T00308H4

GOVP1200956821

건설교통R&D정책 · 인프라사업 제3차년도 최종보고서

R&D/05기반구축A17-01

건축기전설비의 성능진단 및 유지 · 관리시스템 개발 연구

2008. 6. 29.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 "건축기전설비의 성능진단 및 유지·관리시스템 개발 연구"의 최종보고서로 제출합니다.

2008 . 6 . 29 .

주관연구기관 : 한국건설기술연구원
원장 직무대행 우 효 섭

■ **총괄연구책임자** / 책임연구원	이 태 원	연 구 총 괄 관련제도 검토
■ **참 여 연 구 원** / 책임연구원	류 승 기	유지관리시스템
/ 선임연구원	장 춘 만	유지관리 체계
/ 연 구 원	손 병 후	성능진단 방안
/ 연 구 원	김 용 기	유지관리 방안
/ 연 구 원	강 병 찬	성능진단 방안
/ 연 구 원	강 성 주	원격관리 방안

여 백

요 약 문

Ⅰ. 제 목

건축기전설비의 성능진단 및 유지·관리시스템 개발 연구
(A Development of the Performance Diagnosis & Maintenance System for the Building Service Equipments)

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

지금까지 건축기전설비의 성능 및 고장·열화의 진단 및 유지·관리 행위의 임무는 주로 설비의 관리자 개인에게 부여되어 왔으며, 이에 따라 관리자의 능력과 노력에 따라 서로 다른 설비의 성능 및 수명을 보여주고 있으며 더욱이 관리수준에 대한 평가도 불가능한 형편이다. 또한 공공건물 및 공동주택 등 공공부문의 경우 동일한 기능의 반복수행이 요구되는 유지·관리 업무가 각각의 건물에 대하여 개별적으로 이루어짐으로써 설비 관리자의 전문성 부족에 따른 체계적이고 효율적인 관리가 수행되고 있지 못할 뿐만 아니라, 고비용, 저효율의 시스템 운영에 따른 인력 및 비용의 낭비가 초래되고 있으며, 설비 및 시스템의 운전결과가 장치와 시스템의 설계 및 운전자료로 반영(피드백)되지 못함으로써 관련 기술의 발전에도 장애가 되고 있는 실정이다.

이에 따라 설비의 현재 상태 또는 성능수준이 정량화되지 못하고 관리자의 자의적 판단에만 전적으로 의존하게 됨으로써 설비의 고장여부 및 그 원인의 판단에 오류가 발생할 가능성이 높을 뿐만 아니라, 현실적으로 설비의 열화(노후도 등) 예측이 곤란하여 보수 및 교체시기(리노베이션 등)의 판단 등 합리적인 의사결정에도 어려움이 있다. 또 관련 설비의 체계적인 유지관리방법 및 기준이 마련되어 있지 않음으로써 소극적이고 즉흥적인 유지관리 관행이 만연되고 있을 뿐만 아니라, 이와 아울러 효과적인 관리 및 고장발생 예측이 곤란하여 고장발생 후에야 보수 및 조치가 가능한 실정이다.

이와 같은 설비 및 시스템의 고장 및 그 원인에 대한 객관적이고 정량적인 진단을 수행함으로써 설비 및 시스템의 물리적인 성능을 유지·개선함과 동시에, 적극적이고 체계적인 유지·관리의 시행을 통한 시의 적절한 유지·보수 및 고장원인의 조기발견 등을 위하여 건축기전설비 성능분석시스템의 개발 및 유지관리체계의 마련,

LCC 분석을 기반으로 하는 유지관리 프로그램의 개발 및 관련 제도의 개선에 관한 연구개발은 필수적인 것으로 판단된다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

건축기전설비의 성능분석기법의 개발 및 적용, 기존 설비 유지관리체계(FMS, Facility Management System)의 활용방안 검토, 생애주기비용(LCC, Life Cycle Cost) 분석을 기반으로 하는 유지관리 프로그램 개발 및 활용방안 검토, 유지관리 기준의 정비 등 관련 제도의 개선을 목적으로 하는 본 연구의 최종 목표는 건축기전설비의 성능 및 고장·열화진단기법 개발, LCC 분석 기반 유지관리 프로그램 개발 및 활용방안 제시, 기존 FMS를 활용한 유지·관리 프로세스 구축, 건축기전설비의 유지관리지침 등 제도개선(안) 도출이다.

즉 건설기술기반구축사업의 일환으로 수행되는 본 연구는 계획 및 설계 당시에 건축물에 부여된 기능을 차질 없이 수행할 수 있도록 지원해주는 건축기전설비의 유지·관리를 통한 초기 계획성능의 확보, 주거환경의 개선 및 자원·에너지의 절감을 지원하기 위한 유지관리 프로세스 구축 및 제도개선(안)의 도출을 주목표로 하고 있으며, 이와 아울러 이들 주목표를 지원하기 위한 성능·열화진단기법, LCC 분석기반 유지관리 프로그램 등 관련 하드웨어 및 소프트웨어 기술의 개발을 포함하고 있다.

이를 위하여 본 연구는 3차년도에 걸친 기술개발을 계획하고 있으며, 먼저 1차년도에는 우선 국내·외 각종 건축물에 대한 건축기전설비의 유지관리 현황을 조사하였고, 각종 설비의 성능 및 고장·열화진단기법의 개발을 위한 시험방법과 시험장치를 개발, 제작하여 적용시험을 수행하였으며, 이를 바탕으로 국내 실정에 적합한 설비의 유지·관리방안을 검토함과 동시에 효과적인 유지·관리체계 및 제도개선 기본방향을 도출하고자 하였다.

2차년도에는 유통산업 등의 분야를 중심으로 활발한 보급이 시도되고 있는 FMS를 건축기전설비의 성능, 고장 및 열화진단에 활용하는 방안을 검토하고, 이와 아울러 LCC 분석을 기반으로 설비를 유지·관리할 수 있도록 지원하기 위한 경제성 분석 프로그램을 개발할 예정이다. 이를 위해서는 설비의 원격 모니터링 및 분석기법의 도입과 LCC 분석 및 유지·관리 효과분석을 위한 각종 설비별 운전결과에 대한 D/B 구축이 요구된다.

한편 본 연구의 최종년도인 3차년도에는 이전의 연구결과를 종합하여 건축기전설비의 초기 계획성능을 유지함과 동시에, 건축설비 운영과 관련된 자원 및 에너지

를 절약하기 위한 건축기전설비 유지·관리 프로세스를 구축하고, 이를 효과적이고 체계적으로 지원하기 위한 유지·관리지침 등의 제도개선방안을 검토 제시할 계획이다.

Ⅳ. 연구개발결과

본 연구의 1차년도에서는 국내·외 각종 건축물에 대한 사례조사를 통하여 건축기전설비의 유지관리 현황을 분석하고 건축설비분야에서의 유지관리와 관련된 문제점 및 유지관리의 필요성을 도출하고, 건축기계 및 전기설비에 대한 점검기준과 진단을 통한 유지관리방안을 검토하였다. 또한 각종 설비의 성능 및 고장·열화진단 기법을 조사, 정리하였고, 이와 같은 진단을 효과적으로 수행할 수 있게 지원해주는 설비의 온라인 유지관리방안 및 관련제도의 개선을 위한 기본방향을 도출하였다.

2차년도에서는 최근 들어 활발한 보급이 시도되고 있는 설비관리시스템(FMS : Facility Management System)를 건축기전설비의 성능, 고장 및 열화진단에 활용하는 방안을 검토하고, 이와 아울러 LCC 분석을 기반으로 설비를 유지관리할 수 있도록 지원하기 위한 경제성분석 프로그램을 개발하였다. 이를 위해서 설비의 원격 모니터링 방안 검토 및 LCC 분석 및 유지관리 효과분석을 위한 각종 설비별 비용자료에 대한 데이터베이스를 구축하였다.

본 연구의 최종년도인 3차년도에서는 건축기전설비의 성능유지 및 자원·에너지 절약을 위한 유지관리 프로세스를 구축방안을 검토하고, 효율적인 건축설비의 유지관리를 위하여 온라인 유지관리시스템의 도입을 제안하였으며, 온라인 유지관리시스템의 운영시나리오, 시스템 인터페이스 및 데이터 표준화 방안 등을 검토하였다. 또한, 개발 기술의 활용을 위하여 온라인 유지관리시스템과 관련한 제도개선(안)을 도출하였다. 이상과 같은 연구를 통하여 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 건물에서 컴퓨터를 이용한 다양한 형태의 자동제어시스템이 도입되어 적절한 관리 소프트웨어에 의해 설비가 관리되고 있는 실정이지만 현재 사용되고 있는 중앙감시 소프트웨어는 시스템의 이상이나 고장 등이 발생할 경우 고장의 원인이나 고장 발생 위치를 발견하는데 어려움이 있어, 운용자의 신속한 복구 및 최적 운용에 도움을 주지 못하고 있는 실정이다. 따라서 건물 운용자에게 건물 관리의 최적화, 고장 예지 및 유지 보수 진단 결정을 수행하는데 필요한 정보를 제공해 줄 수 있는 실시간 자동 고장 감지 및 진단 시스템 등의 도입이 필요하다.

(2) 설비 유지관리와 관련하여 선진외국에서는 설비의 자동화 및 건물의 지능화가 진전됨에 따라 온라인을 통한 설비의 원격관리가 도입되고 있으며, 특히, 일본에서 원격관리서비스가 활발히 보급되고 있다. 예를 들어 일본 히타치빌딩시스템의 경우 냉동기에 대한 24시간 원격감시서비스를 수행하고 있으며, 이러한 서비스를 통하여 고장예지기능을 통한 조기 대책의 마련, 고장시의 신속한 대처, 데이터 분석을 통한 경제적인 운전의 제안 및 효과적인 유지관리 계획의 수립 등을 수행하고 있다.

(3) 건축기전설비의 성능 및 열화진단을 위하여 기존에 연구 개발된 각종의 진단기법, 각 기기별 점검기준 등을 검토, 정리하였으며, 온라인 유지관리시스템에 도입될 진단방법 들을 정리하였다.

(4) 건축기전설비의 유지관리 수행여부 또는 그 수준이 경제성의 관점, 특히 시스템이나 장비의 성능향상, 운전비 및 에너지 절감 등에 미치는 영향을 분석하기 위한 생애주기비용(LCC) 기반의 유지·관리 경제성 분석용 프로그램 및 패키지를 작성하였고, 각종 파라미터에 따른 수치실험을 수행하였다. 예측되어진 경제수명을 이용하여 교체주기 변화에 따른 LCC 분석을 수행하였고, 이를 통하여 효율변화에 따른 최적의 교체주기(경제수명) 및 유지관리방안 등을 도출할 수 있었다.

(5) 건축설비 온라인 유지관리시스템과 건물자동제어시스템의 인터페이스를 위하여 건물자동제어시스템의 기술현황 및 시스템 통합방안 등을 검토하였으며, 최근 들어 국내외에 보급되고 있는 시설관리시스템의 구축 사례 및 기술현황을 분석하여 온라인 유지관리시스템과의 연계방안을 검토하였다. 또한, 이를 위하여 건축기전설비에 대한 원격 모니터링 방안 및 수집된 데이터의 활용방안 등을 검토하였다.

(6) 온라인 유지관리시스템의 구축과 관련해서는 설비의 유지관리를 건축물 단위로 시행하는 방안, 다수의 건축물을 그룹 단위로 묶어서 시행하는 군관리 방안 등이 검토될 수 있으나, 보다 체계적인 관리를 위해서는 소규모의 건물 단위, 중규모의 지역 단위 및 대규모의 국가 단위로 구분하여 각각의 기능과 역할을 분담하여 수행하는 시스템의 구축을 제안하였다. 여기서 각각의 관리단위는 고유의 임무가 부여될 수 있다. 예로써 건물 단위의 관리체계에서는 각 요소설비의 유지관리에 가장 기본이 되는 각종 설비의 운전자료 수집업무를 수행하고, 이 자료 중의 일부는 지역 단위의 관리체계로 보내져서 고장진단 등의 임무를 수행하여 필요시 수리 전문업체에 정보를 송출하는 것을 구상할 수 있다. 한편 국가 단위의 관리체계에서는

건축설비 시스템의 설계 및 운전 그리고 이를 구성하는 각종 기기의 설계에 필요한 데이터베이스를 구축함과 동시에, 건축물의 용도 및 규모 등에 따른 운전결과의 비교를 통하여 전문가 집단으로 하여금 정밀진단을 받도록 할 수 있을 것이다.

V. 연구개발결과의 활용계획

본 연구 사업에서 개발하고자 하는 기술은 정부에서 제도개선을 위하여 필요로 하는 설비의 유지관리지침 등과 이를 뒷받침하는 유지관리 프로세스 구축을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 기술을 들 수 있다. 먼저 설비의 진단시스템은 초기 설계과정에서 설정한 설비의 물리적 성능확보 및 진단과 조기 고장예측, 진단 및 신속한 보수에 활용이 가능하고, 동일한 기능의 반복수행이 요구되는 유지관리 업무의 시스템화에 활용될 수 있을 것이다. 이와 아울러 원격 모니터링 및 통합관리에 의한 설비의 신속하고 적확한 관리 및 공공부문 설비의 인력 및 비용요소의 지표 관리에 사용될 수도 있다. 또한, 2차년도에 개발되는 LCC 분석 프로그램에 의해서는 사회적, 경제적 요구조건(니즈)을 고려한 설비의 고장 및 열화도 예측을 위한 유지관리 의사결정 수단으로 활용이 가능할 것이다.

이상에서 기술한 바와 같이 본 연구의 수행을 통하여 건축기전설비의 진단시스템 및 경제성 분석 프로그램을 이용하는 종합 유지관리 프로세스의 구축이 가능할 것이며, 이를 반영한 각종 설비의 유지관리지침의 제정 등 건축기전설비의 성능진단 및 유지관리를 위한 제도개선(안)으로의 활용이 가능할 것이다. 또 부차적인 효과로는 축적된 설비 및 시스템 운전결과를 건축설비와 연관된 각종 장치와 시스템의 설계 및 운전자료로의 활용(피드백)도 촉진할 수 있을 것이며, 또한 현재 민간부문에서 개발, 활용하고 있는 FMS 기술을 한 단계 업그레이드시키는 것으로서 활용가능성이 매우 클 것으로 예상된다.

여 백

S U M M A R Y
(영 문 요 약 문)

Ⅰ. Subject

Development of the Performance Diagnosis & Maintenance System for the Building Service Equipments

Ⅱ. Necessities and Objectives

Performance, fault detection, deterioration diagnosis of the building service equipments is the building superintendent's duty in Korea. As a result, according to the superintendent's skill and effort the maintenance quality of the building and equipments are very different and it is not easy to assess that quality. This finally lead to the waste of labor force and the raise of operating cost due to the low efficiency system. This check the development of related techniques as well with various building service equipments through the reference of the operating data to design and manufacture those equipments.

For these reasons, it is difficult for him to decide the reasonable time of repair or replacement of a part of or whole equipments before they should be out of order. The lack of systematic maintenance process and legal standard on the building service equipments is also one of the another important reason for the passive or extemporary maintenance.

In this study, the assessment of performance, fault detection, and deterioration diagnosis of the building service equipments will be considered. The LCC based numerical program will also be developed for the economic performance analysis and the determination of the reasonable time for repair or replacement of equipments. The consideration of the systematic maintenance process and legal standard on the building service equipments is also essential for the application

of the results mentioned above.

Ⅲ. Contents and Scopes

The goals of this study are as follows.

√ Consideration of the various diagnosis techniques for building service equipments.
√ Consideration of the practical application for existing FMS
√ Development of the maintenance program based on the LCC analysis for practical application.
√ Development of the systematic maintenance process and legal standard.
√ Development of the performance analysis techniques for building service equipment.

The three year research program was planned to achieve these goals.

In the Frist year,
√ Set-up of the testing apparatus for the assessment of the performance, fault detection, deterioration diagnosis of the building service equipments.
√ Parametric study with the testing apparatus.
√ Elementary consideration of the maintenance process and the legal system for an efficient management of various equipments.

In the second year,
√ Investigation of FMS application plan on the assessment of the performance, fault detection, deterioration diagnosis of the building service equipments.
√ Considering the tele-monitoring of equipments
√ Development of the numerical program based on the LCC analysis and its application for an economic feasibility study.

In the third year,

√ Maintenance process development to save resource energy and to maintain performance of building mechanical electricity equipment.

√ Determination of the maintenance plan how to use the developed LCC analysis program.

√ Suggestion of the systematic maintenance process and legal standard on the building service equipments.

Ⅳ. Conclusions

In this study, various diagnosis techniques for building service equipments was considered for the assessment of performance, fault detection, and deterioration analysis. The conclusion of this study are as follows.

(1) Legal systematic support is needed to make certain initial performance of the building service equipment for management. The system have to include regulation about the contract method with equipment management, the estimation of the economic life expectancy to replace equipment, and distribution of the duty to superintendent or owner.

(2) In this study, the previous developed several techniques to diagnosis the performance, fault, and deterioration are carried out.

(3) The developed test apparatus could monitor and diagnosis the integrated exterior building equipment to realize diagnosis based on web and management system.

(4) This study showed a build management plan by integrating IT technology with management field of the building service equipment. In the next study, FMS application and the volunteer system will be investigated.

(5) For systematic management, system construction is developed to share each function and role with a small unit building and district unit of the medium

scale and national unit in the large scale.

(6) Advanced policies, new legal system, and guideline for the maintenance of building service equipments are proposed.

V. Application of results

Throughout this study, the results of the comprehensive maintenance process using the diagnosis system and the economical efficiency analysis program of various equipments are feasible. The process will be able to be used to establish the plan for performance diagnosis and management of the building service equipments. As secondary effects, the accumulated results during operating of equipments or system could be applied for the efficient design and operation.

목 차

제 출 문 ····· 1
요 약 문 ····· 3
SUMMARY ····· 9
목 차 ····· 13
CONTENTS ····· 15

제 1 장 서 론 ····· 17

제 1 절 연구배경 및 필요성 ····· 17
제 2 절 연구개발 목표, 내용 및 범위 ····· 21
제 3 절 기대효과 및 활용방안 ····· 25

제 2 장 국내·외 기술개발 현황 ····· 27

제 1 절 개 요 ····· 27
제 2 절 국외 기술개발 현황 ····· 35
제 3 절 국내 기술개발 현황 ····· 42

제 3 장 건축기전설비의 성능 및 열화진단 방안 ····· 55

제 1 절 개 요 ····· 55
제 2 절 건축기계설비의 성능 및 열화진단 방안 ····· 60
제 3 절 건축전기설비의 성능 및 열화진단 방안 ····· 104

제 4 장 LCC 분석기반 유지관리 프로그램 개발 ····· 167

제 1 절 개 요 ····· 167
제 2 절 LCC 분석 관련 이론 및 프로그램 개발 ····· 168
제 3 절 수치실험 및 결과분석 ····· 181
제 4 절 LCC 분석 상용 패키지 개발 ····· 198

제 5 장 건축설비의 온라인 유지관리 방안 ····· 201

제 1 절 개 요 ····· 201
제 2 절 BAS 기술현황 분석 및 적용방안 ····· 206
제 3 절 FMS 기술현황 분석 및 적용방안 ····· 221
제 4 절 건축설비 온라인 유지관리시스템 구축 방안 ····· 233

제 6 장 제도개선방안 검토 ····· 263

제 1 절 국내현황 ····· 263
제 2 절 국외현황 ····· 267
제 3 절 제도개선 기본방향 ····· 275
제 4 절 제도개선(안) ····· 280

제 7 장 결 론 ····· 293

제 1 절 연구결과 ····· 293
제 2 절 연구결과 활용을 위한 제언 ····· 295

참 고 문 헌 ····· 296

부록 A. 건물별 자동제어시스템 관제점 일람 ····· 301
부록 B. LCC 분석 프로그램 패키지 사용자 매뉴얼 ····· 315
부록 C. 프로그램 등록증 ····· 331

CONTENTS

Submission ····· 1
Summary ····· 3
Summary in English ····· 9
Contents ····· 13
Contents in English ····· 15

Chapter 1. Introduction ····· 17

1. Background and necessities ····· 17
2. Objectives and scope of the research ····· 21
3. Effectiveness and applications ····· 25

Chapter 2. R&D trends in domestic and overseas ····· 27

1. Overview ····· 27
2. R&D trends in overseas ····· 35
3. R&D trends in domestic ····· 42

Chapter 3. Performance and degradation diagnosis of mechanical facilities for building ····· 55

1. Overview ····· 55
2. Performance and degradation diagnosis of mechanical facilities ····· 60
3. Performance and degradation diagnosis of electric facilities ····· 104

Chapter 4. Development of LCC based maintenance program ····· 167

1. Overview ····· 167
2. Theory of LCC analysis and development of LCCA program ····· 168
3. Numerical analysis and results ····· 181

4. Development of LCCA program package ····· 198

Chapter 5. On-line maintenance plan of building facilities ····· 201

1. Overview ····· 201
2. State of the art and applications of BAS ····· 206
3. State of the art and applications of FMS ····· 221
4. On-line maintenance plan of building facilities ····· 233

Chapter 6. Legal systems ····· 263

1. Present state in domestic ····· 263
2. Present state in overseas ····· 267
3. Basic improvement plan of legal systems ····· 275
4. Improved legal systems ····· 280

Chapter 7. Conclusions ····· 293

1. Conclusions ····· 293
2. Suggestion for application ····· 295

Reference ····· 296

Appendix A. Alarm points of building automation system ····· 301
Appendix B. User manual of LCC program package ····· 315
Appendix C. Program certificate of registration ····· 331

제 1 장 서 론

제 1 절 연구배경 및 필요성

1. 연구개발 개요

건축물은 기후변화 등 외부환경으로부터 사람이나 그 자산을 지켜주는 동시에 안전하면서 위생적인 생활공간으로서 중요한 역할을 담당하고 있다. 일반적으로 건물의 내용년수는 60년 전후로 인식되고 있는 반면, 그 건물로 하여금 기능하게 하는 설비의 내용년수는 부식이나, 마모 및 소모 등의 누적요인에 의해 경년열화를 일으켜 기능을 상실하게 됨으로써 15~20년으로 일컬어지는 것이 일반적이다. 또 이와는 별도로 최근의 건물은 제어적, 부하적 그리고 시스템적인 측면에서 유연성이나 호환성을 상실해버리는 경우가 많은데, 예를 들면 정보화 및 OA화의 진전이나 건물용도의 변화(집무공간의 질적 환경조건의 향상), 또는 관련 제도에 부합하지 못하는 등의 결과로 인해 경년열화의 정도가 한층 촉진되고 있다.

이와 같이 정적인 상태에서 기능을 유지하는 건물과는 달리 물리적인 운동(작동)에 의해 그 기능을 유지하는 설비는 경년열화에 의해 시간의 경과에 따라 그 성능이 저하하게 될 뿐만 아니라 경우에 따라서는 고장의 발생도 수반되므로 초기의 설계과정에서 설정한 설비의 성능을 유지하기 위해서는 유지관리가 필수적이다. 이상과 같은 물리적인 성능요소 이외에도 설비는 사회적 또는 경제적 요인에 의해서 그 수명이 결정되기도 한다. 예를 들면 건축물의 용도변경이나 그에 따른 실내환경설정치의 변화, 대기환경규제에 따른 사용에너지의 변경, 보다 고효율 기기의 출현 등이 그것으로, 이와 같은 경우에는 해당 설비 및 시스템을 대상으로 열화현상을 조사, 검토하여 그 성능과 수명을 진단, 평가하여야 한다(그림 1.1 참조).

결과적으로 설비는 초기 설계과정에서 설정한 물리적 성능을 만족하여야 할 뿐만 아니라 사회적, 경제적 요구조건(니즈)에도 부응하도록 유지관리 되어야 한다. 이를 위해서는 설비는 물론 그를 구성하고 있는 시스템에 대한 감시와 점검, 성능 및 고장·열화의 진단이 효과적으로 이루어져야 한다. 그럼에도 불구하고 현재까지는 이러한 행위의 임무가 주로 설비의 관리자 개인에게 부여되어 왔으며, 이에 따라 관리자의 능력과 노력에 따라 서로 다른 설비의 성능 및 수명을 보여주게 되며 더욱이 관리수준에 대한 평가도 불가능한 실정이다.

이와 아울러 공공건물 및 공동주택 등 공공부문의 경우 동일한 기능의 반복수행

이 요구되는 유지관리 업무가 건물에 따라 개별적으로 이루어짐으로써 설비 관리자의 전문성 부족에 따라 체계적이고 효율적인 관리가 수행되지 못할 뿐만 아니라, 고비용, 저효율의 시스템 운영에 따른 인력 및 비용의 낭비가 초래되고 있다. 또한 설비 및 시스템의 운전결과가 장치와 시스템의 설계 및 운전 자료로 반영(피드백)되지 못함으로써 관련 기술의 발전에도 장애가 되고 있다.

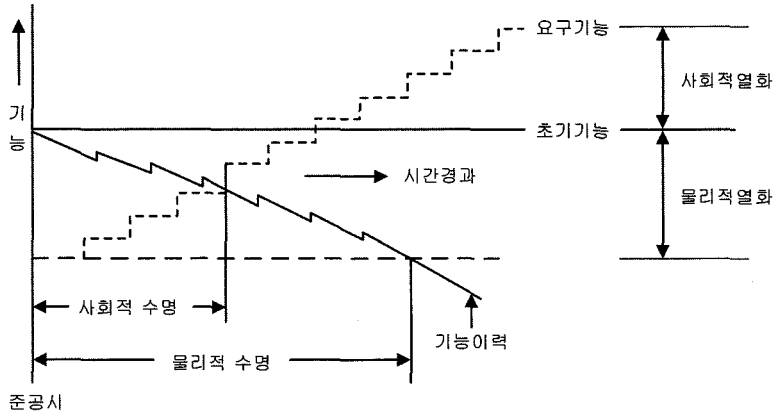


그림 1.1 건축기전설비의 시간경과에 따른 열화 및 수명

이상에서 기술한 내용을 정리하면 다음과 같다.

설비의 현재 상태 또는 성능수준이 정량화되지 못하여 관리자의 자의적 판단에 의존함으로써 설비의 고장여부 및 그 원인의 판단에 오류가 발생할 가능성이 높고, 현실적으로 설비의 열화(노후도 등) 예측이 곤란하여 보수 및 교체시기(리노베이션 등)의 판단 등 합리적인 의사결정에 어려움이 있다. 또한 관련 설비의 체계적인 유지관리방법 및 기준이 마련되어 있지 않음으로써 소극적이고 즉흥적인 유지관리 관행이 만연되고 있을 뿐만 아니라, 이와 아울러 효과적인 관리 및 고장발생 예측이 곤란하여 고장발생 후에야 보수 및 조치가 가능하다는 점 등도 건축기전설비 유지관리상 해결하여야 할 주요 문제점으로 지적되고 있다. 이와 같은 문제점들을 해결함과 동시에 설비의 운영 및 유지관리에 소요되는 인력과 비용을 절감하고, 자원 및 에너지의 소비를 최소화하며, 쾌적한 주거공간의 창출에 기여함은 물론, 운전결과 기술자료의 피드백을 통한 관련분야의 기술발전을 유도하기 위해서는

① 건축기전설비 성능분석기법의 개발 및 적용
② 기존 설비의 유지관리체계의 개선
③ 생애주기비용(Life Cycle Cost : LCC) 분석을 기반으로 하는 유지관리 프로

그램의 개발 및 활용 등에 관한 연구

④ 유지관리기준의 정비 등 관련 제도의 개선

이 필수적인 것으로 판단되며, 본 사업에서는 이에 관한 연구를 집중적으로 수행할 예정이다.

본 연구사업의 수행을 통하여 설비 및 시스템의 고장 및 그 원인에 대한 객관적이고 정량적인 진단이 가능할 뿐만 아니라, 설비의 물리적인 성능 뿐 만 아니라, 경제적, 사회적 니즈도 적극적으로 반영할 수 있을 것이며, 적극적이고 체계적인 유지관리의 시행을 통한 시의 적절한 유지·보수 및 고장원인의 조기발견이 가능할 것이다. 이와 아울러 본 연구에서는 현재 업무용 또는 상업용 건물분야에서 일부 도입되고 있는 FMS(Facility Management System) 및 군관리시스템을 개선하여 공공건물 및 공동주택 등의 공공부문을 중심으로 유사한 용도의 건물군에 도입하는 방안에 대해서도 검토할 예정이다. 이상에서 기술한 연구개발의 필요성 및 개요를 간략히 정리하면 그림 1.2에 보인 바와 같다.

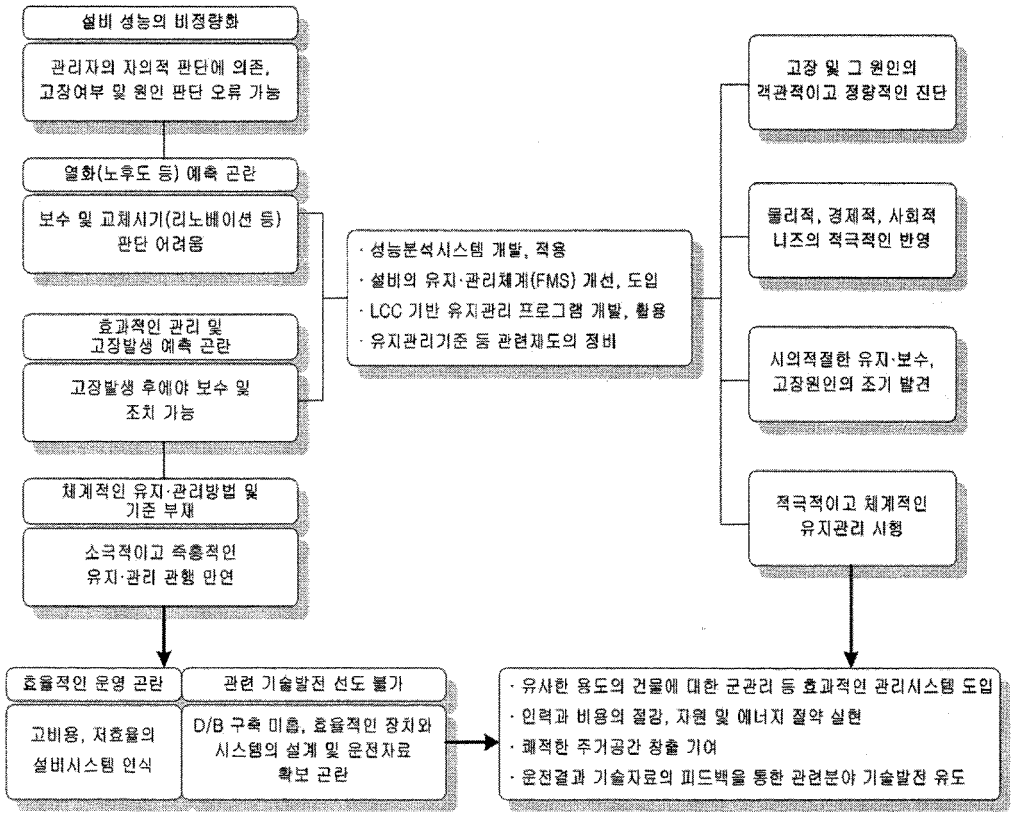


그림 1.2 연구개발의 필요성 및 개요

2. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

앞에서도 기술한 바와 같이 지금까지는 건축기전설비의 성능 및 고장·열화의 진단 및 유지관리 행위의 임무가 주로 설비의 관리자 개인에게 부여되어 왔으며, 이에 따라 관리자의 능력과 노력에 따라 서로 다른 설비의 성능 및 수명을 보여주게 되며 더욱이 관리수준에 대한 평가도 불가능하다. 또한 공공건물 및 공동주택 등 공공부문의 경우 동일한 기능의 반복수행이 요구되는 유지관리 업무가 건물에 따라 개별적으로 이루어짐으로써 설비 관리자의 전문성 부족에 따라 체계적이고 효율적인 관리가 수행되지 못할 뿐만 아니라, 고비용, 저효율의 시스템 운영에 따른 인력 및 비용의 낭비가 초래되고 있으며, 설비 및 시스템의 운전결과가 장치와 시스템의 설계 및 운전자료로 반영(피드백)되지 못함으로써 관련 기술의 발전에도 장애가 되고 있는 실정이다.

이에 따라 설비의 현재 상태 또는 성능수준이 정량화되지 못하고 관리자의 자의적 판단에만 전적으로 의존하게 됨으로써 설비의 고장여부 및 그 원인의 판단에 오류가 발생할 가능성이 높을 뿐만 아니라, 현실적으로 설비의 열화(노후도 등) 예측이 곤란하여 보수 및 교체시기(리노베이션 등)의 판단 등 합리적인 의사결정에 어려움이 있다. 또 관련 설비의 체계적인 유지관리방법 및 기준이 마련되어 있지 않음으로써 소극적이고 즉흥적인 유지관리 관행이 만연되고 있을 뿐만 아니라, 이와 아울러 효과적인 관리 및 고장발생 예측이 곤란하여 고장발생 후에야 보수 및 조치가 가능한 실정이다.

이와 같은 설비 및 시스템의 고장 및 그 원인에 대한 객관적이고 정량적인 진단을 수행함으로써 설비 및 시스템의 물리적인 성능을 유지·개선함과 동시에, 적극적이고 체계적인 유지관리의 시행을 통한 시의 적절한 유지·보수 및 고장원인의 조기발견 등을 위하여 건축기전설비 성능분석시스템의 개발 및 유지관리체계의 마련, LCC 분석을 기반으로 하는 유지관리 프로그램의 개발 및 관련 제도의 개선에 관한 본 연구개발의 수행은 필수적인 것으로 판단된다.

나. 경제·산업적 측면

건축물에 설치되는 기전설비의 경우 시간이 경과함에 따라 필연적으로 노후화가 진행되고 성능저하가 발생하게 된다. 최근의 지속적인 경제성장 및 그에 따른 생활

수준의 향상은 주거환경의 고급화 및 자동화 등 설비 및 시스템에 새로운 기능을 요구하게 되었고, 그 기능을 수행하기 위한 성능진단 및 유지관리의 체계화에 대한 요구도 점차 증가하고 있다.

한편 최근에는 단순히 건축기전설비의 물리적 노후화에 대응하는 차원을 넘어 주거환경의 개선이나 자원 및 에너지의 절약 또는 자연환경의 보전 등 사회적 니즈에 따른 열화에도 대응하기 위하여 건축물은 물론 설비에 대한 리모델링(Remodeling)에 대한 요구도 크게 증가하고 있다. 그러나 이와 같은 요구에도 불구하고 설비의 합리적인 유지관리 및 리모델링의 수행을 위한 체계적인 방법론이나 의사결정을 위한 이론적 배경은 매우 부족한 실정이다.

이와 같이 주거환경 개선은 물론 화석연료의 고갈과 에너지 도입비용의 급상승 및 환경오염에 대한 규제강화 등 지속가능한 성장이 그 어느 때보다도 강조되고 있는 현 시점에서 건축기전설비의 성능 및 고장·열화의 진단 및 유지관리에 대한 연구개발은 매우 시의적절하고 중요하다고 생각된다.

제 2 절 연구개발 목표, 내용 및 범위

1. 연구개발의 최종목표

건축기전설비의 성능분석기법의 개발 및 적용, 기존 설비의 유지관리체계(Facility Management System : FMS)의 활용, 생애주기비용(Life Cycle Cost : LCC) 분석을 기반으로 하는 유지관리 프로그램 개발 및 활용 등의 연구, 유지관리 기준의 정비 등 관련 제도의 개선을 목적으로 하는 본 연구의 최종 목표는 다음과 같다.

연구개발의 최종목표

√ 건축기전설비의 성능 및 고장·열화진단기법 개발
√ LCC 분석 기반 유지관리 프로그램 개발 및 활용방안 제시
√ 기존 Facility Management System을 활용한 유지관리 프로세스 구축
√ 건축기전설비의 유지관리지침 등 제도개선(안) 도출

건설기술기반구축사업의 일환으로 수행하고자 하는 본 연구개발은 건축기전설비

의 유지관리를 통한 성능확보, 주거환경 개선 및 자원 및 에너지의 절감을 지원하기 위한 유지관리 프로세스 구축 및 제도개선(안)의 도출을 주목표로 하고 있으며, 아울러 이를 실현하기 위한 성능·열화진단기법, LCC 분석기반 유지관리 프로그램 등 하드웨어 및 소프트웨어 기술개발을 포함하고 있다.

이를 위하여 본 연구는 3차년도에 걸친 기술개발을 수행하였으며, 먼저 1차년도에는 우선 건축기전설비의 성능·열화진단기법 및 제도개선 기본방향 도출을 위하여 설비의 성능 및 고장·열화진단기법의 개발을 위한 시험방법을 개발, 시험장치를 제작하여 적용시험을 수행하고 국내의 실정에 적합한 설비의 유지관리방안 검토함으로써 제도개선 기본방향을 제시하였다. 2차년도에는 건축기전설비의 성능, 고장 및 열화진단을 위하여 FMS 적용방안을 검토하고, LCC 분석기반 유지관리 프로그램의 개발을 위하여 설비의 원격 모니터링 및 분석기법을 도출하는 한편, LCC 분석 및 유지관리를 위한 설비별 D/B 구축과 아울러 경제성분석 프로그램을 개발하였다.

한편, 본 연구의 3차년도에는 건축기전설비의 성능유지 및 자원·에너지 절약을 위한 유지관리 프로세스를 구축하고 관련 제도개선(안)을 도출하기 위하여 LCC 분석결과를 활용한 유지관리방안을 검토하고, 성능진단 및 유지관리지침을 작성하며 개발기술의 제도화 및 활용방안을 검토, 제시하였다.

2. 연차(단계)별 연구목표 및 내용

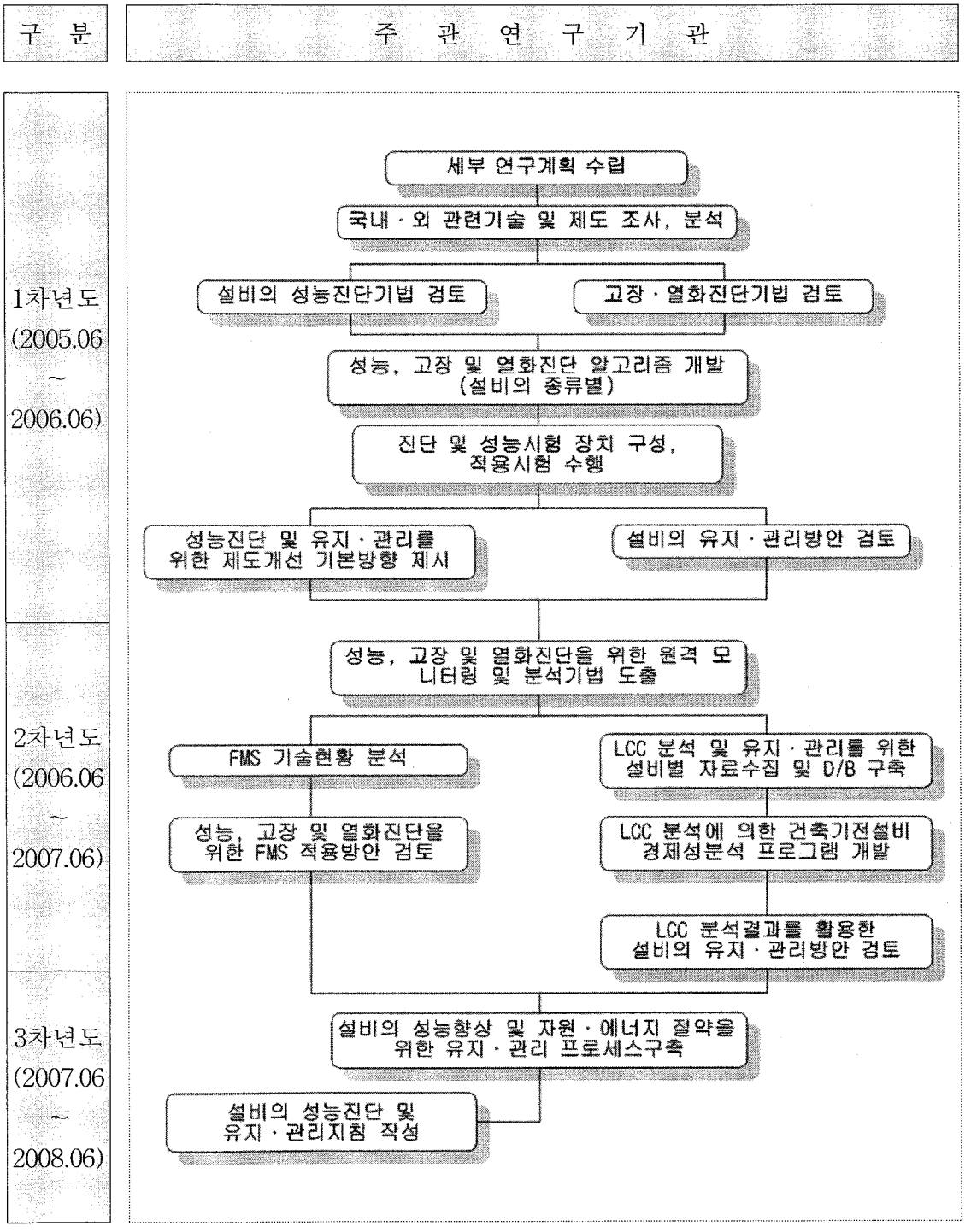
최종목표를 달성하기 위하여 제1차년도에서는 건축기전설비의 성능·열화진단기법 및 시험방법 개발과 제도개선 기본방향을 도출할 예정이며, 제2차년도에서는 건축기전설비의 성능, 고장 및 열화진단을 위한 FMS 적용방안을 검토하고, LCC 분석기반 유지관리 프로그램을 개발할 예정이다. 최종적으로 제3차년도에서는 건축기전설비의 성능유지 및 자원·에너지 절약을 위한 유지관리 프로세스 구축 및 유지관리지침 등의 제도개선안을 도출할 예정이다. 표 1.1에 연차별 연구개발 목표 및 내용을 정리하였으며, 표 1.2에 연구개발 추진체계를 나타내었다.

한편, 본 연구는 앞에서도 기술한 바와 같이 건축기전설비의 유지관리를 통한 성능확보, 주거환경 개선 및 자원 및 에너지의 절감을 지원하기 위한 유지관리 프로세스 구축 및 제도개선(안)의 도출을 주목표로 하고 있다. 이와 아울러 제도의 효과적인 시행을 위한 성능·열화진단기법과 LCC 분석기반 유지관리 프로그램 등 하드웨어 및 소프트웨어 기술개발이 포함되어 있다. 따라서 본 연구에서 개발하고자 하는 기술평가항목으로는 먼저 건축기전설비의 성능진단 및 유지관리지침의 제

표 1.1 연차별 연구개발 목표 및 내용

연 차	연구 목표	주요 내용 및 범위
1차년도	○건축기전설비의 성능, 고장·열화진단기법을 이용한 유지관리 방안 도출 ○건축기전설비 성능진단 및 유지관리를 위한 제도개선 기본방향 도출	○건축기전설비의 성능진단 및 유지·관리에 관한 국내·외 관련기술 조사, 분석 ○국내·외 관련제도 조사, 분석 ○건축기전설비의 성능 및 고장·열화진단기법 검토 ○건축기전설비 종류별 성능, 고장 및 열화진단 시험방법 개발 ○성능, 고장 및 열화진단 시험장치 제작 및 적용시험 수행 ○국내 실정에 적합한 건축기전설비 유지·관리 방안 검토 ○건축기전설비 성능진단 및 유지·관리를 위한 제도개선 기본방향 제시
2차년도	○건축기전설비 성능, 고장 및 열화진단을 위한 FMS 적용방안 검토 ○LCC 분석을 기초로 하는 건축기전설비 유지관리 프로그램 작성	○FMS 기술현황 분석 ○건축기전설비의 성능, 고장 및 열화진단을 위한 FMS 활용타당성 및 활용방안 검토 ○성능, 고장 및 열화진단을 위한 원격 모니터링 및 분석기법 도출 ○LCC 분석 및 유지·관리를 위한 설비별 자료수집 및 D/B 구축 ○LCC 분석에 의한 건축기전설비 경제성분석 프로그램 작성
3차년도	○건축기전설비의 유지관리기준 도출 ○건축기전설비 성능진단 및 유지관리를 위한 제도개선(안) 제시	○건축기전설비의 성능향상 및 자원·에너지 절약을 위한 유지관리 프로세스 구축 ○LCC 분석결과를 활용한 건축기전설비의 유지관리방안 검토 ○건축기전설비 성능진단 및 유지관리지침 작성 ○유지관리를 고려한 건축기전설비의 설계 및 시공방안 검토 ○검토·개발기술의 종합 및 제도화방안 검토 ○제도개선(안) 활용방안 검토

표 1.2 연구개발 추진체계



도 반영 가능성을 들 수 있으며, 이는 본 기술의 수요자인 정부 등 정책입안자 및 관련분야 전문가 집단의 검토 및 의견수렴을 통한 평가가 가능할 것으로 판단된다. 또한 성능, 고장 및 열화진단기법이나 LCC 분석에 의한 경제성분석 프로그램의 경

우에는 진단기법의 타당성 그리고 프로그램의 적용 및 계산결과의 타당성과 신뢰성의 검토를 통한 평가가 가능하리라 생각된다.

제 3 절 기대효과 및 활용방안

1. 기대효과

본 연구개발로 기대되는 효과는 다음과 같다.

☞ 건축기전설비의 물리적 성능유지를 통한 효율향상
☞ 조기 고장예측, 진단 및 신속한 보수를 통한 설비의 내구성 향상
☞ 유지관리 업무의 시스템화에 의한 저비용, 고효율의 설비시스템 운영
☞ 설비의 원격 모니터링 및 통합관리를 통한 설비 유지관리 업무의 체계화 및 신뢰성 확보
☞ 설비 및 시스템의 운전결과를 장치와 시스템의 설계 및 운전자료로 반영(피드백)함으로써 관련 기술분야의 발전 유도
☞ 공공부문 설비의 유지관리업무 체계화 및 지표관리를 통한 설비 유지·관리에 소요되는 인력 및 비용의 대폭적인 절감 (설비 생애주기비용(LCC) 차원에서 20% 이상의 비용절감효과 기대)
☞ 건물분야 자원·에너지 이용효율 제고 및 자원·에너지 소비절약에 따른 환경오염 억제
☞ 설비의 품질향상에 따른 주거환경 개선

2. 활용방안

본 연구개발 결과의 활용방안은 다음과 같다.

☞ 초기 설계과정에서 설정한 설비의 물리적 성능확보 및 진단에 활용
☞ 건축기전설비의 조기 고장예측, 진단 및 신속한 보수
☞ 동일한 기능의 반복수행이 요구되는 유지관리 업무의 시스템화
☞ 설비의 원격 모니터링 및 통합관리에 의한 신속하고 정확한 관리
☞ 공공부문 설비의 인력 및 비용요소의 지표 관리
☞ 사회적, 경제적 요구조건(니즈)을 고려한 설비의 열화도 예측

☞ LCC 분석을 통한 설비의 고장, 열화진단 및 유지관리를 위한 의사결정 수단으로 활용

☞ 설비 진단시스템 및 경제성 분석 프로그램을 이용하는 종합 유지관리 프로세스 구축

☞ 건축기전설비의 성능진단 및 유지관리지침 제정

☞ 건축기전설비 성능진단 및 유지관리를 위한 제도개선(안)으로 활용

☞ 축적된 설비 및 시스템 운전결과를 장치와 시스템의 설계 및 운전자료로 활용(피드백)

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

제 1 절 개 요

1. 유지관리의 필요성

건축기술의 발달로 인해 성능에 대한 요구수준이 점차 고도화되면서 건축물에는 건축기계설비 및 전기설비의 용량이 대형화 되고 에너지 절약화를 비롯하여 방재기능, 내진기능 등 다양한 용도에 대응하기 위하여 자동화나 전자제어에 위한 고도화 복잡화로 발전하고 있다. 이 때문에 '그 성능을 어떻게 효율적으로 유지관리를 해나가는가'가 중요시되고 있다.

일반적으로 건축물의 내용연수는 50~60년 정도로 생각하고 있는 반면에 건축기계설비는 각자가 가지고 있는 수명이 있어서 작동에 따른 마모나 부식 등의 물리적인 동작에 의해 기능을 유지하고 있으므로 시간의 경과에 따라 열화현상이 진행되어 성능의 저하가 발생된다. 이러한 성능의 저하는 불필요한 에너지 소모를 부축이고 시스템 수명 감소와 나아가 시스템을 파괴시킨다. 따라서 고도로 근대화된 설비에 있어서는 유지관리의 효과적인 운용에 의해 수리비의 감소와 내용수명 연장에 의한 유지관리비의 절감을 꾀하고 아울러 열원설비의 성능저하에 대한 불필요한 에너지 손실을 방지하여 연료비 절감 효과를 기대할 수 있으므로 적절한 설비의 유지관리는 상당한 효과의 경제성을 가진다.

하지만 현재 대부분의 건축설비의 유지관리는 단순히 눈으로 점검하고 점검표의 항목에 기입하는 수준으로 대다수의 건축설비시스템에서 이루어지고 있다. 이런 결과로 인해 건축설비가 고장을 일으켜 기능이 완전히 정지(breakdown) 되어야지만 보수 혹은 교체가 이루어지는 실정이다. 따라서 건축설비의 고장중의 운전으로 인한 성능의 저하와 과도한 운전비, 고장 설비의 교체시기를 제대로 파악하지 못해 발생되는 교체비용이 따르게 된다. 이를 개선하기 위해 건축기계설비의 성능, 고장·열화 진단 시스템을 구축하여 운전 중인 건축설비 기기들의 고장을 검출하여 유지관리에 활용되어야 한다.

유지관리란 메인티넌스(maintenance)라고도 하며, 일본에서는 보전(保全)이라 한다. 이것은 대상 기기가 표시된 성능을 보증하게 하기 위하여 하는 것이며, 일반적으로 성능이나 고장의 시점에 따라 사후 유지관리, 예방(사전) 유지관리, 계획적 유지관리, 상태감시 유지관리 등으로 구분한다.

건축설비 또는 기기의 유지관리방식의 변천과정을 보면 사후유지관리에서 예지 유지관리에 이르기까지 여러 가지 과정을 거쳤다. 사후 유지관리 방식(BM : Breakdown Maintenance)은 사고가 발생한 후에 또는 고장으로 기기가 정지하거나 성능이 떨어져서 수리와 정비를 하여 사용 가능하도록 복구시키는 정비(수리) 유지관리를 의미한다. 이와 같은 방식은 건물에 미치는 영향이 대단히 크고, 거액의 업무 손실을 유발할 수 있다. 일반적으로 기계설비에서 고장이 발생하여 수리를 하고 혹은 교환을 하는 사후 유지관리 방식이 얼마 전까지 행하여져 왔다. 이것은 기기가 완전히 정지한 후 조치하기 때문에 수리 등에 요하는 시간이 길게 되고 시스템 전체가 장시간 작동 정지하게 되기 때문에 건축물의 기능을 손상시킨다. 이것에 대하여 1950 년경부터 계획적으로 유지관리를 추진하도록 하는 점검관리 활동에 대한 새로운 생각이 제안되어졌다. 예방적으로 수리를 하고 고장에 대한 손실을 경감하고 계획적으로 자금의 운영을 꾀하는 이 방식을 예방 유지관리(PM : Preventive Maintenance)라고 한다. 예방 유지관리는 계획적으로 유지관리 활동(청소, 점검, 지정, 정비 등)을 실시하여 기기의 고장이나 성능 저하를 사전에 방지하여 경제적 손실을 입지 않도록 하는 유지관리 기법이다. 다시 말해서 기기의 부품 교환이나 기계의 분해 검사를 일정 기간마다 실시하여, 돌발 사고를 막음으로서 기기의 신뢰성을 확보함으로써 사후 유지관리를 대신하여 널리 사용하게 되었다. 이 예방 유지관리에 의해 갖게 되는 중요한 효과는 다음과 같다.

① 고장에 의한 설비의 가동중지에 의해 생기는 손실이 감소되다.
② 예비설비를 필요로 하는 부분이 감소된다.
③ 돌발적인 고장 건수가 감소되고 스케쥴(schedule) 변경이 적게 된다.
④ 내용수명이 연장되고 교체비용이 감소한다.
⑤ 예비품 관리가 좋게 되고 재고량을 최소한으로 억제시킬 수 있다.
⑥ 생산 원가가 절약 된다.
⑦ 집무환경을 양호한 상태로 유지할 수 있다.
⑧ 자원의 절약, 에너지 절약의 효과가 상승한다.
⑨ 생애주기비용(LCC : Life cycle cost)의 저감을 꾀할 수 있다.

그러나 예방 유지관리 방식은 아직 사용할 수 있는 부품을 무조건 교환함으로써 손실을 초래하고, 심한 경우는 유지관리 때문에 교환한 기기의 상태를 손상시킬 수도 있다. 이러한 예방 유지관리의 문제점을 보완하여 설비의 생산성 향상에 초점을 맞춘 생산 유지관리(PM : Productive Maintenance)라는 방식이 제안되었고, 이 방

식은 기기의 생애주기비용과 기기의 효율 저하에 따른 손실까지의 합계를 감소시켜 생산적인 경제성을 극대화시키는 유지관리 기법이다. 그 후 설비의 본질을 개선하는 개량 유지관리(CM : Corrective Maintenance)가 제안되었다. 이 방식은 기기의 고장과 성능 저하를 분석하여 기기를 개량 조치하거나 설계 단계로부터 조치하여 기기의 내구 성능을 개선하는 것을 말하는 것으로 사후 유지관리의 한가지라고 볼 수 있다. 예방 유지관리와 함께 설비 자체의 본질을 개선하여 열화의 정도를 저하시킴으로써, 고장률을 낮추고 열화로 인한 손실 및 유지관리 비용을 저감시키는 효과가 있으며, 이 방식은 본질을 개선하는 비용 이상으로 손실이나 유지관리비용을 경감할 수 있는 경우에 경제적이다. 유지관리 예방(MP : Maintenance Prevention) 방식은 설비의 설계나 시공 시에 다소 비용이 더 소요되더라도, 운전 시 보전비나 열화 손실이 작다면, 장기적으로 경제적이라는 사고에서 출발하였으며, 다음과 같은 것을 사항을 고려한다.

① 기기 장치는 고장이 발생하기 어려운 것으로 한다.
② 고장이 생겨도 신속하고 쉽게 수리할 수 있다.
③ 설비비와 유지관리비의 합계가 저렴하게 되도록 한다.

일반적으로 이것을 각각 신뢰성, 유지관리성, 경제성이라 부르며, 유지관리 활동을 용이하게 함과 동시에 설비의 사용기간을 효율적으로 활용하고 관리하도록 하는 것이다. 예지 유지관리(PDM : Predictive Maintenance)란 기기의 상태를 정량적으로 분석하여 기기의 이상 징후나 장래 일어날 만한 사태를 미리 파악함으로써, 필요시에 유지관리를 실시하는 상태 기준형 유지관리(CBM : Condition Based Maintenance)방식을 말한다. 이 방식은 예방보전과 함께 현재 사용되고 있는 유지관리 방식의 주축이 되고 있다. 그림 2.1은 설비 유지관리방식의 변천과정을 나타내고 있다. 사후 유지관리는 일본을 주축으로 1950년대 이전에 유행하였으며, 예방 유지관리는 1950년대에서 1970년까지 유행하였다. 1980년대 이후에는 예지 유지관리가 주요 관심사항이다.

최근에 건물관리의 중요성이 인식되면서 유지관리는 기본적으로 그 방향이 사후 유지관리에서 예방 유지관리로 변화하는 추세이다. 이것을 감안할 때 예방 유지관리의 측면에서 지속적으로 갱신되며, 끊임없이 변화하는 방대한 양의 시설에 대한 각각의 상태를 인력에 의한 수동적인 관리로 항상 정확하게 파악하고, 적절히 관리한다는 것은 불가능에 가깝다. 장비 이력카드에 대한 기록, 소모성 비품의 구입과 보수 등에 대한 기록을 일일이 유지하여 보존하는 것도 용이하지 않고, 관리자의

경험이나 기억에 의존하여 관리한다는 것은 더 더욱 한계가 있는 것이다. 더욱이 사무자동화에 따른 건물 내부의 각 곳에서 전원용량은 증대해 나가고, 배선상태는 수시로 변화하며, 제어설비 및 공조설비 등도 점차 복잡·다양해지고 있다. 이들의 장비에 의한 실내 환경부하의 변화 등으로 인하여 설비는 항상 변화하게 된다는 사실을 고려한다면, 건물관리는 이제 단순 반복적인 업무로 간주될 수는 없다.

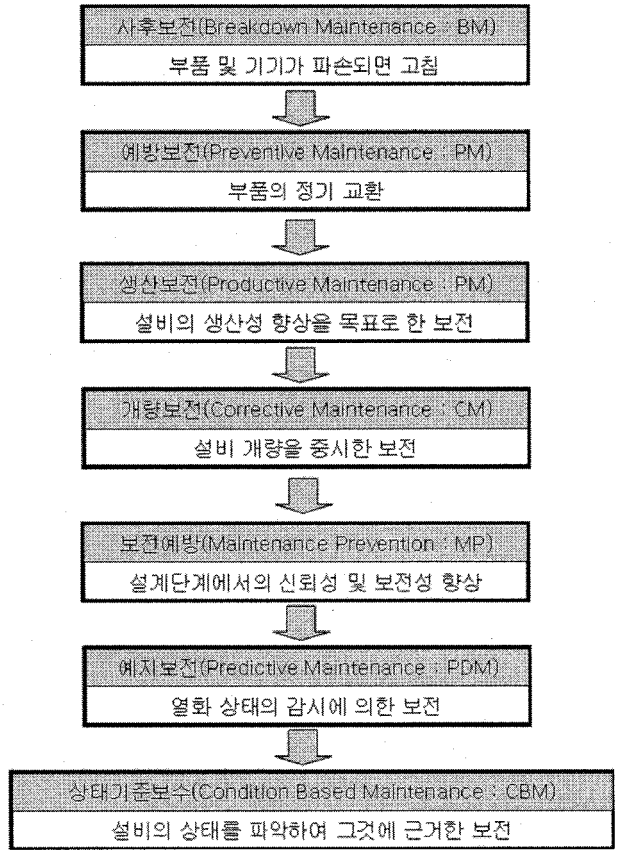


그림 2.1 설비 유지관리 방식의 변천

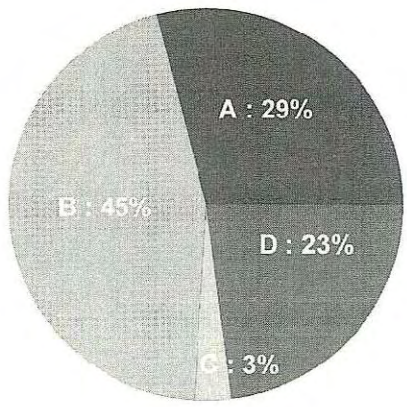
이에 대한 방편으로 관리의 체계화가 제한적으로 적용되고 있다. 환경적으로나 기술적으로나 여러 가지 정밀한 조건을 지켜나가야 하였을 뿐만 아니라, 관리 비용의 문제는 곧 생산 원가에 영향을 미쳤기 때문이다. 그러나 근래에는 사람들의 쾌적하고 편안한 환경에 대한 욕구가 증대함으로 인해서 일반적인 사무소용 건물이나 상가, 문화 공간 등으로 이러한 요구가 확대하고 있는 실정이다. 이에 대한 대안으로 나타나고 있는 것이 설비관리시스템(FMS : Facility Management System)이다. 컴퓨터를 주체로 하는 정보기술을 이용하여 체계적이고 과학적으로 건물을

관리하는 시스템이다. 이것은 표 2.1에서 보는 바와 같이 건물의 총체적인 가치를 관리할 수 있는 방법이다.

표 2.1 컴퓨터에 의한 관리자원시스템의 분류

구 분	Building Automation System	Building Management System	Facility Management System
목 적	설비 운전의 중앙감시	설비관리의 자동화	건물의 경영 관리
대 상	설비기기의 운전원	설비기기의 관리자	건물의 소유주, 관리자
내 용	설비기기의 상태 감시 조작	상태감시, 조작 에너지의 사용 제어 자기 진단 기능	상태감시, 조작 에너지관리 열화진단 시설의 경제적 운용

한편, 설비에 대한 유지관리 현황을 분석하기 위하여 설문조사를 수행한 자료(건설교통부, 2005, 집합건축물의 유지관리 및 보수기법 개발)를 참고하였다. 주상복합건물 등 건물 30개소를 대상으로 인력관리상의 문제점을 질의한 결과, 그림 2.2에 보인 바와 같이 관리인력이 절대 부족하다는 의견이 29%를 차지하고 있으며, 인력충원이 어렵다는 의견이 45%를 보이고 있어, 전체 건물중 74%에서 인력관리상의 애로점을 호소하고 있다.



☞ 질문 사항 : 인력관리상의 문제점
☞ 응답 내용 :
A : 관리인력의 절대 부족 (29%)
B : 인력충원이 어려움 (45%)
C : 기타 (3%)
D : 무응답 (23%)

그림 2.2 인력관리상의 문제점에 대한 설문조사 내용

또한, 공동주택 23개소를 대상으로 유지관리도구의 필요성에 대한 설문조사를 실

시한 결과, 표 2.2에 보인 바와 같이 유지관리 매뉴얼이 필요하다고 응답한 곳이 전체 23개소를 차지하고 있으며, 유지관리시스템이 필요하다고 응답한 곳이 1곳을 제외한 22곳을 차지하고 있다.

표 2.2 유지관리 도구의 필요성에 대한 설문조사 내용

구 분	유지관리 매뉴얼	유지관리 시스템	유지관리 관련 교육
전혀 필요 없다	0	0	0
필요 없다	0	0	0
보통이다	0	1건 (4.35%)	0
필요하다	17건 (73.91%)	19건 (82.61%)	16건 (69.57%)
매우 필요하다	6건 (26.09%)	3건 (13.04%)	7건 (30.43%)
무응답	0	0	0
평균값	4.26	4.09	4.30

주) 자료 : 건교부, 2004, 공동주택의 장수명화를 위한 유지관리시스템 개발

2. 유지관리의 문제점

현재 건물 현장에서 설비 유지관리를 하는 데 있어 여러 가지 문제점이 있지만 가장 큰 문제점 중의 하나는 유지보수인력이 비전문화 되고, 인건비 단가가 낮다는 것이다. 이는 유지보수 인력 산정관련 규정이 없이 건물 면적기준으로 유지관리 인력을 산정하고 있어 인력이 부족한 실정이다. A공사에서는 3조 3교대, 8시간 근무를 하고 있고, 그나마 공공부문에서는 어는 정도 인력을 확보하고 있으나 민간부문의 경우 유지관리 인력이 부족하여 유지관리를 함에 있어 많은 애로점이 있다. 유지관리 인력을 산정함에 있어 청소용역의 경우 면적 기준으로 산정하는 것이 합리적이지만, 기계분야는 장비가 늘어나고 노후화됨에 따라 유지관리 인력이 점자 부족해지고 있으며, 낮은 인건비와 비전(vision)의 부재로 인하여 이직률이 높다. 따라서 운영관리의 품질이 떨어지는 실정이다. 특히, 냉난방 자동제어장치와 같은 전문분야에서는 고급인력이 필요하나, 실제 현장에서는 전문 인력이 없어 외부 업체에 전적으로 의존해야 하는 실정이다. 따라서 설비에 대한 유지관리 체계를 확립하여 현장에서의 업무 부담을 저감시켜야 할 것이다. 표 2.3은 B공사에서의 유지관리 분야 용역인력 운영 현황을 보여주고 있다.

표 2.3 유지관리 분야 용역인력 운영 현황 (B공사)

구 분		전기 분야		기계 분야		건축 분야	
		일근	교대	일근	교대	일근	교대
기술자	특급	1	0	2	0	1	0
	고급	5	3	4	3	2	0
	중급	4	18	3	9	1	3
	초급	1	0	1	12	0	0
기능사	특급	0	0	0	0	0	0
	고급	0	9	1	28	13	4
	중급	0	27	1	22	8	5
	초급	0	21	3	19	2	0
합 계		11	78	15	93	27	12

주) 기계분야는 소방기술자 포함.

한편, 일반적으로 건물의 신축 비용의 확보에는 큰 문제가 없다. 그러나 건물의 유지관리 및 운영에 필요한 비용은 부족하기 쉽다. 유지관리 비용의 소요에 대한 이해와 고려가 되지 않는 상황에서 신축하기 때문이다. 우리 주위에서 운영비나 유지관리비가 부족하여 문을 닫는 박물관을 볼 수 있고, 상가건물에서 주차비용 상승이나 엘리베이터 부분 폐쇄 등을 접할 수 있다. 설계자는 건물주의 입장에서 운영 및 유지관리에 소모될 비용을 고려하고, 그것을 최소화할 수 있도록 해야 한다. 그래서 유지관리에 소요되는 비용을 산정하고, 그 근거를 설계도서를 제출할 때 함께 제시하여야 할 것이다. 특히 설비분야의 설계자는 건물 본체에 비해 수명이 짧은 각종 기기에 대한 교체비용도 산정해야 할 것이다.(A-10)

점차적으로 전기에너지의 수요가 계속 증가됨에 따라 전력계통에 설치되는 고압 개폐기는 고전압 대용량화가 진행되어 왔다. 현재 고품질의 전력을 안정적으로 공급하기 위하여 고도의 신뢰성과 보수성이 요구되고 있으며, 환경과의 조화를 이루는 것도 중요한 과제로 떠오르고 있다. 그리고 옥내용 개폐기에서 조작기구의 구성요소의 배치를 충분히 검토하여 기기회선 사이에 설치하지 않고 점검통로의 방향에서 간편하게 보수작업을 할 수 있는 배치도 고려할 필요가 있다.(B-17)

지금까지의 설비의 노후도 평가방법은 기기에 대한 물리적 노후도 측면과 평가자의 주관적 판단에 의해 평가되는 측면이 강하였고, 따라서 설비의 노후도를 통합적이고 정량적으로 평가하기 어려운 점이 있었다. 따라서 설비의 노후도에 대하여 물리적 노후도를 기본으로 경제적 노후도 및 사회적 노후도를 포함하여 통합적이고, 정량적으로 평가할 수 있는 노후도 평가체계가 제시되어야 한다.(B-18)

향후 시설 노후화에 따른 RBI(Risk Based Inspection)의 도입이 점차 증가하리라 예상이 된다. 설비의 구성요소에 RBI를 적용함에 있어서 무엇보다도 중요한 것은 다년간의 운전 경험자에 의한 열화의 계측기술의 개발이며 열화의 양상을 올바르고 정확한 판단을 하는 것이 핵심이며, 객관성을 기하기 위하여 계측기술 개발에 있어서도 표준 허용오차의 정립도 매우 중요하다.

시스템의 효과적인 운용을 위하여 컴퓨터를 이용한 다양한 형태의 자동 제어 시스템이 도입되어 적절한 관리 소프트웨어에 의해 관리되고 있는 실정이지만 현재 사용되고 있는 중앙 감시 소프트웨어는 시스템의 이상이나 고장 등이 발생할 경우 고장의 원인이나 고장 발생 위치를 발견하는데 어려움이 있어 운용자의 신속한 복구 및 최적 운용에 도움을 주지 못하고 있는 실정이다. 따라서 건물 운용자에게 건물 관리의 최적화, 고장 예지 및 유지 보수 진단 결정을 수행하는데 필요한 정보를 제공해 줄 수 있는 시스템인 실시간 자동 고장 감지 및 진단 시스템의 도입이 필요하다.

3. 건축설비 유지관리 기본방향

건축설비 유지관리에 있어서도 그림 2.3에 나타낸 바와 같이 설비·기술측면의 변화, 인간·노동측면의 변화, 사회·환경측면의 변화, 경영측면의 변화 등을 겪음으로써 향후에는 유지관리의 효율화를 위하여 현재의 현장 유지관리시스템에서 원격, 온라인 유지관리시스템으로 탈바꿈해야 한다. 즉, 건축기전설비에서도 기술개발이 진행됨에 따라 신기술, 신재료가 도입되고, 설비의 대형화, 대용량화, 고성능화, 자동화가 이루어지고 있다. 또한, 설비의 집적화(전기설비의 경우 GIS, 폐쇄형 배전반 등), 계통 구성 운영의 복잡화, 무보수화 기기 도입 등으로 전자, 컴퓨터, 통신기술(전기설비의 경우 디지털 Relay, SCADA, 인터넷 등)을 이용하는 설비가 증대되고 있다. 따라서 설비분야에서도 온라인 진단시스템의 도입이 필요한 실정이다.

한편, 머지않아 도시는 설계단계부터 첨단 정보기술과 초고속 유무선 통신인프라를 반영, 주거생활의 편익증대 및 삶의 질 향상과 통합주거관리에 의한 안전과 주민복지를 향상시킬 수 있는 첨단 U-City가 구축될 것이다. 새로 구축되는 U-City에서는 광인프라망 구축과 디지털 홈 서비스와 연계된 단지정보 관리, 공공 정보서비스 연동과 지역 내 공용시설물의 종합관리를 통해, 지역내의 상황이 실시간으로 교류됨으로써 시민의 삶의 질 향상이 기대된다. 또한, U-City에서는 각 건물에서 운용되고 있는 보일러, 전력배전반, 펌프류, 배기팬 등의 모든 시설을 온라인으로 감시하여 시설의 효율적인 운용 뿐 만 아니라 위험에 대한 요소를 실시간 모니

터링 감지하여 상주인력에게 긴급 연락하여 신속히 상황을 해결·종료할 수 있게 해주는 원격 자동감시시스템이 중요한 역할을 수행할 것이다.

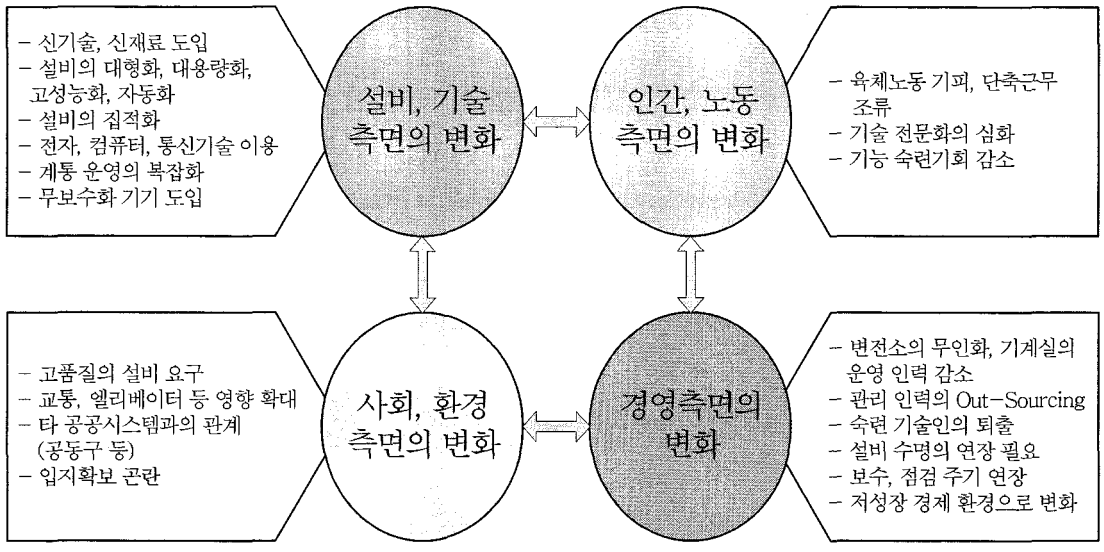


그림 2.3 설비 유지관리에 대한 주위 환경의 변화

제 2 절 국외 기술개발 현황

설비 유지관리와 관련하여 선진외국에서는 설비의 자동화 및 건물의 지능화가 진전됨에 따라 온라인을 통한 설비 원격관리가 도입되고 있으며, 특히, 일본에서 원격관리서비스가 활발히 보급되고 있다. 따라서 일본에서의 설비유지관리와 관련된 원격관리시스템 기술 및 보급현황을 살펴보면 다음과 같다.

1. 일본 히타치빌딩시스템의 설비 원격관리 사례

일본 ㈜히타치빌딩시스템은 1956년에 설립되었으며, 2005년도 매출액은 2,232억 엔에 달하고, 종업원 수는 5,218명에 달한다. 사업내용으로는 엘리베이터, 에스켈레이터, 주차장 설비, 냉동 공조설비, 전기설비, 자동문, 방범·방재기기, 기타 빌딩 설비에 필요한 기기의 판매, 설치, 보수, 갱신 및 설계를 수행하고 있으며, 각 종 빌딩 설비의 감시, 제어, 관리를 수행하고 있다. 기타 토목 및 건축공사업과 부동산 임대업 등을 수행하고 있다.

히타치빌딩시스템의 과거 진단실적을 보면 급·배수설비진단이 40%를 차지하고

있으며, 건물진단이 27%, 공조설비진단이 15%, 전기설비진단이 12%, 기타 6%를 차지하고 있다. 히타치빌딩시스템에서는 첨단기기를 탑재한 진단차량을 운영하고 있으며, 건물정기진단시스템을 통하여 법정검사(법정검사보고서), 진단(진단작업보고서, 진단연차보고서) 및 장기수선계획서 등을 작성하고 있다. 추가 작업항목으로 5년에 1번 정도 계측진단을 수행하고 있으며, 10년에 1번 정도 정밀진단을 수행하고 있다. 정밀진단에서는 냉온수·냉각수의 유량측정, 공조기의 능력측정, 실내 온습도 측정, 변압기 절연유중의 가스 분석, 급배수관의 열화도 측정, 옥상 방수재의 열화도 측정, 공조배관의 열화도 측정 등을 수행하고 있다. 표 2.4는 히타치빌딩시스템에서 수행하고 있는 건물진단항목 및 진단내용을 보여주고 있다.

에너지절약측면의 진단 항목으로는 냉각수 펌프의 인버터 제어를 통한 소비전력의 저감, 조명의 인버터 방식의 제어를 통한 소비전력의 저감, 자동역율 개선을 통한 소비전력 저감, 수요관리제어를 통한 계약전력의 저감, 빙축열조 도입을 통한 에너지 절약, 개별공조를 통한 에너지 절약 등이 있다. 유지관리비용 측면에서의 진단 항목으로는 원격감시시스템 도입에 의한 무인관리 항목 등이 있다. 이러한 진단업무를 효율적으로 수행하기 위하여 건물주와의 보전계약을 통하여 주요 설비에 대한 정기점검 업무를 수행하고 있는 건물도 있다.

한편, 냉동기에 대한 24시간 원격감시서비스를 수행하고 있으며, 이러한 서비스를 통하여 고장예지기능을 통한 조기 대책의 마련, 고장시의 신속한 대처, 데이터 분석을 통한 경제적인 운전의 제안 및 효과적인 유지관리 계획의 수립 등을 수행하고 있다. 즉, 관제 센터를 중심으로 한 네트워크를 통해서 냉동기의 운전을 실시간으로 감시 진단하여 센터에서 보유한 데이터베이스를 활용하여 예방진단이나 보전계획의 지원 고장시의 복구지원 등으로 냉동기의 운전에 안정화를 추구한다. 이러한 시스템은 인터넷을 이용하여 홈 페이지를 방문하는 방식으로 웹 환경에서 설비기기들의 상태를 감시 제어 할 수 있으며, 복수의 빌딩에 TR-Web를 설치해 네트워크로 연결해 간단하게 빌딩군관리시스템을 구축할 수가 있어 복수 빌딩을 일괄 관리함에 따라 유지관리 비용의 저감을 실현한다. 그림 2.4는 냉동기 원격감시 진단시스템을 보여주고 있다.

또한, ㈜히타치빌딩시스템에서는 건물군관리시스템 도입을 통하여 건물 관리비용의 저감, 관리품질의 향상, 신뢰성 향상 등을 도모하고 있다. 이 시스템에서는 중앙감시센터에서 실시간으로 원거리의 설비 상태를 감시하고, 이상이 있을 시에는 해당지역의 긴급출동센터에 연락하여 점검 및 수리하도록 하고 있다. 필요한 부품 등은 별도의 부품센터에서 공급받는다. 연구소에서는 긴급출동원 들을 대상으로 전문가 교육을 실시한다. 현재 이러한 관제센터는 도쿄와 오사카에 각 1개소가 있지만,

점차 증가할 것으로 예상하고 있다. 결론적으로 ㈜히티치빌딩시스템에서는 건물주와의 보전계약 등을 통하여 건축설비에 대한 현장진단 및 유지관리 업무를 수행하고 있으며, 점차적으로 중앙감시시스템 및 군관리시스템이 도입이 증가하고 있다. 그림 2.5는 빌딩군관리시스템의 개념도를 도시하고 있다.

표 2.4 건물진단항목 및 진단내용(㈜히타치빌딩시스템)

진단항목		주요내용	비고(주기)
기본항목	진단작업	- 급배수관의 외관조사 - 급수관의 내부 부식조사 - 펌프, 수조류의 외관조사 - 외벽, 내벽, 옥상 등의 외관조사 - 공조기기의 외관조사 - 공조배관의 외관조사 - 전기설비기기의 외관조사	2년 동안 전항목을 실시
	장기수선계획	장기수선계획의 작성	5년마다 재검토
	법정검사	- 건축설비 정기검사 - 특수건축물 등 정기검사 - 소방설비 정기검사	1회/반년~3년
추가작업항목 (선택사항)	계측진단	- 외벽의 적외선조사 - 압축강도시험 - 펌프의 절연 및 진동측정 - 급배수관의 초음파두께측정 - 공조기기의 절연 및 진동측정 - 공조배관의 초음파두께측정 - 전기설비기기의 온도측정 - 전기간선의 누설전류측정 - 급배수관의 폐색율 및 X선조사 - 공조배관의 폐색율 및 X선조사	1회/5년
	정밀진단	- 냉온수·냉각수의 유량측정 - 공조기의 능력측정 - 실내온습도 경향측정 - 변압기 절연유 가스분석 - 급배수관의 샘플링조사 - 옥상방수재의 샘플링조사 - 공조배관의 샘플링조사	1회/10년
	설비관련 정기작업	- 배수관 세정 - 급수관 세정 - 저수조 청소 - 공조기 필터 세정	요청시

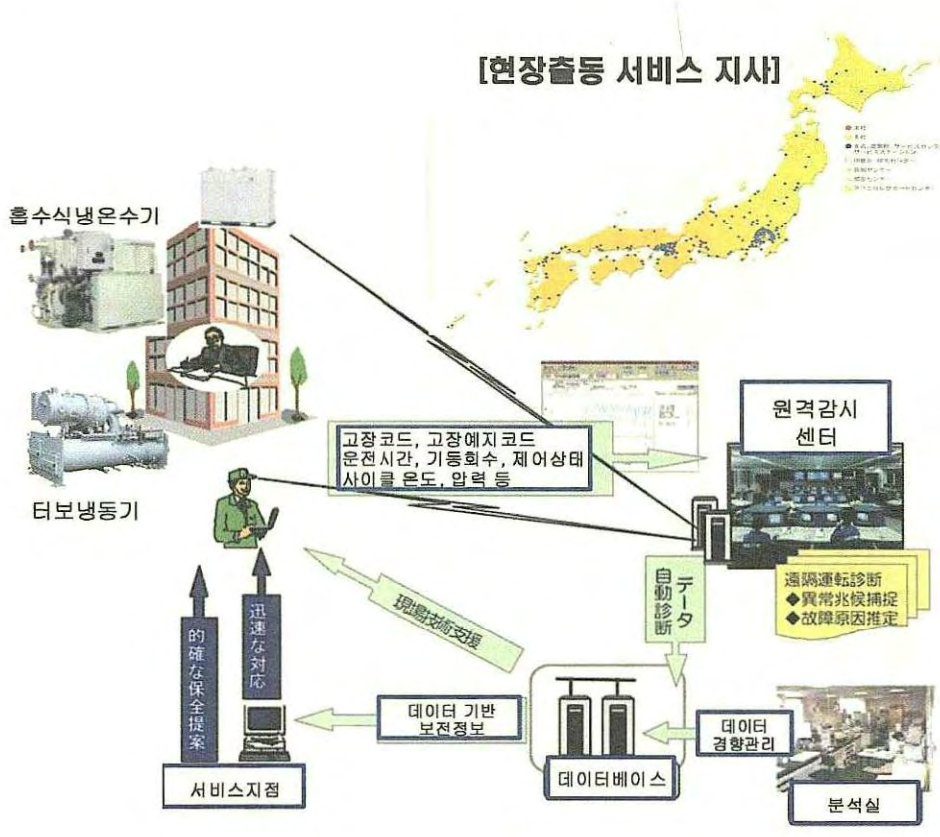


그림 2.4 냉동기 원격감시 진단시스템(㈜히타치빌딩시스템)

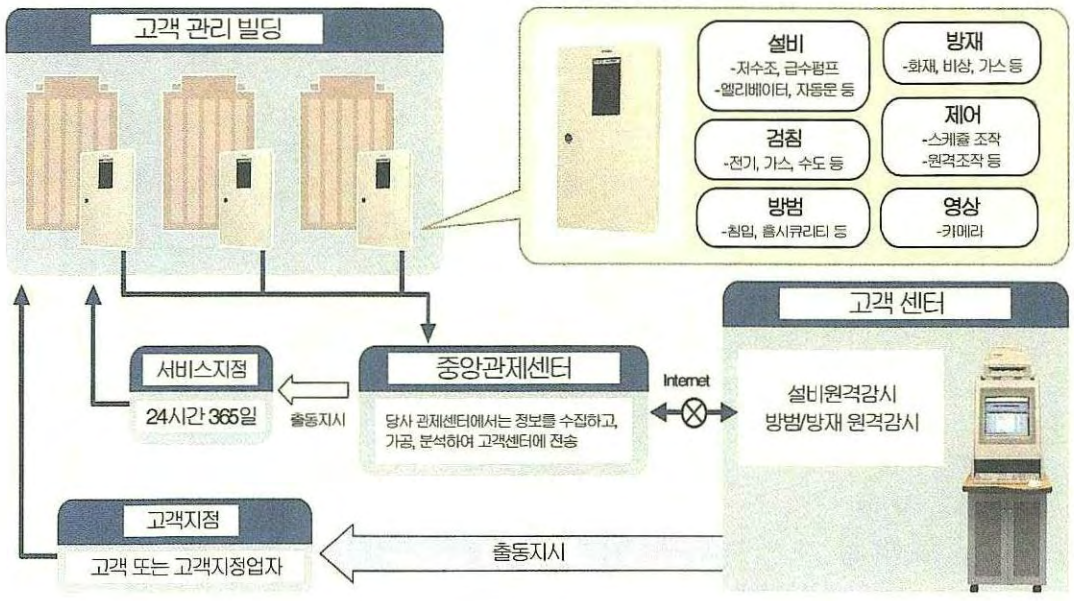


그림 2.5 빌딩군관리시스템의 개념도(㈜히타치빌딩시스템)

2. 일본 야마다케주식회사의 설비 원격관리 사례

일본의 야마다케주식회사는 건물자동제어시스템, 생산 및 보급하고 있으며, 특히, 건물과 관련하여 건물자동화시스템(BAS : Building Automation System), 보안시스템(security system), DDC(Direct Digital Controller), 센서 및 계측기기, 종합에너지관리서비스(TEMS : Total Energy Management Service), 건물관리시스템(BMS : Building Management System) 등을 제공하고 있다. 다양한 제품군 중 먼저 건물자동화시스템은 건물 내의 공조설비(열원설비 포함), 조명설비, 수변전설비, 방재설비, 보안설비, 엘리베이터 등의 각종 설비를 종합적으로 제어·감시·관리하는 것으로 쾌적한 실내환경 유지와 건물에너지를 절약하는 목적을 가지고 있다. 또한 넓은 지역에 산재하는 건물들을 관리할 수 있는 건물군 광역집중관리 등도 서비스하고 있다. 야마다케주식회사의 건물자동화시스템의 주요 특징으로는 분산형의 모듈 구성으로 점검 때나 시스템의 일부 이상이 발생했을 경우에서도 다른 모듈에 영향을 주지 않는 신뢰성이 높은 시스템을 구축할 수 있다는 것이다. 이로 인해 건물 개보수시에도 용이하게 모듈을 추가하거나 교체할 수 있다는 장점이 있다.

BMS는 자산관리, 세입자 서비스, 설비기기 점검 등의 중요하면서도 빈번한 건물의 운영관리업무를 정보화하는 것으로 관리레벨을 향상시키는 역할을 수행하고 있다. BMS의 주 기능의 하나인 가동실적관리 및 데이터 관리기능은 설비기기의 가동시간, 또는 투입 회수를 연산해, 기기별 가동상황을 감시하여 목표 도달 기기를 일목요연하게 출력하고, 설비기기의 경보(알람)를 수집해, 발생 건수를 기기별로 집계, 축적해 경향분석에 의한 기기 점검이나 개보수 계획의 입안을 지원한다. 설비보전관리통합기능은 기기대장, 문제점 대응이력, 수선이력, 보전스케쥴, 소모품 관리, 업자 연락처, 보고서 작성 등의 업무를 통합하여 효율적으로 관리할 수 있도록 한다. 그 밖에 보고서 작성기능, 에너지관리기능, 계량기에 의한 원격검침이 가능하다.

종합에너지관리시스템(TEMS)은 BEMS(Building and Energy Management System), ESP(Energy Service Provider), ESCO, 신에너지 등을 기반으로 건물의 에너지를 종합적으로 관리하는 시스템이다. 특히, BEMS는 IT기술을 활용해 빌딩의 설비관리나 에너지절약 제어를 실시함과 동시에 에너지관리에 의해서 환경성이나 에너지 절약성의 개선을 지원하는 시스템이다.

한편, 야마다케주식회사는 BOSS-24라는 시스템을 통하여 원거리의 건물과 BOSS 센터를 통신회선으로 묶어, 24시간·365일 원격 감시 제어를 실시하고 있다. 아울러, 각 지역의 센터에서는 건물 설비에 정통한 기술자가 순회 점검을 실시하여

긴급 상황시 신속하게 대처가 가능하도록 하고 있다. 이러한 시스템을 도입함으로써 필요한 인력과 관리를 위한 공간을 최소한으로 억제하여 관리비를 삭감시킬 수 있으며, 안전하고 쾌적한 빌딩 환경을 구축함으로써 생애주기비용의 삭감을 실현시킬 수 있다. BOSS-24는 전국 네트워크로 구축되어, 도쿄, 오사카, 나고야에 BOSS 센터를 구축하고 있다. 표 2.5는 BOSS-24의 업무내역을 보여주고 있으며, 그림 2.6은 동경 BOSS 센터의 모습을 보여주고 있다.

유비쿼터스 바스시스템은 차세대 인터넷망과 BAS 시스템을 연계한 미래형 유지관리시스템으로써 설비의 오작동 신호나 기능이상에 대하여 온라인으로 감시하여 사용자 혹은 관리자 빌딩관리센터로 네트워크망을 이용하여 정보를 제공하는 시스템이다. 그림 2.7은 유비쿼터스 BAS의 개념도를 보여주고 있다.

표 2.5 BOSS-24의 업무내역

항 목	내 용
설비 관리	운전 감시, 무인 관리, 나이트 쉬프트, 상주 관리, 순회 점검, 긴급 출동
방범/방재 관리	설비 : 기계 경비, 상주 경비 접수 : 출입관리, 열쇠 관리 방재관리, 긴급출동
건물 설비 보전	자동제어설비: 정기 종합점검 , 계절 전환점검 전기설비 : 법정점검, 정기점검 공기조화설비: 법정점검 , 정기점검 , 오버홀 위생설비 : 법정점검 , 정기점검 , 수조 청소 승강기 설비: 법정점검 건축물법정점검 전화설비 : D-PBX등의 정기점검
데이터 관리	일보의 작성 설비 진단 데이터의 관리 에너지 관리 예방 보전 계획의 입안 설비의 개선 제안
청소	일상 청소, 정기 청소, 특수 청소
환경위생관리	공기환경 측정, 조명검사, 급배수관리, 쥐나 해충의 구제
경영관리	세입자 및 운영관리, 과급 업무 등



그림 2.6 동경 BOSS 센터의 모습

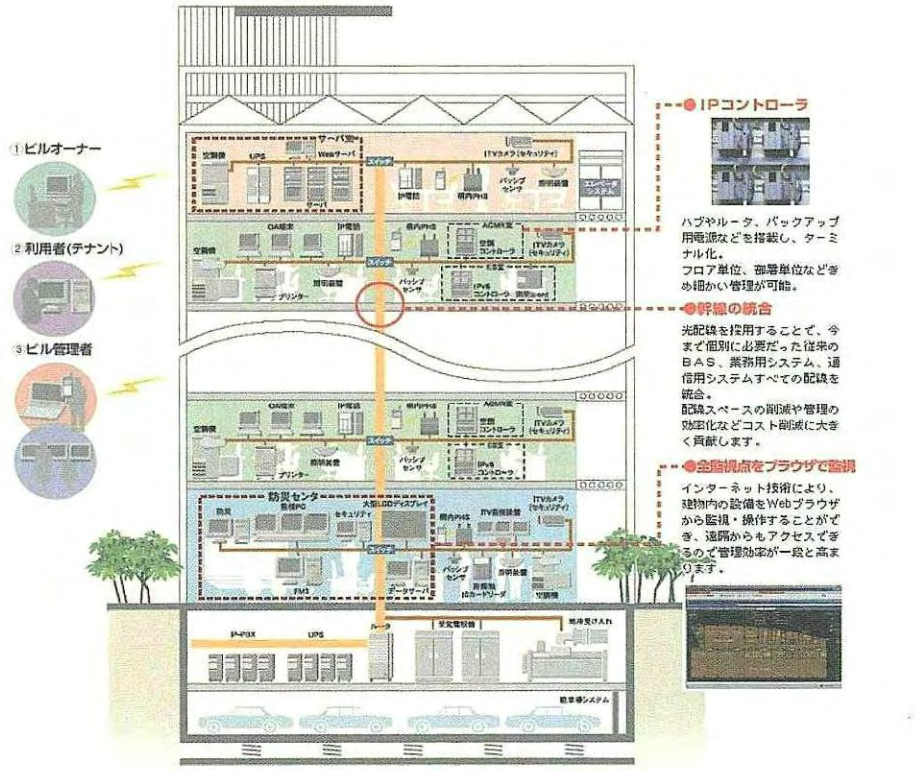


그림 2.7 유비쿼터스 BAS의 개념도(야마다케주식회사)

한편, 건물관리에 있어 원격관리시스템을 채택하고 있는 일본 업체는 히티치빌딩 서비스 및 야마다케주식회사 외에도 오릭스퍼실리티주식회사, 주식회사 재팬메이티넌스, 세이코빌딩관리주식회사, 타이세이빌딩관리주식회사 등이 있다.

제 3 절 국내 기술개발 현황

1. 기계설비 분야

열원 및 공조 설비의 에너지 소비량은 기기의 성능과 제어방식에 따라 많은 차이를 보인다. 또한, 열원기기는 제작사나 제품에 따라 설계 성능이 많은 차이를 보일 수 있으며, 기기의 노후화 또는 유지관리의 잘못으로 성능이 저하될 수 있으므로 이를 적절한 시기에 파악할 수 있는 에너지 진단 방법이 필요하다. 부적절하거나 성능이 열화된 건물 공조시스템이 지속적으로 사용될 경우 연간 에너지 사용량이 30 ~ 50%까지 증가될 수 있다는 연구결과를 보더라도 에너지 설비의 검증 및 성능 진단 시스템의 개발의 중요성을 알 수 있다.

공조설비는 크게 4가지의 시스템으로 구성된다. 건물의 거주 공간 내에 공급할 공기를 가열하기 위한 증기 또는 온수를 발생시키는 보일러나 냉원을 만드는 냉동기와 같은 열원기기, 열원기기로 부터의 열원 또는 냉원을 사용하여 공기의 온도 및 습도를 조절하고, 먼지, 불순물을 제거하는 공기조화기, 송풍기 및 덕트 같이 공기를 필요한 장소에 보내고 적당히 분배하는 장치, 실내 온도 습도를 일정하게 유지하고 가열과 냉각을 행하는데 있어서 경제적인 운전을 하기 위하여 각종 조작을 자동으로 행하는 장치 즉 자동제어장치로 구성된다. 이러한 공조설비에서 열원기기들이 실제로 에너지를 주로 소비하므로, 전체 에너지 효율을 향상시키기 위해서는 냉동기나 보일러 같은 열원기기의 성능유지 관리가 무엇보다 중요하며, 기타 건물 설비의 최적 제어와 함께 열원을 포함한 공기조화기, 덕트 설비의 성능저하를 유발하게 되는 고장이나 열화에 따른 시스템의 점진적인 성능저하를 적절하게 예측 또는 감지하는 기술이 필요하다.

열원 및 공조기기는 실제 운전시에 성능 평가 방법이 어려워 설계 성능 미달이나, 운전 중 성능 저하에도 이를 판단하기가 쉽지 않다. 공조기기의 성능을 시험하는 방법은 문헌(KS, ASHRAE Standard, ARI Standard 등)에 잘 제시되어 있다. 하지만 이 방법들은 주변의 열환경 변수들 (공기 입출구 온도, 풍량, 냉수, 냉각수 온도, 유량 등)을 일정하게 유지, 제어하는 기법이 필요하며, 이는 실험실규모의 성능 진단에만 적용될 수 있으며, 실제 건물 공조시스템에 설치되어 있는 대형 열원기기의 성능시험을 수행하기는 대단히 어려운 일이다. 예를 들어 공조 설비의 대표적인 열원기기인 칠러의 경우, 크게 압축식과 흡수식으로 분류될 수 있다. 압축식의 경우 터보형 압축기를 채용한 터보냉동기가 주로 사용되는데, 이러한 칠러의 성능은 냉각탑의 성능, 펌프 성능, 냉방부하조건, 운전조건, 제어조건 등에 따라 다르고, 부하변동과 외기온

도의 변화에 의한 제어 작용으로 시간에 따라 지속적으로 변하는 비정상 상태의 운전 형태를 가지므로, 이러한 운전자료나 측정 자료를 이용하여 열원기기의 에너지 성능 기준조건을 설정하고, 성능 평가를 하기가 매우 힘들다. 한편으로 냉동기에서의 고장은 일반 기계설비와 마찬가지로 급격한 손상과 초기의 결함이나 성능저하와 같은 미소한 고장으로 구분할 수 있으며, 손상의 경우 설비의 일부 기능이 정지하여 원하는 성능이나 제어의 목표값을 유지하지 못하기 때문에 고장검출이 비교적 용이하나, 열교환기 스케일이나 냉매누설 같은 미소고장의 경우에는 제어기의 보상작용에 의해 시스템이 겉보기에는 정상상태를 유지하게 되어 고장검출이 어렵다. 따라서 냉동기의 성능과 고장 검출을 위한 적절한 측정 방법과 성능 예측, 진단 모델, 진단방법의 개발이 필요하다.

고장진단 기술은 항공산업이나 발전소와 같이 위험성이 내재되어 있는 시스템의 안전장치로써 개발되어 사용되었으나, 점차 다른 분야로까지 확대되어 왔으며, 특히 지금까지의 국내의 고장 검출 및 진단 시스템에 대한 연구는 공기조화기 중심으로 덕트, 냉수 배관 같은 이송장치를 포함하는 공조 설비 제어 시스템을 대상으로 진행되어 왔으나, 열원과 공조 설비시스템의 경우 위험성 회피나 설비의 이상에 의한 생산 공정 중단 같은 고전적인 고장진단보다는 점진적인 고장으로 저효율 상태에서 오랜 기간 운전하였을 경우 발생하는 불필요한 에너지 사용과 그 비용을 절약하는데 초점을 맞춘 에너지 진단방식이 요구된다. 이를 위해서는 실제 에너지가 소비되고 에너지 효율에 큰 영향을 미치는 개별 열원기기의 성능 평가와, 이를 바탕으로 열원기기를 중심으로 한 공조 설비 시스템의 고장진단기술을 포함하는 종합적인 공조 설비 시스템의 에너지 진단기술의 개발이 필요하다.

2. 전기설비 분야

국내에서도 최근 들어 일부 업체에서 전기설비에 대한 진단의 중요성을 인식하여 전기설비에 대한 진단시스템을 개발 및 보급하기 시작하였다. 전기설비에 대한 온라인 진단시스템의 종류로는 GIS 진단시스템, 배전반 진단시스템, 변압기 진단시스템, 전력품질 진단시스템, 저압 누전·아크검출 진단시스템 등이 있으며, 그림 2.8은 전력설비의 온라인 진단시스템의 개념도를 보여주고 있다. 이 시스템은 인터넷을 통하여 진단센터에서 원거리에 위치한 각각의 설비에서 발생하는 이상유무를 실시간으로 감시할 수 있으며, 이상 신호 발생시 SMS 문자 메시지나 핸드폰을 통해 관리자 및 소유자에게 데이터를 제공하여 주는 서비스를 제공한다.

배전반 진단시스템은 건물에 설치되어 있는 폐쇄배전반의 안전을 감시하기 위하

여, 배전반 이상 시 발생되는 광대역의 전자파 신호를 고감도 안테나로 수신 및 처리하여 배전반 상태를 온라인으로 감시하는 장치이다. 즉, 폐쇄 배전반은 건축전기설비에서 아주 중요한 위치를 차지하는 설비이나, 폐쇄 배전반 내 전력기기의 노후화로 인한 불량, 각종 볼트의 체결력 이완 등에 의해 열화가 진행되고, 이로 인해 내부에서 미세 아크(Arc)가 발생되면, 최악의 경우 전력계통상의 치명적인 사고로까지 일으킬 수 있다. 이러한 사고를 미연에 방지하기위하여 배전반 내의 이상 유무를 부분 방전시 발생되는 전자파를 광대역센서를 이용하여 검출, 분석 및 모니터링 할 수 있는 배전반 원격 진단시스템이 개발, 보급되고 있다. 현재 보급되고 있는 배전반 진단시스템은 국내외 유일의 제품으로 P사에서 2001년 이후 생산되고 있다. 표 2.6은 배전반 진단시스템의 사양을 보여주고 있으며, 그림 2.9는 배전반 진단시스템의 모니터링 화면 및 실제 현장에 설치된 모습을 보여주고 있다. 그림 2.10은 제품 개발 업체에 대한 현장 방문시의 배전반 진단시스템 성능 시험장치의 모습을 보여주고 있다.

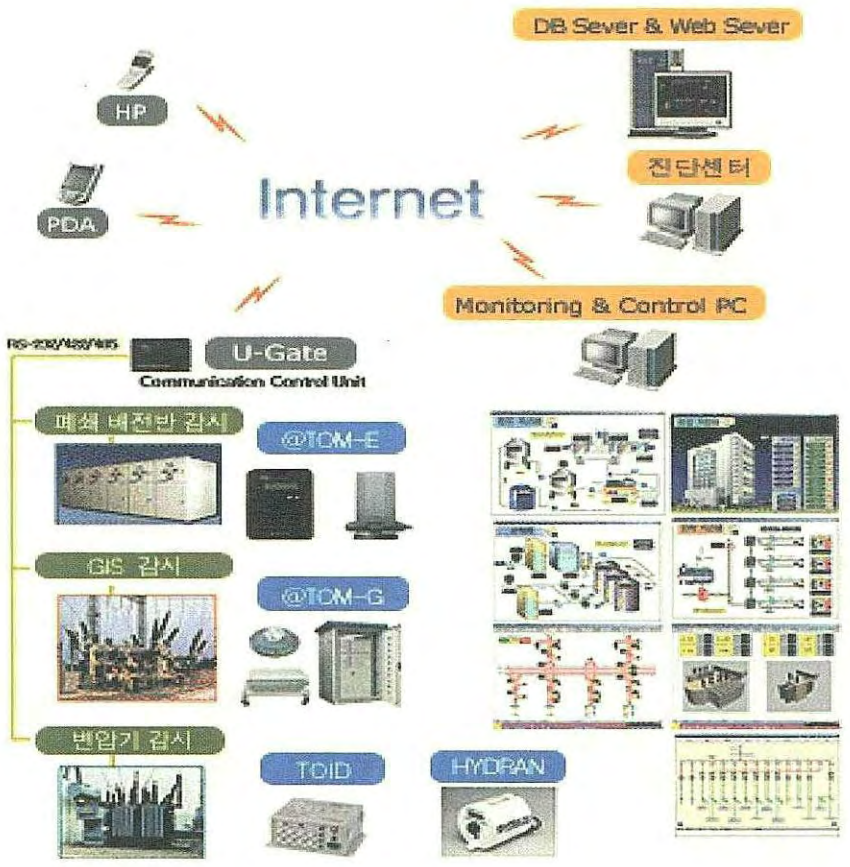


그림 2.8 전력설비의 온라인 진단시스템의 개념도(㈜피에스디테크 홈페이지)

표 2.6 배전반 진단시스템의 사양

구 분		내 용
제품명		@TOM-E / E-750-S1
센서부	형 태	지향형 Patch Antenna
	주파수 대역	300MHz ~ 750MHz (광대역센서)
분석부	수신 대역	400MHz ~ 800MHz
	증폭율	RF수신부 70dB, Analog부 : 10dB
	수신강도	-60dBm
	통신속도	9600bps
	통신방식	RS 485
	신호표시	· pps(Pulse Per Second) : 부분방전시 발생되는 전자파의 개수를 pps 단위로 측정 · dpC(Displacement Pico Coulomb) : 전자파 방전량을 dpC 단위로 측정
	출력방식	· RS 485통신 · Dry Contact · 4 ~ 20mA

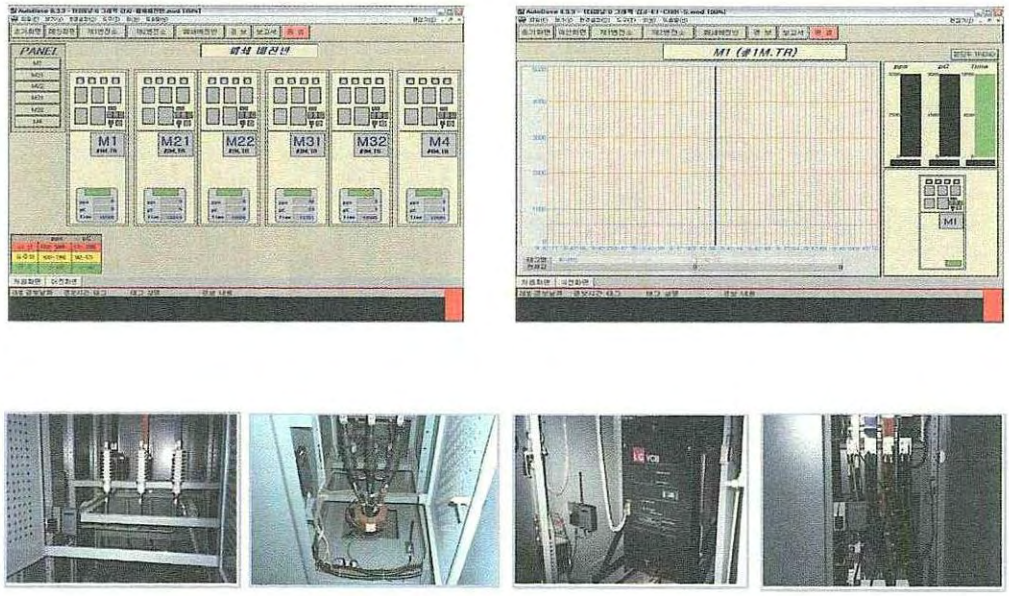


그림 2.9 배전반 진단시스템의 모니터링 화면 및 실제 현장에 설치된 모습

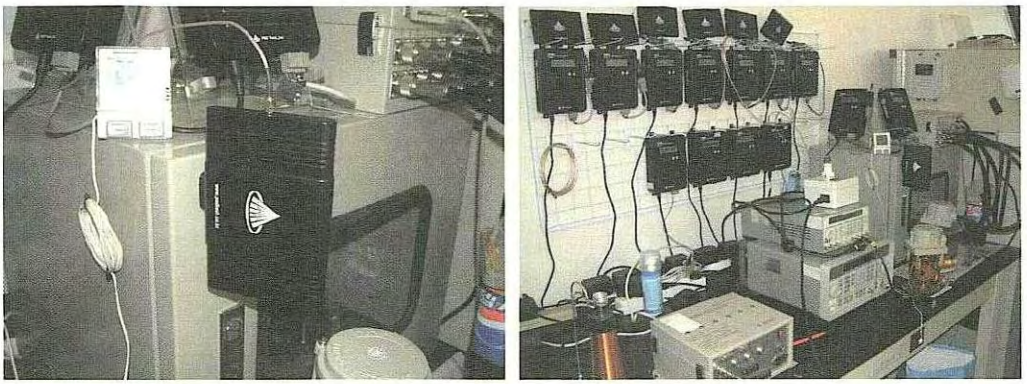


그림 2.10 배전반 진단시스템 성능 시험장치의 모습

한편, PCS 센서를 이용한 변압기 진단시스템이 있으며, 이 시스템은 변압기의 절연유 내 도전성 입자에 의한 미세전류 변화를 PCS센서로 측정, 절연유 열화상태를 온라인으로 진단 감시하여 사고를 미연에 방지할 수 있는 예방보전시스템이다. 활선상태에서 진단하며, 이상시 경보를 발생한다. 그림 2.11은 변압기 진단시스템의 개념도를 보여주고 있다.

