를 다양한 보고서 형태로 출력할 수 있는 기능 등을 제공하기 위한 “원전기기 검사정보관리시스템” 구현 결과를 소개한다.

운영시스템 OS는 Windows 2000 서버에서 검사정보 DB가 운영되며, 클라이언트는 Windows 95/98/NT/2000에서 운영될 수 있게 클라이언트/서버 환경으로 개발되었다. 클라이언트 개발 Tool은 Visual C++를 사용하였고, 데이터베이스는 상용 RDBMS인 Oracle Standard Edition 8.1.7를 사용하였다. 하드웨어 구성은 사용자의 빠른 업무 처리를 위해 DB 서버를 현장에 위치시켜 사내 Network으로 연결하였으며, 시스템 사용이 허가된 사용자는 서버로 접근하여 언제든지 필요한 검사정보를 조회 할 수 있게 [그림 2-1]과 같은 형태의 workgroup 모델로 구성하였다.

## 1. 서 론

원전 핵심기로서 열교환기(Heat Exchanger)는 설비의 안정성과 그 효율적인 측면에서 상당히 중요한 설비로 간주되고 있다. 발전소 가동연수가 계속 증가함에 이러한 기기의 이상유무를 판단하는 것은 원전 운영업무에 핵심 요소로 취급되고 있다. 기기 이상유무 검사방법으로 와전류탐상 검사가 있다. 와전류 탐상검사란 특정한 설비에 와전류 신호를 작용시켜 그 변조된 신호를 수집하고, 수집된 신호를 바탕으로 평가자가 그 신호를 관독하여 건전성 유무를 검사하는 방법이다. 이 검사과정에서는 상당한 분량의 세관 상태 데이터가 생성된다. 이러한 데이터는 향후 세관 분석정보 제공에 기초자료로 활용되기 위해 체계적으로 보관되어야 하며, 이를 바탕으로 담당자에게 시각적으로 세관 정보를 제공하기 위한 새로운 전산 시스템이 필요하게 되었다. 한전 전력연구원에서는 원자력발전소 담당 부서 요구사항을 반영하여 열교환기 세관 검사정보 데이터베이스를 구축하고, 데이터베이스화된 내용을 바탕으로 세관 상태를 분석할 수 있는 기능, 세관의 상태 변화추이를 파악하는 기능, 현재까지 비 체계화된 모든 세관의 이력 자료를 다양한 보고서 형태로 출력할 수 있는 기능, 열교환기 세관 Drawing/Mapping 기능 등을 포함하는 전산 프로그램을 개발하게 되었다. 본 논문은 이러한 기능의 프로그램 개발과정 및 구현방법에 대해 정리하였다. 논문구성은 제2장에서 시스템 개요, 개발환경, 시스템 구성 및 흐름, 데이터베이스 설계내용, 주요 개발화면 등을 설명하였고, 제3장 결론에서 시스템 개발효과, 향후 적용 계획 등에 대해 언급하였다.



[그림 2-1] 시스템 운용환경

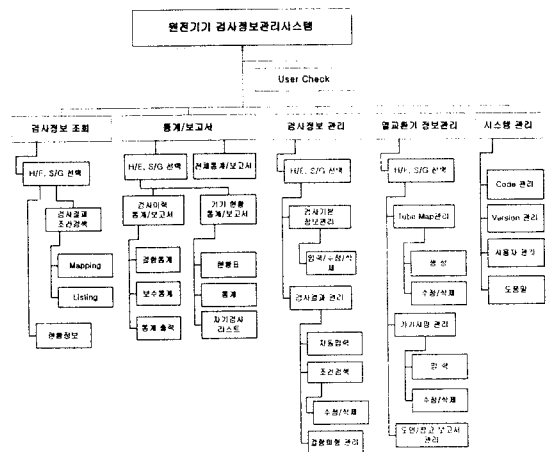
## 2.3 시스템 구성 및 흐름

본 시스템은 검사정보 조회, 통계/보고서, 검사정보 관리, 열교환기 관리, 시스템 관리 모듈로 구성되어 있고, 각 부분별로 세분화된 기능을 수행하게 설계되었다. 각 부분의 세부기능 및 업무흐름은 아래 [그림 2-2]와 같다.

