

공조설비의 온라인 유지관리 효과 분석

김 용 기*, 이 태 원, 강 성 주, 우 남 섭

한국건설기술연구원 화재및설비연구센터

An Analysis on the Maintenance Effect of the HVAC System with On-line Management Method

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

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

ABSTRACT: The poor maintenance and management of HVAC systems finally lead to the shortening of the life expectancy and result in the increase of operating costs and energy consumptions due to low efficiencies. Also, it is essential to try to develop ways to adequately maintain and to use the building facilities efficiently in order to preserve earth environment and the limited resource. In this study, an analysis on the maintenance and management cost for HVAC systems was carried out with the capacity of equipment. Besides, the LCC(Life Cycle Cost) based analysis was carried out to verify the effect of the doing maintenance and management. As the results, the case of the good maintenance and management is able to save LCC to 11 % than the case of the poor method.

Key words: Maintenance and Management(유지관리), HVAC system(공기조화설비), On-line(온라인), LCC analysis(생애주기비용분석), Payback period(단순투자회수기간)

1. 서 론

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.

한편, 건축설비의 성능 및 고장·열화의 진단 및 유지관리 행위의 임무가 주로 설비의 관리자

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-369-0513 ; fax: +82-31-369-0540

E-mail address: kimyk@kict.re.kr

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 반영되지 못함으로써 관련 기술의 발전에도 장애가 되고 있는 실정이다.

이와 관련하여 Kang 등⁽¹⁻²⁾은 LCC 분석에 의한 유지관리 효과 분석 및 내구연한 산정 등에 관한 연구를 수행하고 있으며, Lee⁽³⁾는 공동주택을 대상으로 유지관리의 효율성 제고방안에 대하여 연구를 수행한 바 있다. 그러나 건축설비에 대한 유지관리 방안 및 효과 분석 등에 관한 연구가 아직은 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 먼저 공조설비에 대한 각 기기별, 용량별 유지관리비용을 분석하고, 이를 바탕으로 단위 건물과 건물군관리시스템에 대한 정량적인 유지관리 효과 분석 및 정성적인 효과 분석을 수행하고자 한다.

2. 공조설비 유지관리비용 분석

공조설비의 유지관리 효과분석을 위하여 Kang 등⁽¹⁻²⁾은 유지관리비용을 정기 점검비용과 비정기 점검비용 및 수리비용으로 구분하여 현장 전문가의 판단을 근거로 비용을 가정하여 LCC 분석을 수행한 바 있다. 그러나 본 연구에서는 좀 더 신뢰성 있는 분석을 위하여 다수의 건물에 대한 공조설비 유지관리 내역 분석을 토대로 유지관리비용을 산출하여 공조설비에 대한 LCC 분석에 적용하고자 한다.

유지관리비용의 조사는 공조설비 유지관리 전문업체 2곳을 대상으로 수행하였으며, 총 30곳의 건물을 대상으로 열원기기별 용량변화에 따른 유지관리비용(오버홀 비용)을 분석하였다. A업체의 자료는 2005년도 이후의 최신의 것을 사용하였으며, B업체의 자료는 2000년도 이전의 것으로 물가상승을 및 주택설비 수리지수를 반영하여 2007

년도 가격으로 환산하여 반영하였다. 예를 들어 1995년도 유지관리 수리비용은 2007년도 수리비용으로 환산하였을 경우 약 1.8배의 비용 상승이 있었으나, 보수비용의 경우 물가상승을 및 주택설비 수리지수보다 적은 가격상승을 고려하여 1.5배로 산정하였다. 모든 경우에 있어서 유지관리비용은 기간을 고려하지 않고, 1회당의 비용으로 계산하였으며, 부가세는 고려하지 않았다.

먼저, Fig. 1은 터보냉동기의 용량별 유지관리비용을 도시하고 있다. A업체는 비교적 용량별 유지관리비용이 일관성이 있으나, B업체는 용량별 유지관리비용의 편차가 크다는 것을 알 수 있다. 이는 건물 현장별 유지관리 수준이 상이하다는 것을 의미한다.