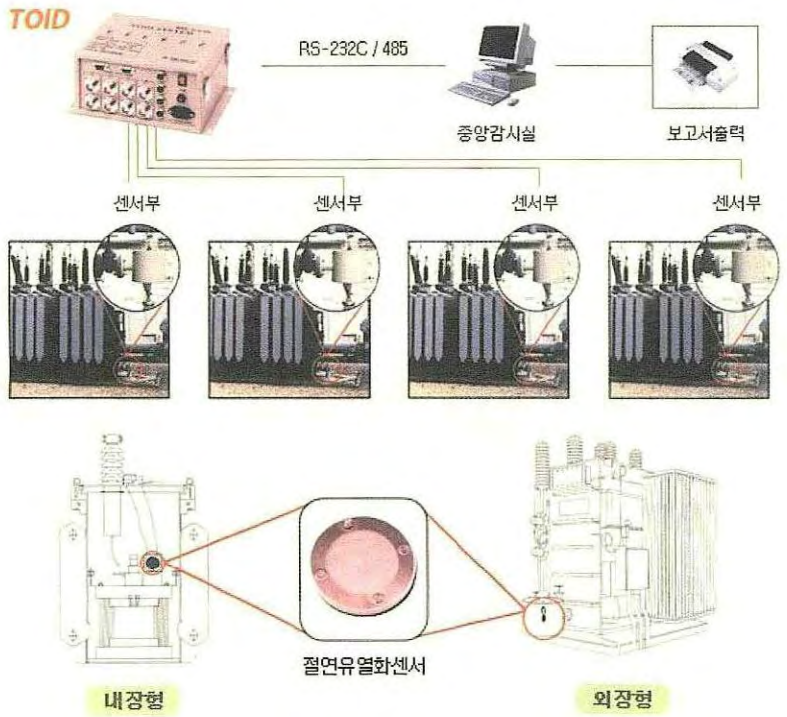


그림 2.11 변압기 진단시스템의 개념도(㈜피에스디테크 홈페이지)

또한, 전기화재의 원인이 되는 아크 발생검출과 차단을 목적으로 저압 누전·아크검출 진단시스템이 있다. 배전용 차단기보다 짧은 차단 시간으로 전기를 차단하여 화재를 예방한다. 현재 개발 완료된 상태이며, 검증단계에 있다. 그림 2.12는 저압 누전·아크검출 진단장치의 성능 시험 모습을 보여주고 있다.

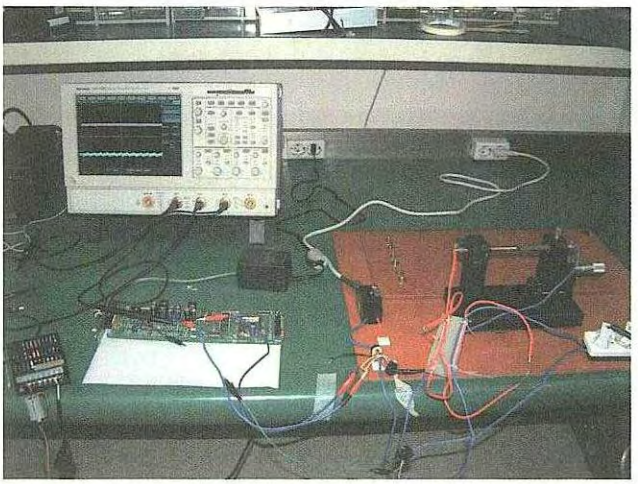


그림 2.12 저압 누전·아크검출 진단장치의 성능 시험 모습

3. 설비 관리 분야

국내에서도 최근 들어 건물시설 운영분야에 FMS가 도입되고 있다. 이러한 FMS의 도입목적은 표준화 및 프로세스 및 데이터의 공유를 통한 유지관리 업무 프로세스의 개선, 설비의 유지관리에 중앙감시체계 적용, 설비 유지관리 데이터의 실시간 업무 처리, 관련 업무의 체계화, 표준화 및 데이터베이스 구축을 통한 유지관리 업무의 노하우를 체계화하는 것이다. FMS의 주요기능으로는 장비(설비)관리(사고예방과 수명연장을 통한 유지비용 절감을 위한 체계적인 이력관리), 에너지관리(에너지의 사용과 관련된 데이터베이스의 취합 및 지표의 관리), 작업관리(업무 표준화, 작업계획 수립, 작업의 기록과 보관 및 관리를 통한 통합된 설비관리 업무 프로세스 및 데이터의 관리), 모바일을 이용한 유지관리 업무 프로세스 개선, 기타(문서관리, 도면관리, 건물정보의 관리, 자재의 수급 및 재고관리) 등이 있다. 표 2.7은 FMS의 주요 기능을 나타내고 있다.

그러나 이와 같은 FMS는 주로 업무 및 관리 프로세스의 효율적 수행을 지원하기 위한 것으로, 설비의 유지관리 업무체계의 개선에는 바로 활용될 수 있는 측면

도 있으나, 설비 및 시스템 자체의 성능이나 고장의 진단 그리고 설비의 유지관리를 위한 세부적인 지침과는 거리가 있는 것으로 생각된다. 또한 앞에서 기술한 바와 같이 설비의 노후도 예측을 통한 효과적인 유지관리를 위해서는 생애주기비용 분석을 기반으로 하는 분석기법과 아울러 무엇보다도 이들을 지원하기 위한 유지관리기준의 정비 등 관련 제도의 개선이 필요한 것으로 판단된다. 국내에서 구축되고 있는 FMS 도입사례를 살펴보면 다음과 같다.

표 2.7 FMS의 주요기능

기능	내용	기능	내용
건물정보관리	- 건물정보관리 - 층정보관리 - 위치정보관리	업체관리	- 업체기본정보 - 업체현황관리 - 계약정보관리 - 업체평가관리
작업관리	- 작업표준관리 - 작업계획관리 - 작업요청관리 - 작업지시관리 - 작업결과관리 - 작업현황관리	모바일관리	- 사용자관리 - 작업관리 - 예방점검
자재 구매관리	- 자재계층관리 - 자재내역관리 - 자재청구관리 - 자재발주관리	분석정보관리	- 운영분석현황 - 시설운영현황
도면관리	- 분류코드관리 - Revision관리 - 도면등록관리 - 도면검색관리 - 도면출력관리	기준정보관리	- 공통코드관리 - 사용자권한관리 - 작업자관리
시각정보 인터페이스	- 시각정보시스템 연계	에너지관리	- 에너지관리시스템 연계
IBS 연동	- 기계설비연동 - 조명제어연동 - 전력감시연동	장비관리	- 장비계층관리 - 장비정보관리 - 장비이력관리

가. KT-MOS의 FMS 구축 사례

KT-MOS는 건물, 공장, 산업 및 사회기반 설비 등에 MOS 솔루션을 설치, 인터넷을 기반으로 MOS 관제센터에서 24시간 실시간 감시 및 제어, 긴급출동, 정기점검 서비스를 유비쿼터스 기반의 통합 시설관리 솔루션을 통하여 제공하고 있다. 관제 대상에 대해 각 건물 내의 고객 시스템과 중앙 관제센터의 24시간 실시간 모니터링을 통해 감시 제어를 한다. 이상상황 발생 시에는 통합 관제 센터에서 직접 원격제어를 하거나 해당 순회 패트롤팀이 투입되어 신속히 조치하고 이에 대한 데이터베이스를 분석하여 향후 유지관리에 유사 문제 발생이 없도록 예방점검에 활용한다. 각각의 사이트 별로 수집된 데이터베이스는 각 전문가 그룹에서 인터넷의 인증된 경로를 통해 다운받아 분석, 판단한 보고서를 토대로 통합 관제 센터에서 설비를 유지보수 관리한다.

KT-MOS의 FMS 시스템은 단위건물에 personalSCADA라는 프로그램을 설치하여 연속 모니터링 기능을 통해 알람을 감시하고, 주차관제 시스템, 홈오토메이션 시스템, 전력/조명 시스템, 방재 시스템, 빌딩 자동화 시스템, 원격검침 시스템, CCTV 시스템 등의 여러 하위 시스템의 주요 정보를 수집, 제어 한다. 단위 건물에 설치된 각 시스템은 해당 시스템 인터페이스 게이트웨이를 통해 personalSCADA와 통합된다. 이 응용 프로그램을 통해 수집된 데이터를 통합 관제 센터에서 필요한 실시간 데이터 및 분석 데이터가 전송되어 전문가 그룹의 관리를 받는다.

현재 KT-MOS의 시스템은 고가격의 FMS 솔루션을 저렴한 비용으로 시설물 관리 운용할 수 있는 ASP(Application Service Provider) 서비스를 제공한다. 또한 KT-MOS는 통합 군관리 시스템 적용 시 단위 건물로부터 통합관제센터로의 데이터 전송을 공공기관은 KT 전용망을 사용하고, 민간 부문에서는 인터넷을 이용, KT의 다양한 네트워크 인프라를 활용하여 비교적 비용이 저렴하고 통신상의 제약이 적으며 보안의 문제 등도 보장 될 수 있다. 최근에는 도면 공간 위치추적 기술을 개발하여 건물 내 GIS-CAD와 연동이 가능하고, 이 기술을 통해 설비의 고장 또는 이상 현상의 위치를 찾을 수 있다. 하지만 지금 현재 일반 시중에 사용하기는 시스템이 매우 고가이다. KT-MOS의 가장 대표적인 사례로는 주상복합건물 아크로비스타를 들 수 있고, 지역별 민간 건물들의 관리 확대와 전기·기계 관리는 물론 소방 방재와 공용시설·주차관리 등의 서비스로 아파트 분야 진출을 도모하고 있다. 그림 2.13은 KT-MOS의 FMS 시스템에서 제공하는 서비스 내역을 나타낸 것이고 그림 2.14는 현재 KT-MOS의 시스템 운영 체계를 도시한 것이다.

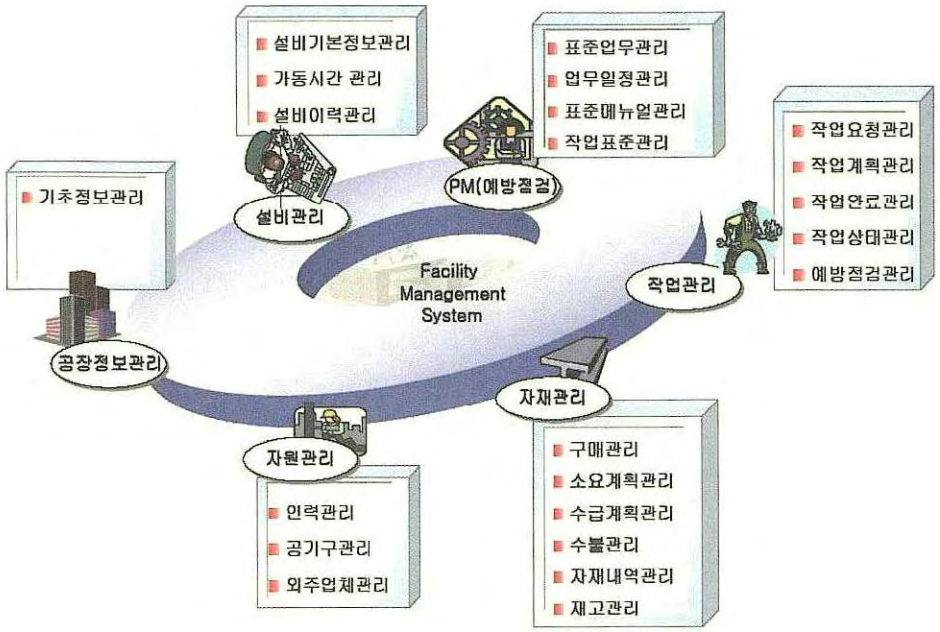


그림 2.13 KT-MOS의 FMS 서비스 기능

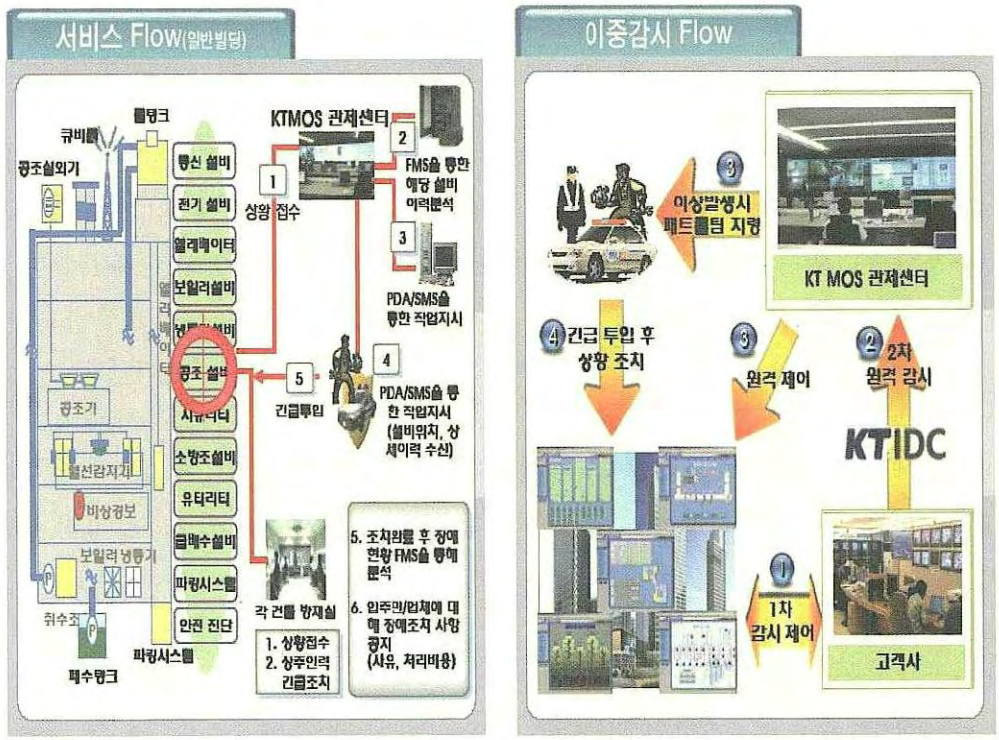


그림 2.14 KT-MOS 시스템 구성안

나. 삼성 TESCO의 FMS 구축 사례

전국의 홈플러스 점포를 통합하는 시설운영 군관리 사업으로 웹기반의 센터운영 시스템, 점포운영시스템, 협력업체시스템으로 구분되어져 있으며 주용 기능으로는 장비 관리, 작업관리, 예방관리, 에너지 관리, 통합 구매 관리, 자재관리, 비용관리 등으로 구성되어 있다. 'KM-1' 이라는 군관리 통합센터를 운영하여 시설운영의 전문가 집단인 순회점검반을 운영하고, 시설물 정보 분석을 통한 DB 구축 및 업무 체계화, 표준화로 불필요한 업무수행을 방지한다. 점포의 상주인력은 최소화 하여 총 31개 지점에서 관리인원이 약 40% 절감되고, Mobile 서비스를 통한 실시간 업무처리가 가능하다. 또한 자재통합구매로 인한 비용절감 효과와 사무 자동화로 PDA 바코드 스캐너 사용으로 paperless work order 시스템 구현이 가능하다. 뿐만 아니라 주변 자동화 장비와의 인터페이스로 데이터 집계 및 분석이 용이하고 MIS, ERP 시스템과의 인터페이스로 재무·자재 등의 중복 데이터 처리를 방지할 수 있다. 점포 내에 설치되어 있는 BAS 시스템과 연계하여 통합감시, 소방, E/L, 기계설비, 전력 등의 비상경보, 알람 및 상태확인, 원격제어가 지원 된다. 그림 2.15는 삼성 TESCO에서 제공하는 FMS 서비스 내역을 나타낸 것이고 그림 2.16은 현재 KT-MOS의 시스템 운영 체계를 나타낸 것이다.

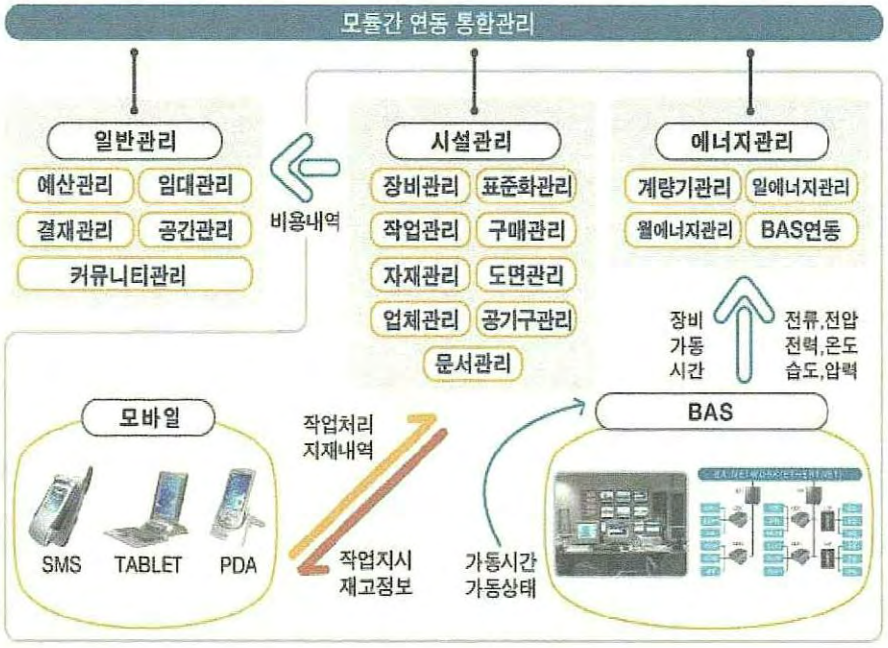


그림 2.15 삼성 TESCO의 FMS 서비스 기능

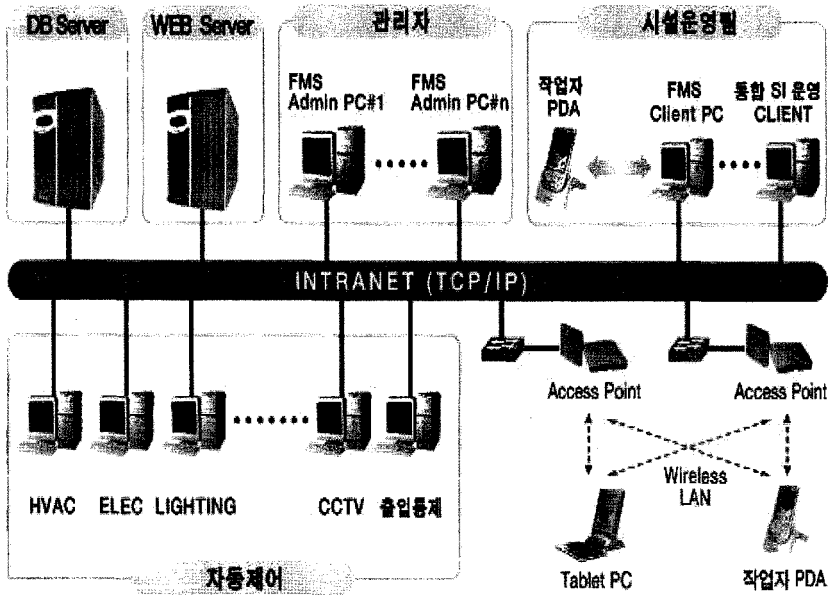


그림 2.16 삼성 TESCO의 시스템 구성안

다. 한국 무역 협회의 FMS 구축 사례

COEX와 ASEM은 국내 최대 규모의 종합 단지로서 연면적 약 17만평으로, 전시장과 컨벤션 센터, 그리고 ASEM 타워, COEX Mall등이 복합되어 있다. 이러한 방대한 시스템에 각종 설비기기 및 시스템이 점차 증가하고 있기 때문에 관리 업무를 위한 FMS의 도입이 필요하다. 무역협회 시스템 역시 삼성 TESCO와 KT-MOS의 서비스와 같이 장비 관리, 작업관리, 예방관리, 에너지 관리, 통합 구매 관리 등의 기능으로 표준 업무 프로세스 구축, 관리 업무 생산성 향상 및 업무 효율화, BAS 시스템과 상호 연동하여 업무처리 효율성 극대화, 유지관리 비용 절감, 종합적인 경경 정보 제공 등의 효과를 기대한다. 하지만 주로 자재·재고 관리, 인력관리 위주의 삼성 TESCO 시스템과 달리 무역협회 시스템은 시설 관리의 자동화를 통해서 설비 운전 효율 증대로 인한 에너지 사용의 절감을 목표로 한 FMS 시스템을 구축하였다. 따라서 FMS와 BAS 연동이 필수적 사항이 되었다. COEX/ASEM은 ASEM 타워용 BAS 망과 전시 컨벤션 센터의 BAS 망이 따로 나누어져 있으며, 여기에 조명, 엘리베이터, 원격검침, 주차, 소방, 출입보안 등의 다양한 시스템이 구축되어 있다. 그러나 COEX/ASEM FMS 에서는 이중에서 시설 관리 기능과 에너지 관리의 관점에서 설비/전력과 조명, 엘리베이터, 원격검침 시스템에 대하여 데이터를 수집하도록 구성되어있다. 그림 2.17은 COEX/ASEM의 자동제어와 FMS

시스템이 연계되어 운영되는 네트워크 구성도를 나타낸 것이고, 그림 2.18은 무역협회 FMS 시스템 기능 흐름도를 나타낸 것이다.

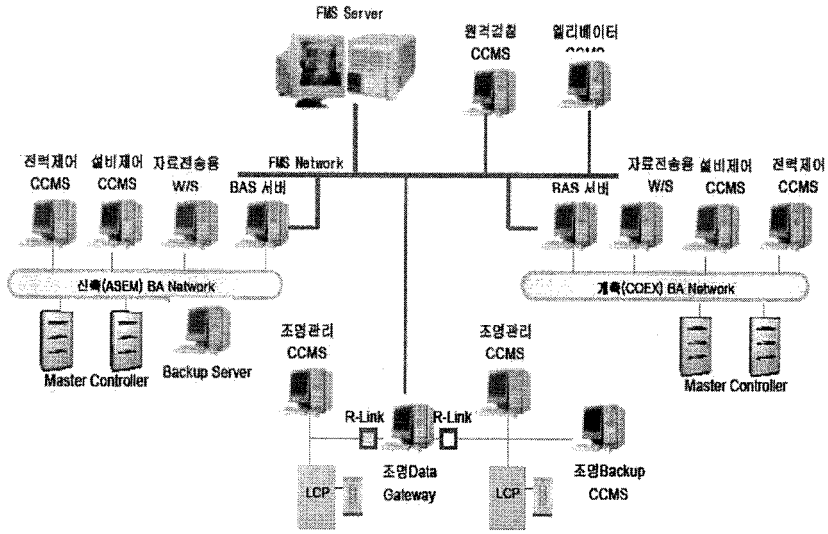


그림 2.17 COEX/ASEM의 자동제어 및 FMS 네트워크 구성도

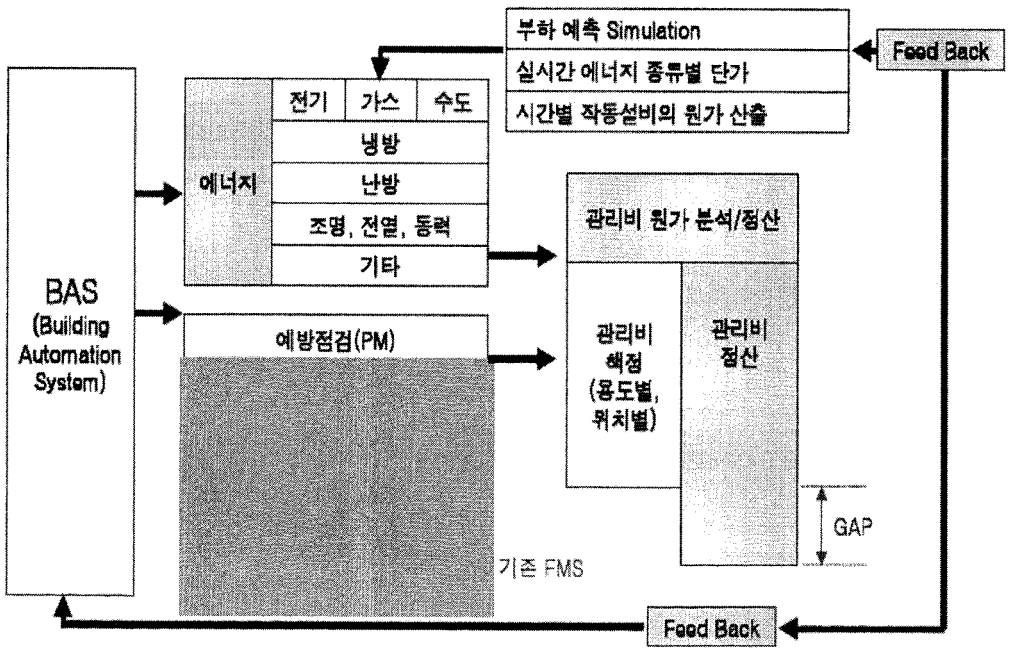


그림 2.18 무역협회 FMS 시스템 기능 흐름도

여 백

제 3 장 건축기전설비의 성능 및 열화진단 방안

제 1 절 개 요

1. 건축설비의 분류

건축기계설비는 건축물, 플랜트 등의 시설물에 급배수, 공기조화, 냉난방, 전기자동제어, 소화가스 등의 기기와 장치를 설치하여 배관 및 덕트를 조화시킴으로써 인간의 생활과 생산 활동을 최적상태로 제어 유지시키는 시스템이다. 이는 크게 위생설비와 공기조화설비로 분류할 수 있다. 각각의 기계설비 항목에 대한 분류는 그림 3.1에 나타내었다.

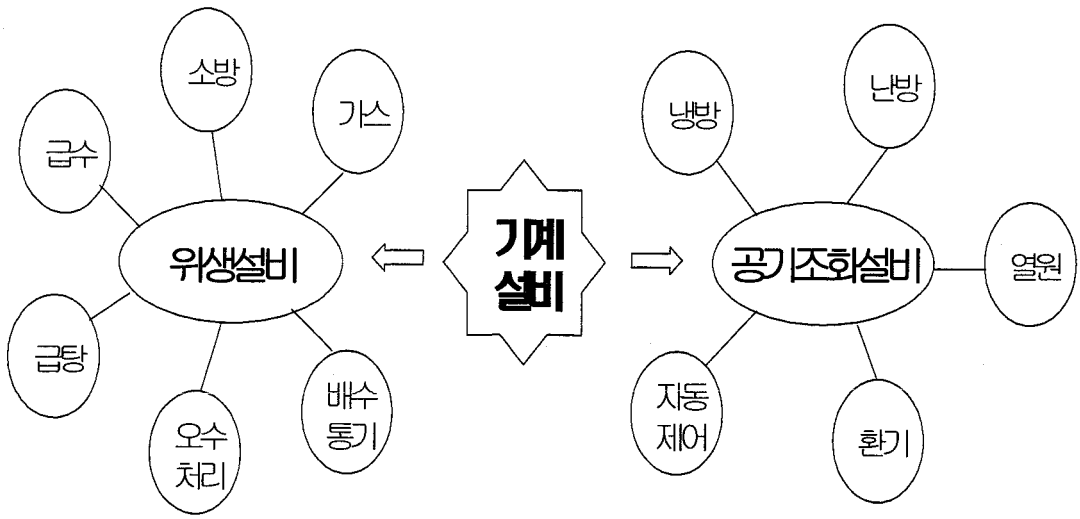


그림 3.1 기계설비의 분류

가. 위생 설비

위생설비는 건물내의 거주자들에게 보건위생편의 시설로서 물을 공급하고 배수하는 설비이다. 이는 건물 내부 설비와 건물 외부 설비로 나뉘고 또는 급수 설비, 급탕 설비, 배수 및 통기 설비, 오수처리 설비, 가스 설비, 소방 설비 등으로 구분된다.

(1) 급수설비

물은 인간의 생활에 잠시도 분리되어 생각할 수 없는 필요 불가결한 것으로 모든 물은 깨끗한 수질을 필요로 한다. 현대 사회는 인구의 도시 집중 현상과 공업의 발달로 수질 오염을 가속화하고 있으며 따라서 양질의 수원을 확보하는 것이 정책적인 문제로 대두되고 있는 실정이다. 우리가 사용하기 위한 물은 지하수 또는 강을 막은 자연수 등에서 공급받아 사용목적에 알맞게 정수 된다. 그 과정은 침전, 여과, 살균 등의 과정을 거치고 각 펌프장을 통해 각 가정, 빌딩, 공장 등에 급수된다. 여기서는 수원지에서 수도의 본관, 건물, 공장의 외부 및 내부에 물을 공급하는 배관 및 부속 설비를 급수 설비라 한다.

(2) 배수 및 통기 설비

이 설비는 배수 및 통기 계통에 관련된 설비로서 오수, 일반 잡·배수, 빗물 등과 불필요한 폐 액체 또는 오염된 액체를 인체에 해를 주지 않고 위생적으로 배제할 수 있게 하는 설비를 말한다.

(3) 위생기구 설비

주택 및 각종 건물의 주방, 화장실, 목욕탕, 샤워장 등에서 사용하는 위생기구들의 설비를 말하며, 그 설비에 사용되는 기구들의 종류에는 세면기, 욕조, 싱크, 샤워기, 음수기, 소변기, 비데, 대변기, 기타 위생기구와 이러한 기구들의 부속 설비 등을 포함하고 있다.

(4) 오수처리 설비

오수 배수 설비의 한 계통으로서 오수를 정화 처리하는 설비이다. 이 설비의 주 목적은 하천의 오염을 방지하는데 있으며, 그 종류에는 단독 처리 설비와 집단 처리 시설, 종말 처리장 설비가 있다.

(5) 급탕 설비

급수 설비는 상수도나 우물물을 정수 처리하여 각 기구까지 공급하는 것을 말하지만 이 설비는 급수 설비에서 공급되는 물을 다른 기구의 설비를 이용하여 직접 가열하거나 간접 가열하여 만들어진 온수를 싱크, 세면기, 샤워, 욕조 및 급탕 필요 산업설비 등에 공급하는 설비를 말한다.

(6) 소화설비

건물 내부 및 외부에 화재가 발생했을 때 불을 소화할 수 있는 설비로서, 그 종류는 매우 다양하고 복잡하며 여기서는 소화전 설비, 스프링쿨러 설비, 탄산가스 소화 설비, 포화 소화 설비, 분말 소화 설비, 물 분무 소화 설비 등으로 나눌 수 있다.

(7) 가스 설비

가스설비란 LPG용기에서 고압의 가스가 압력조정기, 배관, 가스계량기, 호스, 퓨즈콕(중간밸브)을 통하여 가스가 공급되는 것으로서, 연소기가 파란 불꽃을 내면서 완전연소 하도록 부착되는 각종 부속품 및 기기를 총칭해서 가스 설비라고 한다.

나. 공기조화설비

공기조화설비는 실내의 온도, 습도 , 기류, 청정도 등을 조절하여 실내의 사용 목적에 맞게 쾌적한 환경을 유지하는 것이다. 이는 크게 열원설비, 공기조화기기, 환기설비, 자동제어설비로 분류할 수 있다.

(1) 열원설비

열원이란 공기조화기, 팬코일 유니트, 라디에이터 등의 공조용 기기에 냉수, 온수, 증기 등을 공급하여 실내공간에 가열, 냉각, 가습, 감습 등의 환경변화를 주는 에너지원을 말하며, 열원설비란 이 냉수, 온수, 증기를 만드는 기계로써 전기, 석유, 가스 등을 연료로 사용한다.

(2) 공기조화기기

공기조화기란 실내공간의 냉·난방을 할 때, 공기의 온습도를 조절하는 기기이다. 공기조화기기는 중앙기계실에서 냉동기와 보일러 등의 열원장치로부터 냉수, 온수, 증기 등을 공급 받아서 공기의 온습도를 조절하는 기기를 말하나, 룸 에어컨 등은 자체에 냉동 사이클이 내장되어 있는 기기이지만 소형이므로 공기조화기기의 부류로 다루어진다.

(3) 환기설비

환기란 자연 또는 기계적인 수단에 의하여 실내공기와 외기를 바꿔주는 것을 말하며, 실내공기의 정화, 열의 제거, 산소의 공급, 수증기의 제거 등을 목적으로 한다. 이를 위한 설비가 환기설비이다. 환기설비는 자연적 또는 기계적인 방법에 의

해 실내에 외부의 신선한 공기를 급기하는 동시에 실내의 혼탁한 공기를 배기함으로써 재실자의 건강과 쾌적함을 유지하여 작업능율과 생산성을 높여주는 역할을 한다.

(4) 자동제어설비

건물이 대형화되고 기능이 복잡화됨으로서 건물의 설비시스템도 다양, 복잡, 세분화되고 있다. 이러한 설비시스템의 운전, 작동을 인력으로 처리하기에는 그 한계를 넘어섰다. 건물 내의 모든 설비시스템을 집중적으로 통제, 감시, 기동, 정지하며 데이터의 수집분석을 통하여 새로운 운전조건의 설정이나 변경을 자동적으로 하는 설비를 자동제어설비 라고 한다.

건물의 공기조화설비, 위생설비, 전기설비, 방재설비 및 승강기 설비 등 에너지 사용설비를 자동으로 감시 제어하는 자동제어설비는 최소의 관리인원으로 건물의 쾌적한 환경을 구성할 뿐만 아니라, 건물내 거주자에게 안전함과 재해를 예방하여 주며 에너지 이용효율을 향상시키므로 에너지 절약의 극대화를 도모할 수 있다.

건축설비는 Environmental Control System 이라고 표현되듯이 실내·외의 환경이 인간과 기타 물체에 적합해지도록 인위적으로 또는 자연적으로 조절되도록 하는 장치이다. 인간의 실내 생활환경과 건축물의 기능을 향상시키고, 인체의 위생·건강을 유지하기 위하여 앞에서 언급한 모든 건축 설비는 중요하다.

2. 국내 기계설비 유지관리의 문제점 및 대책

건축기술의 발달로 인해 성능에 대한 요구수준이 점차 고도화되면서 건축물에는 건축기계설비의 용량이 대형화 되고 에너지 절약화를 비롯하여 방재기능, 내진기능 등 다양한 용도에 대응하기 위하여 자동화나 전자제어에 의한 고도화 복잡화로 발전하고 있다. 이 때문에 '그 성능을 어떻게 효율적으로 유지관리를 해나가는가'가 중요시되고 있다.

일반적으로 건축물의 내용연수는 50~60년 정도로 생각하고 있는 반면에 건축기계설비는 각자가 가지고 있는 수명이 있어서 작동에 따른 마모나 부식 등의 물리적인 동작에 의해 기능을 유지하고 있으므로 시간의 경과에 따라 열화현상이 진행되어 성능의 저하가 발생된다. 이러한 성능의 저하는 불필요한 에너지 소모를 부추이고 시스템 수명 감소와 나아가 시스템을 파괴시킨다. 따라서 고도로 근대화된 설비에 있어서는 유지관리의 효과적인 운용에 의해 수리비의 감소와 내용수명 연장에 의한 유지관리비의 절감을 꾀하고 아울러 열원설비의 성능저하에 대한 불필요

한 에너지 손실을 방지하여 연료비 절감 효과를 기대할 수 있으므로 적절한 설비의 유지관리는 상당한 효과의 경제성을 가진다.

하지만 현재 대부분의 건축설비 유지·관리는 단순히 눈으로 점검하고 점검표의 항목에 기입하는 수준으로 대다수의 건축설비시스템에서 이루어지고 있다. 이런 결과로 인해 건축설비가 고장을 일으켜 기능이 완전히 정지(Break Down) 되어야지만 보수 혹은 교체가 이루어지는 실정이다. 따라서 건축설비의 고장중의 운전으로 인한 성능의 저하와 과도한 운전비, 고장 설비의 교체시기를 제대로 파악하지 못해 발생되는 교체비용이 따르게 된다. 이를 개선하기 위해서는 현재 주로 실행중인 정기적 육안검사뿐 아니라 계측장비 등을 이용하여 실시간으로 설비의 상태를 진단할 수 있는 건축기계설비의 성능, 고장·열화 진단 시스템을 구축하여 운전 중인 건축설비 기기들이 완전히 정지되기 전에 미리 고장을 검출할 수 있도록 유지관리에 활용되어야 한다.

제 2 절 건축기계설비의 성능 및 열화진단 방안

1. 개 요

건축기계설비의 성능, 고장·열화 진단 기법은 첫 번째로, 외부의 스트레스 즉, 고장의 원인이 되는 요소를 검출해내는 방법이 있고, 두 번째로 고장 및 열화가 진행되었을 때의 상태를 검출해내는 방법이 있고, 세 번째로 대상 기기의 운전을 진행해 나가면서 성능의 저하가 발생되는 것을 검출하는 방법이 있다. 다음 단계로 종합적인 진단의 방법으로 성능의 저하를 검출하여 기기의 수명을 예측하고 수리 방법 및 개선방안에 대해서 결정하는 방법으로 고장·성능진단을 실행할 수 있다. 진단을 실시하기 위해서는 설비의 분류화 작업이 먼저 이루어 져야 하고 분류된 설비 요소들에 대한 고장검출기술, 신호처리 기술, 고장 식별 기술 등의 개발이 이루어 져야 한다. 그림 3.2는 건축 기계설비 진단기술의 개념도를 보여주고 있다.

가. 용어정의

(1) PDS(Performance Diagnosis System)

⇒ 성능진단 시스템으로 표현되며 다음의 두 가지 단계로 분류된다.

(가) 성능 측정

대상설비의 현재 상태를 모니터링 하여 설비의 성능을 정량적으로 표현 하여 줄 수 있도록 하는 과정.

(나) 성능 진단

정량적인 상태값으로 표현되는 성능을 진단기법(알고리즘)을 이용하여 설비 요소들의 세부적인 상태에 대한 진단이 가능하도록 하는 과정.

(2) FDD(Fault Detection and Diagnosis System)

⇒ 고장검출 및 진단 시스템으로 표현되며 다음의 두 가지 단계로 분류된다.

(가) 고장 검출

대상 시스템의 고장이 진행되고 있는 상태를 검출하는 단계.

(나) 고장 진단

대상 시스템의 고장 원인 및 부위를 찾아내는 단계.

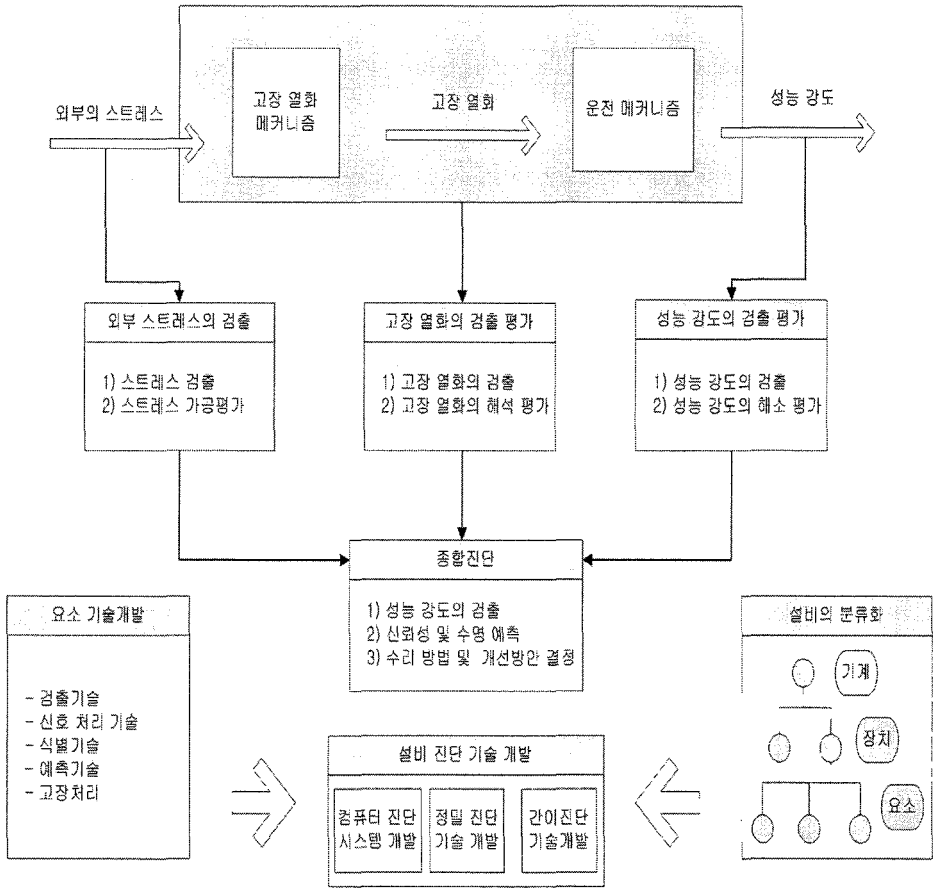


그림 3.2 건축 기계설비 진단기술의 개념도

2. 회전기기의 진단 기술

가. 개요

현재 건축 기계설비 분야에 있어서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것은 팬, 모터, 펌프 등의 회전기기이다. 회전기기는 발전플랜트 등의 산업현장에서 가장 광범위하게 사용되고 설비가 대형화, 고출력화 됨에 따라 이상이 발생할 경우 즉각적인 고장원인의 추정과 그에 대한 대응책이 요구되어진다. 일반적으로 회전기기는 초기 고장시기를 지나 운전 시작 후 대략 5년 정도 경과하면 절연 열화로 인한 돌발사

고의 가능성이 높아지고, 고압 회전기기의 경우 열적, 전기적, 기계적, 환경적인 모든 요인과 가동 빈도 등에 의한 운전 조건이 서로 복합적으로 작용하여 노후화가 진행 되고 가속되는 특성을 가지고 있다. 따라서 모든 환경과 운전 조건을 감안하여 계획에 따라 체계적인 대책을 세우고 정기적인 점검, 진단 및 수리보강을 통해 노후화를 억제하여 사고를 방지해야 한다.

국내 발전소, 산업기계설비, 플랜트 등에서 압축기, 모터, 펌프, 터빈, 발전기 등 회전기계에 대한 감시 및 진단기술은 오래 전부터 꾸준히 발전되어 왔으나, 최근 이들 회전기계의 고성능 고속화로 인하여 더욱 더 정밀한 설계기술과 엄격한 운전 조건이 필요할 뿐만 아니라 산업 현장에서 더욱 더 안전하고 효과적인 운전을 위하여 감시 및 진단 시스템의 수요가 증가하고 있는 실정이다. 하지만 대부분의 이들 감시 및 진단 기술은 외국에 의존하고 있다. 따라서 이러한 기술의 대외 의존을 탈피하고 독자적인 기술을 확보하고자 회전기계의 결함 탐지와 예측진단을 위한 기술 및 프로그램의 개발이 요구되고 있다.

나. 진단 방법의 종류 및 특징

고장 진단 방법은 진동 분석법, 윤활 분석법, 열화상 분석법 등 여러 가지 방법들이 적용되고 있으나 전동기, 펌프, 휀, 발전기 등 회전기계의 이상 검출로는 진동신호가 기계의 동적 정보를 가지고 있으므로 진동분석법에 의한 진단이 가장 널리 활용되고 있다.

그림 3.3은 회전기기의 진동신호 측정을 통한 진단 흐름도를 나타낸 것으로 대상기기의 초기상태에서 진동신호 수집 하드웨어를 통해서 진동신호가 입력이 되면 대상기기의 진동신호가 PC 등을 통해서 모니터링 되고 이 모니터링 된 진동신호를 바탕으로 FFT(주파수 분석장치)를 통해서 대상기기의 진단을 시행한다. 진단의 방법에는 일반진단과 상세진단으로 구분되어지고 일반 진단은 기계 전체의 진동을 측정하고 기계의 상태에 대해서 판정하는 방법이고 상세진단의 경우는 대상기기의 세부요소들의 데이터베이스를 바탕으로 측정된 주파수와의 비교를 통해서 고장 발생이나 성능저하시의 주파수의 변화를 비교를 통해 판정할 수 있는 방법이다.

이는 크게 세 가지로 진동 신호 측정을 통한 주파수를 이용한 방법, ISO진동 기준 적용을 통한 상태진단 방법, 사례기반의 바탕을 전제로 한 고장 추론 시스템으로 분류할 수 있다. 표 3.1은 회전기기의 진동 측정에 의한 주파수 분석 방법을 기초로 한 진단이론을 정리해 놓은 것이다.

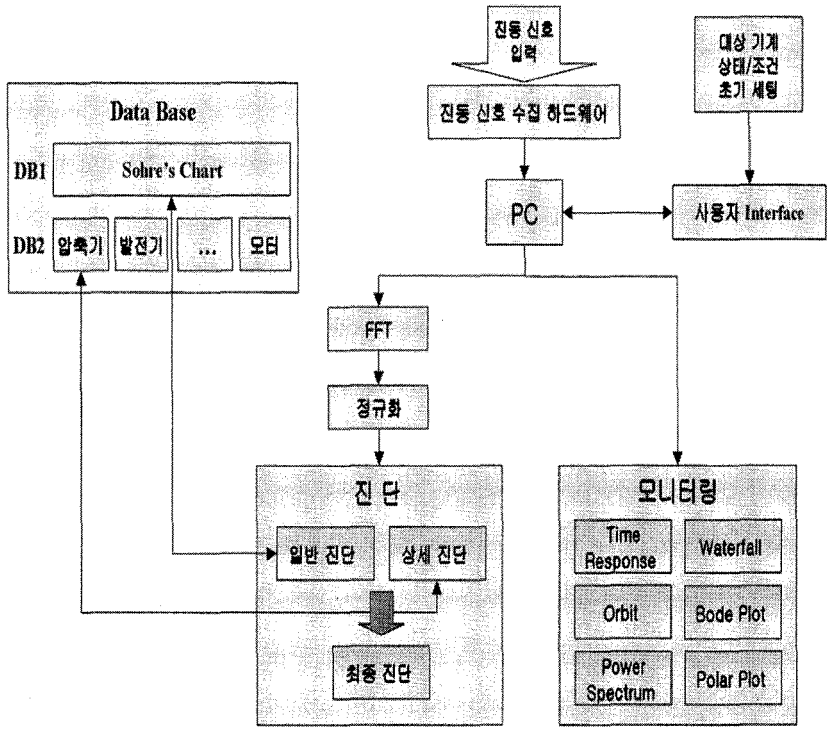


그림 3.3 진동 신호 측정에 의한 기계설비의 진단 흐름도

(1) 진동신호 측정을 통한 주파수 분석 방법

진동 측정에 의한 진동 분석 방법 중에서 FFT를 이용한 주파수 스팩트럼 분석 방식을 많이 적용하고 있다. 진동분석 방법에는 Kutorsis, Envelope Technique, FFT, Cepstrum, Cres-Factor등이 있으며, 이 방법에 의한 회전체의 상태 진단 및 모니터링이 많이 연구되고 있다. 이 방법은 진동 신호로부터 축차적으로 일정 기간 내의 주파수 스팩트럼 분포 형태를 분석하여 베어링의 상태에 대한 정보를 얻어 회전체의 상태를 진단하는 가장 일반적인 기법이다.

그러나 이 방법은 복잡한 작업 환경에서 나타나는 회전기 고장 상태에 대한 신뢰성 있는 정보를 얻기는 대단히 어렵다. 따라서 진동신호를 노이즈신호에 강인하고 시간축상에서 실시한 분석이 가능한 웨이브렛 변환을 회전기 베어링의 고장에 대한 정보를 얻는데 이용하고 있다.

(2) 진동레벨에 따라 판정하는 방법

진동레벨과 비교하여 현재의 상태가 양호한 것인가 불량한 것인가를 단순하게 판정하는데 이용되는 방법이다. 진동 기준표에 제시되어 있는 정밀 진단의 경우 주

파수의 분석을 실시하고 기기 요소별로 구축되어 있는 데이터베이스를 바탕으로 하여 고장 및 성능에 대한 진단을 실시한다.

표 3.1 회전기기의 진동 측정에 의한 주파수 분석 방법

진단 이론	대상 설비	진단 항목	진단원리	비고
진동신호 측정을 통한 주파수 분석 방법	펌프 모터	축 베아링	진동신호의 측정을 통한 주파수 분석	고장발생 부위의 특정 주파수 검출을 통한 고장검출
ISO 진동기준 적용을 통한 상태진단 방법	모터 펌프	축 베아링	진동신호 레벨의 측정	단순 진동신호 표에 의한 판정이므로 세부적인 기기의 상태에 대한 판정이 불가능
사례기반 바탕의 고장 추론 시스템	전동기 압축기	커플링 축 베아링	과거의 문제를 해결하기 위해 사용했던 경험을 바탕으로 문제해결	이전의 사례의 대한 데이터베이스의 구성 및 데이터의 신뢰성 문제
기타	윤활유(油)분석을 통한 고장진단			

(3) 사례기반 바탕의 고장 추론 시스템

과거의 문제를 해결하기 위해 사용했던 데이터베이스를 구성하여 그 자료를 가지고 진단하는 시스템이다. 이러한 방법은 웹을 이용하여 쉽게 접속할 수 있는 인터넷을 통해 현장에서도 실시간에 전문가 진단사례를 검색할 수 있다. 아래 그림은 실제로 개발된 사례베이스의 개략적인 흐름도로서 현장에서 동시 다발적으로 발생하는 진동문제에 대해 사용자가 사례베이스 중앙 처리센터에 접속하면 항상 최신의 사례 데이터와 해결책을 제공하게 된다.(그림 3.4 참조)

사례베이스 시스템은 미국, 일본, 우리나라에서 발생되었던 220여개의 회전기계 관련 이상 진동 진단사례를 기계별, 현상별, 진동발생 부위별로 엄밀히 분류하여 사용자가 알고 있는 정보를 입력하여 발생되는 현상에 좀 더 유동적으로 대처할 수 있다. 현재 시스템으로는 기존의 전문가가 수행했던 결과만을 검색할 수 있으나, 향우 연구될 CBR기능의 추가로 현재 진행중인 진동현상의 몇몇 정보만으로 전문가의 진단사례에 준하는 조작된 사례를 출력시키는 강력한 시스템을 구축할 예정이다.

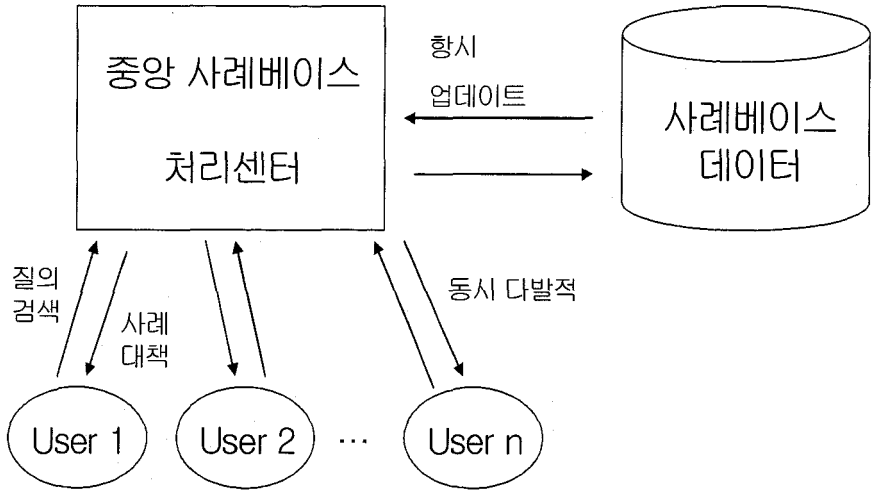


그림 3.4 사례베이스의 개략적인 흐름도

다. 기기별 진단 방법

(1) 펌프

펌프는 전동기 부분과 펌프부분으로 나누어지며 기계부와 전기부를 포함하는 복합적인 기계요소이다. 전동기의 과부하, 펌프 베어링의 과열, 진동과 소음, 펌프의 누수 등 많은 고장이 나타난다. 따라서 기계시스템의 고장진단을 연구해야 하는 대표적인 회전기기이다.

(가) 펌프 성능 진단

(a) 유량 측정

① 센서 부착 위치는 엘보같은 방향 전환이나 와류가 생기는 곳으로부터 최소한 배관 직경의 5배 이상의 하류 쪽이나 2배 이상의 상류 쪽에서 행하여져야 한다.

② 배관 표면에서 초음파 유량계로 유속 또는 유량을 측정한다.

(b) 양정 측정

① 펌프의 정지 시 정지 수두압을 측정한다.

② 펌프를 가동하여 펌프에 설치된 흡입 및 토출 압력계로 펌프의 흡입 및 토출 압력을 측정한다.

③ 펌프를 가동하여 토출측 밸브를 닫고 전체 수두압을 측정한다.

④ 펌프의 흡입 및 토출측의 압력으로 펌프의 양정을 계산한다.

(나) 작동음의 분석을 이용한 펌프의 고장 진단

진동신호를 측정할 때 펌프의 경우 가속도계의 부착 위치가 명료하지 못하고 가동에 따라서 열이 발생하여 가속도계에 악영향을 미친다. 이를 개선하기 위해 진동신호보다 비교적 측정이 용이한 기계 이상에 따르는 소음 신호의 변화를 규명하고 소음 신호를 통하여 기계의 이상을 진단한다. 실제로 펌프가 정상상태일 때, 모터 냉각 휜의 일부를 연삭하여 불평형을 준 것, 베어링 볼의 일부를 연삭하여 불평형을 준 것, 베어링 볼의 일부를 연삭하여 전동체에 인위적으로 이상을 가한 것의 4가지 종류를 각각 진동신호와 소음신호로 실험하였다. 펌프의 작동 중 발생하는 음향과 펌프가 작동하지 않는 상태에서의 음향의 차이를 분석한 결과 음향측정을 통한 진단에서 각 이상상태의 경우 정상상태와 뚜렷한 차이를 나타내었고, 진동측정에서는 구분하기 곤란한 축의 미세 불균형 상태에 대해서도 진단이 가능하였다. 이로써 음향측정을 통한 고장진단의 패턴이 진동 측정의 경우보다 우수함을 나타내었고, 진동측정에 비하여 용이한 마이크로폰을 이용한 음향측정만으로도 장비의 고장진단이 가능함을 확인하였다.

(다) LNG 펌프 고장 진단 시스템 개발

LNG 펌프는 고압, 고속으로 운전되는 대용량의 회전체로서 재질의 불균일성, 편심 등의 영향으로 진동 및 소음을 수반할 수밖에 없다. LNG 펌프는 중량을 지지하기 위하여 볼 베어링, 저널 베어링 또는 부쉬 등을 사용하는데, 시간이 지남에 따라 마모로 인하여 심한 진동을 발생하게 된다. 따라서 예방 보전 프로그램을 이용하여, 회전체의 운전상태 및 이상점을 미리 판정하여 대책을 수립함으로써 보수를 위한 시스템 정지시기를 적절히 채택하여 불시정지 및 파급사고의 손실을 최대한 줄일 수 있다.

현재 도입되어 운영되고 있는 장비로는 펌프에서 발생되는 진동 신호를 단순히 지지하는 기능만 되어 있어 진동 신호 데이터의 기록 및 저장이 이루어지지 않아 데이터베이스 구성과 통계적 데이터 관리가 불가능 하며 펌프의 이상 발생시 원인 분석이 곤란하여 관리자의 유지 보수 및 이상 진단을 판단하는데 어려운 문제점을 갖고 있다. 이를 보완하기 위해 다음의 시스템을 개발하였다. 운영체제는 사용자의 편리와 신뢰성을 확보하기 위해 Windows NT로 하였고 프로그램 개발에 사용된 개발 툴은 표 3.2에 명시되어 있다.

개발된 프로그램에서는 진동의 overall 진폭 또는 주파수 성분을 한계값과 비교

하여 이상, 정상을 판별하는 방법을 이용하였다. 진단 메뉴에서는 시간 영역 신호와 FFT변환에 의한 주파수 스펙트럼 신호를 가지고 현재 펌프 진동상황을 파악함으로써 신호분석 결과를 출력한다.

표 3.2 시스템 주요 사양

호스트 PC	삼성 Magic Station Pro-M616T (MMX233MHz)
운영 체계	Microsoft Windows NT 4.0 Workstation version
개발 툴	MS Visual C++5.0 Enterprise Version TMS320 DSP Optimizing C Compiler
DSP 보드	Innovative Intergration-ADC64CC
DSP Debugger	Innovative Integration-Code Composer Ver3.0

(라) 유압펌프의 고장 검출시스템

배기용적가변 수단을 가지며 적어도 하나의 유압작동기에 접속되어 유압작동기 구동용 유압회로를 구성하는 유압펌프의 고장검출 시스템에 있어서, 상기한 유압펌프의 토출압력을 검출하기위한 수단과, 상기한 배기용적 가변수단의 경사값을 검출하기 위한 수단, 유압회로를 통한 유체의 흐름을 차단하기 위해 상기한 유압회로를 폐쇄하는 수단, 유압펌프가 정상적으로 작용하는지를 알아보기 위해 유압펌프의 점검을 개시시키는 지령을 발생하는 스타트 수단, 유압펌프가 정상적으로 작용하는지를 알아보기 위해 유압펌프의 점검을 실행하는 제어수단, 상기한 제어수단내의 고장 판단수단에 의해 발생된 고장 신호에 따라서 유압펌프가 정상적으로 작용하고 있지 않는 것을 표시하는 표시수단으로 이루어진다.

한편, 상기한 제어수단은 스타트 수단에 의해 발생되는 지령에 따라 상기한 유압회로의 폐쇄수단을 작동시키는 지령을 발생하는 수단과 유압펌프의 토출압력이 적어도 예정된 설정 압력과 같아질 때까지 상기한 압력검출수단 및 경사 검출수단에서 공급된 정보에 따라 상기한 배기용적 가변수단을 변위시킴으로써 토출압력이 사실상 설정 압력과 같아진 시점에서 배기용적 가변수단의 경사값의 데이터를 수집하는 수단과 이 데이터 수집수단에 의해 수집된 값을 예정된 설정 경사값과 비교하여 수집된 값이 설정값보다 크게 될 때 고장신호를 발생하는 고장판단 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 유압펌프의 고장검출 시스템이다.

(2) 모터

수천에서 수억에 이르는 고가의 모터 설비는 현재 모든 산업에서 쓰이는 중요한 동력원이다. 이러한 모터 설비의 고장은 그것에 의해 구동되는 부하기계의 운전을 돌발적으로 정지시킨다. 따라서 경제적으로 큰 손실을 가져올 뿐만 아니라 큰 위험을 불러 올 수 있다. 모터 고장 진단 시스템 개발은 현재 일본의 A-TEC주식회사와 연세대학교 제어공학연구실이 공동 연구하고 있는 프로젝트로서 모터 설비로부터 나오는 고조파를 취득, 분석한 데이터가 모터 진단부위의 이상, 열화와 높은 상관관계가 있음을 착안하여 개발한 KS-Series진단 장비의 성능 향상에 연구 중점을 두고 있다. 이론 연구에는 시간 주파수 영역 분석법을 통한 고조파 분석, 퍼지 유전 알고리즘과 퍼지 클러스터링을 이용한 전문가 진단의 자동화 시스템을 연구 중에 있다.

(3) 베어링

기어나 베어링 등의 회전 요소는 기계 시스템에서 동력전달, 회전축 지지 등 여러 분야에서 광범위하게 쓰이고 있다. 이러한 시스템에서 생성되는 소음 및 진동신호는 기계의 결함 유무 및 결함 위치를 판단할 수 있는 중요한 정보들을 포함하고 있다. 결함에 관련된 신호가 초기 결함 신호처럼 매우 작을 경우에는 노이즈 속에 묻혀 관찰하기 어렵게 된다. 따라서 측정된 음압이나 가속도 신호로부터는 작동소음 때문에 결함여부 판단을 어렵게 한다. 회전기계에서 피해가 커지기 전에 결함을 초기에 진단하는 것은 매우 중요한 문제이므로 결함 검출과 관련된 신호처리의 연구가 요구되어 진다.

(가) 최소 분산 캡스트럼을 적용한 베어링 결함 진단

베어링의 결함은 대개 피로(fatigue), 마모(wear), 또는 소성변형(plastic deformation)등에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다. 이러한 결함에 의한 소음 및 진동신호는 많은 경우 펄스 신호가 주기적으로 나타나는 형상이므로 이러한 신호를 생성할 수 있도록 베어링의 결함을 인위적으로 제작하여 실험하여 보았다. 그 결과 최소 분산 캡스트럼 방법은 노이즈 속에서 아주 유용한 임펄스 검출 능력을 가지고 있기 때문에 임펄스 열로 나타나는 베어링 결함 신호가 작동 노이즈 속에 묻혀 있더라도 결함 검출을 가능하게 함을 알았다.

이 방법을 적용하였을 때 노이즈가 상대적으로 많은 경우에 대해서도 주기적인 결함을 검출할 수 있었다. 하지만 신호처리하기 전 초기 무빙 윈도우의 크기 및 이동크기(step size)를 설정하는 것이 어렵고, 해상도를 좋게 하기 위해서는 비교적

많은 데이터가 필요하다는 단점이 있다.

(나) Nero-Fuzzy를 이용한 베어링 자동 진단 시스템 개발

회전체 베어링 상태진단에 신뢰성을 갖기 위하여 여러 가지 진단 방법이 연구되고 있으며, 이때 이용하는 변수는 온도와 소음, 진동 그리고 윤활유가 있으며 분석방법으로는 온도 추이 분석, 소음 분석, 진동 분석, 윤활제 분석방법이 주로 이용되고 있다.

하지만 현재 사용되고 있는 회전기기의 경우 규모가 크고 동작 조건이 열악하여 고장의 형태가 매우 비선형적 특성이 강하므로 일반적인 회전기기의 상태진단방법으로서는 신뢰성확보가 어렵다. 그래서 회전기능의 회전체 베어링 상태진단에 신뢰성을 갖기 위하여 퍼지-신경망 및 카오스를 이용한 회전기 베어링 고장진단시스템 개발이 요구되어 진다.

이 방법은 회전기의 회전부의 다양한 구조 진동모델을 해석하여 적절한 위치에 가속도 센서를 통해 On-Line으로 데이터를 취득하여 웨이브렛 및 카오스해석 방법을 적용하여 회전기의 진동을 해석하여 고장상태패턴을 분류하고 분류된 고장패턴 데이터를 이용하여 다양한 고장 상태를 진단하는 진단 모델을 설계하는데 고장의 특성은 대단히 비선형적이고, 데이터 취득 환경이 노이즈에 노출되므로 노이즈 및 비선형성에 적합한 뉴로-퍼지기법을 이용하여 강인한 진단모델을 설계하는 것이다.

3. 공조설비의 진단기술

가. 개 요

빌딩의 대형화 및 자동화가 진행됨에 따라 건물의 냉·난방 공조와 관련된 설비는 점점 더 복잡해져 시스템에 대한 종합적인 운용 체계를 운용자가 이해하기가 점점 어려워지고 이에 따라 공조 장비에 고장이 발생하였을 경우 고장 장소 및 고장의 발생원인, 고장에 따른 전체 시스템에 미치는 영향을 운용자가 파악하기는 더욱 힘들어져 가고 있다.

일반적으로 공조 설비 시스템은 각 부품으로 구성된 하위 시스템이 모여 하나의 종합 시스템으로 이루어지는데 고장은 이들 각 단계, 즉 부품단위, 하위 시스템, 주 시스템의 어느 부분에서도 발생할 수 있으며 각 부분 또는 시스템 전체의 성능 저하를 가져와 결과적으로 에너지의 낭비 및 시스템 안정성 저하 등을 가져오게 된다. 이러한 결과를 미연에 방지하기 위해서는 항상 설비의 운전 상황을 감시해야

하며 이를 통한 시스템의 고장이 파악되어야 한다.

따라서 시스템의 효과적인 운용을 위하여 컴퓨터를 이용한 다양한 형태의 자동제어 시스템이 도입되어 적절한 관리 소프트웨어에 의해 관리되고 있는 실정이지만 현재 사용되고 있는 중앙 감시 소프트웨어는 시스템의 이상이나 고장 등이 발생할 경우 고장의 원인이나 고장 발생 위치를 발견하는데 어려움이 있다. 따라서 건물 운용자에게 건물 관리의 최적화, 고장 예지 및 유지 보수 진단 결정을 수행하는데 필요한 정보를 제공해 줄 수 있는 시스템인 실시간 자동 고장 감지 및 진단 시스템의 도입이 요구되어 진다.

고장 진단 방법은 크게 두 가지로 능동적 개념의 감리 고장 진단방법과, 수동적 개념인 감시 고장 진단 방법으로 구분할 수 있다. 감리 고장 진단 방법은 제어 신호를 구동기 즉 밸브, 댐퍼, 송풍기 등으로 보내 이에 따른 설비의 운전 상태를 파악하는 것이다. 감시 고장 진단 방법은 적극적으로 시스템에 동작 신호를 주어 상태 변화를 감시하는 것이 아니고, 운전 중에 관측된 자료를 이용하여 정상 여부를 파악하는 것이다. 실시간 고장 검출 기술은 주로 감시 고장 진단 기술을 의미하게 된다.

그림 3.5는 고장 진단 방법을 나타낸 것으로 이것은 실험값으로 원하는 상태값을 얻기 위한 설정값을 제어기로 출력시킨 후 실제 시스템의 구동을 통해 측정된 상태값과 주어진 설정값에서의 예측된 상태값을 비교하여 고장을 검출하는 방법의 하나의 예이다.

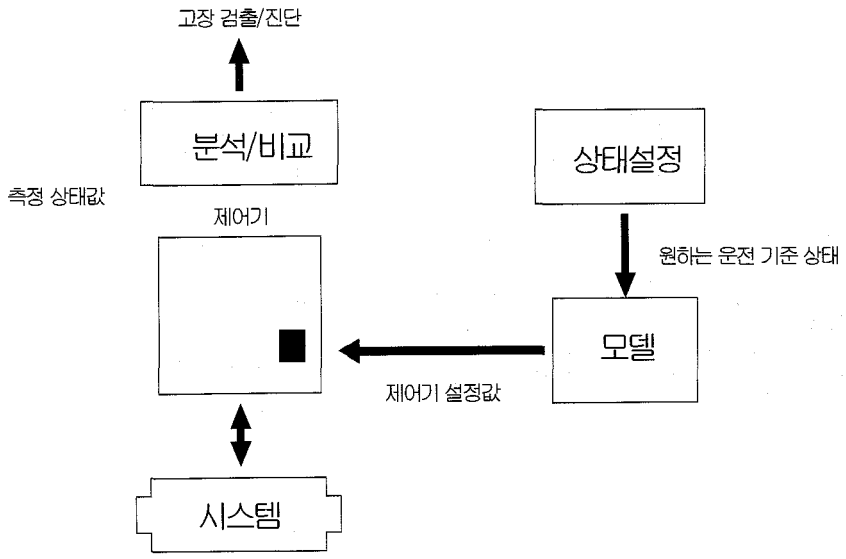


그림 3.5 감시 고장 검출 방법의 개념도

나. 진단방법의 종류 및 특징

최근 마이크로프로세서와 센서 기술에 기반을 둔 자동제어 시스템이 지속적인 발전에 따라 냉동 시스템의 부분고장으로 인하여 사용되는 불필요한 에너지의 낭비를 억제하고 효과적인 유지 및 보수 방법으로써 실시간으로 고장을 검출하고 진단할 수 있는 고장 검출 및 진단 시스템(FDD : fault detection and diagnosis system) 사용에 대한 필요성이 높아지고 있다. 이러한 고장 검출 및 진단 방법은 크게 모델기반 방법과 지식 기반 방법으로 분류할 수 있다. 전자는 수학적 모델 결과와 실제 시스템 측정값을 비교함으로써 현재 시스템의 운전 상태를 파악하는 방법이고, 후자는 경험이나 실험 데이터를 통해 얻은 지식을 사용하여 고장을 검출하는 방법으로 축적된 데이터에 따라 고장 검출의 정도가 다르며, 대상이 비선형 특성이 있거나 모델 구축이 어려운 경우 사용되는 방법이다.

(1) 모델기반(model-based) 고장 검출 및 진단

대상시스템을 모델링 하여 모델링을 통해 얻어지는 값과 실제 시스템에서 모니터링으로 얻어진 값과의 비교를 통해서 고장의 발생여부를 판단하고 또한 잔차의 분석을 통해서 고장부위 및 고장상태에 대한 진단도 가능한 시스템. 여기서 잔차란 모델링된 값과 실제 모니터링으로 얻은 값과의 차이를 의미한다. 그림 3.6은 모델링 기반의 고장검출 및 진단 개념도를 보여주고 있다.

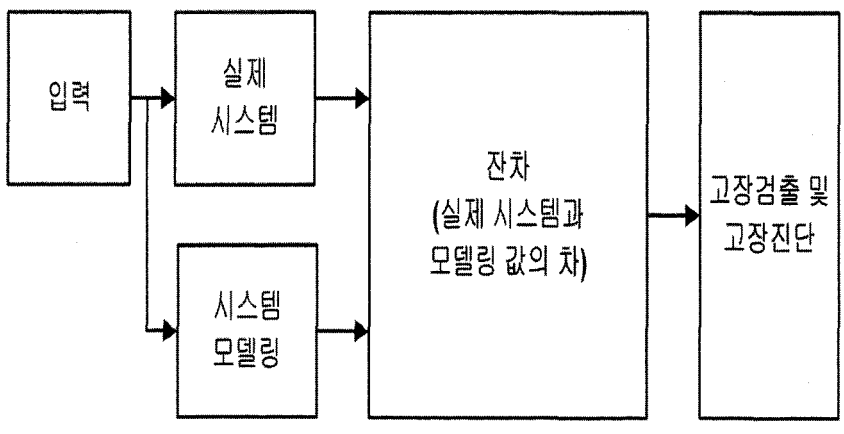


그림 3.6 모델링 기반의 고장검출 및 진단 개념도

(2) 지식기반 고장 검출 및 진단

(가) 퍼지이론을 이용한 방법

- 퍼지화 : FDD에 사용되는 입력값으로 시스템의 고장 정보를 정확하게 파악할 수 있는 온도, 압력 등과 같은 물리량의 멤버쉽을 통해 퍼지화 시킨다.
- 롤 베이스 구축 : 고장과 그 현상을 정의하는 부분으로 다양한 실험 및 조사를 통해 고장과 관련된 정보를 데이터베이스화 한다. 무고장에 대한 정보와 다른 고장에 대한 정보를 포함함으로써 발생되는 다양한 고장을 정확하게 검출하고 진단할 수 있으며 전문가의 경험도 이 부분에 포함할 수 있다.
- 추론 방법 : 퍼지 룰간의 관계를 계산하는 단계로 일반적으로 min-max 방법을 많이 사용하지만 추론 방법의 선택에 따라 동일한 입력에 대해서도 서로 다른 결과가 나올 수 있다.
- 결과의 표현 : 추론 과정을 통해 얻은 결과를 실제 사용자가 사용할 수 있도록 표현되는 과정으로 FDD의 경우 고장의 종류 또는 고장의 진행 상태를 나타낼 수 있다.

(나) 신경망을 이용한 방법

신경망은 입력이 입력되는 입력층(input layer), 중간 과정인 은닉층(hidden layer), 결과를 전달하는 출력층(output layer)으로 구성된다. 신경망의 주요 구성요소는 뉴런과 이들의 상호 연결하는 활성함수로 구성되며 다른 뉴런들로부터의 입력에 가중치를 고려하여 처리한 후 그 결과를 다른 뉴런으로 보낸다.

모델기반 방법은 수학적 모델 자체의 정확성에 따라 검출 성능에 영향을 받아 비선형 특성이 강한 경우 모델의 부정확성 때문에 검출 및 진단의 어려움이 예상되나 대체적으로 간단하고 때에 따라 정확한 검출이 가능한 장점을 가지고 있다. 지식기반 방법은 검출의 정확도가 모델 기반에 비해 떨어지고, 많은 실험 데이터가 요구되나 시스템에 대한 다양한 정보 특히 정량적인 정보를 효과적으로 사용할 수 있으며 비선형 특성이 존재하는 경우에 효과적으로 적용할 수 있는 장점이 있다.

(3) 고장모사 실험장치를 이용한 고장 검출 및 진단

냉동기나 공조기의 고장검출 실험을 위해서 고장의 모사가 가능한 실험 장치를 구성하고 고의적인 고장을 발생 시킨 후에 고장 발생부위에 대해서 고장검출을 실시하고 고장검출 시스템이 고장을 검출해 내는 방법을 통해서 실제 실험장치의 고

장발생 부위와 고장 검출 시스템에 의한 고장 검출이 어느 정도의 정확성을 가지는가를 판단하는 이론이다.

그림 3.7은 냉동기의 고장모사 실험 장치를 보여주고 있다. 이 실험 장치는 압축기 성능저하, 응축기 성능저하, 증발기 성능저하, 냉매누설의 4가지 경우의 고장을 모사하고자 한 R22용 공칭 1마력 개방형 왕복동식 압축기이다. 이 실험에서는 실시간 고장진단을 위하여 우선 현재의 압축기 운전 모드를 판단하고 이에 따라 적절한 고장감지 및 진단모듈을 채택하도록 하였다. 판단기준으로는 증발기 2차 유체 출구온도나 압축기 회전수를 사용할 수 있으며, 운전 모드 판단 후 이 실험을 통해 도출된 별도의 규칙기반표에 의해 고장을 진단하였다.

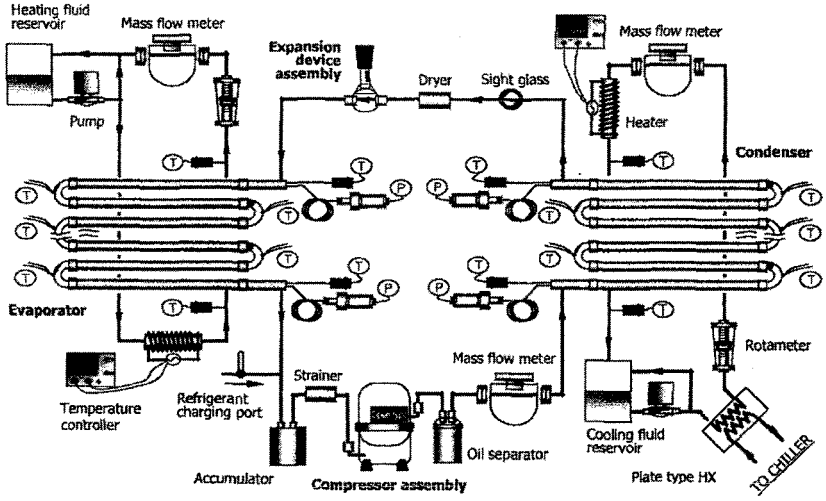


그림 3.7 가변속 증기압축 냉동시스템의 고장모사 실험장치

(4) 규칙기반의 고장검출 및 진단 이론

대상 설비의 고장 사례를 변수에 대한 규칙으로 정의하여 고장이 발생할 경우에 잔차를 검출해내고 잔차의 분석을 통해서 규칙화된 사례와의 비교를 통해서 고장 부위 및 고장의 정도를 검출해 내는 방법으로 사례진단 고장검출 이론이라고도 한다. 진단 이론별 대상기기 및 진단항목을 정리하면 표 3.3과 같고 또한 각 이론별 정확성 및 현장 적용가능성은 표 3.4와 같다.

표 3.3 진단이론별 대상기기 및 진단 항목

진단 이론	대상 설비	진단 항목	진단원리	비고
모델 기반의 고장 검출 이론	열펌프 냉동기 공조기	압축기 소비전력 응축 및 증발 압력	대상설비 시스템의 모델링을 통한 고장검출	대상 시스템의 모델링을 통해서 구현된 모델과 실제 설비시스템과의 정확성 여부
고장 모사 실험 장치를 이용한 고장검출 이론	냉동기	냉매 누설 실내기 팬 고장 응축기 오염	고장 모사가 가능한 실험 장치를 구성하여 고장을 발생 시킨 후 고장을 검출하는 방법	실제 현장에서 설비의 고장을 일으켜 검출할 수 없다.
규칙기반의 고장검출 이론	공조기 냉각탑	급·배기 압력 어프로치 레인지 냉수코일 입구온도	고장에 대한 사례를 규칙화 하여 잔차 검출이 이루어지면 잔차의 분석을 통해서 고장의 사례를 찾아내는 방법이다.	운전 규칙과 허용범위를 이용 상태 변화가 큰 고장의 검출에 효과적
기타	냉동기의 냉매 누설 검출 방법			

표 3.4 진단 이론별 정확성 및 현장 적용 가능성

진단이론	정확성	현장 적용 가능성	기타
모델링 기반의 고장검출 이론	★★★☆☆☆	★★★☆☆☆	1) 모델링구성 이론과 방법에 따라서 고장 검출및 진단의 정확성이 차이가 날수 있다. 2) 고장검출 및 진단이론의 현장 적용의 어려움이 있음. ex)퍼지 알고리즘 이용 모델링 뉴럴 네트워크이용 모델링 수학적 모델링.
고장 모사 실험 장치를 이용한 고장검출 이론	★★★★☆☆	★★☆☆☆☆	1) 실제 고장을 발생 시킬수 있는 실험장치를 구성하여 실험을 진행하는 것이므로 고장검출의 정확성이 높다. 2) 고장발생 장치를 이용하기 때문에 실제 현장의 적용은 어렵다.
규칙기반의 고장검출 이론	★★★★☆☆	★★☆☆☆☆	1) 고장에 대한 사례를 규칙화 하였기 때문에 고장 발생시에 원인 분석이 용이함. 2) 고장사례에 대한 데이터베이스를 구성해야한다.
효율계산을 통한 성능진단방법	★★★★★☆	★★★★★☆	1) 현장의 운전중인 시스템의 성능을 측정할 수 있고 효율의 계산 이므로 단순하게 성능을 예측할 수 있다. 2) 고장원인이나 성능저하의 원인에 대한 분석이 어렵다.

다. 기기별 진단방법

열원기기는 예방보전 유지관리를 함으로써 수리비의 감소와 내용수명 연장에 의한 유지관리비의 절감을 야기할 수 있고, 또한 성능저하에 대한 불필요한 에너지 손실을 방지하여 연료비 절감 효과를 기대할 수 있으므로 많은 경제성을 가진다. 따라서 열원기기의 고장 검출 이론에 대해 보다 자세히 언급하겠다.

(1) 냉동기 : 뉴로 퍼지를 이용한 냉동기 성능 진단 기법

대부분의 상업용 빌딩, 클린룸, 공장 등에서 증발기측 부하 처리에 사용되는 대용량 터보 냉동기는 건물 연간 에너지 소비의 중요한 비중을 차지한다. 따라서 냉동기 성능저하에 따른 에너지 비용 손실을 정량적으로 계산하기 위해서는 현재 사용 중인 냉동기의 성능계수가 얼마인지 정확하게 평가되어야 한다.

에너지 진단을 가능하게 하기 위한 성능예측 프로그램의 접근 방법은 열역학, 열전달 이론 및 실험에 의한 경험식을 이용한 프로그램을 이용하는 방법으로서 특정 냉동기에만 적용되며 프로그램 개발을 위해서 많은 시간과 인적자원이 요구된다. 따라서 에너지 진단 사업 실용화의 목적상 모든 냉동기에 적용될 수 있으며 취급이 간편하고 보편적인 성능예측 프로그램이 필요하다.

이러한 필요성에 부응하여 인공 신경망을 이용한 냉동기의 성능예측과 관련한 연구가 진행되어 왔으며, 인공 신경망은 냉동기의 입출력 데이터로부터 비선형적 함수관계를 추출하므로 물리적 모델에 대한 복잡한 해석 없이도 성능예측이 가능한 장점이 있다. 그러나 인공 신경망 구축에 필요한 변수가 많아서 학습에 요구되는 측정 데이터 수가 많이 요구되고 학습시간이 오래 들리는 등이 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 인공 신경망 및 퍼지이론을 조합한 적응형 뉴로 퍼지 추론체계(ANFIS : adaptive neuro-fuzzy inference system)을 이용한 성능진단 프로그램을 제시하였다.

ANFIS는 인공 신경망에 기반을 둔 적응형 퍼지 추론 체계이다. 냉동기처럼 시스템이 복잡하여 수학적 모델링이 곤란하거나 불확실성이 많은 경우에는 해당 시스템의 문제 해결을 위하여 전문가의 경험적 사고에 의존한다. 이러한 전문가의 경험적 판단체계를 모델링하는 방법의 하나가 퍼지 추론체계이다. 하지만 ANFIS은 해석 대상의 물리적 특성에 대한 사전 정보 없이 입력과 출력의 상관성만을 추론하는 시스템인 관계로 정의역 구간에 걸친 충분한 양의 데이터가 존재하지 않는다면 훈련된 추론체계의 신뢰성을 확실할 수 없다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서는 해석 대상에 대한 사전 정보를 이용하여 ANFIS 훈련(주어진 입

출력 데이터베이스를 가장 잘 모사할 수 있도록 오차를 최소화하는 방향으로 ANFIS의 각종 계수들을 스스로 조정해 나가는 학습과정)에 사용될 데이터를 필터링할 필요가 있다.

(2) 열펌프

공랭식 열펌프의 성능은 주어진 조건에서의 냉방 능력과 이때의 전력 소모로 나타낼 수 있으며, 이를 측정하기 위한 방법 및 조건은 KS, ASHRAE(미국 냉동공조학회) 및 ARI(미국 냉동공조협회)등의 규격에 잘 명시되어 있다. 그러나 실제 현장에 설치되어 운전 중인 중대형 열펌프의 경우, 시스템을 시험실 안에 넣을 수 없으며 외기를 제어하여 실험 조건을 구현할 수도 없다. 따라서 임의의 조건에서의 현장 성능 실험 결과와 이를 반영한 적절한 시스템 모델링을 통하여 원하는 조건에서의 열펌프의 성능을 예측해야 한다.

(가) 압축기

압축기의 성능을 해석하고 예측하는 가장 좋은 방법은 특성 곡선을 이용하는 것이다. 물론 이 방법은 특성 곡선이 주어진 경우에만 가능하다. 현장에 설치되어 오랫동안 사용된 압축기들은 노후, 설치 방법 또는 기타 현장 상황 등에 의하여 특성 곡선에 나타난 것과는 다른 특성을 보이는데, 이는 현장 실험 데이터를 사용하여 적절한 보정계수를 도입함으로써 어느 정도의 오차 범위 내에서 해석 및 예측이 가능하다. 그러나 일반적인 현장의 경우, 전술한 바와 같이 압축기의 특성 곡선을 항상 얻을 수 있는 것은 아니다. 이러한 경우에는 열역학적 모델링을 사용하는 것이 일반적이다.

(나) 열교환기

열교환기를 모델링하는 방법으로는 냉매의 상태에 따라 열교환기를 나누어 생각하는 three region model, 더 작은 구간별로 나눈 finite element model, 충분한 실험 데이터를 curve fitting하는 parametric model 등이 있다. 특히 핀-관 열교환기의 경우 보다 정확한 방법으로서 Domanski의 관순법을 적용한 해석방법이 있다.

(3) 보일러

에너지 관리를 위한 보일러 진단 방법은 KSB 6205(육용보일러의 열정산방식)에 명시되어 있다. 그러나 해당 측정 지침은 보일러의 정상상태 보일러 효율 및 출력을 측정하는 방법으로는 유요하나, 보다 효율적인 에너지 관리를 위해 필요한 난방

부하의 동특성에 관한 정보는 제공하지 못한다. 에너지 절약이 중요한 관건인 건축 리모델링을 위해서는 해당 건물에 적합한 용량의 보일러를 선정할 수 있어야 한다.

기존의 용량 선정은 간단하게는 디그리데이법(degree day method)나 빈 법(bin method)를 사용하거나 복잡한 상용 소프트웨어에 의존하였다. 그러나 이러한 모든 계산 결과도 실제의 경우와 상이하고 설정해 주어야 할 변수와 관련한 불확실성이 많기 때문에 건물 크기와 용도에 따른 경험 데이터를 토대로 용량이 선정되어 왔다. 따라서 측정한 난방 부하의 동특성 분석을 토대로 해당 건물에 설치된 보일러 용량의 적정성을 평가하며 향후 다른 건물에도 적용하기 위한 방법이 제시되어야 한다.

(4) 송풍기 : 송풍기의 현장 성능 평가 방법

송풍기의 성능시험은 표준규격(KSB 6311)에 상세히 나타나 있으나 실제 현장에 유용한 자료는 미국관련 단체인 AMCA(Air Movement and Control Association. Inc)에서 발간한 FIELD PERFORMANCE MEASUREMENT OF FAN SYSTEMS에 비교적 상세히 나타나 있다. 송풍기의 풍량 측정에는 피토튜브에 의한 방법과 풍속계에 의한 방법으로 크게 나눈다.

(가) 피토튜브에 의한 방법

① 풍량측정구의 위치는 덕트내 풍속, 덕트 시공상태, 현장여건 등을 고려하여 가능한 정상류가 형성되는 위치를 선정한다. 일번적으로 앨보와 같이 방향 전환이나 와류가 생기는 곳으로부터 덕트 직경의 최소한 7.5배의 하류측이나 2.5배 이상의 상류측에서 위치를 선정하며, 현장 여건이 불가능 할 때는 최대한 와류 발생이 적은 곳을 택한다.

② 피토튜브 이송 측정은 일반적으로 동일면적 분할법이 널리 이용되며, 경우에 따라서는 대수선형 분할법도 이용된다.

③ 동압 측정시 피토튜브는 기류 방향과 수평으로 되어야 한다.

④ 만약 공기밀도가 표준상태 공기밀도에 비하여 10%이상 변화가 있다면, 온도 및 고도용 보정계수가 상기 공식에 적용되어야 한다.

(나) 풍속계에 의한 풍량 측정 (회전식 바람개비형 풍속계)

① 전기식 베인 풍속계 또는 기계식 디지털 풍속계가 사용된다.

② 회전식 풍속계로 전열코일의 통과풍속을 측정할 때 전열코일 전면에 바로 붙여서 측정하지 말아야 한다. 전열코일 통과 기류는 고속으로 불균일하게

취출되므로 부정확한 측정이 될 수 있다.

③ 풍속계가 특별히 저속용으로 설계되지 않았다면 2m/s 이하에서는 사용하지 않도록 하여야 한다.

④ 기류가 방해를 받지 않도록 풍속계는 기류에 평행하게 유지하여야 한다.

⑤ 그릴의 풍량 측정시에는 가장 낮은 속도부터 높은 속도영역으로 옮겨가면서 풍속을 측정하며 한 위치에서 연속 4회를 측정하여 그 평균치를 취한다.

(5) 전동기

전동기에서 소비되는 전력사용량은 전체 전력소비량의 약 70%를 차지하고 있는 것으로 조사되고 있다. 이와 같이 전력사용의 많은 부분을 차지하고 있는 전동기에 대한 고장 예방활동은 산업체에서는 설비이용률의 향상에 따른 생산성 향상을 수반할 뿐 아니라 유지보수비의 절감을 가져올 것이고 가정이나 서비스분야에 있어서도 유사한 관점에서 검토 될 수 있을 것이다. 이를 위해 먼저 전동기에 주어지는 각종 열화 요인들을 알아야 한다.

(가) 전동기에 주어지는 각종 스트레스

전동기에 가해지는 스트레스는 크게 다음의 4가지로 구분되고 있으며 이러한 스트레스가 전동기에 가해짐으로써 경년열화가 진행되고 그 결과 전동기가 고장에 이르게 된다. 전동기에 가해지는 스트레스에는 열적 스트레스, 전기적 스트레스, 기계적 스트레스 그리고 환경적 스트레스가 있다.

전동기에 인가되는 이러한 각종 스트레스는 하나의 스트레스가 단독으로 존재하는 것이 아니고 실제적으로는 하나의 원인에 의하여 복합적으로 나타나는 결과를 보인다. 전동기의 열화 요인과 열화 현상을 표 3.5와 같이 나타낼 수 있지만 표 3.5에서 알 수 있는 바와 같이 열적 스트레스는 운전 중의 부하변화에 따른 온도변화로 열 사이클이 발생하게 되고 이로 인하여 열분해, 산화 분해, 벗겨져 떨어지거나 헐거워지며 금이 가는 현상을 나타내는데 특히 사용빈도가 빈번한 부하구동용 전동기에서 많이 나타난다.

이 경우 열적 스트레스로 인하여 나타나는 각종 현상은 결과적으로 헐거워지거나 금이 가는 등의 기계적 스트레스를 유발하게 되고 산화분해 등으로 환경적 스트레스를 유발하고 있다. 이와 같이 어느 하나의 스트레스가 단독으로 존재하는 것이 아니고 다른 스트레스의 유발 요인으로 작용하게 되어 전체 스트레스가 엉켜있는 현상을 보이게 되며 이러한 상호관계를 그림 3.8에 보이고 있다.

표 3.5 전동기의 열화 요인과 열화 현상

스트레스 종류	열화요인	열화현상	영향이 큰 전동기
열적 스트레스	운전중의 온도 열 사이클	열분해, 산화분해, 벗겨짐, 떨어짐, 마모, 헐거워짐, 금이 간다.	사용빈도가 높은 팬용 전동기
전기적 스트레스	서어지 전압인가	부분방전, 침식	사용빈도가 높은 팬용 전동기
기계적 스트레스	시동시의 전자력, 운전중의 진동, 열 사이클	벗겨져 떨어짐, 금이간다, 마모, 헐거워짐	사용빈도가 높은 팬용 전동기, 고속 전동기, 단속부하용 전동기
환경적 스트레스	흡습, 분진, 화학약품, 기름, 염분, 방사선	누설전류가 큼. 절연저항 저하, 화학적 변질	개방형 전동기

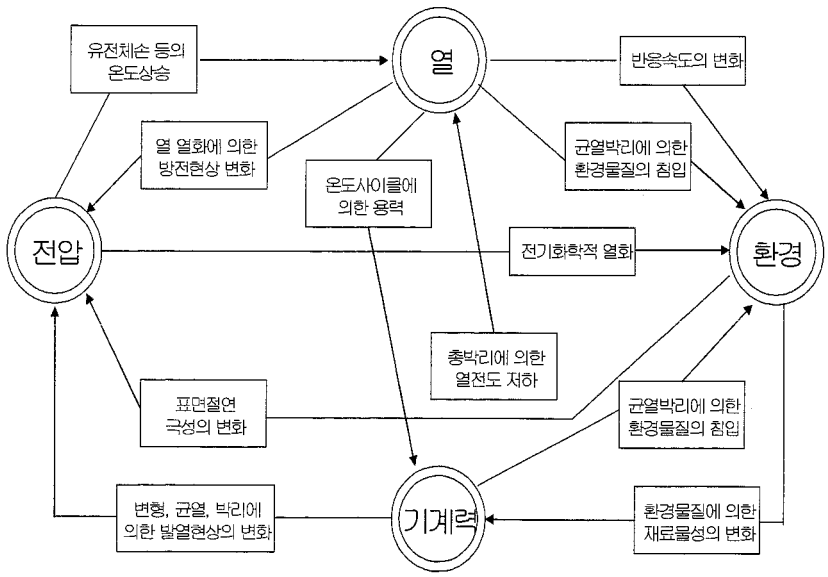


그림 3.8 복합 열화원인의 상호작용

(나) 절연 진단 시험

(a) 절연저항 시험

절연저항 측정시험은 운전개시 전이나 운전 중에 있는 기기에 대한 보수, 점검시에 주로 실시하며 운전에 필요한 절연저항을 가지고 있는가의 여부, 운전에 따른

절연저항의 저항정도를 점검하고 절연열화 진단시험 시 사용되는 고전압을 인가해도 충분한가를 점검하기 위하여 실시한다. 외부로 부터 절연체에 도전 경로가 형성되어 절연저항이 낮아진다. 따라서 메가(Megger) 시험으로 절연체의 흡습이나 먼지 축적에 의한 오손상태를 어느 정도 파악할 수 있다. 그러나 절연 저항치는 시료의 절연구조, 형태, 공정 등에 따라 변하므로 저항치 만으로 평가하기는 곤란하다. 따라서 메가 시험으로 정기적인 측정에 의해 절연저항 변화 추이를 평가하여 정연상태를 판정하는 것이 바람직하다.

(b) 직류전류시험

절연물에 직류전압을 인가할 때 절연물의 정전용량에 따라 순간적으로 끝나는 충전전류와 시간에 따라 천천히 감소하는 흡습전류 및 시간에 대하여 변화가 없는 누설전류가 흐른다. 전류가 시간에 따라 천천히 감소하는 현상을 절연물의 흡수현상 이라고 부르고 절연물이 흡습해 있는 경우는 흡습전류에 비하여 누설전류가 증가하기 때문에 전류가 일정치로 떨어질 때까지의 시간이 짧아진다. 이로부터 각 시간에서의 특성을 구하여 흡습의 정도를 판단할 수 있다. 시험전압은 일반적으로 500[v] 또는 10.000[v]가 이용되고 있으며 측정된 성극지수가 2.5 이상이면 건조 상태이고 2.5~1.5이면 보통, 그리고 1.5이하의 경우는 흡습상태로 판정하고 있으며 1.5 이하일 경우는 건조 전처리가 필요하다.

(c) 교류전류시험

절연물에 교류전압을 인가하여 전압을 증가시키면 충전전류가 비례하여 증가한다. 그러나 절연물 내에 공극(Void)이 존재할 경우에는 공극 내에서 부분방전이 일어나 공극을 단락하므로 충전전류는 비례 이상으로 급증하여 전압-전류특성에 굴곡점이 생기게 된다. 이 전류가 급증하는 전압과 전류 증가율에서 열화의 정도를 판정할 수 있다.

(d) 부분방전시험

절연의 열화는 국부적으로 진행하는 것도 있어 이 국부적인 열화를 검출하는 시험도 중요하다. 부분방전시험은 절연물중의 약점인 공극이나 균열로 발생하는 부분방전의 펄스전류를 검출하여 그 크기, 발생빈도, 방전개시전압 등에서 절연열화 상태를 판정하는 것이다. 이중 권선절연에서는 최대 방전 전하량 Q_{max}의 전압특성을 측정하는 것이 보통이다. 전계방향에 심한 균열이 있는 경우 큰 공극이 있다고 볼 수 있으므로 이것에 따른 방전전압으로 아주 큰 Q_{max}가 관찰될 수 있다. 균열 등과

같이 국소적인 결함이 존재할 경우에는 방전펄스 파고치가 크므로 발생빈도가 증대한다. $\triangle \tan\delta$가 비교적 적은데도 Q_{max}가 대단히 클 경우에는 국소적인 결함이 존재하고 있다고 볼 수 있다. 이상과 같은 전동기의 열화 진단 시험방법을 정리하면 표 3.6과 같다.

표 3.6 전동기의 열화진단 시험방법

분류	시험방법	종류
비파괴 시험	직류전압시험	Megger 시험
		직류전류시험
	교류전압시험	교류전류시험
		부분방전시험
		tan δ 시험
파괴시험	직류 내전압 시험	
	상용주과 내전압 시험	
	충격내전압 시험	

라. 설비별 열화진단 점검 기준

(1) 온수 보일러 본체 및 기능부품 점검 기준

표 3.7은 오일 버너 점검 기준을 보여주고 있으며, 표 3.8은 가스버너 점검 기준을 보여주고 있다. 표 3.9는 보일러의 제어 점검 기준을 보여주고 있으며, 표 3.10은 온수 보일러 본체 및 기능부품 설비 점검 기준을 보여주고 있다.

표 3.7 오일 버너 점검 기준

항목	점검 내용		판정 기준	체크 방법	처치 방법	점검 시기	예방 보전 [연]
케이싱	외관	뚜렷한 손상	없을 것	육안	수리/교환	a	-
점화장치	외관	· 절연체, 전극봉의 오염, 손상	없을 것	육안	청소/교환	b	전극봉 3
		· 커넥터의 느슨함, 빠짐	없을 것	육안	수리/교환	b	

		· 전극의 틈, 위치	사양대로일 것	게이지/스케일	조정	b	
	점화 트랜스의 단선		없을 것	테스터	교환	e	
	성능	· 방전 상태	정상일 것	육안	교환	b	
보염기 (디퓨저, 프레임홀더, 스태빌라이저)	외관	· 뚜렷한 오염, 손상	없을 것	육안	청소/교환	b	5
		· 부착 위치	사양대로일 것	육안/게이지/스케일	조정	b	
전동기	작동	· 이상음, 이상진동	없을 것	손/청각	수리/교환	e	5
팬(임페라)	외관	· 뚜렷한 오염, 손상	없을 것	육안	청소/교환	b	7
		· 변형	없을 것	육안	교환	e	
	작동	· 이상음, 이상진동	없을 것	손/청각	수리/교환	e	
블로어 튜브, 에어콘	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	a	-
커플링	외관	· 뚜렷한 손상, 마모	없을 것	육안	교환	a	3
	작동	· 중심 이탈	없을 것	육안	교환	a	
		· 공회전	없을 것	육안	교환	e	
오일기어 펌프	· 오일 누출		없을 것	육안	교환	d	3
	작동	· 이상음	없을 것	청각	교환	e	
	성능	· 압력 조정 기능	사양대로일 것	압력계	조정/교환	b	
전자 펌프	· 오일 누출		없을 것	육안	교환	d	3
	외관	· 이상음, 이상 진동	없을 것	손/청각	교환	e	
	· 코일의 단선		없을 것	테스터	교환	e	
	성능	압력 조정 기능	사양대로일 것	압력계	조정/교환	b	
압력계	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	c	3
스트레이너	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	c	7
	· 오일 누출		없을 것	육안	교환	d	
	· 막힘		없을 것	육안	교환	b	
릴리프 밸브	· 오일 누출		없을 것	육안	교환	d	5
	작동	· 압력 조정 기능	사양대로일 것	압력계	조정/교환	b	
노즐	외관	· 뚜렷한 오염	없을 것	육안	청소	b	1
	성	· 연소 상태, 착화성	양호할 것	육안/청각	교환	b	

	능						
댐퍼 컨트롤러	작동	· 작동 확인	양호할 것	육안	교환	b	3
		· 설정 위치	사양대로일 것	육안/스케일	조정	b	
유압식 댐퍼 컨트롤러	· 오일 누출		없을 것	육안	교환	d	3
	작동	· 작동 확인	양호할 것	육안/청각	교환	b	3
		· 설정 위치	사양대로일 것	육안/스케일	조정	b	
전자밸브	· 오일 누출		없을 것	육안	교환	d	3
	· 코일의 단선		없을 것	테스터	교환	e	
	작동	· 윙윙 소리	없을 것	청각	교환	d	
불꽃 검출기 (CdS)	외관	· 뚜렷한 오염, 손상	없을 것	육안	청소/교환	c	1
	성능	· 검지 능력	사양대로일 것	테스터	교환	b	
중유 예열기 (라인히터)	· 오일 누출		없을 것	육안	교환	d	서모 3 히터 5
	· 막힘		없을 것	육안	청소	b	
	작동	· 서모 스탯의 작동	사양대로일 것	테스터	교환	b	
	· 히터의 단선		없을 것	테스터	수리/교환	e	
노즐 히터	· 오일 누출		없을 것	육안	수리/교환	b	서모 3 히터 5
	작동	· 서모 스탯의 작동	사양대로일 것	테스터/청각	교환	b	
	· 히터의 차단		없을 것	테스터	교환	b	
에어 세퍼레이터	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	b	7
	· 오일 누출		없을 것	육안	교환	d	
연료 배관	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	수리/교환	b	관재 10 이음새 3
	· 오일 누설		없을 것	육안	수리/교환	d	

표 3.8 가스버너 점검 기준

항목	점검 내용		판정 기준	체크 방법	처치 방법	점검 시기	예방 보전 [연]
케이싱	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	a	
점화 장치	외관	· 절연체, 전극봉의 오염, 손상	없을 것	육안	청소/교환	b	전극봉 3
		· 커넥터의 느슨함, 빠짐	없을 것	육안	수리/교환	b	
		· 전극의 틈, 위치	사양대로일	게이지/스케	조정	b	

			것	일			
	· 점화 트랜스의 단선		없을 것	테스터	교환	e	
	성능	· 방전 상태	정상일 것	육안	교환	b	
전동기	작동	· 이상음, 이상진동	없을 것	손/청각	수리/교환	e	5
가스가바나(압력조정기)	작동	· 2차압 확인 (조압 능력 확인)	사양대로일 것	압력계	조정	b	5
댐퍼 컨트롤러	작동	· 작동 확인	양호할 것	육안	교환	b	3
		· 설정 위치	사양대로일 것	육안/스케일	조정	b	
가스량 조정밸브	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	a	5
	· 작동 확인		양호할 것	육안	조정	b	
	· 가스 누설		없을 것	악취(비눗물/리크체커)	교환	d (b)	
링키지	외관	· 뚜렷한 손상, 가동부의 느슨함	없을 것	육안	교환/조정	b	3
	· 작동 확인		양호할 것	육안	조정	b	
압력계	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	c	3
가스압 스위치	외관	· 설정 압력 확인	사양대로일 것	압력계	조정	b	3
풍압 스위치	· 작동확인		양호할 것	테스터	교환	b	3
노즐(마니홀드)	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	a	5
		· 오염, 막힘	없을 것	육안	청소	a	
보염기(디퓨저, 프레임홀더,스태빌라이저)	외관	· 뚜렷한 오염, 손상	없을 것	육안	교환	a	5
		· 부착 위치	사양대로일 것	육안/게이지/스케일	청소/교환	a	
블로어 튜브 에어콘	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	a	5
파이로트 버너	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	청소/교환	b	5
		· 오염, 막힘	없을 것	육안	청소		
염공부	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	2
		· 오염, 막힘	없을 것	육안	청소		
에어필터	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	d	2
		· 오염, 막힘	없을 것	육안	청소		

팬(임페라)	외관	· 뚜렷한 손상, 오염	없을 것	육안	청소/교환	b	7
	작동	· 변형	없을 것	육안	교환	e	
		· 이상음, 이상진동	없을 것	손/청각	수리/교환	e	
차단 밸브	· 가스 누설		없을 것	악취(비눗물/리크체커)	교환	d (b)	3
	· 밸브 누설		10ml/min 이내	상용 압력에서 5분간 유지	교환	b	
	· 코일의 단선		없을 것	테스터	교환	e	
	작동확인	· 윙윙 소리	없을 것	청각	교환	d	
불꽃 검출기 (프레임라드, 광전관)	외관	· 뚜렷한 오염	없을 것	육안	청소/교환	b	프레임라드 2 광전관 1
	성능	· 프레임 전류의 확인	사양대로일 것	마이크로 전류계	교환	b	
스트레이너	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	청소/교환	a	7
	· 막힘		없을 것	육안	교환	a	
	· 가스 누출		없을 것	악취(비눗물/리크체커)	교환	d (a)	
연료 배관	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	수리/교환	a	-
	· 가스 누출		없을 것	악취(비눗물/리크체커)	수리/교환	d (b)	

표 3.9 보일러 제어 점검 기준

항목	점검 내용		판정 기준	체크 방법	처치 방법	점검 시기	예방 보전 [연]
전자계전기	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	3
		· 서멀릴레이의 설정치	사양대로일 것	육안	조정/교환	a	
		· 단자 나사의 느슨함	없을 것	드라이버	죄임	a	

	성능	· 접점 상황 (ON-OFF시의 이상한 아크)	없을 것	육안	교환	b	
		· 접점 상황 (ON-OFF시의 윙윙 소리)	없을 것	청각	교환	b	
즉시 계전기 (타이머)	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	3
		· 설정치의 확인	사양대로일 것	육안	조정/교환	a	
		· 단자 나사의 느슨함	없을 것	드라이버	죄임	a	
	작동	· 타이밍	사양대로일 것	스톱워치	조정/교환	b	
보조 계전기 (릴레이)	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	3
		· 단자 나사의 느슨함	없을 것	드라이버	죄임	b	
	작동	· 이상음	없을 것	청각	교환	b	
연소 안전 제어 장치	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	2
		· 단자 나사의 느슨함	없을 것	드라이버	죄임	b	
	작동	· 시퀀스 타이밍	사양대로일 것	육안/스톱워치	교환	b	
		· 착화/연소 확인	작동할 것	모의	교환	b	
		· 세트/리세트	작동할 것	모의	교환	b	
과열 방지 장치	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	2
		· 단자 나사의 느슨함	없을 것	드라이버	죄임	a	
		· 단선	없을 것	테스터	교환	e	
	작동	· 연소 정지	작동할 것	육안	교환	a	
온수 온도 제어 장치	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	2
		· 단자 나사의 느슨함	없을 것	드라이버	죄임	a	
		· 단선	없을 것	테스터	교환	e	
	작동	· 연소 정지	작동할 것	육안	교환	a	
내진	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	3

안전장치 (감진장치)		· 부착	사양대로일 것	수준기	조정	a	
	성능	· 세트/리세트	작동할 것	육안	교환	b	
휴즈	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	2
		· 단선, 용단	없을 것	테스터	교환	e	
		· 용량	사양대로일 것	육안	교환	a	
브레이커	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	5
		· 단자 나사의 느슨함	없을 것	드라이버	죄임	a	
	작동	· ON-OFF 작동	작동할 것	모의	교환	b	
표시등	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	5
	· 점등 확인		점등할 것	육안	교환	a	
조작 스위치	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	b	3
	작동	· 교체 작동	바뀔 것	육안	교환	b	
배선, 단자, 커넥터	외관	· 손상, 느슨함	없을 것	육안	수리/교환	b	-
		· 떨어짐, 단선	없을 것	테스터	수리/교환	e	
제어반	외관	· 손상	없을 것	육안	교환	a	-
		· 단자 나사의 완화	없을 것	드라이버	죄임	a	
절연저항	· 절연저항의 측정		2M옴이상일 것	절연 저항체	수리/교환	a	-

표 3.10 온수 보일러 본체 및 기능부품 설비 점검 기준

항목		점검 내용		판정 기준	체크 방법	처치 방법	점검 시기	예방 보전 [연]
배기계로	연기로	외관	· 뚜렷한 손상, 떨어짐, 이상 과열	없을 것	육안	수리	b	-
	연 기 로	작동	· 작동확인	양호할 것	육안	수리	a	7

	댐퍼		· 설정치	엇갈림이 없을 것	육안	조정	b	
	드래프트 레귤레이터	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	b	-
		작동	· 작동 확인	양호할 것	육안	수리	a	
	굴뚝, 배기통	외관	· 손상, 떨어짐, 이상 과열	없을 것	육안	수리/교환	b	배기통 7
		· 막힘		없을 것	육안	수리/교환	b	
	배기 TOP	외관	· 뚜렷한 손상, 떨어짐	없을 것	육안	수리/교환	a	-
		· 막힘		없을 것	육안	청소/수리	a	
	배연 감시 장치	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	b	5
		내부	· 손상, 오염	없을 것	육안	필터청소/투광면/수광면 청소/교환	b	
		성능	· 검지 능력	사양대로 일 것	육안	수리/교환	b	
유계로	연료탱크 (서비스탱크)	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	수리/교환	b	-
		· 내부이물		없을 것	육안	블로우/물빼기	a	
		· 오일 누출		없을 것	육안	수리/교환	b	
	송유 펌프	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	수리/교환	b	5
		· 오일 누출		없을 것	육안	수리/교환	b	
		성능	· 이상음	없을 것	청각	수리/교환	b	
			· 압력	사양대로 일 것	압력계	조정/교환	b	
	압력계	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	b	3
		· 오일 누출		없을 것	육안	교환	b	
	스트레이너	외관	· 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	b	7
		· 오일 누출		없을 것	육안	교환	b	

		· 막힘	없을 것	육안	청소/교환	a	
	레벨 스위치	외관 · 손상	없을 것	육안	수리/교환	b	5
		· 오일 누출	없을 것	육안	수리/교환	b	
		작동 · 작동 확인	사양대로 일 것	육안	조정/교환	a	
	오일 배관	외관 · 뚜렷한 손상	없을 것	육안	수리/교환	b	-
		· 오일 누출	없을 것	육안	수리/교환	b	
		· 막힘	없을 것	육안/압력계	청소/교환	a	
	방유제	외관 · 뚜렷한 손상	없을 것	육안	수리	b	-
		· 오일 누출	없을 것	육안	수리	b	
가스계로	가스배관	외관 · 뚜렷한 손상, 부식	없을 것	육안	수리/교환	a	-
		· 가스 누출	없을 것	악취/비눗물/리크체커	수리	b	
	스트레이너	외관 · 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	a	7
		· 가스누출	없을 것	악취/비눗물/리크체커	교환	b	
		막힘	없을 것	육안	청소	a	
	압력조정기 (가바나,레귤레이터)	외관 · 뚜렷한 손상	없을 것	육안	교환	a	7
		· 가스누출	없을 것	악취/비눗물/리크체커	수리/교환	b	
		작동 · 작동 확인	사양대로 일 것	압력계	조정/교환	a	
기초	기초볼트	외관 · 뚜렷한 손상, 부식	없을 것	육안	수리/교환	a	-
		· 죄임 상태	느슨함이	스패너	죄임	a	

			없을 것				
급배기계로	급배기(환기)설비	외관 · 뚜렷한 손상	없을 것	육안	수리/교환	a	-
		· 막힘	없을 것	육안	청소	d	
		· 급배기(환기)상태 확인	양호할 것	육안	수리	d	
급수급탕계로	급수관, 급탕관, 난방관, 릴리프관, 배수관	외관 · 뚜렷한 손상, 부식, 막힘	없을 것	육안	수리	b	-
		· 누수	없을 것	육안	수리	b	

주) 온수 보일러의 점검 시기 : a: 1년마다, b: 반년마다, c: 1개월마다, d: 매일, e: 수시

(2) 냉동기의 점검 기준

표 3.11은 냉동기의 점검 기준을 나타내고 있다.