## 2. 개발시스템 소개

### 2.1 시스템 개요

본 시스템은 열교환기 세관 와전류검사 결과 발생하는 차수별 검사데이터를 일정한 포맷에 의해 입력받아 DB로 입력하고, DB화된 내용을 바탕으로 세관 상태를 분석할 수 있는 기능, 세관 상태 변화추이현황 파악 기능, 비 체계화된 모든 전열관의 이력자료를 다양한 형태의 보고서 및 그래프로 출력할 수 있는 기능, 열교환기 Tubesheet Map Drawing 기능, 기기 사양 및 현황데이터를 관리할 수 있는 기능 등을 전산화 한 시스템이다.



[그림 2-2] 시스템 기능모듈 구조

### 2.2 개발환경

### 2.3.1 검사정보 조회

검사차수별 결함(Defect), 슬러지(Sludge), 보수

(Sleeve, Plug, Repair) 현황정보를 사용자 선택에 의해 Map과 리스트형태로 검색 및 출력할 수 있고, 기기 사양 정보도 조회가 가능하다. 또한 범례, 검색조건 보기, Map/리스트 인쇄기능을 이용하여 Tube Map을 전체화면으로 볼 수 있다. [표 2-2]에서 검색 가능한 항목을 나열하였다.

검사정보 검색항목	보수정보 검색항목	기기 사양 조회항목
검사차수, LEG, 검사범위, 결함 종류, 결함깊이, 슬러지 높이 Location(AVB, Freespan, 사용자 정의), 결함과형	검사차수, 보수일자(전체, 범위), 보수상태, 판막음 원인	기기 사양, 전열관 정보, 셀, 검사방법, 판막음 방법
ROW/COL, 진폭, 위상각, 채널, Location From~To, 결함깊이, From~To, 슬러지 높이 From~To	ROW/COLUMN	

[표 2-2] 검색항목

### 2.3.2 검사통계/보고서 분석

검사차수별, 기기별로 통계표 및 Graph 분석자료를 사용자 조건 또는 정형화된 Form으로 조회가 가능하도록 하였다. 또한 Graph 모양 선택기능을 이용하여 사용자는 여러 가지 형태로 전열관 추이현황을 조회하도록 하였다. [표 2-3]은 주요 통계/보고서 검색항목을 예시하였다.

검사정보 항목	보수정보 항목	보고서 항목
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 결함발생현황</li> <li>○ 새로생긴 세관 결함</li> <li>○ 결함깊이별 현황</li> <li>○ AVB별 결함발생</li> <li>○ 결함형태별 현황</li> <li>○ AVB 위치별 새로 생긴 결함현황</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 보수상태별 현황</li> <li>○ 판막음원인별 현황</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ O/H 검사현황</li> <li>○ 열교환기 사양 현황</li> <li>○ Tube별 판막음 현황</li> </ul>

[표 2-3] 주요 통계/보고서 조회 항목

### 2.3.3 검사정보 관리

와전류검사 결과로 생성된 데이터를 DB로 입력하는 모듈로서, 사용자는 검사기관이 제공하는 일정한 Format의 Excel 파일을 시스템 "기기O/H" 메뉴를 이용하여 손쉽게 입력 처리할 수 있도록 하였다. 또한 검사결과 수정이나 삭제기능을 이용하여 관리자는 언제든지 검사결과를 갱신할 수 있다. [표 2-4]는 검사장비별 생성된 검사결과 Excel 데이터 Format을 나타내고, [그림 2-3]은 검사데이터 입력처리 과정을 나타낸다.

