

IT를 활용한 공조설비의 온라인 유지관리시스템 개발

이 태 원*, 김 용 기, 강 성 주, 우 남 섭

한국건설기술연구원 화재및설비연구센터

A Development of the On-line Maintenance and Management System for the HVAC system Using IT

Tae-Won Lee[†], Yong-Ki Kim, Sung-Ju Kang, Nam-Sub Woo

Fire & Engineering Services Research Dept., Korea Institute of Construction Technology, Gyeonggi 411-712, Korea

ABSTRACT: The performances of the building service equipment rely on the individual superintendent's share for the assessment of performance, fault detection, deterioration diagnosis of the building service equipment. A major use of building energy management system(BEMS) is for monitoring plant and building's energy consumption. National building management system (N-BMS) presented in this study links buildings into a network group in order to monitor and control the buildings. How to construct the N-BMS was considered to save energy resource and to conserve performance of building service equipment. The FEMIS, facility, energy/environmental management & information system, for building service offer management process integrated with BAS, FMS and EMS and so on.

Key words: Maintenance and Management system(유지관리시스템), HVAC system(공기조화 설비), N-BMS: National Building Management System(건물군관리시스템), IT: Information Technology(정보기술), Energy saving(에너지절약)

기 호 설 명

- BAS : Building Automation System
- FMS : Facility Management System
- EMS : Energy Management System
- IBS : Intelligent Building System
- FDD : Fault Detection and Diagnosis
- LCC : Life Cycle Cost
- SI : System Integration
- FMSRS : Facility Maintenance Statistics Report Services

1. 서 론

국내 IT산업의 발달로 인해 통신, 방송에서 서비스, 제조업에 이르기까지 다방면의 산업이 IT와 결합되어 새로운 기술 산업을 만들고 있다. 그중 건설 교통과 관련하여 대표적인 예로 U-city, 홈네트워크, 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) 형

[†] Corresponding author
Tel.:+82-31-369-0502 ; fax:+82-31-369-0540
E-mail address: twlee@kict.re.kr

태로 이루어 졌다. 하지만 산업화, 정보화가 본격적으로 이루어지면서 빌딩의 규모가 대형화 되고, 건물의 설비도 전문화, 복잡화 되어갔다. 이러한 건물을 인력으로 관리하기에는 대상이 광범위해 졌고, 전문적이지 못한 관리자들에 의한 운전으로 인해 설비 효율저하와 에너지손실 등이 야기되었다. 이를 해결하기 위해 각각의 대상과 목적에 따른 여러 가지 시스템이 도입되었다.

이에 본 연구에서는 공조설비를 대상으로 최적운전을 통한 에너지절감과, 전문적인 설비관리로 유지관리비 절감 및 설비 효율향상 등을 위해 세부 관리기법을 개발하고, 기존건물의 다양한 시스템을 접목하여 빌딩 내 또는 빌딩간 상호 통합된 빌딩 전체 시스템에 적용 가능한 통합관리시스템 구축 방안을 제안하고자 한다.

2. 유지관리시스템의 종류 및 구분

현재 국내에서는 건물내 설비 및 조명, 방재 등의 시설물을 대상으로 Table 1과 같이 각각의 목적을 수행하는 여러 가지의 유지관리시스템이 사용되고 있다. 그 중에서 자동제어시스템(BAS)이 기존건물 내에는 가장 많이 적용되고 있고, 타 시스템에도 BAS의 기능이 포함되어있거나 연계되어 있다. IBS의 경우 설비관리인 BAS와 조명, 엘리베이터, 방재 등을 포함한 건물 내 전 시설물의 시스템을 통합관리하고, FMS 경우 건물의 자산

가치를 높이기 위해 자재관리, 장비관리 등을 포함한 시설물관리 뿐만 아니라 임대관리, 인력관리 까지 범위를 두고 있다. 또한 EMS는 타 시스템 내에서도 건물에서의 설비운전시 에너지사용량을 줄이기 위한 방안으로 대부분 적용되고 있고 이에 나아가 무역협회에서는 BEMS라는 외부 환경 분석을 통한 설비최적운전조건을 시뮬레이션하는 시스템을 개발하였다. 비록 각 시스템에서 제공하는 서비스의 세부내역과 방법은 다르지만 일반적으로 설비의 최적운전을 통한 에너지사용량 절감과 효율적인 건물관리를 통한 유지관리비용 최소화, 사용자의 쾌적한 업무환경지원을 목적으로 하고 있다^(1, 2).