표 3.11 압축식 냉동기의 점검 기준

진단 대상명	기기/재료	중요도	부위/부재	검출항목	진단방법	평가기준	대응책/조치
냉동기(압축형)	옥내기	O	본체, 외관	부식, 손상, 누수	육안	뚜렷한 부식, 손상, 누수가 없을 것	보수
				소음, 진동	청각, 촉각	이상 소음, 이상 진동이 없을 것	2차 진단
			기초	손상	육안	뚜렷한 손상이 없을 것	보수
			냉수	입구온도	온도계, 육안	17C 이하	2차 진단
				출구 온도	온도계, 육안	설정치+1C 이하	2차 진단
				출입구 온도	온도계, 육안	사양치-1C	2차 진단

					이하	
				수질	비이커받이, 육안	탁도 10이하	2차 진단
			냉각수	입구온도	온도계, 육안	33C 이하	냉각탑 진단
				출구 온도	온도계, 육안	38C 이하	2차 진단
				출입구 온도차	온도계, 육안	사양치-1C 이상	2차 진단
				수질	비이커받이, 육안	탁도 10이하	2차 진단
			응축기, 윤활유	베인 개도와 전류치	전류치, 육안	정격치의 105% 이하	2차 진단
				유량	유면계, 육안	레벨 규정선의 95%이상	급유
				압력	압력계, 육안	사양치의 95% 이상	급유
				냉각기 출구 온도	온도계, 육안	사양치+1C 이하	2차 진단
				냉각기 출입구 온도차	온도계, 육안	사양치+-2C 이내	2차 진단
				유질	유면계, 육안	뚜렷한 오염이 없을 것	2차 진단

4. 기타 설비의 진단기술

가. 배관의 진단

급배수 설비 배관의 개보수의 요구는 부식에 의한 기능 열화 요인의 예가 대부분이고, 누수 등의 고장에 의한 반송 기능 중단은 시스템 기능의 정지로 연결된다. 그 때문에 각종 배관의 부식 메커니즘과 그것에 적합한 열화진단수법을 이해해서 대상 배관의 열화 상태를 확실히 파악하고, 진단결과로부터 적절한 개보수 계획을 세워야 한다. 열화 진단은 개보수 대상 배관의 부식에 의한 열화가 어느 정도까지 진행하고 있는가를 조사해서, 그 결과로부터 개보수의 대책 방법을 검토하기 위해 수행하는 것이다.

(1) 1차 진단

1차 진단은 일상적인 유지관리 수준의 조사에 의한 것이며, 배관의 누수상태와 물의 상태로부터 진단하는 것이다. 세부적인 방법은 다음과 같다.

㈎ 누수빈도에 의한 방법

배관이 부식해서 누수하면, 그 부분에 고무밴드를 둘러서 상수하기도 하고, 부분적으로 보수, 교환하기도 하지만 이 누수빈도가 높게 되면 전면적인 갱신 등의 검토가 필요해 진다. 배관 계통마다 누수 부위와 도수, 상황 등의 기록으로부터 평균 고장간격(MTBF : Mean Time Between Failures)적 고려 방법과 마찬가지로 평균 누수 간격에 의해서 그 계통의 열화 상태를 추정한다.

㈏ 수질변화에 의한 방법

아연도금강관, 내면합성수지 라이닝 강관은 부식의 진행에 의해서 녹물의 탁도가 높아지게 된다. 그 착색 정도로부터 관내의 부식상황을 추정한다. 또한, 녹물의 나오는 빈도, 시간 등의 상황을 기록해 두고, 그 데이터를 비교하는 것으로 부식의 진행상황을 추정한다. 또한 녹물의 나오는 빈도, 시간 등의 상황을 기록해 두고, 그 데이터를 비교하는 것으로 부식의 진행상황을 추정한다. 또한, 계통의 시점과 종점, 예를 들면 양수관이면 저수조의 물과 고치수조의 물, 급수관이면 고가수조의 물과 말단수전에서의 물 등의 각각의 철분을 비교하는 것이며, 그 계통의 열화도를 추정하는 것도 가능하다.

㈐ 수량 변화에 의한 방법

아연도금강관에서 관 내면에 녹이 부착해서 유효단면적이 적게 되면, 토출량과 토출압이 감소해 간다. 세면기와 욕조 등에서 만수로 되는 시간을 기록해 두고, 정기적으로 비교하는 것이며 녹의 부착상황을 추정할 수 있다.

(2) 2차 진단

2차 진단은 배관의 상태에서 시판되고 있는 기기를 사용하여 관 내부의 부식상태를 파악하도록 하는 비파괴진단이다.

㈎ 초음파 두께 계측에 의한 방법

초음파 두께 계측에 의한 방법은 부식에 의한 살두께 감소 상태(잔존살두께)를 배관 외면으로부터 조사해서 분석하는 방법이며, 대상 배관은 부식에 의한 감소 살

두께가 문제로 되는 아연도금강관이다.

㈏ 화이버스코프(Fiberscope)에 의한 방법

화이버스코프는 유리섬유를 사용한 내시경으로써, 내시경을 배관 내부에 삽입해서 내부 상태를 관찰할 때 사용하며, 광원장치, 접안부, 조작부, 삽입부, 선단부로 구성되고 있다. 삽입부는 플렉시블하게 되어 있고, 선단부는 조작부의 레버조작으로 상하좌우로 구부릴 수 있도록 되어 있다. 화이버스코프는 삽입부의 구경과 길이에 의해서 여러 가지 종류가 있으며, 관찰하고자 하는 배관의 구경과 길이에 맞춰 사용할 수 있도록 되어 있다.

㈐ X선에 의한 방법

X선을 배관에 조사해서 배관의 후부에 둔 필름을 감광시키고, 내부 상황을 관찰하도록 하는 것이며, 관 종류에 관계없이 적용할 수 있다. 필름의 상해석이 어렵고 컴퓨터 해석에 의한 방법으로 되어 있다. 또한, X선 취급 자격과 조사시의 출입금지 등 법적 규제가 있다.

(3) 3차 진단

3차 진단은 실제로 배관을 절단해서 수행하는 파괴진단이다. 샘플링에 의한 방법이 주류이며, 이것은 파괴검사수법으로 대상 배관을 절단해서 샘플링을 취해 그것을 조사, 분석해서 진단하는 방법이다.

㈎ 대상 배관

샘플링에 의한 방법도 모든 배관 종류에 적용할 수 있지만, 열화 정도를 판단하는 경우에 동관과 스테인레스 강관에서는 절단 샘플로부터, 그 계통 전체를 추측하는 것은 어렵다. 주로 아연도금강관이 대상이 된다.

㈏ 샘플링

샘플링은 관내의 부식 생성물과 폐색물 등이 박리하지 않도록 하기 위해, 진동을 주지 않는 절단기를 사용해서 절단한다.

㈐ 샘플링의 조사 분석

① 관절단면의 녹흑의 부착상황, 폐색상황을 관찰하여 사진촬영을 한다.

② 샘플링을 관 축방향으로 두 개로 나누어서 내면 부식상황을 관찰하고 사진

촬영) 한다.

③ 산세정을 사용해서 녹흑을 제거하고, 부식으로 인한 살두께 감소부를 관찰하고, 사진촬영을 한다.

④ 포인트 마이크로 미터로 부식 살두께 감소부의 잔존 살두께를 측정한다.

⑤ 측정결과로부터 초음파 두께 계측법과 마찬가지로 부식진행 속도와 추정 내구년수 등의 분석을 한다.

나. 밸브의 진단 사례

밸브 진단시스템은 스마트 포지셔너가 정보처리기능을 활용하여 밸브의 불량이나 열화에 관한 정보를 검출하고 수집하는 시스템이다. 이 정보는 HART 또는 필드버스 등의 통신 프로토콜 상위 시스템으로 발신된다. 발신된 정보는 통신 프로토콜에 합치하는 데이터 중계기를 경유하여 마스터 기기가 되는 PC에 집중된다. 이 PC에서 밸브 진단용 적용이 동작하여 정보를 가공하고 편집 보존된다.

(1) 밸브의 진단 시스템의 기능

㈎ 유지보수정보 관리기능

밸브 진단 시스템은 밸브 유지보수에 필요한 다음 정보관리기능을 가지고 있다.

- 밸브의 사양 정보 : 형식, 구경, 정격 Cv 값, 조작기 사양 등 유지보수 실행에 필요한 기초 정보가 되는 밸브 사양을 데이터베이스로 보유한다.
- 유지보수 중요도 정보 : 정기 보수 싱 밸브 개방여부 판정은 플랜트운전 상의 리스크나 밸브가 프로세서에 미치는 영향을 변수로 하여 중요도를 결정한다. 이 중요도를 기준으로 모니터링 기능이나 검사기능 실행 대상을 결정한다.
- 위치정보 : 정유공장이나 종합화학공장에는 수천 대 규모의 밸브가 사용된다. 이런 공장에서는 태그 번호와 위치정보가 일상 정비의 중요한 정보가 된다. 이 시스템에서는 위치정보를 데이터베이스에 반영할 수 있다.
- 스마트 포지셔너 Configuration 정보 : 제어성을 향상시키고 설정이나 조정을 간단하게 작업할 수 있도록 개발한 결과 포지셔너의 스마트화는 일반적인 것이 되었으며, 그 Configuration 정보는 사용자에게 새로운 관리 항목이 되었다. 스마트 포지셔너의 각종 설정을 데이터베이스로 관리한다.

㈏ 모니터링 기능

모니터링 기능은 밸브 진단시스템의 주 기능이다. 플랜트 운전 중에 조절변의 열화에 관한 대표적인 지표인 진단 매개변수를 사용하여 조절변의 가동상황을 모니터 한다.

- 진단 매개변수로 밸브 집중감시 : 진단 매개변수의 추이를 그래프 표시로 집중감시한다. 종래에는 동일한 목적을 달성하기 위해 개도(opening) 발신기를 밸브에 부착하여 포지셔너의 입력 신호를 DCS 상의 자료와 비교하여 밸브를 감시하였다.
- 진단 매개변수의 알람 처리 : 매개변수에 일정한 한계 값을 설정하여 시스템 경보를 발생시킨다. 종래에는 밸브 가동상황에 특화시킨 경보는 존재하지 않았다. 하지만 이 시스템의 도입으로 정비 담당자의 필드 순회 점검 중에 특별히 주목할 필요가 있는 밸브를 사전에 지정할 수 있고 밸브 트러블로 인하여 발생하는 DCS상의 경보와 비교하여 경보 대상이 명확하기 때문에 불량에 대해 신속히 대처할 수 있다.

㈐ 검사기능

현재 밸브 검사는 간이 방법으로 정밀도를 확인하는 5점 체크가 많이 실행되고 있다. 이것은 밸브에 0%, 25%, 50%, 75%, 100%의 입력 자료를 주고 이것에 대응하는 개도와 소정의 정밀도가 확보되는지 확인하는 것이다. 현재 개도는 시각 점검하거나 리니어(linear) 게이지를 사용하여 정밀도를 산출한다. 하지만 진단 시스템의 도입으로 검사기능에서는 보다 광범위한 검사 패턴을 보다 효율적으로 실행하고 그 결과를 전자적으로 취급한다.

㈑ 스마트 포지셔너의 조정/설정 기능

이 진단시스템은 스마트 포지셔너의 조정/설정 기능을 가지고 있다. 본 시스템은 사용자가 쉽게 이용할 수 있도록 인간-기계 인터페이스와 조정/설정 내용을 전자화 하고 효과적으로 관리할 수 있는 수단을 제공한다.

(2) 밸브 진단 시스템의 통신 인프라

- HART 통신 : HART 통신이란 HART 협회에서 규격화한 필드기기의 통신기술이다. 4~20mA 아날로그 계장 신호에 필드기기와 통신을 실행하기 위한 디지

털 신호를 덧붙인 것으로 마스터 기기와 통신이 가능하다.

- Foundation 필드버스 : 필드버스란 복수의 스마트형 현장기기와 제어시스템을 결합하는 통일된 규격에 기초를 둔 통신기술이다. Foundation 필드버스는 필드버스협회가 제정한 디지털 통신 기술이다.

(3) 밸브 진단 시스템의 기대 효과

- 개방점검 필요 여부 판정의 합리화 : 이 시스템에서 취급하는 진단 매개변수를 유효하게 활용하면 정기보수 시에 밸브개방 점검 필요여부를 더욱 합리적으로 판단할 수 있다.
- 중요한 조절변의 감시 강화 : 개도 발신기를 이용한 중요 조절변의 감시를 본 시스템 감시로 대체하면 더욱 상세하고 효과적으로 감시를 할 수 있다.
- 불량 상태의 복구시간 단축 : 순회점검이나 DCS 경보에 의한 밸브 불량상태 검출과 비교해서 보다 빨리 검출할 수 있기 때문에 장치의 다운타임의 단축이나 생산손실 삭감에 기여할 수 있다.
- 밸브 성능 정량화 : 검사에서 얻은 밸브성능 자료를 유지보수 업무의 의사결정에 활용할 수 있으므로, 지금까지 기능자의 경험에 의존하였던 유지보수 노하우를 정량화하여 데이터로 축적할 수 있게 되었다.

5. 건축기계설비의 내구년수

표 3.12는 설비기기의 구체적인 내구년수를 보여주고 있다.

표 3.12 설비기기의 구체적 내구연수

기재명 No.		실사용 연수				추정 사용 연수		이미지 연수		추정 연수	제조 연한
		본체+부품	표준편차	본체	표준편차		표준편차		표준편차		
1	백동관 (급수)	13.0	4.5	-	-	18.1	5.4	17.4	6.6	15	
2	백동관 (배수)	17.8	3.6	-	-	18.4	5.5	18.1	6.6	15	
3	백동관	11.7	4.2	-	-	14.9	5.8	14.1	6.3	15	

	(급탕)										
4	백동관 (위생용)	13.2	4.3	-	-	-	-	-	-	15	
5	백동관 (냉온수)	-	-	-	-	18.0	5.8	17.3	5.8	15	
6	흑동관 (증기)	-	-	-	-	17.8	6.1	16.6	6.8	15	
7	동관 (급수)	-	-	-	-	20.8	6.9	21.0	6.3	15	
8	동관 (급탕)	10.8	8.0	-	-	18.3	7.8	19.1	7.0	15	
9	고가수조 (동판)	13.6	3.9	-	-	-	-	-	-	15	
10	저탕조 (동판)	10.1	5.1	-	-	17.1	5.3	16.0	7.2	15	7~12
11	저탕조 (스텐레스)	-	-	-	-	18.7	8.3	19.7	7.1	15	14~15
12	냉온수 펌프	11.7	2.5	12.5	3.5	17.0	6.2	16.2	5.3	15	8~10
13	양수 펌프	11.3	5.3	12.1	4.9	17.0	6.3	17.5	6.5	15	8~10
14	배수 수중 펌프	9.2	3.3	10.3	3.8	12.9	6.4	12.6	5.8	15	8~10
15	입형 배수 펌프	11.1	5.6	13.1	7.0	-	-	-	-	15	
16	냉각수 펌프	9.0	3.4	12.5	2.9	-	-	-	-	15	
17	가스 온수기	8.9	3.7	-	-	8.2	3.2	8.4	4.2	6	7
18	가스 욕탕	-	-	-	-	9.0	3.7	9.3	3.6	6	스테인레스10 6~8
19	연관 보일러	9.1	3.9	-	-	18.9	6.2	18.1	5.1	15	10~15
20	섹셔널 보일러	9.1	3.9	-	-	21.1	5.6	20.9	5.3	15	13~20
21	강판제 보일러(급탕)	9.1	3.9	-	-	14.7	6.4	12.0	4.9	15	3~5

22	강판제 보일러(난방)	9.1	3.9	-	-	15.0	6.3	13.3	5.1	15	10~15
23	터보 냉동기	12.0	5.1	-	-	21.1	5.7	19.2	5.8	13~15	10~15
24	레시프로 냉동기	-	-	-	-	15.0	6.5	14.6	3.6	13~15	15
25	흡수식 냉동기	-	-	-	-	17.5	5.4	19.0	5.9	13~15	15
26	냉온수 발생기	5.8	4.0	-	-	-	-	-	-	13~15	15
27	클리닝 타워	10.5	3.7	11.7	3.7	14.4	5.3	13.2	5.2	15	7~10
28	패키지형 공조기	10.0	3.7	12.2	2.6	13.4	5.6	13.4	5.9	13~15	7~10
29	에어핸들링 유닛	12.2	3.9	14.0	2.0	17.5	5.9	15.7	5.8	-	8~10
30	팬코일 유닛	-	-	-	-	15.8	6.4	14.3	5.7	-	7~10
31	컨백터	-	-	-	-	13.6	7.1	16.2	6.1	-	5~10
32	주철제 라디에이터	-	-	-	-	20.8	6.7	22.6	6.7	-	
33	시록코팬	12.3	5.1	15.0	4.6	18.6	6.2	18.3	6.2	15	8~10
34	자동제어 (검출기)	10.7	4.6	-	-	-	-	-	-		10
35	고압차단로 OCB	-	-	-	-	25.0	9.1	25.6	8.8	15	20~30
36	고압개폐기 OS	-	-	-	-	23.6	9.5	23.9	8.9	15	20~30
37	고압개폐기 MCTT	-	-	-	-	21.2	7.6	19.9	7.1	15	20~30
38	부속기기 CT	-	-	-	-	20.3	7.0	22.0	7.5	15	20~30
39	부속기기 PT	-	-	-	-	20.5	6.5	21.5	7.4	15	20~30
40	축전지 납	10.9	4.2	-	-	13.4	4.3	11.8	4.6	6	10~15

41	축전지 납밀폐	10.9	4.2	-	-	12.5	3.6	11.7	3.6	6	10~15
42	축전지 포켓 알카리	10.9	4.2	-	-	15.3	3.6	13.1	4.2	6	12~20
43	전선	-	-	-	-	27.2	9.3	29.5	10.7	15	30~50
44	저압개폐기 스위치	-	-	-	-	16.5	7.8	16.8	8.5	15	10
45	저압개폐기 콘센트	-	-	-	-	16.0	6.9	16.0	7.1	15	10
46	분전반 동력반 릴레이	10.6	4.5	-	-	-	-	-	-	15	
47	분전반 동력반 KS	13.6	4.5	-	-	-	-	-	-	15	
48	조명기구	10.9	4.6	-	-	-	-	-	-	15	

표 3.13 설비의 수선방식별 내구연한

구분	공구 종류별	도장		보충 수리		해체 수리		교체	비고
		시기(년)	수선률(%)	시기(년)	수선률(%)	시기(년)	수선률(%)	시기(년)	
예비 전원 (자가발전)설비	엔진	3	2.3	2	2	5	3.6	25	(예비기기가 없을 경우)
	발전기	3	1.8	2	0.1	8	3	30	
	냉각수 탱크	3	1	3	4	5	25	20	
	오일 탱크	5	1	3	4	8	25	25	
	에어 탱크	3	1	2	5	6	30	20	
	컴플레서	5	1	2	15	5	20	20	
	배전반	10	2	1	0.5	10	10	25	
	냉각용 배관	2	2	3	30	-	-	20	
	오일 배관	2	2	3	30	-	-	20	
	방진 장치	4	1	5	20	10	50	20	
	배기관 (소음기모두)	2	1	3	10	7	30	15	

	자동 제어반	10	2	1	1	6	15	20	
	축자기	-	-	1	1	5	15	15	
	축전지	-	-	1	3	-	-	4	
	전기용 배선배관	3	1	5	3	-	-	20	
변전 설비	변압기	8	2	3	3	10	26	25	전등, 동력 모두
	보안기류	3	0.5	-	-	8	26	25	
	컨덴서	8	2	3	3	-	-	20	
	수전반	10	2	1	0.5	10	8	25	
	배전반	10	2	1	0.5	10	10	25	
	유도전압 조정기	8	0.3	1	1	8	20	20	
	축전지	3	2	1	2	5	20	10	
	충전기	10	1	1	3	6	10	18	
	제어용 오일 개폐기	8	2	3	3	10	10	20	
	전기용 배선배관	3	3	5	5	-	-	20	
옥내 배선 설비	스위치	-	-	1	12	-	-	5	
	콘센트	-	-	1	10	-	-	6	
	휴즈	-	-	1	10	-	-	7	
	배선배관	3	1	5	3	-	-	20	
전력 설비	발전기	3	1	1	1	5	7	20	
	모터	3	3	2	1	8	15	20	
	배전반류	10	2	1	0.5	10	10	25	
	배선배관	3	1	5	3	-	-	20	
급수 설비	터빈 펌프	3	1	3	20	7	50	15	
	모터	3	3	2	1	8	15	20	
	보어홀 펌프	3	1	2	20	6	50	17	
	모터	3	3	2	1	8	15	20	
	배전반	10	2	1	1	8	15	20	
	지하 저수조	-	-	8	10	20	15		

	급수조(철판제)	2	1	7	4	-	-	20	
	멸균소독장치(벽걸이형)	-	-	1	10	5	40	10	
	급수관(백가스관)	3	2	5	30	-	-	20	
	급수밸브	-	-	3	2	7	50	20	JIS형
	양수기	-	-	5	20	-	-	15	표준형
	급수관 방로피복	-	-	5	30	-	-	15	
급탕 설비	순환 펌프	3	1	3	20	5	50	15	
	모터	3	3	2	1	8	15	20	
	급탕조(철판제)	3	1	5	30	-	-	15	
	팽창조(철판제)	3	1	5	30	-	-	15	
	급탕관(백가스관)	3	2	5	30	-	-	18	
	지수 밸브	-	-	3	2	7	50	18	
	급탕관 보온장치	-	-	5	30	-	-	15	
	배전반	10	2	1	1	8	15	20	
배수 설비	펌프	3	1	2	30	5	50	15	
	모터	3	3	2	1	8	15	20	
	배전반	10	2	1	1	8	15	20	
	배수관(백가스관)	3	2	5	30	-	-	18	
	배수관(연관)	5	2	7	30	-	-	22	
	배변관(주철관)	5	2	7	30	-	-	28	
	배변관(연관)	5	2	7	30	-	-	22	
	배변관(흄관)	5	2	7	30	-	-	28	
	DEN	7	30	-	-	7	30	25	
	정화조(콘크리트조)	7	15	-	-	7	15	-	65년째 대수선(수선률 65%)
소화설비	소화펌프(터빈)	3	1	3	30	9	50	27	
	모터	3	3	2	1	8	15	20	
	엔진	3	2.3	2	2	5	3.6	25	

	배전반	10	2	1	1	8	15	20	
	소화기구	5	18	5	25	10	50	20	
	배관(백가스관)	3	2	5	30	-	-	20	
	스프링쿨러	-	25	5	-	-	-	-	
	급수밸브	-	2	3	50	7	-	20	JIS형
	급수관 방로 피복	-	-	5	30	-	-	15	
가스 설비	배관(백가스관)	3	1	7	30	-	-	20	
	가스 콕	-	20	3	-	-	-	16	
증관 설비	보일러(수관식)	2	0.6	1	2	8	10	25	보일러 본체만
	보일러(원관식)	2	0.6	1	2	10	10	25	
	스토커	2	0.2	2	7	10	50	18	
	펌프(터빈)	3	1	3	20	7	50	15	
	모터	3	3	2	1	8	15	20	
	펌프(워싱톤)	3	0.5	1	10	5	30	15	
	펌프(진공펌프)	3	0.5	1	10	5	30	18	
	펌프(콘덴션)	3	0.5	2	10	7	30	18	
	급수탱크(철판제)	3	1	5	4	-	-	15	둥근형
	장치내배관(흑가스관)	3	2	4	30	-	-	15	
	장치 펄프	-	-	2	12	5	50	15	
	장치 트랩	-	-	1	10	-	-	5	바스켓형
	보온 피복	-	-	5	30	-	-	15	
	배전반	10	2	1	1	8	15	20	
난방 설비	라디에이터(주철제)	3	5	3	10	-	-	30	
	배관(흑가스관)	3	1	-	-	-	-	15	
	밸브	-	-	3	2	7	50	18	
	방열기 밸브	-	-	2	15	-	-	12	
	트랩	-	-	2	10	-	-	7	
	보온 피복	-	-	5	30	-	-	15	
	송풍기	3	5	5	10	8	30	20	

환기 설비	모터	3	3	2	1	8	15	20	
	배전반	10	2	1	1	8	15	20	
	덕트	3	5	7	20	-	-	20	

제 3 절 건축전기설비의 성능, 고장·열화진단 방안

1. 전기설비의 유지관리기술 동향

가. 전기설비 유지관리기술의 변천

최근 건축물을 비롯한 여러 시설물에는 쾌적성, 기능성, 편리성, 안전성의 요구에 대응하기 위하여 여러 가지 첨단설비가 도입되고 있다. 이들 첨단설비 중 전력부하 설비가 양적으로 많이 설치되는 경향으로 건축물이나 시설물에 설치되는 전력부하 설비가 사람이나 다른 장비에 미치는 영향은 지대하여 이에 대한 유지관리는 매우 중요하다.

유지관리란 메인티넌스(Maintenance)라고도 하며, 일본에서는 보전(保全)이라 한다. 이것은 대상 기기가 표시된 성능을 보증하게 하기 위하여 하는 것이며, 일반적으로 성능이나 고장의 시점에 따라 사후 유지관리, 예방(사전) 유지관리, 계획적 유지관리, 상태감시 유지관리 등으로 구분한다.

전기설비 또는 기기의 보전방식의 변천과정을 보면 사후보전에서 예지보전에 이르기까지 여러 가지 과정을 거쳤다. 그림 3.9는 설비보전 방식의 변천과정을 나타내고 있다.

사후 유지관리 방식(Breakdown Maintenance)은 사고가 발생한 후에 또는 고장으로 기기가 정지하거나 성능이 떨어져서 수리와 정비를 하여 사용 가능하도록 복구시키는 정비(수리) 유지관리를 의미한다. 이와 같은 방식은 생산에 미치는 영향이 대단히 크고, 거액의 조업 손실을 유발할 수 있다. 그 후 새롭게 등장한 예방 유지관리(Preventive Maintenance)는 계획적으로 유지관리 활동(청소, 점검, 지정, 정비 등)을 실시하여 기기의 고장이나 성능 저하를 사전에 방지하여 경제적 손실을 입지 않도록 하는 유지관리 기법이다. 다시 말해서 기기의 부품 교환이나 기계의 분해 검사를 일정 기간마다 실시하여, 돌발 사고를 막음으로서 기기의 신뢰성을 확보함으로써 사후보전을 대신하여 널리 사용하게 되었다. 반면에 예방 유지관리 방식은 아직 사용할 수 있는 부품을 무조건 교환함으로써 손실을 초래하고 심한 경우는 유지관리 때문에 교환한 기기의 상태를 손상할 수도 있다.

따라서 이러한 예방보전의 문제점을 보완하여 설비의 생산성 향상에 초점을 맞춘 생산 유지관리(Productive Maintenance)라는 방식이 제안되었고, 이 방식은 기기의 생애 비용(Life Cycle Cost)과 기기의 효율 저하에 따른 손실까지의 합계를 감소시켜 생산적인 경제성을 극대화시키는 유지관리 기법이다. 그 후 설비의 본질

을 개선하는 개량 유지관리(Corrective Maintenance)가 제안되었다. 이 방식은 기기의 고장과 성능 저하를 분석하여 기기를 개량 조치하거나 설계 단계로부터 조치하여 기기의 내구 성능을 개선하는 것을 말하는 것으로 사후 유지관리의 한가지라고 볼 수 있다. 예방보전과 함께 설비 자체의 본질을 개선하여 열화의 정도를 저하시킴으로써, 고장률을 낮추고 열화로 인한 손실 및 보전 비용을 저감시키는 효과가 있으며, 이 방식은 본질을 개선하는 비용 이상으로 손실이나 보전비를 경감할 수 있는 경우에 경제적이다.

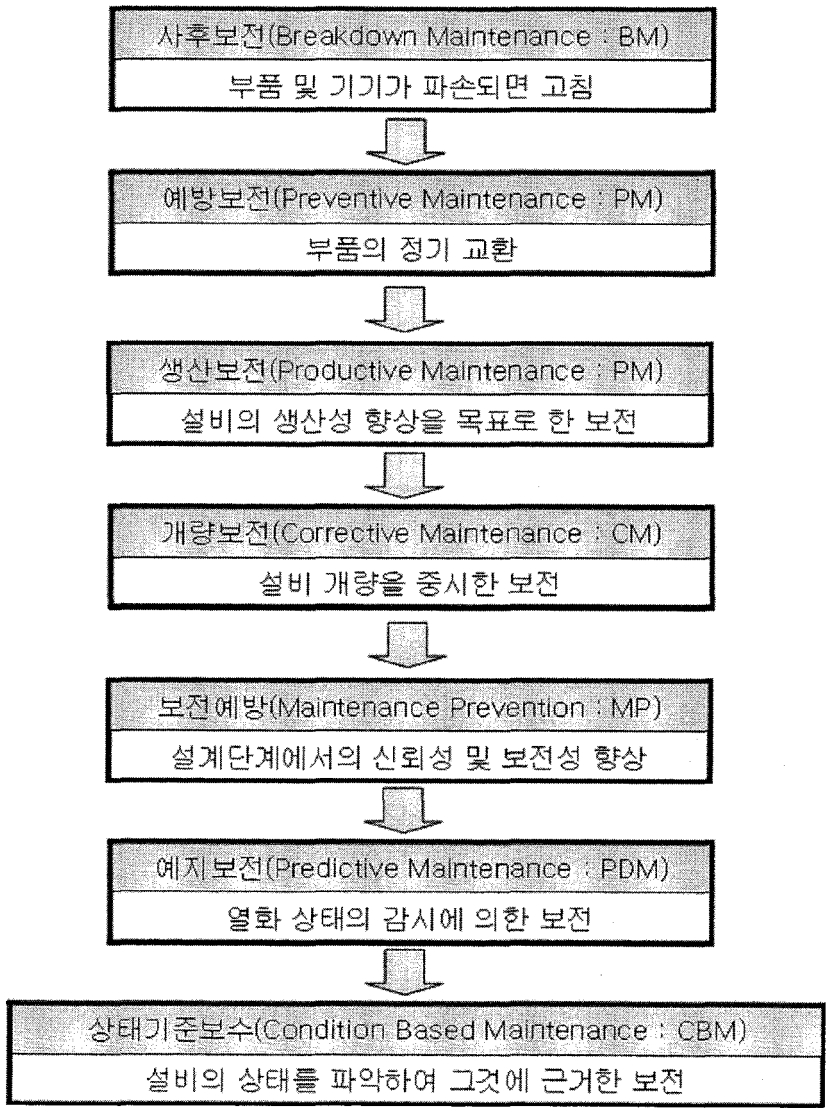


그림 3.9 설비 보전의 변천

유지관리 방지(보전예방 : Maintenance Prevention) 방식은 설비의 설계나 시공시에 다소 비용이 더 소요되더라도, 운전시 보전비나 열화 손실이 작다면, 장기적으로 경제적이라는 사고에서 출발하였으며, 다음과 같은 것을 사항을 고려한다.

① 기기 장치는 고장이 발생하기 어려운 것으로 한다.

② 고장이나 변조가 생겨도 신속하고 쉽게 수리할 수 있다.

③ 설비비와 보전비의 합계가 저렴하게 되도록 한다.

일반적으로 이것을 각각 신뢰성, 보전성, 경제성이라 부르며, 보전 활동을 용이하게 함과 동시에 설비의 사용기간을 효율적으로 활용하고 관리하도록 하는 것이다.

예지보전(Predictive Maintenance)이란 기기의 상태를 정량적으로 분석하여 기기의 이상징후나 장래 일어날 만한 사태를 미리 파악함으로써, 필요시에 유지관리를 실시하는 상태기준형 보전(Condition Based Maintenance)방식을 말한다. 이 방식은 예방보전과 함께 현재 사용되고 있는 보전방식의 주축이 되고 있다.

최근에 건물관리의 중요성이 인식되면서 유지관리는 기본적으로 그 방향이 사후보전에서 예방보전으로 변화하는 추세이다. 이것을 감안할 때 예방보전의 측면에서 지속적으로 갱신되며, 끊임없이 변화하는 방대한 양의 시설에 대한 각각의 상태를 인력에 의한 수동적인 관리로 항상 정확하게 파악하고, 적절히 관리한다는 것은 불가능에 가깝다. 장비 이력카드에 대한 기록, 소모성 비품의 구입과 보수 등에 대한 기록을 일일이 유지하여 보존하는 것도 용이하지 않고, 관리자의 경험이나 기억에 의존하여 관리한다는 것은 더 더욱 한계가 있는 것이다. 더욱이 사무자동화에 따른 건물 내부의 각 곳에서 전원용량은 증대해 나가고, 배선상태는 수시로 변화하며, 이들의 장비에 의한 실내 환경부하의 변화 등으로 인하여 설비는 항상 변화하게 된다는 사실을 고려한다면, 건물관리는 이제 단순 반복적인 업무로 간주할 수는 없는 것이다.

이에 대한 방편으로 관리의 체계화가 제한적으로 적용되어 왔었다. 주로 생산시설에서 적용되었었다. 환경적으로나 기술적으로나 여러 가지 정밀한 조건을 지켜나가야 하였을 뿐만 아니라, 관리 비용의 문제는 곧 생산 원가에 영향을 미쳤기 때문이다. 그러나 근래에는 사람들의 쾌적하고 편안한 환경에 대한 욕구가 증대함으로 인해서 일반적인 사무소용 건물이나 상가, 문화공간 등으로 이러한 요구가 확대하고 있는 실정이다. 이에 대한 대안으로 나타나고 있는 것이 FMS(Facility Management System)시스템이다. 컴퓨터를 주체로 하는 정보기술을 이용하여 체계적이고 과학적으로 건물을 관리하는 시스템이다. 이것은 표 3.14에서 보는 바와 같이 건물의 총체적인 가치를 관리할 수 있는 방법이다.

표 3.14 컴퓨터에 의한 관리자원시스템의 분류

구 분	Building Automation System	Building Management System	Facility Management System
목 적	설비 운전의 중앙감시	설비관리의 자동화	건물의 경영 관리
대 상	설비기기의 운전원	설비기기의 관리자	건물의 소유주, 관리자
내 용	설비기기의 상태 감시 조작	상태감시, 조작 에너지의 사용 제어 자기 진단 기능	상태감시, 조작 에너지관리 열화진단 시설의 경제적 운용

나. 전기안전관리 체제

(1) 전기안전 관련 법규

우리나라는 건축전기설비기술사가 제작한 전기도면에 따라 전기공사업법에 의한 전기공사업체가 전기설비를 시공하고 있으며, 전력기술관리법에 의한 전력기술인의 양성 및 기술 진흥을 기대하고 있다. 또한, 전기용품 안전관리법과 한국산업규격(KS)을 만족하는 전기설비를 제작하고 전기사업법에 제정되어 있는 전기설비의 기술기준, 발전용 화력설비기술기준, 발전용 수력설비기술기준 등의 기술기준과 내선규정, 배전규정 등을 기준으로 시공하며, 마찬가지로 전기사업법에서 규정되어 있는 사용전검사, 정기검사 및 점검을 통하여 사후 안전관리를 하고 있다.

(2) 전기설비의 분류 및 검사제도

전기설비는 전기사업법에서 용도 및 설비용량에 따라서 표 3.15와 같이 전기사업용 전기설비, 자가용 전기설비, 일반용 전기설비로 분류되어 있다.

표 3.15 전기설비의 구분

구 분	내 용
전기사업용 전기설비	전기사업자의 발전, 변전, 배전설비
자가용 전기설비	고압이상 수전설비 및 75kW 이상의 저압수전설비, 75kW 이상의 비상용예비발전설비
일반용 전기설비	상기 설비 이외의 전기설비

전기사업용 전기설비는 전기를 생산하여 수용가에게 공급하기까지의 과정에 필요한 한전 설비(발전설비, 송전설비, 변전설비, 배전설비)를 말한다. 자가용 전기설비는 수용가 설비 중 전압 600V초과, 용량 75kW 이상 설비를 의미한다. 전압 600V 이하, 용량 75kW 미만 설비는 일반용 전기설비로 분리된다. 이들 설비의 사용전검사와 정기검사(사업용·자가용), 사용전점검과 정기점검(일반용)은 전기 사업법에 따라 한국전기안전공사와 한전이 수행하고 있다.

사용전검사는 전기사업용 전기설비와 자가용 전기설비의 설치 및 변경공사가 전기설비기술기준에 합당한지의 여부를 검사하는 것이고, 정기검사는 이들 설비의 유지·운영 상태를 정기적으로 검사하는 제도다.

표 3.16은 자가용전기설비에 관한 정기검사 주기를 나타낸 것이며, 일반용전기설비에 관한 정기검사 주기는 표 3.17과 같다. 전기사업용 전기설비와 자가용 전기설비의 사용전검사·정기검사는 모두 한국전기안전공사가 맡고 있고, 일반용 전기설비의 사용전점검·정기점검은 한전과 한국전기안전공사가 나누어서 처리하고 있다.

표 3.16 자가용전기설비의 정기검사 주기

검 사 대 상	검사 주기
의료기관, 공연장, 호텔, 대규모 점포, 예식장, 지정문화재, 단란주점, 유흥 주점, 목욕탕, 노래연습장에 설치한 고압 이상 수전설비 및 75kW 이상 비상용 예비발전설비	2년마다 2월 전후
시행규칙 제40조 제1항의 규정에 의하여 전기안전관리담당자 선임이 면제된 제조업자 또는 제조업 관련 서비스업자의 수용설비	2년마다 2월 전후
산업안전보건법 제49조의 2에서 규정하는 '공정안전보고서' 또는 고압가스안전관리법 제13조의 2에서 규정하는 '안전성향상 계획서'를 제출 또는 비치하는 자의 고압 이상 수전설비 및 용량 75kW 이상 비상용발전설비	4년 이내
상기 외의 고압 이상 수전설비 및 75kW 이상 비상용 예비발전설비	3년마다 2월 전후

표 3.17 일반용전기설비의 정기점검 주기

검사 대상	검사 주기
① 다음의 장소에 설치된 20kW 미만의 전기설비 공연장, 유흥 주점 단란주점 및 체력단련장 대규모 점포 상점가 및 의료기관 또는 호텔, 집회장 ② 다음의 장소에 설치된 75kW 미만의 전기설비 목욕장, 비디오물감상실, 게임제공공업시설, 노래연습장, 청소년 수련시설, 사회복지시설 및 유치원 기타 시도지사가 안전관리에 필요하다고 인정하여 지정하여 고시하는 다중이용시설에 설치하는 전기설비	1년
상기 이외의 저압 75kW 미만의 일반주택, 소규모 공장 및 빌딩 등의 전기설비	2년

선진국가에서 검사에 관한 전기설비의 범위는 구내배전설비를 포함하고 있고 전기설비의 검사 및 점검이 정도의 차이는 있으나 정밀하고 엄격히 수행되고 있는데 반해 우리나라의 경우 구내 배전설비에 관한 사용전검사는 이루어지지 않다가 최근의 전기사업법 시행규칙의 개정에 따라 수전설비 1,000kW 이상 규모의 전기설비에 대하여 구내 배전설비를 사용전검사시 포함하여 실시하고 있다.

(3) 자가용전기설비의 안전관리

전기사업법 제73조의 규정에 의거 자가용전기설비의 소유자는 전기설비의 공사, 유지 및 운용에 관한 안전관리업무를 수행하기 위하여 전기안전관리자를 선임하도록 되어 있으며, 단, 100kW 미만의 전기수전설비와 500kW 미만의 전기설비의 경우 한국전기안전공사나 일반 전기안전관리대행업체 등에 위탁하여 관리할 수 있게 되어 있다.

다. 전기안전관리의 문제점

(1) 전기안전사고 및 기기불량 현황

배전선로에 설치된 기기가 불량일 경우 교체는 안전점검을 담당하고 있는 한전 사업소가 맡는다. 사업소 예산에 기기교체 비용이 포함되어 있기 때문이다. 그러나 1년 동안 전국에서 어떤 설비가 얼마나 교체되었는지는 정확한 통계자료가 나와

있지 않다.

한전 관계자는 "본사차원에서 이러한 데이터를 집계하지는 않는다"며 "정확한 교체 내용을 알기 위해서는 해당 사업소에 알아봐야 한다"고 말하고 있다. 때문에 현재 정확한 설비별 불량 유형은 한국전기안전공사가 발표하고 있는 자가용 전기설비 정기검사결과를 통해서만 알 수 있다.

2004년 검사 결과에 따르면 저압 수용가에서는 전기공급설비의 부적합 점유율이 65.8%로 가장 높고, 차단기와 개폐기 부적합이 18.9%로 뒤를 이었다. 고압이상 수용가인 경우에는 개폐기의 부적합 점유율이 18.9%로 1위를 차지했고, 차단기와 계전기 부적합도 16.5%로 집계되었다.

(2) 전기화재 현황

한국전기안전공사의 2005년 전기재해현황을 살펴보면, 전체 전기화재 8,535건 중에서 가장 높은 비율을 차지한 곳이 주거시설인 일반 주택과 아파트 등으로 29.0%를 나타냈고, 다음이 공장이나 작업장으로 12.7%로 나타났다. 또한 점포, 음식점, 시장, 숙박업소, 사업장, 학교에서 화재가 발생하였을 경우 40% 이상이 전기화재로 밝혀졌다.

전기화재의 원인별 발생 현황에서는 전기배선의 합선에 의한 화재가 64.2%, 다음으로 과부하가 13.3% 등의 순으로 나타났고, 전기재해의 가장 큰 원인이 되는 것은 특고압 수전설비나 배전설비가 아니고 일반용 저압설비인 것으로 판단된다.

전기화재를 일으키는 원인을 살펴보면 다음과 같다.

① 전기설비의 설계시 비전문기술자에 의한 설계가 음성적으로 발생하고 있다.

② 일반적으로 중형 아파트에서 거실에 사용하는 에어컨의 경우 부하용량이 약 2.6kW에 달하며, 대형아파트의 경우 각 방마다 소형 에어컨을 별도로 사용하는 경우로 매우 큰 용량의 전기설비임에도 세대별 전기계약 용량은 거의 3kW에 불과하며, 이를 기준으로 하여 세대 배선공사가 이루어졌기 때문에 과부하에 의한 발열로 전기화재의 우려가 매우 높다. 더구나 과부하에 의하여 차단기가 트립되면 배선의 굵기는 고려하지 않은 채 차단기만 더 큰 용량으로 교체하고 마는 무자격 공사업자들로 인해 그 위험도는 매우 높아지고 있다.

③ 전기화재사고가 발생할 우려가 높은 저압 배선의 증설 및 변경공사 등의 전기공사는 전기공사업 면허가 없는 무자격자에 의하여 시공되는 사례가 매우 많으며, 더구나 부하설비 및 저압배선의 경우 사용전검사 및 정기검사와 같은 법정검사의 대상에서 제외되어 있어 관리 소홀 및 부적합한 전기설비에 대한 개수가 제대로 이루어지지 않는 경우가 많다.

④ 사용중 경년에 따른 성능의 열화도 각종 사고의 원인이 된다.

⑤ 냉난방설비나 주방기기와 같이 전기설비의 부하용량은 나날이 커지고 있으나 기존의 배선설비를 증설하지 않고 부하설비를 마구 사용하여 과부하에 의한 사고 발생 우려가 높다.

⑥ 개폐기, 차단기의 정격과 배선의 상호 보완관계가 적절치 않을 경우(부정합)가 많다.

⑦ 각종 이동형 기기는 이동에 따른 배선의 손상 우려가 높음에도 불구하고 보호장치가 미흡한 경우가 많다.

따라서 전기 화재의 발생을 억제하기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

① 전기설비의 설계에서부터 시공과 감리에 이르는 경로에 있어서 형식적이 아닌 실질적인 기술관리가 이루어져야 한다. 즉, 설계, 시공, 감리에 이르는 모든 분야에서 자격을 갖고 있는 전기기술자가 직접 현장에서 관여를 하여야 하며, 이에 대한 책임과 의무를 명확히 하여 책임설계, 책임시공, 책임감리가 이루어지도록 제도화되어야 한다.

② 전기화재의 발생 빈도가 높은 저압 전기설비의 증설 및 변경공사시 비전문가에 의한 시공이 근절될 수 있도록 하여야 한다. 이를 위하여

- 전기공사업 면허의 철저한 관리
- 소규모의 전기공사라 할지라도 전기 관련 자격증이 없는 일반인은 전기공사를 할 수 없도록 해야 하며, 공사 실명제와 같은 제도를 도입하여 실제의 공사담당자에 대한 확인, 검증 관리가 이루어져야 한다.
- 전기공사업체 소속의 기술자(무자격자를 포함)에 대한 법정교육을 강화하여야 한다.

③ 저압 수용가의 신축시 면적에 따른 부하설비 용량의 차이를 감안하여 충분한 굵기의 전선을 사용하여야 하며, 수전설비는 부하설비의 증가에 대비한 구조를 갖추어야 한다. 또한 이를 감독하고 검사하기 위한 제도적인 장치가 필요하다.

④ 노후설비에 대한 점검 및 보수를 소홀히 하지 않아야 한다.

(3) 안전관리 방법

정기검사 의무가 없는 지중설비와 가공설비 등 배전설비는 한전이 자체적으로 마련한 규정에 의해 관리되고 있다. 우선 개폐기 등 지중설비는 설치년도와 상관없이 1년에 한 번씩 안전 점검을 받도록 의무화되어 있다. 또 필요시에는 수시점검도

이루어진다.

안전 점검은 일선 사업소가 맡는다. 주로 육안 점검과 열화상 측정, 부하전류 측정 등 기본적인 점검 방법이 사용된다. 이 과정에서 이상 소견이 발견될 경우 가스·수분 측정 등 정밀점검이 실시된다. 한전에서는 안전점검에서 문제가 있다고 판단되고, 정밀한 점검이 필요하다고 생각되는 경우에 한해 정밀 점검을 실시하고 있으며, 정밀 점검은 외부업체에 의뢰하여 처리하고 있다. 정밀점검 결과 사고위험이 있다고 판단되면 일선 사업소에 할당된 예산을 사용, 자체적으로 기기를 교체하고 있다.

주상변압기와 같은 가공설비도 정기적인 안전점검이 이루어지고 있다고 한다. 정기점검은 1년에 1번씩 실시되고, 필요할 때마다 특별점검과 절연유시험도 이루어진다. 특히 전압 측정과 전류 측정 등은 수시로 이루어지며, 접지저항 측정도 2년에 1번씩 실시된다. 앞으로 기기별 특성과 고장 유형, 수명 등의 자료를 수집해서 사고 예방대책을 세우는 연구 과제를 현재 검토 중에 있고, 사고예방을 위해 설비의 정확한 상태를 파악할 수 있는 안전진단 분야에 역점을 둘 계획이라고 한다.

이에 반해 한국전기안전공사는 자체규정이 아닌 전기설비기술기준에 따라 검사와 점검을 진행한다. 기술기준에 나와 있는 검사항목(절연저항, 접지저항, 보호계전기 등)을 평가한 뒤 부적합여부를 판단해 '합격', '불합격' 판정을 내린다. 불합격판정을 받은 설비는 일정 기간 내에 문제점을 처리한 뒤 재검사를 받아야 한다.

라. 중전기기의 운전 실태

현재 국내에서 운전 중인 중전기기의 규모를 정확히 파악하는 것은 사실상 불가능하다. 전력기자재에 대한 통계시스템이 아직 구축되지 않았기 때문이다. 한전이 구매, 운전하고 있는 중전기기는 어느 정도 규모를 추정할 수 있지만 민수시장은 주요 기업들이 자체 분석한 자료에 의존할 수밖에 없는 실정이다.

배전용 변압기의 경우 2005. 5월 '2005 배전용변압기 기술개발 심포지움'에서 발표된 한전품질검사소의 자료에 의하면, 2004년 말을 기준으로 국내에 운전 중인 주상변압기는 총 1,625,104대로 전체 용량은 73,689,630kVA에 달한다고 한다. 1대당 평균 용량은 45.3kVA이고, 지상 변압기는 26,501대로 총 용량은 4,869,395kVA, 대당 평균 용량은 183kVA이다.

전체 배전용 변압기는 1,651,605대로 평균 용량이 47.6kVA이며, 전체 용량은 78,559,025kVA에 이른다. 주상변압기 대 지상변압기 비율은 95대 5 정도이다. 지난 1980년만 해도 전국에 설치된 배전용 변압기는 26만 여대에 불과했으나 경제성장

에 따라 전력사용이 급증하면서 기하급수적으로 늘어났다.

이병성 전력연구원 선임연구원은 배전용 변압기를 한 번 설치하면 특별한 고장이 없을 경우 13년 동안 계속 사용하다 교체하거나 중수리를 통해 재 설치한다고 한다. 재 설치 후 13년이 경과되면 통상 폐기되는 경우가 대부분이다. 이 때문에 배전용 변압기의 운전 기간은 대개 20년을 넘고 있다.

민수용 변압기의 경우 연간 1,200~1,300억원 규모로 추정되는 몰드변압기 시장에서 LS산전, 현대중공업, 효성, ABB 등 대기업 4사와 KP 일렉트릭, 산일전기, 조일성업전기 등 중소기업이 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 1990년대 말부터 급속히 증가하고 있는 몰드변압기 생산량은 현재 연 1만대 이상에 달하고 있다. 2005년 6월말 현재 한전 배전선로에서 운전 중인 개폐기와 차단기는 총 44만 여대로 파악되고 있다.

한전에 따르면 ALTS(자동부하절체개폐기) 등 가공용 차단기는 5,368대, 선로용 COS를 포함한 가공용 개폐기는 436,448대로 집계되고 있다. 지중 차단기는 284대, 지중개폐기는 29,588대로 조사되고 있다. 이 중 전국적으로 10년 이상 사용된 노후 지상개폐기 수도 약 6,500여대에 달하는 것으로 추정되고 있다.

민수에서는 ASS(고장구간 자동개폐기)의 소비가 가장 많은데, 연 수요는 7,000대 규모다. 이미 전국에 설치된 ASS 대수는 10만대가 넘는다는 것이 업계 관계자들의 이야기이다. 개폐기와 차단기의 내구연한과 관련된 별도의 기준이 없는 상태로 보통 사용연한은 20년 정도라는 지적이다.

배전반은 전체 국내 시장 규모가 8,000억원대로 기존설비의 개·보수 물량이 2,000~3,000억원, 신규 물량이 5,000억원 정도로 나눠진다. 배전반은 종류와 용도가 다양해 내용연수를 일괄적으로 파악하기 어렵지만, 일반적으로 15~20년 정도로 업계는 보고 있다. 국내 대형 산업단지나 제철, 화학 플랜트가 1970년대 이후 가동된 것이 많아 현재 배전반 개·보수 작업이 늘고 있는 추세이다. 그러나 소형 공장에서는 20년이 넘어도 일부 보수를 통해 배전반을 계속 사용하는 경우가 허다하다.

배전반은 변압기와 개폐기, 차단기, 계전기류를 조합한 시스템 제품이기 때문에 일괄 교체보다는 구성품의 교체로 개·보수가 이루어지는 것이 일반적이다. 현재 운전 중인 배전반 가운데 가동연수가 17년 이상인 제품은 전체의 40% 정도로 추산된다.

마. 온라인 유지관리시스템

(1) 온라인 유지관리시스템의 도입 현황

전기설비를 구성하고 있는 수배전반도 초기에는 아날로그 방식으로 모든 조작이 수동적으로 이루어졌으나 1990년대 중반부터 일체화, 전자화 및 디지털화가 급속하게 진행되어 왔다. 수배전반 내에 마이크로프로세서가 내장되기에 이르렀으며 수많은 데이터가 내부에서 처리되고 있다. 컴퓨터의 급속한 발달로 인해 이러한 데이터 저장시스템(Data Storage System)에는 사람이 파악하고 판단하기에 불가능할 정도로 매우 방대하고 다양한 데이터가 존재하고 있으며, 이러한 수많은 데이터들은 그룹화되고 분류되어 효과적인 관리가 이루어지게 되었다. 유지관리시스템 도입 초기에는 계측값을 단지 보여주는 수준에 불과하였으나 2000년대 들어서면서 보다 쉽게 정보를 파악하고 공유하는 것이 중요하게 되었고, 정보시각화 관점에서 접근하게 되었다.

전기설비의 수배전반에는 여러 가지 장비가 통합되어 있으며 특히 전력용변압기가 포함되어 있고, 과부하 혹은 절연물 열화 등에 의해 변압기 사고로 이어질 수 있는 요소들이 항상 존재하고 있다. 이와 같은 위험요소를 사고가 발생하기 전에 분석하고 예방하는 것이 중요하기 때문에 전력 상태의 실시간 정보를 효과적으로 보여주며 사고를 사전에 예방하기 위한 목적에서 유지관리시스템이 구축되고 있다.

(2) 온라인 유지관리시스템

(가) 하드웨어의 구성

그림 3.10은 인터넷망을 이용한 중앙감시시스템의 하드웨어 구성도를 나타낸 것이다. 변압기 최상부 유온과 주위온도를 온도측정 센서에 의해 측정하고 변압기 2차측에서는 CT/PT를 통하여 전류/전압값을 실시간 측정하며, 영상변류기에 의해 영상전류, 누설전류를 측정한다. 이 모든 측정데이터들은 진단장치에 저장되고 연산알고리즘에 의해 화재지수(변압기의 경우, 누설전류, 접촉불량 80℃, 변압기 최고온도점, 과전압 130%, 결상 등의 기준치 설정 관리), 전력콘디션지수(전압, 전류, 역률, 주파수, 불평형률, 전압 왜형률 등의 기준치 설정 관리), 안전지수(변압기의 경우, 절연물 허용온도, 유온상승, 과부하 등의 기준치 설정 관리), 출력감쇄지수(고주파 왜형률, 변압기 이용률, 피더의 이용률 등의 기준치 설정 관리)들을 계산한다.

진단장치의 출력부에 터치스크린 PC 판넬이 연결되어 있어 현장 이용자가 모든 데이터들을 실시간으로 관찰 및 조작이 가능하다. 또한 그림 3.10에서 볼 수 있듯이 내부 감시가 가능하여 인터넷망을 통하여 중앙감시 제어가 가능하다.

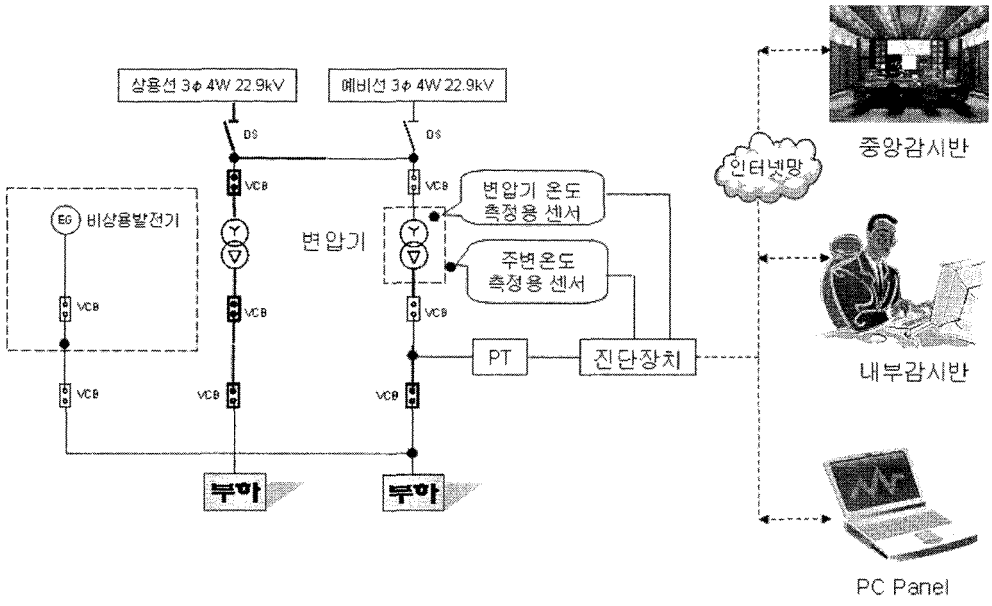


그림 3.10 전기설비의 수배전반 유지관리시스템 하드웨어 구성도 예

(나) PC 판넬의 구성

PC 판넬은 현장 사용자가 한눈에 현재 전력사용상태 및 사용 이력을 파악하고 손쉽게 조작, 운용, 조치를 취할 수 있으며 화재지수(변압기의 경우 누설전류, 접촉불량 80℃, 변압기 최고온도점, 과전압 130%, 결상 등의 기준치 설정 관리), 전력콘디션지수(전압, 전류, 역률, 주파수, 불평형률, 전압 왜형률 등의 기준치 설정 관리), 안전지수(변압기의 경우, 절연물 허용온도, 유온상승, 과부하 등의 기준치 설정 관리), 출력감쇄지수(고조파 왜형률, 변압기 이용률, 피더의 이용률 등의 기준치 설정 관리) 등을 확인할 수 있다.

PC 판넬은 전면을 터치스크린으로 구성하고, 터치스크린은 시각적으로 표현된 선택 사항을 손으로 간단히 터치함으로써 생각하는 시간을 줄일 수 있고 쉽게 익힐 수 있는 직접 조작의 형태로 구성한다. 따라서, 최근 수배전반과 같이 변압기, 개폐기, 피뢰기 등 여러 가지 장비가 복합적으로 연결되어 있는 경우 일반 운전시뿐만 아니라 위급 상황 발생시에도 신속하게 대처하는데 터치스크린은 매우 효과적이다.

2. 전기설비의 고장원인 및 점검기준

가. 고압차단기

고압차단기는 소호(消弧) 원리에 따라 유입차단기(OCB), 진공차단기(VCB), 가스차단기(GCB) 등으로 분류된다. 가장 오래된 차단기는 유입차단기이지만 기술이 진보됨에 따라 설비의 신뢰성, 소형화 등의 요구로 인하여 최근에는 VCB 및 GCB가 차단기의 주류를 이루고 있다.

(1) 차단기의 열화와 고장

차단기에 작용하는 각종 스트레스(열적, 전기적, 기계적, 화학적, 환경)에 의해 차단부, 조작기구, 조작 · 제어부는 점차로 열화(劣化)되어간다. 일반적으로 열화 절차의 해석이 어렵다고 말하는 이유는 각종 스트레스에 의한 열화 진전 절차가 단독 요인이 아니라 복합 요인에 의해 진행되기 때문이다.

그림 3.11은 차단기의 가동년수와 누적 고장률을 나타낸 것이며, 그림에서 보는 바와 같이 가동년수가 10년을 경과하면 고장 발생 확률이 급격히 높아진다. 그리고 그림 3.12는 차단기의 고장 부위별, 원인별 분석 데이터를 나타낸 것이며 부위별에서는 조작기구가 40.3%, 원인별에서는 자연열화가 39.4%를 차지하고 있다.

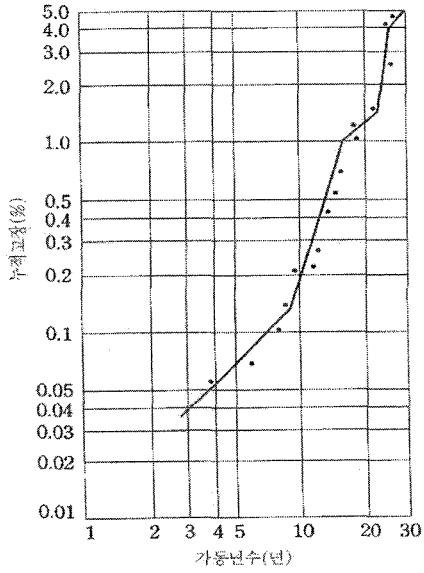
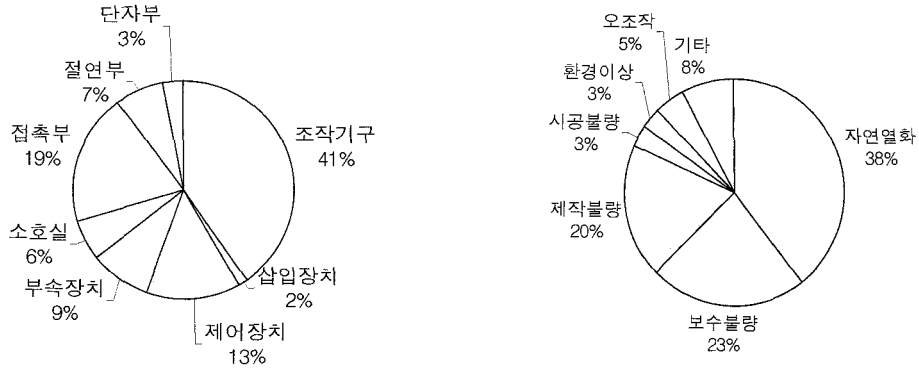


그림 3.11 차단기의 가동년수와 누적 고장률

조작기구부의 고장 내용을 더 자세히 분석해 보면 윤활유나 그리스 고갈에 기인하는 것이 많다. 또한, 현재 범용 차단기인 VCB에서는 유기 절연물을 많이 활용하고 있고 온도 및 습기에 의한 절연열화 사고도 발생하고 있어 차단기 보수 및 점검을 실시하는데 있어 이 부분이 커다란 포인트가 된다.



(a) 고장 부위 (b) 고장 원인

그림 3.12 차단기의 부위별, 원인별 분석

(2) 차단기의 보수 및 점검

차단기의 보수 및 점검은 일상 점검 및 정밀점검으로 구분한다. 일상 점검은 일상 순회로 외부에서 점검을 실시한다. 정밀점검은 운전 정지 상태에서 차단기 기능의 확인 및 회복을 실시하는 것으로 필요에 따라서는 분해 점검 및 부품을 교환해 준다. 표 3.18은 가스차단기(GCB)와 진공차단기(VCB)에 대해서 간단하게 점검항목과 점검 주기를 나타낸 것이며, 표 3.19는 차단기의 일상 점검과 정밀 점검시의 공통적 점검 내용과 점검 주기를 나타낸 것이다.

표 3.18 GCB와 VCB의 점검 주기

기 기 명	점검 항목	점검 주기
가스차단기	개폐 시험	3년
	외부 점검	6년
	내부 분해 점검	필요시마다 누적 개폐전류 관리에 의해 판단 $\sum [\frac{\text{단락전류}}{\text{정격차단전류}}]^{1.6} \geq 10$
진공차단기	개폐 시험	3년
	외부 점검	6년
	진동도 체크	6년

표 3.19 차단기의 공통적 점검 내용과 점검 주기

점검 종류	점검 부위	점검 내용	유의 사항	점검 주기
일상점검	개폐표시부	• 개폐표시기의 표시상태 확인 • 동작횟수계 횟수 확인	• 이상을 발견한 경우는 운전을 멈추고 원인을 조사한다. • 필요한 경우 정밀점검을 실시한다.	• 일상
	차단기 외부 전반	• 이상음, 이상한 냄새, 변색 등의 유무 • 먼지 부착, 결로, 우수 침입 유무 • 인출형인 경우 차단기 접속위치 삽입 확인 • GCB, OCB : 유량 및 누유 유무, 가스압력 확인		
	제어회로	• 2차 접속플러그 삽입 확인 • 조작, 제어 코일류 소손, 이상한 냄새 유무 • 제어전압 확인		
정밀점검	차단부	• 접촉부 점검, 접점 소모량을 측정하고 필요에 따라 접촉상태를 조정한다.	• 접점 소모량이 한계에 도달한 경우는 부품을 교환한다.	• 6년 또는 점검규정 회수 개폐후
		• GCB : 흡착제 확인, 가스누설시험 실시		
		• VCB : 진공도 판정	• 내전압 AC22kV 또는 DC 30kV 10초간	
	개폐특성시험	• 폐극 시간, 개극 시간, 3상 고르지 않는 시간 측정 • 최소 동작전압 측정	• 제조업체 규정치수에 따른다.	
		• 착탈 자유동작 확인 • 인터록 시험		
	부품 교환	• 제조업체의 부품 교환 기준에 따른다.	• 사용설명서를 참조한다.	

나. 전력용 변압기

전력용 변압기는 전기설비에서 가장 중요한 기기이며, 종래에는 유입변압기를 많이 사용하였으나 최근에는 배전반 내 수납이 가능한 몰드변압기를 많이 채용하고 있다. 그림 3.13은 변압기의 부위별 고장횟수를 나타낸 것이며, 그림에서 보는 바와

같이 주로 70% 이상이 부하시 탭절환 부속장치 및 냉각기이고, 변압기 내부 고장은 4%에 불과한 것으로 나타났다. 따라서 일상 및 정기점검시 일정한 관리 및 조치만 한다면 변압기 고장으로 인한 정전 및 설비 피해를 사전에 예방할 수 있다.

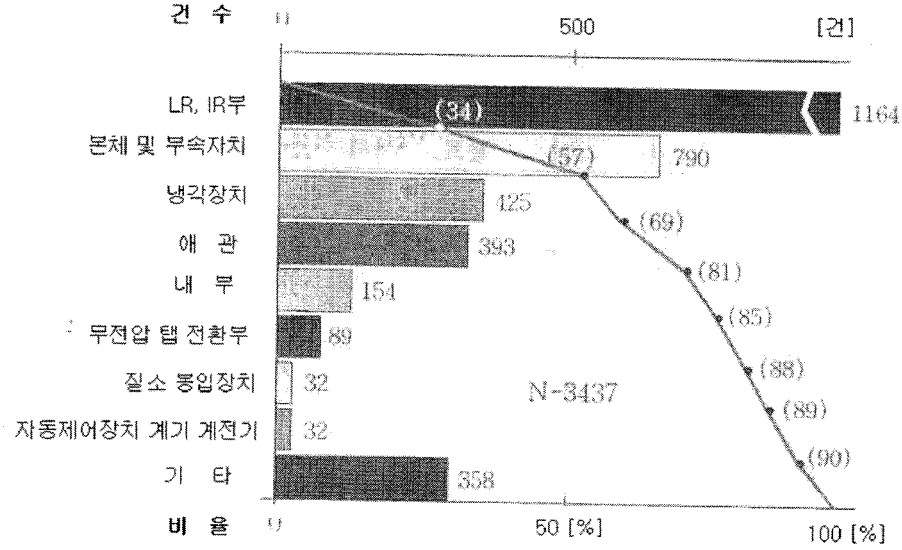


그림 3.13 변압기 부위별 고장횟수

전력용 변압기의 정기 점검은 운전 중에 외관을 점검하는 일상 점검과 유자격자 보수기술자 또는 제조업체의 기술자가 주로 계측기를 사용하여 연 1회 실시하는 정기점검이 있다. 이 정기점검에서 이상이 있다고 진단된 경우에는 이상원인 및 고장 부분을 확인하기 위해 필요한 경우에는 제조업체의 전문가에게 상세한 점검을 의뢰한다. 표 3.20은 변압기의 일상점검 항목을 나타낸 것이며, 표 3.21은 정기점검 항목과 기준 회수를 나타낸 것이다.

표 3.20 변압기의 일상점검 항목

점검항목	빈도	점검요점	이상 발견시의 판정과 대책		
			내용	원인	대책
운전상황	1회/일	전압,전류,주파수,역률,주위온도 확인 기록	이상 수치 지시	계기고장	수리 또는 교환
				기타	원인을 규명해 대책 강구
변압기 온도	1회/일	온도 확인과 기록	이상 온도 상승	계기 고장	수리 또는 교환
				과부하	부하저감, 상간 균형, 용량 증가
				권선 내부 이상	원인 규명 필요
				기타	원인 규명 필요
소리, 진동	1회/일	이상음 발생 유무	높은 철심음	과전압	탭 교체
				사이리스터 사용 부하기기	
			진동, 공진음	설치 불안정	안정적인 설치
				공진	공진 제거
			철심 울림	-	원인 규명 필요
			방전음	접지 불완전 부분방전 발생	접지공사를 완전하게 원인 규명 필요
냄새	1회/일	이상한 냄새 발생 유무	-	국부 과열	원인 규명 필요
절연유	1회/월	누유 유무	Seal 불량	가스킷 열화, 헐거움	가스킷 교환 조이기
		유면 위치 확인	이상 수치 지시	계기 고장 누유	수리 또는 교환
오일 열화장치	1회/월	흡습 호흡기, 호흡구 점검	흡습제 변색	흡습	흡습제 재처리, 교환
			오일 부족	-	오일 추가
외관 점검	1회/월	단자부 이상유무	과열에 의한 변색	과부하, 이상전류, 접촉면 불량	부하 저감, 연마 등
		애관 육안 확인	오손, 파손	-	청소, 교환
		부품 파손	-	-	수리, 교환
		방전 흔적 유무	-	이상 전압의 침입, 발생	원인 규명 필요
		녹 유무	-	도막 열화	소정의 도료로 보수

표 3.21 정기점검 항목과 기준 횟수

번호	점 검 항 목		횟 수	비 고
1	권선	절연저항 측정	1회/년	급격한 경년변화 및 납품시의 시험성적에 의해 그 변화가 현저할 경우는 점검
		유전정접 측정	1회/3년	
2	절연유	파괴전압 측정	1회/년	
		유중가스 분석	1회/년	
		산가 측정	1회/년	
		성능 시험	이상이 있을 경우	시료 취득하여 시험
		오일 여과	이상이 있을 경우	
3	부하시탭절환장치	전환개폐기실, 오일전환개폐기, 한류저항, 한류리액터 등		
4	무전압탭전환기	전환 조작	1회/년	
		누유 점검	1회/년	
		잠금장치점검	1회/년	
5	질소봉입장치	질소순도측정	1회/6개월	질소순도 95% 이상시 양호 판정
		봉입장치점검	1회/2년	
6	콘서베이터	누유 점검	1회/년	
7	부싱	절연저항 측정	1회/년	
		유전정접 측정	1회/3년	
		누유 점검	1회/년	
		국부과열 점검	1회/년	
		애관 오손 및 파손	1회/년	
8	송유펌프	절연저항, 압력측정	1회/년	
9	냉각용 송풍기	절연저항, 압력측정	1회/년	
10	보호계전기	동작확인, 제어회로 점검	1회/년	
11	방압장치	방압판 점검, 경보점점 점검, 누설 점검	1회/년	접점부분의 동작을 확인하고, 회로의 절연저항을 측정한다.
12	탱크	누유점검, 도장표면 점검, 내진장치 점검	1회/년	

다. 개폐기

개폐기에는 부하개폐기(LBS) 및 자동구간개폐기(ASS) 등이 있으며, 전기설비에

서는 특고압 인입부에 설치하여 통상적인 부하전류를 차단할 때나 선로 개방시에 설치한다. 개폐기는 소호실, 접촉부, 애자, 기구 부분으로 나누어 점검하고, 소호실과 접촉부는 변색, 손상 및 흠집 등을 점검하고, 애자부는 먼지, 이물질 등에 의한 절연 열화, 기구부분은 개폐조작 여부 등을 확인하여야 한다. 표 3.22는 단로기의 점검주기를 나타낸 것이다.

표 3.22 단로기의 점검주기

기 기 명	점검 항목	점검 주기
단로기	개폐 시험	3년
	외부 점검	6년
	조작기구 점검	6년

라. 진상용 콘덴서

진상용 콘덴서는 역률 개선을 위하여 수전설비에 많이 설치되며, 콘덴서의 설치 위치는 통풍이 좋은 장소, 부식성 가스나 진동이 없는 장소에 설치하도록 한다. 진상용 콘덴서의 점검 포인트는 다음과 같다.

(1) 모선 전압이 정격전압의 110%를 초과하지 않을 것
(2) 콘덴서 회로의 전류가 정격값의 120% 정도 이하일 것
(3) 주위 온도가 규정값보다 높지 않을 것
(4) 콘덴서용, 차단기, 개폐기가 항상 점검 손질되어 있을 것
(5) 애자 등 절연물의 오손이 없을 것

마. 비상용발전설비

일반적으로 전기설비는 온도, 습도, 먼지 기타 여러 가지 원인에 의해서 서서히 변화되어 안전성 및 기능이 저하되어 간다. 평상시에는 잘 사용하지 않는 비상용발전설비도 그대로 방치해 두면 막상 운전하려고 할 때 기동불량, 고장에 의한 정전, 기기 손상 또는 누전이나 단락에 의한 화재 등으로 발전하는 경우도 있다.

일본 한신대지진 직후 (사)일본내연력발전협회에서 695대의 자가발전설비를 조사한 결과, 91%의 설비가 가동되었으나 나머지 9%(63대)는 정상으로 가동되지 않았는데, 그 원인의 40%가 보수 불량과 잘못된 조작에 의한 것으로 보고된 바 있다.

자가발전설비는 연료유, 윤활유 등의 가연물을 취급하기 때문에 소방법의 위험물 관리, 소방용 설비 의무, 또는 대기오염 방지법에 의한 환경기준 등의 기준이 정해져 있다. 따라서 비상용발전설비의 보수 점검 작업에서는 최소한 그러한 기준에 적합하도록 유지해야 한다. 그러나 이러한 관계 법규에 의한 점검은 일일이 개별적으로 받는 것이 아니라 꼼꼼히 준비한 후 종합하여 효율적으로 실시할 필요가 있다.

일반적으로 발전설비의 운전은 일상 점검에서 격주 1회 5분 정도의 무부하 운전을 실시하면 엔진 실린더내, 배기관 등에 미연소 가스, 윤활유 등이 고이게 되므로 이것들을 제거하기 위해 1년에 1회 약 3시간 정도 전부하 운전을 실시하는 것이 좋다. 점검 결과는 소방용설비로서 이용되는 비상전원인 경우는 따로 정해진 양식 '비상전원(자가발전설비) 점검표'에 그 결과를 기입하여 소방용 설비 등 점검결과 보고서에 첨부해 정기적으로 소방기관에 보고한다. 표 3.23은 6개월 점검기준를 나타낸 것이다.

표 3.23 자가발전설비 유지관리 기준(6개월 점검 예)

유지관리 구분	점검 항목	작업 순서	비 고
자가발전장치	외관 점검	• 대판(臺板) 위에 탑재된 기기류 등에 변형, 손상, 탈락, 누설, 부식 등이 없는지 육안으로 확인한다. • 각 부의 오손, 헐거움이 없는지 점검한다.	이상이 없을 것
디젤기관	외관 점검	• 엔진 및 부속기기류의 변형, 손상, 탈락, 누출, 부식 등이 없는지, 설치상태가 양호한지 확인한다. • 방진고무 또는 스프링에 균열이나 변형, 손상, 각각 처짐의 차이가 없는지 확인한다. • 외관의 오손 또는 부식상태를 점검한다.	이상이 없을 것
	설치상태 점검	• 기초 볼트에 변형이나 손상, 너트 헐거움 등이 없는지 확인한다. • 각 기기와 공통 대판 설치 볼트의 헐거움을 점검한다. • 엔진과 발전기 축이음매부의 볼트, 너트를 점검한다. • 라디에이터, 쿨링팬 및 구동용 벨트에 손상 등이 없는지 확인한다.	이상이 없을 것
	각부 누출 점검	• 다음 기기측 배관의 누출을 점검한다. - 냉각유 계통의 누출 - 냉각수 계통의 누출 - 윤활유 계통의 누출 - 기동공기 계통의 누출	
	윤활유량의 점검	• 크랭크 케이스의 유량을 검유봉으로 측정하고 최고 수위에 가까운지 확인한다.	제조자의 지침 확인

바. 배선용 차단기 및 누전차단기

배선용 차단기 및 누전차단기는 내부 점검, 일부 부품을 교환하는 등의 보수로 수명을 연장할 수 없는 비수리계 제품이다. 장기간 사용한 것은 윤활유 변질 및 먼지에 의해 마찰이 늘어난 조작 불량 상태가 되거나 동작 불량이 발생할 가능성이 높아진다. 따라서 불량으로 인한 고장 손실을 미연에 방지하기 위해 정기적으로 점검을 실시하여 열화 진행 상황을 체크해 제품 수명을 판단하는 것이 중요하다. 표 3.24는 저압 차단기의 점검항목과 판정기준을 나타낸 것이다.

표 3.24 배선용 차단기 및 누전차단기의 점검항목과 판정기준

점 검 항 목	판 정 과 조 치
• 먼지 부착 : 차단기 표면에 먼지나 오일 등이 부착되어 있는지 점검한다.	부착된 것이 있을 경우는 에어클리너 또는 브러싱으로 청소해 준다. 신너나 세제는 사용하지 않는다.
• 차단기 내부에 침수나 먼지가 부착되어 있는지 점검한다.	침수, 먼지 부착이 심할 경우는 새 것으로 교환한다.
• 플라스틱 케이스의 균열 및 파손	균열 및 파손이 있을 경우는 새 것으로 교환한다.
• 플라스틱 케이스의 변색 : 플라스틱 케이스의 변색 이상 온도 상승된 것은 변색된다.	변색된 것은 새 것으로 교환한다.
• 단자부의 변색 : 이상 온도상승 또는 유화가스 등에 의한 부식으로 변색이 진행되어 접촉불량 가능성이 발생한다.	변색이 심한 것은 새 것으로 교환한다.
• 배기구 오손 : 그을음, 금속용융물이 부착된 것은 과전류가 차단되어 있어 내부 접점 소모도 커서 이상 과열된다.	부착이 심한 것은 새 것으로 교환한다.
• 단자 나사의 헐거움 : 전선, 버스바의 나사가 헐거우면 이상 과열된다.	헐거워져 있으면 제조업자가 추천하는 규정 토크로 다시 조여준다.
• 개폐 조작 : 손잡이로 ON/OFF 조작을 확인한다.	원활하게 조작되지 않는 것은 새 것으로 교환한다.
• 트립 리셋 조작 : 트립버튼을 갖춘 차단기는 트립버튼을 눌러 트립조작 및 손잡이로 리셋 조작을 확인한다.	트립, 리셋 조작이 불가능한 것은 새 것으로 교환한다.
• 누전 동작 : ELB에서는 테스트버튼을 눌러 트립을 확인한다.	동작하지 않는 것은 새 것으로 교환한다.
• 절연 저항 : 500V 절연저항계로 상간 및 대지간 절연저항을 측정한다. 접속도체는 빼두고 측정한다. ELB는 상간 측정은 불가능하므로 각 판에 기재되어 있는 주의사항을 읽을 것.	5MΩ 이하인 것은 새 것으로 교환한다.

기기의 수명은 설치되어 있는 주변 환경, 사용 조건의 영향을 받아 표준 사용 상태보다 열악한 환경에서는 열화가 더 빨리 진행되어 제품의 수명이 단축된다. 점검주기는 주변 분위기, 온도, 습도 등을 고려할 필요가 있으며, 표 3.25는 점검주기 기준을 나타낸 것이다.

표 3.25 정기점검 주기

환 경	점검주기*(1)
• 표준 사용 상태에서 공기가 청정하고 건조하며 방진, 공조된 전기실 등	2~3년
• 표준 사용 상태에서 방진, 공조가 없는 배전반, 분전반 등	1년
• 아황산, 황화수소 등 부식성 가스가 존재하는 오수처리장, 펄프 공장 등 *(2)	6개월
• 부식성 가스, 먼지, 습기가 심한 화학공장, 광산, 터널내 등 *(2)	1개월

주) *(1) 장기간 사용하는 차단기는 점검주기를 단축할 것을 권한다. 10년 이상 사용한 것은 점검주기를 반감한다.

*(2) 이러한 환경에서는 특수 환경용 차단기를 사용하는 등의 대책이 필요하다.

사. 보호계전기

보호계전기는 전로 및 기기 보호용으로서 여러 종류의 것이 사용되고 있다. 특별고압 · 고압 수전설비에서 사용되고 있는 보호계전기(과전류계전기, 지락과전류계전기, 지락방향계전기, 지락과전압계전기, 과전압계전기 및 부족전압계전기)의 정기점검 실시 주기는 전력계통을 구성하는 기기, 선로 등의 사고율 및 사고가 미치는 영향의 정도, 계전기 설치장소의 환경, 계전기 감시기능의 유무 등을 고려하여 판단해야 한다. 일반적으로 잘 관리한다고 할 경우에 계전기 동작시험은 6년 주기로 점검하는 것으로 보고되고 있다. 표 3.26은 계전기의 종류와 시험항목을 나타낸 것이다.

표 3.26 계전기의 종류와 시험 항목

계전기의 종류	공 통 항 목										
	공통시험항목			개 별 시 험 항 목							
	구조점검	절연저항측정	동작표시기시험	동작값		부동작	전압특성	동작시간	석방시간	클리핑	위상특성
				전류	전압						
과전류계전기	○	○	○	○		○		○			
고압수전용 지락계전 장치	○	○	○	○				○			
지락과전류계전기	○	○	○			○		○			
고압배전선용 지락방향계전기	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
고압수전용 지락방향계전장치	○	○	○	○	○			○			○
지락과전압계전기	○	○	○		○			○			
과전압계전기	○	○	○		○			○			
부족전압계전기	○	○	○		○			○			

아. 간선설비 및 부하설비

건물 내의 전력계통 중 인입점, 발전기 또는 축전지 등의 전원에서 변압기 또는 배전반 사이를 접속하는 배전선로 및 배전반에서 각 전등분전반 또는 동력제어반에 이르는 배전선로를 전력간선 또는 간선이라 한다. 간선은 전등분전반이나 동력제어반을 거치면서 여러 개의 분기회로를 형성한다. 간선의 배전방식은 부하점에서의 선로 전압강하가 적고, 전압이 균일하게 분포될 것과 사고가 발생하였을 때 영향을 끼치는 범위가 적어야 하며, 공사비가 비싸지 않을 것 등을 고려하여 정한다.

(1) 저압 케이블/단말기 처리

정기 점검은 계측기를 이용하여 점검하게 되며, 주요 점검사항은 다음과 같다.

(가) 절연저항 측정

절연저항값의 법적 판정기준은 표 3.27과 같으며, 이것은 부하설비를 포함한 전체 수치로서 최저값이다.

표 3.27 간선 단독 500V 메거 측정기준 판정값

종 류	신설 절연저항값	계속 사용가능 절연저항값
600V CV 케이블	1,000MΩ 이상	10MΩ 이상
600V 비닐절연전선	50MΩ 이상	5MΩ 이상

(나) 온도상승 및 부하전류의 측정(활선시 측정)

최대 부하에 가까운 상태에서 온도가 높은 케이블을 선택하여 그 부하전류를 계측하여 허용전류와 비교 검토한다.

(다) 기타 점검

- 단자부의 조임 상태 점검
- 청소에 의한 트래킹 현상 방지
- 서모라벨 체크

(2) 버스 덕트

(가) 계측기를 이용한 점검

- 절연저항 측정 : 버스덕트 단독 측정으로 한다.
- 최대부하시의 부하전류와 버스덕트 정격 전류값을 비교 검토한다. 또한 버스덕트의 온도상승값을 체크한다.

(나) 기타 점검

- 버스덕트 각 접속부의 조임 점검
- 반, 차단기 등과의 접속부 접촉면 상태 및 조임 점검
- 서모라벨 체크
- 절연 버스덕트의 수명 진단방법으로는 업체의 절연층 화학적 열화분석에 따르는 것을 그의 심형용 부편은 파괴시험이 된다.

(3) 동력제어반 및 전등분전반

(가) 절연 측정

(나) 고온도 상승기기의 평가 : 주위온도 및 기기의 온도, 기기의 부하전류 및 정격전류를 측정하여 판정한다.

3. 전기설비의 수명진단 방법 및 예방진단기술

가. 전기설비 고장사고 예방 필요성 및 고장 형태

업무용 건축물에는 조명설비, 전기설비, 공기조화설비, 소방설비, 정보통신설비, 위생설비, 승강기설비 등 각종 설비가 설치 운용되고 있으며, 이와 같은 설비들은 건물의 초고층화, 복합화, 대규모화, 밀폐화 등으로 인하여 복잡화, 다기능화, 대형화되고 있다. 또한 합리적인 유지관리를 위하여 중앙감시화, 정보통신화되고 있고, 각각의 기능이 매우 중요하게 취급되고 있다.

한편, 이러한 건물설비를 운용하는 에너지원의 대부분을 전기에 의존하고 있어서 전기설비의 예고 없는 고장 발생시 파생되는 악영향은 매우 심각하며, 이로 인한 경제적 손실이 대단한 것으로 지적되고 있다. 그리고 설비 계통의 고기능화, 복잡화에 따라 이상 및 고장 사고 발생시 신속한 복구가 어려워지고 있으며, 이의 원인 중에는 보수요원의 부족, 보수 업무의 전문성 결여 및 열악한 근무환경 등도 포함된다. 이의 해결방법으로는 정밀도가 높은 감시 장비나 진단법 및 진단기기가 설치되어 있다면 경험이 적은 유지 보수요원이라도 이상의 예측 및 이상 원인의 추정이 가능하게 되어 고장에서 벗어날 수 있고 적절한 보수 계획의 수립이 가능하여 전기설비의 가동률도 높일 수 있다.

현재 국내에는 전기설비의 노후화로 인하여 대형 사고의 요소가 곳곳에 산재하고 있어서 신뢰도 높은 운전과 효율적인 유지, 보수를 위한 대책 수립이 필수적이며, 이를 위하여 최근에는 설비의 이상 징후를 외부에서 탐지하고 예지하여 사고가 치명적이기 전에 대처하는 예지보전 기술에 대한 연구가 많은 부분에서 진행되고 있다.

전기설비의 고장 정지로 인한 파급 효과는 대단히 크며, 주요 전기기기의 내구연한이 15~20년 정도로 장기간에 걸쳐 연속 가동해야 할 전기설비의 원활한 운용과 신뢰성의 확보는 중요한 문제이다. 이를 위해 전기설비의 유지관리 방식도 사후보전 방식에서 예방보전 내지 예지보전 방식으로 변천하고 있으며, 기기들로부터 얻어진 각종 데이터를 분석하여 수명을 예측하는 기술이 필요하다.

그러나 이러한 연구는 공급자 측에서 이루어지는 것이 대부분이고, 수용가를 대상으로 한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다. 현재 근래에 신축한 건물의 경우 전

기설비 통합관리시스템을 도입하고 있으나 대부분이 경제성, 시스템간의 통합 등 여러 가지의 원인으로 설비상태의 모니터링 수준에서 도입되고 있다.

앞으로 전기설비 보수의 합리화를 도모하고 안전의 확보 및 사고의 미연 방지를 위해서는 전기설비를 운전 상태에서 이상의 징후를 감시, 진단하는 기술이 도입되어야 한다.

전기설비의 진단을 위해서는 구성 기기의 열화 메커니즘에 대한 연구와 함께 각종의 이상 징후가 되는 현상을 검출하기 위한 센서 기술의 개발이 선행되어야 한다. 이것에 의해 복잡한 물리적, 화학적 현상을 검출할 수 있다.

최근 정보처리 및 전송기술의 향상에 따라 센서에서 검출되는 신호의 전송이나 정보의 실시간 처리가 가능하므로 신뢰할 수 있는 감시, 진단을 할 수 있다. 전기설비의 보전성 향상을 위한 진단기술의 개발은 기기 제작자에게 있어서 중요한 과제이지만,

① 고장 메커니즘이 복잡하다.

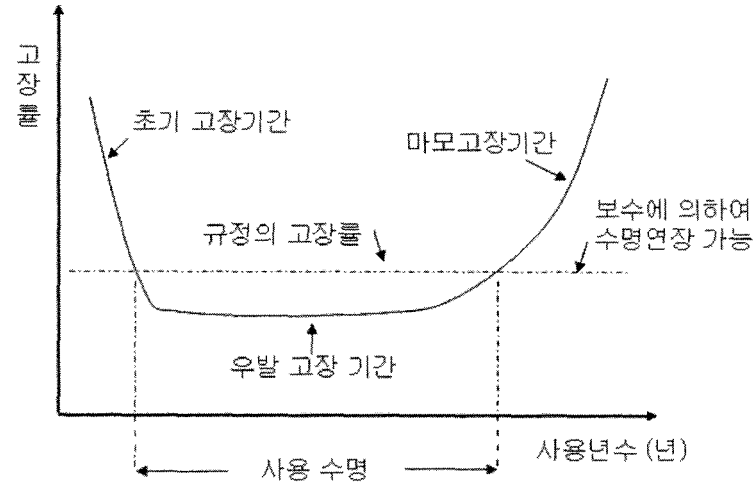
② 부하 스트레스의 추정을 정확히 할 수 없다.

③ 고장 현상 자체의 발생이 확률적 성격을 갖는다.

등의 이유로 고장의 정확한 추정은 어렵다. 그러나, 기기의 열화 메커니즘에 대한 분석 및 진단기술 개발의 진전을 토대로 앞으로는 전기설비의 중요성을 인식하여 제도적으로 예지보전 기술을 적극 도입할 수 있는 대책 마련이 요구되고 있다.

그림 3.14는 신뢰성 배스터브(bathtub : 서양식 욕조) 곡선을 나타낸 것이며, 이 곡선은 통계적인 확률론(정규 분포나 웨이불(Weibull) 분포, 다중 회귀 곡선 등)과 함께 다수의 부품수로 구성되는 전기기기에서는 그 수명 평가에 유효하며 널리 이용되고 있다. 일반적으로 기기의 고장 형태는 그림 3.14와 같이 초기 고장, 우발 고장, 열화(마모) 고장으로 분류할 수 있다. 예방 보전이 효과를 나타내기 위해서는 열화 고장의 경우이다. 이러한 경우에는 열화 고장이 많이 발생하기까지의 사용 기간을 데이터와 실적으로 도출하고 적절한 시기에는 부품 교환과 정밀 점검을 함으로써 고장을 미연에 방지할 수 있다.

한편 우발 고장은 랜덤하게 발생하므로 이것에 대응하기 위해서는 기기의 진단기술, 모니터링 기술이 중요하다. 랜덤하게 발생하는 기기의 이상도 미시적인 고장 발생부분의 마모 고장으로 기인하는 것이므로 기기의 고장 예지가 가능한 구성단위까지 세분화하고, 각각을 계측하여 이상의 유무를 판정하고 만일 이상이 인식되면 진행 상황을 감시함으로써 기기가 중대한 고장으로 진전되기 전에 적절한 대응을 할 수 있다.



$$F(t) = 100 - \int_0^t f(t)dt\,[\%]$$

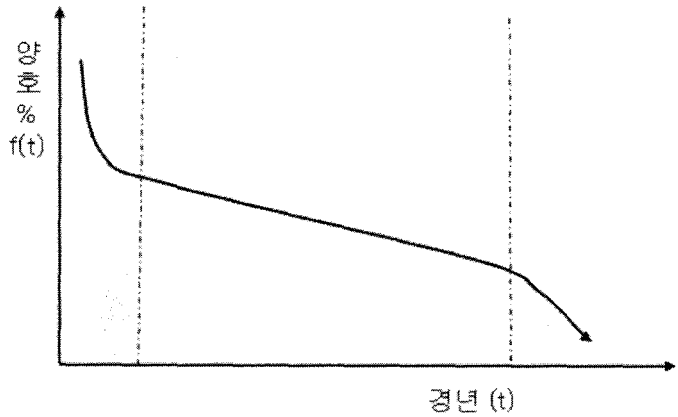


그림 3.14 신뢰성 배스터브 곡선

진단기술이 유효하게 활용되기 위해서는 기기의 구성요소가 마모 고장 시기에 이르렀다는 것을 파악할 필요가 있다. 따라서, 효과적인 진단을 위해서는 이상에 대응하는 신호의 검출, 신호 처리와 고장 원인의 식별, 고장 부위의 표정, 판정을 위하 소프트웨어 등이 필요하다. 또한 진단기술의 신뢰성과 진단 효과의 향상에 있어서 기기의 열화 원인과 열화에 의한 고장 메커니즘의 해석이 중요한 역할을 한다.

나. 경년열화 원인 특징

주요 전기기기로는 변압기 및 GIS, 회전기기 등이 있으며, 이러한 전기기기를 구성하고 있는 권선, 절연재료의 열화 등의 원인으로 인하여 일정한 수명을 가지고

있기 때문에 계속적인 유지 보수 혹은 교체 시기, 예상 수명 등의 진단이 필요하다. 여기에서는 일반적인 열화 요인을 들고 그에 대한 특성을 기술하고자 한다.

(1) 고전압 전기기기의 경년열화 요인의 종류

고전압 전기기기에서 일반적으로 열화의 원인이 되는 것은 열적 스트레스, 전기적 스트레스, 기계적 스트레스, 환경 스트레스 요인으로 나눌 수 있고, 일반적으로 열화는 위 요인의 복합적인 작용에 의해 진행된다.

(가) 열적 스트레스 열화요인

온도 상승은 절연재의 화학반응을 촉진하여 열화 속도를 증대시키고, 수명을 단축하는 일반적인 열화요인으로 된다. 기기의 온도 상승 한계도 소재의 열열화의 관점에서 결정되며, 열적 스트레스에 의해 소재는 물리적 화학적으로 변하여 전기적, 기계적 성능이 저하된다. 열적 요인으로는 과부하, 국부 과열, 고온, 냉각 불량, 과전류(단락) 등이 있다.

(나) 전기적 스트레스 열화요인

소재에 전압인가에 기인한 전도전류에 의한 줄열 발생, 유전체 손실에 의한 열적 효과, 단락 대전류나 고전압에 의한 기계적 효과 및 부분 방전에 의한 열적 입자 충격 작용과 여기 분자 및 이온에 의한 화학작용이 발생하여 절연체가 열화된다. 전기적 요인으로는 이상 전압, 부분 방전 등이 있다.

(다) 기계적 스트레스 열화요인

이것은 기계적 응력, 진동이 중심이 되고, 외부에서 인가되는 기계력 이외에 열팽창계수의 다름에 의한 열응력, 단락전류에 의한 전자 응력 등에서 유발된다. 즉, 진동, 전자력, 피로, 마모, 이완 등이 원인이 된다.

(라) 환경적 스트레스 열화요인

환경적 요인으로는 부식, 오손, 산화, 패킹의 열화, 고온 등으로 물리적, 화학적 열화가 촉진된다. 또한 흡수에 의한 가수분해 또는 미생물에 의한 침식도 주목되고 있다.

(2) 고전압 전기기기의 종류별 열화기구

(가) 전력용변압기의 열화기구

전력용변압기의 열화요인은 앞에서 설명한 열적, 전기적 및 기계적 요인들이 해당된다. 변압기는 이들 인자의 단독적인 역할에 의해 열화되는 것이 아니라 복합적인 요인에 의해 열화하게 된다. 특히 유입변압기는 일반적으로 절연지 및 프레스보드와 같은 셀룰로스계 절연물과 광유계의 절연유로 구성되어 있으며, 열화 진전은 다음과 같다.

열적 열화 요인은 변압기 운전시 발생하는 권선의 줄열, 코아 와류손의 열손실에 의한 온도상승 등으로 절연지의 기계적 강도 저하, 중합도 저하와 절연유의 분해, 가스 발생, 절연저항 저하 및 절연내력의 저하가 일어난다.

전기적 열화는 변압기의 사용 중에 뇌서지의 침입, 과도 과전압 발생 등으로 인해 절연물중의 보이드, 불순물, 유 간격에서의 전계 집중 및 날카로운 전극에서 부분방전을 발생시키고, 계속해서 반복적인 전압 스트레스의 영향으로 절연 열화 진전 파괴 현상을 일으킨다. 변압기에서의 열화 검출 방법으로는 절연지의 평가, 절연유의 특성 및 부분방전 측정 등이 있다.

(나) 회전기기의 절연열화기구

회전기기 권선의 열화를 원인별로 세분하면 열적, 전기적, 기계적 및 환경적으로 구분한다. 열적 열화요인으로 회전기의 운전 중에는 도체의 줄열과 고정자 코아의 와전류에 의한 열의 발생으로 절연재료의 변질, 변형, 보이드의 생성 및 박리가 일어나고, 부분방전의 발생에 의한 침식과 기계강도의 저하, 흡습 등과 같은 외부의 영향을 받게 된다.

전기적 열화요인으로 절연층 내에 큰 보이드나 박리 등이 존재하면 대지간 전압에 이들 보이드나 박리에서 부분방전이 발생하고 절연층은 부분방전에 의해서 침식된다. 기계적 열화요인으로 기동 정지시의 충격, 운전 중의 열 응력 및 운전 중의 전자진동 등이 있다. 환경적 열화의 대표적인 것은 기름, 진애 오손, 습기 등이다. 기름에 의한 열화는 절연재료의 팽윤에 의한 박리나 용해 현상이 나타난다. 또한, 연면의 절연저항이 저하되고 이차적인 열화로 진전하는 것이 많다. 참고로, 회전기기의 진단 방법으로는 상태 감시(고정자 이상, 회전자 이상, 진동, 온도 등) 및 진동센서를 이용한 진단 등이 적용되고 있다.

(다) GIS(가스절연개폐장치)의 열화기구

GIS(Gas Insulated Switchgear)는 차단기, 단로기 등의 개폐기를 밀폐 용기 내에 넣어 SF_6 가스로 절연한 것으로 상당히 신뢰성이 높은 기기이지만, 만일 이상이

발생하면 그 이상이 진전하여 사고에 이르고 공급 지장 혹은 순시전압강하 등에 의해 계통에 큰 영향을 미치게 된다. GIS에서 발생되는 이상은 절연 이상, 통전 이상, 기계적 이상으로 크게 구분할 수 있으며, 가스압 변동, 누유, 부분방전 발생 등으로 GIS는 단락 및 지락사고, 동작 불능 등에 도달하게 된다. 참고로, GIS의 진단 방법으로는 가스밀도 측정, UHF 부분방전 측정 장치, 피뢰기의 누설전류 측정 장치 등을 이용하는 방법이 있다.

(3) 내부방전 및 연면방전으로 인한 전기기기의 열화 요인

부분방전이란 불균일한 전계 분포를 구성하고 있는 절연물에 인가전압을 서서히 증가시키면 전계가 집중된 곳에서 부분적으로 일어나는 방전을 말하며, 전압을 더욱 상승시켜 절연내력의 한계를 벗어나게 되면 전면방전(Flashover)으로 진전하게 된다. 여기에서는 내부방전과 연면방전으로 인하여 변압기, 큐비클(수배전반), GIS의 열화 요인을 표 3.28에서 알아보고자 한다.

표 3.28 내부방전과 연면방전에 의한 전기기기의 열화 요인

항 목	변압기	큐비클	GIS
내부방전(internal discharge) : 유전체의 공동이나 내부의 절연내력이 낮은 함유율에 의한 방전	① 몰드변압기의 에폭시 내부 균열 ② 유입변압기 절연지, 권선 등에서의 열화	① 몰드형(CT, PT) 내부에서의 열화 ② 케이블 접속재 내부 열화	① 스페이서의 균열 ② SF_6 가스 내의 방전
연면방전(surface discharge): 유전체의 표면에서 일어나는 방전	① 부싱 표면의 누설전류에 의한 열화 ② 에폭시 절연재 표면 균열에서의 열화	① 지지애자 표면에서 누설전류에 의한 열화 ② 피뢰기, SA, 애자 균열에 의한 열화 ③ 케이블 접속재 Skirt 표면에서의 열화	① GIS, 케이블 헤드 부위에서의 누설전류에 의한 열화 ② GIS와 변압기 부싱 부위에서의 열화

다. 전기설비의 단계적 수명 진단 방법

표 3.29는 주요 기기의 수명 진단 기술을 나타낸 것이며, 수명 진단은 수명 판정을 위한 관리치가 과제이지만, 측정 대수를 증가시켜 수명 진단의 예지확도를 높이는 설비도 있다. 기기에 따라서는 설치 환경, 운용 상태, 부품 개수 등에 따라 크게 좌우되기 때문에 종합적인 판단기준의 정립이 필요하다.

표 3.29 주요 전기기기의 수명진단기술과 특징

주요 기기	단계적 수명 진단 기술과 특징
배전반(PT, CT, 보호계전기, 개폐기, 차단기 등)	옥외, 옥내, 사용 환경에 따라 열화의 진행이 크게 다르다. 배전반은 복수의 부품으로 구성되어 있기 때문에 각각의 부품마다 진단이 필요하다. 갱신 시기는 주요 부품인 차단기의 소모 예비품이 형식적인 폐번이 되는데, 분해정밀 점검을 할 수 없게 된 시점이나 어떠한 원인으로 인한 반내 절연의 저하 등을 생각할 수 있다. 배전반 갱신에는 전면 갱신과 해당 부분의 부분 갱신이 있다. 부분 갱신이 염가인 경우가 많으므로 통상적으로 행해진다. 옥외에서 옥내로의 설치 환경 개선도 고려하고 갱신하여야 한다.
전력용 변압기	유입변압기의 수명은 절연물의 열화로 결정되며, 절연물에서 발생하는 CO_3와 CO_2, 프루프랄 등의 양에서 그 정도를 판정하는 방법이 있다. 몰드변압기 등에서 정착된 진단방법은 부분방전 측정 등의 예방보전에 의해 갱신시기를 판단하게 된다. 최근 메이커마다 진단 자료를 축적하고 있으며, 잉여 수명진단의 정확도가 높아지고 있다.
진상콘덴서, 직렬리액터	예지보전으로는 절연저항측정, 정전용량 측정, 손실 측정(간이 실링 브리지) 등이 있다. OF식(유입)은 변압기와 동일한 (CO_2+CO)에 의한 잉여 수명 진단이 있다. H_2 가스 농도의 트랜드와 함께 진단한다.
전력케이블	부설 환경, 케이블의 종류(CV, IV 등)에 따라 절연열화의 진행이 다르다. 특별고압 케이블은 절연열화 수명진단기술이 개발과정에 있다. 접속부 이외에서 사고(수트리 등)가 일어나기 시작하면 교환시기이다. 특히 운전 중에 케이블 지락사고에서 이상 단락으로 진전되면 그 계통의 동일 연대, 동일 부설환경의 케이블은 수명말기로서 갱신시기이다. 가능하면 직류 내압시험(파괴시험)으로 파괴전압을 확인하여야 한다. 예지진단으로는 아래와 같은 기술이 있다. 1) 고압케이블은 활선으로 진단하는 직류중첩법, 직류성분법이 있다. 2) 특별고압 케이블은 직류 누설전류시험이 있지만, 진단으로 발견할 확률은 낮다. tanδ, 직류바이어스, 부분방전시험 등을 조합하는 방법이 있다. SL케이블(유침지절연케이블)은 코로나 방전시험과 조합하면 효과적이다. 3) OF케이블은 단말, 접속부의 유분석에 의한 방법이 있다.
전동기	전기적인 예지보전으로서 절연진단 시험이 있다. 온라인 활선진단의 방법도 있다. 로터 인출점검도 조합해서 쐐기이완 등의 체크가 필요하다. 잉여 수명진단에 대해서는 레진계(에폭시 레진) 절연에 대해서도 메이커마다 데이터를 축적하고 있으며, 진단 확실도가 높아지고 있다. 절연진단 시험, 운전시간/기동횟수, 절연물의 화학적/물리적 진단, 사용환경 등을 평가하여 진단한다.
전력용 반도체 기기	배전반 이상으로 다수의 부품으로 구성되어 있으므로 갱신시기는 배스터브 곡선의 말기 사고 트러블이 증가한 시기이다. 어떤 확률로 사고 트러블이 발생하므로 빠른 시기에 피할 수 있는 백업, 예비품 등을 정비하여 둘 필요가 있다. 주요 부품인 사이리스터에 대해서는 열화진단이 가능한' 사이리스터 데스터'가 있다.