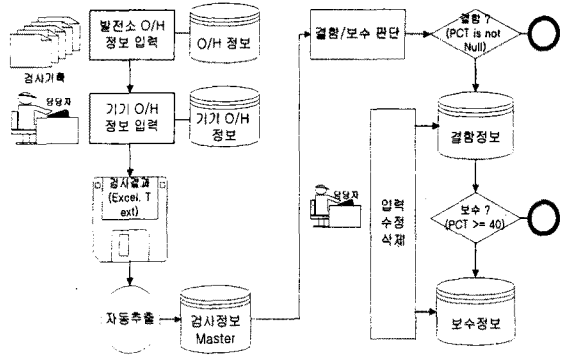
(R : Rd-Tech, Z : Zetec)

Zone (R)	ROW	COL	VOLT	DEG	PCT(Z)		CHN	Freq. (R)
					Depth (R)	Eval. (R)		
LOC (Z)	Elev. From (Z)	Elev. To (Z)	EXT (Z)	TYPE (Z)	CALLEG (Z)	PROBE (Z)		
Position(R)								

[표2-4] 검사데이터 입력 Format

### 2.3.4 열교환기 정보관리

열교환기 기기 사양정보 관리, Tube Map Drawing 기능 등을 구현한 모듈로서 담당자는 등록코자 하는 열교환기의 Map과 기기 사양 정보를 화면상에서 쉽게 Drawing 및 입력이 가능하다. [표 2-5]는 열교환기 기기 사양정보 관리 항목을 나타낸다.



[그림 2-3] 검사데이터 DB입력 처리 흐름

기기 구분	관리번호, 기기번호, 설치위치, 기기명, 계통
기기 사양	제작사: 적용코드 전열관: 제질, TYPE, 외경, 유체, 내경, 설계압력, 두께, 설계온도, 길이, 운전압력 셀: 유체, 운전압력, 설계압력, 운전온도, 설계온도
	참고 자료: 도면: DRAWING, P&ID; 사양서: INSTRUCTION, MANUAL, 기타자료

[표 2-5] 열교환기 기기 사양정보 관리항목

### 2.3.5 시스템 관리

기기등록관리, 전체 O/H 차수관리, Code 관리, Tube 상태변경, 사용자 관리 기능 등이 포함된 모듈이다. 열교환기 기기등록은 본 메뉴에서 먼저 등록 하여야만 검사데이터가 입력가능하며, 같은 기기사양의 열교환기 등록할 경우에는 복제기능을 이용하여 정보를 공유할 수 있도록 하였다. Tube 결함형태 모양 및 색상변경 기능을 이용하여 세관 상태를 필요에 따라 바꿀 수 있도록 구성하였다. [표2-6]은 관리대상 Code 목록을 표시하였다.

관리 Code명	Code 내용
Hx결함깊이	열교환기 검사결과 결함깊이 코드
슬러지높이	중기발생기 슬러지 높이 코드
열교환기 위치	기기정보 입력시 사용할 모든 위치 코드
보수수행기관	보수작업을 수행한 기관(업체) 코드
발견소구분	발견소형태구분코드
호기구분	발견소호기구분코드
사용권한	사용자의 권한부여코드
TYPE	튜브의설계시 형태코드
유체	튜브의설계시 유체코드
셀 유체	셀설계시 유체코드
검사방법	열교환기별 검사방법코드
검사주기단위	검사주기단위코드
검사부서	검사부서코드
판막음 방법	판막음방법코드
판막음 Type	판막음 Type 코드
행열 방향	Map의 행열 Numbering 방향코드
행열 모양	Map의 행열 모양/시각열정의코드
Tube모양	Tube의모양, 색상코드
자료구분	첨부파일로 저장될 자료구분코드
검사장비 종류	검사장비 종류코드
신호수집기관	신호수집기 관명코드
신호평가기관	신호평가기 관명코드
결함형태	검사결과결함형태코드
결함깊이 표시	검사결과결함깊이 표시코드
보수상태	보수후 Tube 상태코드
판막음원인	판막음을 하게된 원인을 표시한 코드
Hx결함형태	열교환기 검사결과 결함형태 코드

[표 2-6] 관리대상 Code표

### 2.4 데이터베이스 설계내용

데이터베이스는 관계형 DBMS인 오라클을 사용하여, 기기정보 table의 기기ID를 Primary Key로 하여 각 table 정보와 관계가 이루어지도록 하였다. Map Style

