

## Reliability-centered Maintenance 기반의 전력설비관리 시스템 개발

김홍석, 양항준, 최대희, 이학성  
(주)효성, 중공업 연구소

### A Development of a Power Facility Management System using Reliability-centered Maintenance Technology

Hong-Seok Kim, Hang-Jun Yang, Dae-Hee Choi, Hahksung Lee  
HYOSUNG Corporation, Power & Industrial R&D Center

**Abstract** - 최근 도입되고 있는 RCM(Reliability-centered Maintenance)은 전력 설비의 특성과 운용 환경에 따른 신뢰성 분석을 통해 설비의 목표 신뢰도를 유지하기 위한 가장 효율적이고 경제적인 유지보수 방법을 결정하는 방법론이다.

본 논문에서는 전력 설비의 감시, 분석 및 진단 데이터를 데이터베이스로 구축하고 RCM 기법을 바탕으로 유지보수 방법을 제시하는 전력설비관리 시스템의 구성과 기능을 기술한다.

#### 1. 서 론

RCM(Reliability Centered Maintenance)이란 신뢰성 중심의 유지 보수 방법론으로서 각 설비의 특성 파악과 운용 환경에 따른 설비의 중요도 및 과급효과 분석(FMEA : Failure Modes And Effects Analysis)을 통해 설비의 목표 신뢰도를 유지하기 위한 가장 효율적이고 경제적인 유지 보수 방식을 결정한다. 설비의 유지보수 방식으로는 Time-Based, Condition-Based 유지보수 및 Run-To-Failure 등의 유지보수 방식이 있으며, 각 설비의 Component들은 설비의 중요도에 따라 유지보수의 주기 및 유지보수 방식을 틀리게 설정하여 효율적으로 설비를 감시할 수 있도록 한다. 이러한 유지보수 방식의 설정은 설비의 특성 및 사고 이력, 점검 이력과 같은 데이터에 대한 통계적 분석 결과를 바탕으로 Decision Logic Tree를 통해 유지보수 방식이 제시한다. Condition-Based 유지보수 방식을 사용하는 설비 Component에 대해서는 On-Line 으로 집중 감시하는 시스템이 CBM(Condition-Based Maintenance)기반의 On-Line 진단 시스템이다.

본 논문에서는 RCM을 기반으로 전력설비의 신뢰도 및 유지보수 방식을 결정하고 수명을 평가하는 전력설비관리 시스템의 구성과 기능을 논의하며 RCM의 통계적 정보에 설비의 운용 환경을 고려하고자 On-Line 진단 시스템과의 연계를 제안한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 시스템의 구성

전력설비관리 시스템은 크게 RCM Center, Web-Site, On-Site로 구성되어 있다. On-Site는 각각의 전력 설비가 설치 운영되는 장소로써 전력설비의 데이터를 취득하고 현장의 근무자가 취득된 데이터를 바탕으로 운영할 수 있는 Sub-System으로 구성되어 있다. RCM Center는 모든 전력 설비에 대한 운전 및 사고 데이터를 취득하여 저장하며 이러한 이력 데이터를 바탕으로 Component들의 신뢰성과 수명을 진단할 수 있는 Sub-System으로 구성되어 있다. Web-Site는 언제 어디서나 전력 설비의 운전 정보 및 유지보수 정보를 볼 수 있으며 이러한 정보를 바탕으로 운전자가 유지보수 계획

을 효율적으로 설정할 수 있게 도와주는 기능을 하고 있다.

전력설비관리 시스템은 여러 사이트에 설치되어 운영되므로 각각의 사이트에 대한 방대한 정보는 RCM Center에 집중되는 구조이다. 따라서 RCM Center는 각각의 Site에 대한 정보를 분산할 수 있어야 하며 보안 및 동기를 고려해야 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 시스템은 3-tier의 분산 시스템인 COM+를 적용하여 각각의 Site에서 요청하는 정보의 분산화 이루으며 중재 개념을 적용하여 On-Site의 어플리케이션 간의 충돌을 방지하였다.