(1) 배전반

배전반의 진단은 주요 기기인 차단기, 계기용변성기(PT/CT), 전력퓨즈, 전력용 콘덴서, 변압기, 제어기기 및 몸체 부분과 관련이 있는 주회로 모선, 배결선이 대상이 된다. 주요 기기의 진단은 현장진단, 공장 진단으로 구분되는데 각종 진단을 한 과거의 진단 데이터 집계결과에 의해 다음과 같이 분석되고 있다.

(가) 차단기는 20년을 경과하면 열화가 인정되며, 개폐 동작시험이나 접촉저항 시험에서 기준치를 벗어나는 것이 있다.

(나) 계기용 변성기 중에서 특히 몰드형은 15년을 넘으면 부분방전시험에서 기준치를 벗어나는 것이 25% 정도 발생하고 있다.

(다) 전력퓨즈는 진단을 통해 한류선의 열화도를 판정하는 것이 어려운 기기인데, 용단 사례에서 보면 경과 연수 15년이 교환의 분기점이 되고 있다.

(라) 전력용콘덴서(유입)는 밀봉구조이기 때문에 내부 진단은 어렵고, 내부 변화로 인한 팽창에 의해 발생하는 외부의 변형 등으로 이상을 판정하고 있지만, 경과 년수가 교환의 분기점이 되고 있다. 기름을 추출할 수 있는 경우는 유중가스 분석에 의한 진단이 가능하다.

(마) 피뢰기는 절연저항 측정이나 누설전류 시험으로 진단하는데, 기준치를 벗어나는 예는 적다.

(바) 주회로 모선의 절연은 사용되는 모선지지 재료의 종류와 형상에 따라 크게 달라지지만, 절연지지판으로 지지하고 있는 구조의 경우 표면 절연전항의 저하 현상이 빠른 것일수록 열화가 진행되어 지락사고로 발전하는 경우가 있다.

설비진단을 실시해 온 과거의 데이터에서 판단하면 배전반 설치후 옥내 사용의 경우 15년 정도 경과되면 본격적인 설비진단이 필요하다. 옥외형으로 설치되는 경우는 환경 조건에 따라서는 크게 다르지만 4~5년 정도 빠른 설비진단을 고려해야 한다.

사용연도의 경과와 더불어 열화가 진행되면 고장 빈도도 많아지며, 기기 교환에 의한 배전반의 부분 갱신이 이루어져야 한다. 주요 부품인 차단기의 분해 정밀점검을 할 수 없게 된 시점이나 반내 절연이 저하되었을 때가 갱신시기이다.

그리고, 사용경과 20년 전후에는 메이커 주도에 의한 열화 상태를 정량적인 것으로 파악, 가능한 한 잉여 수명을 추정할 필요가 있다. 배전반의 잉여 수명은 수납되어 있는 기기의 다양화로 인해 일괄적으로 몇 년이라고 추정하기는 어렵고 주요 기기의 잉여 수명과 주변의 모선 관계를 포함한 몸체의 열화 상태에 따라 판단하여야 한다.

배전반의 기기 교환에 의한 부분 갱신으로 수명이 연장되더라도 일반적으로 배전반 갱신은 25~30년으로 보고 있다. 배전반의 수명 진단 평가는 다음과 같이 진행하여 갱신 여부를 결정하는 방법도 있다.

(가) 진단 순서

사용 개시후 15년이 경과한 배전반에 대해 종류별로 선정해서 해당 기기의 운전상태를 평가하고, 1차 진단 및 2차 진단으로 노후도를 평가하여 그 기기의 집합체인 배전반 및 수변전설비 전체의 신뢰도 평가를 가미해서 종합적인 노후도 평가를 하는 것이 중요하다. 표 3.30은 배전반의 노후도 평가표를 나타낸다.

1차 진단은 경과 년수, 환경 조건, 보전기록, 생산 중지 제품의 대응 등으로부터의 현상 분석과 기기에 일어나는 이상 현상, 열화 현상, 시험 측정 등의 기기 진단의 2가지로 분류된다.

2차 진단은 계측 장치나 계기류를 사용한 진단과 분해점검 결과를 1차 진단으로 보완하는 견지에서 기기 진단의 강도를 높인다.

(나) 기기의 노후도 평가방법

기기의 노후도 평가는 1차 진단과 2차 진단으로 구분하고, 각각의 평가점을 합계하여 해당 기기의 노후도를 평가하여 합계점이 표 3.31(평가점)에서 제시한 값에 달한 경우에는 진단 결과에 적합한 대책 방법(갱신 또는 적정한 조치)을 세우는 것이 바람직하다.

표 3.30 배전반의 노후도 평가표

항목		평 가 항 목	노후도 평가결과		
			평가점	1차	2차
경과년수		10년 이상 15년 미만	3		
		15년 이상 20년 미만	6		
		20년 이상	9		
환경 조건		주위온도가 최고 40℃ 또는 1일 평균 35℃를 넘고 있다.	3		
		상대습도가 85%를 넘고 있다.	3		
		부식성 가스나 염해가 있다.	3		
		먼지, 오손, 결로되어 있다.	3		
		지반침하 등에 의한 설치레벨이 변화가 있다.	3		
보전기록		정격 외의 사용 기록이 있다.	2		
		과거에 성능, 절연에 관련된 수리 기록이 있다.	2		
		정기점검을 하고 있지 않다.	2		
생산중지제품 대응		생산중지가 제시되어 있는 기기가 사용되고 있다.	5		
이상현상		방전음, 비정상적인 진동음이 있다.	9		
		이상한 냄새가 난다.	9		
		과열에 의해 서모라벨이 변색되어 있다.	9		
		은 이행이 진행되고 있다.	7		
노화현상	외함부	볼트, 너트류에 이완이 있다.	3		
		녹 등으로 인한 결락상태, 지붕 커버, 도어 등에 부식이 있다.	9		
		도어, 핸들이 원활하게 동작하지 않는다.	3		
		점검창 등이 패킹류에 손상이 있다.	3		
	외부단자부	죄는 부분에 이완이 있다.	5	／	
		접지선 접속부에 이완이나 단선이 있다.	3		
	주회로도전부	단로부 도금이 벗겨져 바탕(동)이 노출되어 있다.	5	／	
		도체 접속볼트에 이완이 있다.	5	／	
		주회로 도체의 도장, 박리가 있다.	1		
		주회로 도체에 과열 변색이 있다.	3		
		주회로 도체에 균열, 파손, 변형 등의 부식이 있다.	5		
	지지절연물	주회로 도체 지지물 등에 균열, 파손, 변형 등의 손상이 있다.	7		
		지지물 볼트류에 이완, 탈락이 있다.	3		
		절연물에 코로나 방전이나 트래킹 흔적이 있다.	7		
	개폐부	접촉부, 단로부에 부식 피막이 생성되어 있다.	5	／	
		주회로 단로부에 마모, 손상이 있다.	5	／	
	제어부	배선, 배선접속부에 먼지가 부착, 부식되어 있다.	3		
		표시기구, 경보표시기에 오표시 또는 동작불량이 있다.	3		
		제어기구가 습윤되어 녹이 생겨 있다.	2		
		제어계전기의 코일 또는 퓨즈, 스페이스히터가 단선되어 있다.	7	／	
		제어계전기, 전자접촉기, 보호개폐기, 스위치류에 접촉불량이 있다.	5	／	
		단자, 커넥터, 제어회로 배선접속부에 이완, 탈락이 있다.	3	／	
		제어회로 부품에 균열, 파손, 변형 등의 손상이 있다.	3		
		제어회로 단자대, 퓻, 저항기 등에 파손, 부식, 과열 변색이 있다.	3		
		제어 배선에 피복변질, 심선 부식이나 소손 끊김, 절연물 열화가 있다.	5		
		제어배선 지지물이 파괴되어 제어선이 늘어져 있다.	5		
	부속품 보조기기류	냉각장치에 이상음, 진동이 있다.	3		
		냉각장치에 막힘이나 누설이 있다.	3		
		셔터, 단로기, 차단기 또는 PT, LA 인출장치에 동작불량이 있다.	3	／	
		스페이스 히터가 과열, 변색되어 있다.	3	／	
		PT, CT 특성에 불량이 있다.	5	／	
		보호계전기에 특성 불량 또는 동작 불량이 있다.	5	／	
		지시계기에 특성 불량이 있다.	5	／	
		케이블 관통부 막음판에 탈락이나 결손, 어긋남이 있다.	3		

항목	평 가 항 목			노후도 평가결과		
				평가점	1차	2차
시험 측정	절연저항 측정	주회로부와 대지간 (1,000V 메거 사용)	1면당 5MΩ 이하	9		
		제어회로와 대지간 (500V 메거 사용)	1면당 1MΩ 이하	5		
	주회로 저항 측정		기준값을 벗어나 있다.	9		
	부분방전 측정		기준값을 벗어나 있다.	9		
	보조계전기 최저동작전압		기준값을 벗어나 있다.	5		
	시퀀스시험에 이상이 있다.			9		
	합 계					

(주1) 「외함부」 란, 탱크, 케이스, 베이스, 조작함을 의미한다.

(주2) 「외함단자부」 란, 주회로, 케이블, 접지선의 외부단자를 의미하고, 제어회로는 포함하지 않는 것으로 한다.

표 3.31 기기의 노후도 평가 진단과 대책

진단 종별	진단 결과(평가점)	대 책
1차 진단	18점 이상	해당 기기의 갱신 또는 정밀점검과 해당 부품 교환에 의한 처치 실시
	9~18점 미만	2차 진단(제조사에 의한 정밀진단) 실시
	9점 미만	다음 점검시까지 일상 점검을 하면서 감시
2차 진단	27점 이상	해당 기기의 갱신 또는 정밀점검과 해당 부품 교환에 의한 처치 실시
	27점 미만	정밀점검과 해당 부품 교환에 의한 처치 실시

(2) 전력용 변압기

유입변압기의 수명을 진단하려면 운전 온도가 가장 높아지는 부위의 코일 도체에 감겨져 있는 절연지의 열화상태를 조사하면 된다. 수명진단 방법으로 프루프랄법(Furfual : 이것은 절연지의 셀룰로이스 섬유의 열분해로 생성되는 CO_2와 CO의 양을 측정하는 것)이 적용되며, 운전 중의 변압기에서 절연유를 빼내어 그 안에 녹아들어 있는 성분을 조사하면 절연지의 열화상태를 추정할 수 있다. 표 3.32는 절연지 열화도 판정 기준을 나타낸 것이다.

유입변압기의 갱신 권장 시기는 25년(범용 고압 유입변압기는 20년)으로 되어 있으며, 운전 개시부터 이 시기에 가까워지면 정기적으로 수명 진단을 실시할 필요가 있다.

표 3.32 절연지의 열화도 판정 기준

열화지표 성분	검 출 량	판 정
$CO + CO_2$	< 0.42㎖/g	정상
	0.42~1.7㎖/g	요주의
	>1.7㎖/g	이상
프루프랄	<0.002㎖/g	정상
	0.002~0.034㎖/g	요주의
	>0.034㎖/g	이상

그러나 몰드변압기나 가스절연변압기에는 유입변압기와 같이 안정된 수명진단법은 없고 예방보전에 의해 변압기 갱신 시기를 판단하게 된다. 몰드변압기에서 수명을 결정하는 것은 권선에서 사용되고 있는 절연물이다. 몰드변압기의 열화는 단순하지 않고 열 열화 외에 전계열화(부분방전, 톨리인)나 응력열화(열응력, 진동), 환경열화(습기, 먼지) 등이 서로 관계하는 복합 열화로서 검토해야 한다.

몰드변압기는 2차 단락이나 계통 이상전압 침입 등의 돌발적인 요인을 제거하면 부분방전(코로나)의 발생이라는 프로세스를 거치는 것을 알 수 있다. 초기 성능을 유지하고 있는 동안은 운전전압에서 부분방전을 일으키는 일은 없다. 오랜 동안의 운전으로 열 열화가 진전되거나 전자력 등의 기계적 스트레스로 수지층에 보이드나 박리가 발생하면 계속된 부분방전이 발생하여 절연물의 열화를 촉진시키게 된다. 따라서 가능한 빠른 시기에 부분방전의 발생을 검출함으로써 확실한 예방보전이 가능하다.

(3) 전력용 콘덴서

콘덴서의 외부 구조물의 열화진단은 주로 육안에 의한 확인이며, 일상 점검이나 정기 점검시에 단자부의 과열, 기름 유출 발생의 점검에 의해 실시된다. 한편, 내부 유전체의 열화진단에 대해서는 일반적으로 정전용량 측정, 손실 측정, 절연저항 측정 등이 실시되고 있으며, OF식 콘덴서(유침지 콘덴서, 유침지 필름 콘덴서)는 변압기와 동일하게 CO_2와 CO의 양을 측정하는 방법으로 수명을 진단한다. H_2 가스 농도의 수명 판단도 함께하는 것이 효과적이라고 판단된다. 표 3.33은 유중 용존가스 농도레벨 판정 기준을 나타낸 것이다.

표 3.33 유중 용존가스 농도레벨 판정 기준

가스 종별	유중 용존가스 농도[ppm]		판정기준
	유침지콘덴서	유침지필름콘덴서	
$CO + CO_2$	350	300	요주의
	450	400	위험
H_2	100 이상	80 이상	이상
C_2H_2	1 이상	1 이상	

직렬리액터의 수명은 변압기와 동일하게 권선 절연지의 기계적 강도가 저하하고 잠재적인 파손의 확률이 증대한 상태라고 할 수 있다. 절연지의 기계적 강도는 평균 중합도로 표시되는데, 최근에는 평균 중합도와 상관이 있는 지표로서 프루프랄량 또는 $CO + CO_2$량이 권장되고 있다. 표 3.34는 절연지의 열화지표 성분량과 평균중합도의 판정기준을 나타낸 것이다.

표 3.34 절연지의 열화지표 성분량과 평균중합도의 판정기준

열화 지표 성분	요주의 레벨	위험 레벨
프루프랄	0.2㎖/g	2.0㎖/g
$CO + CO_2$량	0.0015㎖/g	0.015㎖/g
평균 중합도	450~800	250~450

(4) 전력케이블

전기설비에 많이 사용되는 CV 케이블의 열화요인과 열화 형태를 표 3.35에서 나타낸다. 열화 요인 중에서 (2)~(5)의 화학적 요인, 열적 요인, 기계적 요인 및 생물적 요인에 대해서는 케이블의 설계, 시공관리가 건전하면 실용상 문제가 되지 않고, 또한 이들 요인이 발생할 것으로 상정되는 특수 환경 하에서 케이블을 사용하는 경우에는 미리 대책을 강구함으로써 절연파괴를 방지할 수 있다. 따라서 22~77kV급 CV 케이블의 주 열화요인으로는 전기적 요인을 들 수 있다.

표 3.35 CV 케이블의 열화 요인과 열화 형태

번호	열화 요인	열화 형태
1	전기적 요인(운전 전압, 과전압, 서지, DC 등)	(a) 부분방전 열화 (b) 전기 트리 열화 (c) 수트리 열화
2	화학적 요인(오일, 화학제품 등)	(a) 화학적 손상, 열화 (b) 화학 트리
3	열적 요인(이상 온도 상승, 열수축 등)	(a) 열 열화 (b) 열 기계적 손상, 변형 (전기적 요인과의 복합 열화)
4	기계적 요인(외상, 충격, 측압 이상 등)	(a) 기계적 손상, 변형 (전기적 요인과의 복합 열화)
5	생물적 요인(동식물에 의한 피해 등)	(a) 개미 피해 (b) 쥐 피해

전기적 요인 중에서 부분방전 열화는 절연체 내의 보이드나 절연체와 내외부 반도전층 간의 갭 등에서 발생하는 부분방전에 의해 절연체가 침식되어 절연성능이 저하되거나 경우에 따라서는 절연파괴에 이르는 열화 형태이다.

또, 전기트리 열화는 절연체 내의 이물 등에 의해 고전계 집중부에서 국부파괴가 발생, 그 흔적이 나뭇가지 형상으로 발전하여 전체가 파괴되는 열화형태이다. 그러나, 정상적인 CV 케이블에는 이와 같은 열화형태를 일으키는 결함이 포함되지 않도록 설계 제조되고 있기 때문에 실제 노선에서 이와 같은 열화형태가 진행하는 일이 없다고 생각된다. 한편 수트리 열화는 물과 전계 존재하에서 고전계 집중부를 기점으로 해서 수 트리가 발생하는 열화형태이다. 그림 3.15는 CV 케이블 절연체 내에 발생한 수 트리의 형태를 나타낸 것이다. 실제 선로에서 파괴가 생긴 경우의 과반수 이상은 수 트리가 원인이 되고 있고, 22~77kV급 CV 케이블의 주요 열화 요인은 수 트리 열화라고 하며, 경년연수 10~20년에 수 트리가 원인으로 파괴가 생긴다. 현재 수 트리의 발생 진전 메카니즘에 대해서 많은 고찰이 이루어지고 있고, 절연진단 기술로서 수 트리 열화의 정도를 판정하는 방법의 확립이 중요하다고 할 수 있다. 표 3.36은 수 트리 발생 진전에 영향을 주는 각종 요인을 나타낸다.

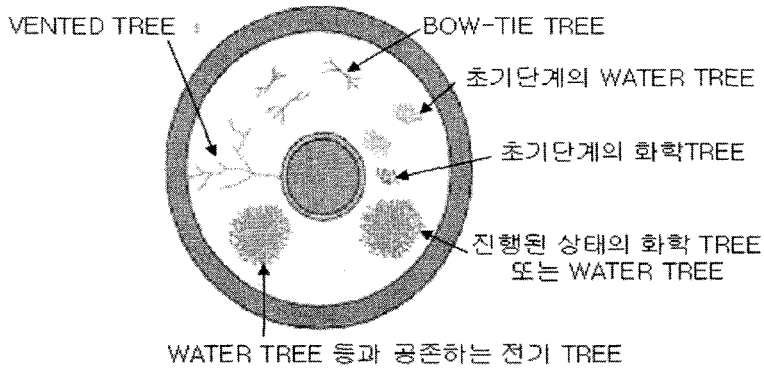


그림 3.15 CV 케이블 절연체내에 발생한 수 트리의 형태

표 3.36 수 트리 발생 진전에 영향을 주는 요인

요인	특 징
전압	내·외도 트리의 길이, 발생 빈도에 영향, 보타이 트리 발생 정도
주파수	내·외도 트리, 보타이 트리의 발생, 진전에 영향
시간	내·외도 트리는 시간과 더불어 성장, 보타이 트리는 포화 경향
온도	XLPE에서는 상승에 따라 발생수가 증가하지만 신장은 크게 변화하지 않는다.
수분량	증대에 따라 발생수가 증가, XLPE에서는 제한하면 보타이 트리의 발생량, 길이 모두 포화
수질	전해질>수도수>탈이온수 순서로 영향이 크다. 이온 농도 증가로 트리수 증가, 카치온의 영향이 크다
용매	전해질이 해리하기 쉬운 유전율이 높은 용매가 발생, 성장에 영향이 크다

22kV급 CV 케이블은 활선 진단(온라인 또는 배치)에 의해 절연 진단 예지확도가 높지만, CV 케이블의 절연진단 기술은 교락되지 않은 수 트리의 검출, 국소적 열화의 검출이 검토 과제가 되고, 또 현지 적용을 생각할 때는 전원용량의 문제, 외부 잡음 대책 등이 과제가 된다. 그리고 진단 작업의 간략화, 저비용화도 중요 과제이다.

케이블의 절연진단 기술로는 초저주파 tanδ법, 직류 바이어스법, 잔류전하법, 교류손실 전류법 등과 같은 열화신호를 검출하는 비파괴진단법이 있으나, 부설 환경에 따라 크게 영향을 받기 때문에 수명 진단이 어렵다. 여기에서 정확하게 언급할 수 있는 것은 지락사고가 발생하였을 때 건전상의 전위가 상승하므로 이상 단락사고로 발전한다면 갱신 시기라는 것이다.

(5) 비상용발전설비

발전기의 형식이나 정격도 광범위하고 부하의 상태, 운전 시간, 기동 정지 횟수, 환경 등의 운전 조건도 가지각색으로 절연 열화 형태도 같지 않다. 발전기의 절연 열화를 판정하는 방법으로는 기기의 정지 시에 실시하는 절연 진단과 운전 시에 절연상태를 상시 감시하는 모니터링이 있다.

표 3.37은 절연진단 시험 방법을 나타낸 것이며, 현재 단일의 시험만으로 고정밀도의 절연 열화 판정을 내리는데 충분한 시험법은 확립되어 있지 않으며, 각종 시험의 조합으로 절연 진단이 실시되고 있고, 현재는 직류, 유전 tan(정접), 교류 전류, 부분방전 시험의 조합으로 종합 판정을 하고 있다.

표 3.37 발전기 설비의 절연진단 종류 및 시험 항목

절연진단	시험 항목	내 용
내전압시험	• 교류전압시험 • 충격전압시험 • 직류전압시험 • 극저주파수 전압시험	
비파괴절연특성 시험	• 직류시험	• 전류 - 시간특성에서 흡습, 건조정도 • 온도 - 절연저항 특성에서 열화정도의 판단을 또 절연저항-전압특성에서 직류파괴전압의 추정을 한다.
	• 유전tan시험	• 전압 - tanδ 및 온도 - tanδ특성에서 흡습, 건조, 오손, 보이드의 상태, 열화의 정도를 추정한다.
	• 교류전류시험	• 전압 - 충전전류 특성에서 전류 증가율, P_{i1}, P_{i2}를 구하여 열화의 정도, 잔존 BVD를 추정한다. 최근은 AIA에 의해 γ를 구하여 열화판정을 하는 것도 있다.
	• 부분방전시험	• 외견상 방전전하에 의해 절연성능을 판정한다.
물리, 화학적 시험	• 분해가스 검지에 의한 이상 온도 상승 모니터링	
외관검사	• 코일 표면의 변색, 오손상태, 스페이서의 이완 유무	
운전이력의 조사	• 운전 중인 온도, 전류, 전압, 진동, 부하 상황, 소리, 운전시간, 기동빈도, 사용환경(각 운전 조건을 내장한 절연 열화 특성의 마스터커브에서 잔여 수명을 추정한다)	

표 3.37과 같은 진단에서 열화 판정이나 잔여 수명 추정을 하기 위하여는 실제의 데이터에 뒷받침된 열화 판정 기준을 준비하여야 한다. 표 3.38은 발전기 권선 열화 판정위원회(일본)에서 채택하여 사용되고 있는 판정기준이다. 이 판정 기준은 발전기권선의 사고를 통계적으로 조사하여 동시에 많은 코일의 파괴시험에서 얻은

비파괴시험 결과와 절연 파괴전압의 상관관계를 기초로 작성되었다. 이 기준은 정격전압 3kV 이상의 마이카를 주체로 한 아스팔트 절연을 기준으로 한 것이지만, 최근의 레진(수지) 절연에도 준용되고 있다.

표 3.38 열화 판정 기준

최고시험전압[kV]	E			1.25E/$\sqrt{3}$	
정격전압[kV]	3.3	6.6	11	6.6	11
△tanδ [%]	0.7	6.5	2.5	0.9	2.5
△ ℓ [%]	4.0	8.5	5.0	2.5	5.0
Q_{max} [C]		1×10^{-8}	1×10^{-8}	1×10^{-8}	1×10^{-8}

(6) 고압전동기

고압전동기는 장기간의 운전에 의해 서서히 열화되거나 결국 수명을 다한다. 수명은 주로 권선 절연에 의해 결정되기 때문에 권선의 열화상태를 아는 것은 설비의 예방 보전상 대단히 중요하다.

전동기의 열화 요인에 의한 열화를 전기적인 비파괴시험에 의해 검출하여 열화정도를 조사하는 것이 전기적 절연열화 진단인데, 주절연(슬롯 절연)이 대상이며, 도체 절연(turn간 절연)의 열화는 검출할 수 없다. 현재 직류고전압시험, 교류고전압시험 등의 방법이 있으며, 메이커마다 전동기(에폭시계)의 절연진단 시험, 운전시간/기동횟수 등으로 전기적 수명을 판단할 수 있게 되어 있다.

(7) 전력용 반도체 기기

전력용 반도체소자의 수명에 대해서는 제품 납입 후 15~25년이 지나 열화에 수반되는 트러블 발생사례가 많은 것으로 보고되고 있다. 사이리스터의 열화는 누설전류의 크기나 인가전압에 대한 추이 등으로 열화 판단을 할 수 있게 되었다.

최근에는 사이리스터의 열화를 간편하고 정밀도있게 진단, 측정하는 장치(사이리스터 테스터)가 개발되어 사이리스터를 제어반에서 분리하지 않고 외부의 누설전류를 측정하여 수명진단을 할 수 있다.

라. 전기설비의 온라인 예방진단기술

(1) 개요

일반적으로 전기기기의 절연열화 진단은 절연의 상태를 진단하여 이상 유무와 잔여 절연내력 및 잔여 수명을 추정하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 비파괴적인 시험을 행하는 것이 필수불가결하다. 최근에는 운전 중에 센서 등을 통하여 기기의 상태를 감시하고 이의 결과를 분석하여 진단하는 운전시 진단법(On-line)이 적용되고 있다.

진단 기술은 그 목적에 따라 이상의 발생을 미리 감지하여 손실을 예방하는 목적의 '예방 진단'과 이상이 발생하면 이를 신속하게 식별하여 손실을 최소로 하는 목적의 '사후 진단'으로 분류할 수 있다.

전기설비에서의 예방 진단은 주로 상시 감시가 용이한 개개의 설비를 대상으로 현재의 설비 상태를 감시하고 이상 징후의 조기 검출을 통하여 고장을 사전에 예방하고자 하는 것이므로, 따라서 예방 진단에서는 각 설비에 대한 징후를 판단하여 이상 유무를 정확하게 식별하고 이를 토대로 설비의 수명 등을 예측할 수 있는 기술들이 필요하다.

(2) 전력용 변압기의 예방진단기술

(가) 부분방전 On-line 진단 방법

(a) 개요 : 전기사용(On-line) 상태에서 컴퓨터를 통하여 전력설비의 부분방전 상태를 감시, 진단할 수 있는 시스템이며, 그림 3.16에서 보는 바와 같이 구성된다. 먼저 부분방전의 개념과 부분방전시험에 대해서 알아본다.

○ 부분방전(Partial Discharge : PD)의 정의 : 불균일한 전계 분포를 구성하고 있는 절연물에 인가전압을 서서히 증가시키면 전계가 집중된 곳에서 부분적으로 일어나는 방전을 말하여, 전압을 더욱 상승시켜 절연내력의 한계를 벗아나게 되면 전면방전(Flashover)으로 진전하게 된다.

○ 부분방전 시험 : 피측정물에 사용전압에 가까운 상용주파 교류전압을 인가시 절연물중의 보이드(공극), 균열, 이물 혼입 등이 국부적 결함의 원인으로 발생하는 부분방전을 정량적으로 측정하여 절연물의 열화상태를 측정하는 것이다.

(b) 센서의 종류와 특징

① 음향방출(AE) 센서 : 100kHz ~ 300kHz, 45dB의 공진형 센서

② 초음파센서 : 규정된 레벨이상의 펄스에 의해서 일정 주기를 갖는 펄스로 크기와 개수를 저장, 표시

③ 로고스키 코일(고주파전류센서) : 100kHz ~ 500kHz, 40dB의 CT형 센서
- 부분방전에 의한 전류 펄스를 검출

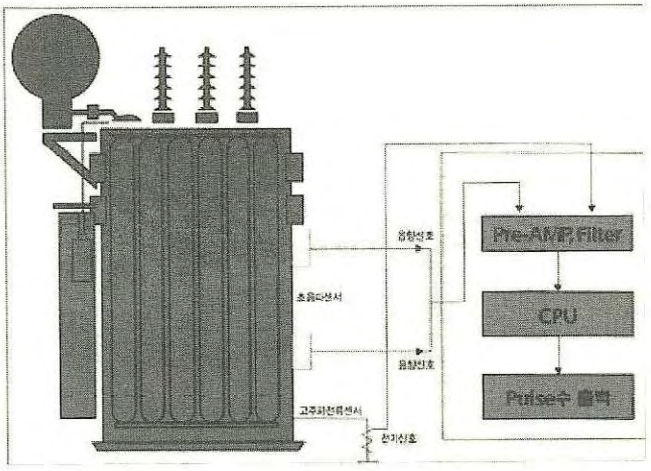


그림 3.16 유입형변압기 예방진단시스템의 구성

(나) 절연유 On-line 진단시스템

(a) 전기 절연유의 개념

전기 절연유는 변압기, 콘덴서, 케이블, 차단기 등 전력기기의 전기적 절연과 냉각작용에 중요한 역할을 하는 오일로 전기절연성과 냉각성이 요구되기 때문에 철심, 동선, 절연지 등 구성 재료와 함께 매우 중요한 소재이다.

전력용변압기에는 전기절연유와 공기가 서로 접촉되지 않도록 격막콘덴서방식 또는 질소봉입방식이 오래 전부터 채용돼 왔으나 장기간 사용 또는 열 열화 등의 요인으로 인하여 산화성 생성물을 발생시키고 절연 특성을 저하시켜 전기절연유로서의 기능을 상실하게 된다. 또한, 절연파괴전압, 전산값, 체적저항률, 점도, 인화점, 색깔 등에 영향을 미치게 된다.

따라서 전기 절연유를 통한 이들 특성을 파악하고자 주기적으로 변압기로부터 전기절연유를 채취하여 시험을 하는 방법이 있고, 최근에는 전기사용(On-line) 상태에서 컴퓨터를 통하여 절연유열화 상태를 감시, 진단할 수 있는 시스템이다.

(b) 절연유의 주기적 점검 필요성

변압기는 고압의 전기(22,900V)를 사용전압인 저압(200V, 380V)으로 변환하여 주는 기기로, 1,2차 권선과 철심 및 절연물질인 절연유(Oil)로 구성되어 있다. 절연유

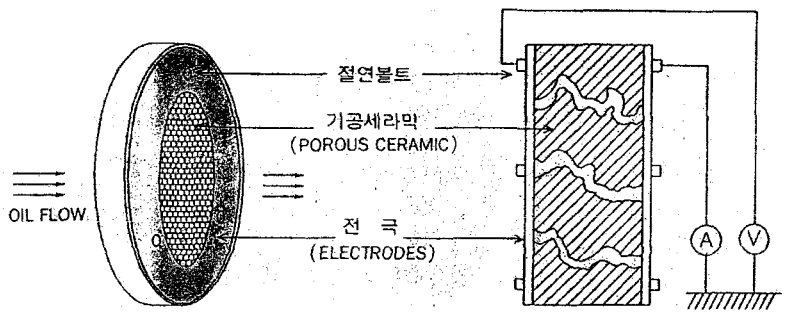
는 고압권선과 외함 사이 또는 고압권선과 저압권선 사이를 절연시켜 사고를 방지하는 역할을 하고 있다.

절연유의 수명이 다하면 절연이 파괴되어 누전, 합선 등의 사고가 발생하여 큰 피해를 야기한다. 따라서 절연유를 주기적으로 점검하고 관리하는 것이 필요하다.

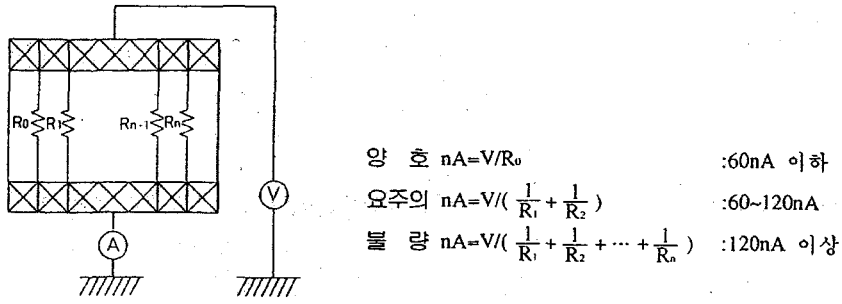
(c) On-line 진단방법

① 개요 : 변압기 내부에 절연유 열화상태를 감지할 수 있는 PCS(porous ceramic sensor : 절연유 열화센서)센서를 내장시켜, 변압기가 운전 중에도 외부에서 간단한 방법으로 절연유의 열화상태를 판정할 수 있다.

② 센서 원리 : 절연유의 열화가 진행됨에 따라 유중에서 가스와 도전성 파티클 등이 발생을 하게 되는데, 이 도전성 파티클 등은 센서에 흡착하게 되며, 이때 센서 양단에 DC전압을 인가하여 측정되는 누설전류 값으로 절연유의 열화상태를 판단한다. 즉, 진단시스템(예, TOID System)은 절연유중에 부유하고 있는 도전성 물질(Carbon등)의 양에 따라 변하는 누설 전류를 검출하여 이상상태를 진단한다(그림 3.17 참조).



(a) 센서 원리



(b) 절연유의 평가기준

그림 3.17 절연유 온라인 진단원리 및 평가기준

③ 판단기준

절연유의 평가방법과 판단기준은 표 3.39와 같다.

표 3.39 기존의 방법 및 온라인진단에 의한 절연유의 평가 방법과 판단 기준

<table>
<tr><th colspan="4">기존의 방법</th><th colspan="3">TOID</th></tr>
<tr><td>항목</td><td colspan="3">기 준</td><td>항목</td><td colspan="2">기준</td></tr>
<tr><td rowspan="2">절연파괴전압
[kV]</td><td>본 체</td><td colspan="2">40~50 초과</td><td rowspan="12">PCS
누설전
류</td><td rowspan="4">정상</td><td rowspan="4">60nA</td></tr>
<tr><td>탭절환장치</td><td colspan="2">20 이상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">전산가
[mgKOH/g]</td><td>정상</td><td colspan="2">B급 0.1 이하</td></tr>
<tr><td>요주의(슬러지발생)</td><td colspan="2">C급 0.11~0.3</td></tr>
<tr><td>이상</td><td colspan="2">D급 0.31 이상</td></tr>
<tr><td rowspan="9">이상 진단
가스 분석
(요주의)
[ppm]</td><td>종류</td><td>200kV급 이하</td><td>345kV급 이상</td><td rowspan="3">요주의</td><td rowspan="3">60~120
nA</td></tr>
<tr><td>수소(H_2)</td><td colspan="2">400~800</td></tr>
<tr><td>아세틸렌(C_2H_2)</td><td>25~80</td><td>20~60</td></tr>
<tr><td>일산화탄소(CO)</td><td>400~700</td><td>350~600</td><td rowspan="5">이상</td><td rowspan="5">120nA</td></tr>
<tr><td>에틸렌(C_2H_4)</td><td colspan="2">300~750</td></tr>
<tr><td>메탄(CH_4)</td><td colspan="2">250~750</td></tr>
<tr><td>메탄(C_2H_6)</td><td colspan="2">250~750</td></tr>
<tr><td>T.C.G</td><td colspan="2">1,000~2,500</td></tr>
</table>

(다) 온라인형 유중가스 분석장치

(a) 개요 : 유입변압기는 내부 고장으로 방전이 발생하면 주로 아세틸렌이나 수소가스가 발생하고, 과열이 발생하면 메탄, 에틸렌, 이산화탄소 등이 발생한다. 이들 발생 가스량을 분석하고, 내부 이상 판정을 시행하는 장치가 유중가스분석장치이다.

(b) 종래의 방법 : 현장에서 채취한 기름을 가스 크로마토그래피로 분석함.

(c) 온라인 방법 : 반도체 센서나 전해식 센서를 이용해서 수소, 메탄, 일산화탄소, 에틸렌, 에탄, 아세틸렌, 가연성가스 총량을 분석한다. 한국전기연구원 선종호 박사팀은 2004년도 6월에 변압기 절연유의 가스성분 분석 결과를 입력하면 순환전류, 전압유도, 접촉 불량, 와전류, 코어 접지물 사이의 다중접지 등 각종 전기적 특성과 열화정도을 예측할 수 있는 '지능형 유입변압기 유중가스분석 프로그램'을 개발하였다.

(3) GIS(가스절연개폐장치)의 예방진단기술

GIS는 주회로가 탱크로 뒤덮인 밀폐구조로 되어 있기 때문에 눈으로 상태 확인을 하기가 어려우며, GIS의 예방진단은 매우 중요하고 다음과 같은 예방진단 기술이 있다.

(가) 온라인형 부분방전 검출장치

실제로 현장에서 일어날 수 있는 이상의 요인으로는 탱크 내로의 이물침입, 접촉불량, 보이드 크랙의 생성 등이 생각되고, 이들의 이상으로 발생하는 부분방전을 검출하는 각종 방식이 실용화되고 있으며, 온라인 검출방식을 들면 다음과 같다.

(a) 전기적 방법

- 내부 안테나방식(절연스페이서 매입 전극) : GIS 탱크 내에서 부분방전으로 발생하는 전자파를 절연스페이서로 매입된 전극을 중간 전극으로 검출하는 방식
- 외부 안테나방식(전압차동형) : GIS 내부에서 부분방전으로 탱크 플랜지 절연부에 발생하는 전자파를 공진회로, 차동앰프로 검출하는 방식

(b) 기계적 방법

- 진동검출방식(초음파 센서) : GIS 내부의 부분방전이나 이물의 진동으로 발생하는 탱크의 기계적 진동을 가속도센서(AE 센서)로 검출하는 방식

(나) 온라인형 LA 누수전류 측정장치

피뢰기는 최대 서지 혼입이나 흡습이 진행되면 최종적으로 누수전류의 증가로 이상이 나타난다. 이 때문에 GIS 내에 수납되어 있는 피뢰기의 접지선에 전류센서를 설치하고 누수전류를 상시 감시하는 온라인형 누수전류 측정장치가 도입되고 있다.

(다) UHF PD 예방진단시스템

(a) 개요

GIS 내에 전기적인 결함으로는 도전성 파티클이나 부유전극, 돌출전극, 절연체 내 공극 등이 다양하게 존재하며, GIS 내 전극에 고전압이 인가되면 이러한 결함들은 대부분 부분방전(PD) 현상을 수반하게 된다. 이렇게 생성된 부분방전에 의해

전자파가 발생하여 밀폐공간 내에서 GIS 길이 방향으로 빛의 속도로 전파하게 된다. 전자파의 주파수 대역은 수 MHz에서부터 수 GHz에 이르기까지 광범위한 분포를 보인다.

(b) UHF PD 신호검출용 센서 이용 예방진단

UHF 신호용 센서의 검출대상 주파수 대역은 300MHz에서 2,000MHz 범위로 한정하고 있으며, 센서로 검출된 전자파 신호를 처리하여 부분방전 결함을 검출한다. UHF 신호용 센서는 GIS 내부에 설치하는 내장형과 GIS 외부에 설치하는 외장형이 있다.

※ 피에스디테크는 'GIS UHF 부분방전 상시감시시스템'을 개발하였다. GIS 감시를 위하여 이전에는 수분 분석, SF_6 가스분석, 초음파 진단 방법 등이 사용되었지만, 최근에는 초광대역(UHF, Ultra High Frequency) 진단방법을 개발하여 국내에서도 활발히 적용되게 되었다.

이 시스템은 광대역 초고주파 부분방전 신호를 5pC 이하까지 측정할 수 있는 센서 제작기술, 주파수 전환기술, 광대역 신호처리기술, 노이즈 저감기술, 고정밀 RF 회로 설계기술, 현존 최고의 DSP 기술, 각종 통신방식 구현기술 등 다양한 첨단기술이 탑재되었다.

밀폐형 전력기기 중 개폐장치(GIS)는 주된 기술발전의 방향이 고신뢰형이 전제된 집적화, 장수명, 무고장화에 초점이 맞춰져 절연의 상태를 효과적으로 감시하여 고장 전에 신뢰성을 회복시키는 상태기준의 유지관리기법(Condition Based Maintenance)에서 최근 고도의 경제성 개념이 접목된 신뢰성 중심의 유지관리기법(Reliability Based Maintenance)으로 개념 변화를 가지가고 있으며, 앞으로는 전력기기를 유비쿼터스형 자율신경계 단계에서 절대 신뢰성을 가질 수 있는 기기로 발전해 나갈 것을 전망된다.

(4) 폐쇄배전반 이상감시 시스템

(가) 개요

고전압 전력기기(차단기, 큐비클 내부 기기, Mold변압기 등)의 과열, 접촉불량 등의 이상발생시 전자파가 발생된다. 이 전자파는 광대역에 걸쳐서 발생하며, 교류전압 60Hz의 주기성과도 연관성을 가지고 있다.

(나) 기존의 진단 방법

- 육안 측정
- 코로나 측정
- 적외선 측정

(다) 새로운 진단방법

전력기기의 접촉 불량 등으로 발생되는 전자파를 무지향성의 광대역 안테나를 사용하여 여러 방면에서 방사되는 전자파를 검출하고 60Hz 전원주파수와 비교하여 발생 시간차, 간격 등으로 열화의 진단상태를 온라인 진단한다.

4. 전기에너지관리 요소기술

가. 개요

최근 빌딩내 각종 설비의 전력의존도가 점차 증가되고 있는 실정으로 전력설비에 대한 고도의 안전성과 신뢰성이 요구되고 있다. 따라서, 빌딩자동제어시스템을 도입함으로써 일상 운전에서의 효율적인 운전관리를 할 수 있을 뿐만 아니라 긴급시의 신속 정확한 사고 검출과 사후 처리에 만전을 기할 수 있다.

즉, 빌딩 내의 전력사용 현황을 감시하면서 전력사용상태, 운전 상태, 각종 기기의 유지보수 기록 및 지시 등을 중앙제어장치에서 처리함으로써 효율적인 전력관리를 할 수 있다. 이와 같이 빌딩 내에 공급되는 전력수요를 적절히 조절하고, 특히 전력디맨드(Demand) 제어 방식을 채택하여 경제적인 에너지절감 효과를 기대할 수 있다.

(1) 전력수요제어

전기는 저장이 불가능하므로 시간에 따라 변동하는 수요에 대응하여 공급능력이 확보되어야 한다. 전기의 사용형태는 시간 변화에 따라 다르기 때문에 이 차이를 나타내는 지표의 하나가 부하율이 된다. 시간의 흐름에 따라 변화하는 부하의 크기를 표시하는 것으로 부하곡선이 있으며, 이 부하곡선의 형태도 일, 월, 분기, 계절, 년별로 다르고 또한 전력수요가의 특성과 용도에 따라 다르다. 이 부하곡선은 평탄한 것이 바람직하지만, 하루 중에도 최대부하가 걸리는 중부하 발생시기와 최소 부하가 걸리는 경부하 발생시기가 있다. 따라서 부하관리는 중부하 발생시기에는 극히 필요한 전력부하 이외에는 최대한 전력수요를 억제함으로써 에너지절감에 기여하는 것이다.

전력수요가 설정 한계값을 초과하게 되면 경보가 발하여지고 우선 순위가 낮은 전력 부하부터 차례로 운전을 정지시키는 방안과 경부하 시간대로 부하를 옮겨 운전하는 방안이 있는데, 부하곡선과 부하의 중요도 등을 종합적으로 검토하여 실시하는 것이 바람직하다.

최대수요전력 제어(Peak Demand Control)의 목적은 최대수요전력의 증가를 방지하기 위한 것이며, 수용가의 시설에 악영향을 주지 않는 범위에서 일시적으로 차단할 수 있는 부하를 제어함으로써 최대전력을 억제하는 것이다.

우리나라의 수요 시한은 15분을 기준으로 하고 있으며, 최대수요전력을 적절히 제어하기 위한 방식에는 그림 3.17과 같이 ① 부하의 피크커트(Peak Cut)제어, ② 부하의 피크시프트(Peak Shift) 제어, ③ 설비부하의 프로그램 제어, ④ 자가용발전설비의 가동에 의한 부하 분담 제어 방식 등이 있으며,

(가) 부하의 피크커트(Peak Cut) 제어방식

어느 시간대에 집중하는 부하가동을 다른 시간대로 옮기는 것이 공정상 곤란한 경우, 목표전력을 초과하지 않도록 일시적으로 차단할 수 있는 일부 부하를 강제 차단하는 방식이다.

(나) 부하의 피크시프트(Peak Shift) 제어

최대수요전력을 구성하고 있는 부하중 피크시간대에서 다른 시간대로 운전을 옮길 수 있는 부하를 검토하여 피크부하를 다른 시간대로 이행시키는 방식이며, 심야전력을 이용하는 빙축열 냉방시스템이 적용되고 있다. 빙축열 냉방시스템은 심야전력을 이용하여 야간에 얼음 또는 냉수를 생산, 저장하였다가 낮시간대의 냉방에 이용하는 냉방 방식으로 최근 보급을 촉진하고 있다.

(다) 설비부하의 프로그램 제어

이 방식에는 디맨드컨트롤러(Demand Controller)가 이용되고 있으며, 이 장치는 디맨드제어에 의한 피크전력을 억제하기 위하여 마이크로프로세서를 내장시킨 고도의 감시제어기능을 가진 최대수요전력 감시제어장치이다. 다시 말해서, 항시 전력부하 상태를 감시하고 있다가 수요시한인 15분내에 사전에 설정된 목표전력을 초과할 것 같으면 경보를 발생시킴과 동시에 일시적으로 차단 가능한 부하부터 순차적으로 최대 8개 회로까지 차단시켜 최대수요전력을 억제하는 장치이고, 부하가 떨어지면 다시 순차적으로 사전에 입력된 프로그램에 의해 부하를 투입시킨다.

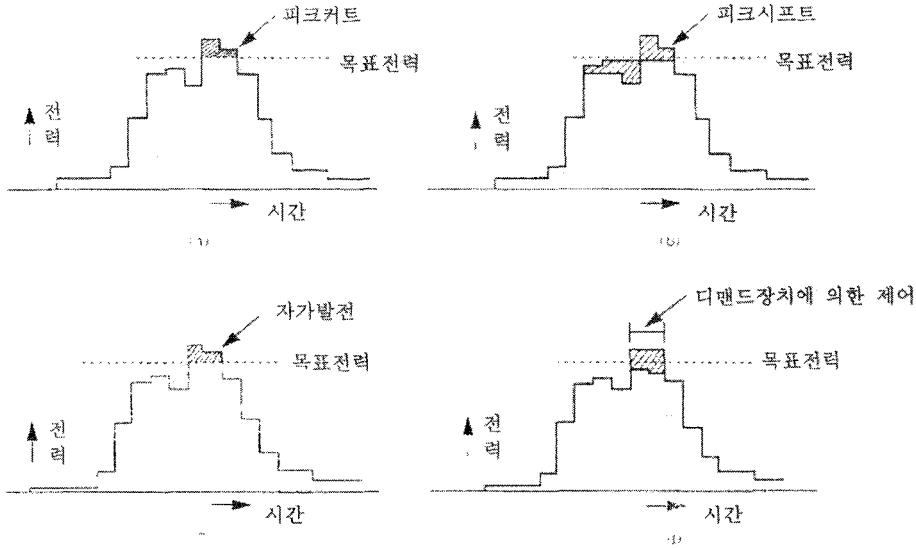


그림 3.17 최대수요전력 관리의 개념도

(라) 자가용발전설비의 가동에 의한 부하 분담 제어방식

목표 전력을 초과하는 최대수요전력에 해당하는 부하를 자가용발전설비로 분담하게 하는 방식이며, 일반적으로 일정 규모 이상의 수용가에서는 자가용발전설비의 설치는 의무화되고 있으므로 부하 특성을 면밀히 검토하여 자가용 발전설비의 전원공급에 의해 최대수요전력을 억제한다.

(2) 절전 운전 제어

일반적으로 전력설비는 부하의 최대 시를 상정하여 설비용량을 결정하게 되며, 경부하 시(온도, 시간대, 사용 상황에 따라 판정)에는 설비기기를 간헐 운전함으로써 에너지절감 효과를 기대할 수 있으며, 이 방식을 절전운전제어(Duty Cycle Control) 또는 인터벌 운전제어라 한다. 절전운전제어의 대상 부하로서는 기계실 등의 급배기팬과 팬코일, 공조기(현관 등의 공공 부분), 전동기, 펌프 등이 적당하다. 예를 들어, 공조기를 실내 환경이 악화되지 않는 범위에서 간헐 운전함으로써 외기 취입의 감소에 의한 부하의 저감과 반송 동력에너지의 저감을 도모할 수 있는 것이다.

절전운전제어의 방법으로서 가장 쉬운 것은 수동 조작으로 제어하는 방법이 있지만, 실제 적용은 불가능한 실정이고, 프로그래머에 의한 고정 절전사이클운전 제어방식은 설비의 용량과 특성에 따라 미리 정해진 주기에서 운전, 정지 시간이 정해져 이 스케줄을 반복, 작동하게 된다. 그러나, 미리 설정된 스케줄 외에는 작동하

지 않기 때문에 실내온도와 외기온도의 변화에 따른 대응 능력이 없음은 물론 부하가 줄어도 정지 시간을 길게할 수가 없어 에너지 절감을 기대할 수가 없다.

반면에 컴퓨터를 이용한 절전운전방식을 채용할 경우에는 각 실의 용도에 따라 절전 프로그램을 입력하여 자동적으로 부하제어를 함으로써 종래의 운전방법보다 더 좋은 에너지 절감효과를 기대할 수 있다.

빌딩용 절전운전 스케줄의 예를 보면, 오전 근무시 30분 정도에 공조기를 운전개시 예냉하여야 하고, 8시 부터 오후 5시 까지는 1시간 간격으로 운전하며 4시에는 정지한다. 그리고 점심시간에는 운전을 하지 않고, 12시 50분 경에 운전 개시한다. 이와 같은 스케줄은 월요일에서 금요일까지 동일하며 휴일은 작동하지 않는다. 여기서 최소와 최대 절전정지 시간은 24 ~28℃의 온도를 유지하도록 각 간격마다 정지된 범위에서 제어하도록 한다.

(3) 역률 제어

진상용 콘덴서를 설치하여 항상 높은 역률을 유지하고, 전기설비를 효율적으로 이용하려면, 부하의 변동에 맞추어 필요한 진상 용량만 공급하도록 개폐 제어해야 한다. 수동 조작으로 제어하기 위해서는 항상 계기를 감시해야 하기 때문에 비현실적인 경우가 많다. 또한, 역률과 보상으로 인한 손실 증대를 막기 위해 공장 설비에는 콘덴서 자동제어방식이 많이 채택되고 있으며, 건축전기설비의 경우도 건물의 용도와 규모에 따라 적절한 제어 방식이 채용되고 있다.

일반적으로 변압기의 무효전력을 보상하기 위해서 고압측에 전력용 콘덴서를 설치하고 있으며, 중앙에 일괄 설치하여 용량별로 콘덴서 뱅크를 나누어서 콘덴서의 투입, 개방을 자동화하고 있다.

3상 전원에서 PT와 CT의 전압과 전류를 마이크로프로세서에 입력하여 각 상태의 유효전력과 무효전력에 의하여 진상, 지상, 정상 및 경부하 상태를 계산한 후 진상용 콘덴서 뱅크의 투입과 차단을 자동적으로 하게 된다. 마이크로프로세서의 외부 입력대상으로는 전압, 전류, 경부하 설정값, 무효전력에 의한 콘덴서뱅크 차단 설정값, 동작시간 설정값 등이다.

이와 같이 수전 모선단 중앙에 설치할 경우 관리가 용이하고, 무효전력에 신속 대처할 수 있어 전력요금 등에 대한 절감 효과를 가져올 수 있으나 선로의 개선 효과는 기대할 수 없으므로 부하 분산 설치와 병행하여 설치하는 것이 바람직하다.

나. 조명제어시스템

조명설계시 고려요건으로는 적정 조도기준의 설정, 고효율램프 및 점등장치의 사용, 고조명률 조명기구의 선택, 고반사율 실내장치의 사용, 점멸 및 조광이 쉬운 배선 등이 있으며 아울러 정기적인 조명기구의 청소와 전등의 교환, 효율적인 조명제어 방식의 채용, 그리고 주광을 효과적으로 활용할 수 있는 주광인공조명제어시스템을 도입함으로써 쾌적한 시환경의 확보로 작업 능률향상은 물론 조명전력의 합리적 이용을 통한 에너지절감을 기할 수 있다.

현재 일반적으로 실내조명 설계시에 주광을 무시한 조명설비를 설치하여 왔으나 최근에는 주광을 효과적으로 활용할 수 있도록 창측 조명을 제어하는 주간인공조명제어시스템이 적극 통용되고 있어 에너지사용 합리화에 크게 기여할 수 있다. 다시말해서 밝은 낮에는 창측 조도에 인공조도를 맞추려면 필요 이상으로 실내조도가 높아지고 전력도 소비됨으로 조도나 휘도의 밸런스를 고려하여 블라인더의 승강, 슬래트각도의 조정, 조명의 점등 또는 감광에 의한 조도분포를 보정하여야 한다. 이 방식은 외부 조도수준을 검출하고 컴퓨터의 논리부에서 판단하여 전동블라인더 및 조명기구에 제어신호를 보내어 조명제어를 행하는 것으로써 에너지절전 효과는 물론 균제도, 실루엣 현상이 개선되고 공조부하 경감효과도 기대할 수 있다.

이와 같이 조명 대상공간에서 필요한 시간에 최소의 전력으로 쾌적한 시환경을 확보할 수 있도록 하는 주간 인공조명제어방식이 최근 대형건물을 중심으로 적용되고 있다.

빌딩의 경우 사용 시간관리, 조도관리 등 조명설비의 합리적인 운영으로 기대되는 에너지절감 효과는 대단히 크다고 볼 수 있다. 따라서 빌딩의 용도에 따라 Zoning 별로 기준조도를 설정하고 창측제어장치와 조도조절장치를 설치 운영하기도 한다. 여기서, 창측제어장치는 주광이 얻어지는 낮에는 창측조명의 소등이 필요하기 때문에 창측회로를 별도의 회로로 구성하고 주광센서(Photo Sensor)를 이용, 태양의 밝기에 따라 자동 점멸되도록 하는 장치이고, 조도조절장치는 사람이 많이 모이는 장소의 경우 컴퓨터가 조도를 높여 주고 근무 외의 시간이나 기타 불필요한 조명은 되도록 억제, 전력소실을 줄이는데 있다.

이외의 조명제어 중요 기능을 분류하면 다음과 같다.

① Photo Sensor에 의한 실내 조도조절

② Time Schedule에 의한 조명등 관리

③ Zone Schedule에 의한 조명등 관리

④ Time Switch Control에 의한 조명등 관리

최근에는 Task Lighting System 방식이 적용되고 있는데, 작업면에 조명기구를 한정시켜서 국부조명을 하면 효율은 높지만 주위와의 Contrast에 의해 눈이 피로해지는 결점이 있기 때문에 작업면의 필요 조도는 국부조명(주로 Stand)에 의존하고 주위공간은 150~300 룩스의 저조도를 조화되게 하는 방식이다. 또한, 야간 청소나 경비 순회로 모든 조명기구를 점등할 필요는 없으며, 이러한 운용상의 성능에 따라서 조명 점멸회로의 구성이 요구된다.

이상과 같이 쾌적한 시환경의 확보는 물론 에너지절감 효과를 기대할 수 있는 조명제어방식이 적용되고 있으며, 근래에 들어 그림 3.18과 같이 인터넷말을 이용한 지능형 조명제어시스템이 개발, 보급되고 있다.

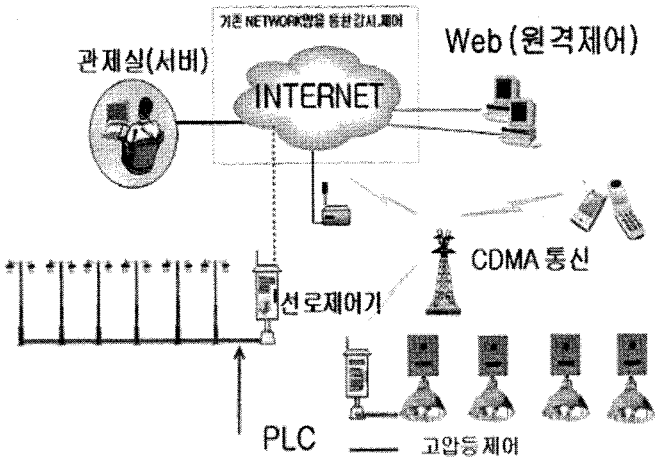


그림 3.18 인터넷망을 이용한 지능형 조명제어시스템의 구성

한국전력공사에서는 기존 건축물에 설치하는 조명부하를 밝기, 사용 형태에 따라 원격으로 자동 조명제어하는 시스템을 설치하여 에너지사용을 절감하는 경우 자동 조명제어시스템의 설치비를 지원할 계획을 하고 있으며, 2008년 8월에 시범사업을 시행할 예정이다. 본 시스템의 주요 기능으로는 다음과 같다.

① 스케줄 제어 : 근무형태별, 계절별 일출·일몰 시간에 의한 제어
② 센서 자동제어 : 조도감지, 동작감지(복도, 화장실 등) 제어
③ 패턴/그룹제어 : 조도에 따라서 격등제어, 그룹제어/개별제어 등

다. 수요관리 지원제도

전력수요관리는 고객의 전기사용 형태를 효율적인 방향으로 유도하여 전기를 아

끼는데 목적이 있다. 이는 발전소 건설 억제를 통한 비용 절감과 에너지절약을 도모한다. 주요 지원제도를 들면 다음과 같다.

(1) 하계부하관리지원제도

하계부하관리지원제도는 여름철 특정 기간에 최대수요전력을 억제한 수용가에게 일정액의 지원금을 주는 제도이며, 대표적인 예는 다음과 같다.

(가) 휴가·보수기간 조정지원제도

여름철에 전력회사와 약정을 맺은 수용가는 일시 휴가나 설비 보수 등을 통해 최대수요전력을 절감한 경우 지원금을 주는 제도이다. 대상은 최대수요전력이 100 kW 이상인 일반용 전력 사용고객과 산업용 전력 사용고객이다.

(나) 자율절전지원제도

전력회사와 약정을 체결한 수용가는 여름철 오후 2~4시 사이에 일정 수준 이상으로 전력사용을 줄인 경우 지원금을 지원하는 제도이다. 휴가, 설비보수처럼 사업장의 업무 일정을 바꾸는 대신 복도조명 격등제 등 회사별로 특화된 에너지절약방법을 동원하여 여름철 전력수요를 줄인다는 점에서 휴가·보수기간 조정지원제도와 다르다. 대상은 최대수요전력 100 kW 이상인 일반용 전력 사용고객, 교육용 전력 사용고객과 산업용 전력 사용고객이다.

(2) 비상시 부하관리지원제도

이 제도는 발전설비가 불시에 정지하여 전력수급 상황이 어려워질 경우를 대비하여 만든 수요관리제도로 비상절전 지원제도와 직접 부하제어지원제도가 있다.

비상절전지원제도는 전력회사와 약정을 체결한 수용가가 발전소 고장 등 비상사태 시에 자율적으로 일정 수준 이상 전력사용을 줄이면 지원금을 받는 것이며, 직접부하제어 지원제도는 전력회사가 약정을 체결한 수용가의 부하를 원격 제어하여 전력수급 불균형 문제를 해소하는 방식이다.

5. 전기설비의 유지관리 지침

가. 제도상의 유지관리 규정

(1) 건축물의 에너지절약설계기준에서 정하는 사항

(가) 수변전설비

(a) 변압기는 저손실형변압기를 설치하여야 한다.

(b) 변압기별 전력량계를 설치하여 부하 감시 및 예측이 가능하도록 한다.

(c) 최대수요전력관리를 위한 최대수요전력 제어설비를 설치한다.

(d) 수변전설비의 자동제어설비를 채택한다.

(나) 간선 및 동력설비

(a) 전동기에는 관계 규정에 의거하여 역률개선용 콘덴서를 전동기별로 설치한다. 다만, 소방설비용 전동기에는 그러하지 아니할 수 있다.

(b) 승강기 구동용 전동기의 에너지절약적 제어방식을 채택한다.

(다) 조명설비

(a) 조명기기는 고효율 조명기기를 사용한다.

(b) 유도등은 3선식 배선방식을 채택한다.

(c) 거실의 조명기구는 부분 조명이 가능하도록 점멸회로를 구성한다.

(d) 실내 조명설비에 대해 군별 또는 회로별 자동제어설비를 채택한다.

(e) 옥외등은 고휘도방전램프를 사용하고 격등 조명과 자동 점멸기에 의한 점소등이 가능하도록 구성한다.

(f) 공동주택의 지하주차장에 300㎡ 이내 마다 2㎡ 이상의 채광용 개구부를 설치하며(지하 2층 이하 제외), 조명시설은 주위 밝기에 따라 전등군별로 자동점멸 또는 스케줄 제어가 가능하도록 한다.

(라) 제어 시스템

(a) 분산제어시스템으로써 각 설비별로 에너지제어시스템에 개방형 통신기술을 채택하여 설비별 제어시스템간 에너지관리 데이터의 호환과 집중제어가 가능한 시스템을 설치한다.

(2) 에너지효율 관리제도

지식경제부와 에너지관리공단은 고효율기기 보급 확대를 위해 시행되고 있는 효율관리제도는 에너지소비효율 증대를 위한 에너지소비효율등급표시제도, 고효율기기 보급을 위한 고효율에너지기자재인증제도, 그리고 에너지절약마크제도가 있다.

나. 유지관리 지침

(1) 에너지관리 체제의 정비

효과적인 에너지절약을 위해서는 종합적인 에너지관리체제를 확립할 필요가 있다. 에너지관리를 위한 조직으로는 에너지관리자를 중심으로 발생, 소비 측의 각 부문으로부터 구성된 위원회를 설치한다. 관리자는 에너지 절약 실시의 목표를 정하고, 각 위원회에 각 부문마다 목표 달성을 위한 구체적인 방법을 검토한다. 여기에서 에너지 절약의 목표치, 달성 기한, 투자기준(자금 회수 연한 등), 예산안 등을 구체적으로 제시할 필요가 있다.

이를 참조하여 관계 부서의 각 부문은 전체 목표를 달성하도록 각 부서마다 책임범위에서 실시 가능한 항목에 대해 자주적인 목표치를 설정하고 그 목표치가 달성 가능하도록 해야 한다.

(가) 에너지절약 목표의 설정

관리자에 의한 에너지절약 방침이 명확화되면, 이것을 기본으로 각 설비마다 에너지 합리화의 목표를 설정하고, 에너지절약 계획에 의한 운전 개선계획 및 설비 개선계획을 작성함과 동시에 연도, 기간별로 에너지절약 사용계획을 체크하고 개정해 나간다.

(나) 에너지 사용상황의 파악

에너지사용 상황에 관한 기초자료를 토대로 보기 쉬운 형태로 가공, 정리하여 변화의 상태를 잘 파악해야 한다. 그리고, 설비의 개조, 갱신, 신설의 기회 등을 통하여 더욱 세세한 데이터 취득이 가능하도록 한다.

(다) 에너지소비원단위 또는 전력원단위의 관리

빌딩의 경우 전력원단위를 분석하여 에너지절약 요소를 찾아내고 용도가 비슷한 다른 빌딩과의 원단위를 비교해 봄으로써 관리를 합리화를 도모할 수 있다.

(라) 계량장치의 정비

에너지량을 파악하기 위해서는 계량기의 설비가 필요하며, 최근 원격검침이 가능한 계량기가 개발 보급되고 있으므로 자료 취득의 자동화가 적극 필요하다.

(마) 설비의 보전 및 개선대책 작성

표 3.40은 전기설비에 관한 개선 판단기준의 한 예이며, 설비마다 운전관리 항목, 계측, 기록 및 보수점검의 관리기준을 마련하여 관리하는 것이 필요하다.

표 3.40 '전기설비에 관련된 판단기준'의 개요

대상 설비	(기준 부분) 에너지사용에 관계된 각 과정에서의 주요 설비에 관한 기준				(목표 부분) 중장기적으로 볼 때 연평균 1% 이상 절감시키는 것을 목표로 하고, 실현하도록 목표 및 조치 사항	
	관리 등	계측, 기록	보수, 점검	기타	에너지소비 설비 등	기타
수변전 설비	• 수전단에 있어서 역률 90% 이상으로 할 것	• 관리 표준을 설정하고, 전기사용량 등을 정기적으로 계측, 기록	• 관리표준을 설정하고, 수변전설비 등을 정기적으로 보수, 점검	• 변압기를 사용할 때에는 사용전력에 적합한 것으로 할 것	• 수전단에 있어서 역률 95% 이상으로 하도록 검토할 것	• 신재생에너지의 적극 활용 • 에너지절약 관리제도의 적극 활용
전동력설비	• 전동력응용설비에 대해 관리 표준을 작성하고 관리	• 관리표준을 설정하고 전압 등을 정기적으로 계측, 기록	• 관리표준을 설정하고 정기적으로 보수, 점검	• 전동력응용설비를 신설할 때에는 부하변동에 대해서 가동상태를 조정하기 쉬운 설비로 구성할 것	• 전동기는 고효율전동기의 채택을 검토	
조명설비 • 승강기설비	• 조명설비는 KS 규격에 의거한 관리표준을 설정하고 사용 • 승강기에 대해서는 이용상태에 대응하여 가동대수제어를 행할 것	• 조명설비에 대해서는 관리표준을 설정하고, 조도를 정기적으로 계측, 기록	• 관리표준을 설정하고 조명기구, 승강기의 전동기 등을 정기적으로 보수, 점검		• 조명설비는 고효율인증제품을 채택할 것	

(2) 에너지관리표준의 설정 방법

(가) 관리표준의 설정 대상과 범위

관리 표준의 설정 대상이 되는 설비의 범위는 수용가의 에너지 관련 설비 전반으로 하는 것이 좋다.

(a) 수용가에 있어서 에너지 이용의 전체적인 흐름을 이해하고 프로세스, 주요 설비마다 에너지사용방법을 정량적으로 파악해서 세세한 설비관리를 실행 가능한 범위로 한다.

(b) 에너지관리표준의 체크리스트를 사용해서 전체적으로 빠짐없이 작성할 필요

가 있는 해당 장소를 체크한다.

(c) 비상용설비, 예비설비 등은 가동조건이나 가동시간이 한정되어 있고, 수용가의 에너지사용으로의 영향이 매우 작기 때문에 이러한 설비는 관리표준의 설정대상에서 제외하여도 된다.

(d) 수변전설비 혹은 전동기 군의 관리에 관계되는 대수제어나 부하조절의 경우처럼 전기를 사용한 프로세스마다 기기를 정리해서 관리하고 있는 것과 같은 경우에는 관리표준을 카테고리 단위로 정리해서 관리 대상으로 하는 것도 필요하다.

(나) 관리표준에 포함되어야 하는 사항

(a) 운전관리

ⓐ 각 에너지관련 설비 등의 특성, 기능 등에 대응해서 사용 에너지가 최대한, 최저한으로 억제되도록 운용 및 관리의 포인트나 유의점을 기재한다. 또한, 설비 등의 이상적인 모습을 가능한 한 명시할 필요가 있다.

ⓑ 동등한 설비가 복수로 존재할 경우 그것을 일괄적으로 기재하고, 부분적인 관리 포인트 등이 다른 경우는 그 부분에 대해 각각 구별될만한 기재를 부기한다.

ⓒ 특히 중요한 관리항목에 대해서는 관리치, 표준치를 설정한다.(판단기준에 기준치가 표시되어 있다면 그 수치를 가장 잘 나타내는 치수를 설정할 것)

ⓓ 자동제어나 컴퓨터제어의 경우 특수한 것에 대해서는 제어의 개념이나 특징 등을 기재하고 제어 목표치 등을 명시한다.

(b) 계측, 기록

ⓐ 관리치, 표준치를 설정한 사항에 대해서는 정기적인 계측, 기록의 방법을 정하여 설정한다. 계측/기록부에서는 계측사항마다 관리치 또는 표준치에 명시할 난을 정한다. 또한, 전에 정해 놓았던 주기마다(예, 1회/시간, 1회/일) 계측치의 기입을 할 때에는 관리치 또는 표준치와 대비 체크를 행하도록 한다.

ⓑ 자동제어나 컴퓨터제어의 경우에도 중요 관리 항목에 대해서는 관리가 용이하도록 일정 시간마다 측정 기록치를 보존하도록 하고 기록을 보관한다.

(c) 보수, 점검

ⓐ 설비가 고장나거나 기능이 떨어지는 것을 방지하기 위해 중요 설비에 대

해 보수, 점검의 요령이나 포인트를 명시하고 주기를 설정하여 정기적인 보수, 점검을 실시한다.

ⓑ 보수, 점검 기록부에 실시일, 보수/점검의 결과, 수리 등의 내용이나 결과를 기록한다.

(3) 전기설비의 사용합리화 지침

(가) 전력용 변압기시설

(a) 변압기의 용량은 적정한지 검토한다.

변압기의 용량 결정은 경제성과 전력절감면에서 매우 중요하므로 변압기의 용량이 적정한가 재검토한다.

(b) 향후 변압기의 열화로 교체시에는 고효율저소음 인증 변압기를 채용한다.

(c) 변압기의 운전상태를 적합하게 분석 검토한다.

ⓐ 변압기 뱅크별로 최대수요전력을 분석하고 전체 최대수요전력도 검토한다.

ⓑ 변압기 뱅크별로 부하율을 분석한다.

(d) 변압기의 뱅크 구성은 합리적으로 되어 있는 가를 검토한다.

ⓐ 3대의 변압기를 운전시 각 변압기의 부하율이 47% 미만일 경우 1대의 변압기를 정지할 수가 있고, 각 변압기의 부하율이 27% 미만일 경우 2대의 변압기를 정지할 수 있어 변압기의 통폐합 운전이 가능하다.

ⓑ 변압기 2차측 부하간에 연락용차단기(Tie Breaker)를 설치하여 계절별, 요일별, 시간대별로 부하 운용을 효율적으로 관리할 수 있는 방법을 검토한다.

(e) 변압방식을 검토한다.

향후에 변압기 교체시에는 부하의 사용특성과 구성 형태를 면밀하게 검토하여 변압방식을 직강압방식으로 채택할 수 있는가를 검토한다.

(나) 역률관리

(a) 콘덴서 부설용량이 적정한 가를 검토한다.

ⓐ 관계 규정(내선규정 등)에 준하여 콘덴서 부설용량을 검토한다.

ⓑ 전력용 콘덴서가 일부 설치되어 있는 경우에는 무효전력 합계에서 설치되어 있는 콘덴서의 용량의 합계를 뺀 값을 설치한다.

(b) 전력공급회사의 규정에 준하여 수전측의 무효전력을 보상하기 위하여 콘덴서를 부설하도록 되어 있으므로 적정한 용량으로 시설되어 있는가를 검토한다.(표 3.41 참조)

표 3.41 수전측 변압기의 무효전력 보상을 위한 콘덴서용량 기준

수전측 변압기용량	콘덴서 용량
500 kVA 이하	5 %
500 kVA 초과 2,000 kVA 미만	4 %
2,000 kVA 초과	3 %

(c) 부하의 사용상태에 따라서 시간대별로 역률관리를 하도록 검토한다.

ⓐ 부하의 사용상태에 따라서 종합 역률을 관리한다.

ⓑ 종합 역률 관리에 가장 영향을 미치는 동력부하의 가동상태시와 가동하지 않을 종합역률을 점검한다.

ⓒ 변압기 뱅크별로 역률을 점검한다.

ⓓ 고압전동기는 전력계측장비를 구비하여 현재 운전역률을 파악한 후 필요한 콘덴서용량을 선정하여 역률을 95 % 이상 향상시킨다.

(다) 최대수요전력 관리

(a) 수용가의 설비 구성형태별 및 부하 사용특성을 면밀하게 검토하여 최대수요전력 발생시간대의 제어 가능부하를 검토한다.

ⓐ 제어가능한 부하기기의 선정

ⓑ 부하기기의 가동, 동작특성 및 부하변동의 크기

ⓒ 계절에 따른 부하변동의 변화(운전, 휴지 등)

(b) 디맨드콘트롤러를 이용하여 제어 가능한 부하로서는 단시간 정지 가능한 전기로, 압축기, 공조설비, 급수펌프, 순환펌프 등이 적합한지 검토한다.

(c) 조정부하의 선정 검토

부하 차단에 의하여 최대수요전력을 조정하는 경우에는 긴급 차단 가능한 조정부하를 미리 선정해야 한다. 조정부하는 5~10분 정도로 필요한 시점에 즉시 차단할 수 있어야 하고, 단시간 정지시켜도 영향이 적은 것을 선정하는 것이 바람직하다. 일정한 수요전력을 제어하기 위해 필요한 조정부하의 크기는 조정부하의 정지시간에서 다음과 같이 계산한다.

$$\text{조정부하용량} = \frac{\text{수요시간(분)}}{\text{정지시간(분)}} \times \text{수요전력제어량}$$

(d) 조정부하의 운용

조정부하가 선정되면, 부하기기의 차단순서를 검토한다. 조정부하는 일괄하여 차단하는 것이 아니고 여러 그룹으로 나누어 부하상태에 따라 규정 전력을 초과하지 않도록 최저로 필요한 용량을 차단하도록 한다.

(라) 배전설비

(a) 배전전압 방식은 적절하도록 검토한다.

우리나라의 표준전압을 채택하는 것이 바람직하며, 전압체계를 단순화하는 것이 바람직하다.

(b) 전압강하, 전압변동, 전력손실 등이 발생하고 있는 곳을 조사 검토한다.

계통의 부하 변화에 대하여 전압변동이 크게 발생되는 경우에는 배선의 굵기를 충분히 하고 간선의 분할을 적절하게 하여야 한다.

(c) 전압관리가 적절하게 유지되고 있는지를 검토한다.

일반적으로 전기기기는 정격전압에서 사용하는 경우 가장 효율이 좋고 그것보다 높거나 낮거나 효율이 떨어지므로 적정한 전압을 유지하는 것이 좋다.

(마) 조명설비

(a) 고효율 조명기기의 채택

ⓐ 조명기기는 고효율인증제품을 사용한다.

ⓑ 고휘도 방전램프는 고효율인증제품을 사용한다.

(b) 자연채광을 이용한 창측조명제어 채택

ⓐ 주간시에 자연광을 충분히 이용할 수 있는 경우에는 창측 조명등을 on/off 할 수 있도록 별도로 배선하고, 창측조명기구를 자동 소등, 감광제어하는 장치를 설치한다.

ⓑ 지하공간에서는 자연채광을 적극 이용하기 위해서 천창구조의 채광창 설계를 유도하고, 보조조명에 의하여 필요한 조도를 확보하는 것이 바람직하다.

(c) 자동조명제어장치의 채택

효율적인 조명제어를 위해서 종합적으로 조명설비를 관리 제어하는 조명제어장치의 채택이 요구되며, 사무실의 용도와 시간대에 따라 최적의 조명점멸 패턴을 설정하여 시간스케줄 프로그램과 연동하여 자동제어함으로써 조명용 전력을 절감한다.

(d) 재실감지기를 이용한 조명제어

제어프로그램에 관계없이 사무실 내의 출입자 유무를 초음파 센서 또는 열선 센서에 의해 감지하여 조명스위치 조작없이 조명등을 자동 소등, 점등한다.

(e) 기타의 에너지절약 사항

ⓐ 사무실은 전반국부병용 조명방식(Task and Ambient Lighting)을 채용하여 필요한 조명을 확보하면서 에너지절감을 도모한다.

ⓑ 공조형 조명기구의 채택

조명열을 흡수, 제거함으로써 형광램프의 효율 향상은 물론 공조부하의 경감을 도모함으로써 에너지절감을 도모할 수 있는 공조형 조명기구의 채택을 검토한다.

ⓒ 부변전실 및 공조실 등에는 리미트스위치와 연동되어 점등되도록 한다.

(바) 전동력설비

(a) 전동기의 선정시 고려사항

ⓐ 부하토크(정토크, 제곱토크, 비례토크) 및 속도 특성에 적합한 특성의 것을 선정한다.

ⓑ 운전형식에 적당한 정격과 냉각방식을 선정한다.

ⓒ 용도에 적합한 보호방식의 것을 선정한다.

ⓓ 가능한 표준출력을 선정한다.

(b) 에너지절약 검토 사항

ⓐ 부하토크(정토크, 제곱토크, 비례토크)에 의한 소비전력 특성 검토

ⓑ 부하특성(부하율, 토크와 회전속도, 운전방법 등) 검토

ⓒ 전동기 효율과 정격전압 유지, 동력 결합방식, 제어방식 등 검토

(c) 경부하 운전 지양

유도전동기는 80~100% 부하에서 효율이 최대가 됨으로 상시 저부하 운전인 경우 적정 용량의 고효율전동기로 교체하는 것이 바람직하다.

(d) 공운전 방지

전동기는 반드시 부하와 연결되어 있으므로 공운전으로 소비되는 전력은 전동기 단독 운전의 경우보다 2~3배 더 전력을 소비한다. 불필요시에는 전동기를 반드시 정지시키도록 한다.

(e) 전압의 불평형 방지

전동기에 공급하는 전압이 불평형을 초래할 경우 출력 및 회전수의 제한, 전동기의 효율 저하, 전동기의 맥동 토크 발생 등을 유발시킬 수 있으므로 주의가 요구된다.

(f) 최적 운전에 의한 운전효율 향상

전동기설비의 운전 패턴이 시간에 따라 많이 변하는 경우에는 경부하 조건에 따라 전동기의 대수를 제어하거나 또는 전동기의 회전속도를 제어하는 등 적정 제어방식을 채택할 경우에는 전동기설비에 의한 전력소비를 크게 줄일 수 있다.

제 4 장 LCC 분석기반 유지관리 프로그램 개발

제 1 절 개 요

1999년 건설교통부에서 발표한 공공건설사업 효율화 종합대책의 일환으로 2000년 9월 1일부터 '설계의 경제성 등 검토에 관한 시행지침'을 제정하여 500억 원 이상의 건설공사의 경우 기본설계, 실시설계에 대해 설계 VE(Value Evaluation)를 각 1회 이상 실시하도록 하고 있고, 이 설계 VE 수행시 LCC(Life Cycle Cost)에 의해 검토하도록 의무화함으로써 LCC 분석에 대한 중요성이 대두되고 있다.

일반적으로 건축설비를 대상으로 한 LCC 분석에 관한 연구는 활발히 진행되고 있지만 설계 및 계획단계에 관한 것으로, 유지관리를 목적으로 하는 LCC 분석에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 특히, LCC 분석에서의 중요한 비용항목 선정에서는 유지관리비용 항목을 제외하거나, 혹은 시설가격의 일정비율로 단순하게 가정하여 운전기간 내에 고장이 없다고 가정을 하고 있다. 뿐만 아니라 대상기기의 성능저하로 인한 운전비용의 증가를 고려한 연구는 전무한 실정이다.

건축설비의 내구연한은 크게 10~20년 정도이며, 유지·관리의 상태에 따라서 어느 정도 수명연장이 가능하지만 시스템의 사용기간이 길어지면서 설비의 성능저하는 피할 수 없게 된다. 그러나 건축설비의 감시와 점검, 성능 및 고장·열화의 진단이 설비의 관리자 개인에게 부여되어 왔고, 관리자의 능력과 노력에 따라 서로 다른 설비의 성능 및 수명을 보여주게 되며, 더욱이 관리수준에 대한 평가도 불가능한 실정이다. 그리고 건물의 소유주가 설비의 교체 및 보수를 판단할 수 있는 요소도 부족할 수밖에 없다.

따라서 본 연구에서는 건축기전설비의 유지·관리 수행여부 또는, 그 수준이 기기 및 장비의 성능향상 또는 경제성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 생애주기비용(LCC) 분석을 수행하였다. 이를 위하여 유지·관리 효과 분석용 프로그램을 작성하였고, 건축기전설비의 유지·관리와 관련된 변수에 따라 몇 가지의 수치모델을 설정한 후 수치실험을 수행함으로써, 시간에 따른 기기 및 장비의 성능변화를 예측함과 아울러 합리적인 수리 및 교체시기를 결정하는 방법을 제시하고자 하였다.

제 2 절 LCC 분석 관련 이론 및 프로그램 개발

2.1 LCC 관련 이론

가. LCC 분석 목적

LCC 분석 목적은 다음과 같다.

- 건축기전설비 유지관리 전략 수립을 위한 경제성분석
- 건축기전설비의 성능변화에 따른 유지관리비용 예측
- 건축기전설비 수리 및 갱신 시기 판단 지원
- 최적의 유지관리 시나리오 및 전략 수립
- 예방유지관리의 실현을 통한 건축기전설비의 수명극대화
- 기기의 경제수명 도출(법정 내용연수와 구별)
- 건물 에너지절약의 효용성과 경제적 가치를 평가

한편, 기기의 성능변화와 LCC 분석을 이용하여 기기별 운전비용을 예측할 수 있다. 즉, 건축기전설비에서는 보일러와 냉동기처럼 성능을 갖고 있는 기기들이 존재한다. 기기의 성능 열화란 성능이 저하하는 것으로 정의할 수 있다. 기기의 성능 열화가 진행되었을 때 부하에 따라 성능을 유지하기 위해 현재의 성능 이상을 요구받게 되고 이것은 에너지사용비의 증가를 의미한다. 따라서 시간경과에 따른 기기의 성능을 알 수 있다면 기기의 운전비용을 예측하고 에너지 절약 방안을 마련할 수 있을 것이다.

또한, LCC 분석을 통하여 경제 수명에 의한 시스템 갱신 이론과 유지관리비용을 예측할 수 있다. 경제 수명은 LCC 평균연가 M_n이 최소가 되는 연수 n을 말하며 일반적으로 경제성 지표로서 이용되고 있다. LCC 평균 연가 M_n은 운전비의 평균 연가와 초기 투자액 평균 연가의 합이며 다음 식과 같다.

$$M_n = \left\{ C_o + \sum_{j=1}^{n} \frac{E_j}{(1+i)^j} \right\} \left\{ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right\} \qquad \text{식 (4.1)}$$

여기서 M_n : LCC 평균 연가, C_o : 초기 비용, i : 금리, n : 사용연수, E_j : 사용연수 j년째의 유지관리비를 나타낸다. 따라서 경제 수명은 초기비용 C_o 및 유지관리비 E_j를 구하는 것이 가능하다면 산출할 수 있다. 유지관리비는 그 대상 설비가 소비

하는 운전비와 보전비로 구분한다. 그림 4.1은 시간경과에 따른 성능과 유지관리비용의 변화를 보여주고 있다.

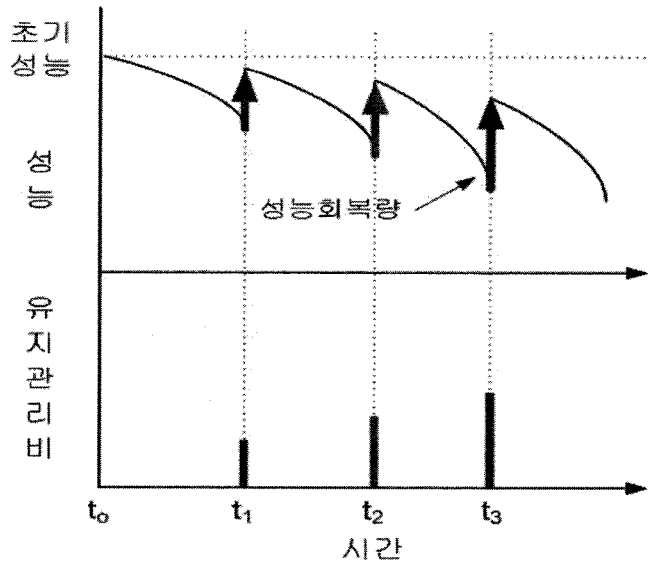


그림 4.1 시간경과에 따른 성능과 유지관리비용의 변화

나. 해석방법

(1) LCC 비용항목

LCC 비용은 크게 초기투자비용, 운전비용, 유지관리비용, 폐기 및 잔존가치비용 등으로 나눌 수 있고 현가법을 이용하여 미래의 반복적이거나 비반복적인 비용을 현가로 환산하였다. 반복비용에는 운전비용과 유지관리비용, 비반복 비용에는 초기투자비용과 폐기 및 잔존가치비용이 포함된다. 비용은 형태에 따라서 분석기간 중 각기 다른 시점에서 발생하기 때문에 LCC 분석에 앞서 미래에 발생하게 될 비용을 현재가치로 환산함으로써 이를 통합하여 하나의 값으로 표현할 수 있어야 상호 비교가 가능하게 된다. 미래의 비용을 현재의 가치로 전환하기 위한 가치변동률(Discount Rate)은 투자의 시점에서 볼 때 시간이 경과함에 따른 화폐가치에 기본을 두고 있다.

① 초기투자비용(Initial Investment Cost)

초기투자비용은 건축기전설비의 단가, 설치비 등 설계 및 갱신시에 드는 비용을

의미한다. 분석 시작 시점으로부터 m년 후에 발생한 기기에 대한 초기투자비 IC(원)를 분석시작 시점의 현가로 환산한다.

$$IC = IC_b \cdot \left(\frac{1+e}{1+i}\right)^{(m-1)} \quad \text{식 (4.2)}$$

IC_b는 기기를 설치한 당해 연도의 초기투자비(원), e는 물가상승률, i는 이자율을 나타낸다. 기기를 설치한 당해 연도의 초기투자비는 제조회사별, 형식별, 용량별로 조사된 가격 데이터베이스나 일반화된 간단한 함수로부터 구할 수 있으며, 여기에는 기기의 구입가격과 설치비를 포함한다. 초기투자비를 함수화 하는 경우에는 선형인 경우와 비선형인 경우로 구분할 수 있으며, 선형인 경우를 예로 들면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$IC_b = c_1 + c_2 \cdot Q \quad \text{식 (4.3)}$$

IC_b는 기기를 설치한 당해년도의 초기투자비(원, 설치비 포함), Q는 설치되는 기기의 용량, c_1 및 c_2는 각 기기의 용량에 따라 결정되는 상수이다.

② 운전비용(Running Cost)

운전비용은 설비기기의 운전에 따른 에너지(전기, 가스, 유류, 지역열원 등) 소비비용을 의미하며, 성능열화에 따라 운전비용이 증가하기 때문에 에너지절약 측면에서 운전비용 예측은 가장 중요한 사항이다. 분석개시 시점으로부터 k년 후에 발생하는 기기의 운전비, RC_k(원/년)를 분석개시 시점의 현가로 환산하면 다음과 같다.

$$RC_k = RC_{b,k} \cdot \left(\frac{1+e}{1+i}\right)^{(k-1)} \quad \text{식 (4.4)}$$

$RC_{b,k}$는 분석개시 시점으로부터 k년 후 당해년도에 발생한 기기의 운전비(원/년)로서, 시간의 경과에 따른 기기의 성능저하 및 그에 따른 운전비 상승률 등을 반영할 필요가 있다. 분석개시 시점으로부터 k년 후 당해년도에 발생하는 기기의

운전비($RC_{b,k}$, 원/년)는 기기의 성능 또는 효율과 사용되는 자원 및 에너지의 단가 및 기기의 사용기간 등에 따라 결정된다. 기기의 성능은 크게 정상상태의 성능과 비정상상태의 성능 등 두 가지로 분류할 수 있다. 먼저 비정상상태의 성능은 시간의 경과에 따른 성능의 변화 및 기기의 교체가 생애주기비용에 미치는 영향을 검토할 때 주로 사용될 수 있으며, 이때에는 기존 기기 및 교체되는 기기의 성능 및 성능의 경년변화가 함께 고려되어야 한다. 즉 기기의 성능계산에는 각 기기의 초기성능(주로 교체되는 기기에 해당됨)과 그 성능의 경년변화(예측 값)나, 설치 후 운전에 따른 실측결과로부터 얻어지는 성능이력(주로 기존의 기기에 해당됨) 및 이를 통한 향후 성능의 경년변화(예측 값) 등에 관한 내용이 포함되어야 한다. 반면 정상상태의 성능은 기기 자체의 효율보다는 기기를 다른 형식 또는 방식으로 교체하는 경우 교체에 따른 비용분석에 관심이 있는 경우에 주로 사용될 수 있으며, 이 경우 기기 성능의 경년변화는 무시할 수 있을 것이다.

비정상상태의 성능분석 방법 : 초기성능과 성능이력을 파악할 수 있을 경우에는 커브피팅(curve fitting)을 통해 경향을 파악하고, 함수화를 하여 미래시점의 성능을 예측할 수 있다. 그리고 동일한 기기로 교체시에는 초기성능을 알 수 있기 때문에 기존 성능이력을 통하여 교체된 기기의 성능예측이 가능하다. 또한 부하율에 따라 성능변화가 있기 때문에 부하율도 고려해야한다.

운전비용은 일반적으로 기본요금(EC)과 에너지단가(EC) 및 에너지사용량(EA)으로 구할 수 있는데, 아래와 같이 나타낼 수 있다. 기본요금과 에너지단가는 사용에너지 종류에 따라 다양한데 이는 각각의 에너지원요금체계에 따라 달리 적용해야 한다.

$$RC = EC + EC \times EA \qquad \text{식 (4.5)}$$

위에서 나열한 각 기기의 시간에 따른 성능 상관식을 운전비용에 대입을 하여 현재 시점의 성능과 k년차의 성능 비율을 이용하여 k년차의 운전비용을 예상할 수 있고 아래와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 기준시점은 현재시점(pr)으로 하였고 EC_{Bpr}는 운전시 에너지사용 기본요금, EC_{Upr}는 에너지 단가, EA_{pr}는 에너지 사용량을 나타낸다.

$$RC_{b.k} = EC_{Bpr} + \left\{ EC_{Upr} \times EA_{pr} \times \left(\frac{P_{pr}}{P_k}\right) \right\} \qquad \text{식 (4.6)}$$

정상상태의 성능 : 앞에서 언급한바와 같이 경년변화는 무시할 수 있고 기기의 운전시간, 에너지요금, 에너지 사용량을 이용하여 k년차의 운전비용을 예측할 수 있다. 기기 교체시 동일한 용량, 동일한 에너지일 경우에는 초기(일정)성능 비교만으로 운전비를 예측할 수 있다. 아래의 식은 a의 기기에서 b의 기기로 교체를 할 때의 b 기기의 운전비를 알 수 있는데, 운전기간이 상이할 경우에는 계산결과를 사용기간으로 나눈 단위(원/년)로 비교할 수 있다.

$$RC_{b,k} = RC_{a,k} \times \frac{P_{a,i}}{P_{b.i}} \qquad \text{식 (4.7)}$$

기기 교체시 에너지 종류가 상이할 경우에는 에너지비용 및 사용량을 이용하여 b 기기로의 교체시 운전비용을 예측할 수 있는데 위와 마찬가지로 운전기간이 상이할 경우에는 계산결과를 사용기간으로 나눈 단위(원/년)로 비교할 수 있다. 여기에서 , $EC_{B.k}$는 에너지기본요금, $EC_{U.k}$는 에너지사용단가, EA_k는 에너지사용량을 나타내고 있는데 에너지자원에 따라서 요금체계가 상이하기 때문에 요금체계를 고려해야한다.

$$RC_{b,k} = EC_{B,k} + EC_{U,k} \times EA_k \qquad \text{식 (4.8)}$$

자원 및 에너지원 단가 : 자원 및 에너지 단가는 기본요금과 사용량요금으로 구분되는 것이 일반적이며, 자원 및 에너지원별, 지역별, 계절별, 용도별, 시설용량별 및 사용량별 등으로 구분하여 부과되는 요금체계를 종합적으로 고려하여 계산하여야 한다.

기기의 사용기간 : 기기의 연간 사용기간은 건물의 위치(기후조건)나 용도 등에 따라 크게 차이가 나는 것이 일반적이나, 여기서는 각 용도별 건물에 대한 기기별 연간 사용기간을 사용한다.

③ 유지관리비용(Maintenance Cost)

유지관리비용은 설비기기의 설치시기부터 폐기단계까지 드는 비용으로써 사전보전비용, 고장에 따른 수리비용 등 을 의미하는데, 성능열화에 따른 운전비용 증가를 방지하기 위하여 주기적인 유지관리를 통해 에너지 절약을 목표로 한다. 분석개시 시점으로부터 k년 후에 발생하는 기기의 유지관리비, MC_k(원/년)의 분석개시

시점에서의 현가도 앞에서 보인 운전비의 경우와 마찬가지로 계산될 수 있다. 여기서 $MC_{b,k}$는 분석개시 시점으로부터 k년 후 당해년도에 발생한 기기의 유지관리비(원/년)로서, 시간의 경과에 따른 유지관리비 상승률(경험자료 반영)을 고려하는 것이 바람직하다.

$$MC_k = MC_{b,k} \cdot \left(\frac{1+e}{1+i}\right)^{(k-1)} \quad \text{식 (4.9)}$$

분석개시 시점으로부터 k년 후 당해년도에 발생한 기기의 유지관리비($MC_{b,k}$, 원/년)는 정기 점검비용과 비정기 점검비용 및 수리비용을 포함하며, 특히 수리비용의 경우에는 시간의 경과에 따른 비용의 변화를 고려하는 것이 바람직하다. 여기서 $MCI_{r,b,k}$, $MCI_{ir,b,k}$, 및 $MCR_{b,k}$는 각각 분석개시 시점으로부터 k년 후 당해년도에 발생한 정기 점검비용(원/년)과 비정기 점검비용(원/년) 및 수리비용(원/년)을 의미하며, d_1 및 d_2는 시간의 경과에 따른 기기의 수리비용의 변화에 따라 결정되는 상수이다.

$$MC_{b,k} = MCI_{r,b,k} + MCI_{ir,b,k} + \{d_1 + d_2 \cdot MCR_{b,k}\} \quad \text{식 (4.10)}$$

④ 폐기 및 잔존가치비용(Disuse, Residual Cost)

폐기비용은 설비기기의 고장 및 열화로 인해 수명이 다하거나 성능저하로 인해 기기를 폐기할 때 드는 비용이며, 잔존가치비용은 사용연한이 지났거나 분석기간 중 교체하고자 할 때 남아있는 자산의 가치를 의미한다. 일반적으로 설비기기의 잔존가치는 사용연한에 대한 실제 사용기간의 비례에 따라 선형적으로 계산된다.

분석개시 시점으로부터 분석기간인 n년 후에 기기의 폐기시 발생하는 폐기 및 잔존가치비용, EC(원)를 분석개시 시점의 현가로 환산하면 다음과 같다. 여기서 EC_b는 기기를 폐기할 당시의 폐기 또는 잔존가치비용(원)이다. 기기를 폐기할 당시의 폐기비 또는 잔존가치비용(EC_b, 원)은 실제 소요되는 폐기비용에 따른 비용을 고려한다.

$$EC = EC_b \cdot \left(\frac{1+e}{1+i}\right)^{(n-1)} \quad \text{식 (4.11)}$$

⑤ 생애주기비용(Life Cycle Cost)

각 대안에 대하여 유형별 비용을 총합함으로써 LCC를 산정한다. 이상의 비용항목들로부터 기기의 생애주기비용, LCC(원)을 다음과 같이 구할 수 있다. 여기서 n(년)은 전체 분석기간이다.

$$LCC = IC + \sum_{k=1}^{n}\{RC_k + MC_k\} + EC \qquad \text{식 (4.12)}$$

기기의 교체시기 및 사용기간이 다르므로 하나의 기기에 대한 LCC(원)의 계산결과를 사용기간으로 나눈 단위 LCC(LCC/yr, 원/년)로써 경제성 분석을 수행하는 것이 타당한 것으로 판단된다. 주요 파라미터로는 기기 성능 및 유지관리비용(수리비용)의 경년변화, 이자율, 물가상승률, 기기의 종류(형식), 자원 및 에너지원 단가 등이 있다.

2.2 LCC 프로그램 개발

LCC 분석 프로그램을 작성하기 위한 언어로는 Visual Fortran 6.0을 사용하였으며, 향후 패키지와 연동되게 할 예정이다. 건물군관리 시스템에서는 이 프로그램을 이용하여 건물과 정보수집체계로부터 대상설비의 데이터를 D/B 서버로 전송하고, 사용자는 D/B 서버에 접속하여 LCC 분석 프로그램을 구동하여 결과를 출력할 수 있다. 그림 4.2는 Fortran으로 작성한 LCC 분석 프로그램 실행 화면이다.

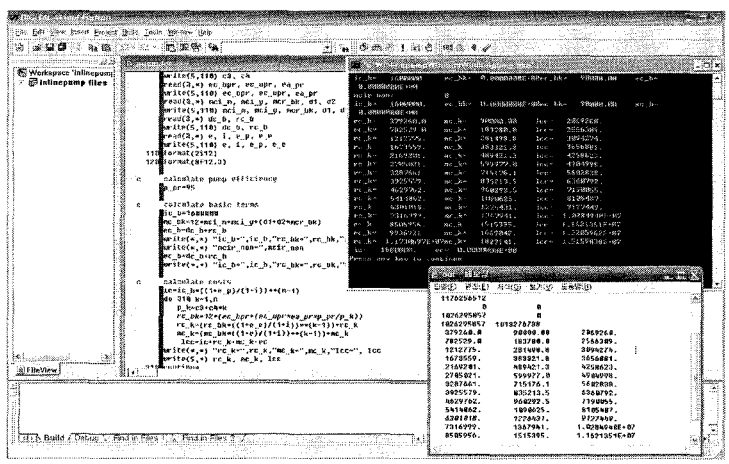


그림 4.2 LCC 분석 프로그램 구동 화면

개발한 프로그램의 신뢰성 검토를 위하여 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 개발한 BLCC(Building Life Cycle Cost) 프로그램을 이용하여 계산결과를 비교하였다.

BLCC 프로그램은 LCC에 의해 분석된 결과를 검증하기 위해 순익, 투자/순익 비율, 회수기간 등과 같은 다른 경제지표를 제공하여 상호비교를 통한 신뢰성을 확보하고 있으며, 주요변수로는 분석시점, 분석시점일과 분석기간, 계획, 서비스 기간, 할인율 등이다. 비용항목으로는 초기투자비, 매년 발생되는 유지관리비, 비반복적으로 발생되는 유지관리비, 연간 에너지사용비, 교체비, 처분비 등으로 구분하였다.

최종결과로는 개별적인 대안에 대한 데이터 요약, LCC 분석결과, 현금 흐름도를 비롯한 각 대안별 상호비교를 통한 최소 LCC가 되는 최적안 선정 등에 활용할 수 있다. 그림 4.3은 BLCC 프로그램 실행화면과 분석결과 화면을 나타내고 있다.

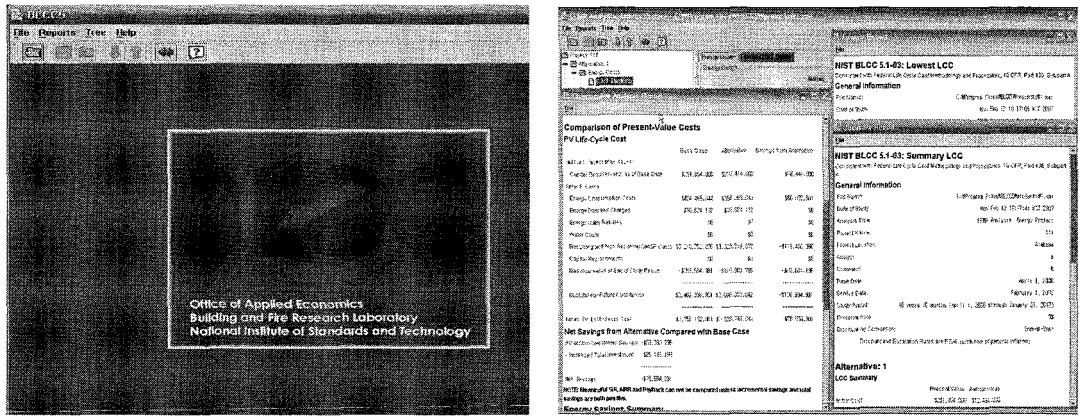


그림 4.3 BLCC 프로그램 실행화면과 분석결과 화면

그림 4.4는 BLCC 프로그램과 개발한 LCC 프로그램과의 LCC 분석결과를 비교한 것으로 LCC 등 모든 비용 측면에서 3% 이내의 오차를 발생하였다. 따라서 개발한 프로그램은 기기별 LCC 분석을 수행하는 데 유용하게 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

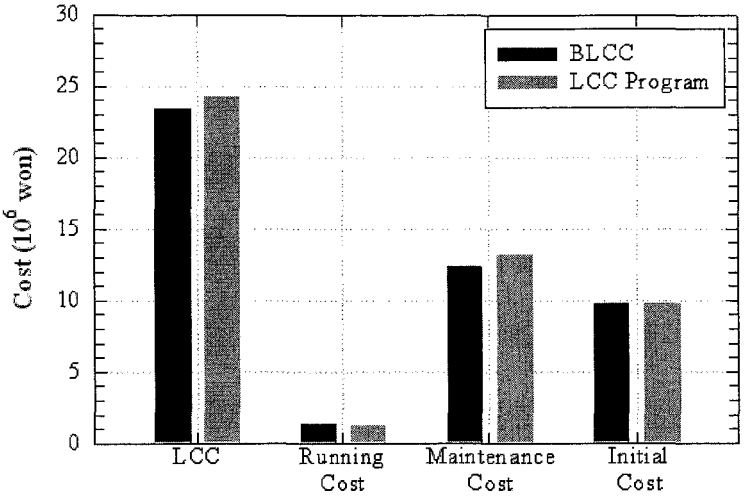


그림 4.4 BLCC 프로그램과 개발한 LCC 프로그램과의 해석결과 비교

2.3 LCC 분석을 통한 공조설비 내구연한 산정 방안

건물의 각종 기계설비들은 일정 시간이 지나면 사용이 진행됨에 따라 노후 및 열화로 인해 장비를 교체해야 하는 시기인 내구연한에 달하게 된다. 이 내구연한에 관련해서 우리나라 뿐 아니라 일본, 미국, 독일 등 각 국에서 법정 내구연한 또는 각 설비관련 협회에서 설비별로 획일적인 내구연한을 제안하고 있는 실정이다. 하지만 이러한 내구연한은 건물의 사용 환경, 설비별 작동방식 또는 설비 유지관리 수준에 따라 많은 차이가 발생됨에도 불구하고 현재 제안된 내구연한은 모두 한 설비에 대해 일괄적으로 제시되고 있다. 이에 따라 교체시기가 지난 설비를 사용함으로써 에너지 손실을 가져올 수 있고, 반면에 유지관리가 잘되어 사용가능한 장비를 제안된 내구연한으로 인해 교체함으로써 비용 낭비를 초래할 수 있다.

지금까지 공조 설비를 대상으로 한 LCC(Life Cycle Cost) 분석에 관한 연구는 많이 진행되어 왔으나, 대부분의 연구에서는 에너지사용량, 즉 운전비용을 얻기 위하여 부하계산프로그램인 HASP, DOE 등을 사용하여 LCC 분석을 수행하였다. 이에 본 연구에서는 합리적인 설비 교체 및 관리방안을 결정하기 위하여 성능열화에 따른 설비의 운전비 증가를 고려한 LCC 분석을 통한 내구연한(최적 경제수명) 선정 방안을 제안하고자 한다.

가. 현제 제시되고 있는 설비별 내구연한의 현황 및 문제점

모든 건축물의 설비나 시설은 각기 다른 일정한 내구연한을 가지고 있다. 따라서

일정한 시기에 적절한 개보수를 하면 건축물 전체의 내구연한 증진과 건물을 쾌적한 상태로 기능유지 할 수 있다. 하지만 개보수시기를 놓치고 방치하면 일정한 시기 후 대규모 개보수를 하더라도 본래의 기능을 회복하기 어려울 뿐 아니라 그에 따른 에너지손실 또한 매우 크다. 이를 방지하기 위해서는 각 설비별 유지관리 지침 또는 교체시기 등의 내구연한이 현장감 있는 분석을 통한 보다 세분화되고, 정확하게 제시되는 것이 필요하다.

설비의 열화가 진행되어 사용이 불가능한 상태에 이를 때까지의 시간을 일반적으로 내구연한이라 하고 이에 대해 연평균 LCC가 최소가 되는 시기의 사용연수를 최적 경제수명이라 하는데, 설비의 경제성을 평가하는 유력한 지표로 설비가 최적 경제수명에 도달했을 때 설비를 교체하는 것이 경제적 측면에서 바람직하다.

한편 건축물은 존속연수가 40~50년 이상인데 반하여 건축설비는 10~20년 정도의 짧은 내구연수를 가지므로 건축물의 생애기간 동안 건축설비는 수차례의 개수에 해당하는 리모델링이 요구된다. 이와 같은 경제적이고 합리적인 유지관리 방안을 마련하기 위해서는 경제성 분석과 같은 타당성 검토를 통한 의사결정과정이 선행될 필요가 있으며, 이와 관련된 각종 평가요소 중에서 내구연수의 정확성을 제고하는 것은 중요한 과제라 할 수 있다.