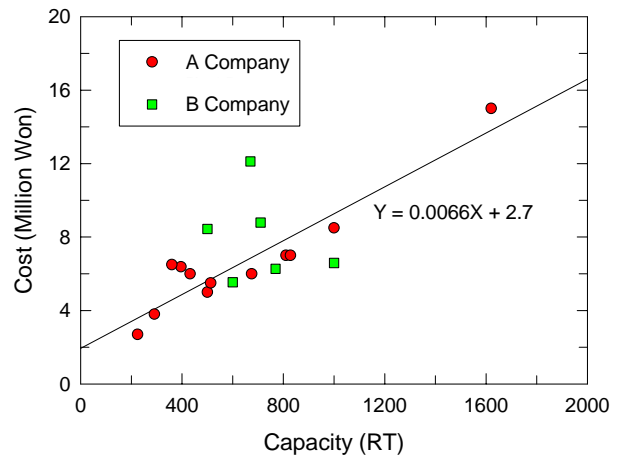


Fig. 1 Maintenance cost variations with the capacity of turbo type refrigerators.

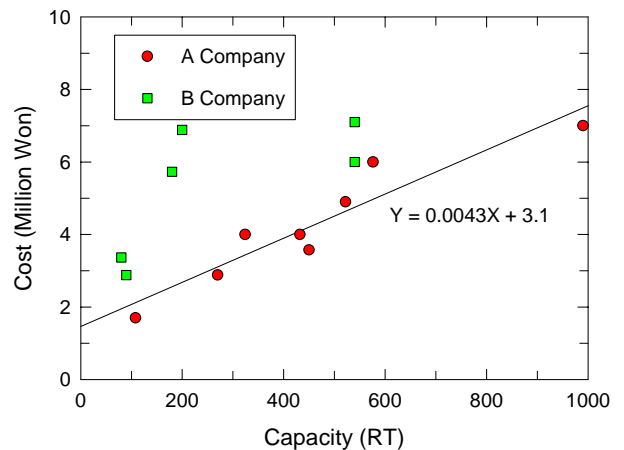


Fig. 2 Maintenance cost variations with the capacity of absorption type refrigerators.

Fig. 2는 흡수식 냉동기 및 흡수식 냉온수기에 대한 용량별 유지관리비용을 도시하고 있다. A업체의 경우에는 터보냉동기의 경우와 유사하게 용량별 유지관리비용이 일관성이 있으나 B업체의 경우에는 터보냉동기보다 비용 편차가 더 크다는 것을 알 수 있다. Fig. 3은 보일러에 대한 용량별 유지관리비용을 도시하고 있다. A업체의 경우에는 한 건물(용량: 4 t/h)을 제외하고는 용량별 유지관리비용이 일관성이 있으나 B업체의 경우에는 앞의 경우와 마찬가지로 동일용량에서 비용편차가 크다는 것을 알 수 있다.

한편, Fig. 4는 보일러에 대한 유지관리비용의 구성 항목을 보여주고 있다. 재료비에서는 탈청제 및 방청제가 전체 비용의 47 %를 차지하고 있으며, 인건비에서는 패키교체 및 화학세관 항목이 전체 인건비의 32 %를 차지하고 있다. 따라서 보일러의 경우 열교환기의 세관작업이 주된 유지관리 항목임을 알 수 있다.

3. 경제성 분석

3.1 해석 모델 및 방법

일반적으로 공조설비는 비주거용 건물 등에 적용되며 보일러, 냉동기 등의 열원설비와 공기조화기, 송풍기, 펌프 등의 반송설비로 구분된다. 공조설비가 건축물의 전체 유지관리비용 중 가장 큰 부분을 차지하며, 본 연구에서는 냉동기와 보일러, 펌프에 한정하여 분석을 수행하였다. 먼저 업무용 한 건물에 열원설비는 용량이 300 RT인 터보냉동기 2대와 시간당 4톤 및 3톤 용량의 증기보일러가 각 1대씩 설치되어 있고, 반송설비로 정격출력 2.2 kW의 펌프가 8대 설치되어 있는 것으로 가정하였다. 공조설비에 대한 유지관리 수준은 냉동기, 보일러, 펌프에 대해 유지관리를 전혀 하지 않은 경우(Case A), 정기적으로 유지관리를 수행하는 경우(Case B), 매년 유지관리를 수행하는 경우(Case C)의 3가지를 고려하였다. Table 1은 유지관리 수준에 따른 유지관리 내용을 보여주고 있다.