각 사이트의 전력설비에 대한 점검 기록, 사고 내용, 수리 내용 등 모든 관리 정보는 현장에서 PDA나 운영 시스템 클라이언트를 사용하여 현장관리자나 A/S 요원이 입력하도록 하였으며 이렇게 입력된 정보는 RCM Center에 있는 운영시스템 서버를 거쳐 데이터베이스 서버에 저장된다. 이러한 정보를 바탕으로 운영시스템 서버는 전력 설비의 고장 발생 정보(주기/원인/현상), 정비/점검 Schedule 정보, 신뢰성 정보 등을 갱신하여 전력 설비를 관리하는데 필요한 RCM 정보를 제공한다. 또한 현장 관리자나 A/S 요원이 관리하거나 A/S 하고자 하는 전력설비에 대한 관리 정보를 PDA나 운영시스템 클라이언트를 통해 언제든 확인할 수 있도록 하였다.

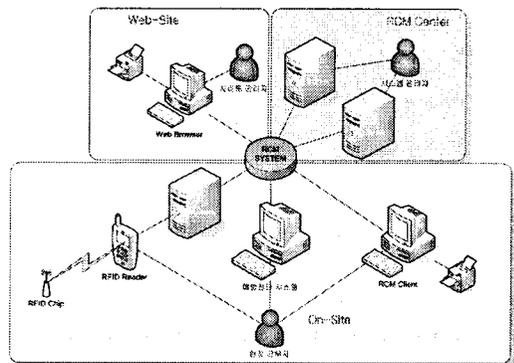


그림 1 전력설비관리 시스템

##### 2.2 RCM Center

RCM Center의 Sub-System은 운전 및 사고 정보를 저장하는 데이터베이스 서버, 사용자의 인증에 따르는 권한 및 트랜잭션을 관리하는 Business Logic 서버, Web을 통해 전력설비 정보에 접근할 수 있게 하는 Web Server로 구성되어 있다.

##### 2.2.1 데이터베이스 서버

데이터베이스 서버는 MS SQL Server를 사용하여

FMEA를 기준으로 테이블간의 관계를 설계하였으며 각 Site들의 방대한 이력 정보를 처리해야 하므로 이력 데이터의 테이블 파티셔닝(Partitioning)을 통해 성능을 향상시켰다.

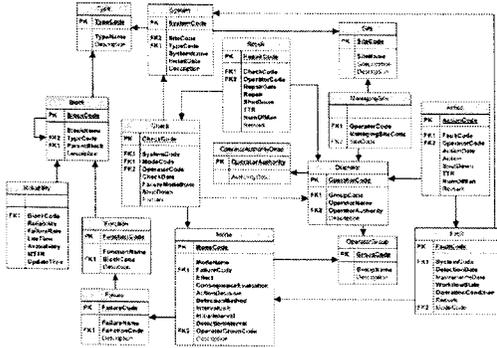


그림 2 데이터베이스 테이블 구조

대용량 이력 테이블은 한 테이블의 동일 데이터에 대해서 사용자의 요구 사항이 다양하고 그로 인한 접근 방법이 각각 달라지므로 성능을 보장하기가 힘들어지며 또한 유지 보수에 들어가는 시간과 비용이 데이터 처리 요청에 응답하는데 필요한 가용성(Availability)을 제한한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서 제안하는 시스템은 분할된 테이블과 인덱스를 사용하여 테이블 내에서 분할된 하위 집합(행 단위)을 빠르고 효율적으로 관리 및 액세스할 수 있다.

2.2.2 Business Logic 서버

Business Logic 서버는 분산 시스템인 COM+를 사용하여 다수의 사용자(클라이언트)가 동시에 접속하여도 사용자별로 트랜잭션을 관리할 수 있어 시스템의 동기를 확보할 수 있다. 또한 COM+는 기본적으로 사용자 로그인 과정을 거치기 때문에 사용자 보안 관리가 용이하며, 운영시스템 서버에서 COM+만 업그레이드 하면 모든 클라이언트가 똑같이 적용되기 때문에 유지보수가 용이하다.