현재 국내외에 제안된 법정 내구연한과 각 협회에서 제시한 내구연한은 표 4.1과 같이 건축설비를 건축구조물에 포함된 부속설비로 분류하여 설비별 특성이나 사용환경 또는 유지관리 현황이 반영되지 못하고 일괄적으로 제시되어있다. 실질적으로 전혀 개보수 등의 유지관리가 되지 않은 설비가 매년 정기적인 검사와 부품 교체 등의 유지관리가 이루어진 설비와 동일한 내구연한을 가질 수는 없다. 이렇듯 설비별 유지관리 상황을 반영하지 못한 내구연한에 대한 신뢰성 부족으로 인해 최적 경제수명에 따른 최적의 교체시기를 판단하기 어렵다. 이로 인해 현장에서 기능상 설비를 교체하고자 하는 건물의 관리자와 내구연한이 남았다고 생각하는 건물 소유주간의 갈등을 빚을 수 있고, 최적 경제수명이 지난 설비를 사용함으로써 막대한 양의 에너지 손실을 야기할 수 있다.

이에 본 연구에서는 건물의 관리자에게 설비별 특성에 맞는 적용 가능한 내구연한을 제안하기 위해서 LCC 분석을 통해 유지관리 수준을 고려한 내구연한 선정방안을 제안하고자 한다.

나. 공조 설비의 경년변화 예측

설비의 성능 열화란 사용연수가 증가함에 따라 설비의 성능이 저하하는 현상으로,

열화가 진행되면서 부하에 따른 능력을 유지하기 위해 현재의 능력 이상을 요구받게 되면서 운전비가 증가하는 것이 일반적이다.

공조 설비의 성능열화를 고려하여 운전비를 계산하는 하나의 방법으로 건물에 열을 공급하기 위하여 설비가 소비하는 에너지만을 계산하는 설비의 열성계수를 이용하는 방법이 있다.

$$RC_k = BC_k \times BA_K \times (1+k \times g) \tag{4.13}$$

표 4.1 공기조화설비의 내구연한

	한국	일본			ASHRAE		VDI 2067
		법정 내구연한	병원 설비협회	건설업 협회	handbook 1980	journal 1978	
보일러	15	15	15	18.9	24	23	20
냉동기	20	13-15	-	15	20	20	20
냉각탑	17	15	10	14.4	20	20	10-15
공조기	20	15	10	17.5	17	17	15
펌프	15	15	10	-	17	20	10

여기서 RC_K는 사용연수 k년째의 운전비, EC_k와 EA_k는 k년째의 에너지 단가와 에너지 사용량을 각각 의미하며, g는 설비의 열성계수이다. 하지만 각 설비의 열성계수에 대한 자료가 거의 없기 때문에 이 방법으로 운전비를 계산하는 것은 불가능하였다.

공조 설비의 성능열화에 따른 운전비를 계산하는 또 다른 방법은 단기적으로는 설비의 성능열화가 가속적으로 진행되는 것으로 보일 수 있지만, 장기적으로 보면 설비 전반의 성능열화가 선형적으로 변화한다고 가정하는 것이다. 따라서 매년의 운전비는 초기 성능을 100 %로 했을 때 법정 내구연한 도달시의 성능에 의해 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$RC_k = \left(1+\frac{100-P_a}{\alpha}\right) \times RC_1 \tag{4.14}$$

여기서 RC_k는 사용연수 k년째의 운전비, RC_1은 사용연수 1년째의 운전비, P_a는 법정 내구연한에서의 성능, a는 법정 내구연한을 의미한다. 따라서 사용연수 1년째의 운전비로부터 매년의 운전비를 산출할 수 있다. 본 연구에서는 국내에서 일부 보고되고 있는 공조 설비의 운전성능 자료와 식 4.14를 이용하여 운전비를 계산하였고 이 데이터를 이용하여 LCC 분석을 수행하였다.

2.4 공조설비 해석모델 및 기본가정

각 설비별 유지관리 수준에 따른 내구연한 설정방안을 제시하기 위하여 다음과 같이 기본가정을 하였다.

가. 인라인식 냉온수 순환펌프

√ 인라인식 냉온수 순환펌프는 초기 설치 시 정격출력은 2.2 kW
√ 초기투자비용은 1,600천원으로 가정
√ 매월 25일, 매일 6시간동안 운전하며 전력요금은 일반용전력(을), 1,000 kW 이상 고압A의 요금체계를 이용하여 운전비용을 산출
√ 냉온수 순환펌프는 불규칙적인 여러 가지 원인으로 효율감소를 보이지만 가장 교체 빈도가 높은 부품은 씰링(sealing)으로 조사되었다. 본 연구에서도 펌프의 주기적인 수리는 씰링 부품 교체이며, 교체비용은 300천원/회이고, 교체시점의 효율에서 교체 후에는 20%의 효율상승을 보인다고 가정
√ 주기적인 수리는 5년 마다 1회의 유지관리를 하고, 2회 수리 후에 다음 수리 시점에서는 효율 저하 문제로 인해 펌프를 교체한다고 가정

나. 증기보일러

√ 증기보일러는 3톤, 2톤 각 1대이며, 초기설치시의 정격효율은 95 %라고 가정
√ 설치비를 포함한 초기투자비용은 총 92,920천원으로 가정
√ 연간 7개월(10월~4월)동안 월평균 4,067.85 m^3의 도시가스를 사용한다고 가정
√ 유지관리 수준은 전혀 유지관리를 하지 않고 사용하는 경우, 1년에 한번 세관 및 적정 시기에 맞춰 부품교체의 3년 단위 유지관리를 하는 경우, 매년 사용시설 안전점검 및 성능검사와 함께 세관 및 부품교체 등의 1년 단위의 유지관리를 하는 경우로 나누어 분석

다. 터보냉동기

√ 터보냉동기는 냉동능력이 300 RT 2대, 소비전력은 190 kW이며, 초기 COP는 5.5라고 가정

√ 설치비를 포함한 초기투자비용은 284,950천원으로 가정

√ 전력요금을 계산하기 위하여 봄(4~6월) 최대부하 3시간, 중부하 2시간, 여름(7~8월) 최대부하 5시간, 중부하 2시간, 가을(9월)에는 최대부하 4시간, 중부하 2시간씩 매달 25일 동안 운전한다고 가정

√ 유지관리 수준은 유지관리를 전혀 하지 않은 경우, 1년마다 정기적으로 유지관리를 한 경우, 6년마다 전반적인 개보수를 하는 오버홀을 시행한 경우로 나누어 각각의 유지관리수준에 따른 내구연한을 분석

표 4.2 유지관리효과 분석을 위한 각 설비별 사양 및 조건

구 분	내 용
냉동기	· 용량 및 형식 : 300 RT × 2대, 터보식 · 소비전력: 190 kW × 2대 · 정격 성적계수(COP) : 5.5 · 초기투자비용 : 285백만원 · 운전기간 : 5~6월: 5시간/일 <최대부하 3시간, 중부하 2시간> × 25일/월, 7~8월: 7시간/일 <최대부하 4시간, 중부하 3시간> × 25일/월, 9월: 6시간/일 <최대부하 4시간, 중부하 2시간> × 25일/월
보일러	· 용량 및 형식 : 3t/h × 1대, 3t/h × 1대, 증기식 · 정격효율 : 95% · 초기투자비용 : 93백만원 · 연료사용량 : 4천 m^3 (도시가스) · 운전기간 : 연간 7개월(10월~4월)
순환펌프	· 용량 및 형식 : 2.2 KW, 인라인펌프 · 초기투자비용 : 1.6백만원 · 운전기간 : 1,800시간 (6시간/일 × 25일/월 × 12개월)
금융정보	· 전기요금 : 일반용 전력(을) (1000kW 이상 고압 A) · 이자율 : 7.4% · 물가 상승률 : 4.2% · 전기요금 상승률 : 1.4% · 도시가스요금 상승률 : 1.0%

모든 분석에 있어, 이자율은 7.4 %, 물가상승률은 4.2 %, 전기요금 상승률은 1.4 % 및 도시가스요금 상승률은 1.0 %로 가정하였다. 에너지요금과 금융정보는 모든 설비에 동일하게 적용하였고, 모든 설비는 내구연한까지 효율이 선형적으로 감소한다고 가정하였다. 이상의 내용을 아래의 표 4.2에 간략히 정리하였다.

제 3 절 수치실험 및 결과 분석

1. 냉동기에 대한 LCC 분석

가. 기본 가정

터보냉동기는 냉동능력이 600 RT 1대, 소비전력은 382 kW이며, 초기 COP는 5.5라고 가정하였다. 그리고 설치비를 포함한 초기투자비용은 284,950천원으로 가정하였으며, 전력요금을 계산하기 위하여 봄(4~6월) 최대부하 3시간, 중부하 2시간, 여름(7~8월) 최대부하 5시간, 중부하 2시간, 가을(9월)에는 최대부하 4시간, 중부하 2시간씩 매달 25일 동안 운전한다고 가정하였다. 유지관리 수준은 유지관리를 전혀 하지 않은 경우, 1년마다 정기적으로 유지관리를 한 경우, 6년마다 전반적인 개보수를 하는 오버홀을 시행한 경우로 나누어 각각의 유지관리 상태에 따른 LCC 분석을 수행하였다.

나. 해석결과 및 고찰

본 연구에서는 시간이 경과함에 따른 냉동기의 COP가 설치 초기에 5.5에서 20년 시점까지 선형적으로 감소한다고 가정하여 각 경우에 대한 LCC 분석을 수행하였다. Case Ar의 경우에는 20년 후의 성적계수가 설치 초기치 대비 72.1 %이고, Case Br는 67.2 %, Case Cr는 62.8 %, Case Dr는 58.4 %로 산정하였다.
먼저, 그림 4.5는 터보냉동기 효율저하 특성변화에 따른 각 경우별 연간 LCC의 변화를 보여주고 있다. Case Ar의 경우 연간 LCC가 최소가 되는 시점은 20년 전후이며, Case Br의 경우 18년, Case Cr의 경우 17년, Case Dr의 경우 16년으로 시간경과에 따른 터보냉동기의 효율저하가 클수록 연간 LCC가 최소가 되는 시점이 짧아진다는 것을 알 수 있다. 여기서, 연간 LCC 비용이 최소가 되는 시점이 경제수명이며, 유지관리비용을 최소화하기 위해서는 각 기기가 경제수명에 도달할 때, 기기를 교체하는 것이 경제적 측면에서 바람직하다.

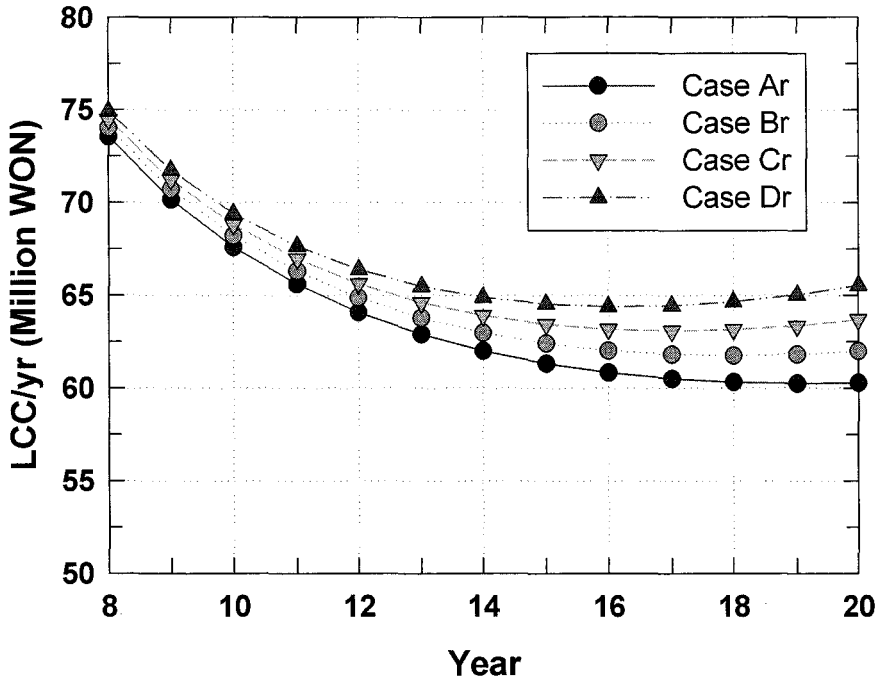


그림 4.5 시간경과 및 효율저하에 따른 터보냉동기의 연간 LCC 변화

한편, 그림 4.6은 각 경우별 유지관리비용을 산정하기 위한 터보냉동기 유지관리 방법별 성적계수의 변화를 보여주고 있다. Case 1은 유지관리를 전혀 하지 않는 경우로써 터보냉동기의 내구연한 17년 마다 교체를 하는 것이다. Case 2는 6년마다 오버홀을 실시하는 경우이며, Case 3은 1년마다 유지관리를 수행하는 경우를 나타내고 있다. 그리고 일본건축설비진단기구(2004)에서 보고한 바에 따르면 터보냉동기의 성적계수는 1973년 3.5에서 1997년 4.6으로 기술개발로 인하여 지속적으로 상승하고 있으므로, 이를 감안하여 현재시점의 터보냉동기의 성적계수가 5.5일 때, 경제수명인 17년이 지난 후에 신규 설치되는 터보냉동기의 성적계수는 7.1로, 34년 후의 성적계수는 9.1로 산정하였다.

그림 4.7은 Case Cr의 성적계수 변화곡선을 적용하였을 경우의 터보냉동기의 유지관리방법 따른 총 40년 동안의 LCC를 보여주고 있다. Case Cr-3의 경우 초기투자비는 Case Cr-1보다 증가하였으나, 운영비는 감소하여 총 LCC는 Case Cr-1보다 4.9% 감소하였다. 즉, 유지관리를 전혀 하지 않는 경우보다 유지관리비용이 발생하지만 매년 조금씩 유지관리를 수행해서 경제수명 시점 기준으로 터보냉동기의 성능저하를 25% 감소시킨다면, 40년 동안의 총 LCC 비용을 약 5% 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

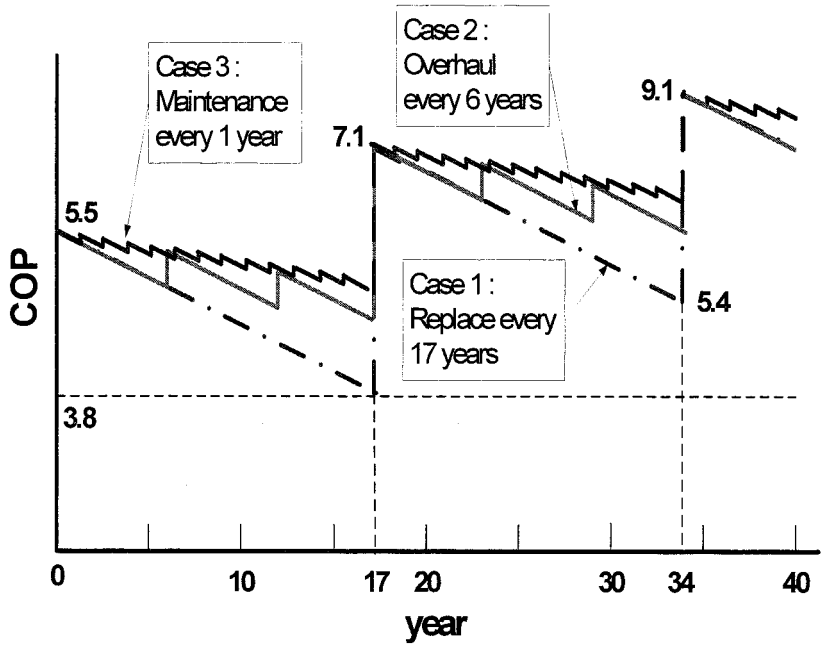


그림 4.6 터보냉동기 유지관리방법별 성적계수의 변화

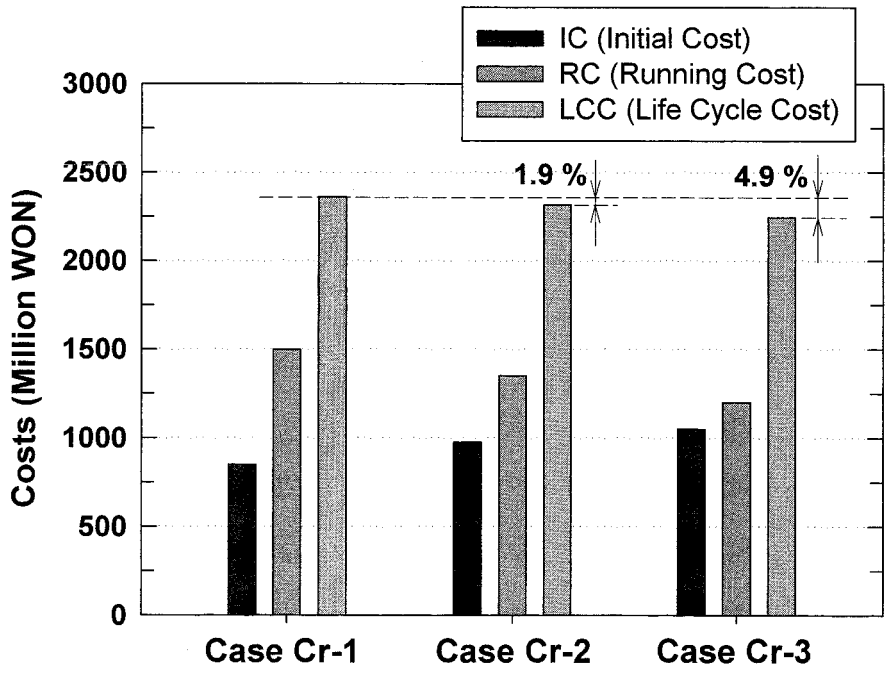


그림 4.7 터보냉동기 유지관리방법에 따른 각 종 비용 변화

한편, Lee와 Choi는 서울 광진구에 위치한 호텔을 대상으로 한 리모델링 설계사례를 통해 설치 후 15년 시점에 터보냉동기가 설계치 대비 72.1%로 효율이 저하하였다고 진단하였다. 따라서 본 연구에서는 시간이 경과함에 따른 냉동기의 COP가 초기 5.5에서 20년 시점에 효율이 62.8 %가 되기까지 P = -0.1023t+5.5 식과 같이 선형적으로 감소한다고 가정하였고, LCC 분석을 통해 터보냉동기 내구연한 선정에 유지관리의 영향을 알아보기 위하여 표 4.3과 같이 유지관리주기를 구분하여 분석하였다.

그림 4.8은 터보냉동기의 유지관리 수준에 따라 최적 경제수명을 분석하기 위해 LCC 변화를 도시한 것으로, 유지관리를 전혀 하지 않은 경우(CASE A) 17년에 LCC가 최소가 되었다. 이는 현재 제시되고 있는 20년을 사용할 경우, 최적 경제수명을 지나 장비 효율저하로 인한 운전비 증가 및 에너지 낭비를 초래할 수 있음을 알 수 있다.

그림 4.9는 각 유지관리 사례에 따른 운전비의 변화를 나타낸 것이다. 유지관리를 하지 않는 경우 운전비가 많이 증가하였고, 매년 유지관리를 하는(CASE C) 경우 유지관리비가 냉동기 성능저하에 따라 소폭 상승하였으나 거의 변화가 없다.

또한, 그림 4.10에 보인 바와 같이 주기적인 유지관리(CASE C)를 하였을 때, 유지관리를 하지 않은 경우(CASE A)보다 11 %의 생애주기비용이 절약되었다. 그림 4.9에서 CASE B는 CASE A와 같이 유지관리를 하지 않아 성능저하가 동일하므로 고려하지 않았다.

표 4.3 냉동기의 유지관리 수준에 따른 COP 변화

구 분	20년 후 효율 (%)	COP 상관식	20년 후 COP	유지관리 수준
CASE A	62.8	P=-0.1023t+5.5	3.454	유지관리 × (내구연한 20년 사용)
CASE B	62.8	P=-0.1023t+5.5	3.454	유지관리 × (최적경제수명 사용)
CASE C	90.7	P=-0.0256t+5.5	4.988	매년 정기점검
CASE D	80.4	P=-0.0538t+5.5	4.424	6년마다 오버홀

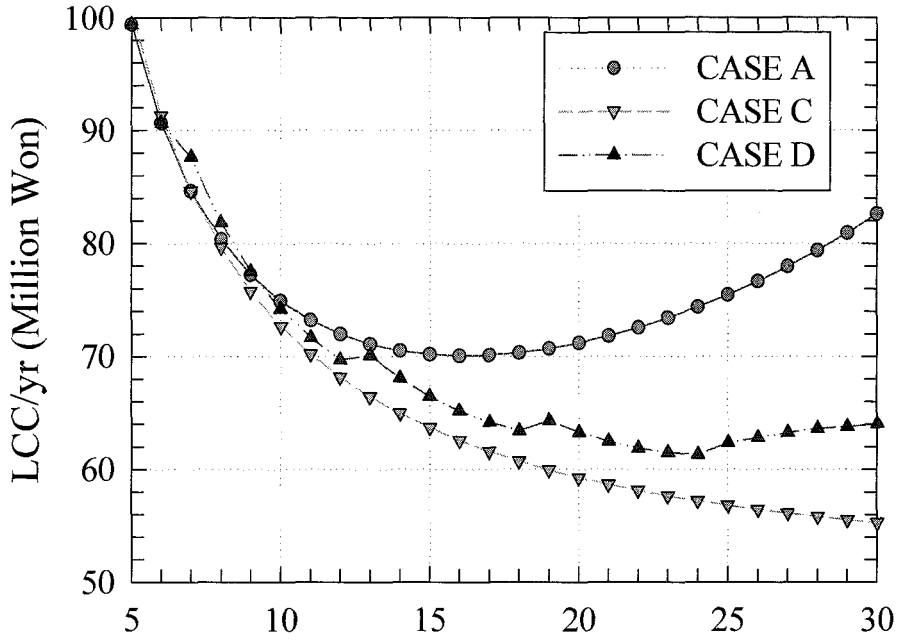


그림 4.8 유지관리 수준에 따른 냉동기의 LCC 변화

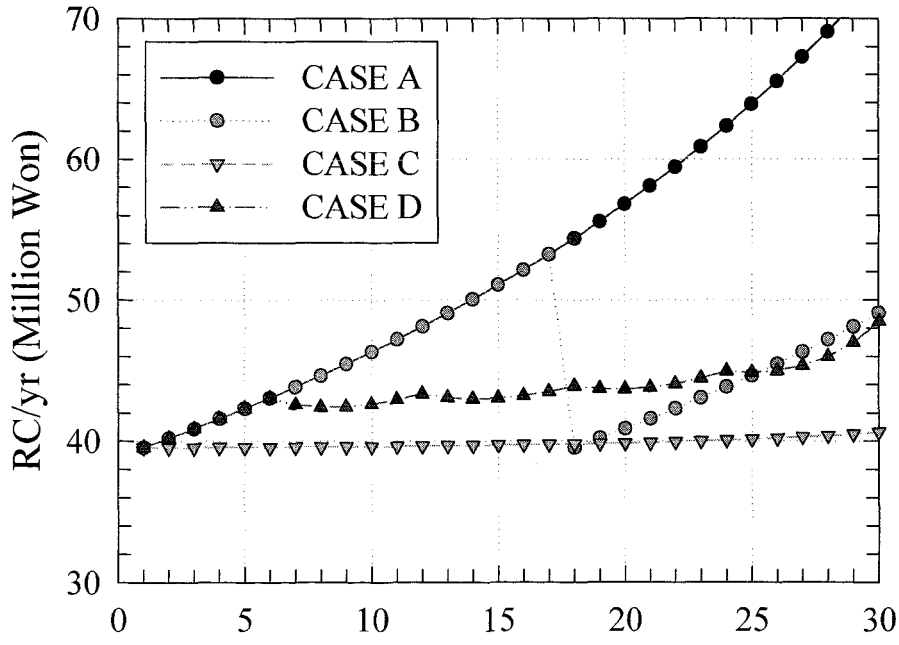


그림 4.9 유지관리 수준에 따른 냉동기의 RC 변화

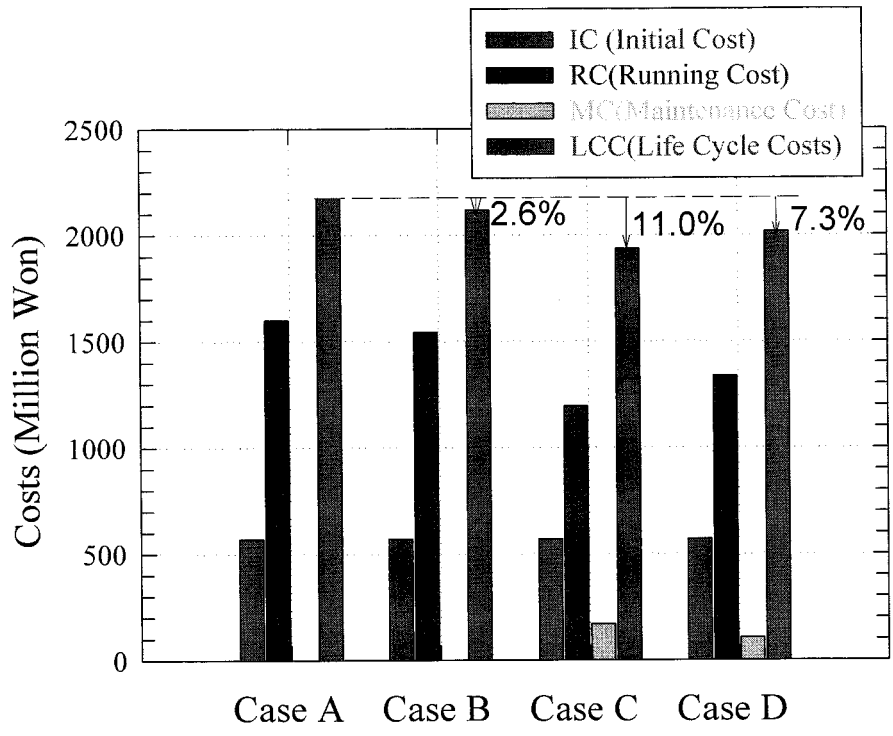


그림 4.10 유지관리 방법에 따른 냉동기의 비용 분석

2. 보일러에 대한 LCC 분석

가. 기본 가정

분석 대상 보일러는 D사의 증기보일러(3톤×1대, 2톤×1대)로 선정하였으며, 정격효율은 95%, 초기비용은 50,232,000원(3톤)+42,688,000원(2톤)=92,920,000원으로 산정하였다. 에너지요금은 도시가스 업무난방용으로 단가 588.14 원/m^3(2007. 1. 1, 서울도시가스 기준)을 적용하였다. 이자율은 7.4%, 물가상승률은 4.2%, 가스요금 상승률은 1.0%로 산정하였으며, 시간에 따른 보일러의 성능은 초기효율 95%에서 20년 시점의 효율까지 선형적으로 감소(표 4.4 및 그림 4.14 참조)한다고 가정하였다. 또한, 보일러를 교체하였을 경우에는 초기효율 95%를 유지하는 것으로 가정하였다.

표 4.4 20년 시점의 효율에 따른 시간, 성능 관계식

구분	20년 시점의 효율(%)	시간과 성능과의 관계식
CASE 1	60	P=-1.75t+95
CASE 2	55	P=-2.00t+95
CASE 3	50	P=-2.25t+95
CASE 4	45	P=-2.500+95

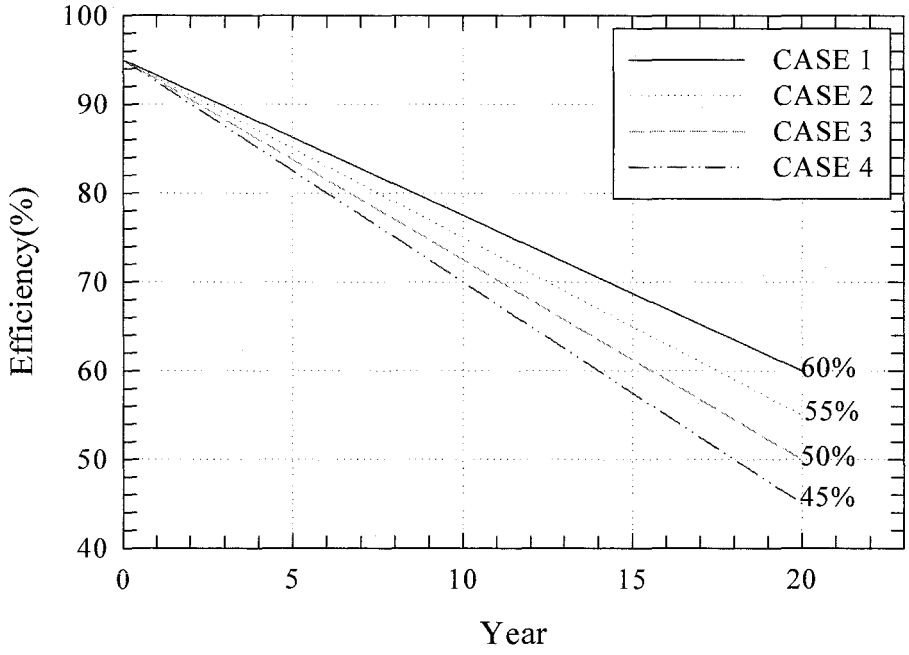


그림 4.11 시간경과에 따른 효율변화 곡선 (내용연수: 20년)

나. 해석결과 및 고찰

(1) 보일러의 효율 변화

시간경과에 따른 보일러의 효율저하를 고려한 LCC 분석을 수행하여 보일러의 최적 교체시기를 파악하고 에너지절약방안을 모색할 수 있을 것이다. LCC는 분석기간 동안의 누적된 값이기 때문에 연간 LCC(LCC/yr)로 표시하여 각각의 경우에 따라 연간 LCC 변화를 그림 4.12에 나타내었다. 각각의 경우는 20년 시점의 효율을 기준으로 하였고, 20년 시점의 효율이 60%(CASE 1)는 16년째, 45%(CASE 4)

는 13년째가 최적 경제수명에 도달하는 것을 예측할 수 있다. 이와 같이 보일러의 효율저하가 시간 경과에 따라 급격하게 진행될수록 경제수명은 짧아진다는 것을 알 수 있다.

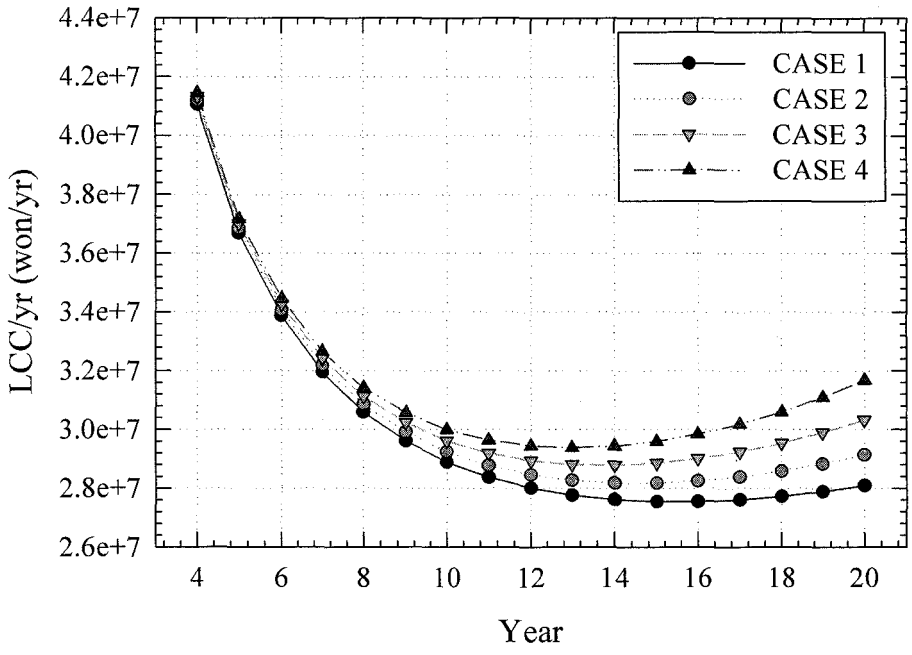


그림 4.12 시간경과에 따른 연간 LCC 변화

(2) 보일러 교체주기의 변화

보일러 LCC에 대한 보일러 교체주기의 영향을 알아보기 위하여 표 4.5와 같이 보일러 교체주기를 구분하여 시뮬레이션을 수행하였고, 그림 4.13은 시간경과에 따른 교체주기의 변화 곡선을 보여주고 있다. 분석기간은 40년으로 하였다.

표 4.5 보일러 효율과 교체주기의 변화

보일러교체 시 (년)	20년 시점의 효율	
	60% 일 때	45% 일 때
11	CASE 1-1	CASE 4-1
13	CASE 1-2	CASE 4-2
15	CASE 1-3	CASE 4-3
17	CASE 1-4	CASE 4-4
19	CASE 1-5	CASE 4-5

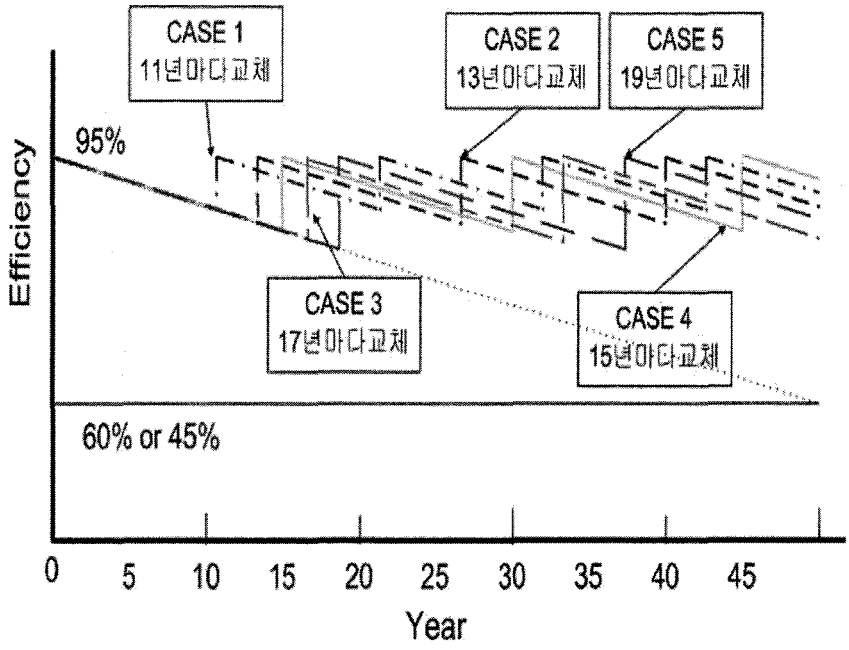


그림 4.13 시간경과에 따른 교체주기의 변화

그림 4.14와 4.15는 보일러 교체주기 변화에 따른 총 LCC 변화를 보여주고 있다. 보일러의 사용 시간이 20년 경과한 시점에서의 효율이 60%로 저하한다고 가정한 경우 그림 4.12에 보이는 바와 같이 CASE 1-3의 경우(보일러 교체주기 : 15년)에서 총 LCC가 최소가 되었다. 따라서 보일러 교체주기를 15년으로 할 경우 총 LCC를 최소로 할 수 있다.

반면에 보일러의 사용 시간이 20년 경과한 시점에서의 효율이 45%로 저하한다고 가정한 경우 그림 4.15에 보이는 바와 같이 CASE 4-1의 경우(보일러 교체주기 : 11년)에서 총 LCC가 최소가 되었다. 이 결과들이 시사 하는 바는 설비의 다양한 운전조건과 상황 및 그에 따른 설비의 성능에 따라 최적 유지관리 방안이 바뀔 수 있다는 것이다. 따라서 LCC 분석을 위한 기초 자료들의 신뢰성이 지속적으로 향상되어야 하며, 이를 통해서 LCC 분석에 기초한 효율적 유지관리 방안의 도출 결과도 신뢰성을 확보해 나갈 수 있을 것이다.

한편, 시간경과에 따라 유지관리를 하지 않을 경우 효율이 20년 시점에 60 %가 되기까지 $P = -0.1023t+5.5$ 식과 같이 선형적으로 감소한다고 가정하였고, LCC 분석을 통해 각각의 유지관리 사례별로 보일러의 최적경제수명을 파악하였다.

앞에서 언급한바와 같이 유지관리 수준에 따라 4가지 CASE로 나누어 분석하였다. 각 CASE별 가정 시 보일러 업체의 현장관리자에게 자문을 얻어 3년 단위의

유지관리를 하는 CASE C의 경우 관리 시 기존 효율의 약 10 % 효율이 상승되고, 매년 정기점검 하는 CASE D 경우도 기존 효율의 10 %가 상승된다고 가정하였다.

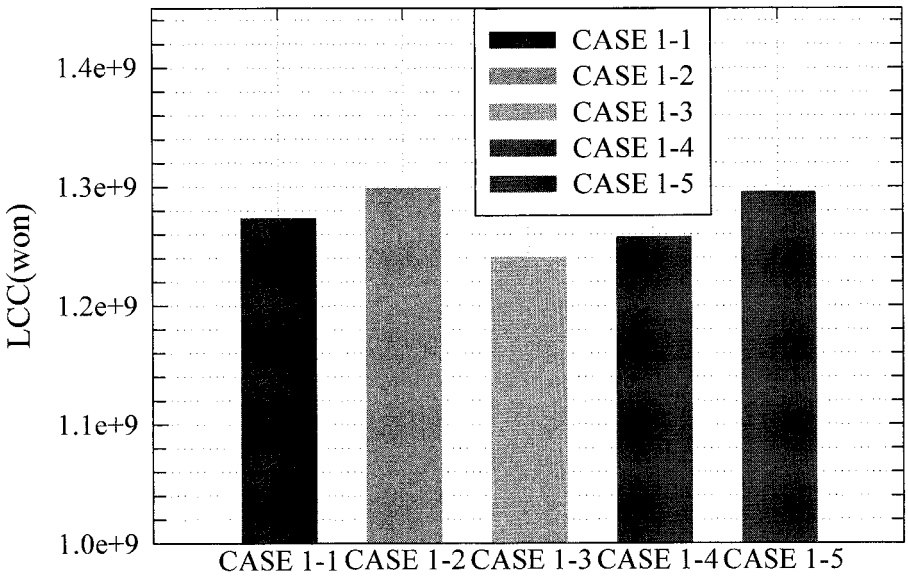


그림 4.14 보일러 교체주기 변화에 따른 총 LCC
(CASE 1 : 보일러의 20년 경과시점의 효율이 60%일 경우)

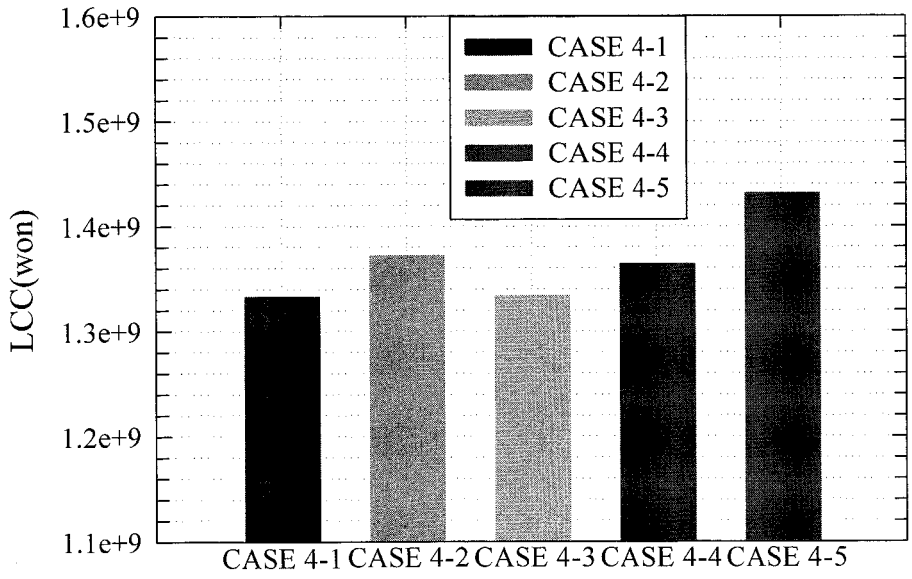


그림 4.15 보일러 교체주기 변화에 따른 총 LCC
(CASE 4 : 보일러의 20년 경과시점의 효율이 45%일 경우)

하지만 이러한 사항은 보일러의 용량 및 용도에 따라 매우 다르므로 본 연구에서는 선정 기기를 기준으로 가정을 하였고, 보일러 내구연한 선정 시 이 방법 을 활용할 때에는 보다 세분화된 기기별 현장 자료를 분석하여 활용해야 한다.

그림 4.16과 같이 유지관리가 되지 않을 경우 보일러의 경제수명이 13년임을 도출하였고, 매년마다 유지관리를 하는 경우 거의 두 배에 가까운 28년이 경제수명으로 분석되었다. 또한 그림 4.17은 각각의 사례에 따른 운전비, 유지관리비, LCC 등의 비용을 도시한 것으로 CASE B의 경우 같은 분석기간 내에 타 사례에 비해 1번의 설비교체가 더 포함되어 LCC가 높아졌고, 매년 유지관리를 하는 CASE C의 경우 관리가 되지 않는 CASE A와 비교할 때 운전비의 18.8 %가 절감으로 인해 LCC 또한 10.6 % 됨을 알 수 있다.

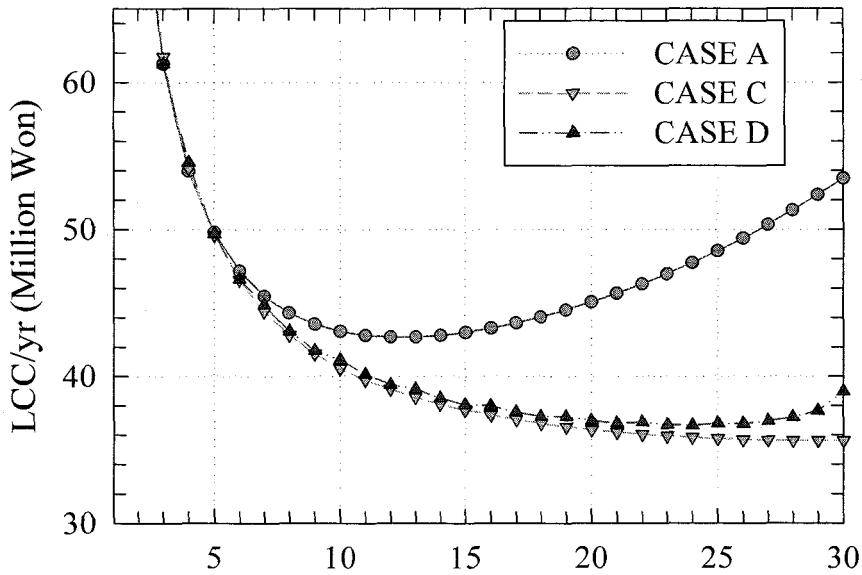


그림 4.16 유지관리 수준에 따른 보일러의 LCC 변화

3. 펌프에 대한 LCC 분석

가. 기본 가정

냉·온수 순환용 펌프의 LCC 분석을 위하여 해석 대상 펌프의 사양과 운전조건 및 금융정보를 표 4.6에 정리하였다. 펌프의 전기요금은 일반용 전력(을) 1,000 kW 이상 고압A의 요금체계라고 가정하였고, 시간에 따른 펌프의 성능은 그림 4.18과

같이 초기효율 95%에서 15년 시점의 효율까지 선형적으로 감소하며, 펌프를 교체하는 경우 초기효율 95% 유지한다고 가정하였다. Seong, Yeon and Jang은 서울시 강남구에 위치한 대형 건물을 대상으로 한 개보수 설계사례를 통해 준공 후 사용연수가 15년 시점(2002년)에 펌프의 효율이 초기 효율 대비 13~25 %까지 저하하였다고 보고한 바 있으며, 대부분의 펌프들은 기능상실 및 효율저하로 진단되었다. 따라서 본 연구에서는 그림 4.18에서 펌프의 내구연한을 15년으로 보고, 그 시점의 효율을 50~20% (CASE A~CASE E)로 변화시키면서 LCC 분석을 수행하였다.

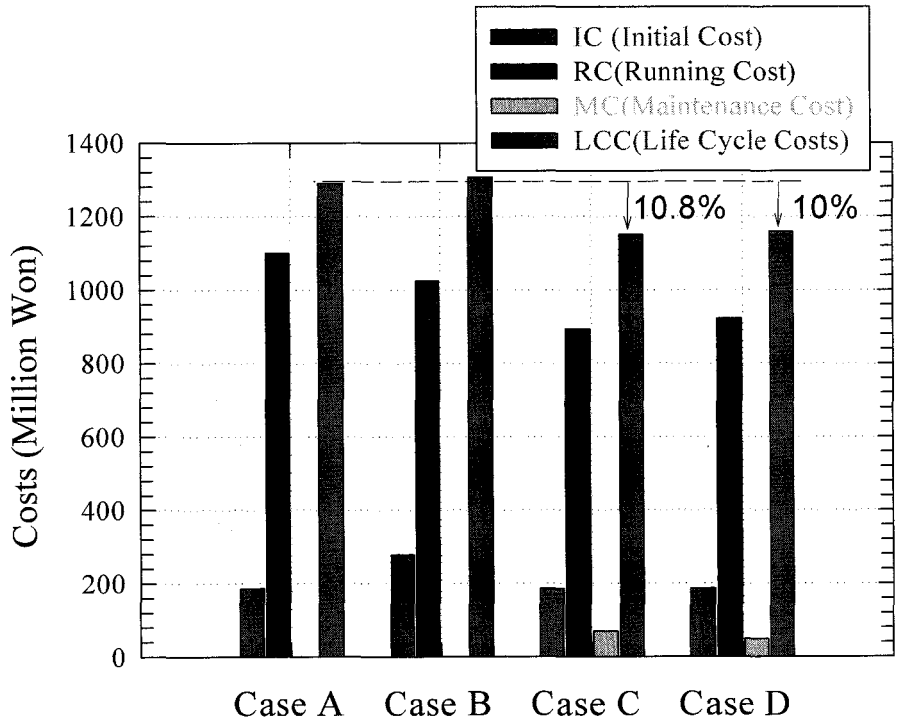


그림 4.17 유지관리 방법에 따른 보일러의 비용 분석

나. 해석결과 및 고찰

(1) 펌프의 효율저하 특성 변화

펌프의 효율은 운전비용과 직결되기 때문에 펌프의 효율관리는 에너지절약 측면에서 중요한 사항이다. 따라서 시간 경과에 따른 효율 저하를 예측하고, LCC 분석을 통하여 펌프의 최적 교체시기를 파악하여 에너지절약 방안을 모색할 수 있을 것이다. LCC는 분석기간 동안의 누적된 값이기 때문에 연간 LCC로 표시하여 각 효율저하 특성변화에 따른 LCC 분석 결과를 그림 4.19에 나타내었다. 연간 LCC

비용이 최소가 되는 시점을 최적 경제수명이라 정의하는데, 일반적으로 경제수명은 각 설비의 내구연한보다 짧다. 각각의 경제수명은 15년 시점의 효율이 50 %일 경우 10년 정도, 15년 시점의 효율이 20 %일 경우에는 8년 정도로 계산되었다. 이와 같이 설비의 효율저하가 시간의 경과에 따라 급격하게 진행될수록 경제수명은 짧아지는 경향을 보여주고 있다.

표 4.6 펌프의 LCC 분석을 위한 사양 및 조건

Pump type	Inline pump
Service	Circulating pump
Rated power	2.2 kW
Initial cost	1,600,000 won
Using time	25 day/month and every 6 hour/day
Financial information	Interest rate : 7.4 % Inflation rate : 4.2 % Electric charges rate : 1.4 %

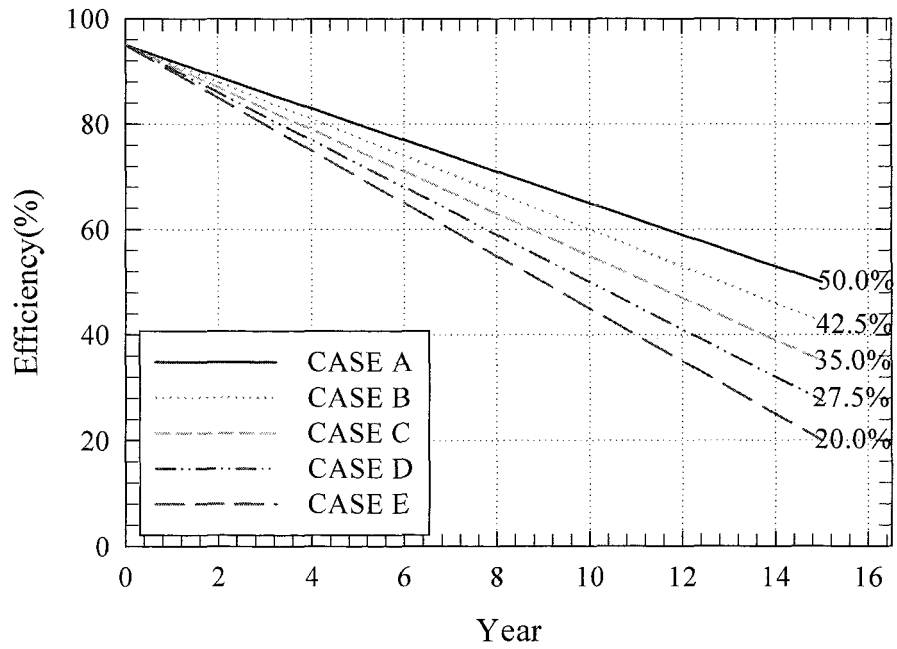


그림 4.18 시간에 따른 펌프의 효율 변화

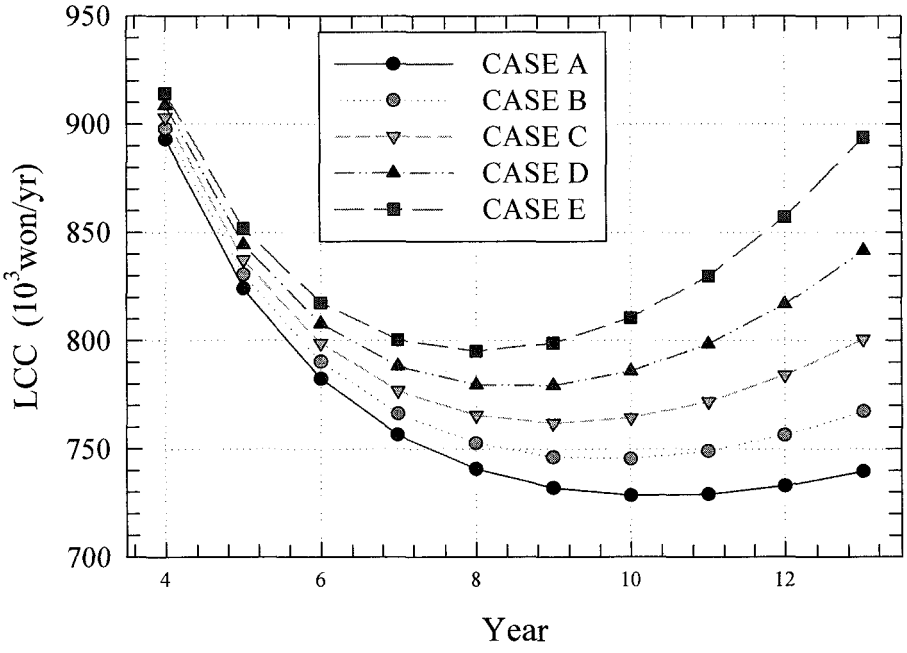


그림 4.19 시간경과에 따른 CASE별 LCC 변화

(2) 펌프의 교체주기 변화

LCC 분석에 따른 펌프 교체주기의 영향을 알아보기 위하여 그림 4.20과 같이 펌프 교체주기를 구분하여 30년의 분석기간 동안 시뮬레이션을 수행하였다. 15년 시점의 효율은 CASE A(50 %), CASE E(20 %)라고 가정을 하고, 교체시기를 7년, 9년, 11년, 13년 및 15년으로 변화시켰다. 그림 4.21은 CASE A인 15년 시점의 효율이 50 %일 경우에 펌프의 교체주기 변화에 따른 LCC 변화를 도시한 것으로, 앞에서 기술한 그림 4.19의 최소시점에서 교체주기를 변화시켰을 때, 그림에 보인 바와 같이 CASE A-3에서 LCC가 최소가 되었다.

그림 4.22는 CASE E인 15년 시점의 효율이 20 %일 경우에 펌프 교체주기 변화에 따른 LCC 변화를 도시한 것으로, 앞에서 기술한 바와 마찬가지로 CASE E-2의 경우(펌프 교체주기: 9년)에서 최소가 되는 것을 확인할 수 있다. 펌프 교체주기를 9년으로 했을 때는 15년으로 했을 때보다 약 6백만 원을 절약할 수 있다. 앞 절에서 연간 LCC가 최소시점일 경우를 냉온수 순환펌프의 경제수명으로 예상하였고, 그 시점이 최적 경제수명이라는 것을 판단할 수 있었다.

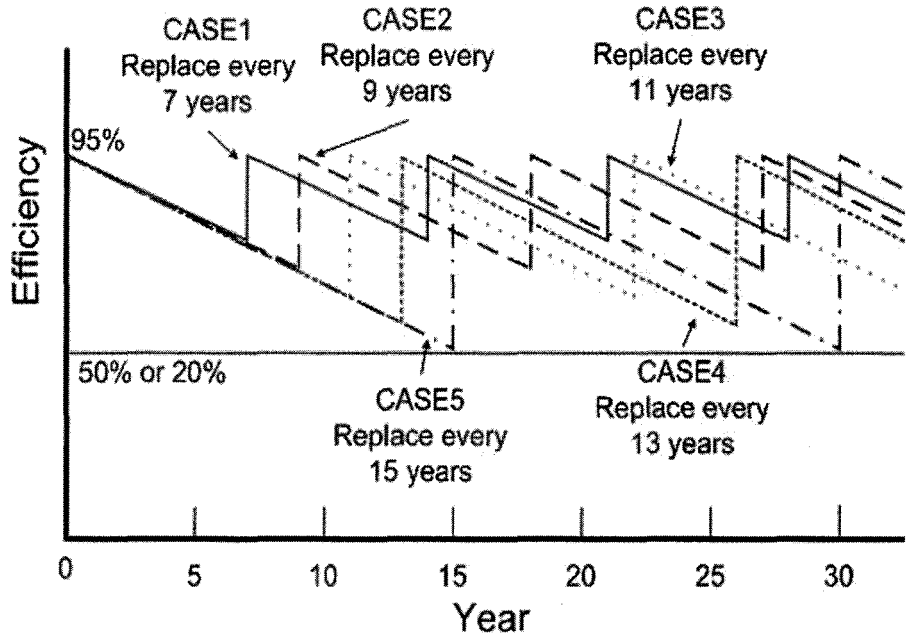


그림 4.20 펌프 교체주기의 구분

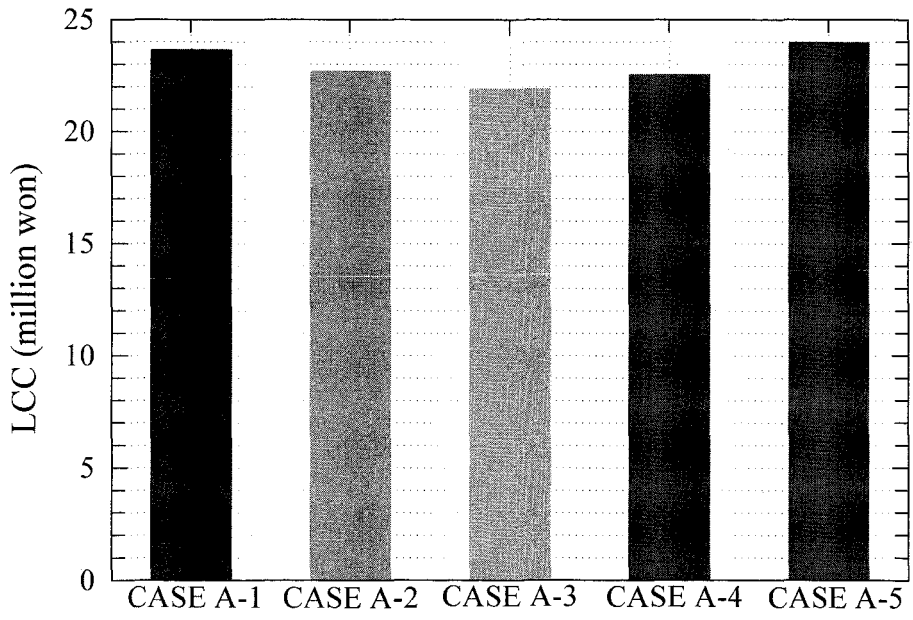


그림 4.21 교체주기별 LCC 변화(CASE A의 경우)

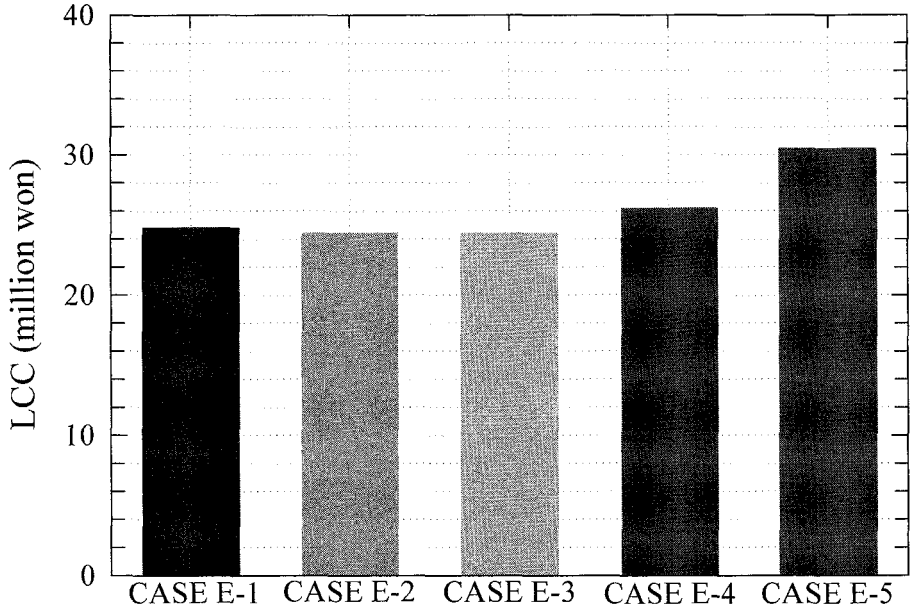


그림 4.22 교체주기별 LCC 변화(CASE E의 경우)

(3) 펌프의 수리주기 변화

LCC 분석을 통한 펌프 수리시기의 영향을 규명하기 위하여 그림 4.23에 보인 바와 같이 펌프의 수리 및 교체주기를 구분하여 30년의 분석기간에 걸쳐 계산을 수행하였다. 15년 시점의 효율은 20 %(CASE E)라 하고, 15년에 교체를 하는 경우(CASE 3-1)와 앞 절에서 최적의 교체주기를 보였던 9년 마다 교체할 경우(CASE 3-2), 그리고 5년 마다 수리(CASE 3-3)를 하고 15년의 시점에서 교체를 하였을 때에는 그 시점의 효율이 20 % 상승한다고 가정하였다. 또한 모든 경우에 펌프의 효율은 시간의 경과에 따라 선형적으로 감소하는 것으로 가정하였다.

냉온수 순환펌프는 불규칙적인 여러 가지 원인으로 효율저하를 보이지만 가장 교체 빈도가 높은 부품은 씰링(sealing)으로 조사되었다. 따라서 본 연구에서 펌프의 주기적인 수리는 씰링 부품 교체이며, 교체비용은 300,000원/회이고, 교체시점의 효율에서 교체 후에는 20 %의 효율상승을 보인다고 가정하였다. 또한, 주기적인 수리는 5년 마다 1회로 하며, 2회 수리 후에 다음 수리 시점에서는 효율 저하 문제로 인해 펌프를 교체한다고 가정하였다.

그림 4.24는 펌프 수리 및 교체주기 변화에 따른 LCC와 LCC 절감량 및 절감율을 나타내고 있다. CASE 3-1은 교체시점인 15년까지 효율저하로 인한 운전비상승 및 LCC가 지속적으로 상승한다는 것을 알 수 있고, CASE 3-2에서는 분석기간 동안 세 번을 교체하였으며, 최초 11년까지는 교체에 따른 초기투자비용의 증가로 인

해 CASE 3-1보다 LCC가 높은 경우도 있었지만, 장기적으로 보았을 경우에는 CASE 3-1보다 경제적임을 알 수 있었다. CASE 3-1을 기준으로 하여 펌프를 9년마다 교체하는 경우에는 15.9 %, 주기적으로 수리하는 경우에는 22.5 %의 절감율을 보여주고 있다. 이상과 같이 냉·온수 순환펌프에 대한 LCC 분석을 통하여 펌프의 유지·관리 여부 및 교체주기에 따른 비용절감 효과를 확인할 수 있었다.

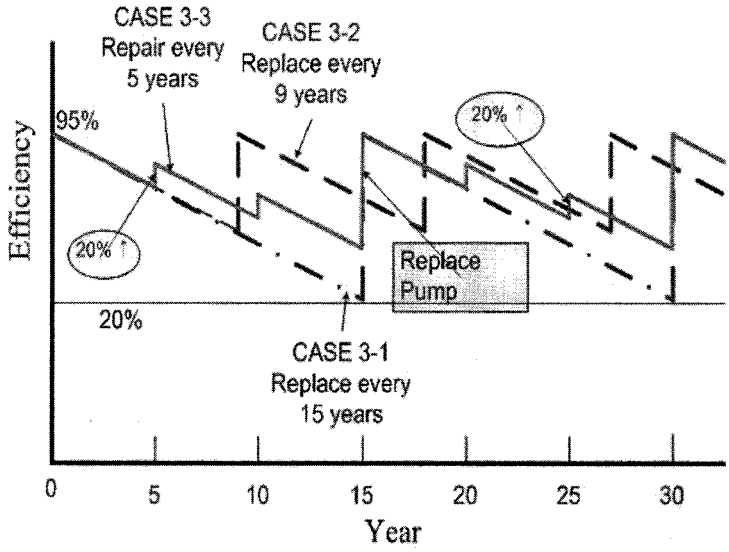


그림 4.23 펌프 수리 주기의 구분

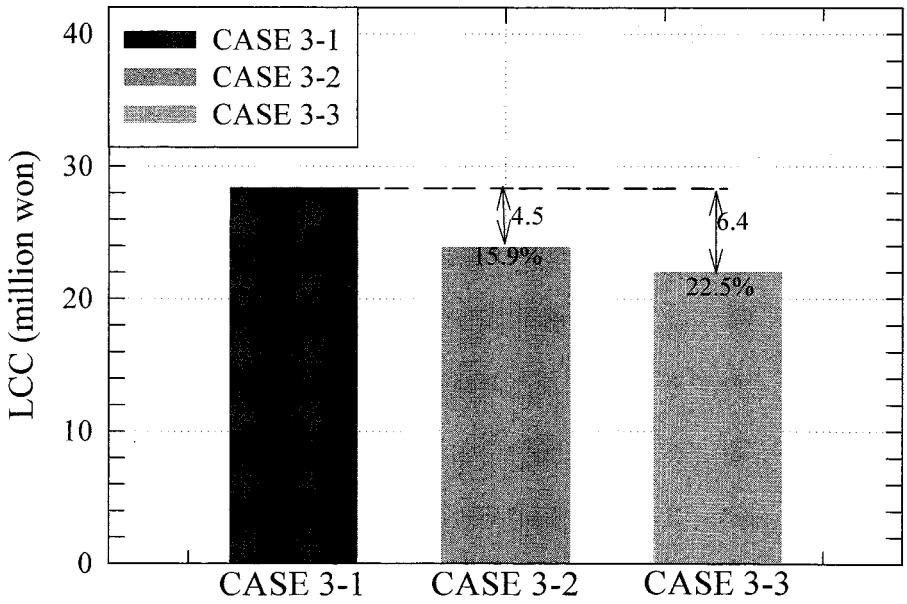


그림 4.24 수리 주기별 LCC 변화(CASE E의 경우)

한편, 시간경과에 따라 유지관리를 하지 않을 경우 효율이 20년 시점에 20 %가 되기까지 선형적으로 감소한다고 가정하였고, LCC 분석을 통해 각각의 유지관리 수준별로 보일러의 최적 경제수명을 파악하였다. 각 유지관리 수준에 따라 세 가지 경우로 분석하였고, 유지관리는 5년마다 부품교체로 가정하였다.

그림 4.25는 각 유지관리 수준에 따른 유지관리비의 변화를 나타낸 것이다. 유지관리를 하지 않는 경우 9년을 시점으로 비용이 상승하는 것을 보아, 펌프의 경제수명은 9년임을 도출할 수 있다. 또한, 그림 4.26에 보인 바와 같이 주기적인 유지관리(CASE C)를 하였을 때, 유지관리를 하지 않은 경우(CASE A)보다 20.9 %의 생애주기비용이 절약되었다. 5년마다 부품을 교체하는 유지관리를 하는 경우 기존에 제안된 15년의 경제수명을 갖는 것으로 분석되었다.

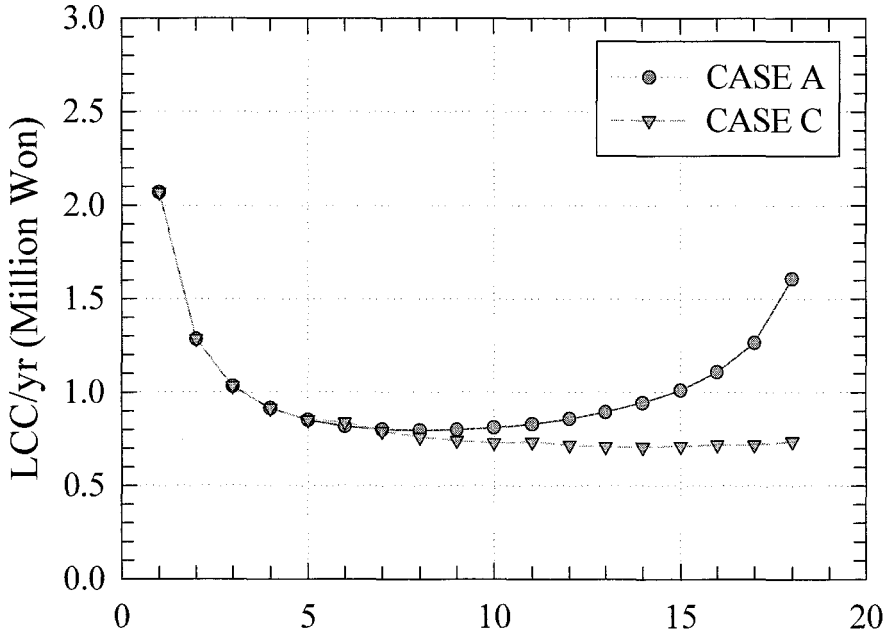


그림 4.25 유지관리 수준에 따른 펌프의 LCC 변화

제 4 절 LCC 분석 상용 패키지 개발

LCC 분석 프로그램을 토대로 상용 패키지를 개발하였으며, 상용패키지에 대한 사용자 매뉴얼은 부록 B에 첨부하였다.

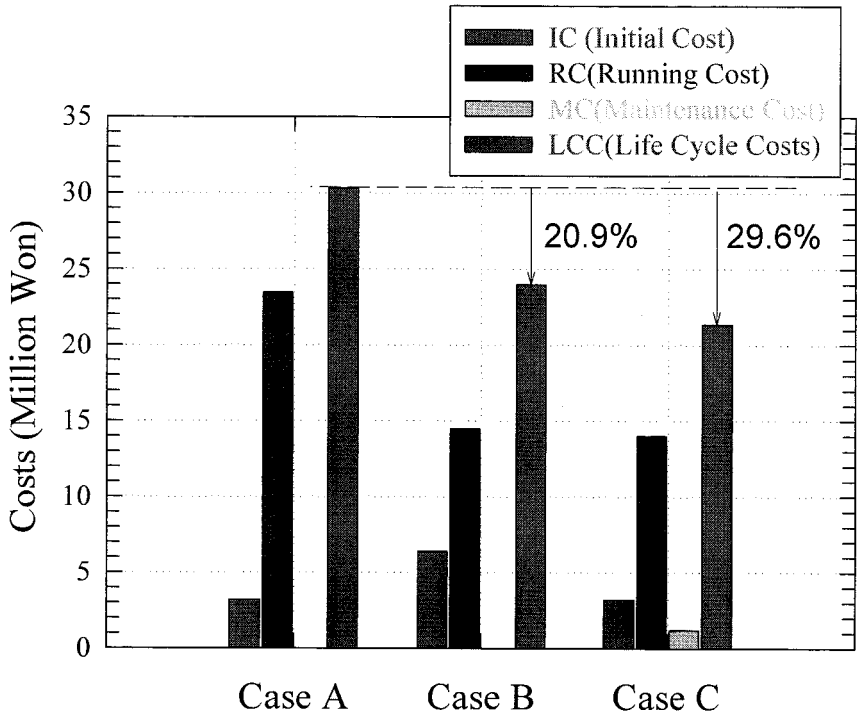


그림 4.26 유지관리 수준에 따른 펌프의 비용 분석

여 백

제 5 장 건축설비의 온라인 유지관리 방안

제 1 절 개 요

1. 온라인시스템의 필요성

국내 IT산업의 발달로 인해 통신, 방송에서 서비스, 제조업에 이르기까지 다방면의 산업이 IT와 결합되어 새로운 기술 산업을 만들고 있다. 그중건설 교통과 관련하여 대표적인 예로 U-city, 홈 네트워크, GIS, ITS, 지능형 빌딩 등을 들 수 있다. 이는 빌딩, 주택, 도로, 교통 등의 시설물 관리에 IT를 활용하여 시스템화 되었고, 최근에도 관련 연구 및 기술개발이 활발하게 진행되고 있다. 이와 관련하여 최근 빌딩관리에 IT를 활용한 BAS, FMS, IBS, EMS 등 여러 가지 시스템 도입이 이루어지고 있다. 1980년대까지만 해도 빌딩이 대체적으로 단순하고 규모가 많이 크지 않아 건물관리자에 의해 대부분 오프라인(off-line) 형태로 이루어 졌다. 하지만 산업화, 정보화가 본격적으로 이루어지면서 빌딩의 규모가 대형화 되고, 건물의 설비도 전문화, 복잡화 되어갔다. 이러한 건물을 인력으로 관리하기에는 대상이 광범위해졌고, 전문적이지 못한 관리자들에 의한 운전으로 인해 설비 효율저하와 에너지손실 등이 야기되었다. 이를 해결하기 위해 각각의 대상과 목적에 따른 여러 가지 시스템이 도입되었다.

한편, 인터넷의 발달 즉, 통신의 발달은 현대사회에 있어서 개인의 생활과 가정생활 및 모든 기업의 사업패턴까지도 바꾸어 버릴 만큼 큰 변화를 가져왔으며, 각종 산업에 있어서도 커다란 영향력을 미치게 되었다. 은행의 인터넷 뱅킹 서비스, 수많은 온라인 쇼핑몰, 모든 민원서류의 온라인 발급, 화상채팅, 정보의 바다라 불리는 수많은 정보 사이트들, 각종 동호회 모임 등 이루 말할 수 없을 만큼 수많은 사이트들이 오늘도 쉴 새 없이 생겨나고 있으며 이를 이용한 수많은 응용 산업분야들 또한 끊임없이 개발되어지고 있다. 마찬가지로 빌딩제어 시스템 분야에서도 이제 인터넷과는 불가분의 관계가 될 것이다. 현재 많은 DDC 및 시스템 제조업체들은 인터넷을 통한 웹 제어에 많은 관심을 가지고 연구하고 있다. 사용자나 운영자의 입장에서 웹 제어는 커다란 의미를 가지고 있다. 인터넷만 된다면 언제 어느 곳이라도 아이디와 패스워드를 입력하고 빌딩에 대한 관리를 할 수 있게 된다. 즉, 중앙 감시반 또는 기계실이라는 공간을 벗어나서 빌딩의 운영 및 관리가 가능해 졌으며, 여러 지역에 널리 퍼져있는 현장들의 관리를 통합적으로 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 공조설비를 대상으로 최적운전을 통한 에너지절감과, 전문적인 설비관리로 유지관리비 절감 및 설

비 효율향상 등을 위해 세부 관리기법을 개발하고, 기존건물의 다양한 시스템을 접목하여 빌딩 내 또는 빌딩간 상호 통합된 빌딩 전체 시스템에 적용 가능한 통합군관리 시스템 구축 방안을 제안하고자 한다.

운영관리 및 유지보수 차원에서도 인터넷 제어가 된다는 것은 더욱 빠르고 신속한 상황 대처 능력을 보유하게 된다. 즉, 문제가 발생했을 시 현장을 방문하지 않고도 인터넷 상으로 원인을 진단하고 그에 따른 신속한 판단을 내릴 수 있다. 각 건물의 자동제어 시스템을 하나로 통합하여 얻어지는 다음과 같은 효과들을 통해 입주자들에게는 좀 더 쾌적한 생활, 운영자들에게 좀 더 쉽고 편리하게 현장을 관리할 수 있게 하는데 가장 큰 목적을 두고 있다. 그 뿐만 아니라 통합관리시스템의 도입을 통해 불필요한 비용을 절감하여 보다 효율적인 관리를 할 수 있게 될 것이다. 또한, 시스템에 적산되는 장비의 가동시간을 통해 통합센터에서 주관하여 장비의 점검 및 교체를 진행하여 문제가 발생하기 이전에 미리 조치를 취하는 예측 관리가 가능해진다. 예측관리를 통해 입주자들의 민원을 최소화 하고 안정적인 서비스 공급이 가능하게 된다. 불필요하거나 시간이 많이 걸리는 프로세스를 거치지 않기 때문에 유지보수 및 관리를 위한 시간 및 비용의 절감효과를 가져 온다. 그림 5.1은 기존 유지관리방식과 통합관리시스템의 차이를 보여주고 있다.

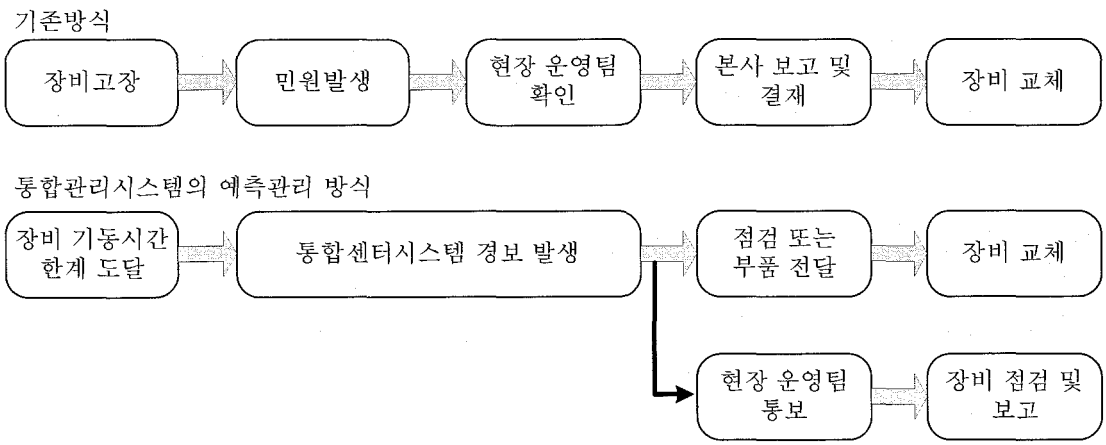


그림 5.1 기존 유지관리방식과 온라인 관리시스템의 구분

온라인(on-line) 유지관리시스템을 구축함으로써 유지관리 서비스가 향상된다. 즉, 이직률이 높은 현장 운영원 들의 특성으로 인해 시스템 교육 및 인수인계의 문제점이 항상 발생하고 있으며, 이러한 문제점으로 인하여 자동제어 시스템의 본 기능의 50% 이상을 활용하지 못하고 있는 것이 지금의 현실이다. 이 같은 현실은 운영상의 불편

함 뿐 만 아니라 입주자들의 금전적인 손실까지 발생시키는 중대한 문제라 할 수 있다. 그러나 통합관리시스템을 도입함으로써 현장의 운영원 들이 미처 알지 못하는 세세한 부분들에 대한 관리를 중앙에서 보조해 줄 수 있게 됨으로 위에서 언급된 문제들을 최소화 할 수 있다. 중앙에서 훈련된 통합 관리자들을 통해 모든 현장의 시스템들을 관리 하면서 현장에서 처리할 수 없는 부분들에 대한 지원이 이뤄진다면 시스템 기능을 최대한 활용하면서 모든 현장에 동일한 서비스를 제공할 수 있게 될 것이다.

온라인 유지관리시스템은 국내의 IT 기반을 활용하여 단위건물에 있는 설비데이터를 통합관제센터로 전송하고, 전송된 데이터를 각 기능별 프로그램에 입력하여 진단 및 분석함으로서 최적의 운전조건과 유지관리방법 등을 지원하는 시스템이다. 또한 통합관리시스템은 건물 등에 설비의 솔루션을 설치하여 인터넷을 기반으로 중앙관제센터에서 24시간 실시간으로 설비를 감시 및 제어, 진단, 긴급 출동, 정기점검 서비스 등을 제공함으로써 설비분야의 유지관리를 효율적으로 수행할 수 있다.

2. 웹기반시스템의 종료 및 특징

인터넷 통신은 운영 관리상의 이점뿐 만 아니라 공사비용 절감의 효과를 가져 올 수 있다. 서로 멀리 떨어진 두 개의 건물을 하나의 시스템으로 통합 관리하고자 할 경우 기존에는 두 건물 내의 DDC를 연결하기 위해 공동구 및 배관/배선 공사와 거리에 따른 증폭장치를 설치 했어야만 했다. 이때 각 건물의 DDC가 인터넷으로 연결 된다면 별도의 공동구 및 배관·배선 공사와 거리에 따른 증폭장비의 설치가 필요하지 않게 되는 것이다. 그림 5.2는 각 건물의 DDC 연결 방안을 상호 비교한 것이다.

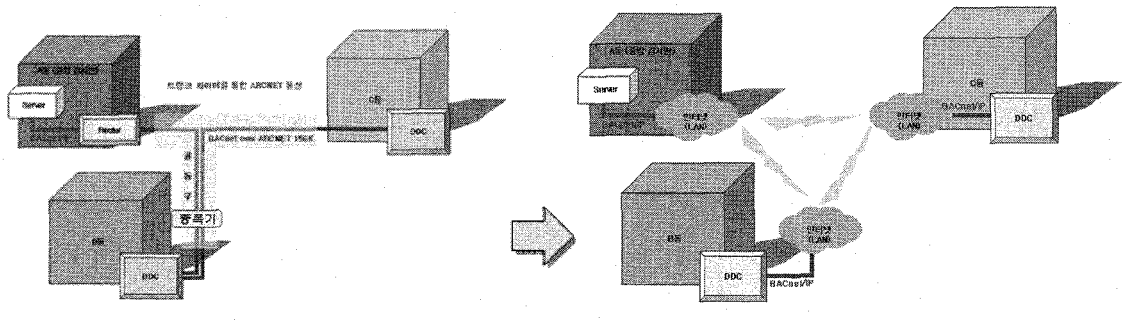


그림 5.2 각 건물의 DDC 연결방안의 비교

건축물의 기계·전기 설비의 제어 시스템에서 현재 가장 많이 사용되고 있는 방

법은 컴퓨터를 이용하여 온라인으로 시스템을 제어 및 모니터링 하는 방법이다. 현재의 모니터링 방법으로는 기계실의 모니터를 통해서 설비 시스템의 상태 감시를 해야 하기 때문에 관리비 및 운영비가 크게 증가하는 추세이다. 또한 관리 인력의 비전문성으로 인하여 건축기전설비의 유지관리가 제대로 이루어 지지 않고 있는 실정이다. 이러한 이유로 웹기반 모니터링 시스템의 도입이 필요하다. 웹을 이용한 원격 유지관리 시스템은 인터넷이 가능한 어느 장소에서나 별도의 클라이언트 소프트웨어나 프로그-인(plug-in)이 필요 없이 인터넷이나 인트라넷에서 사용가능한 HTTP(Hyper Text Transfer Protocol)의 사용으로 다양한 운영환경에서도 사용가능(MS Windows, Linux, Sun Solaris)하고 다양한 데이터베이스의 사용이 가능 하며(SQL Server, Oracle, MSDE, MS Access, MySQL) 추이 그래프(trend), 보고서, 경보 및 이벤트 기능이 가능하다. 웹페이지의 접속을 통해서 기계설비의 현재 상태의 모니터링뿐만 아니라 제어도 가능할 수 있어, 건물 기계실의 무인화가 가능하고, 현장을 직접 방문하여 점검을 실시하는 것이 아니기 때문에 관리 인력 절감에 따른 관리비를 상당부분 절감할 수 있다. 또한 통합 시스템이 가능하기 때문에 전문적인 관리자에 의한 기전설비의 유지관리가 가능하다. 표 5.1은 웹기반의 제어시스템의 종류 및 특징을 보여주고 있다. 그림 5.3은 웹기반 제어 시스템의 개념도를 보여주고 있으며, 그림 5.4는 공조설비에 대한 웹기반 제어시스템의 개념도를 보여주고 있다.

표 5.1 웹기반의 제어시스템의 종류 및 특징

종 류	원 리	비 고
Webtalk	PC 상에서 Ethernet LAN 또는 Serial 모뎀으로 원격제어	시스템 모니터링 방범제어, 스케줄링, 알람이 가능
WebCTRL	완벽한 Web 기반의 최적화 시스템 구현	데스크탑, PC, PDA, 웹패드, 핸드폰 등에서 접속이 가능
Web client	Web 상으로 온도/습도, 경보메시지, 접근 권한	비디오 통합 모니터링 기능으로 원격 CCTV기능

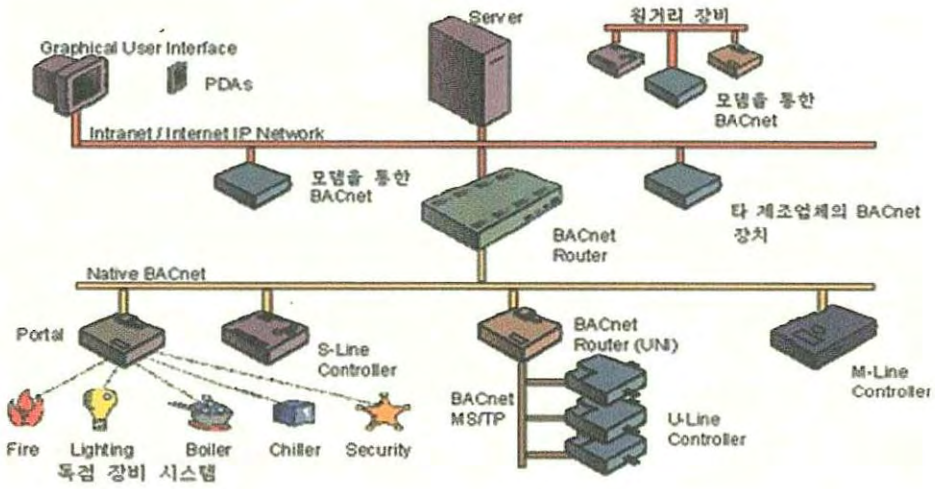
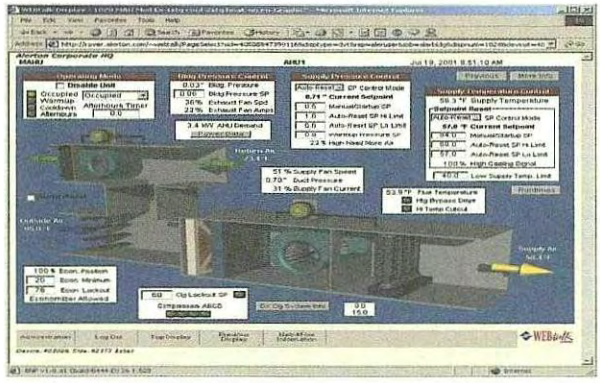
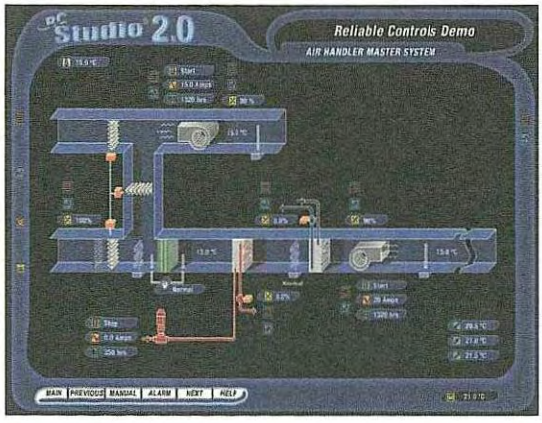


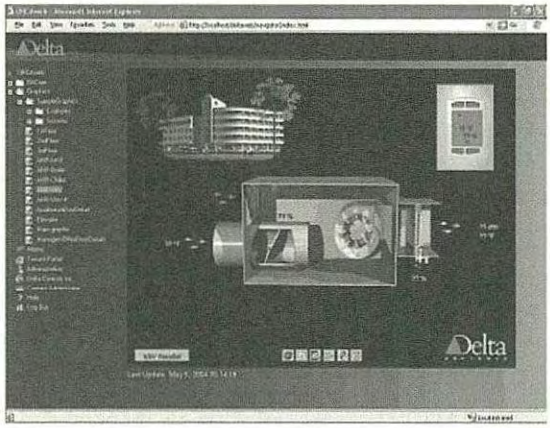
그림 5.3 웹기반 제어 시스템의 개념도



(a) Alerton사의 Web-talk



(b) Reliable control사의 RC Web-view



(C) Delta control사의 Native BACnet

그림 5.4 공조설비에 대한 웹기반 제어 시스템의 개념도

제 2 절 BAS 기술현황 분석 및 적용방안

건물자동제어시스템(BAS : Building Automation System)이란 건물 내의 재실자에게 쾌적한 거주환경을 제공하며, 각 종 장비류의 가장 안전하고 경제적인 운전조건을 유지하며, 비상시에 즉각 대처할 수 있도록 하여 건물의 운용, 보수, 유지를 가장 합리적으로 수행할 수 있도록 하기 위한 제반 요소를 제어, 관리하는 설비를 말한다. 자동제어시스템은 80년대부터 본격적으로 건물에 채택되었으며, 현재는 거의 모든 건물의 현장에 없어서는 안 될 장비로서 자리를 잡아가고 있으며, 이제는 그 시스템의 채택여부를 가리는 필요성을 논할 입장보다는 어떠한 기술과 장비가 새롭고 편리한 기능을 보유한 시스템인지를 가리는 시대로 변화하고 있다. 한 예로, 최근 모든 사람들이 즐겨 사용하는 인터넷은 우리의 삶에 없어서는 안 될 하나의 필수품으로 우리를 지배하고 있고, 그러한 인터넷을 이용한 전력감시시스템의 기능은 한 차원 높은 전력운영방안으로 자리를 잡아가고 있기도 하다.

따라서 온라인 유지관리시스템을 효율적으로 도입하기 위해서는 현재 거의 모든 건물에서 운용되고 있는 BAS의 데이터 및 기능을 최대한 활용해야 하므로 본 절에서는 BAS의 관제점 및 프로토콜 등을 검토하고자 한다.

1. BAS의 관제점 분석

가. 분석목적 및 대상설비

건축설비의 성능진단 및 고장검출, LCC 분석 등의 서비스 구축 시 정확한 정보를 활용하기 위해서는 현장의 각 설비로부터 어떤 데이터를 수집하고, 해당 서비스에 맞춰 어떻게 활용할 것인지가 가장 중요하다. 이에 필요한 데이터를 관제점 이라고 하는데, 이는 각 설비에 감시하고자 하는 데이터 종류와 부분에 맞춰 계측기를 장치하여 측정된 설비의 운전 상태에 관한 정보이다. 자동제어시스템은 건물의 설비 시공 시 함께 공사가 진행되므로 설비별 계측기를 장치가 용이하나, 현재 완공되어 사용 중인 건물 설비에 추가로 센서를 부착하는 경우 어려움이 발생한다. 그래서 현재 자동제어시스템에서 제공하는 데이터가 기기별로 무엇이 있는지, 어떤 형태와 방식으로 제공되고 있는지를 분석하여 본 연구에서 활용할 수 있도록 접목시킬 방안을 검토하였다. 또한 본 연구에 필요한 성능진단 및 고장진단, LCC분석 등의 기술개발에 필요한 관제점을 확보하기 위해 기존의 자동제어시스템에서 활용할 수 있는 데이터와 추가로 필요한 데이터를 산출하기 위한 분석이 검토되었다.

이를 위해 부록 A와 같이 자동제어 업체별로 실제 운영하고 있는 건물의 제어와 감시 포인트를 분석하였다.

검토대상 설비는 냉동기(터보냉동기, 흡수식냉동기, 흡수식냉온수기), 냉각탑(밀폐형 및 개방형), 빙축열시스템, 보일러(노통연관식, 관류형), 공기조화기(VAV 방식 또는 CAV 방식), 펌프 및 물탱크로 하였으며, 자동제어시스템의 메이커에 따라 설비별 감시하는 관제점이 다를 수 있으므로 자동제어업체 세 기업을 선정하여 건물의 사용 성격에 따라 관공서 건물, 병원, 호텔, 리조트, 학교, 백화점, 레포츠센터 등의 설비현황을 조사·분석하였다.

나. 설비별 관제점 분석

(1) 공기조화기(AHU : Air Handling Unit)

공기조화기는 각 열원기기로부터 받은 열원을 정화, 냉각, 가열, 가습하고 이렇게 발생된 공기를 송풍기를 통해 각 실내로 제공하는 장치이다. 공기조화기는 제공 방식에 따라 크게 중앙식과 개별식으로 나누어진다. 본 연구에서는 오피스빌딩에 주로 사용되는 중앙식 공기조화기를 대상으로 하였다. 중앙식 공기조화기는 전체 제어방식이나 존 제어방식에서 중앙의 공조기실 또는 존별 공조기실에 배치하는 것을 말하며 이는 현장조립형, 공장조립형(일체형), 멀티존 공조기로 분류된다. 대규모 건물의 중앙공조기 또는 1차 공조기로 이용되는 현장조립형 공조기는 냉열원(냉수)나 온열원(온수)를 공급받아 공기와의 열교환을하는 열교환부분(공기가열기, 공기냉각기 등)과 공기를 여과하거나 송풍하는 공기처리부분을 각기 단독으로 현장에서 조립하고 그 사이를 연결 케이싱으로 이어 일체화한 것을 말한다. 이러한 대규모 건물의 중앙공조기로 사용되는 현장 설치형 공조기는 주로 자동제어시스템으로 감시·제어되고 있다.

공기조화기의 자동제어는 공조방식 및 풍량을 제어하는 방법에 따라 많은 차이가 발생할 수 있다. 그림 5.5는 DDC 방식의 일반형 자동제어 계통도이며, 송풍량을 일정하게 하고 냉·난방밸브의 개도를 조절하여 토출 공기 온도를 변화시키는 정풍량(CAV) 방식이다. 이 시스템은 급기 덕트 내에 온·습도 감지기의 검출 온·습도에 의해 냉·난방 및 가습밸브를 비례제어하여 실내 온도를 조절하고 그 외의 공조기 제어 및 상태감시를 위한 여러 가지 데이터를 받고 있다.

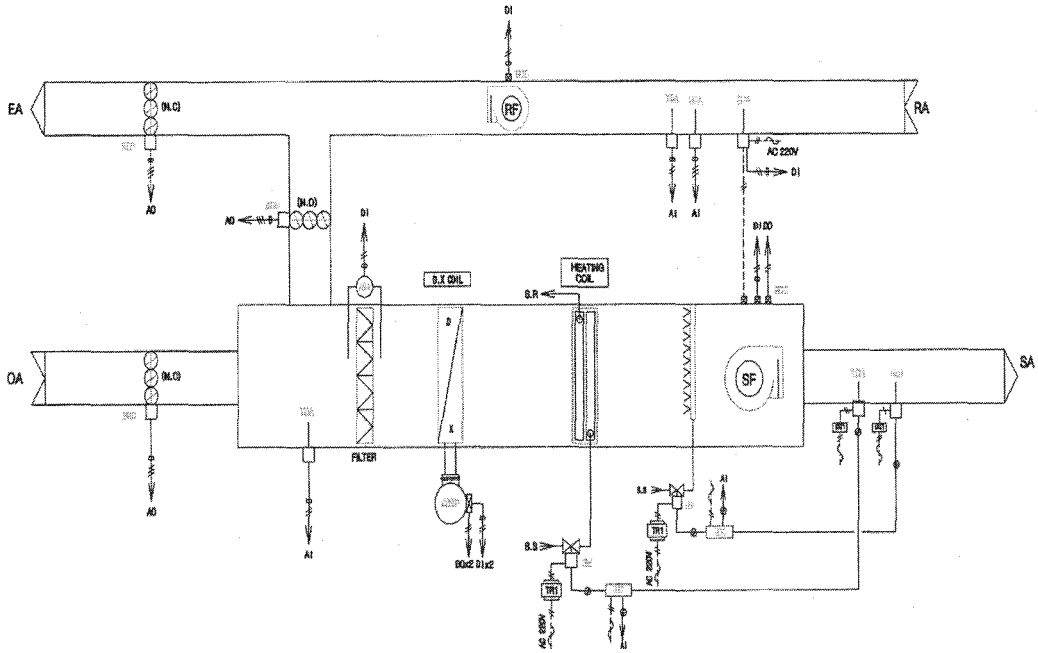


그림 5.5 공기조화기의 감시 및 제어 개념도

(2) 냉동기

냉열원을 공급하는 냉동기는 크게 압축식과 흡수식으로 분류될 수 있다. 압축식의 경우 터보형 압축기를 채용한 터보냉동기를 조사하였고, 흡수식은 주로 냉난방을 겸용으로 하는 흡수식 냉온수기를 검토하였다. 먼저 터보냉동기는 그림 5.6과 같이 각 부위별 측정 온도 및 습도 등의 값을 활용하여 상태 감시 또는 제어에 이용한다. 먼저 냉동기 자체에서 제공되는 CCP 판넬을 통해 냉동기의 기동·정지가 이루어진다. 이때 CCP 판넬에서는 냉각수 펌프, 냉온수 펌프, 냉각탑 팬, 냉동기 순으로 기동되면 정지할 때는 역으로 된다. 또한 냉각수 급수 라인에 설치된 온도 감지기의 냉각수 온도 감지에 의해 냉각탑 팬이 기동·정지되어 냉각수 온도를 일정하게 유지시킨다.

흡수식 냉온수기는 앞에서 언급한 냉동기와 감시포인트 및 제어항목이 유사하다. 냉온수기 기동·정지, 냉온수·냉각수 펌프 기동·정지를 제어하고 냉온수기 운전상태 및 이상 경보, 냉온수·냉각수 펌프의 운전상태, 냉각수 급수·환수 온도, 냉온수 급수 온도, 급수·환수 헤더 온도 등을 감시할 수 있다. 그림 5.7은 흡수식 냉온수기의 관제점을 도시한 것이다.

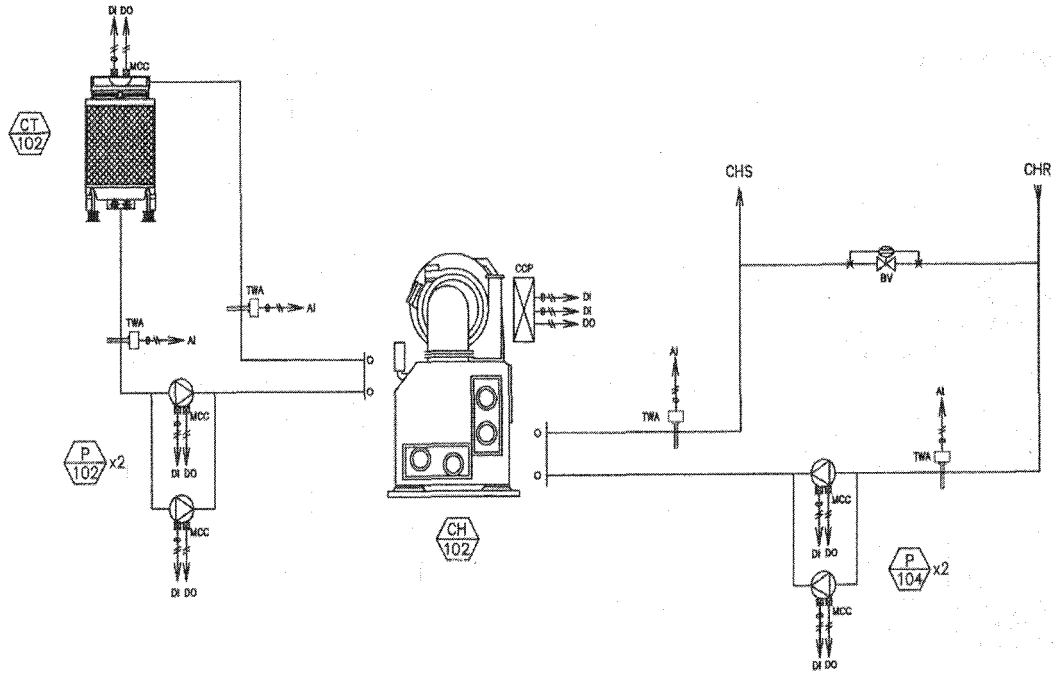


그림 5.6 터보냉동기기의 감시 및 제어 개념도

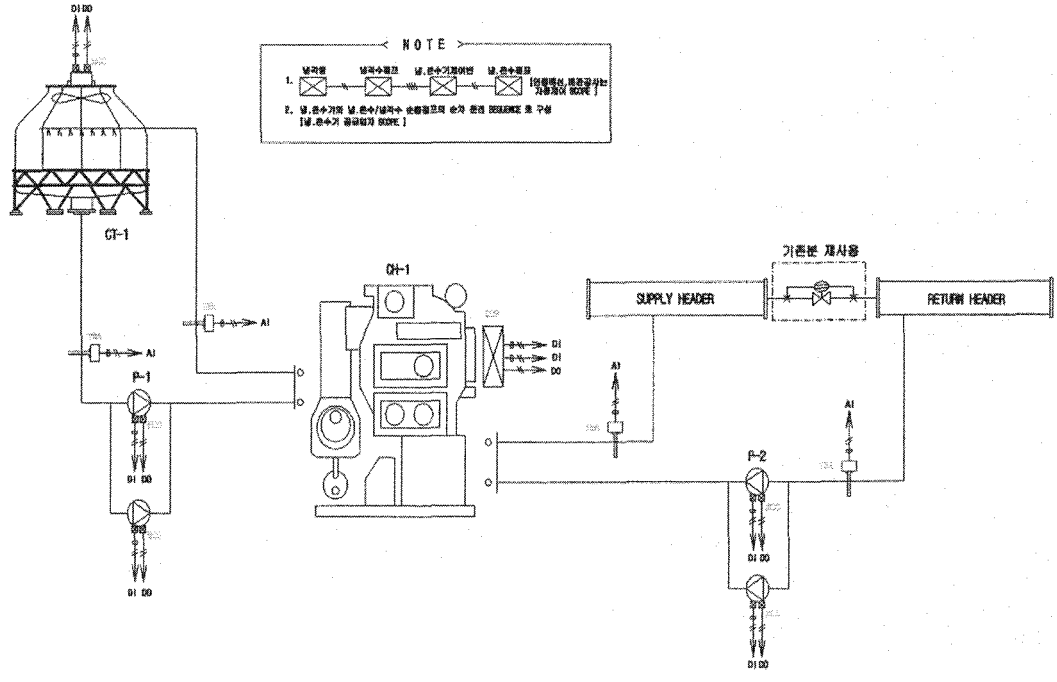


그림 5.7 흡수식 냉온수기의 감시 및 제어 개념도

(3) 보일러

보일러는 본체의 구조에 따라 원통보일러·수관보일러·특수보일러로 나뉘며, 원통형의 경우 직립형, 연관식, 노통 연관식이 있고, 수관식의 경우 물의 순환방식에 따라 밀도차에 의해 순환하는 자연순환식과 펌프에 의한 강제순환식으로 나눈다. 또한 사용 매체에 따라 증기보일러·온수보일러·열매체 보일러로 분류된다. 본 관제점 분석에서는 사용 매체에 따른 증기보일러와 온수보일러를 대상으로 하였다. 먼저 보일러의 기동·정지 및 난방 순환펌프 기동·정지를 제어하고, 보일러 동작 상태, 난방순환펌프의 동작상태, 난방 공급·환수라인 유량, 급수·환수 온도, 보일러의 이상경보 등의 감시하고 있었다. 급탕탱크는 탱크의 가열밸브를 비례제어하였고 외기 온·습도를 감시하고 있다. 그림 5.8은 보일러의 감시 및 제어 개념도를 도시하고 있다.

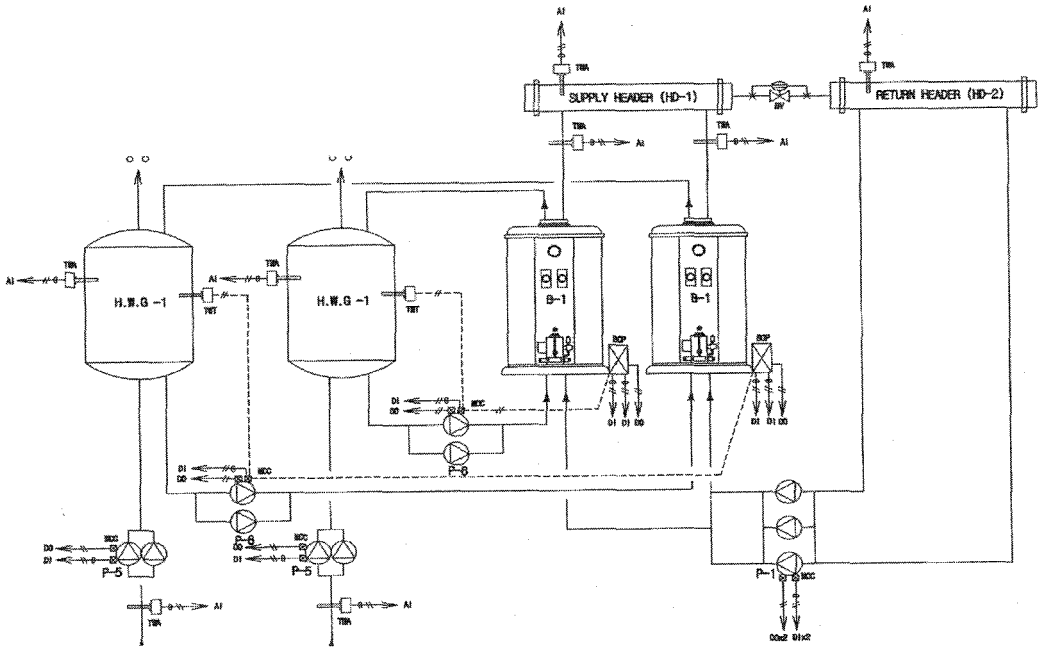


그림 5.8 보일러의 감시 및 제어 개념도

(4) 설비별 기본 관제점

본 절에서는 온라인 유지관리시스템에서 제공하고자하는 성능진단, 고장검출 등의 서비스에 필요한 관제 데이터를 BAS와 접목하여 활용할 수 있는 방안을 검토하였다. 검토결과, 부록 A에서 보인 바와 같이 BAS 업체에 따른 설비별 관제점은

거의 유사하며, 현장 상황에 따라 약간의 차이만 있는 것으로 분석되었다. 정리된 설비별 기본 관제점 목록을 표 5.2에 나타내었다.

나. BAS 프로토콜 검토

(1) 통신 프로토콜 표준화의 필요성

현재 빌딩에 구축되는 설비들은 빌딩자동화 설비, 방범설비, 방송설비, 운송설비, 배선설비, 통신설비 등의 시스템들이 빌딩의 성격 및 필요에 의해 다양한 형태로 조합되어 이루어져 있다. 물론 한회사의 제품을 선택하여 모든 설비들을 조합하면 이기종간의 통합에 대한 필요성은 일부분 사라지겠지만 한 회사의 제품들로 모든 빌딩 설비를 구축 한다고 해도 설비들이 완벽하게 통합되지 않는다. 또한 기존건물의 빌딩자동화시스템을 설치한 업체가 고유의 통신 프로토콜을 사용하여 운영관리하고, 추후에 기업의 사정으로 인하여 사업이 중단될 경우 기존 제품의 업그레이드 및 유지관리가 불가능하며 다른 업체의 시스템과 인터페이스를 통한 유지관리가 매우 어렵다. 뿐만 아니라 하나의 건물이 아닌 여러 건물을 대상으로 통합군관리 시스템을 도입할 경우 더 많은 문제들이 발생한다.