연간 운전비는 Hong과 Jung⁽⁴⁾이 1998년부터 2003년까지의 국내 모 은행 본사 건물의 운영일지를 분석한 냉난방 운전 데이터를 사용하여 산출하였다. 연간 보수비용은 앞 절의 유지관리 비

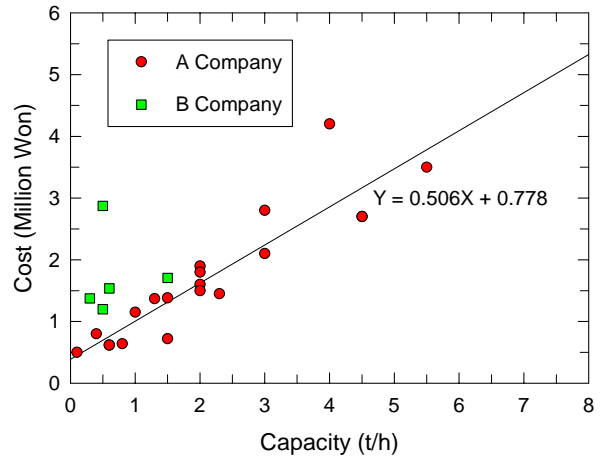
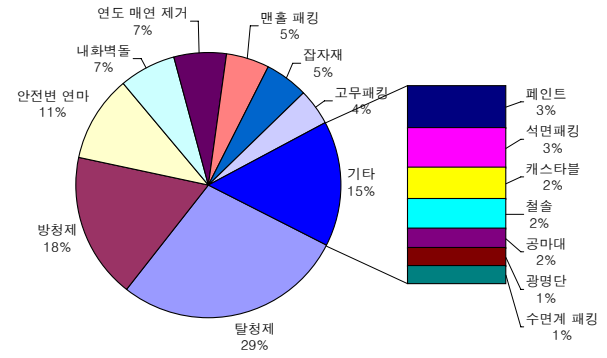
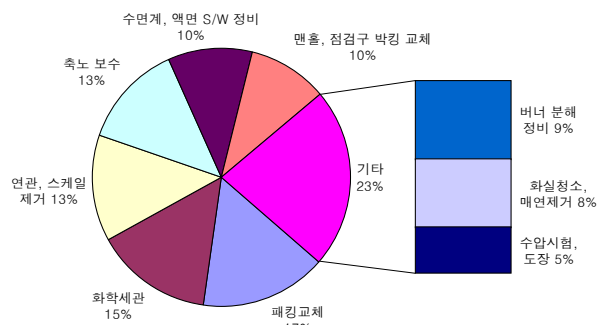


Fig. 3 Maintenance cost variations with the capacity of boilers.



(a) Material costs



(b) Labor costs

Fig. 4 Distributions of the maintenance cost for a boiler.

용 분석결과를 반영하였으며, 건물의 내구년수를 고려하여 분석기간은 30년으로 선정하였고, 그 이외의 LCC 분석에 필요한 조건과 변수들은 선행연구⁽¹⁻²⁾에 자세히 설명되어 있다. 해석을 위해

Table 1 Maintenance plans of HVAC system.

	Contents
Case A	Refrigerator: no repair Boiler: no repair Pump: no repair
Case B	Refrigerator: overhaul every 6 years Boiler: overhaul every 3 years Pump: repair every 3 years
Case C	Refrigerator: repair per year Boiler: repair per year Pump: repair per year

선행연구에서 개발된 LCC 분석 프로그램(Visual Fortran 6.0)을 사용하였으며, 개발된 프로그램의 검증에 위해 미국 NIST에서 개발한 BLCC 프로그램을 이용하여 동일한 조건에 대한 LCC 분석 결과를 비교한 결과, 총 LCC 비용 등 모든 항목에 대해 3 % 이내의 오차를 보임으로써 개발한 분석 프로그램의 신뢰성을 선행연구에서 확인한 바 있다.

3.2 해석결과 및 고찰

3.2.1 단일건물에 대한 유지관리효과 분석

앞 절의 해석모델 및 방법을 토대로 단일 건물에 대한 유지관리효과를 분석하였다. 먼저, Fig. 5는 각 경우별, 기기별 LCC 분석비용을 보여주고 있다. 보일러의 유지관리비용(운전비 포함)이 가장 크며, 펌프의 경우 대수는 많지만, 공조설비 전체 비용 중에서 차지하는 비중은 그리 크지 않다는 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 단위 건물에서의 유지관리수준에 따른 LCC 분석 결과를 도시하고 있다. 공조설비에 대한 유지관리 수준이 높아질수록 총 LCC는 감소함을 알 수 있다. Case C는 Case A 대비 생애주기비용을 11 %까지 절감할 수 있으며, Case B 대비 생애주기비용을 3 %까지 절감할 수 있다.