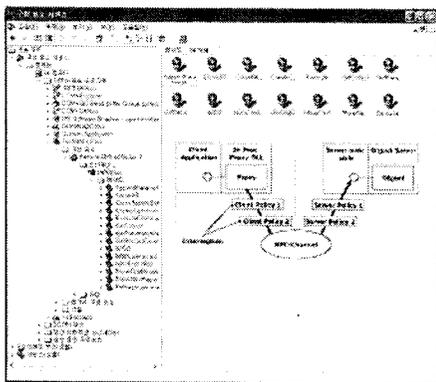


그림 3 Business Logic의 구조

2.3 On-Site

On-Site의 Sub-System은 설비의 운영환경과 수명평가에 필요한 데이터를 취득하는 CBM 기반의 On-Line 진단 시스템, 현장의 전력설비의 관리 정보를 수집하거나 운영시스템 관리자에 의해 RCM 정보를 갱신되는 역할을 하는 RCM Client 시스템, RFID를 통해 현장에서

각각의 설비에 대한 정보를 관리하고 확인할 수 있는 RFID 시스템으로 구성되어 있다.

2.3.1 On-Line 진단 시스템

On-Line 진단 시스템은 On-Site의 설비에 대한 운영 환경을 고려하여 설비의 고장을 미연에 방지하고 고장이 발생할 경우에는 고장의 원인을 찾아 운영자가 쉽게 대처할 수 있게 하는 것을 목적으로 하고 있다. 전력설비 관리 시스템 측면에서는 On-Line 진단 시스템을 통해 고장 데이터와 운영 데이터를 취득하여 고장과 운영 환경과의 상관관계를 파악하고 구성 Component에 대한 고장 정보 입력을 자동화하여 별도의 수동 입력 없이 자동적으로 각 Component를 관리할 수 있다. 본 시스템에 적용된 변압기의 On-Line 진단 시스템 정보는 그림 4와 같으며 정보는 RCM Center의 데이터베이스에 저장되어 관리된다.

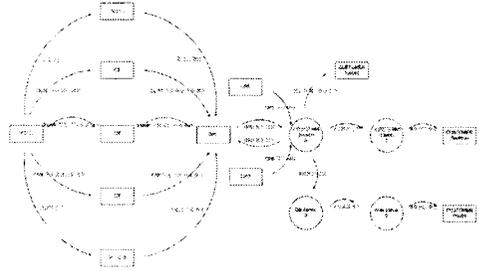


그림 4 On-Line 진단 시스템 DFD

2.3.2 RCM Client 시스템

RCM Client 시스템은 현장 관리자나 운영시스템 관리자와의 인터페이스를 담당하는 S/W로서 실시간으로 On-Line 진단 시스템과 연계되어 사고 정보, 운전 상태 및 유지보수에 대한 계획을 지속적으로 관리하는 역할을 한다.

RCM Client의 구성 및 정보는 다음과 같다.

- 시스템 정보: 시스템의 이름과 시스템의 Component로 구성되어 있으며 각 시스템 별로 별도의 BOM으로 구성된다.
- FMEA 정보: 시스템의 각 Component에 해당하는 고장모드 정보로써 시스템의 다른 Component 또는 시스템에 미치는 영향에 대해 정성적으로 예측할 수 있도록 한다.
- 고장 정보: 시스템의 운영상에 발생하는 고장 종류 및 정비 내역으로 구성되며 신뢰성 정보와 연계되어 있다.
- 작업 정보: 발생한 고장에 대한 수리 시간 및 작업 내용으로 구성된다.
- 신뢰성 정보: 고장 정보를 바탕으로 기기의 수명 및 수리 시간을 산출한다.
- 수명 평가 정보: On-Line 진단 시스템의 측정 정보를 바탕으로 설비의 수명을 예측하고 RCM 기반의 수명 예측 정보와의 차이를 분석하여 현재 운전 상태에 대해 관리할 수 있도록 한다.
- 정비 정보: 주기적으로 수행되는 시스템에 대한 정비 정보로 구성되어 있으며 정비 일정을 관리할 수 있도록 한다.

2.3.2.1 FMEA 정보

FMEA는 설비를 구성하고 있는 Component들의 고장모드가 타 부품과 시스템 및 사용자에게 미치는 영향과 고장의 원인을 상향식으로 조사하는 정성적 신뢰성 예측 기법이다. 본 논문은 유입식 변압기의 FMEA가 신뢰성 있고 효율적으로 수행하기 위하여 설비 및 Component의 분류를 그림 5와 같이 열화모드와 열화원인 등으로 분류하였다.