빌딩이 점차 초고속화, 대형화 되어감에 따라 건물의 전력, 공조, 방재 등의 설비들이 복잡화, 시스템화가 급속히 진행되어 대규모 빌딩 설비의 운전, 제어, 관리를 위한 컴퓨터 이용 빌딩관리시스템이 도입되었다. 이를 보다 전문적이고 체계적으로 운영하기 위해 통합관제센터를 구축하고 각 건물의 설비에 관한 정보를 수집하여 에너지관리시스템, 고장진단시스템, LCC분석 등을 통해 보다 효율적인 유지관리를 도모하고 있다. 이러한 빌딩통합군관리 운영 시 국내 빌딩들에 설치된 시스템 이기종간의 통합에 대한 방법적인 논의 및 이기종간의 통합 가능여부는 가장 핵심적인 기술이다. 이기종 간의 통신 호환을 위해 모든 관리시스템을 한 회사의 제품으로 일괄하는 것도 불가능하고, 기존건물에 통신 호환을 위한 게이트웨이 또는 통신 프로토콜 분석기 등의 장비를 추가로 설치한다는 것은 기능상, 경비상의 측면에서도 비효율적이다. 그래서 본 연구에서는 현재 국내 사용되고 있는 개방형 프로토콜 종류, 기능 및 구조, 사용점유율 등을 비교 분석하고, 데이터를 표현하는 방식을 표준화하여 모든 장비가 동일한 데이터 포맷을 사용하고, 이러한 표준화된 데이터를 사용하는 방식을 표준화 하여 표준 프로토콜을 적용한 장비간에 상호운영성을 부여할 방안을 제시하였다. 이로써 서로 다른 장비제조업체에서 제조된 장비간의 상호 인터페이스가 가능하게 되며, 시스템 사용자는 시스템 구성 특성에 알맞은 장비를 선택하여 사용할 수 있다.

표 5.2 설비별 BAS 기본 관제점(AI : Analog Input, AO : Analog Output, DI : Digital Input, DO : Digital Output)

설비	제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
AHU (Air Handling Unit)	냉·난방 밸브 제어	AO	환기온도, 급기온도	AI×2	화재 경보	AL(DI)
	가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기습도	AI	필터 차압 경보	AL(DI)
	급기팬 ON/OFF 제어	DO	혼합온도	AI		
	환기팬 ON/OFF 제어	DO	급기팬 운전상태	DI		
	외기· 배기· 환기 댐퍼 제어	DO	환기팬 운전상태	DI		
FCU(Fan Coil Unit)	팬 코일 ON/OFF	DO	팬 상태감시	DI		
	냉·난방 밸브 제어	AO	ZONE별 실내온도 감시	AI		
냉온수기	냉온수기 ON/OFF 제어	DO	냉온수기 운전상태	DI	냉온수기 이상경보	AL(DI)
	냉각탑 팬 ON/OFF 제어	DO	냉각탑 팬 상태감시	DI		
	냉온수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉온수 순환펌프 운전상태	DI		
	냉각수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉각수 순환펌프 운전상태	DI		
			냉온수 공급 및 환수 온도	AI×2		
			냉각수 공급 및 환수 온도	AI×2		
			급수·환수 헤더 온도감시	AI×2		
냉동기	냉동기 ON/OFF 제어	DO	냉동기 운전상태	DI	냉동기 이상경보	AL(DI)
	냉수, 냉각수 펌프 ON/OFF 제어	DO×2	냉수, 냉각수 펌프 운전상태	DI×2		
	냉각탑 팬 ON/OFF 제어	DO	냉각탑 팬 운전상태	DI		
			냉각수 급수·환수 온도	AI×2		
			냉수 급수 온도	AI		
			급수·환수 차압	AI		
증기보일러			보일러 동작상태	DI	보일러 이상경보	AL(DI)
			스팀헤더 압력	AI		
온수보일러	보일러 ON/OFF 제어	DO	보일러 동작상태	DI	온수 보일러 이상경보	AL(DI)
	난방 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	난방 순환펌프 동작상태	DI		
급탕·난방용 열교환기	급탕 가열밸브 비례제어	AO	난방 공급·환수라인 온도	AI×2		
	난방 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	난방 환수라인 유량	AI		
			난방 순환펌프 운전상태	DI		
			외기 온·습도 감시	AI×2		
급탕탱크	급탕탱크 가열밸브 비례제어	AO	외기 온·습도	AI×2		
	급탕 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	급탕 순환펌프 운전상태	DI		
			급탕온도	AI		
			환탕온도	AI		
항온항습기	항온항습기 ON/OFF 제어	DO	항온항습기 상태	DI		
			실내 온·습도	AI×2		

(2) 기존 개방형 통신 프로토콜 종류별 장단점 분석

현재 국내의 빌딩들에 설치된 시스템들에는 BACnet, Lonworks, Modbus, OPC(OLE for Process Control) 등의 여러 가지 개방형 프로토콜이 적용되어 있다. 이러한 다양한 프로토콜의 사용으로 인해 이기종간의 시스템 인터페이스가 불가능하고 이에 따른 빌딩자동제어시스템 유지관리에 대한 문제점은 앞에서 언급하였다. 다양한 프로토콜은 각자의 특징이 있으며 사용 환경에 따라 적용된다. 즉 제어 환경에 따라 선택하여 사용한다. 예를 들면 HS(Home System)에서는 LonWorks를 주로 사용하고 BS(Building Solution)에서는 BACnet를 사용한다. 빌딩 자동제어의 통신 프로토콜로서 BACnet는 1995년 미국 표준으로 채택되었고 1999년 12월에 KS규격으로 정식 발표되었다. PS(Process Solution)에서는 Modbus, OPC를 주로 사용한다. 이는 PLC등의 제조업체들이 Modbus 프로토콜을 지원하기 때문이다. 각각의 프로토콜은 사용 환경에 따라 모두 적용되므로 서로의 장단점을 서로 비교분석하지 않고, 각 프로토콜의 특성들을 파악하여 온라인 유지관리시스템에 적합한 통신 프로토콜을 제시하고자 한다.

① BACnet

BACnet는 빌딩자동화시스템을 위하여 제정된 통신망의 표준 규격이다. 빌딩자동화 통신망의 표준 규격에 대한 필요성이 제기됨에 따라 ASHRAE(미국 냉동 공조공학회, America Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)에서 개발한 IP(Internet Protocol)를 이용한 제어통신망의 통합 구성방안이다. 이 규격은 1995년에 ANSI/ASHRAE로부터 미국의 빌딩자동화 전용 통신망의 표준으로 채택되었고, 1999년 12월에는 한국의 빌딩자동화용 통신망의 표준규격(KS X 6909)로 선정되었다. 뿐만 아니라 BACnet은 유럽공동체의 pre-standard로 채택되었으며, 미국, 유럽(CEN) 및 호주 등에 빌딩자동화 통신망의 표준 규격으로 채택되었다. 현재 ISO에서 빌딩자동화 전용 통신망의 국제 표준으로의 제정이 추진되고 있다.

BACnet은 건물 자동제어와 관련된 용도로 특화되어 개발되었다. 공조장치 등의 빌딩자동화시스템에서 주로 다루는 정보를 어떻게 주고받느냐 하는 것들과 같은 특화된 정보처리에 대해 규정하고 있다. BACnet의 궁극적 목적은 서로 다른 제조업체에서 만든 빌딩자동화용 제품들이 상호 동작할 수 있도록 하는 것이다. 이는 BACnet message가 전송될 수 있는 LAN을 여러 가지로 정의함으로써 가능할 수 있다. 또한, BACnet은 객체지향(object-oriented) 방식에 의한 정보의 표현, 하부계층에서 다양한 종류의 LAN 기술 채택, 다양한 LAN들의 연동 기능, IP를 통한 인

터넷과의 연동기능, 표준화된 18가지 통신객체의 정의, 표준화된 5가지 범주의 32개 통신 서비스 제공 등과 같은 특징으로 저가의 장비가 사용되는 작은 규모의 빌딩에서부터 수천개의 장비들이 설치되는 대형의 복잡한 빌딩 및 이러한 집합으로 이루어지는 빌딩군에 이르기까지 다양한 규모의 빌딩에 적용될 수 있는 통신망 기술이다.

BACnet은 표 5.3과 같이 OSI 7계층 중 4계층만을 가지는 구조로 되어있으며 통신에 반드시 필요한 기능만을 하부 계층의 기능으로 하고, OSI의 기능 중 상당 부분을 응용계층(Applocation layer)에 넘겨놓고 있다. BACnet의 응용계층은 이와 같이 빌딩자동화시스템에서 사용되는 각종 장비의 정보와 기능을 표준화된 방식으로 표현하는 객체와, 빌딩자동화시스템에서 요구하는 통신 서비스를 수행하도록 하는 표준화된 메시지를 정의하고 있다. 이러한 객체와 통신 서비스들은 모두 모듈화 방식으로 구현할 수 있어, 규모가 작고 제한된 기능만을 수행하는 빌딩의 경우에는 그에 해당하는 객체 및 서비스만을 이용하여 시스템을 구성하면 될 것이고, 대규모의 다양한 기능을 요구하는 빌딩에서는 BACnet의 응용계층에서 정의하는 다양한 객체와 통신 서비스들을 이용하여 시스템을 구성하면 될 것이다.

표 5.3 BACnet 프로토콜 계층 구조

<table>
<tr><td colspan="5">BACnet Application Layer</td></tr>
<tr><td colspan="5">BACnet Network Layer</td></tr>
<tr><td colspan="2">ISO8802.2
(IEEE802.2)</td><td>MS/TP</td><td>PTP</td><td rowspan="2">LonTalk</td></tr>
<tr><td>ISO8802.3
(IEEE802.3)</td><td>ARCnet</td><td>EIA 485</td><td>EIA 232</td></tr>
</table>

일단 정보의 표현 방법과 메시지의 구조가 정의되면, 다음에 필요한 것은 그러한 정보를 어떻게 한 장소에서 다른 장소로 전달하는가에 대한 방법을 정의하는 것이다. BACnet에서는 이를 위하여 표 5.3의 데이터링크 계층에서 보는 바와 같이 다섯 가지의 LAN 기술을 제공한다. 첫번째로 선택 가능한 LAN은 이더넷으로 알려진 ISO8802-3 프로토콜이다. 이는 다섯 가지 LAN들 가운데 가장 고속(10M/100bps)으로 동작되며, 워크스테이션과 복잡한 기능을 수행하는 대형 제어기들이 여기에 접속된다. ARCNET은 비교적 고속(150kbps~7.5Mbps)으로 동작하여 실시간성을 요구하는 제어기들 간의 통신에 사용된다. BACnet에서는 꼬임쌍선을

이용하여 비교적 저가로 통신망 시스템을 구축하도록 하기 위하여 MS/TP(Master-Slave/Token-Passing, 9600bps~76kbps) 통신망 규격을 제정하였다. 또한 LonWorks의 통신 프로토콜 스택인 LonTalk(4800bps~1.25Mbps) 역시 BACnet의 하부망으로 지정하였다. BACnet에서는 또한 전화선을 이용한 모뎀 통신을 지원하기 위한 PTP(Point-to-Point, 9600bps~56000bps) 프로토콜을 정의하고 있다. 따라서 BACnet을 이용하여 빌딩자동화시스템을 구축하고자 하는 경우에 시스템 설계자는 빌딩의 규모, 자동화 시스템의 기능 및 성능 요구사항, 시스템 구축 비용 등을 고려하여 이러한 LAN 기술들 가운데 가장 적합한 것을 선택하여 사용할 수 있다. 네트워크계층은 서로 다른 LAN들간에 데이터 교환을 위한 인터페이스 기능을 제공하고, 여러 LAN을 거쳐 최종 목적지로 데이터가 전달되는 경우에 라우팅 기능을 제공하며, 빌딩 내 통신망들이 외부 통신망과 연결될 필요가 있는 경우에 인터넷의 IP와의 연동 기능을 제공하여 WAN 구축 환경을 제공한다.

BACnet 메시지는 기본적으로 어떠한 형태의 LAN을 통하여서도 전송이 가능하다. 따라서 지금 BACnet에서 정의한 다섯 가지 LAN 기술 보다 훨씬 빌딩자동화에 적합한 LAN 기술이 추후에 개발되는 경우에 BACnet에서는 이를 적극 수용할 수 있으며, 이는 기존의 LAN 들을 통합하는 방법을 그대로 사용하여 이들과 아무 문제없이 연동될 수 있다. BACnet의 응용계층에서 채택한 객체 지향 방식은 추후 빌딩자동화시스템에서 요구되는 새로운 기능을 수용하는데 있어서 매우 유용한 역할을 할 것이다. 즉, 새로운 기능이 요구되는 경우에 그러한 기능을 수행할 수 있는 객체와 통신서비스를 위한 메시지 구조만을 추가로 정의하여 응용계층에 포함시키면 되며, 이미 이러한 요구들은 BACnet의 새로운 기능으로 추가되고 있다. BACnet은 서로 다른 업체에서 개발된 장비들간에 호환성 또는 상호 동작성을 보장하기 위해 BACnet Testing Laboratories(BTL)을 설립하였다. BTL은 빌딩자동화 장비의 BACnet 프로토콜 호환성 테스트를 수행하고, 호환성 테스트를 통과한 BACnet 제품의 리스트를 관리하며, BACnet 구현에 대한 가이드라인을 제시하고 있다.

② Lonworks

Echelon사의 Lonworks 네트워크는 이 세상의 모든 디바이스에게 지능을 부여하고 서로 상호 운용에 대한 호환성을 보장하면서 Peer-to-Peer 방식으로 개방형 표준에 따라 서로 네트워킹이 가능하도록 하며 이러한 지능형 디바이스를 언제 어디서나 접근 가능하게 해주는 기술이다. Lonworks는 BACnet의 일부이기도 하지만 ANSI/EIA 709.1(control networking), IEEE 1473(train communication), SEMI

E54.6(semic-onductor equipment)등의 표준으로 다양한 산업분야에서 사용되고 있다. LonworkS의 특징은 다음과 같다.

- 분산제어 환경, 단위 Device 상호 운영성 기반
- 상위에서 개별 시스템을 인터페이스하는 게이트웨이 방식이 아니라 하부 제어 네트워크 상에서 통합
- BAS(Building Automation System), HA(Home Automation), FA(Factory Automation) 등 범용 Open Protocol
- LAN과 같은 Computer Data Network과 유사
- 32,385의 Domain, Domain 당 256개의 Group
- 255개의 Subnet, Subnet 당 127개의 Device
- OSI 7계층 Model 대응

Lonworks는 제어용 네트워크 시스템으로 제어나 감시가 필요한 모든 부문에 적용할 것을 전제로 설계되었다. Profibus, CAN, Interbus-S 등과 같은 기존의 필드버스가 OSI 1,2,7 Layer를 커버하는데 비해 LonWorks는 OSI 1~7 All Layer를 커버하는 Open Protocol로서 건물자동화(35%) 및 home 자동화(15%) 또는 산업(공정)제어(35%) 등에 응용되며 그 중요성이 확산되고 있다.

LonWorks가 다른 필드버스와 구별되는 점은 현장에서 제어 네트워크를 구성하는데 필요한 모든 요소는 물론이고, 일관된 네트워크 관리 솔루션까지 갖춘 제어용 네트워크라는 것이다. 또한 프로토콜 자체가 이미 뉴런칩(Neuron Chip)에 H/W, F/W 형태로 포함되어 있기 때문에 디바이스 개발자는 LonTalk 프로토콜의 자세한 패킷 규격에 대해 모르고서도 어플리케이션 프로그램을 쉽게 짤 수 있는 특징이 있다. 무엇보다 OSI 7계층을 모두 사용하는 LonWorks는 인터넷에 쉽게 연결될 수 있어 인터넷을 통한 감시 및 제어가 가능하다는 장점을 가지고 있다. LonWorks는 설계, 구축, 운용, 유지를 위해 다음과 같은 4가지 구성요소로 만들어지는데 통신프로토콜로서의 LonTalk, H/W로서의 Neuron Chip, 전송매체와의 연결을 위한 트랜시버(Tranceiver), 개발 툴(Tool)로 LonBuilder, NodeBuilder , LNS(Lon Network Service)가 그것이다.

③ 개방형 프로토콜의 중요성

만약에 TV를 시청을 하는데 각 채널마다 다른 수신 방법을 이용한다면 7개의 채널을 시청하기 위해서는 7개의 수신기와 7개의 TV가 있어야 모든 채널을 시청할 수가 있게 된다. 빌딩 자동제어에서도 관리자가 편하게 관리하게 위에서 각 회사 장비에 대한 Workstation을 따로 운영하는 것이 아니라, 한 Workstation에서 모

든 장비의 제어와 감시를 가능하게 할 수 있게 개방형 프로토콜을 사용 하는 것이다. 개방형 프로토콜은 무료, 또는 라이센스를 이용하여 쓸 수 있게 개발 되어있다. 빌딩자동 제어업계에서는 개방형 프로토콜로 주로 BACnet과 LonWorks를 사용한다. BACnet 프로토콜은 ANSI의 이론을 바탕으로 ASHRAE에서 개발되었다. BACnet 프로토콜은 중점적으로 빌딩자동제어시스템을 위해 EMCS 업체와 사용자들에 의해 만들어졌고, ASHRAE에서 연속적으로 개발을 하고 있다. LonWorks 프로토콜과 LonTalk는 Echelon이라는 회사에 의해 자체적으로 개발되었기 때문에, 사용 시에는 라이센스가 필요하다. 이 프로토콜은 The LonMark Consortium 이라는 협회에서 프로토콜과 장비의 정의 및 인증을 한다. Lonworks는 general information network protocol로 개발이 되어, 다른 여러 업계와 빌딩 컨트롤에 사용되고 있다. 본 연구에서 표준 프로토콜로 제안하고자 하는 Open Protocol의 목표는 다른 여러 업체들(vendors)의 interoperability를 제공하고, workstation에 설치되는 MS Window같은 OS에 간편하게 설치할 수 있게 한다. 만약 한 시스템 업체가 모든 빌딩제어 시스템을 구축한다면 오픈 프로토콜이나 자체 프로토콜을 사용을 해도 아무런 문제가 없을 것이다. 그래서 이상적인 오픈 프로토콜의 개념은 "Plug & Play"을 할 수 있어야 한다. 표 5.4는 기존 개방형 프로토콜의 종류별 장단점 분석을 보여주고 있다.

(3) 통신 프로토콜 표준화 방안

빌딩내의 여러 가지 설비들은 빌딩의 성격 및 필요에 의해 다양한 형태로 조합되어 이루어져 있다. 각 설비들이 한 회사의 제품으로 구축한 경우에도 어떻게 자동제어시스템을 구축했는지에 따라 완벽하게 통합되지는 않는다. 한 건물 내 설비뿐만 아니라 같은 업체의 제품을 서로 다른 빌딩에 구축 하였을 경우에도 완벽한 호환성을 보장할 수 없다. 같은 통신 프로토콜을 지원받는 업체의 제품이 설치된 경우에도 통합군관리 시에는 데이터 호환을 위한 게이트웨이 등의 추가 설치가 요구된다. 따라서 현재 국내의 빌딩들에 설치된 시스템간의 통합 및 이기종간의 통합에 대한 방법적인 논의 및 이기종간의 통합 가능여부를 위한 빌딩관리의 통신 프로토콜의 표준화 마련이 반드시 필요하다.

본 연구에서는 BACnet 프로토콜을 국내 빌딩제어관리 표준안으로 제안한다. BACnet은 건물주나 건물 관리자가 어느 특정 제어 시스템 업체에 종속되지 않으면서 제어시스템을 구성하거나 유지 보수할 수 있어 건물에 설치되는 공조, 전력, 조명, 방재 등 각종 시스템을 쉽게 통합 운영할 수 있는 장점을 인터넷과 접목한 형태로서 인터넷을 통하여 언제 어디서나 쉽게 원하는 시스템의 상황을 감시 제어 할 수

표 5.4 기존 개방형 프로토콜의 종류별 장단점 분석

종류	개발	구성	장점	단점
BACnet (Building Automation and Control Network)	ASHRAE (America Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers)	· 물리계층 - 기기들의 연결방식과 데이터 전달을 위한 전기적 신호의 전송방식 제공 · 데이터링크계층 - 5가지 LAN기술 제공(ISO8802.3, ARCNET, MS/TP, PTP, LonTalk) · 네트워크계층 - 서로 다른 LAN들 간에 데이터 교환을 위한 인터페이스 기능제공 · 응용계층 - 빌딩시스템의 감시 및 제어와 같은 기능들을 수행하기 위한 통신 서비스들을 제공 · 인터넷 연결 - BACnet/IP 방식, BACnet BTR 사용방식	· 분산자동화 시스템의 장점, 개방형 프로토콜의 장점, 표준 프로토콜의 장점을 모두 포함 · 빌딩자동제어를 위해 고안된 프로토콜 · 장비 제조사와 무관한 시스템 확장 · 모든 빌딩자동화 기능의 통합가능 · 상호 동작성(Interoperability) 확보 · 객체 모델을 확장하여 새로운 기능을 쉽게 도입 · 기존 DDC 시스템을 Gateway추가로 확장 가능 · 기술의 사용이 완전히 무료	· 인터넷 활용 시 BACnet BTR을 이용한 방식의 경우 서로 다른 서브넷에 속해있는 BACnet 디바이스간에 데이터 통신이 이루어 질 때마다 BTR에 통신 트래픽이 집중
LonWorks	Echelon	· 통신프로토콜 : LonTalk · H/W : Neuron Chip · 트랜시버(Tranceiver) - 다양한 통신 매개체의 연결을 위해 사용, OSI 1 Layer 중 1계층인 물리계층 · 개발 Tool - LNS는 Lon Network 통신망용 운용시스템으로 시스템 설치자 및 통합자가 서로 다른 벤더의 제품을 묶어서 전체 네트워크를 구성하는데 사용	· 개방형 구조로서 업체에 종속될 없이 독립적으로 개발되어도 통합될 수 있음 · 상위에서 개별 시스템을 인터페이스하는 게이트웨이 방식이 아니라 하부 제어 네트워크 상에서 통합 · 독립적 협회 - 상호 연동성 모델개발과 상호 연동성 표준을 지원하는 제품 보증에 대하여 관리(ASHARE에 의해 BACnet의 표준으로 됨)	· LonWorks 시스템을 구성하기 위해서는 대부분이 Neuron Chip 및 특정 디바이스로 구성하여야만 함. · 현장 적용 시에 기술의 사용이 무료가 아닌 전용 개발도구와 소프트웨어가 요구됨. · 기존의 DDC 시스템을 LonWorks 시스템으로 변경시에 교체가 어려움(모든 DDC의 교체 필요). · 특정업체에 의해 개발된 것으로 타 표준에 비해 한 업체에 종속적임.
Modbus	Modicon	· RS-232C 호환 직렬 인터페이스, TCP/IP 적용 · 콘트롤러들은 마스터-슬레이브 기법을 이용 통신 · 마스터는 각각의 슬레이브에게 주소를 지정 메시지를 전송하며, 슬레이브는 자신에게 주어진 메시지에 대하여 응답 메시지를 전송	· 단순한 프로토콜 구조 · 개발 기간이 상대적으로 짧음 · 메모리 형태의 데이터 전송을 하는 PLC 시스템에 적합	· 데이터의 형태에 대한 정의가 없으므로 재해석하여야 함. · 데이터 형태가 모든 시스템이 일치하지 않으므로 타프로토콜에 비해 업체에 종속적임 · 마스터-슬레이브 형태로 데이터 전송이 방향성이 있어 슬레이브 노드간의 통신이 안됨
OPC (OLE for Process Control)	OPC Foundation	· COM 인터페이스를 이용한 프로그램 인터페이스 규격 · OPC 서버와 OPC 클라이언트로 구성 · OPC 서버는 업체별로 다양한 네트워크를 지원하는 개별 모듈	· 네트워크 프로토콜에 무관한 통합 · 네트워크가 다른 통합 시스템 구성에 용이	· 통신 프로토콜을 정의하지 않으므로 장비간의 통신 호환성을 보장하지 않음 · 인터페이스의 표준으로 프로토콜의 표준이 아님

있을 뿐 아니라 BACnet이 갖는 이기종 시스템간의 상호운영성(Interoperability)을 가능하게 하여 시스템 통합을 용이하게 구현할 수 있는 기술이다. 뿐만 아니라 BACnet은 하나의 종속된 제품의 고가 칩이나 개발 툴 등의 구입하지 않고, 제시한 표준 규격에 맞게 개발한다면 기술의 사용이 무료로 제공된다. BACnet 1999년 이미 한국의 빌딩 자동화용 통신망의 표준규격(KS X 6909)로 선정되었고, 현재 국내 자동제어업체 시장에서도 타 통신프로토콜에 비해 높은 점유율을 차지하고 있다.

BACnet에서는 인터넷(IP)을 통한 데이터 통신을 위하여 두 가지 방안을 제시하고 있다. 즉, BACnet 디바이스는 IP패킷에 대한 처리기능이 전혀 없이 단지 터널링 라우터(BTR:BACnet Tunneling Router)를 이용한 방식과 각각의 BACnet 디바이스가 IP 어드레스 및 IP패킷에 대한 처리기능을 갖는 BACnet/IP 방식이다. 이 두 가지 방식을 비교해 볼 때 인터넷을 통한 타 네트워크에 위치한 BACnet 디바이스를 접근하고자 하는 목적에는 큰 차이가 없지만, BTR을 사용할 경우 서로 다른 서브넷에 속해있는 BACnet 디바이스간에 데이터 통신이 이루어 질 때마다 BTR에 통신 트래픽이 집중된다는 점과 BTR에서 관리해야 하는 정보가 많이 필요하다는 단점을 감안하여 본 연구에서는 BACnet/IP 방식을 제안하였다.

다양한 건물의 여러 가지 자동제어 시스템을 상호 운영할 수 있도록 표준 프로토콜을 규정하기 위해서는 다음과 같은 세 가지 요소를 만족하여야 한다.

첫째, 데이터를 표현하는 방식을 표준화하여 모든 장비가 동일한 데이터를 사용해야 한다. BACnet은 오브젝트(객체)라 불리는 정보 취득의 대상물의 묶음을 규정하고 관리함으로써 각 장치의 기능을 파악하고 제어한다. 예를 들어 현장의 아날로그 입력장치인 온도센서를 BACnet에서 표준 오브젝트인 ANALOG INPUT으로 모델링하는 것이다. 물리적인 현장기기인 온도센서를 BACnet에서 표준 오브젝트인 ANALOG INPUT으로 정의하고, 그 장치는 '실내온도 1층'이란 이름으로 구별되며 알람을 판정하기 위한 상·하위 범위 등을 정의하고 있다. 이와 같이 BACnet에서는 기본적으로 빌딩 자동화에 필요한 객체들을 모아 18가지 타입으로 정의해 놓았다. 통합군관리 구축 시 제공하고자 하는 서비스 내역에 맞추어 필요한 관제 포인트를 파악하여 설비별 필요 관제 포인트를 선정하고, 각각의 포인트를 어떠한 타입으로 받을 것인지 선정하여야 한다. 현재 본 연구에서도 통합군관리센터에 제공하고자 하는 서비스를 정의하고, 관련 기술개발을 검토하고 있으며 각각의 서비스에 필요한 설비별 관제 데이터의 표준안 작성을 진행하고 있다.

둘째, 표준화된 데이터를 사용하는 방식을 표준화한 표준서비스를 사용하여야 한다. BACnet에서 서비스란 다른 BACnet 장비에 정보를 요구하거나 어떤 동작을 하도록 요구하며, 하나 또는 그 이상의 객체에 이벤트가 발생했음을 알리는 것을

말한다. 이러한 서비스 사양을 표준화 하여 다른 업체의 제품과 통합할 수 있는 안을 제시하여야 한다. 이기종 시스템을 통합하기 위해서는 제품이 적용한 BACnet의 범위를 판단해야 하는데, 이때 PICS(Protocol Implementation Conformance Statement)의 수준을 맞추어야 한다. PICS는 기본적으로 제어기에 적용된 모든 오브젝트와 기능, 네트워크 유형 등, BACnet 기능 중 기기에 적용된 기능에 대한 내용을 포함하고 있다. BACnet 컨포먼스 클래스만으로는 두 시스템이 정확히 호환성을 갖는가에 대한 판단을 내릴 수 없다. 이때 PICS는 상호간의 호환성을 판단할 수 있는 정보를 제공하며, 실제 통합을 위한 시험은 추후에 실시하더라고 이러한 정보만으로 우선 솔루션을 제공할 수 있는지에 대한 결정을 할 수 있다.
각 제품의 BACnet 클라이언트, 서버에 대한 PICS를 표준화해야 한다.

셋째, 표준화된 서비스 정보를 전달하는 방법에 있어서 다양한 방식을 지원하여야 한다. 표준화된 서비스 정보를 전달하는 방법에 있어서 하나의 기업 또는 하나의 제품 시스템 방식에 국한되어서는 안 된다. 표준 데이터를 표준화된 서비스로 어떤 기업의 제품에서든지 전달 가능하여 기업간의 편익 없이 자유경쟁 할 수 있도록 제공되어야 한다.

한편, 본 연구에서는 과제 목표중의 하나인 국내 건물들의 통합군관리 기술을 개발하기 위해 현재 건물들의 자동제어시스템의 구성 및 통신체계 등을 기존건물과 신축건물로 분류하고 파악하여 SI(System Integration)을 위한 인터페이스 방안을 연구하였다. 시뮬레이터 실험 결과 기존건물의 경우 개방형 통신프로토콜이 지원되지 않는 건물에 기존업체의 협조를 얻어 시스템 업그레이드 후 게이트웨이 등의 추가 장치를 통해 통합하는 방안을 시행하였고, 신축건물인 경우 최근 동향에 따라 개방형 프로토콜이 지원되는 자동제어시스템의 설치로 인터페이스가 용이하였다. 또한 본 과제의 기술 개발이 실용화 될 시기를 감안하면 자동제어시스템 개보수 기간이 10년~15년 이므로 기존건물의 경우도 최근 경향에 따른 개보수를 통해 통합군관리 기술 적용 가능성은 긍정적으로 예측된다.

시스템통합 기술개발을 위해서는 이기종간의 서비스 및 정보교환을 위한 한국적인 통신 표준프로토콜 개발이 핵심이다. 이를 위해 각 개방형 프로토콜들의 구성 및 장단점을 분석하여 본문에서 제시한 바와 같이 전 세계적으로 빌딩자동제어에서 많이 사용하고, 시스템 통합에 많은 장점을 가지고 있으며, 우리나라에서 빌딩자동제어 제어 통신망의 데이터통신에 대하여 KS 규격인 BACnet 프로토콜을 본 프로젝트에 표준안으로 제안하였다. 더불어 향후 각각 신규건물의 타 빌딩자동제어에 프로토콜의 SPEC화, 제공데이터의 표준화, 데이터 전송 서비스의 표준화가 필요하다고 판단되어진다.

제 3 절 FMS 기술현황 분석 및 적용방안

1. FMS의 정의 및 구축 목적

시설관리시스템(FMS : Facility Management System)은 시설물의 경제적, 효율적인 관리를 위하여 건물의 각 시설을 중심으로 환경, 운영인력, 운영조직의 활동을 유기적으로 통합 관리함으로써 시설물의 수명을 연장시키고, 각종 장비 및 기기류의 가동상태 파악이나 점검기록, 설계도면 검색 등에 있어 인덱스화된 정보를 신속히 제공함으로서 시설물 통제를 용이하게 할 수 있다. 궁극적으로 시설관리시스템(FMS)은 시설자산의 라이프사이클 비용(life cycle cost)을 분석하여 시설운영정책을 설계하고, 그에 따라 시설의 유지관리비용을 최대한 절감시키고 보다 효율적으로 관리하기 위해 구축되는 시스템이다.

FMS 구축목적은 첫째, 유지보수 비용을 최소화 하는 것이다. 관리체계의 자동화로 인한 관리 인력을 절감할 수 있고 관리 인력의 전문화를 통한 유지관리업무의 생산성을 향상 시킬 수 있다. 뿐만 아니라 존(zone)별 관리가 가능하고 설비의 사용내역, 보수경력 또는 고장분석을 통한 예방 정비로 유지보수 비용을 최소화 할 수 있다. 둘째로 체계적인 시설물 관리를 통한 사전점검 스케쥴링 및 일상 업무의 계획화로 인한 신속한 업무처리가 가능하고, 표준작업시간 및 최적 투입인력 산정 등 효율적인 작업관리가 가능하다. 또한 설비별 내구연한 및 적정 재고 수준 분석으로 재고금액을 절감할 수 있고 정확한 구매시점의 파악으로 필요자재를 확보할 수 있다. 셋째로 에너지비용을 절감할 수 있다. 장비의 운전 상태와 장비 가동량 분석, 장비의 효율적인 운전을 통한 운전제어 정보 제공, 장비의 효율적인 운전을 통한 장비의 수명관리 등 설비의 도입부터 설비에 대한 장비 사양, 가동내역, 고장내역 관리 분석 등 장비의 일괄관리를 통한 에너지 비용의 절감을 도모한다. 넷째, 빌딩의 입주자 및 근무자에게 쾌적한 주거, 근무환경을 제공하고, 체계적인 화재예방 점검, 사전 설비점검 등을 통해 안전성을 확보할 수 있으며, 통합시설관리의 선진화된 기술 기반을 구축하고, 에너지 소비 절감을 통한 국가 경제력 향상, 환경보전, 건전한 회사자산 형성이 가능하다.

FMS은 시설물의 합리적인 시설관리체계의 수립과 표준화된 업무 운영을 통하여 건물운영비용을 절감하고 시설관리의 효과를 증대시킴으로서 시설자산 가치를 극대화 시키는데 목적이 있다. 이를 구현하기 위해서는 FDD 시스템, EMS, LCC 분석 시스템 등의 각 서브시스템 간의 원활한 인터페이스를 통한 자료 공유가 가능하도록 통합관리시스템 하드웨어 인프라 구조를 구축해야 한다. 그림 5.9는 FMS의

구축 방향을 보여주고 있다. 통합시설관리시스템의 하드웨어 및 네트워크 시스템 구축은 중앙 집중식 운용관리가 가능하고, 시스템의 유동적 기술 개발 접목 및 유지보수가 용이, 데이터베이스의 보안성 강화, 각 시스템 간의 유기적 연동 가능한 호환성 및 개방성을 갖춘 시스템의 구성을 목표로 한다. 그림 5.10은 일반적인 FMS의 구축 목표를 보여주고 있다.

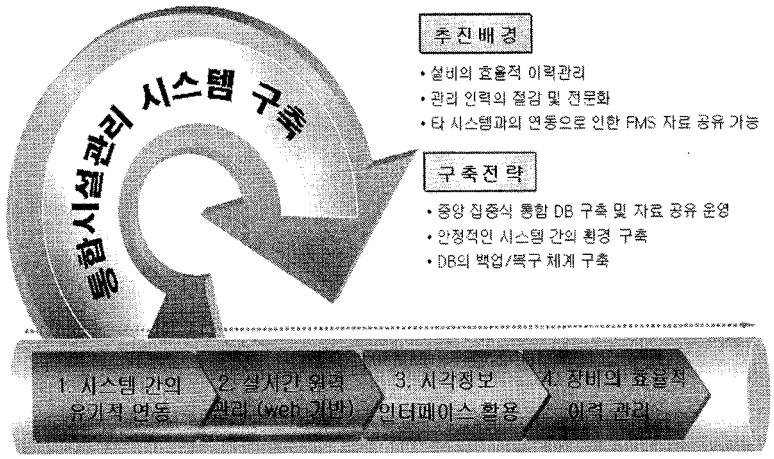


그림 5.9 FMS의 구축 방향

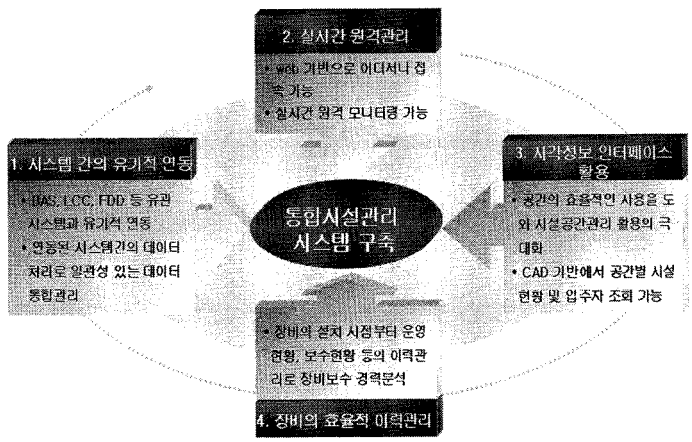


그림 5.10 FMS의 구축 목표

2. 시스템 사양

표 5.5에 보인 바와 같이 세 개의 FMS 서비스 업체에 대한 시스템 구성 사양을

조사 하였다. 조사한 결과 하드웨어, 소프트웨어, 네트워크 사양이 시스템에 따라 DBMS의 사양 또는 프린터와 같은 하드웨어의 사양에 약간의 차이는 있지만 거의 유사하였다.

표 5.5 FMS 서비스 업체별 하드웨어 구축 사양

구분	하드웨어	소프트웨어	네트워크
A 사	• 통합 FMS 관리서버 (WEB 환경) • 저장장치 • PDA • 기타 장비	• 범용 OS • RDBMS • 개발 S/W • 기타 S/W	• 네트워크 장비 • 무선랜
B 사	• 통합 FMS 관리서버 (WEB 환경) • 관리자 PC • PDA • 레이저 프린트	• 범용 OS • DBMS MS-SQL2500 • 개발 S/W • 기타 S/W	• 네트워크 장비 • 무선랜
C 사	• 통합 FMS 관리서버 (WEB 환경) • 통합 DB 서버 • 관리자 PC • 작업자 PDA • 시설운영팀 통합 SI 서버	• 범용 OS • DBMS MS-SQL2000 • 개발 S/W • 기타 S/W	• 네트워크 장비 • 무선랜
일반 사양	• 통합 FMS 관리서버 (WEB 환경) • 통합 DB 서버 • 관리자 PC • 작업자 PDA • 시설운영팀 통합 SI 서버	• 범용 OS • DBMS • 개발 S/W • 기타 S/W	• 네트워크 장비 • 무선랜

3. FMS 주요 기능

FMS는 고장 발생에 대한 경향 분석 및 관리 설비의 고장주기 분석, 설비이력 및 유지보수 내역 분석 관리, 각 종 데이터를 분석하여 운영관리 한다. 또한 체계적인 작업진행을 위하여 작업계획의 수립, 작업지시, 작업실적의 유기적 연결 관리, 측정 포인트 관리 및 예방점검과 작업지시의 연결 관리, 작업내용에 대한 분석 및 결과를 반영하여 건물에 설치된 설비 및 시설에 대한 데이터베이스를 구축하여 설비 유지관리에 이용한다. FMS에서는 먼저 건물정보를 제공한다. 건물의 경제적 가

치 보전을 위하여 건물 구조나 특성에 대한 정보관리 기능이다. 건물 정보 관리는 주건물 및 부속건물의 건축정보(준공년도, 건물규모, 소재지) 및 층별 ROOM 정보/주차면적 등의 세분화된 구획별 건축정보와 공간정보를 제공한다.

자재관리는 작업에 필요한 자재의 현재고 현황 및 입출고 내역, 거래처별 구매 현황 등 적정재고 이하의 재고가 발생하지 않도록 관리하여 효율적인 재고관리를 지원하는 기능이다. 그 기능에는 구매 관리, 소요계획 관리. 수급계획 관리, 수불 관리, 자재내역 관리, 납품관리, 재고관리가 있다.

장비관리는 장비의 고장 예방과 수명연장, 효율적인 운전으로 인한 유지관리비용 절감 및 자산적 가치 극대화를 위한 체계적 이력관리 기능이다. 건물 내에 설치된 장비의 위치, 종류, 수량 및 제품명을 기록하여 건물 내 장비 현황 관리를 하고, 고장 발생 시 빠른 대처 방안을 위한 자료를 제공한다. 장비의 유지관리 현황 분석을 위한 수리, 교체, 점검과 관련된 자동 이력관리를 하고, 각 장비의 예방점검을 통한 장비 현재 운용상태 내역 및 관련 문서 조회가 가능하다. 또한 BAS(자동제어시스템)과의 인터페이스를 통한 장비의 기동 시간 및 내구연한 관리 기능을 추가할 수 있다.

도면관리는 설비나 건물에 대한 도면자료와 이력 일체를 관리 지원하는 시스템이다. 그 기능에는 분류코드관리, Revision 관리, 도면등록관리, 도면출력관리, 도면검색관리, 사용자관리 등이 있다. 이러한 도면 관리는 BAS 시스템 또는 성능진단 및 고장 검출 분석 시스템과 연계 하여 고장 발생 시 건물 어느 부분의 이상 발생인지, 어떤 설비의 고장 인지의 위치 추적을 위해 필요하다.

에너지 관리 정보는 에너지 사용과 관련된 DB의 취합 및 지표관리를 제공한다. BAS시스템과의 인터페이스를 통해 각 설비에서 자동 검침된 에너지 사용 data를 전송받아 에너지 계약종별 사용량과 사용 요금에 대한 분석 그래프를 제공할 수 있고, 월별, 년별, 전월대비, 전년 동월대비 등 비교 실적이 가능하다. 또한 에너지 사용 추이 그래프를 그려 장비의 성능 저하 또는 고장 등의 분석 자료로 활용할 수 있다.

통합된 시설관리 업무 프로세스 및 데이터 관리 기능을 한다. 장애사항, 불편사항 등의 접수 및 A/S 업무의 접수, 등록, 기술자 작업 배정 사항, 처리 및 결과 등의 현황을 기록한다. 또한 업무 진행을 위한 담당자 지정과 결제 프로세스를 이용하여 작업에 대한 승인/거부/요청 및 모든 진행 상황을 추적할 수 있는 기능을 제공한다. 할당된 업무와 관련하여 포함된 문서나 표준 작업처리절차 등의 정보 조회, 작업지시와 수행에 대한 스케쥴 조정 및 계획 수립 기능, 작업 완료 및 비용 보고서 작성, 작업 진행 시 인력 및 자재 사용 내역, 작업 관련 특이사항 및 일반

사항 기록이 가능하다. 이러한 작업관리 정보를 통해 주요 불편사항은 무엇인지, 각 설비의 이전의 고장에 대한 수리 담당자, 처리 과정 또는 내역, 작업 결과 등을 분석할 수 있고, 새로운 인력이 기존의 업무 관련 표준 작업처리절차나 업무관련 포함된 문서를 참고하여 일을 진행할 수 있다.

건물 내 운영 관리를 위한 인력 배치 및 인사기록, 노무비용 관리 등의 정보를 제공한다. 현재의 건물 내 기계, 전기 담당 관리에 대부분 전문화된 인력 제공이 어렵고, 비교적 값싼 임금으로 인한 이직률이 높다. 각각 담당 관리자들의 인사관리를 통해 어느 수준의 관리 담당자들이 효율적으로 잘 운영해 나가는지, 잦은 이직률의 원인은 무엇인지, 운영관리 인력들의 근무 조건 및 애로사항은 무엇인지의 분석을 통해 운영 관리의 생산성을 높일 수 있다.

FMS 시스템 관리 관련 내부 코드 및 사용자에 대한 권한 관리 기능이다. FMS 시스템의 정보 또는 기계적 고장에 관한 보안을 위해 FMS 시스템 사용자, 건물 운영자, 건물 관리자 등의 등급별 사용 권한을 부여하고 그에 따른 사용자의 등록/삭제 및 관리 기능을 제공한다. 지역적으로 분산되어 있는 빌딩이나 시설들을 중앙 통합 관리하기 위해서는 기능별 작업 위치 관리가 지원되어야 한다.

모든 자산과 설비들을 유지관리하기 위해 주기적으로 행하는 작업지시를 자동으로 생성하여, 세부 유지보수 계획과 관리 업무를 용이하게 처리할 수 있도록 기능을 제공한다. 특정 예방정비 업무지시에 따라 계획적으로 장비 배정이 가능하고 계획된 예방정비의 종료 일정 알림 기능이 있다.

Mobile을 이용한 업무 프로세스 개선 기능이다. 비즈니스 프로세서에 따른 필요 상황 시 메일/SMS 발송 전송 기능이 지원되고, 유지관리 대상 장비에 대한 체계적인 관리(BarCode 체계)가 가능하다. 현장 업무 시 Mobile 사용에 따른 업무처리로 업무 시간이 단축되고, 자재 재고 조사/PM 업무처리/에너지 검침/A/s 처리가 지원된다.

기타 기능으로 집행 내역, 사용 이력 분석 관리, 계정별 예산 내역을 분석하는 예산 관리 기능, 각 기능에 대한 주요 평가지표(KPI) 파악을 위한 통계 챠트 및 세부 데이터 조회 기능을 제공하는 주요평가지표 기능, 계약자와 엔지니어에 의해 서비스 되는 업무대응, 소요시간을 모니터링 하고 추산할 수 있는 기능, HelpDe나 및 작업자의 SLA 기준 적용으로 개별적인 대응과 처리시간을 측정할 수 있도록 기능을 제공하는 서비스 수준 계약(SLA) 기능이 있다.

그림 5.11은 FMS의 관리범위를 보여주고 있다. 그림 5.12는 업무 관리 측면에서의 FMS의 구성 개념도를 보여주고 있으며, 그림 5.13은 SI(System Integration) 측면에서의 FMS의 구성 개념도를 보여주고 있다. 그림 5.14는 FMS의 소프트웨어

구성도를 보여주고 있으며, 그림 5.15는 시설 관리 전체 운영 흐름도를 도시하고 있다. 그림 5.16은 통합 SI 시스템 구성도를 보여주고 있으며, 그림 5.17은 FMS 메뉴 구성도를 도시하고 있다. 그림 5.18은 FMS 연동 시나리오를 도시하고 있다.

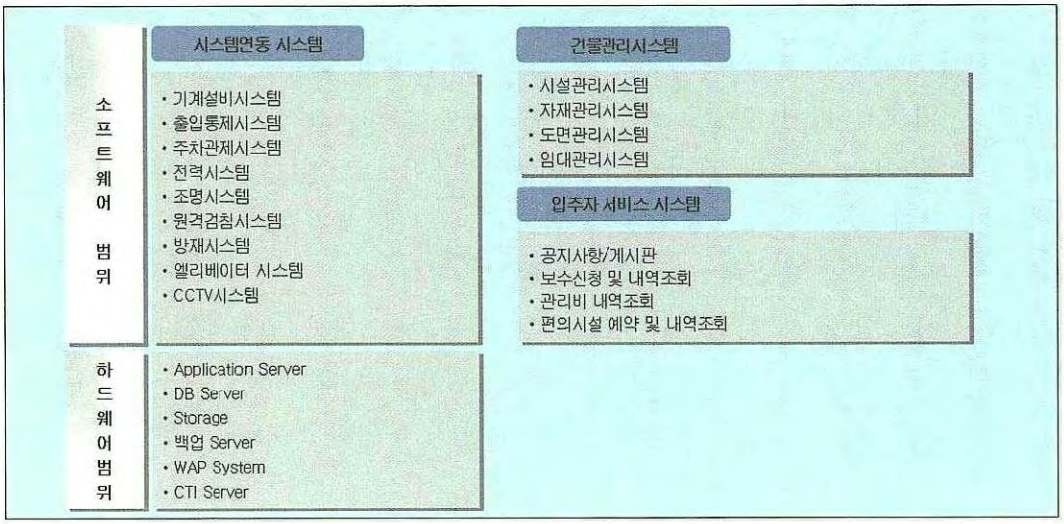


그림 5.11 FMS의 관리 범위

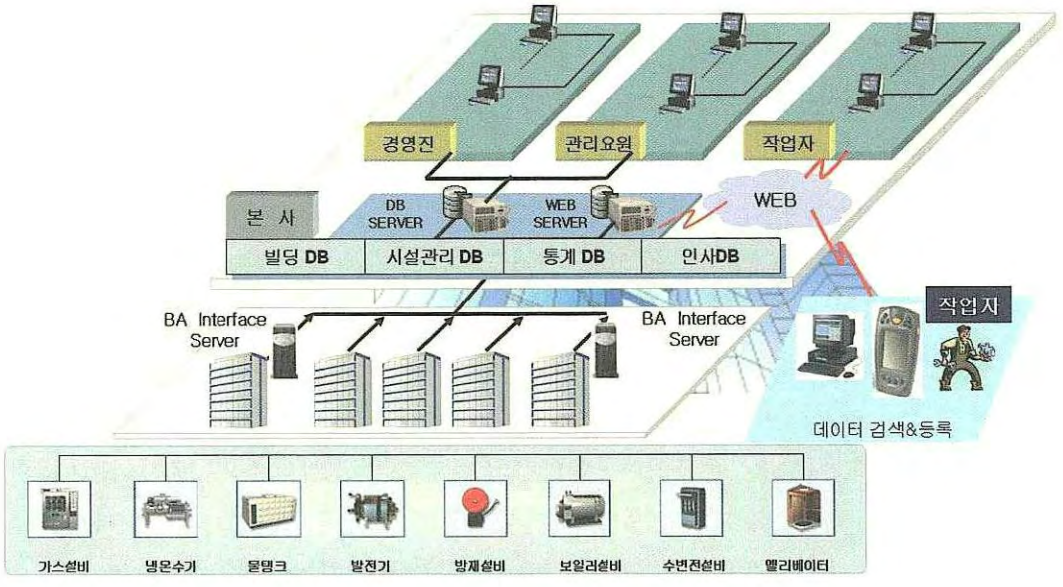


그림 5.12 FMS의 구성 개념도(업무 관리 측면)

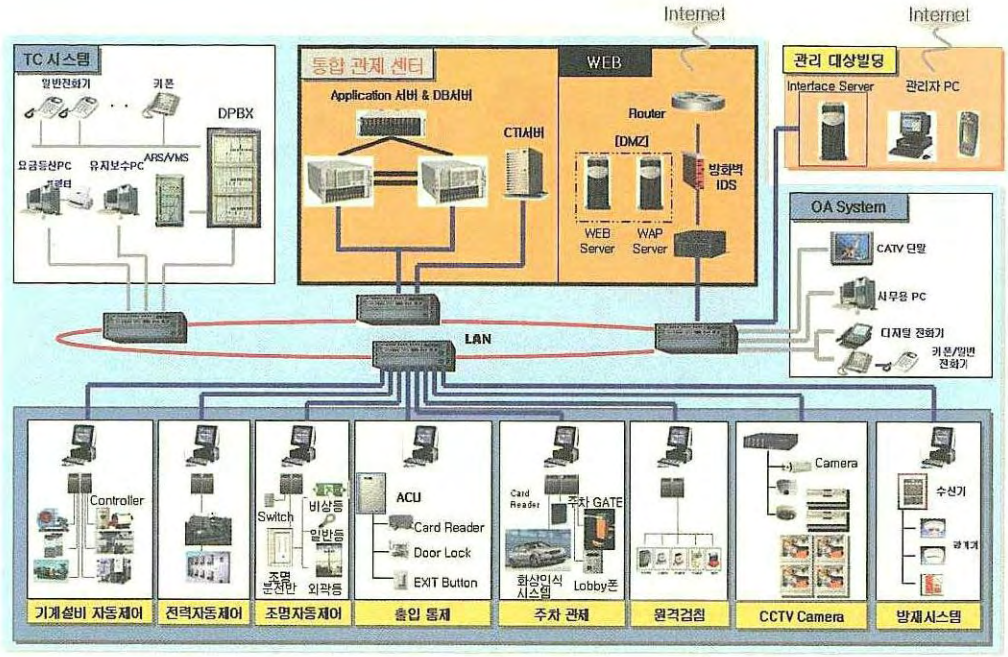


그림 5.13 FMS의 구성 개념도(SI 측면)

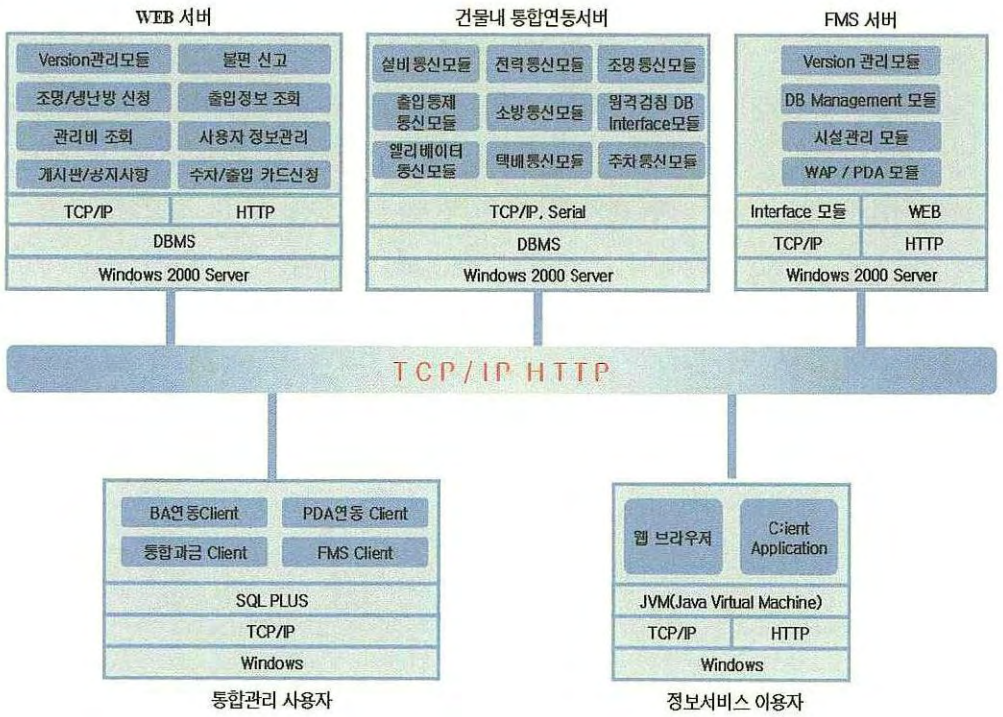


그림 5.14 FMS의 소프트웨어 구성도

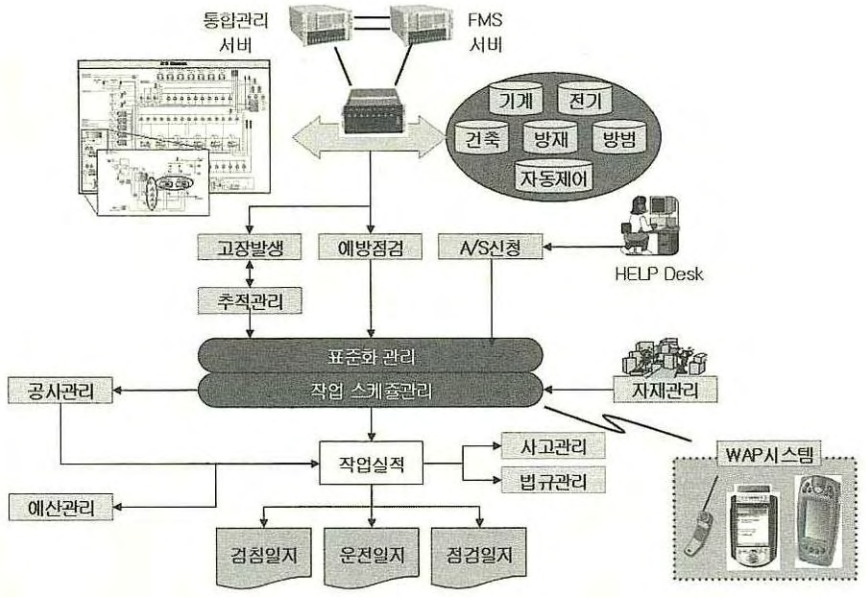


그림 5.15 시설 관리 전체 운영 흐름도

4. FMS 적용 방안

그림 5.19는 BAS 및 FMS 연계 통합관리시스템의 개념도를 도시하고 있으며, 그림 5.20은 FMS을 기반으로 하는 건축설비 온라인 유지관리시스템의 개념도를 보여주고 있다. 각각의 단위건물에서는 시설관리, 설비/전력과 조명, 엘리베이터, 원격검침 시스템 등 각 시스템간의 원활한 인터페이스를 통한 정보 공유가 이루어지도록 시스템을 구성한다. 단위건물에서 수집된 데이터는 필요 사항에 따라 적절한 주기와 형태로 지역관리센터로 보내져 센터 내의 전문가 그룹에 의해 분석되어지며, 분석된 결과를 각각의 건물의 관리자 또는 운영자에게 통보하여 효율적인 건물관리를 하도록 한다. 그리고 국가단위센터에서는 전국적 건물 용도별, 규모별, 지역별건물 및 기전설비 현황, 자원 및 에너지 소비실태 등 유지관리 현황을 비교분석하여 제공한다.

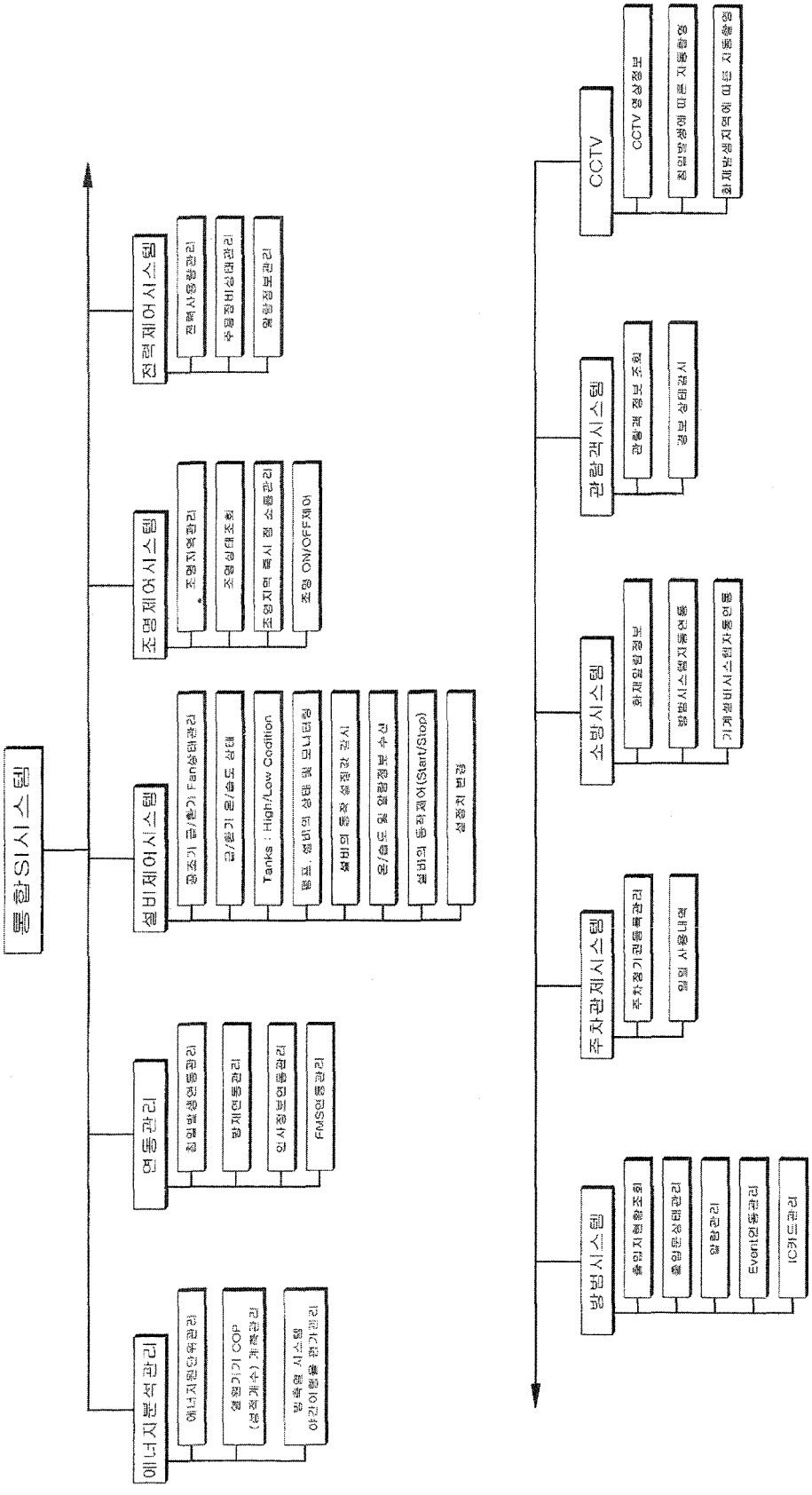


그림 5.16 통합 SI 시스템 메뉴 구성도

[작 업 표 준]

[예 방 점 검 관 리]

[업 체 관 리]

[재 고 관 리]

[장 비 관 리]

[SMS관리]

[추 적 관 리]

[설 비 정 보 관 리]

[도 면 관 리]

그림 5.17 FMS 메뉴 구성도

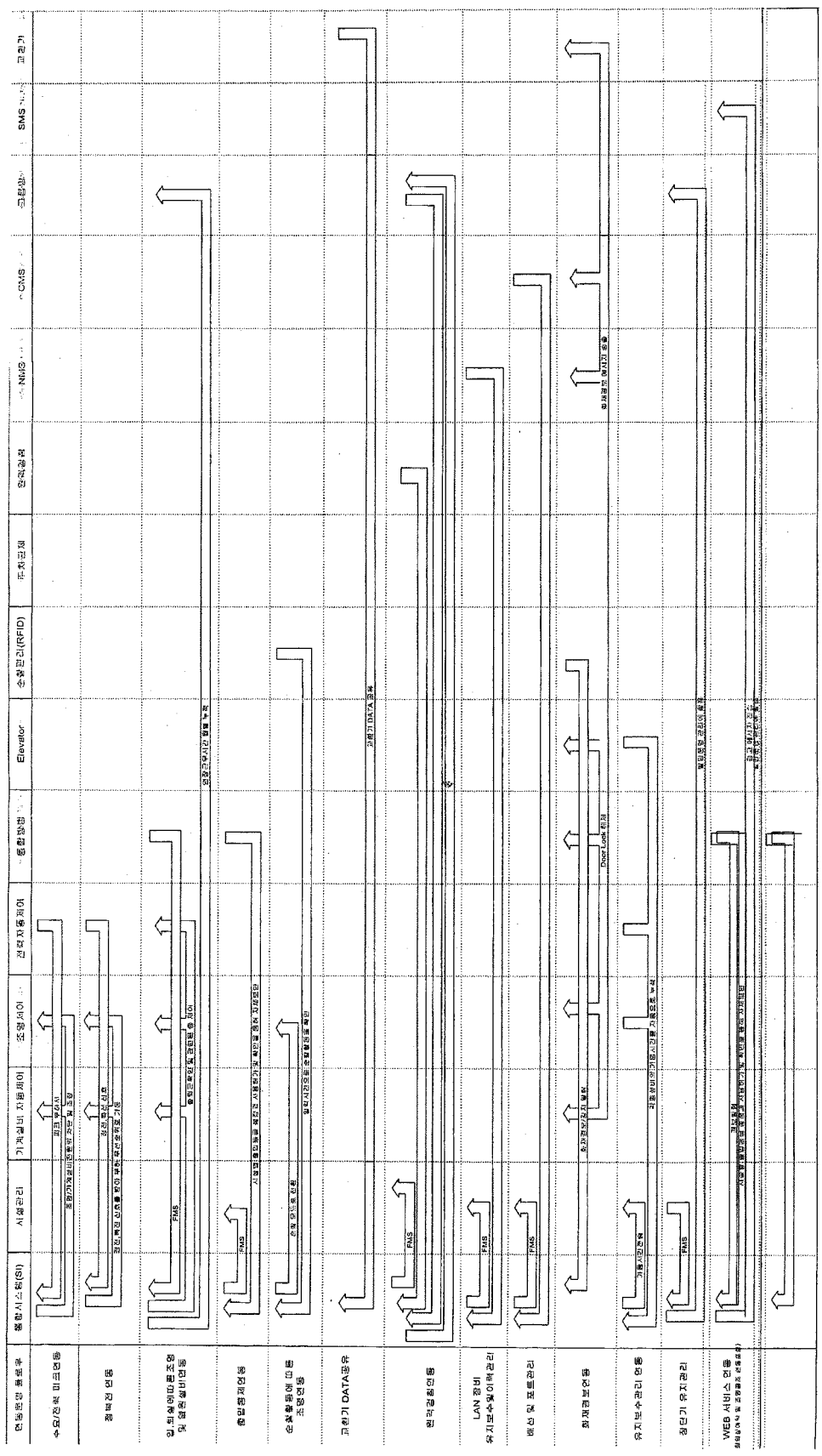


그림 5.18 FMS 연동 시나리오

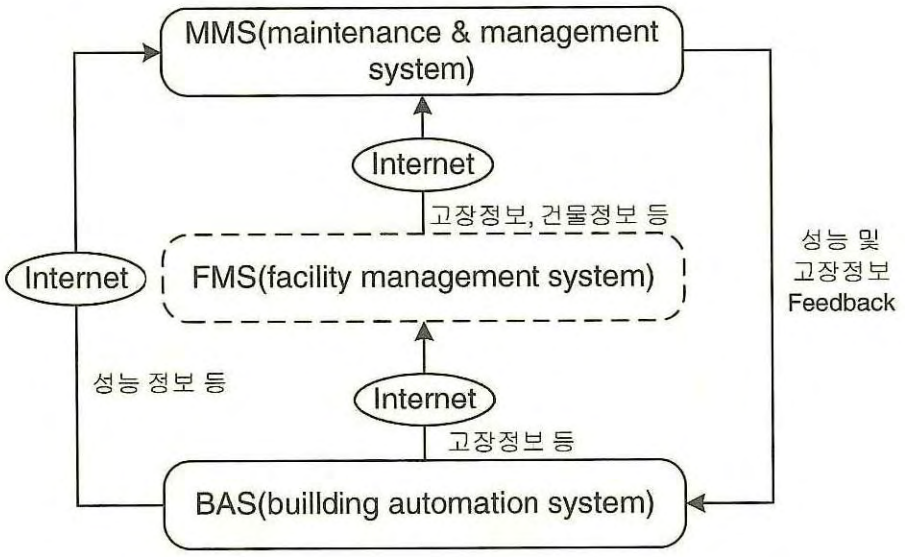


그림 5.19 BAS 및 FMS 연계 온라인 유지관리시스템 개념도

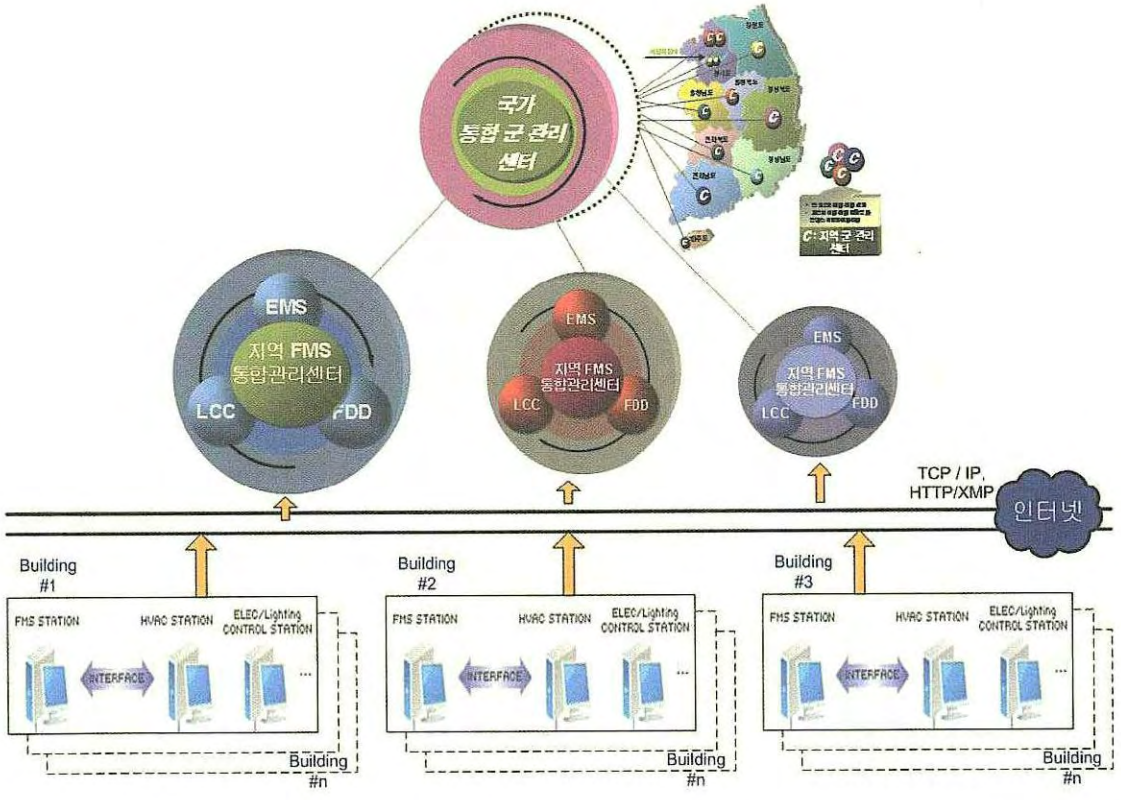


그림 5.20 FMS을 기반으로 하는 건축설비 온라인 유지관리시스템의 개념도

제 4 절 건축설비 온라인 유지관리시스템 구축 방안

1. 시스템의 기본 구성

전체 시스템은 크게 데이터 수집 단계, 데이터 분석 단계, 대응 서비스 제공 단계의 3단계로 나누어진다. 본 구성에는 시스템의 운영을 위한 기능(설비 DB관리 등)은 포함되지 않았다. 각 기능은 전용 하드웨어 또는 범용 하드웨어(예, 서버)에 설치되는 소프트웨어 모듈의 형태로 구현된다. 한 하드웨어 또는 한 소프트웨어 모듈에 다수의 기능이 포함될 수도 있다. 서로 연결되는 기능의 경우, 두 기능이 별도의 하드웨어로 구성될 때, 두 하드웨어는 통신 네트워크를 이용하여 연결된다. 통신 네트워크는 크게 물리적인 연결 상태와 소프트웨어적인 연결로 구성된다(예, BACnet/IP : 물리적인 연결은 IP, 소프트웨어적 연결은 BACnet). 서로 연결되는 기능이 하나의 하드웨어에서 구현되는 경우, 일반적으로 메모리 또는 DB 연동의 형태 등으로 연결된다. 때에 따라서는 설치 확장 및 유연성을 고려하여 통신을 이용하여 연결될 수도 있다. 한 가지 기능은 하나의 하드웨어에서 구현됨을 원칙으로 하나, 네트워크 구성 형태 및 신뢰도를 고려하여 중복으로 구성할 수도 있다. 그림 5.21은 통합관리시스템의 기본 구성도를 도시하고 있다.



그림 5.21 통합관리시스템의 기본 구성도

시스템의 기본적인 요구성능으로는 개방형 시스템(타 시스템과의 접속성이 용이해야 함)이어야 하며, 관리포인트가 소규모(수백 포인트)에서 대규모(수만 포인트)까지 대응할 수 있어야 하고, 최소의 데이터 수집주기(10초~20초, 1분 등)에서 다점의 데이터를 수집할 수 있어야 한다. 또한, 자유롭게 사용할 수 있는 분석 및 진단 표준패키지를 조합시킬 수 있어야 하며, 데이터베이스는 10년 정도의 장기 데이터를 저장할 수 있어야 하고, 엑셀(excel) 등으로의 데이터 추출을 간단하게 할 수 있어야 한다. 클라이언트 서버 구성이 가능한 시스템으로 클라이언트 수의 증가 및 웹 클라이언트에도 대응할 수 있어야 하며, 유저 측면에서 용이하게 기능추가, 갱신을 할 수 있는

EUC(End User Computing)을 실현할 수 있어야 한다. 그림 5.22는 시스템의 기본 구성도를 보여주고 있다.

시스템 설계 시의 주요 고려 사항 및 제한 사항으로 사용자의 종류와 사용자별 권한, 기능 요구사항, 필요 측정 정보 및 특성(수집 주기 등), 필요한 측정 데이터의 안정적 확보, 측정 포인트 및 특성의 추가, 삭제, 변경의 용이성, 예외 상황 발생 시(정전, 통신 두절 등)에서의 데이터의 신뢰성 등을 검토해야 한다. 네트워크 구성 및 통신 측면에서는 원거리 네트워크 전후에 DB를 이중화하여 데이터 수집, 관리의 안정성 확보, DB 연동(SQL over TCP/IP), TCP/IP 등의 범용 통신 방식 채택, 사용자에게 제시할 보고서 등의 복잡한 형식의 자료는 XML 기반으로 전송, 원격 접속 유연성 확보를 위하여 HTTP 지원여부 등을 검토해야 한다.

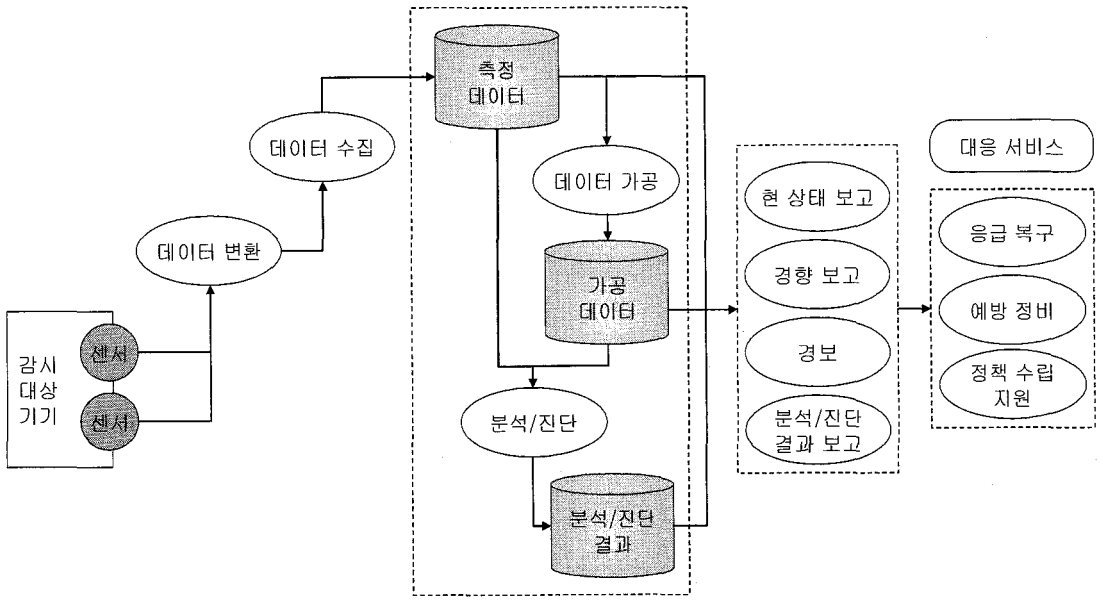


그림 5.22 시스템의 기본 구성도

그림 5.23은 통합관리시스템의 개념도를 보여주고 있다. 단위건물에서 기존 BAS 데이터수집서버와 각 기기의 센서로부터 DDC를 통해 데이터를 수집하고, 이를 내부망 또는 인터넷이나 VPN을 통해 관제센터의 LAN으로 연결된 각 서버로 전송된다. 그리고 관제센터에서의 결과물은 인터넷을 통해서 국가단위센터로 전송되고 무선통신망으로 수리·점검요원에게 전송되는 구조이다. 관리 및 관제센터에서는 건물단으로부터 수집된 각 종 데이터를 가공하여 분석 및 진단하고, 그 결과를 전문기술자 또는 정책결정자, 서비스 이용자에게 공급한다.

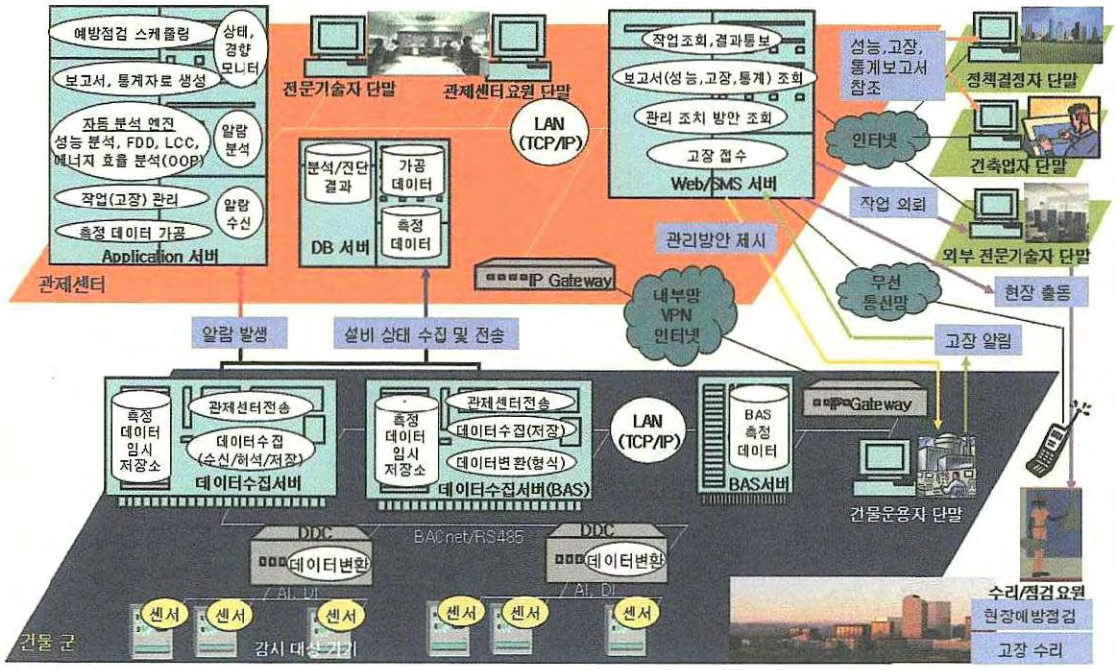


그림 5.23 통합관리시스템의 개념도

2. 시스템 구성 요소

가. 데이터 수집 단계

데이터 수집 단계는 감시 대상 기기에 설치되어 있는 센서로부터 측정 데이터를 수집하여 DB에 저장하는 단계로, 감시 대상 기기로부터 측정 데이터 DB까지로 구성된다. 감시 대상 기기는 감시하고자 하는 장비로써, 공조기, 보일러, 냉동기 등이 해당된다. 센서는 감시 대상 기기에 부착되어 감시 대상 기기의 상태를 측정하고 외부로 출력하는 장비로서, 측정 대상은 온도, 유량, 압력, 전류 등이 해당된다. 출력형태는 AO(Analog Output: 4~20mA, 1~5V, pulse 등) 및 DO(Digital Output: 스위치 개폐 상태 등)가 있다. 기타 Digital 신호 출력(시리얼 통신: RS232/422/485 등, TCP/IP 등)이 있다.

데이터 변환은 센서에서 나오는 신호를 우리가 원하는 형태의 디지털 통신 신호로 변환하는 것을 말하며, 일부 센서의 경우에는 데이터 변환 기능이 내장(예, DDC: Direct Digital Control, RTU: Remote Terminal Unit 등)되어 있을 수도 있다. 데이터 수집단계에서는 디지털로 변환되어 전송되는 신호를 수신하여 DB(측정 데이터)에 저장하고, 저장 주기와 방법을 다양하게 적용할 수 있다. 일부 장비의 경우에는 데이

터 변환 기능과 데이터 수집 기능이 한 기기에 내장되어 있을 수도 있고, 센서, 데이터 변환, 데이터 수집 기능이 한 기기에 들어 있는 측정 시스템이 있을 수도 있다(예, pSCADA). 측정 데이터 DB는 센서에서 측정된 데이터를 저장하는 DB로서, 대부분의 경우 원격(다른 컴퓨터에서) 접근이 가능하다.

나. 데이터 분석 단계

데이터 분석 단계는 수집된 측정 데이터를 가공, 분석, 진단하는 단계로, 측정데이터 DB에서부터, 가공 데이터 DB, 분석/진단 결과 DB까지로 구성된다. 각 DB는 물리적으로 하나의 기기(서버)에 위치할 수도 있고, 다른 서버에 위치할 수도 있으며, 엄밀하게는 각각의 DB가 아니라, 하나의 DB내에 각기 다른 표(table)로 존재할 수도 있다. 또한, 각 DB는 네트워크 구성과 신뢰도를 고려하여 중복 구성될 수도 있다. 측정 데이터 DB는 센서에서 측정된 데이터를 저장하는 DB로서, 대부분의 경우 원격(다른 컴퓨터에서) 접근이 가능하며, 데이터 가공 및 분석의 기본 정보로 사용된다. 또한, 수치, 표, 그래프의 형태로 직접적으로 운영자에게 보여 질 수 있다.

데이터 가공이란 측정 데이터를 가공하여 좀 더 의미 있는 데이터를 만드는 작업으로, 평균 계산 등의 통계 처리, 변화 양상(기울기 등) 추출, 주파수 별 크기 계산, 잡음 제거 등의 업무를 수행한다. 가공된 데이터는 가공 데이터 DB에 저장된다. 가공 데이터 DB란 측정 데이터로부터 가공되어 생성된 데이터가 저장되는 DB로서, 대부분의 경우 원격 접근이 가능하며, 평균 계산 등의 통계 처리, 변화 양상(기울기 등) 추출, 주파수 별 크기 계산, 잡음 제거 등의 결과 데이터가 저장된다. 이 DB는 데이터 분석 및 진단의 기본 정보로 사용되며, 수치, 표, 그래프의 형태로 직접적으로 운영자에게 보여 질 수 있다.

분석 및 진단이란 측정 데이터 및 가공 데이터를 기반으로 기기의 상태를 분석, 진단하는 작업으로, 이상 상태 시 경보 발생, 이상 징후 판단(FDD), 유지관리 정보 생성(성능 분석, LCC 분석, 에너지 사용량 분석) 등의 업무를 수행한다. 분석 결과는 분석 및 진단 결과 DB에 저장된다. 분석 및 진단 결과 DB는 분석/진단 결과가 저장되는 DB로써, 앞의 경우와 마찬가지로 대부분의 경우 원격 접근이 가능하며, 이상 경보, 이상 징후, 유지관리 정보 등의 데이터가 저장되며, 수치, 표, 그래프의 형태로 직접적으로 운영자에게 보여 질 수 있다. 대응 서비스 수행을 위한 자료로 활용된다.

다. 서비스 제공 단계

대응 서비스 제공 단계는 수집, 분석한 데이터를 이용하여 각 상황에 대응되는 서비스를 제공하는 단계이다. 크게 축적된 데이터를 단순히 수치, 표, 그래프 등으로 보고하는 기능과 판단된 상황에 대응하는 서비스를 제공하는 형태로 분류된다. 제공되는 서비스는 온라인 서비스, 오프라인 서비스 및 온라인・오프라인 서비스가 복합된 형태의 서비스가 있을 수 있다. 현 상태 보고에서는 현재의 기기 상태를 표시하며, 측정 데이터와 가공 데이터를 수치, 표, 그래프 등으로 나타낸다. 분석 및 진단 결과 보고에서는 기기에 대한 분석 및 진단 결과(성능 분석, FDD, LCC, 에너지 사용량 분석 결과 등)를 표시하며, 예방 정비 서비스 등과 연계될 수 있다. 응급 복구 기능에서는 이상 상태 검출 및 이상 징후 발견 시에 기기에 대한 응급 복구 서비스를 제공하며, "경보" 기능과 연계될 수 있다. 온라인 응급 복구 기능과 오프라인 응급 복구 기능으로 구성된다. 응급 복구 지침을 제공할 수 있다. 예방 정비 기능에서는 기기에 대한 분석 및 진단 결과를 토대로 예방 정비에 필요한 데이터를 제공한다. 온라인기능과 오프라인 기능으로 구성될 수 있다. 예방 정비 지침을 제공할 수 있다. 정책 수립 지원 기능에서는 기기에 대한 분석 및 진단 결과를 토대로 정책 수립에 필요한 데이터를 제공한다.

3. 시스템 구조

가. 소프트웨어 구조(통신 프로토콜 부문)

데이터 수집, 분석/진단, 운영자가 사용하는 사용자 인터페이스의 세 가지 기능 그룹으로 구분하며, 각 기능 그룹과 기능 그룹 사이에서 사용하는 통신 프로토콜을 정의하며, 필요 시 각 기능 그룹 내부에서 사용되는 통신 프로토콜을 정의한다. BAS에서는 데이터 수집 그룹 내부에서 사용되는 네트워크를 콘트롤 네트워크라고 부르기도 한다. 데이터 수집 기능 그룹과 분석/진단 기능 그룹 사이의 통신 프로토콜로는 TCP/IP 기반의 원격 DB 접속 방법(SQL: Structured Query Language)을 사용한다. 이 방식을 사용하는 경우, 통신 효율은 조금 떨어지나 통신 신뢰도가 높아서, 데이터 전송량이 많지 않으나 데이터 손실, 왜곡이 일어나서는 안 되는 데이터 전송 시 우수한 성능을 보여줄 수 있다. 또한 개발도 용이하다.

분석/진단 기능 그룹과 사용자 인터페이스 기능 그룹 사이의 통신 프로토콜로는 HTTP와 TCP/IP 기반 소켓 통신을 이용한다. HTTP는 일반적인 웹 기반 어플리케이션에서 주로 사용하는 프로토콜로 사용자의 접근성이 좋고 개발이 용이하다. 그러나 실시간 데이터 처리 등에 약간의 약점을 지니고 있다. 이러한 약점 부분은

TCP/IP 기반 소켓 통신을 사용하여 보완한다. 개발은 조금 더 어려우나 실시간 처리, 화면 구성 등에 강점을 지니고 있다. 데이터 수집 기능 그룹은 크게 신규 센서 설치의 경우와 기존 시스템(BAS, FMS 등)과 연동하는 경우로 나눌 수 있다. 신규 센서 설치의 경우에는 국제 표준인 BACnet 방식을 채택하여 호환성을 높인다. BACnet은 장비 감시·제어에 특화된 표준화 프로토콜로 본 시스템이 추구하는 용도에 적합한 프로토콜이며, 현재 상당수의 시스템에 적용되어 있는 장점이 있다. 기존 시스템과 연동의 경우에는, 기존 시스템 내부에 DB가 존재하는 것에 착안하여, TCP/IP 기반의 원격 DB 접속 방법(SQL)을 사용한다. 그림 5.24는 소프트웨어 구조도(통신 프로토콜 부문)를 보여주고 있다.

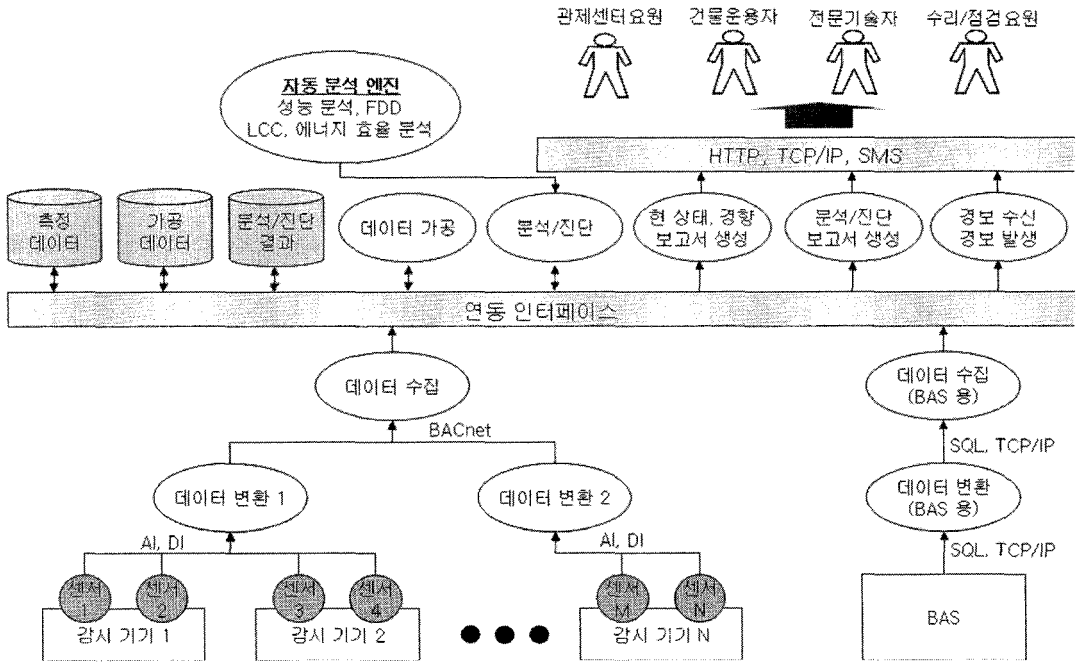


그림 5.24 소프트웨어 구조도(통신 프로토콜 부문)

나. 하드웨어 및 네트워크 구성

하드웨어 구성의 원칙은 한 기능은 하나의 전용 하드웨어 또는 하나의 범용 하드웨어에 설치되는 하나의 소프트웨어 모듈로 구성한다는 것이다. 필요에 따라서 일부 기능은 하나의 범용 하드웨어 내에 여러 기능이 동시에 존재할 수도 있다. 이 때 각 기능은 별도의 소프트웨어로 이루어질 수도 있고, 또는 한 소프트웨어 내의 별도의 모듈로 이루어질 수도 있다. 각 기능은 네트워크 상황 등의 필요에 따라서 이중화될 수

있다. 물리적인 위치는 관리 대상 건물과 관리 센터로 나누어진다. 데이터 수집, 분석/진단, 사용자 인터페이스의 세 가지 큰 기능 그룹을 고려할 때 대체적으로, 데이터 수집은 관리 대상 건물에서, 분석/진단은 관리 센터에서 이루어지며, 사용자 인터페이스는 관리 센터에서 근무하는 운영요원과 관리 대상 건물의 운영요원 모두에게 제공될 수 있다. 네트워크 구성은 관리 대상 건물과 관리 센터 사이의 네트워크와, 관리 대상 건물 내부의 네트워크, 관리 센터 내부의 네트워크로 구분된다. 관리 대상 건물의 네트워크는 TCP/IP 기반의 내부 LAN으로 구성될 수 있다. 이 때 BACnet 통신의 물리적인 통신 방법은 RS485 방식을 사용할 수 있다.

관리 대상 건물과 관리 센터 사이의 네트워크는 비용 절감을 위하여 인터넷을 사용할 수 있고, 이 때 발생할 수 있는 보안의 문제를 고려하여 VPN(Virtual Private Network)을 이용한 별도의 독립된 내부망으로 구성할 수 있다. 한 건물에 감시점이 1000개, 각 감시점에서 측정되는 데이터의 수가 1초당 1개, 1회 측정 데이터의 수를 10byte로 가정하면, 측정되는 데이터 크기는 초당 10kByte 이다. 따라서 이 측정 데이터를 전송하기 위한 통신 속도는 80kbps(bit per second) 이다. 여러 가지 다른 기능과 통신 안정성을 위한 여유를 고려하더라도 ADSL 속도인 1Mbps 정도면 충분할 것으로 생각된다. 관리 센터 내부의 네트워크는 TCP/IP 기반의 내부 LAN으로 구성할 수 있다. 그림 5.25는 하드웨어-네트워크 구성도를 보여주고 있다.

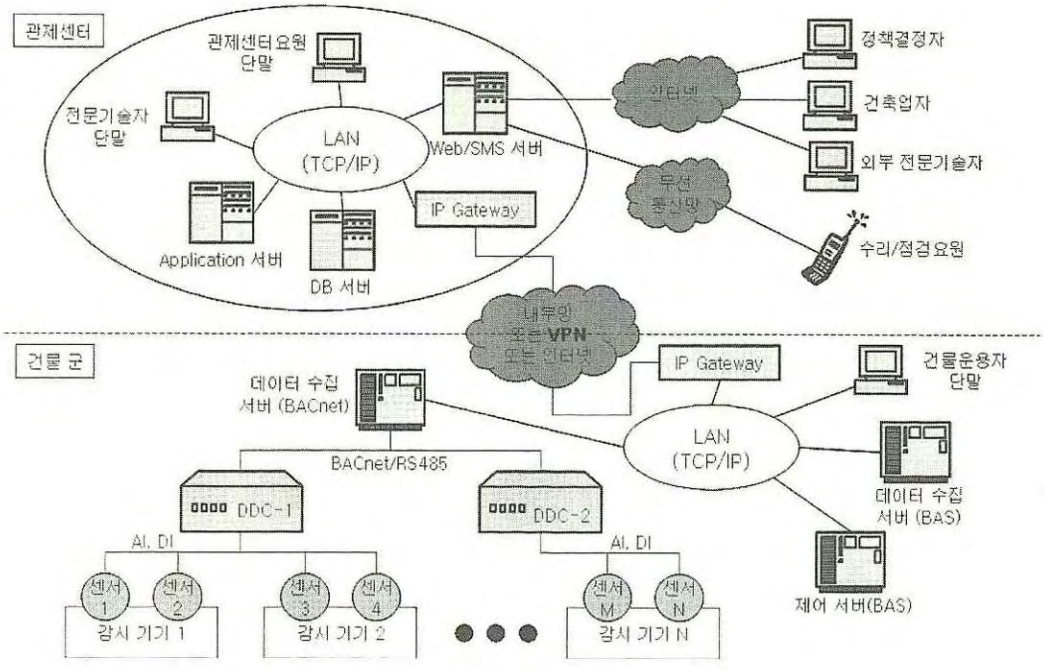


그림 5.25 하드웨어 및 네트워크 구성도

다. 하드웨어-기능 구성

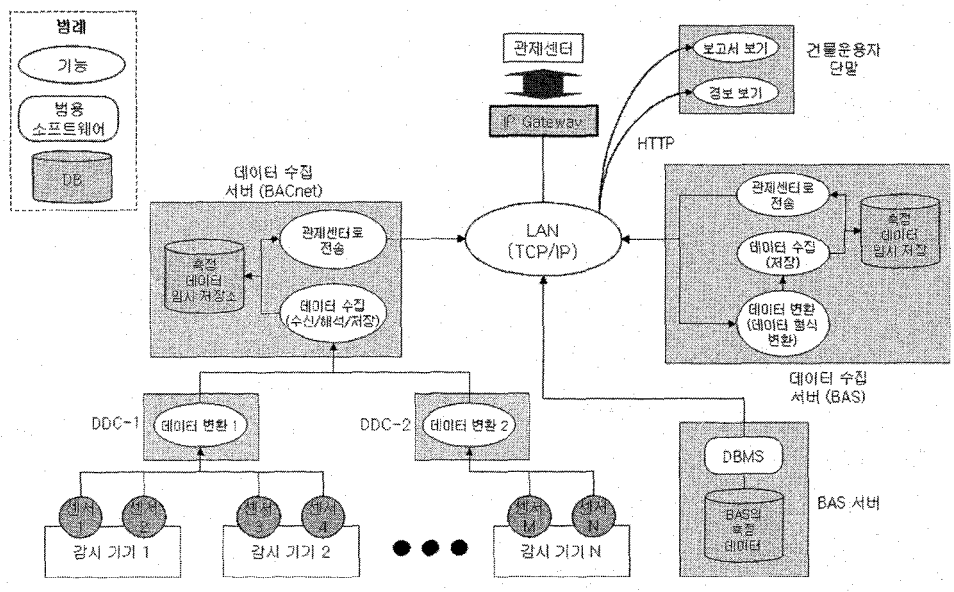
데이터 수집 단계는 크게 센서를 새로 설치하는 경우와 기존의 시스템과 연동하는 경우를 고려하였다. 일반적인 시스템 구축에 있어서는 먼저 기존 BAS 또는 FMS의 데이터를 BAS/FMS의 DB에 연결하여 가져오고, 필요한 정보이지만 기존 시스템에 없는 경우, 기존 시스템의 정보를 이용하여 가공하거나, 신규 센서 및 DDC를 설치하여 데이터를 확보한다. 센서를 새로 설치하는 경우에는 BACnet 기반 시스템을 구성하였다. 감시 대상 기기에 설치된 센서에서 나오는 아날로그, 또는 디지털 신호는 DDC에서 BACnet 기반 디지털 통신 신호로 변환된다. 즉 DDC에서 데이터 변환 기능이 수행된다. 데이터 수집 기능은 데이터 수집 서버(BACnet)에서 이루어진다. 데이터 수집 기능을 좀 더 살펴보면 DDC로부터 수신되는 BACnet 기반 측정 데이터를 수신하여 측정 데이터 임시 저장소에 저장하는 기능과 관리 센터로 송신하는 기능으로 구성된다. 관리 센터로의 전송은 내부 LAN과 외부 네트워크를 통해 이루어진다. 기존 시스템과 연동하는 경우에는 DB 연동 방식을 사용할 수 있다. 기존의 BAS의 측정 데이터 DB에 있는 데이터는 데이터 수집 서버(BAS)로 전송된다. 이 때 데이터 전송은 데이터 수집 서버에서 BAS의 측정 데이터 DB에 원격으로 접속하여 가져가는 형태로 이루어질 수 있다. 이 때 BAS의 DB를 관리해주는 DBMS 소프트웨어는 원격 접속을 지원하여야 한다. 데이터 수집 기능은 데이터 수집 서버(BAS)에서 이루어진다. 좀 더 상세히 살펴보면, BAS의 DB에 접속하여 데이터를 가져오고 원하는 형태로 변환하는 기능, 측정 데이터 임시 저장소에 저장하는 기능, 관리 센터로 전송하는 기능이 있다. 이 기능은 순차적으로 이루어지게 된다.

원거리 네트워크, 즉 관리 센터와 관리 대상 건물 사이의 네트워크에서 일어날 수 있는 통신 장애 등을 고려하여, 측정 데이터 DB를 원거리 네트워크 전후에 이중화하여 데이터 수집 신뢰도를 높인 것을 알 수 있다. 즉 관리 대상 건물의 측정 데이터 임시 저장소와 관리 센터 DB 서버의 측정 데이터 DB로 이중화되었다. 관리 센터의 기능에 대한 하드웨어에의 배치는 크게 분석/진단 기능은 메인 서버에, 데이터 저장은 DB 서버에, 사용자 인터페이스 생성은 웹 서버에서 이루어질 수 있다. 이러한 구성은 데이터, 처리, 사용자 인터페이스를 분리하는 구조로 통상적으로 많이 구축되고 있으며, MVC(Model View Controller) 형태의 디자인 패턴과 유사성이 있다.

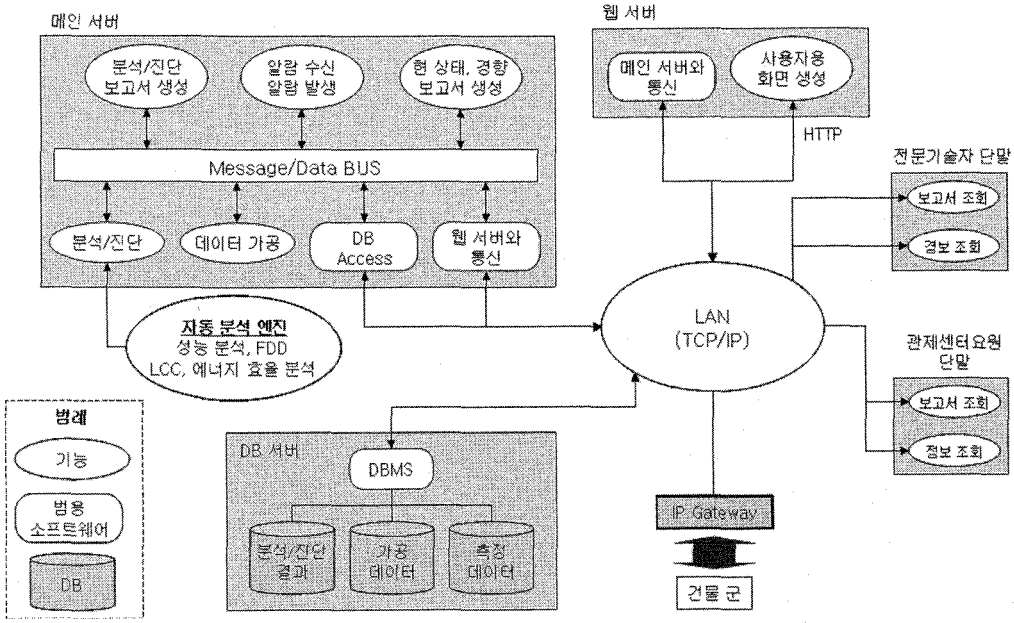
DB 서버는 본 시스템의 모든 종류의 데이터가 저장되는 장소로 원격 접근제어가 가능한 DBMS가 설치되어야 한다. 데이터 손실 방지 등을 위하여 이중화될 수 있다. 메인 서버는 분석/진단 기능을 주로 수행하며, DB 서버와는 DB 원격 접속을 통해 연결되고, 사용자 인터페이스와의 연동을 위하여 웹 서버와 통신 기능이 있다. 메인 서

버 내부에 위치하는 기능들은 별도의 소프트웨어 또는 소프트웨어 모듈 형태로 존재하며, 각 모듈들은 memory/data BUS를 이용하여 연결될 수 있다. 데이터의 흐름을 추적해보면 먼저 각 관리 대상 건물에서 전송되어 온 데이터는 1차적으로 DB 서버의 측정 데이터 DB에 저장된다. 측정 데이터는 DB 접근을 통해서 메인 서버로 전송되고 메인 서버에서 측정 데이터를 이용하여 데이터 가공이 이루어진다. 이렇게 가공된 데이터는 다시 DB 서버의 가공 데이터 DB에 저장된다. 측정 데이터와 가공 데이터는 다시 메인 서버에서 불러 읽어 들이고, 분석/진단이 수행된다. 분석/진단 기능으로는 성능 분석, FDD(Fault Detection Diagnosis), LCC(Life Cycle Cost) 분석 등의 전문적인 분석 기능도 있을 수 있다. 분석/진단 결과는 분석/진단 결과 DB에 저장된다. 분석/진단 결과는 크게 경보와 관련 데이터의 두 종류로 나눌 수 있다. 경보 발생 시에는 사용자 인터페이스를 통해 경보 발생 상황이 운영요원에게 전달된다.

사용자에게 전달되는 보고서는 크게, 현 상태와 경향에 대한 보고서와 분석/진단 결과에 대한 보고서가 있을 수 있다. 이러한 보고서는 측정 데이터, 가공 데이터, 분석/진단 결과를 이용하여 생성된다. 운영요원에게 제공되는 경보 및 각종 보고서는 메인 서버에서 그 내용이 생성되며, 이 생성된 내용은 웹 서버로 전송되고 웹 서버에서 적합한 사용자 화면을 생성하여 운영요원에게 제공한다. 각종 보고서 및 경보는 웹, 즉 Explorer, Netscape 등의 웹 브라우저에서 볼 수 있도록 생성된다. 센터 운영요원, 전문가, 관리 대상 건물의 현장 운영요원은 웹 브라우저를 이용하여 웹 서버에 접속하여 경보 및 각종 보고서를 볼 수 있다. 그림 5.26은 하드웨어-기능 구성도를 보여주고 있다.



(a) 소프트웨어 구조도(건물군)



(b) 소프트웨어 구조도(관제센터)

그림 5.26 하드웨어-기능 구성도

4. 시스템의 주요 기능

통합관리시스템의 기능은 크게 지역단위 센터에서의 기능과 국가단위에서의 기능으로 분류할 수 있다. 이중 지역단위에서는 단위건물로부터 기능별 필요 데이터를 전송받아 가공 및 분석하여 건물로 설비의 운전 및 관리를 지원하고, 국가단위센터로는 에너지 사용현황 및 유지관리에 대한 통계분석자료와 관련 데이터베이스를 전송하여 정부정책에 반영한다. 또한 이러한 자료는 건축설비 설계자에게 제공되어 장비 및 시스템 설계지원 자료로 활용할 수 있다. 통합관리시스템의 기능을 설정하기에 앞서 기존 건물에서의 시설관리 업무내역을 분석하였다. 표 5.6은 대형건물에서의 시설관리 업무내역을 보여주고 있다.

지역관리센터에서의 주 기능은 감시 및 경보, 진단 및 분석, 실행으로 분류하고, 각 기능을 수행하기 위한 세부시스템을 개발 및 연동하였다. 먼저 감시 및 경보 기능을 위해서 적용한 온라인상태감시시스템은 운전상태 감시를 통한 실내 환경 개선과 안전도모를 목적으로 설비의 실시간 운전상태 및 실내 환경감시, 위험요소에 대한 알람을 수행한다. 둘째, 진단 및 분석 기능에서는 유지관리 비용분석시스템에는 LCCA 시스템, 고장에는 FDD 시스템, 에너지소비 관련은 EMS, 운전지원에는 최적운전제어 시스템을 각각 적용하였다. 성능을 진단하고 분석하는 LCCA 시스템은 주로 열원기

기를 대상으로 장비사용에 따른 성능저하 또는 보수·수선에 따른 성능향상을 분석하여 장비교체 및 보수시기를 판단하고, 유지관리 비용 항목별 분석을 통해 문제 발생시 원인 분석에 활용한다. 고장진단 관련 FDD 시스템은 각 설비의 종류에 따른 FDD 알고리즘을 개발하여 장비로부터 전송된 운전데이터를 통해 고장을 미리 예측함으로써 예지보전를 수행한다. 설비운전에 사용되는 EMS는 전반적인 건물연면적 대비 에너지사용량 분석과 부분별 패턴분석을 통해 에너지가 많이 소모되는 부분을 찾아 정밀진단에 활용하고, 최대 전력피크치 제어를 통해 최대 전력수요를 조절할 수도 있다. 최적운전제어시스템은 일정기간 동안의 운전데이터를 분석하여 최적운전제어 방법을 컨설팅하는 기능이다. 지역관리센터에서의 최종기능인 실행은 감시와 진단, 분석 결과를 가지고 유지관리비용 절감을 위한 관리·보수업무를 지원해주는 시스템이다. 관리지원시스템으로는 기존의 자산관리프로그램인 FMS을 적용하였고, 신속한 보수와 품질향상을 위해 현장에 지원 가능한 보수지원시스템을 구축하였다.

이상과 같은 통합관리시스템의 주요 기능 및 목적을 표 5.7에 정리하였으며, 표 5.8는 통합관리시스템의 사용자 정의를 나타내고 있다. 그림 5.27은 통합관리시스템의 서비스 개념도를 보여주고 있다.