3.2.2 건물군관리시스템에 대한 투자효과 분석

공조설비에 대한 효과적인 유지관리 기법의 일환으로 건물군관리시스템을 도입할 수 있으며, 이에 대한 투자 경제성분석을 수행하였다. 건물군관리시스템(N-BMS: National Building Management

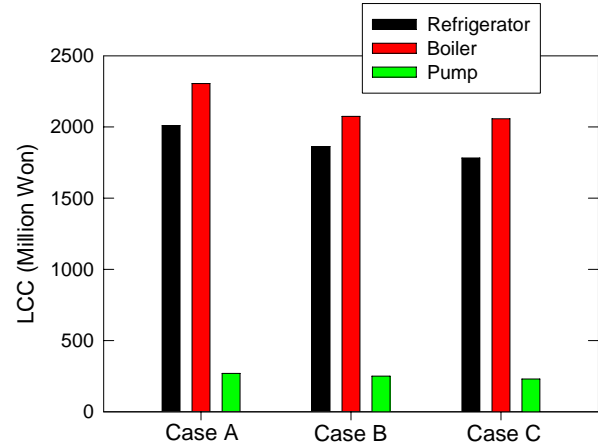


Fig. 5 LCC variations with the each maintenance plan and the variety of HVAC system.

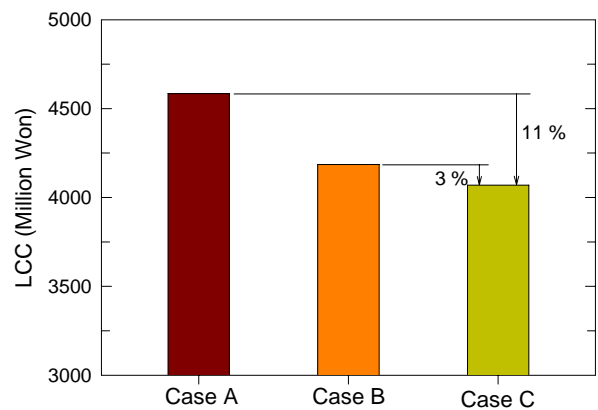


Fig. 6 LCC variations with the each maintenance plan.

System)이란 건물별 설비에 대한 효과적인 유지관리를 위하여 통합관제센터에서 다수의 건물을 대상으로 다양한 분석 및 지원도구들을 이용하여 원격 감시 및 유지관리를 수행하는 것을 말한다. 좀 더 자세한 사항은 선행연구⁽⁵⁾를 참고하기 바란다.

건물군관리시스템이 도입된 경우는 앞 절에서의 Case C로 볼 수 있으며, 건물군관리시스템의 구축비용의 한 예를 Table 2에 나타내었다. Table 2의 초기투자비용은 100개 건물을 대상으로 분석한 결과이며, 대상 건물수가 50곳, 30곳, 10곳으로 감소함에 따라 센터 구축비용은 기준 대비 90 %, 80 %, 70 %로 감소하는 것으로 가정하였다. 유지관리비용 절감액은 앞 절에서 분석한 결과를 바탕으로 계산하였으며, Case C는 Case A 대비 연간 17.2백만 원을 절감할 수 있

으며, Case C는 Case B 대비 연간 3.9백만 원을 절감할 수 있는 것으로 산정하였다.

Fig. 7은 건물군관리시스템 도입에 따른 대상 건물 수별 투자회수기간의 변화를 보여주고 있다. 예상되는 바와 같이 관리 대상 건물수가 증가함에 따라 투자회수기간은 감소하며, 50~100 곳의 건물을 대상으로 건물군관리시스템을 도입할 경우 단순투자회수기간은 대상 건물에서의 유지관리 수준에 따라 1~6년 정도로 산출되었으며, 인력절감효과를 고려할 경우, 건물군관리시스템의 경제성은 더욱 증가할 것으로 판단된다.

Table 2 Initial costs of N-BMS(National Building Management System).