본 연구에서는 건물에너지사용 중 가장 많은 부분을 차지하는 공조설비의 유지관리를 보다 체계적이고 전문화하기 위하여 기존시스템을 개선한 N-BMS라는 건물관리시스템을 구축하고자 한다.

3. 건물관리시스템(N-BMS)의 구축방안

N-BMS는 국내의 IT 기반을 활용하여 단위건물에 있는 설비데이터를 통합관제센터로 전송하고, 전송된 데이터를 각 기능별 프로그램에 입력하여 진단 및 분석함으로써 최적의 운전조건과 유지관리방법 등을 지원하는 시스템이다. N-BMS에서 제공하는 서비스내역 및 기능은 3.2절에 제시하였고, 각 기능을 수행하기 위한 필요정보 중 기존의 시스템으로부터 제공받을 수 있는 기능 및 데이터는 연계방안을 찾아 활용하고자 한다.

Table 1 A classification of the building management system.

시스템의 종류	목적	대상	내용
BAS (Building Automation System)	기전설비 운전의 중앙감시	설비기기의 운전원	설비기기의 상태 감시 조작
IBS (Intelligent Building System)	지능적인 건물내 시스템 통합관리	모든 시스템 운전원	설비, 조명, 엘리베이터, 방재 등을 포함한 통합관리
FMS (Facility Management System)	건물의 경영 관리	건물의 소유주, 관리자	건물정보, 자재, 장비, 작업, 인력, 도면, 시스템 예산 관리, 보고서(평가/분석) 작성, Mobile 알림 기능
BMS (Building Management System)	각 설비의 정보관리 및 효율적 운용	설비기기의 관리자	상태감시 및 제어, 에너지 사용관리, 주차관제 등 각 설비 단일시스템 관리
EMS (Energy Management System)	설비의 에너지사용 절감	건물의 소유주, 설비기기 관리자	에너지 사용량 관리
BEMS (Building and Energy Management System)	에너지사용절감 체계적 시설운영	건물의 소유주, 시설, 빌딩 관리자	에너지 환경관리, 빌딩설비 관리지원, 시설운영 지원, BAS 중앙감시시스템 연계
N-BMS (National Building Management System)	설비 운전 및 유지관리의 최적화	건물의 소유주, 설비기기 관리자	지역별 통합관리, 설비의 예방보전, 최적관리, 유지관리비용 절감, 에너지사용량 절감

3.1 대상범위

N-BMS 구축은 1, 2, 3단계로 대상설비와 적용범위를 나누어 추진할 계획이다. 먼저 1단계에서는 공조설비를 대상으로 Table 2와 같이 분류할 수 있으며, 그 밖의 소방설비, 방재, 조명 등의 기타설비는 2, 3단계로 나누어 검토될 예정이다.

Table 2 The limit of application.

구분	기기의 종류	
공조설비	열원기기	보일러, 냉동기, 열펌프
	반송기기	AHU, 펌프, 팬코일유닛
	기타	냉각탑, 빙축열시스템, 축열조
급배수·위생설비	급배수 설비	펌프, 부스터펌프, 저수조, 배관
	위생설비	변기, 세면기, 욕조, 썹크, 배관
환기설비	팬	
전기설비	배전반, 변압기	

3.2 주요기능

N-BMS의 기능은 Table 3과 같이 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.

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 온라인 상태감시시스템은 운전상태 감시를 통한 실내 환

Table 3 The key function and objective for the construction of N-BMS.