표 5.6 대형건물에서의 시설관리 업무내역(자료 : 우정복지협력회)

업무 구분	주요 업무 내용	업무비율 (1년 기준)
시설관리업무 (전기, 기계, 소방, 기타)	- 냉난방 설비/전기설비 운전 및 가동상태 감시 - 시설물 일간, 주간, 월간 점검 및 서류작성 - 지시사항 조치 및 조치내용 기록관리 - 건물 내 순회점검 - 방재센터 감시 근무	50%
유지보수업무	- 주기별 장비 유지보수관리 계획표 작성 - 시설물 일간, 주간, 월간 점검 및 서류 작성 - 외주업체 관리	30%
A/S 업무	- 고장신고 접수 및 처리 - 건물 내 긴급업무 지원	10%
문서/대관업무	- 시설물 일지 작성 - 유지보수 계획표 작성 - 시설물 관리운영자료 작성 - 기타 문서작업	9%
기타	- 기타	1%

표 5.7 통합관리시스템의 주요 기능 및 목적

구 분		주요기능	목 적	도 구	세부목적
지역단위	감시 및 경보	운전상태 및 실내환경 감시	운전상태 확인, 실내 환경 개선	온라인상태 감시시스템	각 설비별 On/Off 접점을 통해 운전상태 감시 / 실내 온도, 습도, CO2 점검을 통한 실내환경감시
		위험요소 알림	안전도모	온라인 위험 경보시스템	설비별 이상상태에 대한 위험 알림 / 물탱크, 배수탱크의 수위 경보로 물넘침 방지 / 연감지기에 의한 화재 알림경보
	진단 및 분석	성능진단 및 분석	운전비 절감	생애주기 분석시스템 (LCCAS)	최적경제수명 도출을 통한 장비별 교체시기 결정 / 성능효율분석을 통한 보수, 수선시기 결정 / 개수(리모델링)시의 설계자료로 제시 / 건물 부분별 유지관리비용분석을 통해 원인분석
		고장진단 및 분석	보수비용 절감	고장검출 및 진단 분석 시스템 (FDDS)	고장을 사전에 예측함으로써 사후보전에 따른 손실과 에너지 낭비를 막음
		에너지 소비량 분석	에너지 소비량 절감	에너지관리 시스템 (EMS)	건물 연면적 대비 전체 에너지소비량 및 부분별 소비율을 비교하여 문제시 정밀진단 권고 / 최대 전력수요를 조절함으로서 전력 피크치 제어
		운전 지원	운전비 절감, 실내 환경 개선	최적운전 제어 지원시스템	일정기간 동안의 운전데이터를 분석하여 최적운전제어방법을 컨설팅 / 최적운전제어를 통해 설비의 적은 운전비 사용으로 보다 쾌적한 실내 환경 구축
	실행	관리 지원	관리비용 감소	시설관리 시스템 (FMS)	작업관리를 통해 보수, 교체 등 작업이력 제공 / 자재관리를 통해 작업시 필요 자재 공급 / 도면관리를 통해 고장 또는 이상발생시 위치정보 제공
		보수 지원	신속한 보수 및 품질향상 도모	보수 지원시스템	SMS 기능, 출동기능, A/S 업체 관리기능, 교육
국가단위	정보서비스	DB 구축 및 통계·분석	장비 및 시스템 설계지원, 정부 정책지원	설비유지 관리 통계서비스 (FMSRS)	국내 전반적인 건물 유지관리 비용 통계·분석 및 DB 구축 / 장비 및 시스템 설계 시 정보지원, 정부 정책지원 / 건물유지관리현황 문제점에 관해 피드백

표 5.8 통합관리시스템의 사용자 정의

구분	정의
관제센터요원	관제센터에서 여러 건물의 설비 상태를 감시하고 유지보수에 필요한 작업을 관리하는 운영자
전문기술자	설비별 또는 설비분야별로 보다 전문적인 기술과 지식을 가지고 고장을 진단하거나 분석하는데 참여하는 기술자로 관제센터에 상주할 수도 있고 외부업체에 근무하는 기술자일 수도 있다.
건물운영자	건물 내에 상주하면서 설비들의 운용을 감시, 단순 점검, 조치하는 운영자
건물관리자	건물 내 설비의 교체나 변경 등 유지관리 상에 의사결정의 책임이 있는 건물소유주와 같은 의사결정자
정책결정자	건설분야의 정책을 결정하는 중앙 또는 지자체 행정 관료로서 건물이나 설비에 대한 보고서나 통계자료를 참조하는 권한만 갖는다.
수리요원	설비를 수리하는 기술자로 관제센터 내에서 직접 관리할 수도 있고 외부업체의 기술자일 수도 있다
점검요원	설비의 예방점검을 전문적으로 담당하는 기술자로 관제센터 내에서 직접 관리할 수도 있다. 외부업체의 기술자일 수도 있다

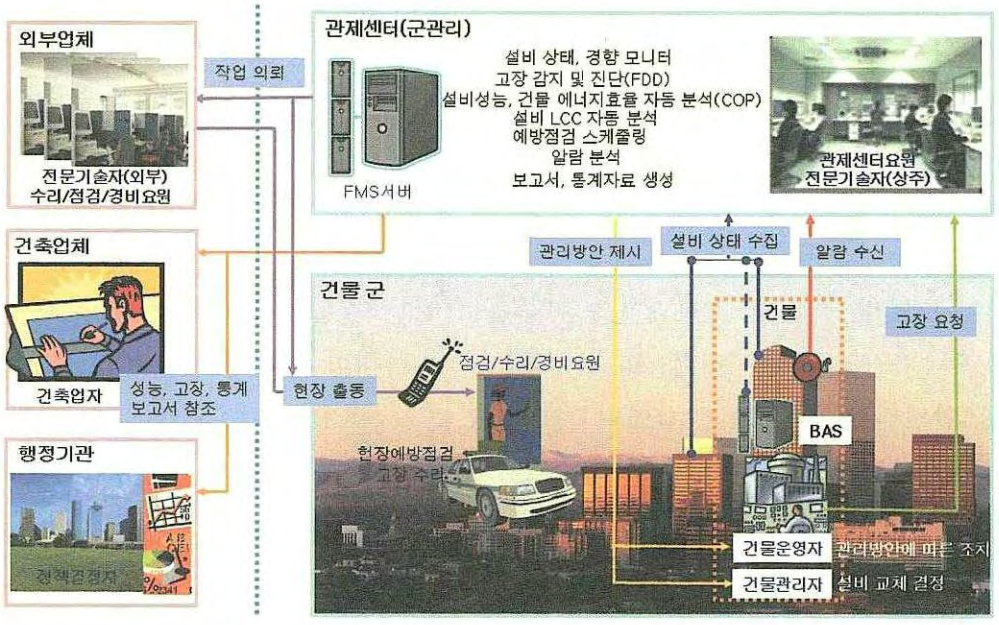


그림 5.27 통합관리시스템의 서비스 개념도

통합형 온라인 유지관리시스템에서는 기존의 FMS 기능 외에 기기별 성능분석, FDD 기능 등의 다양한 추가기능을 통해 공조시스템에 대한 종합적인 유지관리체계를 구축할 수 있다. 최근 도입되고 있는 시설관리시스템에서는 도면관리, 자재관리, 인력관리, 알람경보, SMS 기능 등을 수행할 수 있으며, 에너지관리시스템에서는 단위기기별 성능분석, 에너지소비 원단위 관리, 에너지사용량 경향 분석 등의 기능을 수행할 수 있다. 고장검출 및 진단시스템에서는 시스템 및 요소기기에 대한 고장검출 및 세부 알고리즘 적용을 통한 진단을 수행할 수 있으며, 최적운전제어시스템에서는 보일러 및 냉동기 등에 대한 부하를 고려한 최적운전제어 방법을 각 건물의 자동제어시스템에 제공할 수 있다. 또한, 생애주기비용분석시스템에서는 단위 기기 및 시스템의 개보수, 리모델링에 활용할 수 있으며, 단위기기별 내구연한 등을 관리할 수 있다. 이러한 각 시스템에서 얻어지는 데이터는 저장되고, 관리되어 데이터 통계 및 분석을 통해 관련업체 등에 제공되어 관련 분야의 기술발전을 유도할 수 있다.

한편, 통합군관리시스템은 크게 지역단위시스템과 국가단위시스템으로 구분 할 수 있으며, 지역단위시스템에서는 지역별로 통합관제센터 및 서비스지사 등으로 구성된다. 건물에서 수집된 데이터는 실시간 또는 비실시간으로 원격지에 있는 지역통합센터로 수집 및 저장되고, 이러한 데이터는 분석시스템 및 전문가에 의하여 분석되어져 각 설비의 운전 및 유지관리 활동에 사용되어 진다. 국가단위시스템에서의 주 기능은 정보서비스이다. 지역관리시스템에서 제공하는 데이터베이스 및 통계분석자료를 통해 지역별, 건물용도별, 계절별 에너지소비량, 유지관리비용 등의 경제적 영향 및 관련 문제점을 분석할 수 있고, 이 결과를 통해 문제되는 지역에는 해결방안을 지원한다. 또한 이러한 각 통계자료는 관련 분야에 제공되어 설비시스템 설계, 관련 정부정책 수립 등 필요기관에 참고자료로 제공하는 기능을 가질 수 있다.

또한, 통계처리 기능에 의해 다른 시설의 에너지 소비량과의 비교, 전년대비 비교 등에 의해, 에너지 소비패턴을 분석하여 해당 건물의 에너지소비 수준을 가늠하고, 에너지절약을 우선해야 할 설비부문을 찾아내어 개선할 수 있다. 그림 5.28은 건물 연면적 및 용도별 일차에너지 사용량 분석 예시를 보여주고 있다.

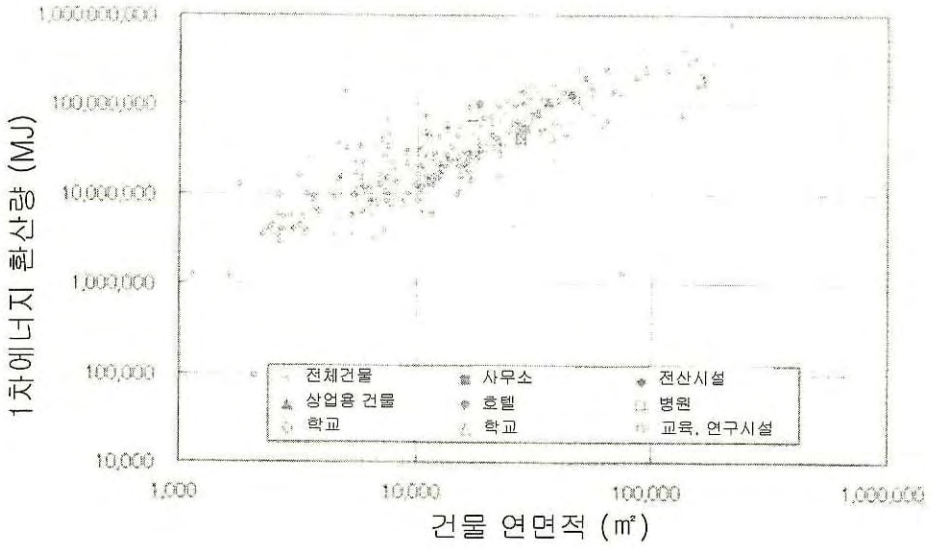


그림 5.28 건물 연면적 및 용도별 일차에너지 사용량 분석 예시

5. 데이터 수집 방안

통합관리시스템의 서비스를 수행하기 위해서는 무엇보다 필요한 데이터 수집이 중요하다. 각 시스템의 효율적 기능수행이 건물단위로부터 제공되는 데이터의 종류 및 전송 신뢰성 등이 얼마나 우수하느냐에 달려있기 때문이다. 통합관리시스템의 기본적인 서비스를 제공하기 위해서는 건물에 필히 구축되는 자동제어시스템의 데이터를 가장 많이 활용하므로 자동제어시스템에 대한 관제점 분석이 선행되어야 한다. 자동제어 전문업체 2곳을 대상으로 총 11개 건물에 대한 관제점을 분석하였다. 이 때 대상설비는 냉동기, 빙축열시스템, 냉각탑, 보일러, 공기조화기, 펌프로 하였다. 건물별 관제점 일람은 부록 A에 나타내었다. 건물별 기기별 관제점을 분석한 결과, 두 업체 모두 기기별로 유사한 관제점을 가지고 있었다.

통합관리시스템에서는 건물자동제어시스템에서 제공하는 장비별 상태감시, 운전데이터 등의 사항은 시스템 인터페이스를 통해 수집하고, 관리지원에 필요한 건물, 자재, 인력, 도면, 작업이력 등의 정보는 FMS 시스템과 연계하여 활용하도록 하였다. 기존 시스템에서 활용할 수 없는 추가 설비정보는 장비에 센서를 부착하여 데이터변환기를 통해 수집할 수 있다. 표 5.9는 기기별 성능계산식 및 성능분석을 위하여 필요한 측정데이터의 종류를 보여주고 있으며 표 5.10은 시스템별 필요센서 및 정보를 보여주고 있다.

표 5.9 기기별 성능계산식 및 성능분석을 위하여 필요한 측정데이터의 종류

기기	성능 계산식	측정데이터의 종류
보일러	$\eta = \frac{G_W\{X(h'' - t_W) + (1-X)\times(h' - t_W)\}}{(G_O \times Hh)} \times 100(\%)$ $X = [\{0.46\times(t_1 - 99.09) + 638.81 - h'\}/\gamma] \times 100(\%)$ $L_f = \frac{W_2}{W_m} \times 100$ G_W : 급수유량(㎥/min) / t_W : 급수온도(℃) G_O : 연료소비량(㎥/min) / X : 증기의 건도 h'' : 측정압력에서의 포화증기 엔탈피(kcal/kg) h' : 측정압력에서의 포화수 엔탈피(kcal/kg) Hh : 연료의 총발열량(kJ/kg) 0.46 : 과열증기의 평균 비열(kcal/kg℃) t_1 : 건도계 출구 증기 온도(℃) 99.09 : 1kgf/㎠(절대압) 포화증기 온도(℃) 638.81 : 출구측 포화증기 엔탈피(kcal/kg) γ : 측정압력에 대한 증발 잠열(kcal/kg, 압력은 절대압력) W_2 : 발생증기량(㎥/min) / W_m : 최대발생증기량(㎥/min)	급수유량 급수온도 포화증기온도 포화증기압력 연료소비량
전기 압축식 냉동기	$COP = \frac{Q_e}{W} = \frac{\dot{m}C_P(T_o - T_i)}{W}$ Q_e : 증발열량(kcal/h) W : 입력전력(kW) T_i : 냉수의 입구 온도(℃) T_o : 냉수의 출구 온도(℃) $\dot{m}$: 유량질량(kg/s) C_P : 물의 비열(kcal/kg℃)	냉수 입구온도 냉수 출구온도 냉수유량 고압반 전력량 기기측반 전력량 (제어회로) 보조기기 전력량 (냉수펌프, 냉각펌프, 냉각탑 팬, 냉각탑 전기히터 등의 전력량)
흡수식 냉동기	$COP = \frac{Q_e}{Q_g}$ $Q_e = G_e \times 1000 \times (T_{ei} - T_{eo})$ $Q_g = (H_g \times G_g) + W$ Q_e : 증발열량(kcal/h) Q_g : 고온재생기 가열열량(kcal/h) G_e : 냉수 유량(㎥/min) T_{ei} : 냉수 입구온도(℃) T_{eo} : 냉수 출구온도(℃) H_g : 연료의 저위발열량(kJ/kg) G_g : 연료 사용량(㎥/min) W : 소비전력(kWh)	냉수 입구온도 냉수 출구온도 냉수유량 연료 사용량 기기측반 전력량 (냉매펌프, 제어회로, 블로어 등의 전력량) 보조기기 전력량 (냉수펌프, 냉각펌프, 냉각탑 팬, 냉각탑 전기히터 등의 전력량)

(표 5.9 계속)

기기	성능 계산식	측정데이터의 종류
펌프	$\eta = \frac{0.163 \times \gamma QH}{L_S} \times 100$ γ : 유체의 비중량(kg/m^3) Q : 유체 출구 유량(m^3/min) H : 전양정(m) / L_s : 축동력(kW)	유체 출구유량 소비전력 토출압력 흡입압력
송풍기	$\eta = \frac{Q \times P_t}{6.120 \times L}$ Q : 풍량(m^3/min) P_t : 전압(mmAq) / L : 동력(kW)	풍량 전압 소비전력

표 5.10 시스템별 필요센서 및 정보

구 분	필요 센서 및 정보	데이터 제공 방법
온라인상태 감시시스템	각 기기별 On/Off 데이터 실내 온·습도, CO2 농도	BAS
온라인 위험 경보 시스템	보일러 : 응축소조 상·하한 경보, 이상경보	BAS
	AHU : 필터차압, 화재 경보	BAS
	냉동기 : 운전상태 이상경보	BAS
	물·배수탱크 : 수위 상·하한 경보	BAS
생애주기분석 시스템(LCCA)	비용정보(초기투자비, 유지관리비, 잔존가치비)	FMS
	금융정보, 성능저하곡선	입력
	에너지사용요금, 인건비, 보수·수선비	FMS
고장진단 전문가시스템 고장검출분석 시스템(FDD)	터보식 : 냉수 입·출구온도, 냉각수 입·출구온도, 베인 개도, 압축기 토출온도, 증발기 압력, 응축기 압력, 전류	BAS/ 추가센서
	흡수식 : 냉수 입·출구온도, 냉각수 입구온도, 응축온도, 저온재생기 온도, 고온재생기 온도, 배출가스 온도	BAS/ 추가센서
에너지관리 시스템(EMS)	보일러 : 가스미터, 오일미터	추가센서
	냉동기 : 기기전력량계, 열량계, 가스미터	추가센서
	펌프, AHU, 팬코일유닛 : 전력량계	추가센서
설비유지관리 통계서비스 (FMSRS)	에너지관리 : 건물별 원단위 정보, 건물정보(연면적, 용도, 건물위치), 건물별 부문 에너지사용량	지역관리 센터
	비용관리 : 건물별 유지관리비용원단위, 기기별 최적경제수명	지역관리 센터
	성능관리 : 기기별, 건물별 성능이력 자료	지역관리 센터

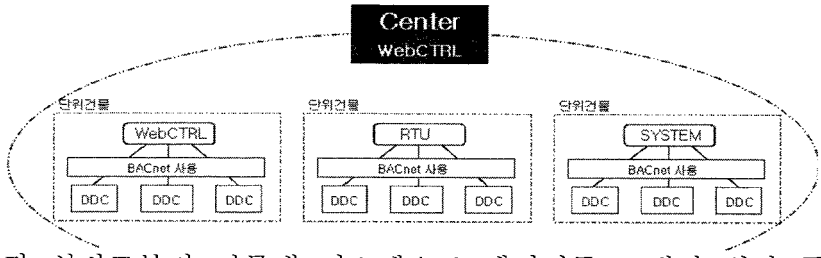
6. 시스템 통합(SI : System Integration) 방안

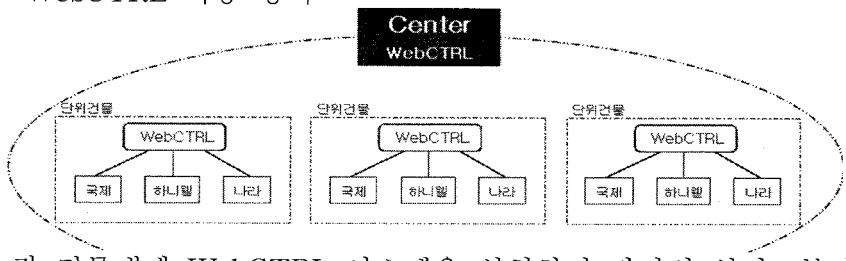
가. 시스템 통합 기본계획

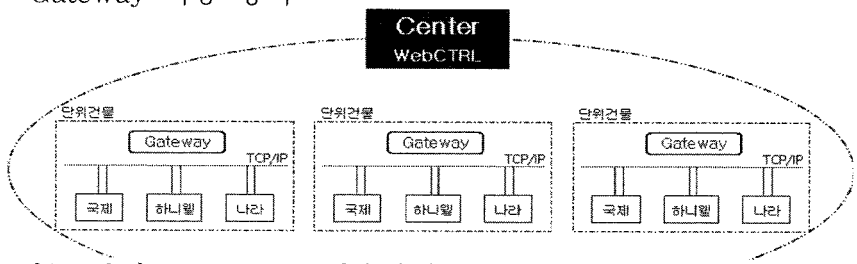
시스템 상호간의 연동제어 및 통합제어가 가능하기 위해서는 제어 시스템 간의 통합화 작업이 우선적으로 실시되어야 한다. 여기서 말하는 시스템간의 통합은 설비시스템 간의 통신 프로토콜이나 제어 시스템간의 통신 프로토콜이 다르기 때문에 통신 프로토콜의 통합화 또는 호환을 가능하게 하는 것을 의미 하는 것이다. 현재 한국표준규격(KS X 6909, 빌딩 자동화 및 제어 통신망)에는 미국의 냉동공조공학회(AHRAE)와 미국 표준협회(ANSI)가 정한 통신 프로토콜인 BACnet이 선정되어 있다. 이에 따라 신축되는 건물의 자동제어 시스템으로 BACnet이 보편화 되어 가고 있다. 따라서 시스템을 통합하기 위해서는 BACnet을 기본 통신 프로토콜로 하는 시스템 통합화 작업을 이루어 나가야 한다. 건축기전설비의 시스템 간이나 각 건물사이의 통신 프로토콜이 다른 경우에는 통신 프로토콜을 호환하여 주는 장치(게이트웨이, 라우터 등)를 이용하여 통신 프로토콜이 다른 시스템간의 호환이 가능하다.

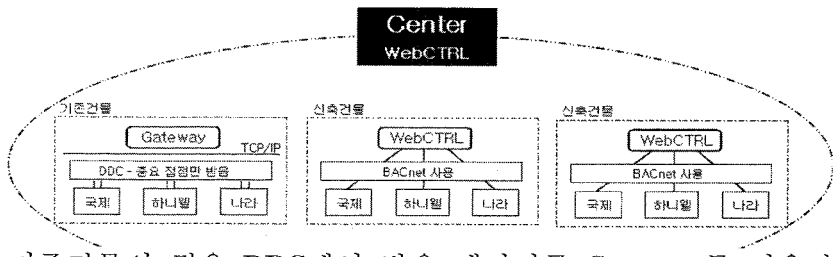
한편, 기존의 시스템 통합센터는 원거리에 위치한 빌딩의 시스템의 서버 또는 워크스테이션과의 통신을 통하여 데이터를 수집하는 과정을 실시하였으나 빌딩의 서버나 워크스테이션이 이상이 발생할 경우, 제어 시스템의 데이터를 중앙으로 전송하지 못하는 결과를 초래하게 되어 많은 문제점이 야기 될 수 있다. 그러나 제어기에 BACnet이 적용되거나 BACnet 프로토콜 변환기를 통하여 사용할 경우 BACnet의 호환성으로 원거리 빌딩의 서버 혹은 워크스테이션이 존재하지 않는 경우에도 중앙의 관제 센터에서 데이터의 전송이 가능하게 된다. 또한 BACnet이 적용되어진 건물이나 시스템에서는 BACnet의 호환성으로 추가 설치 장비나 비용 없이 자유로이 데이터의 전송이 가능하다. 개방형 프로토콜 BACnet은 자동제어(BAS)용 국제, 국내 표준 프로토콜(KS X 6909)로서 시스템 확장과 개보수 및 기능 개선이 용이하다. 통합 SI를 위해서는 다음과 같은 기본 계획을 수립해야 한다. ⓐ 통합 SI 서버에 연결되는 다수의 시스템들에 대한 완벽하고 유연한 프로토콜 통합을 위하여 국제표준의 개방형 프로토콜(TCP/IP, BACNet, LonWorks, Modbus, OPC)을 지원하는 환경구현. ⓑ 범용 데이터베이스를 통한 데이터 표준화. ⓒ 통합관리의 편리성과 효율성을 위한 단일 유저 인터페이스 시스템으로 설계. ⓓ 인터넷(Web)을 통한 실시간 감시제어 기능 부여 및 접속등급에 따른 관리 권한 부여. ⓔ 위급상황 모바일(휴대폰 및 PDA) 통보 기능 제공으로 비상시 신속한 대처. 표 5.11은 군관리시스템 구축을 위한 하위단위(건물)에서의 인터페이스 방안을 보여주고 있다.

표 5.11 군관리시스템 구축을 위한 하위단위(건물)에서의 인터페이스 방안

<table>
<tr><td>통신 방안
(신축건물
대상)</td><td colspan="2"> 

- 각 설비로부터 건물내 시스템으로 데이터를 보내기 위한 통신 프로토콜 표준화가 필요
- 단위건물과 센터 사이의 통신은 인터넷을 통해 가능
· 센터와 단위건물 시스템 내에 데이터 전송 기능 S/W 탑재
· 시스템 설계 방법에 따라 데이터 전송 방법을 전환
- KS 기준 BACnet를 사용</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시스템
구성
방안</td><td rowspan="2">신축
건물
대상</td><td>▷ WebCTRL 이용 방식
 

- 각 건물내에 WebCTRL 시스템을 설치하여 각각의 설비로부터 데이터를 수집한 후 센터로 전송</td></tr>
<tr><td>▷ Gateway 이용 방식
 

- 건물 단에 Gateway를 이용하여 데이터를 센터로 전송
- 각 설비의 DDC로부터 데이터를 받기위하여 고정 IP가 필요함</td></tr>
<tr><td>기존
건물
+
신축
건물
대상</td><td> 

- 기존건물의 경우 DDC에서 받은 데이터를 Gateway를 이용하여 센터로 data 전송
- DDC에서 Gateway와 호환이 되지 않는(BACnet을 사용하지 않는) 경우에 기존 DDC에서 직접 접점(중요 포인트)을 받아 Gateway를 통해 센터로 데이터 전송
- 접점을 받기 위해서는 기존 설치된 DDC 업체의 협력 필요</td></tr>
</table>

나. 연동 인터페이스 설계기준

(1) 검토사항

연동 인터페이스에 대한 설계시 검토사항은 표 5.12와 같다. 검토를 위한 기본가정으로는 공조 설비 관리 뿐 만 아니라, 전기, 기계 설비 등 여러 가지 종류의 설비에 대한 적용 및 확대 운영을 할 수 있어야 하며, 자동제어시스템 업체 및 시스템 통합 업체 등 다수의 업체의 협업으로 전체 시스템이 구축되어야 한다.

표 5.12 연동 인터페이스에 대한 설계시 검토사항

가 정	검토사항
데이터 전송 신뢰성 및 무결성	· 데이터의 종류, 중요도, 실시간성을 고려하여, 데이터 전송에 있어서의 신뢰 수준을 정의하고 보장하여야 한다. · 동일한 데이터가 여러 저장 장소에 저장되어 있는 경우, 정의된 실시간성의 한계 내에서, 데이터가 동일하게 유지되어야 한다.
확장 유연성	· 기 구축된 시스템에 새로운 관리 시스템을 추가하고자 할 때, 용이하여야 한다. · 예를 들어, 공조 설비 관리 시스템에 전기 설비 관리 시스템을 추가하려고 할 때, 손쉽게 추가할 수 있어야 한다.
확장 안정성 및 기능의 독립성	· 새로운 기능을 추가하거나, 기존 기능을 변경하고자 할 때, 새로운 기능의 문제로 인하여 타 기능이 영향을 받지 않아야 한다. · 문제 발생 시 책임 소재가 명확할 수 있도록 개발 범위가 정의되어야 한다.
표준	· 관련 표준이 있는 경우 적극적으로 활용한다. · 표준화가 필요한 경우 표준을 제시할 수 있어야 한다.
보안성	· 전체 시스템 및 네트워크에 대한 보안성을 확보하여야 한다. · 데이터 및 분석 결과 데이터에 대한 보안성을 확보하여야 한다.
기술 외적인 요인	· 관련 업체 내부의 기술 기준 및 설계 정보를 타 업체에 필수적으로 제공하지 않아도 전체 시스템을 구축할 수 있어야 한다.

(2) 적용사례 : BACNet 기반

지역의 건물에서 중앙 관리 센터까지 BACNet을 사용하여 데이터를 전송하고 DB

에 입력한다. 중앙 관리 센터에서 온라인으로 내려오는 명령 및 정보는, 제어명령은 BACNet 을 이용하고, 나머지는 HTTP 등을 사용한다. 데이터 전송의 신뢰성 및 무결성: 공조 설비 관리를 대상으로 하는 경우, 데이터 전송의 신뢰성 및 무결성을 보장하기 용이하다. 새로운 시스템을 추가하고자 할 때에는, 예를 들어, MODBUS 기반 전기 설비 관리 시스템을 추가하고자 할 때에는 어려움이 있다.

구성 예로는 센서 - MODBUS - MODBUS_to_BACNet 변환기 - BACNet - …등으로 구성할 수 있으며, 확장 안정성 및 기능의 독립성 측면에서는 MODBUS_to_BACNet 변환기의 개발 주체가 모호하다. 표준 활용 측면에서는 센싱 데이터 수집 부분에 있어서 별도의 표준을 사용하여야 하며, 표준 사이의 변환이 필요하다. 보안성 측면에서는 건물-센터 사이의 통신에 있어서 보안성을 확보하여야 한다(BACNet 프로토콜이 외부로 나갈 때의 보안 알고리즘 적용 여부를 확인하여야 함). 기술외적 측면에서는 MODBUS_to_ BACNet 변환기의 개발 시, 각 항목에 대한 규격이 공개되어야 한다.

한편, BACNet으로 센터에 전송된 데이터를 센터에서 관리하기 위해서는, 데이터의 DB 직접 입력 등의 작업이 필요하며, 이에 따른 장단점은 DB 직접 입력(SQL/IP) 기반 통합의 장단점과 유사성을 가진다. 중앙 관리 센터에서 각 건물로 온라인으로 전송하는 정보가 있는 경우, 별도의 프로토콜(예: HTTP)이 필요할 수 있다. BACNet 기반의 시스템 구성 개념도는 그림 5.29와 같다.

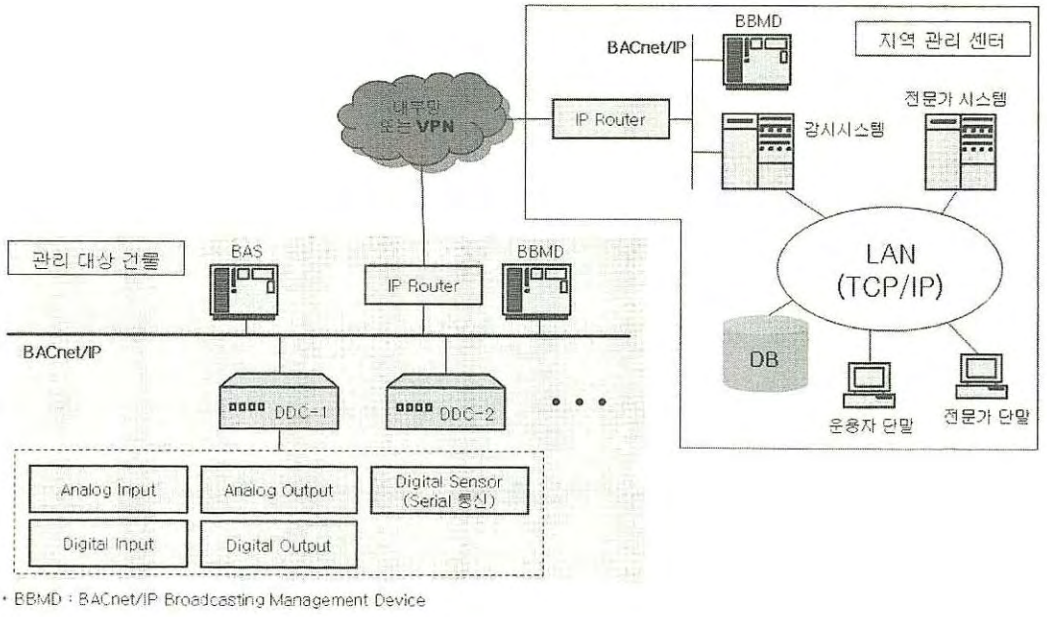


그림 5.29 BACNet 기반의 연동 인터페이스 시스템 구성 개념도

(3) 적용사례 : TCP/IP 기반

개별 건물 내는 BACNet 등 관련 표준을 사용하고, 건물-센터 간 통신 프로토콜로 TCP/IP를 사용한다. 중앙 관리 센터에서 개별 건물로 내려오는 정보는 HTTP 등을 사용한다. 데이터 전송의 신뢰성 및 무결성 측면에서는 개별 건물과 센서 사이의 데이터 전송에 있어서 신뢰성 확보를 위한 노력이 필요하다. 확장 유연성 측면에서는 건물 내 통신에 대한 관련 표준에 대한 TCP/IP 송수신 모듈을 각각 개발하여 연동할 수 있다. 확장 안정성 및 기능의 독립성 측면에서는 건물 쪽은, 예를 들면, BAS 업체, 센터 쪽은 SI 업체에서 개발 및 책임을 질 수 있다. TCP/IP 통신의 경우, 개발 시, 송신과 수신을 동일한 업체가 개발하는 것이 책임 소재를 더욱 더 명확하게 할 수 있다. 표준 활용 측면에서는 건물 내 관련 표준을 준수할 수 있다. 보안성 측면에서는 일반적으로 많이 알려져 있는 TCP/IP 를 위한 보안 프로토콜을 사용할 수 있다. 기술외적 측면에서는 TCP/IP 통신에 대한 접속 규격을 제3자, 예를 들면, 공인 기관 등에서 정의하여 배포하는 경우, 기업 내부의 기술을 공개할 필요가 없다. TCP/IP 통신 모듈의 개발은 난이도가 있는 작업이다.

TCP/IP 소켓 접속 기반 연동은 전형적인 클라이언트-서버 구조의 메시지 전송 연동 방식으로 서버단에서 소켓을 생성하여 접속 대기 상태에 있으면, 클라이언트단에서 소켓 접속을 요청하여 서버로부터 응답메시지를 받으면 접속이 이루어진다. 소켓 접속이 이루어지면 해당 소켓을 통해 상호 데이터 스트림을 주고 받으며 데이터 전송이 이루어지고, 데이터 전송이 마무리 되면 접속을 끊고 소켓을 해제한다. 최근에는 이러한 장비간 직접 접속 방식에 의한 Socket 연동은 특별한 경우를 제외하고는 잘 사용되어지지 않는 추세이다. 그림 5.30은 TCP/IP 소켓 접속 기반 연동방법을 보여주고 있다.

(4) 적용 사례 : DB 직접 접속 기반

개별 건물 내에서 BACnet 등 관련 표준을 사용하여 획득한 정보를 DB에 저장하고, 관련 정보를 필요시 센터의 DB에 직접 입력한다. 중앙 관리 센터에서 개별 건물로 내려오는 정보는 HTTP 등을 사용한다. 데이터 전송의 신뢰성 및 무결성 측면에서는 건물 내 DB에서 데이터를 읽어 센터의 DB에 입력하는 기능의 소프트웨어가 신뢰성 및 무결성을 보장하여야 한다. 확장 유연성 측면에서는 건물 내 DB와 센터 DB를 연동해주는 소프트웨어만 개발하면 된다. 확장 안정성 및 기능의 독립성 측면에서는 DB 연동 소프트웨어의 개발 주체가 명확하지 않다. 신규 개발한 DB 연동 소프트웨어가 안정적이지 않은 경우, 센터 DB 또는 건물 내 DB에 부하가 많이 걸릴 수도 있다. 표준 활용 측면에서는 건물 내 관련 표준을 준수할 수 있다. 보안성 측면에서는

범용적으로 많이 알려져 있는 원격 DB 접속을 위한 보안 프로토콜을 사용할 수 있다. 기술외적 측면에서는 DB 구조에 대한 정보를 공개하여야 한다. 통상 OSI 모델에서 Transport/Network Layer의 TCP/IP 기반 위에 Session Layer 계층에 데이터 연결 세션을 구현하여 데이터 통신을 하는 방식으로, 일반적으로 데이타베이스 벤더에서 제공하는 접속 드라이브 규격에 따른다. DB에 직접 세션 접속하여 연동함으로 데이타의 연동 속도는 높으나, DB가 변경될 때마다 접속 경로 및 접속 설정을 변경해야하는 번거로움이 있다. 그림 5.31은 DB 원격접속 기반 연동방법을 보여주고 있다.

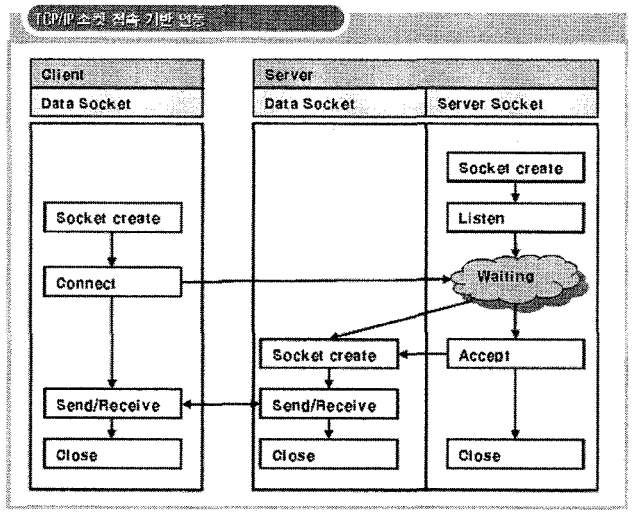


그림 5.30 TCP/IP 소켓 접속 기반 연동방법

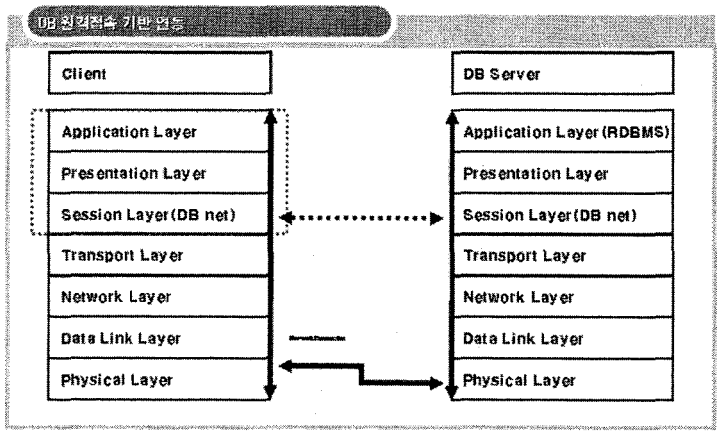


그림 5.31 DB 원격접속 기반 연동방법

(5) 적용 사례 : XML 기반

개별 건물 내에서 BACNet 등 관련 표준을 사용하여 획득한 정보를 DB에 저장하고, 관련 정보를 필요시 XML로 변환하여 센터로 전송하고, 센터에서는 XML을 분석하여 센터의 DB에 입력한다. 중앙 관리 센터에서 개별 건물로 내려오는 정보도 XML을 사용할 수 있다. 데이터 전송의 신뢰성 및 무결성 측면에서는 XML 생성기와 XML 분석기에서 보장하여야 한다. 확장 유연성 측면에서는 XML 생성기와 XML 분석기만 개발하면 된다. 확장 안정성 및 기능의 독립성 측면에서는 XML 생성기는 건물용 소프트웨어 개발 업체, 예를 들면 BAS 업체에서 개발하고, XML 분석기는 SI 업체에서 개발하면 된다. 신규 추가 기능에 문제가 생기더라도 책임 소재가 명확하며, 실제 운영 DB 보다는 XML 분석기 또는 생성기에서 문제가 발생할 가능성이 높으므로, 전체 시스템에 끼치는 영향이 적다. 표준 활용 측면에서는 건물 내 관련 표준을 준수할 수 있다. 원격지로의 데이터 전송에 있어서, XML 전송 관련 표준을 사용할 수 있다. 보안성 측면에서는 일반적으로 많이 알려져 있는 XML 전송을 위한 보안 프로토콜을 사용할 수 있다. 기술외적 측면에서는 XML 전송 프로토콜은 표준 프로토콜을 사용한다. XML 템플릿 및 관련 규격은 제3자, 즉 공인 기관에서 제공한다. 회사 내부의 기술 정보를 공개할 필요가 없다. 전송 데이터 양이 많거나, 실시간성이 요구되는 경우에 문제가 있을 수 있다. 데이터 전송에 있어서, 속도 등의 성능은 저하될 수 있으나, 데이터 전송 양이 많지 않은 경우에는 문제가 되지 않는다. XML에 대한 전문 지식이 필요하다.

(6) 적용 사례 : EAI/DB 연동 솔루션 기반

개별 건물 내에서 BACNet 등 관련 표준을 사용하여 획득한 정보를 DB에 저장하고, 개별 건물의 데이터와 중앙 관리 센터의 데이터를 일치시켜주는 DB 연동 솔루션 또는 통신 프로토콜 사이의 변환을 지원해주는 EAI 솔루션을 사용한다. 중앙 관리 센터에서 개별 건물로 내려오는 정보는 HTTP 등을 사용할 수 있어야 한다. 데이터 전송의 신뢰성 및 무결성 측면에서는 DB 연동 또는 EAI 솔루션에서 신뢰성 및 무결성을 보장하여야 한다. 확장 유연성 측면에서는 솔루션과의 인터페이스를 맞춰줘야 한다. 확장 안정성 및 기능의 독립성 측면에서는 각 시스템에서 인터페이스만 맞춰주고, 전체적인 연동은 솔루션 업체에서 책임진다. 신규 추가 기능에 문제가 생기더라도 책임 소재가 명확하다. 표준 활용 측면에서는 건물 내 관련 표준을 준수할 수 있다. EAI 또는 DB 연동 솔루션은 표준화된 것이 아니라, 일부 업체의 솔루션이다. 보안성 측면에서는 솔루션 업체에서 제공한다. 기술외적 측면에서는 솔루션과의 인터페이스 확보를 위해서 업체의 정보 제공이 필요할 수 있으며, 가격이 비싸다는 단점

이 있다.

(7) 적용 사례 비교 분석

이상과 같은 연동 인터페이스 적용 사례를 비교 분석하여 표 5.13 및 5.14에 나타내었다.

표 5.13 적용 사례 비교 분석

구 분	데이터 전송 신뢰성 및 무결성	확장 유연성	확장 안정성 및 기능의 독립성	표준	보안성	기술 외적 요인 및 기타 사항
BACnet 기반	상	하	하	중	(확인 필요)	업체간 기술 정보 공개 필요
TCP/IP 기반	상	상	상	중	상	개발 난이도
DB 직접 접속 기반	상	중	하	중	중	업체간 기술 정보 공개 필요
XML 기반	상	상	상	상	상	정보의 양이 많거나, 실시간성이 요구되는 경우에 문제가 있을 수 있음.
DB 연동/EAI 솔루션 기반	상	중	상	하	상	개별 업체 솔루션임. 가격이 고가임.

표 5.14 적용 사례 비교 분석(장점 및 단점)

구 분	장점	단점
BACnet 기반	공조설비 관리 시스템에 대하여, 개별 건물 구축 업체와 중앙관리센터의 협조가 원활하게 이루어지는 경우, 가장 간단하게 구축할 수 있다.	공조 설비 이외의 경우에는 적용하기 힘들다. 다른 종류의 시스템과 연동 시 복잡하다.
TCP/IP 기반	가장 강력한 연동 방법이다.	개발 난이도가 있다. 표준화가 필요하다.
DB 직접 접속 기반	업체 간 협조가 원활한 경우, 가장 간단하게 구축할 수 있는 방법이다.	업체간 기술정보 공개 필요. 확장 시 기존 시스템에 영향을 줄 수 있다.
XML 기반	확장이 용이하다. 연동 표준을 제공할 수 있다.	정보의 양이 많거나, 실시간성이 요구되는 경우에 문제가 있을 수 있다.
DB 연동/EAI 솔루션 기반	확장이 용이하다.	개별 업체 솔루션이다. 표준을 제공할 수 없다. 가격이 고가이다.

다. 통신 프로토콜 표준화 방안

통합관리시스템 구축 시 가장 많이 대두되고 있는 기술적 문제점은 각 단위건물의 이기종 시스템간의 통합이다. 시스템 통합 방안은 여러 가지 방안이 검토될 수 있으나 본 연구에서는 한국산업규격으로 1999년도에 제정된 BACnet(KS X 6909 : 빌딩 자동화 및 제어통신망(BACnet))을 활용하였고, 이 기능이 제공되지 않는 건물에는 BACnet 통신이 가능하도록 인터페이스용 게이트웨이 등의 추가 장비를 설치하는 통신방안을 제안하였다. 건물별 시스템 통합방안은 기존 자동제어시스템 구축 시기에 따라 2000년 전후를 기준으로 기존건물과 신축건물로 분류하여 검토할 수 있다.

먼저 기존건물의 경우, 사용중인 자동제어시스템의 통신방식이 개방형 프로토콜을 지원하는지에 대한 여부와 기존 설치 업체의 협조 가능성 여부에 따라서 시스템 통합이 가능한지가 결정된다. 기존건물 자동제어시스템이 제공업체의 자체 프로토콜이면 설치된 시스템의 통신방식에 대한 정보가 필요하고, 시스템 간 인터페이스를 위한 추가 장치에 따른 별도의 비용이 발생할 수 있다. 또한 기존 공사 업체가 개인적 사정으로 사업을 중단하였거나 협조의 어려움으로 장착된 자동제어시스템에 대한 정보가 없다면 통신이 불가능할 뿐만 아니라 국내 수많은 자동제어업체의 프로토콜을 호환할 수 있는 통합형 게이트웨이를 만드는 것은 비용측면에서도 비효율적이다. 그래서 기존업체의 협조가 가능하다는 전제하에 개방형 프로토콜이 지원되지 않는 경우 인터페이스용 추가 장비를 설치하고, 개방형 프로토콜을 지원하는 경우는 인터페이스 장비만을 제외하고 구축하는 시스템 통합 방안을 제안한다. 신축건물의 경우에는 대부분 2000년도 이후 자동제어업계 추세에 따라 개방형 통신프로토콜이 지원되는 시스템이 구축되어 있거나 또는 앞으로 시공되어질 건물은 통합군관리센터 구축에 필요한 사양을 고려하여 시스템을 시공할 수 있어 기존에 시공된 제품을 호환하는 경우에 비해 통합용 추가 장비가 필요하지 않고 구축 시 시스템이 간소화 되어 경제적, 효율적, 기술적 측면 등 여러 가지가 유리하다. 그러나 자동제어시스템이 개방형 프로토콜을 사용한다고 해서 모든 건물 시스템이 통합되는 것은 아니다. 개방형 프로토콜이 지원된다 할지라도 각 업체의 제품 특성에 따라 통신이 이루어지므로 구축 시 기술적 세부 사양 등 시스템에 필요한 기반 요소들을 철저하게 검토하여 보다 현실적이고, 안정성 있는 시스템을 구현하여야 한다. 이에 본 연구에서는 개방형 프로토콜인 BACnet 통신 방식을 제안하였고, 인터넷 고정아이피 적용 또는 전용선 사용을 권장하였다. 한편, 각 시스템 간의 SI를 위해서는 향후 전송 데이터의 종류 및 표준 형식, 전송 주기 및 전송 방법 등을 표준화해야 할 것으로 판단된다.

라. 시스템의 보안성

시스템의 보안성을 강화하기 위해서는 정보시스템의 구축·운영 기술지침(구, 정보통신부 고시 제2006-37호, 2006.09.11)의 별표 2 요소기술 분야 세부지침-보안 세부지침(표 5.15 참조)에 따라 시스템을 구축한다. 한편, 건축물 설비에 관한 정보는 건축물 소유자가 원하지 않을 시에는 공개하지 않도록 하며, 통계상의 처리에만 활용할 수 있도록 시스템을 구축한다.

표 5.15 정보시스템의 보안 세부지침(정보통신부 고시 제2006-37호)

분 야	세부지침	
사용자 인증	관련 표준	• OSI Security Framework in Open System, Part 3 : Access Control 사용 • SSO, EAM, IAM
전자서명	관련 표준	• 행정전자서명 : 행정기관 전자서명 인증기반(GPKI) 상호연동 기술표준(행정자치부) • 공인전자서명 : 전자서명인증체계기술규격(정보보호진흥원)
네트워크 보안	관련 표준	• SSL/TLS 관련 표준 • IPSec 관련 표준 • 무선 LAN : SSID, WPA, Diameter • 국가기관용 게이트웨이형 가상사설망 보호프로파일(국가정보원) • 국가기관용 가상사설망 보호프로파일(국가정보원) • 국가기관용 침입차단시스템 보호프로파일(국가정보원) • 국가기관용 침입탐지시스템 보호프로파일(국가정보원) • TTAE.CC-99.031~99.033 국제공통평가기준 • TTAS.KO-12.0014 IP 계층에서의 VPN 보안기술 표준
	개발 가이드	• 인터넷망, DMZ, 내부 네트워크 등 사용 용도 별로 적절히 네트워크를 분리하고, 상호 망 사이에 보안장비를 사용한 보안통제를 하여야 함 ※ 주요서버는 별도망으로 분리하여 운영 함 • 물리적으로 분리된 네트워크를 인터넷 등을 통해 안전하게 연결해야 하는 경우 가상사설망을 설치 및 운영하여야 함 • 내부 IP 주소체계를 외부에 공개되지 않도록 함 • 내부 네트워크로 유입되는 유해 트래픽의 사전 탐지, 차단 기능을 제공, 유해 트래픽에 대한 최신 탐지패턴의 실시간 업데이트 기능을 제공하여야 함 • 보안정책에 준하여 보안설정 및 규칙(Rule)을 적용하여야 함 • 서비스거부공격(DoS)을 방지하기 위한 대책을 적용하여야 함 • 네트워크를 통해 전송되는 데이터에 대한 암호화, 무결성, 부인방지 등의 기능을 설계하고 구현하여야 함

(표 5.15 계속)

분 야	세부지침	
데이터 보안	관련 표준	• 암호화 - 비밀키 암호알고리즘 . 국가기관간 데이터/문서 보호를 위한 암호는 비공개 암호체계 (국가정보원) . 국가기관과 민간간 데이터/문서 보호를 위한 암호는 민관 겸용 공개암호(ARIA) - 공개키 알고리즘 : RSA (PKCS #1), RSAES-OAEP, RSASSA-PSS, 국가기관용 표준 공개키 암호알고리즘(비공개, 국가정보원) ※ RSA 알고리즘의 키 사이즈는 1024 비트 이상 - 난수발생기 : 국가기관용(비공개, 국가정보원) - 암호검증 : 국가용 암호관리센터에서 발급한 암호검증서 (국가정보원)
	개발 가이드	• 일반사용자의 직접적 데이터베이스로의 접근을 금지하고, 어플리케이션과 DB간 데이터 교환 시 접근 통제, 암호화 및 인증 방안 마련함 • 패스워드, 주민번호 등 DB에 저장된 주요 데이터에 대한 암호화, 무결성 점검방안 등 보안관리 방안 구현함 • 중요 데이터는 반드시 암호화하여 저장함
시스템/응용 보안	관련 표준	• 웹서비스 및 XML 보안 - XML 서명, XML 암호화, - WS-Security, SAML • ebXML 보안 : ebMS, ebBPSS, ebRIM, ebRS • 메일 보안 : S/MIME - TTAS.IF-RFC2632 S/MIME 버전 3 인증서 운영 규격 - TTAS.IF-RFC2633 S/MIME 버전 3 메시지 명세서 • TTAS.KO-12.0008 공공기관 정보시스템 구축준비 단계의 보안 지침서
	개발 가이드	• 사용자에 대해 필요한 서비스만 허용하는 최소권한 정책을 기반으로 인증 및 접근통제 구현함 • 사용자에 의한 재연공격(replay attack)에 대처할 수 있는 보안모듈 구현함 • 사용자와 서버 간 송수신 정보의 무결성 및 기밀성 보장 • 주요 서버의 관리자에 대해서는 역할 기반의 접근통제가 구현되어야 하며, PKI 기반의 인증 제공함

(표 5.15 계속)

분 야	세부지침	
시스템/응용 보안	개발 가이드	• 주요 서버는 OS차원에서 접근통제를 구현하며, 주요 서버의 안정적 운영을 위하여 별도의 원격관리 등 보안대책을 강구 ※ 주요 서버는 국가정보원 '국가정보통신보안 기본지침'의 전산자료 보호등급을 기준으로 판단함 • 개인정보화 같은 민감한 정보와 실행 파일에 대한 무결성 점검 방안 및 암호화 기능을 구현함 • 해킹 방지를 위해 입력 데이터 및 파라미터 값 등 입력 값에 대한 검증 구현함 • 사용자 인증정보(ID/패스워드 등)는 소스코드에 직접 하드코딩하지 않도록 함 • 세션 식별정보를 SSL을 이용해 암호화 전송하는 등 세션 관리 방안 마련함
통합보안	관련 표준	• KS X ISO/IEC 17799 • TTAS.KO-10.0089/R1 전산보안정책 수립을 위한 지침
	개발 가이드	• 네트워크, 서버, 어플리케이션, 데이터베이스등의 취약점을 점검할 수 있는 방안을 수립함 • 정보자산의 효율적인 운영 및 관리, 침해사고 예방 및 조치 대응 능력, 일관성 있는 정보보호 정책의 수립 및 체계적인 통제기능, 상시 감시기능 등을 제공 • 보안관제 업무 및 보안 솔루션에 대한 운영 및 관리 업무를 일괄적으로 수행할 수 있어야 함 • 상용 보안장비 (침입방지시스템(IPS), 침입차단시스템(F/W), 침입탐지시스템(IDS), VPN,서버 보안 등)는 국가정보원의 CC (Common Criteria) 인증을 받거나, 행정 정보보호용으로 보안성 검토를 받은 제품을 우선 도입 • 각 제품별(네트워크 장비, 보안장비, OS, 데이터베이스 등) 업체에서 제공하는 최신 보안 패치를 설치함

여 백

제 6 장 제도개선 방안

최근 건축기술의 발달과 더불어 거주자의 건물 성능에 대한 요구수준이 점차 높아지면서 건축물에서의 설비는 용량이 대형화되고, 방재기능, 내진기능, 자동화기능, 에너지 절약기능을 포함하게 되어 점차 복잡해지고 있다. 또한, 효과적인 설비 유지관리를 통하여 수리비의 감소와 내용년수의 연장에 의한 유지관리비용의 절감을 꾀할 수 있고, 아울러 열원설비 등의 효율저하에 대한 불필요한 에너지 손실을 방지하여 연료비 절감 효과 등을 기대할 수 있다. 따라서 설비의 성능을 '어떻게 효율적으로 유지관리 할 것인가'가 중요시되고 있다. 하지만 국내의 경우 대부분의 건축설비 유지관리는 단순히 눈으로 점검하고, 점검표의 항목에 기입하는 수준으로, 선진 외국의 유지관리 현황에 비하여 기술 및 제도측면에서 미흡한 실정이다. 따라서 본 절에서는 국내외 유지관리 관련 제도 현황을 검토하고, 유리관리 프로세스를 체계화하기 위한 제도개선 방안을 도출하고자 한다.

제 1절 국내현황

국내에서는 건축설비의 유지·관리를 위해 시행되고 있는 구체적인 제도는 없으나, 건축법 제35조(건축물의 유지·관리)에서 ① 건축물의 소유자나 관리자는 건축물, 대지 및 건축설비를 제40조부터 제58조까지, 제60조부터 제64조까지 및 제66조부터 제68조까지의 규정에 적합하도록 유지·관리하여야 한다. ② 제1항에 따른 건축물 유지·관리의 기준 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다고 규정하고 있고, 이와 관련하여 동법 시행령 제23조(건축물의 유지·관리)에서 건축물의 소유자 또는 관리자는 1년에 1회 이상 정기점검을 실시하여 건축물·대지 및 건축설비가 법 제26조 제1항의 각 규정에 적합하도록 유지·관리하여야 한다고 규정하고 있다. 건축법 시행규칙 제23조(건축물 유지관리점검표)에서는 영 제23조제2항 전단에 따른 건축물유지·관리점검표는 별지 제24호의3서식에 따른다고 규정하고 있다. 그러나 건축지도원이 작성하는 건축물 유지관리점검표는 단순히 유지관리실태를 적합, 부적합, 해당없음으로 구분하는 정도에 그치고 있다. 표 6.1은 건축법 시행규칙 제23조에 따른 건축물 유지관리점검표를 나타내고 있다.

한편, 건축설비에 관해서는 동법 시행령 제87조(건축설비 설치의 원칙)에서 건축설비는 건축물의 안전·방화 및 위생과 에너지 및 정보통신의 합리적 이용에 지장이 없도록 설치하여야 하고, 배관 피트 및 덕트의 단면적과 수선구의 크기를 당해

설비의 수선에 지장이 없도록 하는 등 설비의 유지·관리가 용이하도록 설치하여야 하며, 건축물에 설치하는 급수·배수·냉방·난방·환기·피뢰 등 건축설비의 설치에 관한 기술적 기준은 건설교통부령으로 정하되, 에너지이용합리화와 관련한 건축설비의 기술적 기준에 관하여는 산업자원부 장관과 협의하여 정하도록 규정하고 있다. 또 건축물에 설치하여야 하는 장애인 관련 시설 및 설비는 '장애인·노인·임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률'이 정하는 바에 따르고, 공동주택, 판매 및 영업시설, 의료시설, 업무시설, 숙박시설의 용도에 공동시청 안테나를 설치하는 경우 그 설치기준은 정보통신부령이 정하는 바에 따르도록 규정하고 있다. 한편 소방설비 등의 경우는 소방법 등 관련 설비의 유지 관리를 각각의 법규에서 따로 정하여 시행하고 있다.

건축법 시행령
(일부개정 2008.05.26)

제23조 (건축물의 유지·관리) ①건축물의 소유자 또는 관리자는 1년에 1회 이상 정기점검을 실시하여 건축물·대지 및 건축설비가 법 제26조제1항의 각 규정에 적합하도록 유지·관리하여야 한다.

②시장·군수·구청장은 제1항에 따라 유지·관리되는 건축물 중 「집합건물의 소유 및 관리에 관한 법률」의 적용을 받는 집합건축물로서 건축조례가 정하는 건축물에 대하여는 법 제28조에 따른 건축지도원(이하 "건축지도원"이라 한다)으로 하여금 국토해양부령이 정하는 점검표에 따라 유지·관리의 실태를 점검하게 할 수 있다. 이 경우 유지·관리의 실태를 점검받는 건축물의 소유자 또는 관리자는 그 건축물을 점검하는 건축지도원에게 협조하여야 한다. <개정 2008.2.29>

③제2항에 따라 건축지도원이 점검할 수 있는 건축물의 유지·관리의 항목은 다음 각 호와 같다. 다만, 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」에 따른 1종시설물 또는 2종시설물에 속하는 건축물은 제3호에 따른 구조안전 항목의 점검을 생략할 수 있다. <개정 2008.2.22>

1. 대지 : 법 제30조, 법 제32조, 법 제32조의2, 법 제33조, 법 제37조에 적합한지 여부
2. 높이 및 형태 : 법 제47조, 법 제48조, 법 제50조, 법 제51조 및 법 제53조에 적합한지 여부
3. 구조안전 : 법 제38조에 적합한지 여부
4. 화재안전 : 법 제39조 내지 제41조, 법 제43조 및 법 제44조에 적합한지 여부
5. 건축설비 : 법 제55조 및 법 제57조에 적합한지 여부

④시장·군수·구청장은 제2항에 따른 점검결과 필요하다고 인정되는 경우 법 제69조에 따라 시정명령 등의 필요한 조치를 할 수 있다.

표 6.1 건축법 시행규칙 제23조에 따른 건축물 유지관리점검표

<table>
<tr><td colspan="7">건축물유지·관리점검표</td></tr>
<tr><td>건축물위치</td><td colspan="3"></td><td>지번</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>건축주</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="7">「건축법」 제26조, 동법 시행령 제23조에 따라 아래와 같이 건축물의 유지·관리 실태를 점검한 결과를 제출합니다.

년 월 일

건축지도원 (서명 또는 인)

시장·군수·구청장 귀하</td></tr>
<tr><td>점검항목</td><td>「건축법」</td><td colspan="4">유지·관리 실태</td><td>특이사항</td></tr>
<tr><td rowspan="4">대지</td><td>제30조</td><td>대지의 안전</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제32조</td><td>대지안의 조경</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제33조</td><td>대지·도로 관계</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제37조</td><td>건축선 제한</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">높이 및 형태</td><td>제47조</td><td>건폐율</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제48조</td><td>용적률</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제50조</td><td>대지안의 공지</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제51조</td><td>높이제한</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제53조</td><td>일조제한</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제67조</td><td>공개공지 확보</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>구조안전</td><td>제38조</td><td>구조내력</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="10">화재안전</td><td rowspan="5">제39조</td><td>계단·복도·출구</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>옥상광장</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>방화구획</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>경계벽·간막이벽</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>기타 피난설비</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제40조</td><td>내화구조 및 방화벽</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제41조</td><td>방화지구내 건축물</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제43조</td><td>내부마감재료</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제44조</td><td>지하층</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">건축설비</td><td rowspan="4">제55조</td><td>난방설비</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>배연설비</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>배관설비</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>피뢰설비</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>제57조</td><td>승강기</td><td colspan="3">□적합 □부적합 □해당없음</td><td></td></tr>
<tr><td>종합의견</td><td colspan="6"></td></tr>
</table>

한편, 공동주택 유지관리 매뉴얼(한국시설안전기술공단 2001)에서는 공동주택 유지관리의 중요성 및 체계 구축의 필요성에 따라 공동주택의 공종별 유지관리 체계를 구축하고, 상세한 매뉴얼을 제시하였다. 공동주택의 장수명화를 위한 유지관리 시스템 개발(한국시설안전기술공단, 2003)에서는 전국에 산재해 있는 공동주택을 웹 기반으로 관리자가 표준적인 유지관리 업무를 쉽게 수행할 수 있도록 지원하는 시스템을 개발하였으며, 유지관리 매뉴얼, 장기수선계획 수립 및 장기수선충당금 산출, 통계분석, 도면관리, 행정지원 모듈 등으로 구성되어 있다. 또한, 국토해양부에서는 건설기술연구개발사업의 일환으로 2006년에 "건축물 유지관리 매뉴얼"을 공표한 바 있다. 표 6.2에 국내 건축설비분야 유지관리 매뉴얼 현황을 정리하였다. 그러나 이와 같이 국내 설비관련 유지관리 매뉴얼은 연구가 수행된 바 있으나 대부분 설비 항목별 일반적인 관리 점검기준 및 요령, 고장원인 및 대책에 대해 정리되어 있으며, 유지관리시스템 개선에 대한 내용은 부족한 실정이다.

표 6.2 국내 건축설비분야 유지관리 매뉴얼 현황

제목	작성자/연도	특 징
건축설비 체크리스트	현대건설 기술연구소, 1997	· 각 설비분야(공조, 위생, 전기, 방재, 운송설비)의 점검항목 및 점검기간 등을 요약하여 체크리스트로 작성함 · 추후 세부 공정별 일반 체크리스트 및 세부 체크리스트로 정리함(세부 체크리스트는 주요부분에 대한 점검사항, 고장원인, 점검주기, 대책 등으로 구성됨)
공동주택 유지관리 매뉴얼	한국시설안전 기술공단, 2001	· 공동주택의 설비 항목별 일반적인 관리·점검 기준 및 요령, 고장원인 및 대책에 대하여 정리함 · 공동주택을 대상으로 함(특히 기계설비 분야)
집합건축물 유지관리 통합 매뉴얼	국토해양부, 2006	· 집합건축물(공동주택제외) 대상의 유지관리 매뉴얼 · 유지관리를 고려한 설계지침 등을 제시 · 국토해양부 연구보고서(집합건축물(공동주택 제외)의 유지관리 및 보수기법 개발 연구, R&D/04 기반구축A15) 결과물
기타	-	· 대형건물은 자체 체크리스트 보유 - 인천국제공항공사 / 63빌딩 / 무역센터 등

제 2 절 국외현황

1. 유지관리체계 현황

선진외국에서는 유지관리 분야를 FM(Facility Management) 측면으로 접근하여 건축물 내의 공간운영 현황, 설비관리, 보안 등을 임대차 관리의 수준에서 유지관리 시스템을 개발하여 활용하고 있다. 국제 FM 협회(IFMA : International Facility Management Association)에서는 FM이란 사람, 장소, 프로세스 및 기술을 통합함으로써 건설 환경의 기능성을 확보하고자 하는 다양한 규율을 포함하는 일련의 활동이라고 정의하고 있다. 이러한 선진국의 유지관리 매뉴얼은 자산관리 측면에서 FM이라는 용어로 가이드 및 핸드북 형태로 이루어져 있으며, 내용에 있어 비교적 관리자 측면에서 접근하고 있으며, 실질적인 내용들로 이루어져 있다. Roger 등[1]은 그의 저서에서 건물 유지관리를 위한 서식, 체크리스트 및 절차 등을 가이드 형태로 제공하고 있다.

한편, 일본에서는 사단법인 건축·설비 유지보전 추진 협회(BELCA: Building and Equipment Life Cycle Association)를 중심으로 건축물 및 설비에 대한 유지관리 체계를 구축하고 있다. 건축·설비유지보전추진협회는 1989년 6월에 설립되었으며, 건축 및 건축설비의 유지보전과 관계되는 기술에 관한 종합적이고, 체계적인 조사, 연구 및 개발을 실시하고, 그 성과의 보급을 목적으로 건설대신(현재 국토교통성)의 허가를 받아 설립된 사단법인이다. 회원은 건물 소유자를 비롯하여 설계·공익사업·금융·보험·건설·설비·제조사·유지관리·진단 등 건축물과 관계되는 다양한 기업들로 구성되어 있다. BELCA의 주요 사업은 조사연구사업, 보급사업, 추진사업, 수탁사업이 있다. 조사 연구사업으로는 LC 평가용 데이터의 수집 및 제공에 관한 조사연구, 성능설계 적용건축물의 유지관리에 관한 조사연구, 설비관리업무에 있어서의 SLA/KPI의 도입방안에 관한 조사연구 등이 있다. 특히, 올해부터는 진단, 보수·개수공법에 관한 인정사업의 창설을 검토하고 있다.

여기서 SLA란 Service Level Agreement로써 최저가 입찰에 따른 기술력 및 성능저하를 막기 위하여 각 용역업체 회사에서 입찰서를 제출할 시 입찰서 작성 기준을 제시함으로써 유지관리 업무의 품질을 확보하고자 하는 것이다. 따라서 국내에서도 최저가 입찰에 따라 유지관리 업무의 품질 저하가 발생하고 있으므로, 일본

1) Roger W. Liska and Judith Morrison Liska, Building Maintenance : Forms, Checklists and Procedures, ISBN 1/24/06, BNI Publishers

의 SLA 제도 등을 본받아 입찰서 작성 기준을 제시함으로써 유지관리 업무의 품질을 어느 한도 이상으로 유지해야 할 것이다.

한편, BELCA에서는 추진사업으로써 포상제도(BELCA상) 및 유지보전 기술자를 육성하고 있다. 현재 건축·설비종합관리기술자는 1,100명이 등록되어 있으며, 건축물진단기술자(비구조 부분)는 5,763명이 등록되어 있고, 건축설비진단기술자는 3,834명이 등록되어 있다. 건물관리를 수행함에 있어 관련 자격증을 소지한 사람이 관리하도록 강제하는 규정은 없으나, 일반적으로 건물의 유지관리는 유자격자가 수행하고 있다. 협회의 자료에 의하면 건물의 유지관리·보수·개수사업의 2005년도 총 시장은 건축분야와 설비분야를 통틀어 연간 28조 엔에 달하며, 진단시장도 2005년도에 연간 4천억 엔에 달하는 큰 시장을 형성하고 있다. 참고로 협회에서는 건물 및 설비 유지관리분야에 대하여 한국FM학회와 협조체계를 유지하고 있다고 한다. 표 6.3은 일본에서 유지관리를 주도하는 기관 일람을 보여주고 있다.

표 6.3 일본에서의 유지관리 체계화를 주도하는 기관 일람

기구명	설립 년도	활 동 내 역
사단법인 건축·설비 유지보전 추진 협회 (BELCA: Building and Equipment Life Cycle Association)	1989년	· 건축·설비유지보전추진협회는 1989년 6월에 설립 · 건축 및 건축설비의 유지보전과 관계되는 기술에 관한 종합적이고, 체계적인 조사, 연구 및 개발을 실시하고, 그 성과의 보급을 목적으로 건설대신(현재 국토교통성)의 허가를 받아 설립된 사단법인이다. · 회원은 건물 소유자를 비롯하여 설계·공익사업·금융·보험·건설·설비·제조사·유지관리·진단 등 건축물과 관계되는 다양한 기업들로 구성되어 있음. BELCA의 주요 사업은 조사연구사업, 보급사업, 추진사업, 수탁사업이 있다.
일본건축설비 진단기기구 (JAFIA : Japan Architecture Facilities Inspection Association)	1984년	· 설비 진단에 대한 중요성 및 진단방법에 대한 홍보 · 진단 요소기술에 대한 개발 연구 · 각 종 출판활동 등 · 회원사들로 이루어짐 · 배관진단평가기준제작부회, 설비기기평가수법작성부회, 배수관의 청소 및 열화조사부회 등이 있음.
재단법인 건축설비·승강기센터	1972년	· 건축기준법에 근거하여 건축설비 및 승강기에 대한 정기보고제도를 운영하고 있음. · 건축설비 대상 : 환기설비, 배연설비, 비상용 조명장치, 급수·배수설비 · 정기보고제도의 목적 : 국민의 안전 확보 · 주요업무 : 강습의 실시, 자격자 관리, 기관지의 발행, 조사·연구사업, 인정 및 성능평가사업, 출판사업, 건축인정·검사, 주택성능 평가 사업 수행 등

결과적으로 일본에서는 건축설비 유지관리에 대하여 중요성을 관련 업계 및 건물주가 인식하고 있으며, 협회의 노력과 건물주의 인식변화로 인하여 건물에서의 유지관리 업무화 보편화되고, 체계화되고 있다. 또한, 건축설비의 유지관리를 수행함에 있어, 현재 비용문제로 사후보전(BM: Breakdown Maintenance) 단계에 있으나 주요 설비에 대해서는 원격관리 및 예지보전(PDM : Predictive Maintenance)이 도입되고 있다.

한편, 건축기준법 제8조(유지보전)에서는 건축물의 소유자, 관리자 또는 점유자는 그 건축물의 부지, 구조 및 건축설비가 항상 적법한 상태로 유지되도록 노력하여야 한다고 규정하고, 관람집회시설, 의료시설, 숙박시설, 공동주택 등 주거용 건물, 교육시설, 체육시설 및 판매시설 등 동법 제6조(건축물의 건축 등에 관한 신청 및 확인)에서 정하는 내화건축물 또는 준내화건축물로 하지 않으면 안되는 특수 건축물의 경우에는 그 건축물의 소유자 또는 관리자로 하여금 당해 건축물의 부지, 구조 및 건축설비를 항상 적법한 상태로 유지하기 위해 필요에 따라 그 건축물의 유지보전에 관한 준칙 또는 계획을 작성하는 등 적절한 조치를 취할 것을 의무화하고 있다. 또 국토교통성 장관은 해당 준칙 또는 계획의 작성에 관하여 필요한 지침을 정할 수 있도록 하고 있다. 이에 따라 건설성 고시 제606호(1985.03.19)에 의해 "건축물의 유지보전에 관한 준칙 또는 계획 작성에 관한 지침"이 고시되었다. 계획에 정해야 할 사항은 표 6.4와 같다.

표 6.4 건축물 유지보전계획에서 정해야 할 사항(일본)

항목	내용
1. 건축물의 이용계획	건축물 또는 그 부분의 용도 등, 장래의 증·개축 예정 등에 관한 사항
2. 유지보전 실시 체제	유지 보전을 하기 위한 조직, 유지 보전 업무 위탁, 건축사 기타 전문 기술자의 관여 등에 관한 사항
3. 유지보전의 책임 범위	계획 작성자의 유지보전 책임 범위에 관한 사항
4. 점유자에 대한 지도 등	건축물의 파손시 등에 대한 통보, 사용 제한 준수 등에 관한 사항
5. 점검	점검 개소, 점검 시기, 점검자, 점검시의 판단 기준, 결과 보고 등에 관한 사항
6. 수선	수선 계획 작성, 수선 공사 실시 등에 관한 사항
7. 도서 작성, 보관 등	유지보전 계획서, 확인 통지서, 준공도, 설비 시방서 등의 작성, 보관, 폐기 등에 관한 사항
8. 자금 계획	점검, 수선 등의 자금 확보, 보험 등에 관한 사항
9. 계획 변경	계획 변경 절차(수속)에 관한 사항
10. 기타	앞 각 호에 게재한 것 이외에 유지보전을 하기 위해 필요한 사항

이상에서 기술한 바와 같이 일본의 경우 공공분야를 중심으로 건축물의 유지·관리를 위한 제도적 차원의 지원방안이 이미 마련되어 시행중이고, 기술적인 측면에서도 보다 구체적으로 확립되어 있어 설비의 계획된 보전(유지·관리)방법은 물론, LCC의 산정 및 장기보전계획을 수립, 시행할 수 있게 해주는 시설관리시스템이 개발되어 사용 중이고, 이를 통한 LCC 감축방안 및 보전비의 평준화 및 보전예산 우선순위 책정 등을 위한 LCM(Life Cycle Management)과 시설군의 분석 및 평가가 시행되고 있다. 또한, 소비되는 에너지의 소비량을 파악하고 에너지절약적인 방안을 수립, 시행하며, 집무환경의 향상을 위한 EMS(Environmental Management System)도 구축되어 있다.

반면 국내의 경우에는 주로 업무 및 관리 프로세스의 효율적 수행을 지원하기 위한 FMS 만이 개발, 사용되고 있으나, 이는 본 연구에서 개발대상으로 하고 있는 설비의 유지·관리 업무체계의 단순한 개선 이외의 설비 및 시스템 자체의 성능이나 고장의 진단 그리고 설비의 유지·관리를 위한 세부적인 지침과는 거리가 있는 것으로 판단된다. 결과적으로 건축기전설비의 유지·관리를 통한 성능향상 등 앞에서 기술한 바 있는 각종의 효과를 기대하기 위해서는 제도적인 개선방안의 마련과 아울러, 국내 실정에 적합한 성능, 고장 및 열화진단기법, 그리고 유지·관리방안에 대한 연구가 필수적이라 하겠다.

2. 일본에서의 관련 제도 현황

건축설비의 유지관리와 관련된 일본의 대표적인 제도로는 건축기준법(법률 제201호(1950))[C-1]와 관공청 시설의 건설 등에 관한 법률(법률 제181호(1951), 제67호(2004))[C-5] 및 그와 관련되는 정령 및 고시 또는 기준 등을 들 수 있다.

가. 건축기준법

먼저 건축기준법 제8조(유지보전)에서는 건축물의 소유자, 관리자 또는 점유자는 그 건축물의 부지, 구조 및 건축설비가 항상 적법한 상태로 유지되도록 노력하여야 한다고 규정하고, 관람집회시설, 의료시설, 숙박시설, 공동주택 등 주거용 건물, 교육시설, 체육시설 및 판매시설 등 동법 제6조(건축물의 건축 등에 관한 신청 및 확인)에서 정하는 내화건축물 또는 준내화건축물로 하지 않으면 안되는 특수 건축물의 경우에는 그 건축물의 소유자 또는 관리자로 하여금 당해 건축물의 부지, 구조 및 건축설비를 항상 적법한 상태로 유지하기 위해 필요에 따라 그 건축물의 유지

보전에 관한 준칙 또는 계획을 작성하는 등 적절한 조치를 취할 것을 의무화하고 있다. 또 국토교통성 장관은 해당 준칙 또는 계획의 작성에 관하여 필요한 지침을 정할 수 있도록 하고 있다.

또한 동법 제12조(보고, 검사 등)에서는 승강기 및 동법 제6조(건축물의 건축 등에 관한 신청 및 확인)에서 정하는 건축물과 기타 법령으로 정하는 건축물 중 국가, 都道府縣 및 건축주사를 두고 있는 市町村의 건축물 이외의 건축물의 승강기를 제외한 건축설비로서 특정행정청이 지정하는 것의 소유자는 해당 건축설비에 대해서 국토교통성령으로 정하는 바에 따라 정기적으로 1급 건축사나 2급 건축사 또는 국토교통대신이 정하는 자격을 갖는 자에게 검사(당해 건축설비의 손상, 부식 및 열화상황의 점검을 포함한다)를 받고 그 결과를 특정행정청에 보고하도록 규정하고 있다.

이와 관련하여 동법 시행규칙(건설성령 제40호(1950)) 제6조(건축설비 등의 정기보고)에서는 건축설비 등의 종류, 용도, 구조 등에 대하여 대략 6개월부터 1년까지의 간격을 두어 특정행정청이 정하는 시기에 보고하도록 규정하고 있고, 보고시에는 특정행정청이 규칙에 의해 별도로 정하는 경우를 제외하고는 승강기의 경우는 별표 제36호의3(정기검사 보고서)의 양식에 의한 보고서 및 별표 제36호의3의2(정기검사보고 개요서) 양식에 의한 정기검사보고 개요서에, 승강기를 제외한 건축설비 등의 경우에는 별표 제36호의4(정기검사 보고서(승강기 등 이외의 건축설비 등)) 양식에 의한 보고서 및 별표 제36호의4의2(정기검사보고 개요서(승강기 등 이외의 건축설비 등)) 양식에 의한 정기검사보고 개요서의 서식을 따르도록 하고 있다.

한편 국가, 都道府縣 및 건축주사를 두고 있는 市町村 소재건축물의 승강기 및 동법 제6조(건축물의 건축 등에 관한 신청 및 확인)에서 규정한 건축물과 기타 법령에서 정하는 건축물 중 국가, 都道府縣 및 건축주사를 두고 있는 市町村의 건축물의 승강기 이외의 건축설비에 대해서는 국가기관의 장 등이 국토교통성령에서 정하는 바에 따라 정기적으로 1급 건축사나 2급 건축사 또는 동등한 자격을 가진 자에게 손상, 부식 등 열화상황에 대한 점검을 받도록 되어 있다.

이와 관련하여 동법 시행규칙 제6조의2(국가기관의 장 등에 의한 건축설비 등의 점검)에서는 점검은 1년 이내마다 실시하는 것으로 하되, 검사필증을 교부받은 날 이후 최초의 점검에 대해서는 당해 검사필증의 교부를 받은 날로부터 계산하여 2년 이내에 실시하는 것으로 하고 있다.

이상과 같은 규정에 해당되는 건축물은 동법 시행령(정령 제338호(1950))[(C-2)] 제16조(정기보고를 필요로 하는 건축물) 및 제14조의2(권고의 대상이 되는 건축물)에

서 5층 이상이거나 연면적이 1000평방미터를 초과하는 건축물로 정하고 있다.

동법 제101조(벌칙)에서는 동법 제12조(보고, 검사 등)에서 규정하는 보고를 하지 않거나 허위로 보고한 자에 대해 50만엔 이하의 벌금에 처하고, 그 위반이 건축주, 공작물의 건설자나 건축설비의설치자의 고의에 의한 경우에는 당해 설계자나 공사시공자를 처벌하는 이외에도 당해 건축주, 공작물의 건설자 또는 건축설비의 설치자에 대하여도 동항의 형을 부과하도록 규정하고 있다.

이와 같은 규정에 기초하여 각 지방자체단체의 장은 동법과 동법 시행령 및 동법 시행규칙에 따라 규정하여야 할 사항 및 구의 장 및 건축주사가 동법, 동법 시행령 및 동법 시행규칙에 따라서 각 지자체의 조례를 시행하는데 필요한 사항을 시행세칙으로 정하여 시행하고 있으며, 동경의 目黑區 세칙 제13호(1965)[C-4]는 그 일례이다.

그림 6.1은 건축기본법에 따라 현재 일본에서 시행 중인 건축물 및 건축설비의 정기검사 보고 업무의 흐름도를 알기 쉽게 도식화 한 것이다.

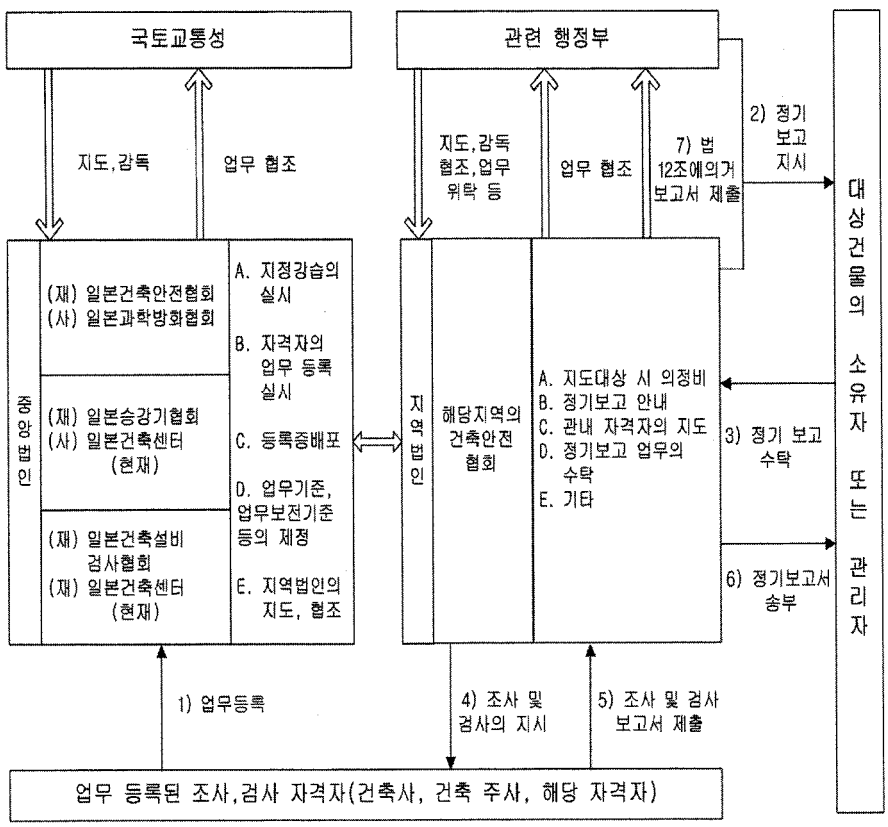


그림 6.1 정기검사 보고 업무 흐름도(일본)[C-16]

나. 관공청 시설의 건설 등에 관한 법률

앞에서 기술한 건축기준법과는 별도로 관공청 시설 건축물에 설치되어 있는 건축기전설비의 유지 관리에 관한 사항은 건설 등에 관한 법률(법률 제181호(1951), 제67호(2004))에서 규정하고 있는데, 동법 제11조(국가기관의 건축물 등의 보전)에서는 각성, 각 청의 장은 관장하고 있는 건축물 및 그 부대시설을 적정하게 보전하여야 한다는 선언적 규정을 두고 있고, 동법 제12조(국가기관의 건축물의 점검) 제2항에서는 각 성, 각 청의 장은 관장하고 있는 건축물로서 정령으로 정하는 것의 승강기 이외의 건축설비에 대하여 국토교통성령으로 정하는 바에 따라 정기적으로 1급 건축사 혹은 2급 건축사 또는 건축기준법 제12조(보고, 검사 등) 제3항의 자격을 가지는 자에게 손상, 부식 등 열화의 상황에 대한 점검을 받아야 한다고 규정하고 있다.

이와 아울러 동법 제13조(국가기관의 건축물에 관한 권고 등)에서는 국토교통대신이 국가기관의 건축물 및 그 부대시설의 위치, 규모 및 구조 등의 보전에 있어 기준을 정하여 관계 국가기관에 실시할 것을 권고할 수 있고, 관계 국가기관에 대하여 국가기관 건축물의 영선 및 그 부대시설의 건축 등에 이 보전에 관한 필요한 보고 또는 자료의 제출을 요구할 수도 있으며, 국가기관의 건축물 및 그 부대시설의 적정한 보전을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 부하의 직원으로 하여금 실시를 위한 지도를 할 수 있도록 규정하고 있다.

한편 동법 시행규칙(건설성령 제38호(2000))에서는 각성, 각 청의 장이 관장하고 있는 건축물로서 정령으로 정하는 건축설비에 대하여 동법 제12조(보고, 검사 등)의 점검을 1년 이내마다 실시하는 것으로 하되, 건축기준법 제18조(국가, 都道府縣 또는 건축주사를 두는 市町村의 건축물에 대한 확인, 검사 또는 시정조치에 관한 수속의 특례) 제7항(동법 제87조의2(건축설비에의 준용)에서 준용하는 경우를 포함)의 규정에 의한 검사필증을 교부 받은 날 이후 최초의 동법 제12조(보고, 검사 등)의 점검에 대해서는 전항의 규정에 관계없이 당해 검사필증의 교부를 받은날로부터 계산해 2년 이내에 실시하는 것으로 규정하고 있다.

이와 같이 동법 제12조(국가기관의 건축물의 점검)는 '관공청 시설의 건설 등에 관한 법률 제12조(국가기관의 건축물의 점검) 제1항의 규정에 의해 그 부지 및 구조에 관한 열화상황의 점검을 요하는 건축물을 정하는 정령(정령 제193호(2005))'에 의해 건축물의 부지 및 구조에 대해서는 사무소나 이와 유사한 용도로 제공하는 건축물 중 2층 이상이거나 연면적이 200 평방미터를 초과하는 건축물에 대해 적용하는 것으로 되어 있으나, 건축설비에 대해서는 특별한 규정이 없는 것으로 조

사되었다. 그림 6.2는 관공청 시설의 보전계획 업무 흐름도를 보여주고 있다.

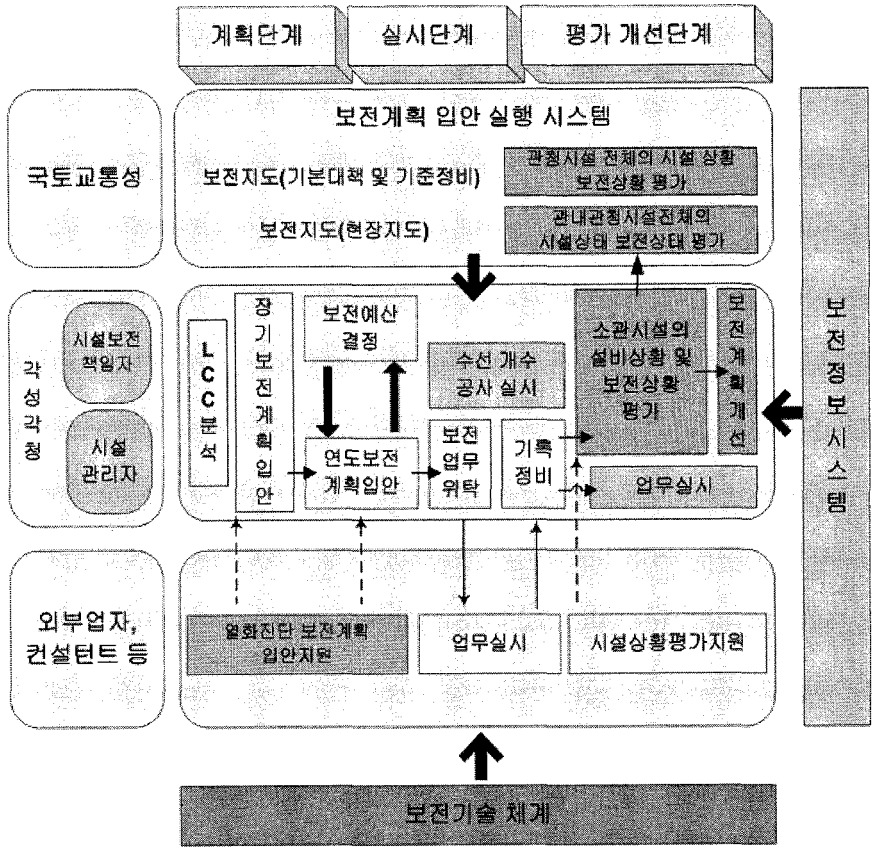


그림 6.2 관공청 시설의 보전계획 업무 흐름도(일본)[C-6]

다. 건축물 점검 매뉴얼

국토교통성에서는 건축기준법 제12조(보고, 검사 등) 및 관공청시설의 건설 등에 관한 법률 제12조(국가기관의 건축물의 점검)에 의거하여 행하는 점검(법정 점검) 그리고 동법 제13조(국가기관의 건축물에 관한 권고 등)에서 정하는 '국가기관의 건축물 및 그 부대시설의 보전에 관한 기준'에서 정하는 지장이 없는 상태를 확인하기 위하여 국가기관의 건축물 및 그 부대시설에 대하여 행하는 점검의 방법, 유의사항 등을 규정함으로써 지방자치단체의의 장에 의한 적정한 보전에 기여하는 것을 목적으로 건축물 점검 매뉴얼을 작성하여 제공하고 있다. 이 매뉴얼은 모든 국가기관의 건축물 및 그 부대시설에 적용되며, 크게 '보전의 기준 대응표'와 '점검

매뉴얼' 부분으로 구성되어 있다.

보전의 기준 대응표는 국가기관의 건축물 및 그 부대시설의 보전의 기준의 각 별표에서 규정하는 점검대상이 되는 각 부위와 지장이 없는 상태 및 점검매뉴얼 각 항목과의 관계가 알기 쉽게 대응번호를 부여하고 있고, 점검매뉴얼은 실제 점검을 상정한 점검장소의 순으로 건축물 등의 각부위, 설비 등 별로 '체크포인트 및 점검방법'을 기재하고 있다. 본 매뉴얼에 기초하여 점검 등을 실시한 경우에는 그 결과를 기록함과 아울러 계속적으로 보관하여 시설의 유지관리 등에 활용할 수 있다.

제 3 절 제도개선 기본 방향

건축물에 설치되는 건축기전설비의 경우 시간이 경과함에 따라 필연적으로 노후화가 진행되고 성능저하가 발생하게 된다. 최근의 지속적인 경제성장 및 그에 따른 생활수준의 향상은 주거환경의 고급화 및 자동화 등 설비 및 시스템에 새로운 기능을 요구하게 되었고, 그 기능을 수행하기 위한 성능진단 및 유지·관리의 체계화에 대한 요구도 점차 증가하고 있다. 한편, 최근에는 단순히 건축기전설비의 물리적 노후화에 대응하는 차원을 넘어 주거환경의 개선이나 자원 및 에너지의 절약 또는 자연환경의 보전 등 사회적 니즈에 따른 열화에도 대응하기 위하여 건축물은 물론 설비에 대한 리모델링(remodeling)에 대한 요구도 크게 증가하고 있다.

그러나 이와 같은 요구에도 불구하고 설비의 합리적인 유지관리 및 리모델링의 수행을 위한 체계적인 방법론이나 의사결정을 위한 이론적 배경은 부족하며, 이를 지원할 수 있는 제도적인 장치도 매우 부족한 실정이다. 그 이유로는 먼저 기존의 자료들이 설비의 유지관리를 위한 참고자료의 성격으로 어느 정도 수준의 관리자라면 이미 인지하고 있는 사실들을 정리한 소극적인 유지관리 매뉴얼로서, 설비 및 시스템의 고장 및 그 원인에 대한 객관적이고 정량적인 진단과 설비의 유지관리에 물리적, 경제적 및 사회적 니즈의 반영 및 적극적이고 체계적인 유지관리의 시행을 통한 시의적절한 유지보수 및 고장원인의 조기발견을 위해서는 내용이 크게 부족한 실정이다. 또한, CM 및 전산기술의 발달로 업무용 및 상업용 건물분야에서 도입이 시작되고 있는 FMS나 건물군관리시스템 등의 눈부신 발전과 비교해 볼 때 기술적 차이는 매우 큰 실정이다. 따라서 설비의 유지관리를 위한 구체적인 제도적 장치가 뒷받침되지 못하면 해당 기술이 실효를 거둘 수 없다는 점을 고려하여 관련제도의 제정 및 시행이 시급한 것으로 판단된다.

그림 6.3은 유지관리 프로세스의 개선방안을 보여주는 것으로 유지관리업무의 체계화를 위하여 오프라인(off-line) 측면에서는 유지관리 매뉴얼, 체크리스트 등을 유지관리업무에 활용하고, 온라인(on-line) 측면에서는 건물별 FMS의 도입 및 건물군관리시스템 등을 유지관리업무에 활용함으로써 건축기전설비에 대한 유지관리업무를 체계화할 수 있다.

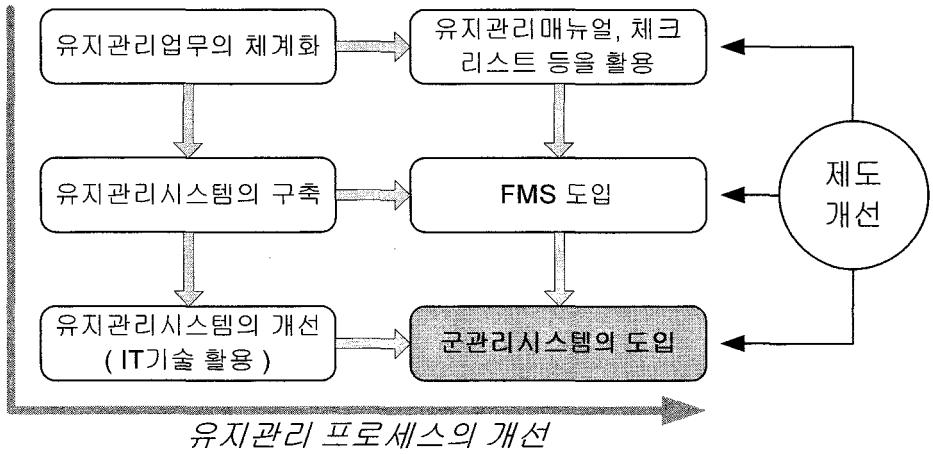


그림 6.3 유지관리 프로세스의 개선방안

건물군관리시스템 도입 활성화를 위한 지원방안으로는 군관리시스템 도입시의 인센티브 제공 방안 검토, 군관리시스템에 대한 표준 시방서(또는 표준 사양서) 검토, 건축기계설비공사 표준시방서 상의 자동제어설비공사 내용 검토 등이 있을 수 있다. 예를 들어, 건축기계설비공사 표준시방서 상에는 아래와 같이 시설물 관리(facilities management) 기능 및 원격감시시스템에 대한 소개만을 하고 있으나, 표준시방서에 이 들 시스템에 대한 표준 사양 등을 제공함으로써 FMS 및 건물군관리시스템의 도입 활성화를 도모할 수 있다. 또한, 건축기계설비공사 표준시방서 내용에 기기의 성능분석을 위한 자동제어 관제점 확대 및 계측기기에 대한 정밀도 규정 등의 추가가 필요하다. 표준시방서 상에는 계측용 온도조절기에 대한 검출 정밀도 규정은 있으나, 압력 및 유량검출기에 대한 정밀도 규정은 없는 실정이다.

한편, FMS 및 건물군관리시스템 도입 활성화를 위해서는 지능형건축물 세부평가기준(자동제어의 의한 에너지 절약기법 적용 항목)에 EMS(Energy Management System)의 한 기능으로써 열원기기(보일러, 냉동기 등)의 성능(효율, COP 등)을 확인할 수 있는 진단시스템이 구축되어 있으면 가점을 줄 수 있는 방안 등을 검토할 수 있다.

건축기계설비공사 표준시방서

제6장 자동제어설비공사
제2절 중앙관제설비공사
1.3.13 시설물 관리(facilities management) 기능
시스템에서 자동적으로 수집된 데이터와 수작업으로 입력한 데이터에 따라 데이터베이스를 구축하고, 이것을 적절히 활용하여 건물이 유지관리 및 환경을 분석하고, 진단정보를 제공하는 것으로 한다. 이에 대한 상세한 기능은 해당 공사의 공사시방서에 따른다.
1.3.14 원격감시
필요한 경우 인터넷 전용선 또는 일반 전화망을 통한 원격 감시 및 관리가 가능한 시스템을 적용한다.

지능형 건축물 세부평가기준

지침번호 M-2-04-02/중분류 : 제어설비/평가항목 가중치 : 1/3
평가항목 : 자동제어의 의한 에너지 절약기법 적용/평가범주 : 상대적 정량평가
1. 평가목적: 건축설비 자동제어시스템에 다양한 에너지절약 기법을 적용하여 공조설비 부분에서 에너지절약이 가능하도록 한다.
2. 적용범위: 건물전체
3. 평가방법
 가. 에너지절약 기법의 적용 개수에 따라 평가한다.
 나. 제어방식: CO_2 농도에 의한 외기도입량 제어, 엔탈피제어, 열원대수제어, Night Purge 제어, 외기보상제어, 최적기동/정지 제어 등
 다. 이상의 항목 이외 에너지절약 제어방식을 적용하였을 경우는 인증위원의 합의에 따라 인정할 수 있다.
4. 평가척도 : 5개 이상 적용-배점 5, 4개 적용-배점 4, 3개 적용-배점 3, 2개 적용-배점 2

이상과 같이 건축기전설비의 유지관리와 관련된 국내외 제도를 검토한 결과 일본의 경우 건축물의 소유자 또는 관리자, 중앙 정부 및 지방 정부의 역할과 임무가 분명히 주어져 있고, 관련 업무를 관장하는 법인으로 하여금 제도에서 규정하고 있는 사항을 시행하도록 하고 있다. 구체적으로는 제도를 시행하는 법인은 자격이 있는 전문가의 등록을 받아 그룹을 형성하게 하고, 건축물의 소유자 또는 관리자로 하여금 일정 주기마다 전문가 집단의 진단을 받아 조사 및 검사보고서를 제출하도록 하고 있다. 관공서 등 공공의 건축물의 경우에는 관공청 시설의 건설 등에 관한 법률로서 더욱 철저하게 관리하고 있다.

반면 국내의 경우에는 별도의 제도로 정하는 일부의 설비를 제외하고는 유지관리가 체계적으로 이루어지지 않음으로써 건축의 소유자 또는 관리자의 의지나 수준에 따라 좌우되며, 특히 공공건물의 경우 유지관리 전문회사와의 관리계약 체결시 최저가 입찰방식을 적용함으로써 제한된 재정지원에 따른 관리부실이 초래되고 있다. 이상의 고찰을 통하여 건축기전설비의 유지관리를 위한 제도개선 기본 방향을 다음과 같이 정리할 수 있다.

□ 건축설비가 항상 소기의 기능을 확보하기 위해서는 건축기전설비의 유지관리에 관한 제도적 지원이 필요하며, 여기에는 설비의 유지관리 전문회사와의 계약방식에 관한 규정, 설비의 교체를 위한 내구년한의 설정, 건축물의 소유자 또는 관리자의 임무 부여, 관련 제도를 시행하기 위한 시스템의 구축 등 다양한 사항이 검토되어야 한다.

□ 이미 오래 전에 확립된 제도를 가지고 있는 일본의 경우와는 달리 최근 눈부시게 발전하는 전자통신 분야 기술과의 접목을 통하여 온라인 시스템의 구축을 지원하기 위한 제도의 마련이 요구된다.

□ 건축기전설비의 유지관리에는 건축물 단위로 시행하는 방안, 다수의 건축물을 그룹 단위로 묶어서 시행하는 군관리 방안 등이 검토될 수 있으며, 보다 체계적인 관리를 위해서는 건물 단위, 지역 단위 및 국가 단위의 관리체계를 구축할 필요가 있다.

□ 여기서 각각의 관리단위는 고유의 임무가 부여될 수 있다. 예로써 건물 단위의 관리체계에서는 각 요소설비의 유지관리에 가장 기본이 되는 각종 설비의 운전자료 수집업무를 수행하고, 이 자료 중의 일부는 지역 단위의 관리체계로 보내져서 고장진단 등의 임무를 수행하여 필요시 수리전문업체에 정보를 송출하는 것을 구상할 수 있다. 한편 국가 단위의 관리체계에서는 건축설비 시스템의 설계 및 운전 그리고 이를 구성하는 각종 기기의 설계에 필요한 D/B를 구축함과 동시에, 건축물의 용도 및 규모 등에 따른 운전결과의 비교를 통하여 전문가 집단으로 하여금 정밀진단을 받도록 할 수 있을 것이다.

□ 이와 같은 방안은 공공건물에 우선적으로 적용한 후, 민간부문의 자발적 참여를 유도하는 것이 바람직할 것이다.

□ 이상에서 설명한 유지관리체계 구축방안의 개념도를 그림 6.4에 도시하였다.

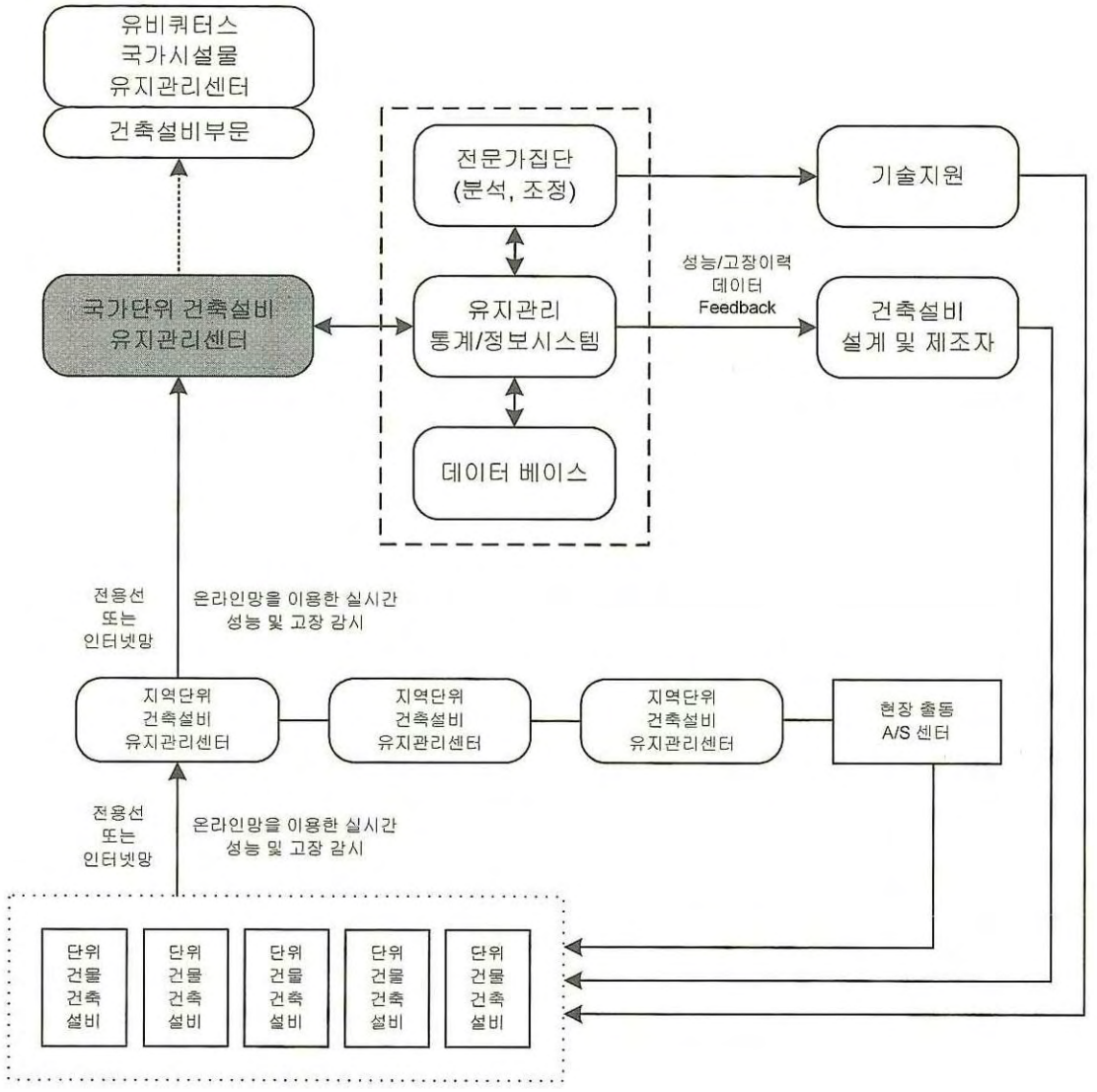


그림 6.4 건축기전설비 유지관리체계 구축방안

제 4 절 제도개선(안)

1. 건축설비 온라인 유지관리시스템 구축·운영 지침(안)

건축설비 온라인 유지관리시스템 구축·운영 지침(안)

제1장 총 칙

제1조 (목적) 건축법 제35조(건축물의 유지관리) 및 제62조(건축설비기준 등)와 건축법 시행령 제87조(건축설비설치의 원칙)의 규정에 따라 건축설비의 유지관리가 용이하도록 하기 위하여 공공기관에서 "건축설비 온라인 유지관리시스템"(이하 "유지관리시스템")을 구축·운영하고자 하는 경우에 준수해야 할 최소한의 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조 (용어의 정의) ① 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "건축설비"란 건축법 제2조(정의) 제1항에서 규정한 건축물에 설치하는 전기·전화 설비, 초고속 정보통신 설비, 지능형 홈네트워크 설비, 가스·급수·배수(配水)·배수(排水)·환기·난방·소화(消火)·배연(排煙) 및 오물처리의 설비, 굴뚝, 승강기, 피뢰침, 국기 게양대, 공동시청 안테나, 유선방송 수신시설, 우편함, 저수조(貯水槽), 그 밖에 국토해양부령으로 정하는 설비를 말한다.
2. "온라인 유지관리시스템"란 유무선 통신망을 이용하여 원격지에서 각 종 설비의 유지관리를 목적으로 운전실적 및 알람정보, 가동이력 등에 대한 데이터를 수집하여 저장, 분석, 통계 처리하는 일련의 시스템을 말한다.
3. "플랫폼 및 기반구조" 기술 분야는 유지관리시스템을 구축, 유지, 사용할 수 있도록 지원하는 하드웨어, 네트워크, 미들웨어, 운영체제 등의 기반 기술 분야를 말한다.
4. "요소기술" 기술 분야는 플랫폼 및 기반구조에서 유지관리시스템을 구현하는데 필요한 소프트웨어 기술 분야를 말한다.
5. "인터페이스" 기술 분야는 타 시스템 또는 타 서비스와의 연계를 위한 기술 분야를 말한다.