구분	주요기능	목적	도구	세부목적	
설비 유지 관리	감시 및 경보	운전상태 및 실내환경 감시	운전상태 확인, 실내 환경 개선,	온라인상태 감시시스템	각 설비별 On/Off 점검을 통해 운전상태 감시 실내 온도, 습도, CO2 점검을 통한 실내환경감시
		위험요소 알림	안전도모	온라인 위험 경보시스템	설비별 이상상태에 대한 위험 알림 물탱크, 배수탱크의 수위 정보로 물넘침 방지 연감지기에 의한 화재 알림경보
	진단 및 분석	성능진단 및 분석	운전비 절감	생애주기분석 시스템(LCCA)	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(FDD)	고장을 사전에 예측함으로써 사후보전에 따른 손실과 에너지 낭비를 막음
		에너지소비량 분석	에너지소비량 절감	에너지관리 시스템(EMS)	건물 연면적 대비 전체 에너지소비량 및 부분 별 소비율을 비교하여 문제시 정밀진단 권고 최대 전력수요를 조절함으로써 전력피크치 제어
		운전 지원	운전비 절감 실내 환경 개선	최적운전제어 지원 시스템	일정기간 동안의 운전데이터를 분석하여 최적 운전제어방향을 컨설팅 함, 최적운전제어를 통해 설비의 적은 운전비 사용 으로 보다 쾌적한 실내 환경 구축
	실행 (Action)	관리 지원	관리비용 감소	시설관리시스템 (FMS)	작업관리를 통해 보수, 교체 등 작업이력 제공 자재관리를 통해 작업시 필요 자재 공급 도면관리를 통해 고장 또는 이상발생 시 위치 정보 제공
		보수 지원	신속한 보수 및 품질향상 도모	보수 지원시스템	SMS 기능, 출동기능, A/S 업체 관리기능, 교육
	국가 단위	정보 서비스	장비 및 시스템 설계지원, 정부 정책지원	설비유지관리 통계서비스 (FMSRS)	국내 전반적인 건물 유지관리 비용 통계·분석 및 DB 구축 장비 및 시스템 설계 시 정보지원, 정부 정책지원 건물유지관리현황 문제점에 관해 피드백

경 개선과 안전도모를 목적으로 설비의 실시간 운전상태 및 실내 환경감시, 위험요소에 대한 알람을 수행한다. 둘째, 진단 및 분석 기능에서는 성능분석에 LCCA 시스템, 고장에는 FDD 시스템, 에너지소비 관련 EMS, 운전지원에는 최적운전제어시스템을 각각 적용하였다. 성능을 진단하고 분석하는 LCCA 시스템은 주로 열원기기를 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 예지보전을 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 FMS를 적용하였고, 신속한 보수와 품질향상을 위해 현장에 지원 가능한 보수지원시스템을 구축하였다. 이러한 각 기능의 시스템 중 대표적 예로 FDD 시스템의 워크플로우 개념도를 Fig. 1에 나타내었다.

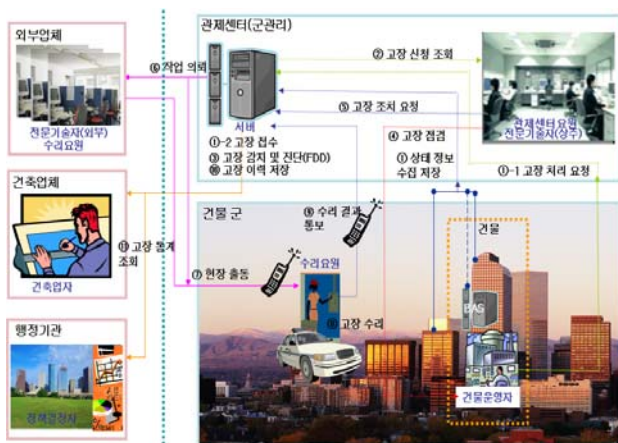


Fig 1. The diagram of work flow for the FDD system.

국가단위센터에서의 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 설비시스템설계, 관련 정부정책 수립 등 필요기관에 참고자료로 제공하는 기능을 가진다.

3.3 데이터 활용방안

N-BMS의 각각의 서비스를 수행하기 위해서는 무엇보다 하부시스템에 필요한 데이터 수집이 중요하다. 각 시스템의 효율적 기능수행이 건물단위로부터 제공되는 데이터의 전송 신뢰성 등이 얼마나 우수하느냐에 달려있기 때문이다. 그래서 본 연구에서는 데이터양 및 주기에 따른 전송 안전성 등의 테스트를 통해 데이터별 필요 시스템에 따라 수집방법, 전송주기, 중요도, 저장 및 가공방법 등을 지정하였다. 또한 Table 4와 같이 기존 시스템과의 사용데이터 중복을 피하기 위해 BAS에서 제공하는 장비별 상태감시, 운전데이터 등의 사항은 시스템 인터페이스를 통해 수집하였고, 관리지원에 건물, 자재, 인력, 도면, 작업인력 등의 정보는 FMS 시스템과 연계하여 활용하였다. 기존 시스템에서 활용할 수 없는 추가 설비정보는 장비에 센서를 부착하여 데이터변환기를 통해 수집하였다. 하지만 BAS, FMS의 시스템 종류와 형식이 매우 다양하여 전 건물시스템을 통합하는 것은 불가능하므로 시스템 간 데이터를 공유하기 위해 데이터 형식 및 통신관련 세부지침을 작성하였다.

3.4 시스템 구성 체계

N-BMS는 단위건물에서의 데이터전송을 위한 시스템과 이를 받아 서비스기능에 활용하기 위한 관제센터시스템으로 S/W는 Fig. 2 및 Fig. 3, H/W 및 네트워크 구성은 Fig. 4와 같이 구성되었다. 먼저 Fig. 2의 건물단위 S/W 구성도를 살펴보면 각 설비에 장착된 센서로부터 필요데이터를 받아 DDC에서 데이터 변환을 하여 데이터 수집 장치에 저장된 후 LAN을 통해 관제센터로 전

송된다. 이때 기존의 BAS 시스템과 중복되는 데이터는 데이터변환을 하지 않고 BAS로부터 DBMS에 저장하여 LAN을 통해 전송된다. 이렇게 전송된 데이터는 Fig. 3과 같이 관제센터의 수집서버에 저장되고, 이 데이터들을 각 진단·분석 시스템에 전송하여 기능을 수행한다. 수행된 결과는 보고서생성 및 알람을 발생하고 이 자료를 바탕으로 모두 LAN을 통해 사용자화면, 전문기술자 단말, 관제센터요원 단말 등 사용권한에 따라 제공된다. Fig. 4의 전체 하드웨어 구성도를 보면 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.

3.5 기능확장방안

N-BMS는 3단계로 나누어 추진할 계획이다. 현재 수행중인 1단계에서는 공조설비를 대상으로 관련 시스템을 개발하였고, 프로토타입을 구축하여 적용, 테스트하는 단계이다. 프로토타입의 특정지역 또는 특정건물을 대상으로 시범적용 후 2단계에서는 설비의 대상을 빌딩 내 기계, 전기설비를 포함하는 건축기전설비 대상으로 범위를 확장하고, 적용범위도 일부 지역이나 공공건물을 대상으로 운영할 계획이다. 실제 건물의 적용결과를 통해 3단계에서는 2단계 진행 시 검토된 문제점 및 추가필요사항을 보완하고 기존의 IBS와 FMS 등을 연계하여 서비스 제공 범위를 포함할 수 있는 통합시스템을 구축하여 전체건물을 대상으로 지역단위 및 국가단위 건물관리시스템의 전체적인 인프라 구성을 목표로 하고 있다.

Table 4 The data application of N-BMS.

구분	필요 센서/정보	데이터 제공
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 토출 온도, 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
최적운전제어 지원 시스템	공조기 : 냉수 입·출구온도, 온수 입·출구온도, 환기·급기·외기온도, 코일 입구온도, 덕트 정압량, 풍량, 급배기팬 전력량, 환기·외기·배기 댐퍼, 3-Way 밸브개도	BAS/추가센서
	냉동기 : 냉동기 공급온도, 냉수펌프 전력량, 압축기 전력량, 냉동기 팬 전력량, 냉동기 운전상태	BAS/추가센서
	보일러 : 보일러 공급온도, 온수펌프 전력량, 보일러 운전상태	BAS/추가센서
관리지원시스템	-	FMS/기능의 결과값
보수지원시스템	-	기능의 결과값
설비유지관리 통계서비스 (FMSRS)	에너지관리 : 건물별 원단위 정보, 건물정보(연면적, 용도, 건물위치), 건물별 부문 에너지사용량	지역관리센터
	비용관리 : 건물별 유지관리비용원단위, 기기별 최적경제수명	지역관리센터
	성능관리 : 기기별, 건물별 성능이력 자료	지역관리센터

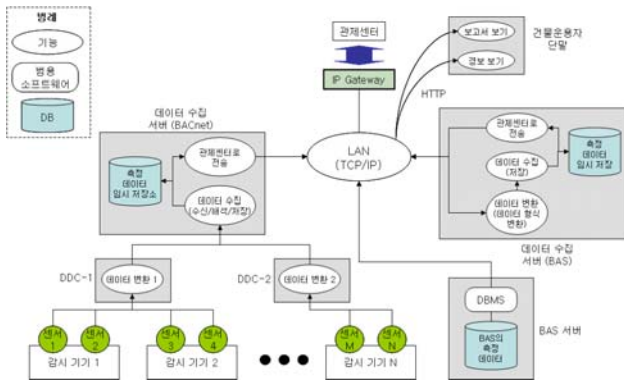


Fig 2. S/W configuration of building.