② 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 제1항에서 정한 것을 제외하고는 관련 법령

및 고시, 정보기술아키텍처 도입·운영지침 제7조 제1항에 따른 범정부 기술참조모형에서 정하는 바에 의한다.

제3조 (적용범위) ① 이 지침은 공공기관이 유지관리시스템을 신규 구축·운영함에 있어 계획수립, 개발, 시험, 운영 및 유지관리 등 전 단계에 적용한다.
② 기존에 구축되어 있는 유지관리시스템의 경우에는 개선 또는 유지·보수하고자 할 때에 적용한다.
③ 제1항 및 제2항의 규정에도 불구하고, 국토해양부장관이 필요하다고 인정하는 경우에 대해서는 기술지침을 별도로 정하여 적용할 수 있다.
④ 이 지침이 적용되는 시설의 세부 범위는 별표 1호와 같다.

제4조 (기본 원칙) 유지관리시스템의 효율적 도입 및 운영을 위해 준수해야 할 기본 원칙은 다음 각 호와 같다.

1. 공공기관의 장은 효율적인 시설운영 및 에너지절약을 위하여 건축설비에 대한 온라인 유지관리시스템 도입여부를 검토할 수 있다. (공공기관의 장은 사업계획서 및 제안요청서 작성시 설계자에게 본 지침을 준수하여 유지관리시스템 도입여부를 검토하도록 지시할 수 있다.)
2. 유지관리시스템에 적용되는 기술은 표준화된 개방형 기술을 사용하는 것을 원칙으로 한다. 단, 비표준의 폐쇄형 기술을 사용하는 경우에는 사유를 명시하여야 한다.
3. 유지관리시스템의 구축·운영시 관련된 법률, 규정, 지침 등을 식별 및 정의하고 준수하여야 한다.
4. 데이터는 신뢰성을 위한 무결성, 일치성 및 보안을 위한 기밀성, 가용성이 확보될 수 있도록 구축되어야 한다.

제5조 (유지관리시스템의 구성) ① 유지관리시스템은 각 건물의 건축설비 운전 및 운영정보를 수집하는 건물단위 시스템과 다수의 건물로부터 데이터를 수집하여 가공 및 분석하는 지역단위 시스템 및 지역단위 시스템으로부터 필요데이터를 수집하여 통계 처리하는 국가단위 시스템으로 구성한다.
② 건물단위 시스템은 단위 건물에서의 사용자(건물주, 건물관리자 등)가 브라우저 등 다양한 사용자 환경에서도 서비스를 이용할 수 있도록 표준 기술이 준수되어야 하고, 건물주 등 사용자의 비전문성을 고려하여 사용자 편의성을 강조하여 설계·구현을 검토하여야 한다.

③ 지역단위 시스템간 서비스의 연계 및 통합에는 웹서비스 적용을 검토한다.
④ 지역단위 시스템을 관리하기 위한 유지관리센터를 설치하고, 유지관리센터는 시스템의 서버를 관리 및 운영한다.
⑤ 유지관리시스템의 사용자 정의는 별표 2와 같다.

제6조 (유지관리시스템의 주요 기능) ① 유지관리시스템은 이중감시기능 및 분석, 통계처리, 보고서 작성 기능 등이 포함되어야 하며, 응용서비스의 예는 별표 3과 같다.
② 응용서비스의 종류는 사용자의 요구사항 및 적용 현장 건물의 여건에 따라 달라질 수 있다.

제2장 분야별 기술지침

제7조 (플랫폼 및 기반구조 계획) ① 데이터베이스는 관리기능이 제공되어야 하며, 데이터베이스 관리자를 지정하여 운영하여야 한다.
② 유지관리시스템의 운영에 사용되는 네트워크는 보안성, 안전성 및 확장성이 보장되도록 구축·운영하여야 한다.
③ 유지관리시스템 운영에 사용되는 통신장비는 IPv4와 IPv6가 동시에 지원되는 장비를 채택하여야 한다.
④ 하드웨어는 이기종간 연계가 가능하여야 하며, 특정 기능을 수행하는 임베디드 장치 및 주변 장치는 해당 장치가 설치되는 유지관리시스템과 호환성 및 확장성이 보장되어야 한다.
⑤ 재해 또는 재난 등에 대비하기 위하여 유지관리시스템의 백업시스템을 구축하고, 시스템에 저장된 전산자료에 대하여 정기적인 백업을 실시한 후 백업된 전산자료를 국토해양부장관이 정하는 기간 동안 보관하여야 한다.
⑥ 플랫폼 및 기반구조에 관한 세부 지침은 정보시스템 구축·운영 기술지침에 따른다.

제8조 (요소기술 분야) ① 응용서비스는 컴포넌트화하여 개발하는 것을 원칙으로 한다.
② 데이터는 데이터 공유 및 재사용, 데이터 교환, 데이터 품질 향상, 데이터베이스 통합 등을 위하여 표준화되어야 한다.
③ 패키지소프트웨어는 타 패키지소프트웨어 또는 타 정보시스템과의 연계를 위해

데이터베이스 사용이 투명해야 하며 다양한 유형의 인터페이스를 지원하여야 한다.
④ 요소 기술 분야 세부 지침은 정보시스템 구축·운영 기술지침에 따른다.

제9조 (인터페이스 분야) ① 각 건물의 자동제어시스템 및 관리시스템을 유지관리시스템과 인터페이스하기 위해서는 별표 4의 사항을 면밀히 검토하여 결정하여야 한다.
② 인터페이스에 관한 세부 지침은 정보시스템 구축·운영 기술지침에 따른다.

제10조 (계량기 및 계측센서의 활용) ① 각 기기의 에너지소비량 및 운전정보, 성능파악을 위해서는 에너지사용설비에 대한 계량기 및 각 기기에 대한 필요한 계측센서를 이용하여 운전실적 데이터의 자동 취득을 도모해야 한다. 기기별 성능계산식 및 성능분석을 위하여 필요한 측정데이터의 종류는 별표 5와 같다.
② 유지관리시스템 구축에 필요한 데이터는 최대한 자동제어시스템의 감시데이터를 활용하고, 그 외에 필요한 데이터는 계측센서를 별도로 설치한다.
③ 데이터는 실시간과 비실시간으로 구분하고, 전송주기를 표준화한다.

제3장 시스템 운영지침

제11조 (유지관리시스템 운영센터의 운영 등) ① 국토해양부장관은 유지관리시스템 운영센터(이하 "운영센터"라 한다)를 설치한 경우 운영센터의 장이 된다.
② 국토해양부장관은 유지관리시스템의 운영 및 지원업무를 법인 또는 기관(이하 "위탁기관"이라 한다)에 위탁할 수 있다.

제12조 (운영계획의 수립) 제11조 규정에 의하여 유지관리시스템의 운영 및 지원업무를 위탁받은 법인 또는 기관의 장은 매년 다음 각 호의 사항이 포함된 유지관리시스템 운영계획을 수립하여 시행하여야 한다. 이 경우 위탁기관의 장은 유지관리시스템 운영계획에 관하여 국토해양부장관의 승인을 얻어야 한다.

1. 유지관리시스템의 운영에 필요한 인력 및 조직에 관한 사항
2. 유지관리시스템 운영 및 유지보수에 관한 사항
3. 유지관리시스템 이용 활성화에 관한 사항
4. 유지관리시스템 보안 및 재해복구 등에 관한 사항
5. 유지관리시스템 사용자 교육에 관한 사항
6. 유지관리시스템 성능 향상에 관한 사항
7. 그 밖에 유지관리시스템 운영을 위하여 필요한 사항

제13조 (운영협의회의 구성·운영) ① 유지관리시스템의 공동구축, 공동이용, 이용촉진, 표준화 등에 관한 사항을 협의하기 위하여 운영센터의 장 또는 운영센터의 장이 지정하는 직원으로 유지관리시스템운영협의회(이하 "운영협의회"라 한다)를 구성·운영한다.
② 운영협의회의 운영을 위하여 필요한 사항은 운영협의회의 심의를 거쳐 운영협의회의 규약으로 정한다.

제14조 (유지관리시스템의 사용권한 관리) ① 유지관리시스템은 사용권한 관리자를 둔다.
② 권한관리자는 사용자의 업무분장에 따라 사용자가 열람 또는 처리할 수 있는 전산자료의 범위를 정하여 시스템 사용권한을 부여함으로써 사용자가 시스템 사용권한의 범위 안에서만 전산자료를 열람 또는 처리하도록 하여야 한다.
③ 권한관리자는 사용자의 업무 변경, 인사이동, 퇴직 등으로 업무분장에 변동이 있을 경우 즉시 유지관리시스템 사용 권한을 변경하거나 폐지하여야 한다.
④ 권한관리자는 사용자가 사고·출장 등으로 인하여 유지관리시스템 사용 권한에 따른 업무를 처리하기 곤란한 경우에는 운영센터 장의 승인을 받아 그 업무를 다른 사용자가 처리할 수 있도록 사용 권한을 변경할 수 있다.
⑤ 권한관리자는 유지관리시스템 사용 권한 부여·변경 및 폐지에 대한 기록을 유지하여야 한다.

제15조 (기술개발 및 지원) ① 운영센터의 장은 유지관리시스템 사용자의 편의증진 및 관련 기술개발을 위하여 필요한 조치를 하여야 한다. 이를 위하여 관련 전문가 풀을 운영할 수 있다.
② 운영센터의 장은 관계부처·학계·연구기관 또는 관련업체로부터 유지관리시스템 기능에 대한 개선 요구가 있고 그 타당성이 인정되는 때에는 필요한 조치를 하여야 한다.
③ 운영센터의 장은 유지관리시스템에 대한 기술개발이 필요하다고 인정되는 때에는 예산의 범위 내에서 학계·연구기관 또는 관련업체에 기술개발에 필요한 개발비를 지원할 수 있다.

제16조 (보안대책) ① 운영센터의 장은 시스템의 파괴 또는 기능마비 등을 방지하기 위하여 건물 운영자와 협의 후 다음 각 호의 보안대책을 마련하여야 한다.
1. 건물단위별, 지역단위별, 국가단위별 보안관리 책임자 지정

2. 시설 및 장비 보호관리 업무수행

3. 시설 및 장비의 파괴, 정보의 교란 등 불순행위 방지대책의 수립·시행

② 운영센터의 장은 제1항의 규정에 의한 보안대책 외에 유지관리시스템 사용자인 공공기관의 장이 시스템 운영에 관하여 보안대책을 요청하는 때에는 이를 검토한 후 필요한 조치를 하여야 한다.

부 칙

제1조 (시행일) 이 지침은 2008년 ○월 ○일부터 시행한다.

제2조 (지침의 적용) 이 지침의 시행일 이전에 결정된 유지관리시스템은 본 지침에 따라 수립된 것으로 본다.

[별표 1] 유지관리시스템 구축 및 운영 대상설비

구 분			기기의 종류
1단계	공조설비	열원기기	보일러, 냉동기, 냉온수기, 열펌프 등
		반송기기	공기조화기(AHU), 펌프, 팬코일유닛 등
		기타	냉각탑, 빙축열시스템, 축열조 등
2단계	급배수·위생설비		펌프, 부스터펌프, 저수조, 배관 등
	환기설비		송풍기 등
	전기설비		배전반, 변압기 등

[별표 2] 유지관리시스템 사용자 정의

구분	정의
관제센터 요원	관제센터에서 여러 건물의 설비 상태를 감시하고 유지보수에 필요한 작업을 관리하는 운영자
전문 기술자	설비별 또는 설비분야별로 보다 전문적인 기술과 지식을 가지고 고장을 진단하거나 분석하는데 참여하는 기술자로 관제센터에 상주할 수도 있고 외부업체에 근무하는 기술자일 수도 있다.
건물 운영자	건물 내에 상주하면서 설비들의 운용을 감시, 단순 점검, 조치하는 운영자
건물 관리자	건물 내 설비의 교체나 변경 등 유지관리 상에 의사결정의 책임이 있는 건물소유주와 같은 의사결정자
정책 결정자	건설분야의 정책을 결정하는 중앙 또는 지자체 행정 관료로서 건물이나 설비에 대한 보고서나 통계자료를 참조하는 권한만 갖는다.
수리요원	설비를 수리하는 기술자로 관제센터 내에서 직접 관리할 수도 있고 외부업체의 기술자일 수도 있다
점검요원	설비의 예방점검을 전문적으로 담당하는 기술자로 관제센터 내에서 직접 관리할 수도 있다. 외부업체의 기술자일 수도 있다

[별표 3] 유지관리시스템의 주요 기능 및 목적

구 분		주요기능	목 적	도 구	세부목적
지역단위	감시 및 경보	운전상태 및 실내환경 감시	운전상태 확인, 실내 환경 개선	온라인상태 감시시스템	각 설비별 On/Off 접점을 통해 운전상태 감시 / 실내 온도, 습도, CO2 점검을 통한 실내환경감시
		위험요소 알림	안전도모	온라인 위험 경보시스템	설비별 이상상태에 대한 위험 알림 / 물탱크, 배수탱크의 수위 경보로 물넘침 방지 / 연감지기에 의한 화재 알림 경보
	진단 및 분석	성능진단 및 분석	운전비 절감	생애주기 분석시스템 (LCCAS)	최적경제수명 도출을 통한 장비별 교체시기 결정 / 성능효율분석을 통한 보수, 수선시기 결정 / 개수(리모델링) 시의 설계자료로 제시 / 건물 부분별 유지관리비용분석을 통해 원인분석
		고장진단 및 분석	보수비용 절감	고장검출 및 진단 분석 시스템 (FDDS)	고장을 사전에 예측함으로써 사후보전에 따른 손실과 에너지 낭비를 막음
		에너지 소비량 분석	에너지 소비량 절감	에너지관리 시스템 (EMS)	건물 연면적 대비 전체 에너지소비량 및 부분별 소비율을 비교하여 문제시 정밀진단 권고 / 최대 전력수요를 조절함으로서 전력피크치 제어
		운전 지원	운전비 절감, 실내 환경 개선	최적운전 제어 지원시스템	일정기간 동안의 운전데이터를 분석하여 최적운전제어방법을 컨설팅 / 최적운전제어를 통해 설비의 적은 운전비 사용으로 보다 쾌적한 실내 환경 구축
	실행	관리 지원	관리비용 감소	시설관리 시스템 (FMS)	작업관리를 통해 보수, 교체 등 작업이력 제공 / 자재관리를 통해 작업시 필요 자재 공급 / 도면관리를 통해 고장 또는 이상발생 시 위치정보 제공
		보수 지원	신속한 보수 및 품질향상 도모	보수 지원시스템	SMS 기능, 출동기능, A/S 업체 관리 기능, 교육
국가단위	정보 서비스	DB 구축 및 통계·분석	장비 및 시스템 설계지원, 정부 정책지원	설비유지 관리 통계서비스 (FMSRS)	국내 전반적인 건물 유지관리 비용 통계·분석 및 DB 구축 / 장비 및 시스템 설계 시 정보지원, 정부 정책지원 / 건물유지관리현황 문제점에 관해 피드백

[별표 4] 연동 인터페이스에 대한 설계시 검토사항

항 목	검토사항
데이터 전송 신뢰성 및 무결성	· 데이터의 종류, 중요도, 실시간성을 고려하여, 데이터 전송에 있어서의 신뢰 수준을 정의하고 보장하여야 한다. · 동일한 데이터가 여러 저장 장소에 저장되어 있는 경우, 정의된 실시간성의 한계 내에서, 데이터가 동일하게 유지되어야 한다.
확장 유연성	· 기 구축된 시스템에 새로운 관리 시스템을 추가하고자 할 때, 용이하여야 한다. · 예를 들어, 공조 설비 관리 시스템에 전기 설비 관리 시스템을 추가하려고 할 때, 손쉽게 추가할 수 있어야 한다.
확장 안정성 및 기능의 독립성	· 새로운 기능을 추가하거나, 기존 기능을 변경하고자 할 때, 새로운 기능의 문제로 인하여 타 기능이 영향을 받지 않아야 한다. · 문제 발생 시 책임 소재가 명확할 수 있도록 개발 범위가 정의되어야 한다.
표준	· 관련 표준이 있는 경우 적극적으로 활용한다. · 표준화가 필요한 경우 표준을 제시할 수 있어야 한다.
보안성	· 전체 시스템 및 네트워크에 대한 보안성을 확보하여야 한다. · 데이터 및 분석 결과 데이터에 대한 보안성을 확보하여야 한다.
기술 외적인 요인	· 관련 업체 내부의 기술 기준 및 설계 정보를 타 업체에 필수적으로 제공하지 않아도 전체 시스템을 구축할 수 있어야 한다.

[별표 5] 기기별 성능계산식 및 성능분석을 위하여 필요한 측정데이터의 종류

기기	성능 계산식	측정데이터의 종류
보일러	$\eta = \frac{G_W\{X(h'' - t_W) + (1-X)\times(h' - t_W)\}}{(G_O \times Hh)} \times 100(\%)$ $X = [\{0.46\times(t_1 - 99.09) + 638.81 - h'\}/\gamma] \times 100(\%)$ $L_f = \frac{W_2}{W_m} \times 100$ G_W : 급수유량(㎥/min) / t_W : 급수온도(℃) G_O : 연료소비량(㎥/min) / X : 증기의 건도 h'' : 측정압력에서의 포화증기 엔탈피(㎉/kg) h' : 측정압력에서의 포화수 엔탈피(㎉/kg) Hh : 연료의 총발열량(kJ/kg) 0.46 : 과열증기의 평균 비열(㎉/kg℃) t_1 : 건도계 출구 증기 온도(℃) 99.09 : 1㎏f/㎠(절대압) 포화증기 온도(℃) 638.81 : 출구측 포화증기 엔탈피(㎉/kg) γ : 측정압력에 대한 증발 잠열(㎉/kg, 압력은 절대압력) W_2 : 발생증기량(㎥/min) / W_m : 최대발생증기량(㎥/min)	급수유량 급수온도 포화증기온도 포화증기압력 연료소비량

([별표 5] 계속)

기기	성능 계산식	측정데이터의 종류
전기 압축식 냉동기	$COP=\frac{Q_e}{W}=\frac{\dot{m}C_P(T_o-T_i)}{W}$ Q_e : 증발열량(kcal/h) W : 입력전력(kW) T_i : 냉수의 입구 온도(℃) T_o : 냉수의 출구 온도(℃) $\dot{m}$: 유량질량(kg/s) C_P : 물의 비열(kcal/kg℃)	냉수 입구온도 냉수 출구온도 냉수유량 고압반 전력량 기기측반 전력량 (제어회로) 보조기기 전력량 (냉수펌프, 냉각펌프, 냉각탑 팬, 냉각탑 전기히터 등의 전력량)
흡수식 냉동기	$COP=\frac{Q_e}{Q_g}$ $Q_e=G_e\times1000\times(T_{ei}-T_{eo})$ $Q_g=(H_g\times G_g)+W$ Q_e : 증발열량(kcal/h) Q_g : 고온재생기 가열열량(kcal/h) G_e : 냉수 유량(m^3/min) T_{ei} : 냉수 입구온도(℃) T_{eo} : 냉수 출구온도(℃) H_g : 연료의 저위발열량(kJ/kg) G_g : 연료 사용량(m^3/min) W : 소비전력(kWh)	냉수 입구온도 냉수 출구온도 냉수유량 연료 사용량 기기측반 전력량 (냉매펌프, 제어회로, 블로어 등의 전력량) 보조기기 전력량 (냉수펌프, 냉각펌프, 냉각탑 팬, 냉각탑 전기히터 등의 전력량)
펌프	$\eta=\frac{0.163\gamma QH}{L_S}\times100$ γ : 유체의 비중량(kg/m^3) Q : 유체 출구 유량(m^3/min) H : 전양정(m) L_s : 축동력(kW)	유체 출구유량 소비전력 토출압력 흡입압력
송풍기	$\eta=\frac{Q\times P_t}{6.120\times L}$ Q : 풍량(m^3/min) P_t : 전압(mmAq) L : 동력(kW)	풍량 전압 소비전력

3. 지침의 적용방안

가. 건축법(일부개정 2008.06.05, 법률 제9103호)

제35조 (건축물의 유지·관리) ① 건축물의 소유자나 관리자는 건축물, 대지 및 건축설비를 제40조부터 제58조까지, 제60조부터 제64조까지 및 제66조부터 제68조까지의 규정에 적합하도록 유지·관리하여야 한다.
② 제1항에 따른 건축물 유지·관리의 기준 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제62조 (건축설비기준 등) 건축설비의 설치 및 구조에 관한 기준과 설계 및 공사감리에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제68조 (기술적 기준) ① 제40조, 제41조, 제48조부터 제52조까지, 제62조, 제64조 및 제66조에 따른 대지의 안전, 건축물의 구조상의 안전, 건축설비 등에 관한 기술적 기준은 이 법에서 특별히 규정한 경우 외에는 국토해양부령으로 정하되, 이에 따른 세부기준이 필요하면 국토해양부장관이 세부기준을 정하거나 국토해양부장관이 지정하는 연구기관(시험기관·검사기관을 포함한다), 학술단체, 그 밖의 관련 전문기관 또는 단체가 국토해양부장관의 승인을 받아 정할 수 있다.
② 국토해양부장관은 제1항에 따라 세부기준을 정하거나 승인을 하려면 미리 건축위원회의 심의를 거쳐야 한다.
③ 국토해양부장관은 제1항에 따라 세부기준을 정하거나 승인을 한 경우 이를 고시하여야 한다.

나. 건축법 시행령 (일부개정 2008.05.26, 대통령령 20791호)

제23조 (건축물의 유지·관리) ①건축물의 소유자 또는 관리자는 1년에 1회 이상 정기점검을 실시하여 건축물·대지 및 건축설비가 법 제26조제1항의 각 규정에 적합하도록 유지·관리하여야 한다.
②시장·군수·구청장은 제1항에 따라 유지·관리되는 건축물 중 「집합건물의 소유 및 관리에 관한 법률」의 적용을 받는 집합건축물로서 건축조례가 정하는 건축물에 대하여는 법 제28조에 따른 건축지도원(이하 "건축지도원"이라 한다)으로 하여금 국토해양부령이 정하는 점검표에 따라 유지·관리의 실태를 점검하게 할 수 있다. 이

경우 유지·관리의 실태를 점검받는 건축물의 소유자 또는 관리자는 그 건축물을 점검하는 건축지도원에게 협조하여야 한다. <개정 2008.2.29>
③제2항에 따라 건축지도원이 점검할 수 있는 건축물의 유지·관리의 항목은 다음 각 호와 같다. 다만, 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」에 따른 1종시설물 또는 2종시설물에 속하는 건축물은 제3호에 따른 구조안전 항목의 점검을 생략할 수 있다. <개정 2008.2.22>
1. 대지 : 법 제30조, 법 제32조, 법 제32조의2, 법 제33조, 법 제37조에 적합한지 여부
2. 높이 및 형태 : 법 제47조, 법 제48조, 법 제50조, 법 제51조 및 법 제53조에 적합한지 여부
3. 구조안전 : 법 제38조에 적합한지 여부
4. 화재안전 : 법 제39조 내지 제41조, 법 제43조 및 법 제44조에 적합한지 여부
5. 건축설비 : 법 제55조 및 법 제57조에 적합한지 여부
④시장·군수·구청장은 제2항에 따른 점검결과 필요하다고 인정되는 경우 법 제69조에 따라 시정명령 등의 필요한 조치를 할 수 있다.

제87조 (건축설비설치의 원칙) ①건축설비는 건축물의 안전·방화 및 위생과 에너지 및 정보통신의 합리적 이용에 지장이 없도록 설치하여야 하고, 배관피트 및 닥트의 단면적과 수선구의 크기를 당해설비의 수선에 지장이 없도록 하는등 설비의 유지·관리가 용이하도록 설치하여야 한다. <개정 1997.9.9>
②건축물에 설치하는 급수·배수·냉방·난방·환기·피뢰 등 건축설비의 설치에 관한 기술적 기준은 국토해양부령으로 정하되, 에너지이용합리화와 관련한 건축설비의 기술적 기준에 관하여는 산업자원부장관과 협의하여 정한다. <개정 1993.3.6, 1994.12.23, 1995.12.30, 1998.5.23, 2000.6.27, 2008.2.29>
③건축물에 설치하여야 하는 장애인관련 시설 및 설비는 「장애인·노인·임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률」이 정하는 바에 의한다. <신설 1995.12.30, 1998.2.24, 2005.7.18>
④공동주택, 판매시설, 운수시설, 의료시설, 업무시설, 숙박시설 또는 장례식장의 용도에 공동시청안테나를 설치하는 경우 그 설치 기준은 방송통신위원회가 정하여 고시하는 바에 의한다. <신설 2005.10.20, 2006.5.8, 2008.2.22, 2008.2.29>

다. 건축법 시행규칙 (일부개정 2008.03.14, 국토해양부령 4호)

제23조 (건축물유지·관리점검표) 영 제23조제2항 전단에 따른 건축물유지·관리점검

표는 별지 제24호의3서식에 따른다.
[본조신설 2006.5.12]

라. 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙(일부개정 2008.07.10, 국토해양부령 제33호)

제1조 (목적) 이 규칙은 「건축법」 제62조, 제64조 및 제66조부터 제68조까지와 같은 법 시행령 제87조, 제89조부터 제91조까지 및 제91조의3에 따른 건축설비의 설치에 관한 기술적 기준과 건축물의 열손실방지 및 에너지의 합리적인 이용 등에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다. <개정 1996.2.9, 1999.5.11, 2006.2.13, 2008.7.10>
제2조 (관계전문기술자의 협력을 받아야 하는 건축물)
제3조 (관계전문기술자의 협력사항)
제4조(온돌의 설치기준)
제5조 (승용승강기의 설치기준)
제6조 (승강기의 구조)
제7조 삭제 <1996.2.9>
제8조 삭제 <1996.2.9>
제9조 (비상용승강기를 설치하지 아니할 수 있는 건축물)
제10조 (비상용승강기의 승강장 및 승강로의 구조 <개정 1996.2.9>)
제11조 (공동주택 및 다중이용시설의 환기설비기준 등)
제11조의2 삭제 <1999.5.11>
제12조 삭제 <1999.5.11>
제13조 (개별난방설비)
제14조 (배연설비)
제15조 삭제 <1996.2.9>
제16조 삭제 <1999.5.11>
제17조 (배관설비)
제18조 (음용수용 배관설비)
제19조 삭제 <1999.5.11>
제20조 (피뢰설비)
제21조 (건축물의 열손실방지)
제22조 (에너지절약계획서의 제출)
제23조 (건축물의 냉방설비 <개정 2001.1.17>)

본 연구에서 작성한 "건축설비 온라인 유지관리시스템 구축·운영 지침(안)"은 건축법 제35조(건축물의 유지관리) 및 제62조(건축설비기준 등)와 건축법 시행령 제87조(건축설비설치의 원칙)의 규정에 따라 건축설비의 유지관리가 용이하도록 하기 위하여 공공기관에서 "건축설비 온라인 유지관리시스템"을 구축·운영하고자 하는 경우에 준수해야 할 최소한의 필요한 사항을 정하였다.

한편, 건축설비가 항상 소기의 기능을 확보하도록 FMS 및 건물통합군관리시스템 도입 활성화를 위해서는 설비의 온라인 유지관리에 관한 제도적지원이 필요하며, 본 연구에서 개발된 지침은 이러한 제도개선 방안을 도출하는데 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 본 지침은 체계적인 유지관리를 위한 건물단위, 지역단위 및 국가단위의 역할분담 및 관리체계 개선 및 유지관리업무 수행체계 개선에 대한 제도적 뒷받침을 수행할 것으로 판단된다.

제 7 장 결 론

제 1 절 연구결과

본 연구의 1차년도에서는 국내·외 각종 건축물에 대한 사례조사를 통하여 건축기전설비의 유지관리 현황을 분석하고 건축설비분야에서의 유지관리와 관련된 문제점 및 유지관리의 필요성을 도출하고, 건축기계 및 전기설비에 대한 점검기준과 진단을 통한 유지관리방안을 검토하였다. 또한 각종 설비의 성능 및 고장·열화진단 기법을 조사, 정리하였고, 이와 같은 진단을 효과적으로 수행할 수 있게 지원해주는 설비의 온라인 유지관리방안 및 관련제도의 개선을 위한 기본방향을 도출하였다.

2차년도에서는 최근 들어 활발한 보급이 시도되고 있는 설비관리시스템(FMS : Facility Management System)를 건축기전설비의 성능, 고장 및 열화진단에 활용하는 방안을 검토하고, 이와 아울러 LCC 분석을 기반으로 설비를 유지관리할 수 있도록 지원하기 위한 경제성분석 프로그램을 개발하였다. 이를 위해서 설비의 원격 모니터링 방안 검토 및 LCC 분석 및 유지관리 효과분석을 위한 각종 설비별 비용자료에 대한 데이터베이스를 구축하였다.

본 연구의 최종년도인 3차년도에서는 건축기전설비의 성능유지 및 자원·에너지 절약을 위한 유지관리 프로세스를 구축방안을 검토하고, 효율적인 건축설비의 유지관리를 위하여 온라인 유지관리시스템의 도입을 제안하였으며, 온라인 유지관리시스템의 운영시나리오, 시스템 인터페이스 및 데이터 표준화 방안 등을 검토하였다. 또한, 개발 기술의 활용을 위하여 온라인 유지관리시스템과 관련한 제도개선(안)을 도출하였다. 이상과 같은 연구를 통하여 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 건물에서 컴퓨터를 이용한 다양한 형태의 자동제어시스템이 도입되어 적절한 관리 소프트웨어에 의해 설비가 관리되고 있는 실정이지만 현재 사용되고 있는 중앙감시 소프트웨어는 시스템의 이상이나 고장 등이 발생할 경우 고장의 원인이나 고장 발생 위치를 발견하는데 어려움이 있어, 운용자의 신속한 복구 및 최적 운용에 도움을 주지 못하고 있는 실정이다. 따라서 건물 운용자에게 건물 관리의 최적화, 고장 예지 및 유지 보수 진단 결정을 수행하는데 필요한 정보를 제공해 줄 수 있는 실시간 자동 고장 감지 및 진단 시스템 등의 도입이 필요하다.

(2) 설비 유지관리와 관련하여 선진외국에서는 설비의 자동화 및 건물의 지능화가 진전됨에 따라 온라인을 통한 설비의 원격관리가 도입되고 있으며, 특히, 일본에서 원격관리서비스가 활발히 보급되고 있다. 예를 들어 일본 히타치빌딩시스템의 경우 냉동기에 대한 24시간 원격감시서비스를 수행하고 있으며, 이러한 서비스를 통하여 고장예지기능을 통한 조기 대책의 마련, 고장시의 신속한 대처, 데이터 분석을 통한 경제적인 운전의 제안 및 효과적인 유지관리 계획의 수립 등을 수행하고 있다.

(3) 건축기전설비의 성능 및 열화진단을 위하여 기존에 연구 개발된 각종의 진단기법, 각 기기별 점검기준 등을 검토, 정리하였으며, 온라인 유지관리시스템에 도입될 진단방법 들을 정리하였다.

(4) 건축기전설비의 유지관리 수행여부 또는 그 수준이 경제성의 관점, 특히 시스템이나 장비의 성능향상, 운전비 및 에너지 절감 등에 미치는 영향을 분석하기 위한 생애주기비용(LCC) 기반의 유지·관리 경제성 분석용 프로그램 및 패키지를 작성하였고, 각종 파라미터에 따른 수치실험을 수행하였다. 예측되어진 경제수명을 이용하여 교체주기 변화에 따른 LCC 분석을 수행하였고, 이를 통하여 효율변화에 따른 최적의 교체주기(경제수명) 및 유지관리방안 등을 도출할 수 있었다.

(5) 건축설비 온라인 유지관리시스템과 건물자동제어시스템의 인터페이스를 위하여 건물자동제어시스템의 기술현황 및 시스템 통합방안 등을 검토하였으며, 최근 들어 국내외에 보급되고 있는 시설관리시스템의 구축 사례 및 기술현황을 분석하여 온라인 유지관리시스템과의 연계방안을 검토하였다. 또한, 이를 위하여 건축기전설비에 대한 원격 모니터링 방안 및 수집된 데이터의 활용방안 등을 검토하였다.

(6) 온라인 유지관리시스템의 구축과 관련해서는 설비의 유지관리를 건축물 단위로 시행하는 방안, 다수의 건축물을 그룹 단위로 묶어서 시행하는 군관리 방안 등이 검토될 수 있으나, 보다 체계적인 관리를 위해서는 소규모의 건물 단위, 중규모의 지역 단위 및 대규모의 국가 단위로 구분하여 각각의 기능과 역할을 분담하여 수행하는 시스템의 구축을 제안하였다. 여기서 각각의 관리단위는 고유의 임무가 부여될 수 있다. 예로써 건물 단위의 관리체계에서는 각 요소설비의 유지관리에 가장 기본이 되는 각종 설비의 운전자료 수집업무를 수행하고, 이 자료 중의 일부는 지역 단위의 관리체계로 보내져서 고장진단 등의 임무를 수행하여 필요시 수리 전문업체에 정보를 송출하는 것을 구상할 수 있다. 한편 국가 단위의 관리체계에서는

건축설비 시스템의 설계 및 운전 그리고 이를 구성하는 각종 기기의 설계에 필요한 데이터베이스를 구축함과 동시에, 건축물의 용도 및 규모 등에 따른 운전결과의 비교를 통하여 전문가 집단으로 하여금 정밀진단을 받도록 할 수 있을 것이다.

제 2 절 연구결과 활용을 위한 제언

본 연구 사업에서 개발하고자 하는 기술은 정부에서 제도개선을 위하여 필요로 하는 설비의 유지관리지침 등과 이를 뒷받침하는 유지관리 프로세스 구축을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 기술을 들 수 있다. 먼저 설비의 진단시스템은 초기 설계 과정에서 설정한 설비의 물리적 성능확보 및 진단과 조기 고장예측, 진단 및 신속한 보수에 활용이 가능하고, 동일한 기능의 반복수행이 요구되는 유지관리 업무의 시스템화에 활용될 수 있을 것이다. 이와 아울러 원격 모니터링 및 통합관리에 의한 설비의 신속하고 적확한 관리 및 공공부문 설비의 인력 및 비용요소의 지표 관리에 사용될 수도 있다. 또한, LCC 분석 프로그램에 의해서는 사회적, 경제적 요구조건(니즈)을 고려한 설비의 고장 및 열화도 예측을 위한 유지관리 의사결정 수단으로 활용이 가능할 것이다.

이상에서 기술한 바와 같이 본 연구의 수행을 통하여 건축기전설비의 진단시스템 및 경제성 분석 프로그램을 이용하는 종합 유지관리 프로세스의 구축이 가능할 것이며, 이를 반영한 각종 설비의 유지관리지침의 제정 등 건축기전설비의 성능진단 및 유지관리를 위한 제도개선(안)으로의 활용이 가능할 것이다. 또 부차적인 효과로는 축적된 설비 및 시스템 운전결과를 건축설비와 연관된 각종 장치와 시스템의 설계 및 운전자료로의 활용(피드백)도 촉진할 수 있을 것이며, 또한 현재 민간부문에서 개발, 활용하고 있는 FMS 기술을 한 단계 업그레이드시키는 것으로서 활용가능성이 매우 클 것으로 예상된다. 한편, 본 연구에서 도출된 제도개선 방안 등을 토대로 지식경제부 지원의 실증 연구사업을 추진하여 먼저 몇 개 건물의 공조설비를 대상으로 온라인 통합관리시스템을 시범 구축할 예정이며, 이 사업을 통하여 시스템 구축효과가 입증된다면, 일차적으로 공공부문을 대상으로 시스템 보급 활성화를 도모할 예정이다.

참 고 문 헌

A. 설비 진단 분야

1. 일본전기협동연구회, 열화진단 매뉴얼, 전기서원, 1991
2. 전기서원편집부, 설비진단 오토메이션, 전기서원, 1995
3. 廣崎雅直, 자가용전기설비의 수명진단기술 현상, 전기기술, pp. 28-32, 2001
4. 村田義直, CV케이블의 절연진단기술 현상, 전기기술, pp. 33-40, 2001
5. 野村 聰, 스위치기어의 수명진단, 전기기술, pp. 41-52, 2001
6. 고토카즈미, 변압기의 수명진단, pp. 53-59, 2001
7. 山下武夫, 전력용 콘덴서의 수명진단, 전기기술, pp. 60-66, 2001
8. 佐佐木洋敏, 고압전동기 절연의 수명진단, 전기기술, pp. 67-73, 2001
9. 전력기기 내구연한 제도화 필요한가, 한국전기신문, 2006
10. 신효섭, 유지 관리 개념과 전력부하의 유지관리, 전력기술인, pp. 36-42, 1999
11. 김광화, 전력기기 진단기술, 전기안전, pp. 21-31, 2002
12. 류홍우, 전동기의 열화진단과 고장 대책, 전력기술인, pp. 25-31, 1998
13. 박종일, 건축설비 갱신과 진단, 1999
14. 최도혁, 전기설비 고장사고 예방 및 진단기법에 관한 연구
15. http://www.kesco.net, 2005년도 전기화재 통계
16. IBS KOREA, 지능형빌딩시스템의 입문과 응용, (주) 기다리, 2002
17. 송언빈 외, 건물전력수요제어시스템에 관한 연구, 건기연, 1993
18. 강봉석, 박기주 외, 중소규모 수용가용 전력감시시스템에서의 정보시각화 구현에 관한 연구, 조명전기설비학회지, Vol. 18, No. 2, 2003
19. 김세동 외, 전력관리 효율화 운용방안에 관한 연구, 에너지관리공단, 2008
20. 자가용 전기기술자핸드북, 대한전기협회, 2000
21. 박순재, 이신영, 작동음의 분석을 이용한 펌프의 고장진단, 한국공작기계학회, 2003
22. 홍성화 외 4인, 한국가스공사 연구 개발원, LNG 펌프 고장 진단 시스템 개발, 한국가스학회지, 1998
23. 최영철, 김향한, 베어링 시스템에서 결함을 초기에 진단하는 방법, 한국소음진동공학회
24. 양보석 외 3인, Web을 이용한 회전기계 진동진단 사례베이스의 개발, 한국소음

진동공학회, 1997
25. 함종석 외 6인, 회전기계의 상태감시 및 진단 시스템 개발, 한국소음진동공학회, 2003
26. 신영기, 장영수, 김영일, 뉴로 퍼지를 이용한 냉동기 성능 진단 기법, 대한기계학회 논문집, 2003
27. 김천용, 펌프 및 송풍기의 현장 성능 평가 방법, 설비저널, 2000
28. 류홍우, 전동기의 열화 진단과 고장 대책, 1998
29. 이치웅, 밸브의 진단 시스템, 한국과학기술정보연구원

B. 유지관리 분야

1. 공공건축의 부위 및 설비의 특성 등을 고려한 중장기 수선계획 책정 및 운용을 위한 매뉴얼(안), 국토교통성 종합기술정책연구센터 주택연구부 외, 2005
2. 대형 폐쇄점포 재생대학의 종합 프로듀싱 인재육성사업 강의자료, 경제산업성
3. 공공시설·설비에 관한 사업수행 우선도 평가방법의 설명
4. 시설보전매뉴얼 작성요령, 국토교통성 관청영선부
5. 건축물 점검 매뉴얼, 국토교통성 대신관방관청 영선부 계획과 보전지도실
6. 건축설비 진단평가기준, (사)건축·설비유지보전추진협회(BELCA)
7. 현소유시설 장수명화 기본방침 책정업무
8. Stock Management 기술 검토
9. 시설 종합평가요령(안) 검토업무
10. Green 진단
11. NPM에 의한 공공건축의 경영전략
12. (재)일본건축보전협회(www.bmmc.or.jp) 자료
13. 보전 관련 데이터의 기초적 조사결과
14. 사무소 집무공간의 보전효과에 관한 설문조사
15. 점검 메뉴얼 체크시트, 일본건축보존협회
16. 신효섭, 유지관리의 개념과 전력부하의 유지관리, 조명 · 설비학회지, 1999.
17. 유철로, 고압개폐기의 열화 진단방법, RESEAT.
18. 곽노열 외3인, 통신국사건물 공조설비 기기의 신뢰성 평가 및 고장이력데이터가 노후도 평가에 미치는 영향, 대한건축학회 논문집, 21권/7호, 2005.
19. BELCA, 건축 및 설비 종합 관리 기술자 강습회 텍스트
20. 건축업협회 건축설비부회, 설비기재의 구체적 내구연수에 대한 조사보고서

21. 일본건축학회 건축경제위원회, 수선방식의 표준(내화 건축물의 유지보전에 관한 연구)
22. 김정욱, BACnet를 이용한 빌딩자동제어 시스템
23. 윤영근, 빌딩 자동제어의 군 관리, 대한설비공학회, 2003
24. 건설교통부, 건축물 유지관리 이렇게 합니다, 1999
25. Computer World, 2005년 3월 14일 기사
26. 김남규, 사무소 건물 설비시스템의 통합적 성능개선 방법에 관한 연구, 중앙대학교 박사학위 논문, 2000
27. 건설교통부, 집합건축물의 유지관리 및 보수기법 개발, 2005.
28. 건설교통부, 공동주택의 장수명화를 위한 유지관리시스템 개발, 2004.

C. 제도개선 분야

1. 건축기준법, 법률 제201호
2. 건축기준법 시행령, 정령 제338호
3. 건축기준법 시행규칙, 건설성령 제40호
4. 건축기준법 시행세칙, 目黑區 규칙 제13호
5. 관공청시설의 건설 등에 관한 법률, 법률 제67호
6. 관공청시설의 건설 등에 관한 법률 시행규칙, 건설성령 제38호
7. 관공청 시설의 건설 등에 관한 법률, 정령 제193호
8. 국가기관의 건축물 및 그 부대시설의 보전에 관한 기준, 국토교통성 고시 제551호
9. 국가기관의 건축물 및 그 부대시설의 위치·규모·구조의 기준, 건설성 고시 제2379호
10. 공동주택 관리 적정화 추진센터의 명칭 및 사무소 소재지, 국토교통성 고시 제1326호
11. 국가기관의 건축물 등의 정기점검 실시, 國營管 제58호, 國營保 제10호
12. 국가기관의 건축물 등의 보전에 관한 기준의 실시요령, 國營管 제59호, 國營保 제11호
13. 건축물 점검 매뉴얼의 작성, 國營保 제12호
14. 국가기관의 건축물 등에 있어서 보전계획 작성방법, 國營保 제13호
15. 보전대장 및 보전계획 양식의 작성, 國營保 제19호
16. 정기보고제도 운영요강

17. 건축법, 법률 7715호
18. 건축법 시행령, 대통령령 19163호
19. 건축법 시행규칙, 건설교통부령 475호
20. 정보시스템의 효율적 도입 및 운영 등에 관한 법률, 일부개정 2008.02.29, 법률 제8852호
21. 정보시스템의 효율적 도입 및 운영 등에 관한 법률 시행령, 일부개정 2008.02.29, 대통령령 제20741호
22. 정보시스템의 효율적 도입 및 운영 등에 관한 법률 시행규칙, 일부개정 2008.03.04, 행정안전부령 제1호
23. 정보기술아키텍처 도입·운영지침, 2006.09.11, 정보통신부고지 제2006-35호
24. 정보시스템의 구축·운영 기술 지침, 2006.09.11, 정보통신부고시 제2006-37호
25. 교육정보시스템의 운영 등에 관한 규칙, 일부개정 2008.03.04, 교육과학기술부령 제1호
26. 위성항법보정시스템 전국망 구축 및 운영에 관한 규정, 제정 2000.12.07, 국무총리훈령 제409호

여 백

부 록 A

건물별 자동제어시스템 관제점 일람

여 백

건물 A-1 (연면적 : 367844㎡, 지하2층 지상 13층, 사무용건물)

설비		제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
AHU(Air Handling Unit-CAV) -16Sets		냉·난방 밸브 제어	AO×2	환기 온도	AI	화재경보(이온화 연기감지기)	AL(DI)
		가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기 습도	AI	필터 차압 경보	AL(DI)
		전기 히터 ON/OFF 제어	DO	혼합덕트내 혼합 온도, 전기히터 운전상태	AI, DI		
		외기·배기·환기 댐퍼 제어	AO×3	급기 온·습도	AI×2		
		급기팬 ON/OFF 제어	DO	급기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
		환기팬 ON/OFF 제어	DO	환기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
FCU(Fan Coil Unit) -33Zones		팬 Mg's스위치 ON/OFF	DO		DI		
		냉·난방 밸브 유량 제어	AO		AI		
빙축열 시스템	터보 냉동기-2EA, 무동력 냉각탑-2EA, 축열조-1EA, 냉각수 순환펌프-3EA, 브라인 순환펌프-3EA, 냉수 순환펌프-3EA,	냉수 환수·급수 헤더간 차압 밸브 제어	AO	빙축열CONTROLLER 운전상태	DI	빙축열CONTROLLER 경보	AL(DI)
				터보 냉동기 상태	DI×2	터보 냉동기 이상경보	AL(DI)
				축열조 운전상태	DI		
				방냉 운전상태	DI		
				병렬 운전상태	DI		
				냉각수 순환펌프 상태	DI×2		
				냉수 축열조 수위 감시	AI		
보일러	증기 보일러 -4EA	보일러 ON/OFF 제어	DO	보일러 동작상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2	증기 보일러 이상경보	AL(DI)
				응축수 급수 유니트 동작상태감시	DI	응축수 급수 유니트 이상경보	AL(DI)
	온수 보일러 -1EA	보일러 ON/OFF 제어	DO	보일러 동작상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2	온수 보일러 이상경보	AL(DI)
		난방 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	난방 순환펌프 동작상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
급탕탱크 -2Sets		급탕 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	환탕 온도	AI		
		대류 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	급탕 온도	AI		
		급탕가열밸브 비례제어	AO	급탕 순환펌프 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		

건물 A-2

설비	제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
AHU(Air Handling Unit-VAV) -27Sets	냉·난방 밸브 비례제어	AO×2	환기 온도	AI	화재 경보(이온화 연기감지기)	AL(DI)
	가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기 습도	AI	필터 차압 경보	AL(DI)
	외기·배기·환기 댐퍼 제어	AO×3	환기, 외기 온·습도에 의해 중앙 CPU에서 엔탈피 계산	AI×2		
	급기팬 ON/OFF 제어	DO	급기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
	환기팬 ON/OFF 제어	DO	환기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
			환기 덕트내 CO_2 농도 검출	AI		
			Mixing 덕트내 혼합 온도	AI		
			급기 온도	AI		
VAV CONTROL	VAV 비례제어	AO	실내 온·습도 감시	AI×2		
FCU(Fan Coil Unit) -9Zones	FCU 밸브 ON/OFF	DO	FCU용 온도조절기 검출 온도	AI		
빙축열 시스템	냉수 순환펌프 비례제어	AO	냉수 환수 유량,냉수 급수 압력	AI		
	냉수 순환펌프 ON/OFF	DO	냉수 순환펌프 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI		
			냉수 급·환수 온도	AI×2		
			BRINE CHILLER 상태	DI	BRINE CHILLER 이상경보	AL(DI)
			냉수 축열조 수위 감시	AI		
증기 보일러 -4EA	보일러 ON/OFF 제어	DO	보일러 동작상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2	증기 보일러 이상경보	AL(DI)
	응축수 탱크 보급수 밸브 ON/OFF 제어	DO	응축수 탱크 수위조절기 감시	AI	응축수 고·저수위 경보	AL(DI)
			스팀헤터 압력 감시	AI		
급탕탱크 -3Sets	스팀조절밸브 비례제어	DO	급탕탱크 온도	AI		
			급탕 순환펌프 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
			급수 온도	AI		

건물 A-3

설비	제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
AHU(Air Handling Unit-CAV) -11Sets	온도조절밸브 제어	AO	환기 온도, 급기온도	AI×2	화재 경보(이온화 연기감지기)	AL(DI)
	가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기 습도	AI	필터 차압 경보	AL(DI)
	전기 히터 ON/OFF 제어	DO	Mixing 덕트내 혼합 온도, 전기히터 운전상태	AI, DI		
	외기·배기·환기 댐퍼 제어	AO×3	환기, 외기 온·습도에 의해 중앙 CPU에서 엔탈피 계산	AI×2		
	급기팬 ON/OFF 제어	DO	급기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
	환기팬 ON/OFF 제어	DO	환기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
FCU(Fan Coil Unit)	팬 코일 ON/OFF	DO	팬 상태감시	DI		
	냉·난방 밸브 제어	AO	ZONE별 실내온도 감시	AI		
터보 냉동기 -3EA	냉동기 ON/OFF 제어	DO	냉동기 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2	냉동기 이상경보	AL(DI)
	냉각탑 팬 ON/OFF 제어	DO	냉각수 급·환수 온도	AI×2		
	냉수 펌프 ON/OFF 제어	DO	냉수펌프 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
	냉각수 펌프 ON/OFF 제어	DO	냉각수펌프 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
			냉수 급·환수 온도	AI×2		
증기 보일러 -1EA	보일러 ON/OFF 제어	DO	보일러 동작상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2	증기 보일러 이상경보	AL(DI)
	응축수 탱크 보급수 밸브 ON/OFF 제어	DO	응축수 탱크 수위조절기 감시	AI	응축수 고·저수위 경보	AL(DI)
			스팀헤터 압력 감시	AI		
급수 제어	정수위 밸브 ON/OFF 제어	DO	지하 시·정수수조 수위조절기	AI	고·저수위 경보	AL(DI)
	급수펌프 ON/OFF 제어	DO	고가 시·정수수조 수위조절기	AI	고·저수위 경보	AL(DI)

건물 A-4

설비	제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
AHU(Air Handling Unit-CAV) -3Sets	온도조절밸브 제어	AO	환기 온도, 급기온도	AI×2	화재 경보(이온화 연기감지기)	AL(DI)
	가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기 습도	AI	필터 차압 경보	AL(DI)
	전기 히터 ON/OFF 제어	DO	Mixing 덕트내 혼합 온도, 전기히터 운전상태	AI, DI		
	외기·배기·환기 댐퍼 제어	AO×3	환기, 외기 온·습도에 의해 중앙 CPU에서 엔탈피 계산	AI×2		
	급기팬 ON/OFF 제어	DO	급기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
	환기팬 ON/OFF 제어	DO	환기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
FCU(Fan Coil Unit)	팬 코일 ON/OFF	DO	팬 상태감시	DI		
	냉·난방 밸브 제어	AO	ZONE별 실내온도 감시	AI		
냉·온수기	냉온수기 ON/OFF 제어	DO	냉온수기 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시		냉온수기 이상경보	AL(DI)
	냉각탑 팬 ON/OFF 제어	DO	냉각수 급수 배관 온도조절기	AI		
	냉온수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉수 순환펌프 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
	냉각수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉각수 순환펌프 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
			냉온수, 냉각수 급·환수 온도	AI×4		
			냉온수 헤더 차압 감시	AI		
			냉온수 헤더 급·환수 온도	AI×2		
보일러 -1EA	보일러 ON/OFF 제어	DO	보일러 동작상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2	보일러 이상경보	AL(DI)

건물 A -5

설비	제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
AHU (Air Handling Unit) -8Sets	냉·난방 밸브 제어	AO	급기 온·습도	AI×2	화재 경보(이온화 연기감지기)	AL(DI)
	가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기 온·습도	AI×2	필터 차압 경보	AL(DI)
	전기 히터 ON/OFF 제어	DO	Mixing 덕트내 혼합 온도, 전기히터 운전상태	AI, DI		
	외기·배기·환기 댐퍼 제어	AO×3	급기 온·습도	AI×2		
	급기팬 ON/OFF 제어	DO	급기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
			급기 압력 감시	AI		
	환기팬 ON/OFF 제어	DO	환기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
			급·환기 팬 풍량 감시	AO×2		
냉동기 -1EA	냉동기 ON/OFF 제어	DO	냉동기 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2	냉동기 이상경보	AL(DI)
	냉각탑 팬 ON/OFF 제어	DO	냉각수 급·환수 온도	AI×2		
	냉각탑 동파방지 히터 ON/OFF 제어	DO	냉각탑 동파방지 히터 운전상태	DI		
	냉각수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉각수 순환펌프 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
	냉수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉수 순환펌프 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
			냉수 급·환수 온도	AI×2		
냉온수기 -2EA	냉온수기 ON/OFF 제어	DO	냉온수기 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2	냉온수기 이상경보	AL(DI)
	무동력 냉각탑 밸브 ON/OFF 제어	DO	냉동기 인터록 신호	DI		
			냉각수 급·환수 온도	AI×2		
	냉각수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉각수 순환펌프 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
	냉온수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉온수 순환펌프 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
			냉온수 급·환수 온도	AI×2		
			냉온수 헤더간 차압	AI		
보일러 -2EA	보일러 ON/OFF 제어	DO	보일러 동작상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2	증기 보일러 이상경보	AL(DI)
	보급수 밸브 ON/OFF 제어	AO	응축수 탱크 수위조절	AI	응축수 탱크 고·저수위 경보	AL(DI)

건물 A-6 (연면적 : 367,844㎡, 지하2층 지상 13층, 사무용건물)

설비	제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
AHU(Air Handling Unit-CAV) -대연회장 및 세미나실 등	냉·난방 밸브 제어	AO×2	환기 온도	AI	화재 경보(이온화 연감지기)	AL(DI)
	가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기 습도	AI		
	혼합온도에 의한 예열 밸브제어	AO	Mixing 덕트내 혼합 온도	AI		
	연감지기에 의한 팬 정지제어	DO	급기 온도	AI		
	공조기 기동/정지 제어	DO	급기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
	급기팬 기동/정지 제어	DO	각 댐퍼 및 밸브의 개도 감시	AO		
AHU(Air Handling Unit-CAV) -객실용 및 식당 등	냉·난방 밸브 제어	AO×2	환기 온도	AI	화재 경보(이온화 연감지기)	
	가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기 습도	AI		
	혼합온도에 의한 예열 밸브제어	AO	Mixing 덕트내 혼합 온도	AI		
	급기팬 기동/정지 제어	DO	급기팬 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
냉온수기-2EA	냉온수기, 냉온수 순환펌프, 냉각수 펌프의 기동/정지 제어	DO×3	냉온수기 운전상태, MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2	냉온수기 이상경보	AL(DI)
			냉온수, 냉각수 순환펌프 운전상태	DI×3		
	냉각팬 기동/정지 제어	DO	냉온수, 냉각수 순환펌프 MCC선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×3		
	차압조절밸브에 의한 제어	AO	냉온수 급·환수 온도	AI×2		
			냉각수 급·환수 온도	AI×2		
			냉각팬 상태 및 MCC 선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
			냉온수 헤더의 차압감시	AI		
열교환기 - 객실 난방용	외기 보상에 의한 급수 온도제어	AI×2	온수 온도 감시	AI×2		
	순환펌프의 기동/정지 제어	DO×3	순환펌프의 동작상태, MCC선택스위치의 LOCAL 상태감시	DI×6		
			온도조절밸브의 개도 감시	AO×2		
			외기 온·습도 감시	AI×2		

건물 B-1 (연면적 : 19,780㎡, 지하7층 지상 23층, 복합상가)

설비		제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
AHU(Air Handling Unit-CAV) -52Sets		냉·난방 밸브 제어	AO×2	환기 온도	AI	화재 경보(이온화 연기감지기)	AL(DI)
		가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기 습도	AI	필터 차압 경보	AL(DI)
		전기 히터 ON/OFF 제어	DO	Mixing 덕트내 혼합 온도, 전기히터 운전상태	AI, DI		
		외기·배기·환기 댐퍼 제어	AO×3	급기 온도	AI		
		급기팬 ON/OFF 제어	DO	급기팬 운전상태	DI		
		환기팬 ON/OFF 제어	DO	환기팬 운전상태	DI		
FCU(Fan Coil Unit)		팬 Mg's스위치 ON/OFF	DO	팬 Mg's스위치 동작상태감시	DI		
		냉·난방 밸브 유량 제어	AO	ZONE별 실내온도 감시	AI		
빙축열 시스템	터보 냉동기-2EA, 무동력 냉각탑-2EA, 축열조-1EA, 열교환기-3EA	냉수 순환펌프 비례제어	AO	터보 냉동기 운전상태	DI	냉수 순환펌프 인버터 이상경보	AL(DI)
		냉수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉수 순환펌프 운전상태	DI	터보 냉동기 이상경보	AL(DI)
		냉수 순환펌프 인버터 ON/OFF 제어	DO	냉수 순환펌프 인버터 운전상태	DI		
				냉수 공급온도	AI		
				냉수 환수온도	AI		
증기 보일러 -3EA		보일러 ON/OFF 제어	DO	보일러 동작상태	DI	증기 보일러 이상경보	AL(DI)
		공급·환수 헤더간 차압밸브 제어	AO	증기헤더 압력	AI		
		난방 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	난방 순환펌프 동작상태	DI×2		
열교환기-3Sets		난방 순환펌프 인버터 제어	DO	난방 공급라인 온도	AI		
		난방 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	난방 환수라인 온도	AI		
		급탕가열밸브 비례제어	AO	난방 환수라인 유량	AI		
				난방 순환펌프 운전상태	DI×2		
				난방 순환펌프 인버터 운전상태	DI×2		
				외기 온도감시	AI		
				외기 습도감시	AI		

건물 B-2

설비	제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
AHU(Air Handling Unit) -3Sets	냉난방 밸브 제어	AO	환기 온도, 급기온도	AI×2	화재 경보(이온화 연기감지기)	AL(DI)
	가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기 습도	AI	필터 차압 경보	AL(DI)
	급기팬 ON/OFF 제어	DO	급기팬 운전상태	DI		
	환기팬 ON/OFF 제어	DO	환기팬 운전상태	DI		
	외기·배기·환기 댐퍼 제어	AO×3				
FCU(Fan Coil Unit)	팬 코일 ON/OFF	DO	팬 상태감시	DI		
	냉·난방 밸브 제어	AO	ZONE별 실내온도 감시	AI		
냉·온수기	냉온수기 ON/OFF 제어	DO	냉온수기 운전상태	DI	냉온수기 이상경보	AL(DI)
	냉각탑 팬 ON/OFF 제어	DO	냉각수 급수 배관 온도조절기	AI		
	냉온수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉온수 순환펌프 운전상태, MCC 선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
	냉각수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉각수 순환펌프 운전상태, MCC 선택스위치 LOCAL 상태감시	DI×2		
			냉온수 공급 및 환수 온도	AI×2		
			냉각수 공급 및 환수 온도	AI×2		
보일러 -1EA			보일러 동작상태	DI	보일러 이상경보	AL(DI)
급탕탱크 -1Sets	급탕탱크 가열밸브 비례제어	AO	외기온도	AI		
	급탕 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	급탕 순환펌프 운전상태	DI		
			급탕 온도	AI		
			환수 온도	AI		

건물 B-3

설비	제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
AHU(Air Handling Unit) -4Sets	냉난방 밸브 제어	AO	환기 온도, 급기온도	AI×2	화재 경보(이온화 연기감지기)	AL(DI)
	가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기 습도	AI	필터 차압 경보	AL(DI)
	급기팬 ON/OFF 제어	DO	외기 온도, 습도	AI×2		
	환기팬 ON/OFF 제어	DO	급기팬 운전상태	DI		
	외기·배기·환기 댐퍼 제어	AO×3	환기팬 운전상태	DI		
			댐퍼 개도 감시	DI×2		
FCU(Fan Coil Unit) -14Zones(바닥상치형)	팬 코일 ON/OFF	DO	팬 상태감시	DI		
	냉·난방 밸브 제어	AO	ZONE별 실내온도 감시	AI		
FCU(Fan Coil Unit) -12Zones	급·배기 팬 중앙감시반 신호 또는 TIME SCHEDULE에 의한 ON/OFF 제어	DO	팬 상태감시	DI		
보일러 -1EA	보일러 중앙감시반 신호 또는 TIME SCHEDULE에 의한 ON/OFF 제어	DO	보일러 동작상태	DI	보일러 이상경보	AL(DI)
급탕탱크 -1Sets	급탕탱크 가열밸브 비례제어	AO	급탕 순환펌프 운전상태	DI		
	급탕 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	급탕 온도	AI		
			환수 온도	AI		
응축수 탱크 -2Sets					응축수탱크 고,저수위 경보 감시	AL(DI)×2

건물 B-4

설비	제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
FCU(Fan Coil Unit) -4Zones	팬 코일 ON/OFF	DO	팬 상태감시	DI		
	냉·난방 밸브 제어	AO	ZONE별 실내온도 감시	AI		
온풍기	온풍기 급기팬 기동	DO	온풍기 급기팬 상태	DI		
	온풍기 배기 댐퍼 제어	AO	온풍기 환기팬 상태	DI		
	온풍기 외기 댐퍼 제어	AO	온풍기 환기온도	AI		
냉·온수기 -2EA	냉온수기 ON/OFF 제어	DO	냉온수기 운전상태	DI	냉온수기 이상경보	AL(DI)
	냉각탑 팬 ON/OFF 제어	DO	냉각수 급수 배관 온도조절기	AI		
	냉온수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉온수 순환펌프 운전상태	DI		
	냉각수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉각수 순환펌프 운전상태	DI		
			냉온수 공급 및 환수 온도	AI×2		
			냉각수 공급 및 환수 온도	AI×2		
			냉각탑 팬 상태	DI		
증기 보일러 -2EA			보일러 동작상태	DI	보일러 이상경보	AL(DI)
			보일러 급수펌프 상태	DI		
			보일러 대류펌프 상태	DI		
급탕탱크 -1Sets	급탕탱크 가열밸브 비례제어	AO	외기온도	AI		
	급탕 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	급탕 순환펌프 운전상태	DI		
			급탕 공급온도	AI		
			급탕 환수온도	AI		

건물 B-5

설비	제어 항목	제어 포인트	감시 항목	감시 포인트	경보(알람) 항목	알람 포인트
AHU(Air Handling Unit) -33Sets	냉난방 밸브 제어	AO	환기 온도, 급기온도	AI×2	화재 경보(이온화 연기감지기)	AL(DI)
	가습 밸브 ON/OFF 제어	DO	환기 습도	AI	필터 차압 경보	AL(DI)
	급기팬 ON/OFF 제어	DO	혼합온도	AI		
	환기팬 ON/OFF 제어	DO	기화식 가습기 상태	DI		
	외기· 배기· 환기 댐퍼 제어	AO×3	급기팬 운전상태	DI		
	기화식 가습기 ON/OFF 제어	DO	환기팬 운전상태	DI		
FCU(Fan Coil Unit) -15Zones	팬 코일 ON/OFF	DO	팬 상태감시	DI		
	냉·난방 밸브 제어	AO	ZONE별 실내온· 습도 감시	AI×2		
냉·온수기 -5EA	냉온수기 ON/OFF 제어	DO	냉온수기 운전상태	DI	냉온수기 이상경보	AL(DI)
			냉각수 급수 배관 온도조절기	AI		
	냉온수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉온수 순환펌프 운전상태	DI×2		
	냉각수 순환펌프 ON/OFF 제어	DO	냉각수 순환펌프 운전상태	DI×2		
			냉온수 공급 및 환수 온도	AI×2		
			냉각수 공급 및 환수 온도	AI×2		
			중온수 공급 및 환수온도(영화관)	AI×2		
			난방 공급 및 환수온도(영화관)	AI×2		
			냉온수기 차압(영화관)	AI		
			열교환기쪽 차압(영화관)	AI		
			난방 순환펌프 상태(영화관)	DI		
난방(판매시설)	난방 밸브 제어	AO	기계실 급· 배기상태	DI×2		
	난방 버터플라이밸브 ON/OFF제어	DO	전기실 급· 배기상태	DI×2		
			지하 5층 팬 상태	DI		
냉각탑 -5Sets	냉각탑 팬 ON/OFF 제어	DO	냉각탑 상태	DI		
	냉각수 공급 차단밸브 제어	DO				
	냉각수 환수 차단밸브 제어	DO				
	냉각수 공급 버터플라이 밸브제어	DO				
	냉각수 환수 버터플라이 밸브제어	DO				

여 백

부 록 B

LCC 분석 프로그램 사용자 매뉴얼

여 백

1. 주요 기능

- 장비 유지관리를 위한 생애주기비용(LCC : Life Cycle Cost) 분석
  - 대상 : 한 개의 장비
  - 기설치 장비 대상 LCC 계산
  - 신규 설치 장비 대상 LCC 계산
- LCC 대안별 비교 분석
  - 대상: 한 개 또는 다수의 장비로 이루어진 시스템
  - "장비 유지관리 LCC 분석"에서 미리 수행한 분석 결과를 비교
  - 한 개의 장비에 대하여 여러 가지 환경 및 유지관리 방법에 대하여 LCC 비교 분석
  - 다수의 장비로 이루어진 하나의 시스템에 대하여 LCC 분석
  - 다수의 장비로 이루어진 다수의 시스템에 대하여 LCC 비교 분석

2. 장비 유지관리 LCC 분석

가. 입력 정보

(1) 설비 정보
- 설비에 대한 기본 정보 입력
- 한 개의 설비 선택
- 입력 방법 : 직접 입력, DB에서 가져오기
- 설비 분류 : 대분류, 중분류, 소분류
- 기본 정보 : 모델명, 제조사, 용량, 제조연월일, 사용 에너지원 등
- 설치 정보 : 설치 시기(기설치-설치연월일, 신규 설치), 설치 위치 등
- LCC 계산에 직접적으로는 관련이 없는 정보로 구성

(2) 비용 정보
- 초기 투자비
- 설비 기본 정보 : 대분류-중분류-소분류-모델명 (Read-Only)
- 설치 시기 및 위치 (Read-Only)
- 설비 구입비, 설치비, 기타 초기 비용
- 입력 방법 : 직접 입력

(3) 운전 정보

- 설비 기본 정보 : 대분류-중분류-소분류-모델명, 사용 에너지 (Read-Only)
- 성능 정보
  - · 초기 성능, 성능저하 곡선
  - · 성능 기준
    - i) 냉동기, 열펌프 : COP
    - ii) 그 외 설비: 효율
  - · 입력 방법
    - ı) 지정된 함수: 1차식, 2차식, 파워 함수(P = P0 + a t^b)
    - ii) 데이터 입력
  - · 성능저하 곡선 보기 기능
- 에너지 요금: 직접 입력, DB에서 찾기
- 에너지 사용량
  - · 1년 사용량, 월별 사용량, 시간대별 에너지 사용량 입력
  - · 입력 방법: 직접 입력, (N-BMS 연동-2차 개발)

(4) 금융 정보

- 이자율
- 물가 상승률: 전체적인 물가 상승률 또는 각 항목에 대한 물가상승률
- 기준값을 default 값(DB에서 불러오기)으로 제시 후, 직접 변경 가능

(5) 유지관리 방안

- 설비 기본 정보: 대분류-중분류-소분류-모델명 (Read-Only)
- 유지관리 방안

  유지 관리 유형(점검, 보수 등), 제목, 설명, 비용, 성능 회복량, 주기
- 입력 방법: 직접 입력
- 교체 주기
- 성능저하 곡선 보기: 유지관리 방안이 고려된 성능 곡선 보기

나. LCC 계산

- 계산 기간: 30년
- 계산 항목

· LCC 계산
· 초기투자비 계산
· 운전비 계산
· 유지관리비 계산
- 결과 표시
- 파일로 저장

3. LCC 대안별 비교 분석

가. 주요 기능
- 대상: 한 개 또는 다수의 장비로 이루어진 시스템
- 단일 시스템 구성
  · 하나 또는 다수의 장비 선택
    예) 보일러 선택 또는 보일러+펌프+냉동기 선택
  · 실제 선택은 "장비 유지관리 LCC 분석"을 수행한 리스트에서 원하는 프로젝트를 선택
- 위 같이 구성한 다수의 시스템을 선택
- LCC 계산 및 비교
  · 선택한 다수의 시스템에 대하여
  · LCC 비교 제시
  · 초기 비용 비교 제시
  · 운전비 비교 제시
  · 유지관리비 비교 제시

나. 적용 사례

(1) 사례 1: 유지관리 방법의 영향 분석
- 동일한 하나의 장비
- 여러 가지 유지관리 방법

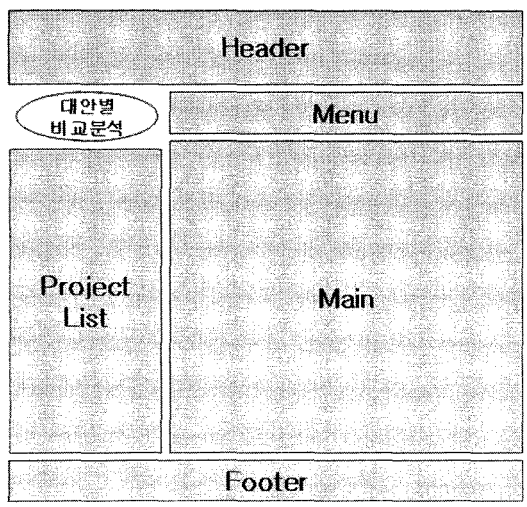
(2) 사례 2: 성능 관계식의 영향 분석
- 동일한 하나의 장비
- 다수의 성능 곡선

(3) 사례 3: 건물 공조 시스템 전체에 대한 LCC 분석
- 시스템 구성: 보일러, 공조기, 냉동기, 펌프 등 구성요소 선택
- 각 장비에 대한 유지관리 방법 결정

(4) 사례 4: 건물 공조 시스템 신규 설계 시 여러 가지 대안 LCC 분석
- 시스템 구성: 보일러, 공조기, 냉동기, 펌프 등 구성요소 선택
- 각 장비에 대한 유지관리 방법 결정
- 여러 가지 구성 방식(대안)으로 다수의 시스템 선택
- 각 구성 방식에 대한 공조 시스템 전체의 LCC 계산 및 비교 분석

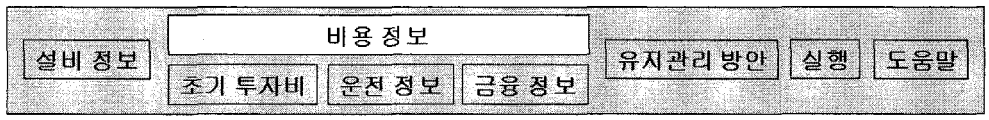
4. 화면 설계

가. 기본 화면 구성
- 상위 메뉴 바
  - 설비 정보
  - 비용 정보: 초기투자비, 운전 정보, 금융정보
  - 유지관리 방안
  - 실행
- 대안별 비교 분석 버튼
- 좌측: 프로젝트 리스트
- 우측: 설정 화면, 결과 출력 화면



나. 상위 메뉴 바 구성

- 설비 정보: 설비 선택 및 기본 정보 입력
- 비용 정보
  - 초기 투자비: 설비 구입비, 설치비, 기타 초기비용 입력
  - 운전 정보: 성능저하 곡선, 에너지사용량, 에너지 요금 입력
  - 금융 정보: 이자율, 물가 상승률 입력
- 유지관리 방안: 유지관리 방안(점검, 보수, 교체 주기 등) 선택
- 실행: LCC 계산 수행 후, 결과 출력
- 도움말: 사용자 도움말



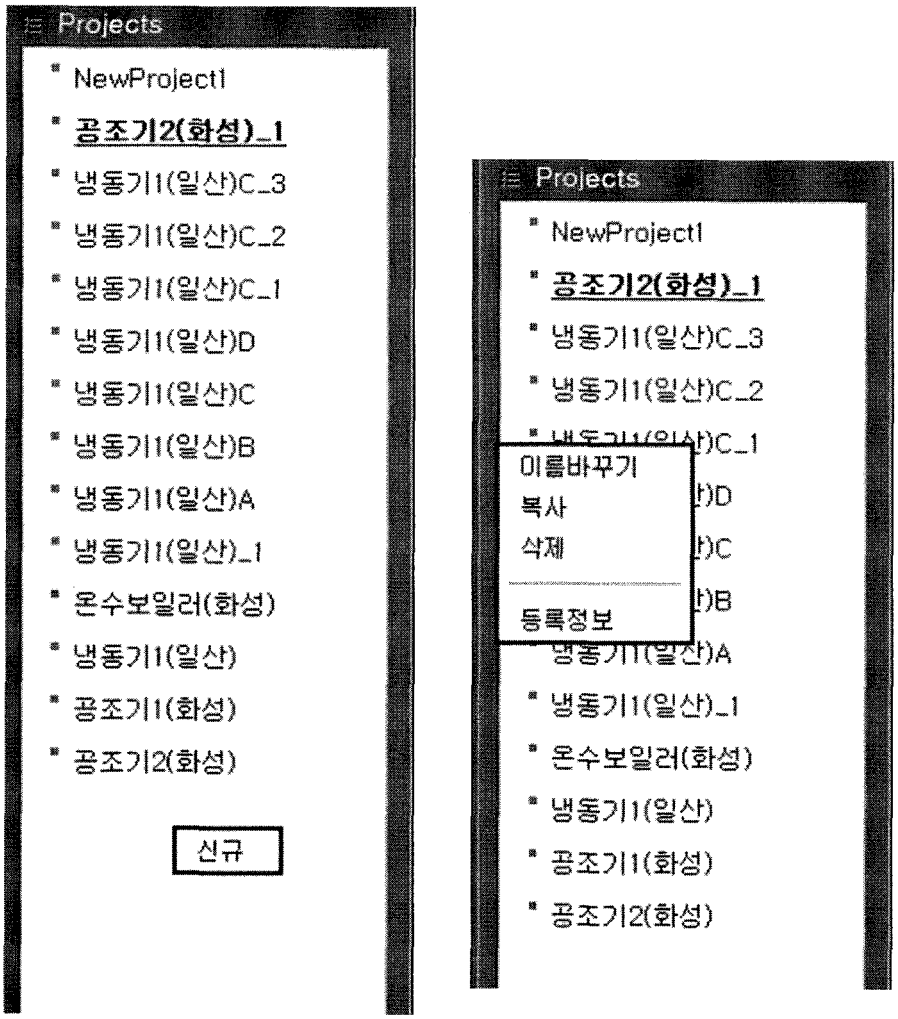
5. 상세 사용 설명

가. 프로젝트 리스트

- 사용자가 작업한 Project 들을 정렬하여 보여줌
- 현재 활성화되어 있는 프로젝트는 다른 프로젝트와 구별되게 표시
- 프로젝트 명 왼쪽 클릭: 메인 화면이 해당 프로젝트에 대한 "설비 정보" 화면으로 이동
- 오른쪽 클릭
  - 프로젝트 명 위에서 클릭: "이름 바꾸기", "삭제", "복사", 등록 정보" 메뉴가 나옴
  - 빈 공간에서 클릭: "신규" 메뉴가 나옴
  - 신규: 프로젝트의 신규 등록을 할 수 있음. 프로젝트 리스트의 가장 위쪽에 "New Project 1"이라는 프로젝트가 생성되며, 프로젝트 명이 변경될 수 있도록 음영 처리됨 (윈도우 탐색기 참조). 이 때 변수는 모두 디폴트 값을 가짐. "New Project 1" 이름의 프로젝트가 존재하는 경우 뒤의 숫자가 하나 증가하여, "New Project 2" 라는 프로젝트가 생성됨. 메인 화면은 새로 생성된 프로젝트에 대한 내용을 보여줌.
  - 삭제: 삭제 확인 창이 나오고, 확인 창에서 "삭제" 또는 "취소"를

선택할 수 있음.

- 복사: 프로젝트가 복사되며 "사본-(복사 대상 프로젝트명)"의 프로젝트 명을 갖는 프로젝트가 리스트의 가장 위쪽에 생성되며, 프로젝트 명이 변경될 수 있도록 음영처리됨.
- 이름 바꾸기: 프로젝트 명이 변경될 수 있도록 음영처리됨.
- 기존에 존재하는 프로젝트와 동일한 이름을 갖는 프로젝트는 생성할 수 없음.



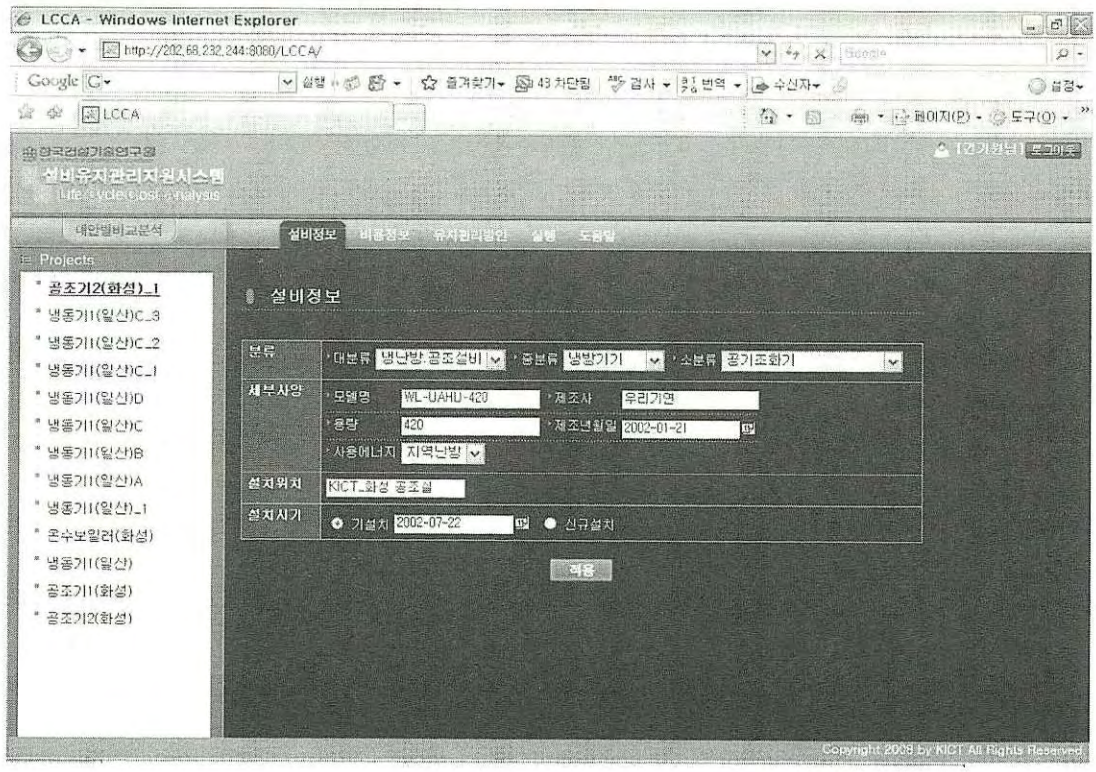
- 프로젝트 위에 마우스 포인터 위치: 프로젝트에 대한 기본 정보 표시.
  - 프로젝트 명
  - 프로젝트 설명
  - 최종 작업 시각 등
- 최초 로그인 시를 위해서 몇 가지의 샘플 프로젝트를 준비한다.

"신규" 보다 템플릿을 이용한 "복사"를 사용하면 편리할 수 있다.

- 등록정보: "등록정보" 팝업 생성
  - 프로젝트 명: Read-Only
  - 프로젝트 설명: 변경 가능
  - 최초 생성 시각: Read-Only
  - 최종 작업 시각: Read-Only

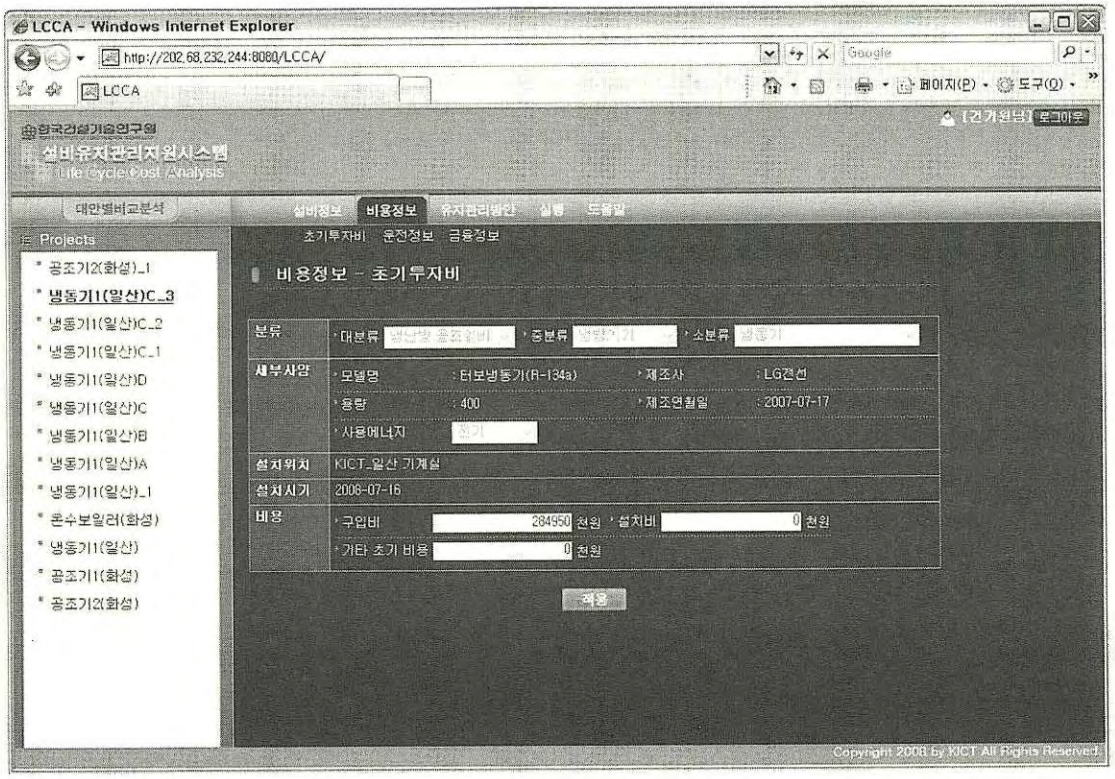
나. 설비 정보

- 설비에 대한 기본 정보 입력
- 한 개의 설비 선택
- 입력 방법: 직접 입력, DB에서 가져오기
- 설비 분류: 대분류, 중분류, 소분류
- 기본 정보: 모델명, 제조사, 용량, 제조연월일, 사용 에너지원 등
- 설치 정보: 설치 시기(기설치-설치연월일, 신규 설치), 설치 위치 등
- LCC 계산에 직접적으로는 관련이 없는 정보로 구성



다. 비용 정보 - 초기 투자비

- 설비 기본 정보: 대분류-중분류-소분류-모델명 (Read-Only)
- 설치 시기 및 위치 (Read-Only)
- 설비 구입비, 설치비, 기타 초기 비용
- 입력 방법: 직접 입력
- 설비 정보에서 "DB에서 가져오기"를 선택하면, 비용정보도 같이 불려 와서 저장된다. 이 정보는 변경이 가능하며, 변경 시에는 Warning 메시지가 출력됨.



라. 비용 정보 - 운전 정보

- 설비 기본 정보: 대분류-중분류-소분류-모델명, 사용 에너지 (Read-Only)
- 성능 정보
  - 초기 성능, 성능저하 곡선
  - 성능 기준
    i) 냉동기, 열펌프: COP
    ii) 그 외 설비: 효율
  - 입력 방법

i) 지정된 함수: 1차식, 2차식, 파워 함수(P = P0 + a t^b)

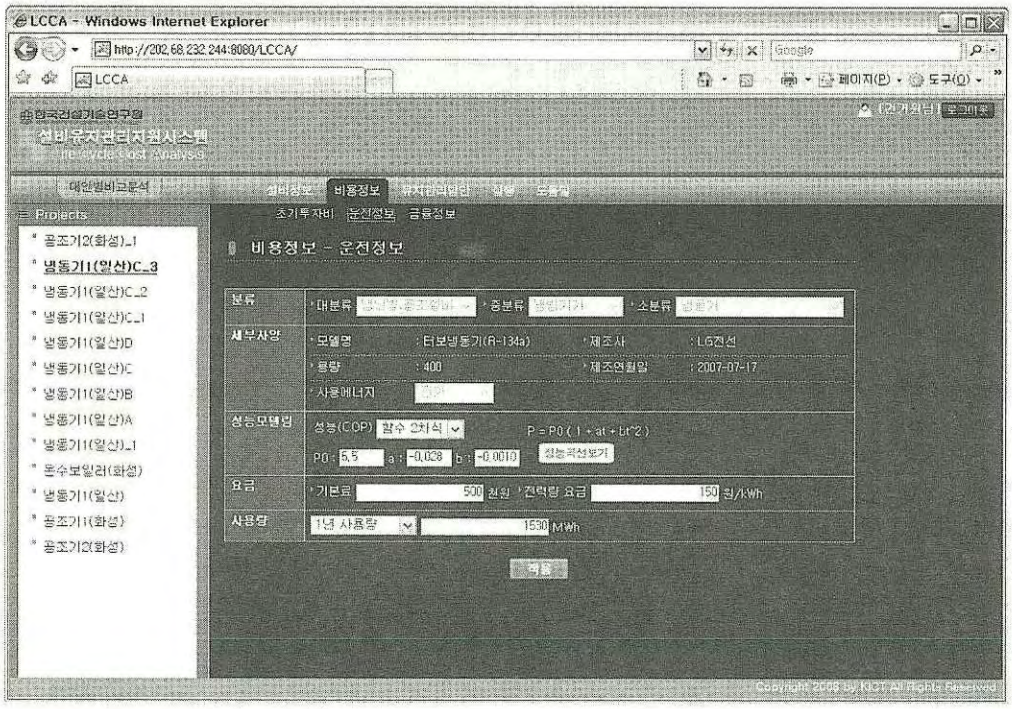
ii) 데이터 입력

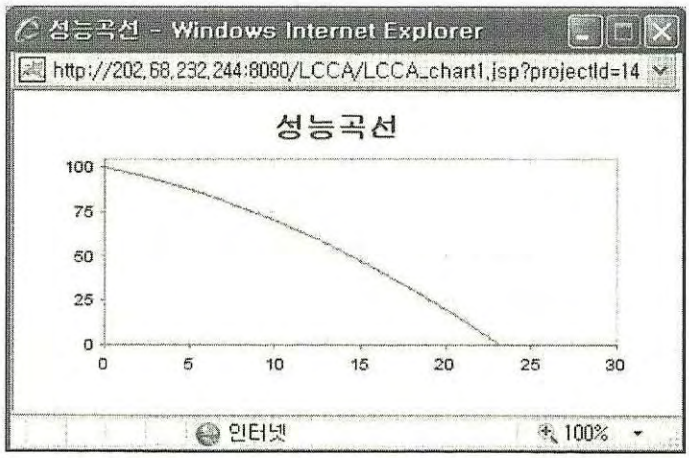
· 성능저하 곡선 보기 기능

- 에너지 요금: 직접 입력, DB에서 찾기
- 에너지 사용량

· 1년 사용량, 월별 사용량, 시간대별 에너지 사용량 입력

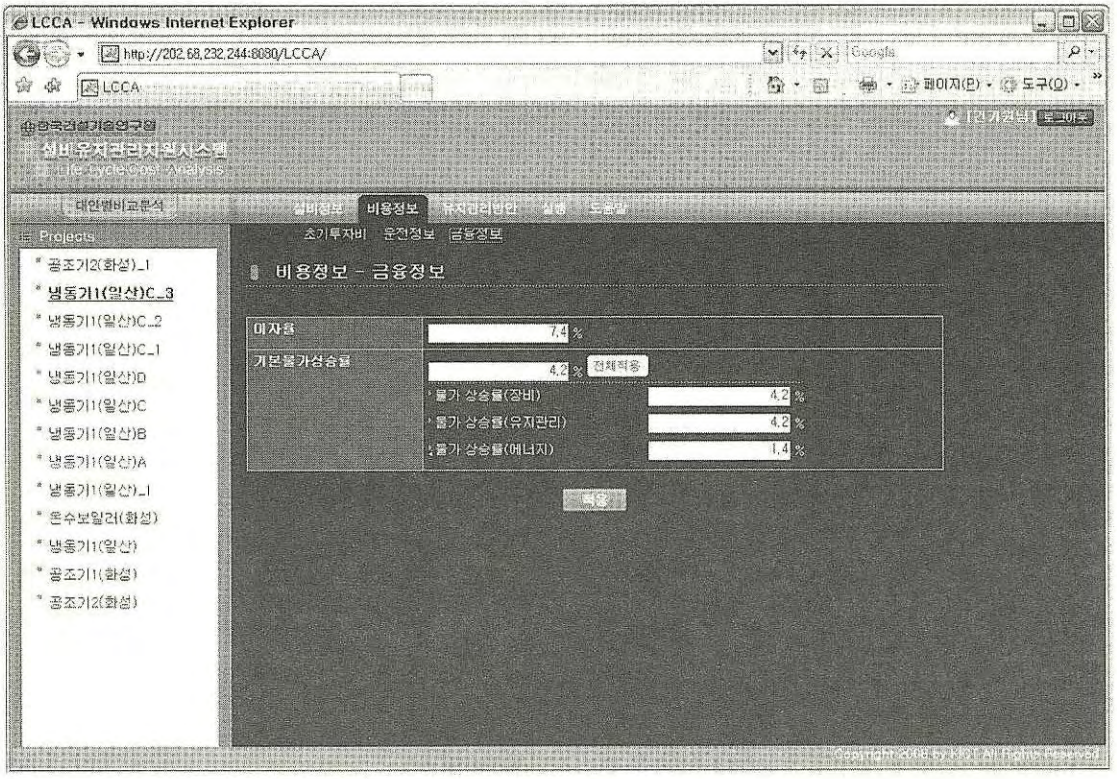
· 입력 방법: 직접 입력





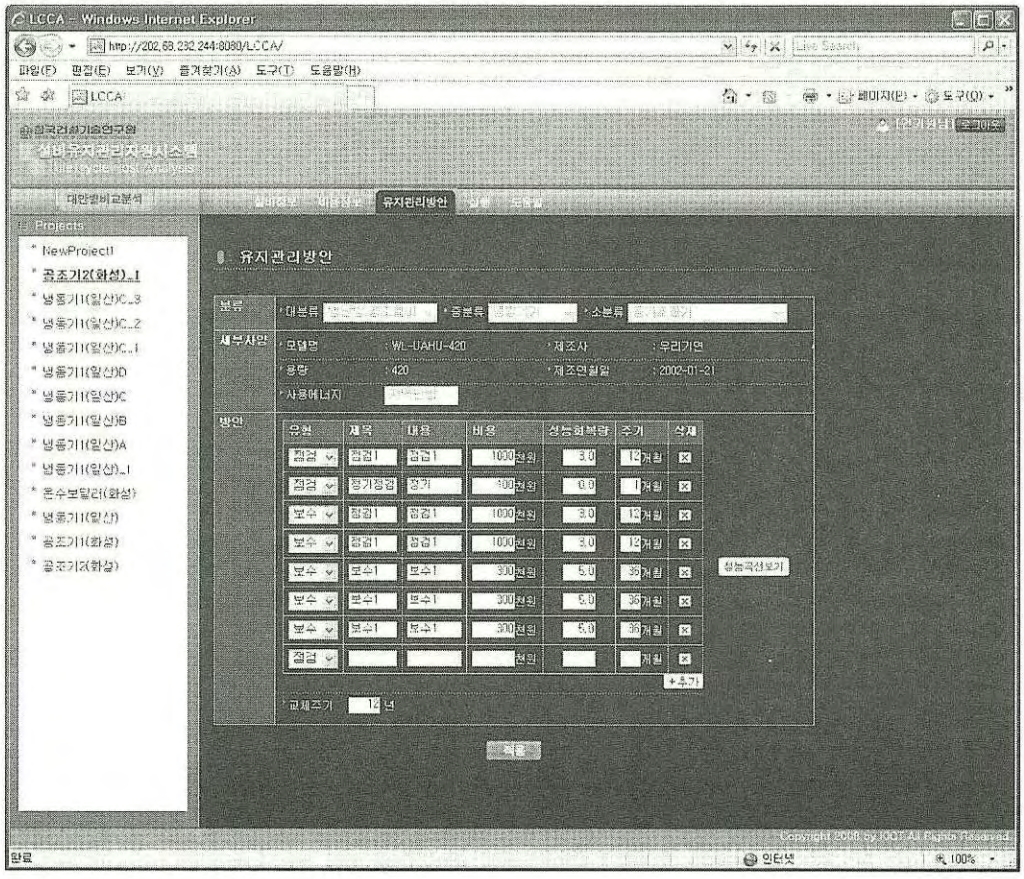
마. 비용 정보 - 금융 정보

- 이자율
- 물가 상승률: 전체적인 물가 상승률 또는 각 항목에 대한 물가상승률
- 기준값을 default 값(DB에서 불러오기)으로 제시 후, 직접 변경 가능



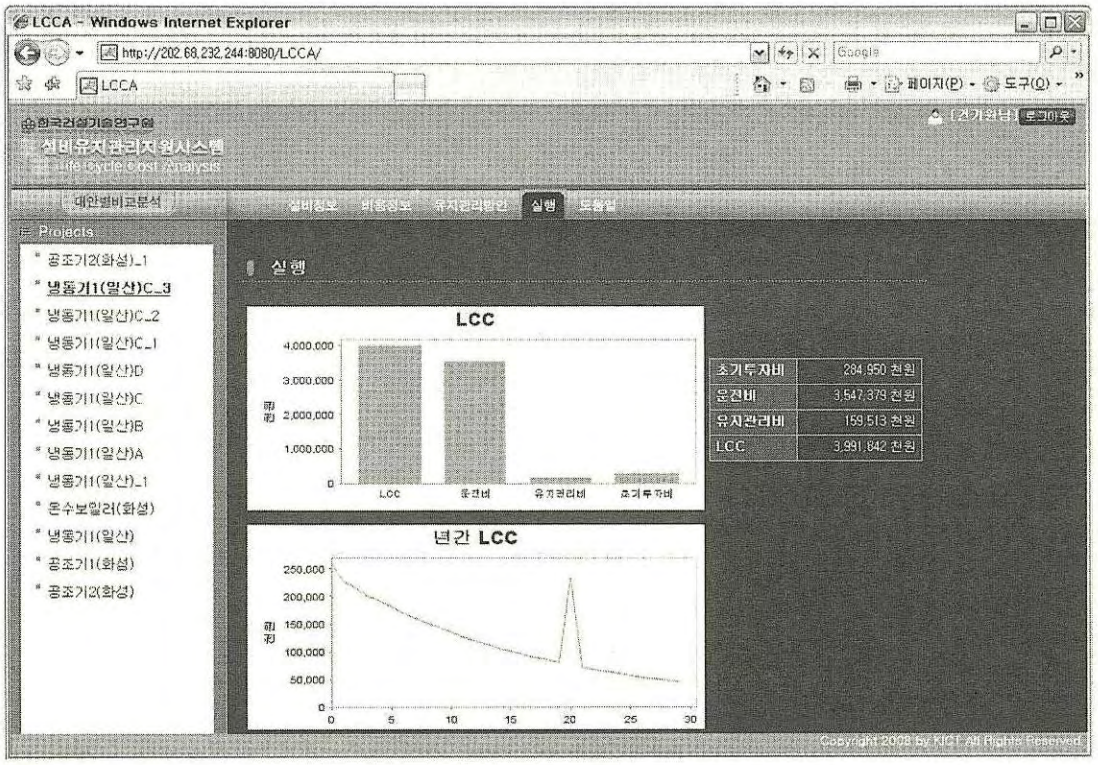
바. 유지관리 방안

- 설비 기본 정보: 대분류-중분류-소분류-모델명 (Read-Only)
- 유지관리 방안
  - 유지 관리 유형(점검, 보수 등), 제목, 설명, 비용, 성능 회복량, 주기
  - 입력 방법: 직접 입력
  - 교체 주기
- 성능저하 곡선 보기: 유지관리 방안이 고려된 성능 곡선 보기



사. 실행

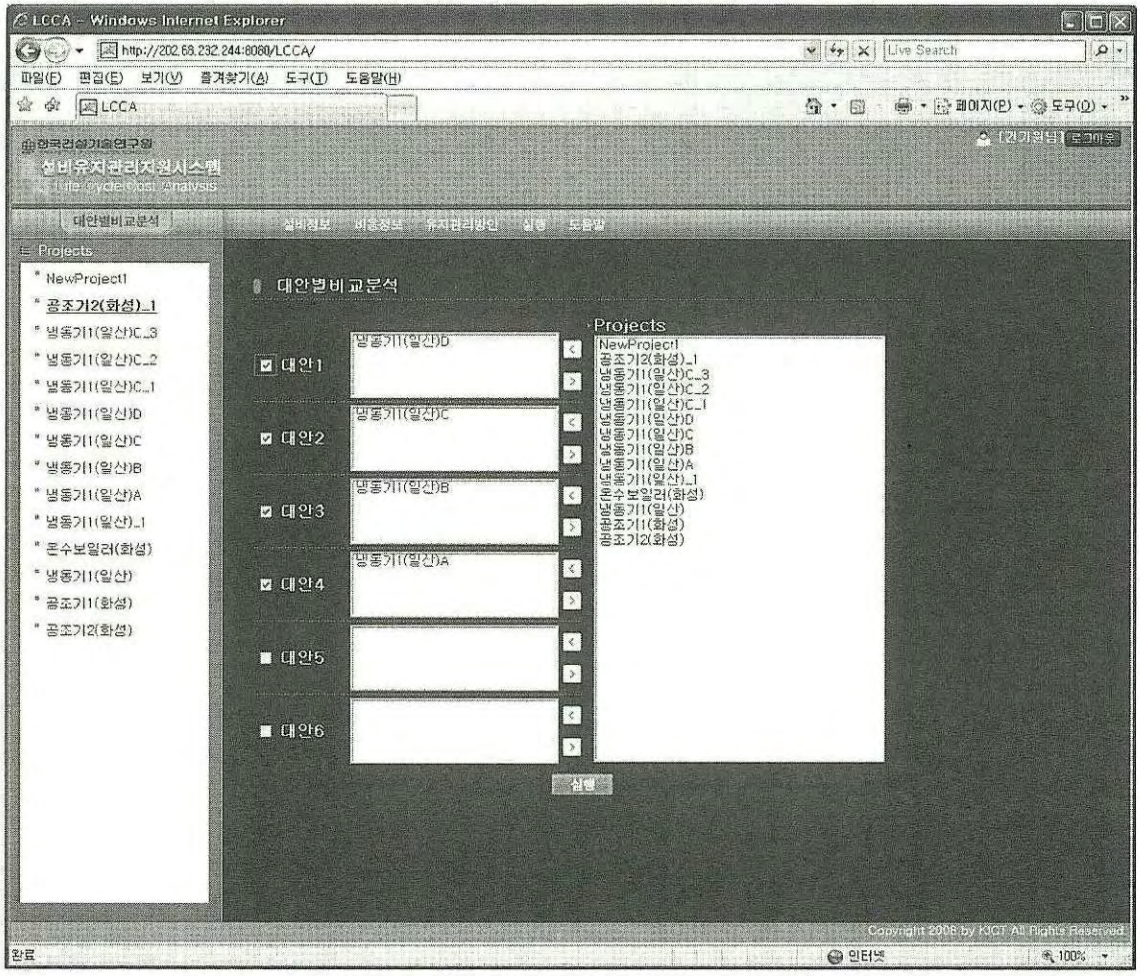
- 계산 기간: 30년
- 계산
  - · LCC 계산
  - · 초기투자비 계산
  - · 운전비 계산
  - · 유지관리비 계산
- 표시
  - · LCC, 운전비, 유지관리비, 초기투자비: 표 및 막대 그래프로 표시
  - · 년간 LCC 그래프 표시



아. LCC 대안별 비교 분석 - 대안 선택

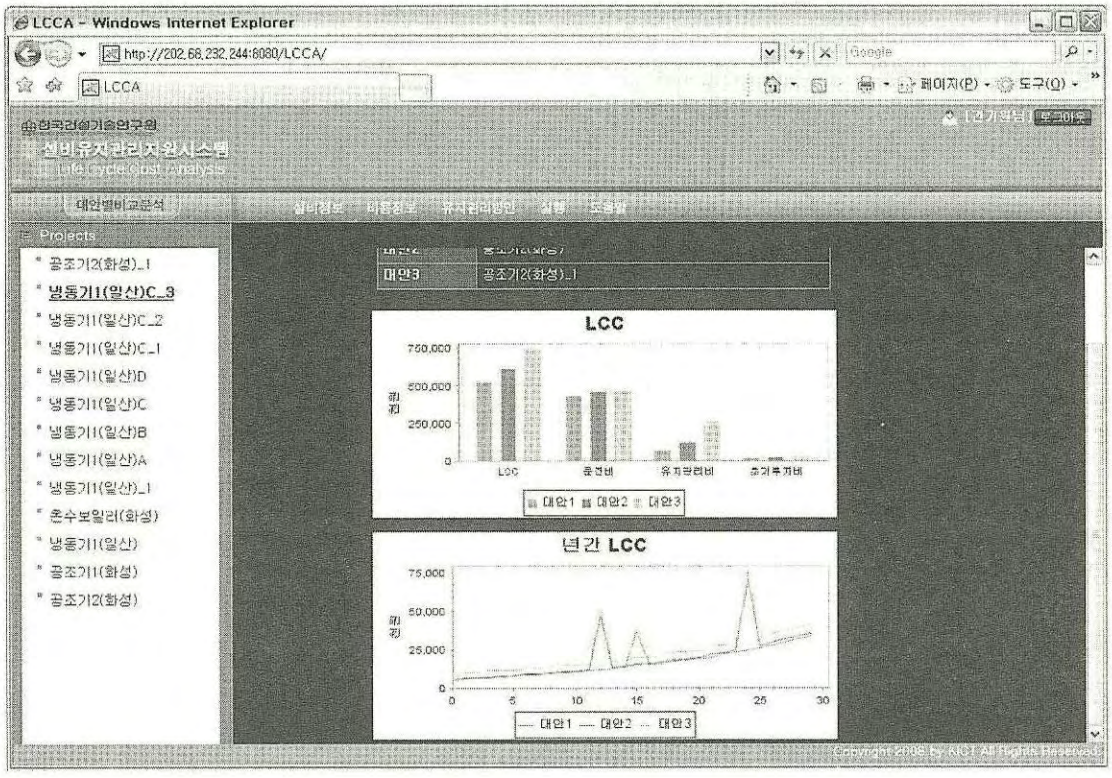
- 최대 6개의 대안 구성 가능
- 구성된 대안에 대하여 사용여부 선택
- 각 대안은 하나의 프로젝트 또는 다수의 프로젝트로 구성
- 중분류가 서로 다른 설비를 선택하는 경우 경고 메시지를 보여준다.

  예) 보일러와 펌프의 LCC 비교



자. LCC 대안별 비교 분석 - 결과 표시

- 각 대안별 결과 표시 및 비교
- 각 항목별(초기투자비, 운전비, 유지관리비, LCC) 비교
- 연간 LCC 비교


LCCA - Windows Internet Explorer
http://202.68.232.244:8080/LCCA/
LCCA
한국건설기술연구원
설비유지관리지원시스템
Life Cycle Cost Analysis
대안별비교분석
Projects
냉동기1(일산)C_3
냉동기1(일산)C_2
냉동기1(일산)C_1
냉동기1(일산)D
냉동기1(일산)C
냉동기1(일산)B
냉동기1(일산)A
냉동기1(일산)_1
온수보일러(화성)
냉동기1(일산)
공조기1(화성)
공조기2(화성)
대안3
공조기2(화성)_1
LCC
750,000
500,000
250,000
0
LCC
운전비
유지관리비
교체투자비
대안1 대안2 대안3
년간 LCC
75,000
50,000
25,000
0
0
5
10
15
20
25
30
대안1 대안2 대안3

부 록 C

프로그램 등록증

여 백

제 137866 호

프 로 그 램 등 록 증

창작연월일 : 2008. 05. 30.
공표연월일 : 2008. 06. 06.
등록연월일 : 2008. 06. 30.

등 록 번 호 : 2008 - 01 - 122 - 003303

명 칭 : 건축설비의 LCC 계산 및 분석 프로그램

프로그램저작자 :
한국건설기술연구원(111241-0002284) 대한민국
경기도 고양시, 일산구 시민대로 1190한국건설기술연구원

업무상창작에 참여한자 :
이태원(601204) 김용기(710925)

위 프로그램저작물은 컴퓨터프로그램보호법 제23조에 의하여
프로그램등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

2008 년 06 월 30 일

컴퓨터프로그램보호위원회 위원장

제 137867 호

프 로 그 램 등 록 증

창작연월일 : 2008. 05. 30.
공표연월일 : 2008. 06. 06.
등록연월일 : 2008. 06. 30.

등 록 번 호 : 2008 - 01 - 122 - 003304

명 칭 : LCC(Life Cycle Cost) 분석용 DB 구축 프로그램

프로그램저작자 :
한국건설기술연구원(111241-0002284) 대한민국
경기도 고양시 일산구 시민대로 1190한국건설기술연구원

업무상창작에 참여한자 :
이태원(601204) 김용기(710925)

위 프로그램저작물은 컴퓨터프로그램보호법 제23조에 의하여
프로그램등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

2008 년 06 월 30 일

컴퓨터프로그램보호위원회 위원장

주 의 사 항

1. 본 보고서는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업의 최종 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니 됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031) 381-6311
한국건설기술연구원 TEL 031) 910-0490

R&D/05기반구축A17-01

건축기전설비의 성능진단 및 유지·관리시스템 개발 연구

■ 발행일 / 2008. 6. 29.
■ 발행처 / 한국건설기술연구원
경기도 고양시 일산서구 대화동 2311
TEL : 031) 910-0114 (대)
■ 인쇄처 / 두합인쇄 02) 2285-0530