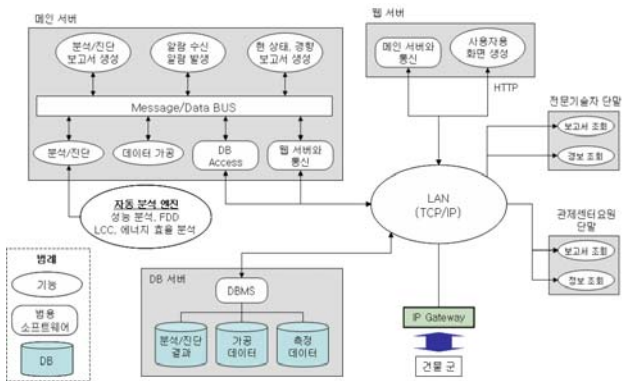


Fig 3. S/W configuration of central center.

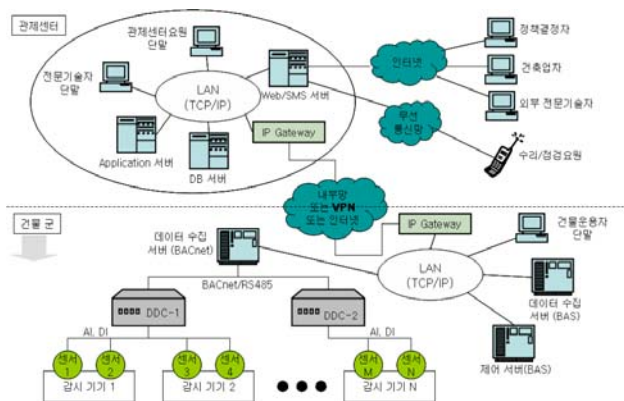


Fig 4. H/W and network configuration.

4. 결론

본 연구에서는 기존 건물들의 건축설비 유지관리를 보다 전문적, 체계적으로 수행하여 에너지절약 및 업무향상을 도모하기 위하여 IT를 활용한

N-BMS 구축을 제안하였으며, 검토결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 건축설비 유지관리 분야의 비전문성, 비효율적인 유지관리에 의한 에너지손실 및 업무성능저하를 줄이기 위해 국내 기반이 잘 갖추어진 IT를 활용하여 각 단위건물을 하나의 센터에서 통합관리하는 N-BMS 구축을 제시하였다. 각 건물의 설비 운전 및 유지관리를 온라인을 통해 하나의 센터에서 전문적으로 수행함으로써 건축설비의 성능향상과 막대한 양의 유지관리비용을 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

(2) N-BMS의 효율적 운영을 위해서는 BAS, FMS 등의 각 시스템 통합기술이 필요하다. 이를 위해서 표준화된 서비스 내역 및 관제데이터, 전송주기, 방법 등의 일괄된 지침 및 시스템의 S/W, H/W, 네트워크 구성방안을 제안하였다. N-BMS 구축 1단계에서는 일부건물을 대상으로 프로토타입을 제작하고, 프로토타입의 운전 결과 및 효과분석을 통해 N-BMS의 문제점을 보완한다. 향후, N-BMS 구축 2, 3단계에서는 대상 설비범위와 적용 건물범위를 넓히고, 건물 유지관리 관련 타 시스템의 기능을 통합하는 것을 목표로 한다.

후 기

본 연구는 지식경제부에서 시행하는 2006년도 에너지·자원기술개발사업(과제번호 : 2006-E-BD11-P-01)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee, T. W., Kim, Y. K. and Kang, S. J., 2007, A Construction of the N-BMS Focused on the Building Service Equipment(N-BMS : National Building Management System), Proceeding of the SAREK, pp. 149-154.
2. Park, S, G., Kim, K, H, 2004, The Latest Technology Trend of the Building Automation, a magazine of SAREK, Vol. 33, No. 12.