	Contents	Cost (Million Won)
Center	<ul style="list-style-type: none"> · H/W-DB server(UNIX, 2set) · H/W-Application server(UNIX, 2set) · H/W-Web server(UNIX, 2set) · S/W-DBMS(Oracle, 1set) · S/W-Middle ware(Web_Logic, 1set) · Program customization · Etc. (including communication cost) 	900
Building	<ul style="list-style-type: none"> · Linkage server (PC, 1set) · Program customization · Etc. (including communication cost) 	636
SUM	-	1,536

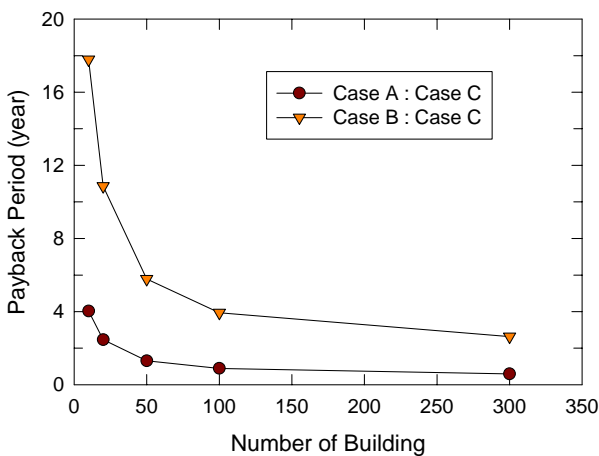


Fig. 7 Payback period variations with maintenance plans and the number of buildings.

4. 기대효과 분석

공조설비에 대한 온라인 유지관리를 통하여 앞 절의 경제적 효과 외에 해당 기술의 적용을 통하여 건축설비의 물리적 성능유지를 통한 효율향상이 가능하고 조기 고장예측, 진단 및 신속한 보수를 통한 설비의 내구성 향상이 기대되며, 유지관리 업무의 시스템화에 의한 저비용, 고효율의 설비시스템 운영과 설비의 원격 모니터링 및 통합관리를 통한 설비 유지관리 업무의 체계화 및 신뢰성 확보가 가능할 것으로 예상된다. 또한, 설비 및 시스템의 운전결과를 장치와 시스템의 설계 및 운전자료로 반영(피드백)함으로써 관련 분야의 기술발전을 유도할 수 있을 것으로 예상된다. 경제·산업적 측면에서도 공공부문 설비의 유지관리업무 체계화 및 지표관리를 통한 설비 유지관리에 소요되는 인력 및 비용의 대폭적인 절감을 통하여 생애주기비용(LCC) 차원에서 20% 이상의 비용절감효과가 기대되고, 건물분야 자원·에너지 이용효율 제고 및 자원·에너지 소비 절감에 따른 환경오염 억제와 설비의 품질향상에 따른 주거환경의 개선이 기대된다. Table 3에 기대효과를 정리하여 나타내었다.

Table 3 effects of expectation.

기술적	<ul style="list-style-type: none"> · 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 피드백(feedback)함으로써 관련 기술 분야의 발전 유도
사회·경제적	<ul style="list-style-type: none"> · 설비 유지관리에 소요되는 인력 및 비용의 대폭적인 절감(설비 생애주기비용(LCC) 차원에서 20% 이상의 비용절감효과 기대) · 건물분야 자원·에너지 이용효율 제고 및 그에 따른 환경오염 억제 · 설비의 품질향상에 따른 주거환경 개선

5. 결 론

본 연구에서는 먼저 공조설비에 대한 각 기기별, 용량별 유지관리비용을 분석하고, 이를 바탕으로 단위 건물과 건물군관리시스템에 대한 정량적인 유지관리 효과 분석 및 정성적인 효과 분석을 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 공조설비 중 열원기기에 대한 각 기기별, 용량별 유지관리비용을 분석하였으며, 이러한 자료는 유지관리 현황 파악 및 효과분석에 중요한 자료로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

(2) 공조설비의 유지관리 방안을 세 가지 대안으로 설정하여 LCC 분석한 결과, 유지관리를 수행하지 않은 경우에 대비하여 매년 유지관리를 수행할 경우 약 11%의 생애주기비용을 절감할 수 있다.

(3) 공조설비에 대한 효과적인 유지관리를 위하여 건물군관리시스템을 도입할 경우 관리 대상 건물수가 증가함에 따라 단순투자회수기간은 감소하며, 관리 대상 건물수가 50~100곳일 경우 단순투자회수기간은 대상 건물에서의 유지관리 수준에 따라 1~6년 정도로 산출되었으며, 인력 절감효과를 고려할 경우, 건물군관리시스템의 경제성은 더욱 증가할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 지식경제부에서 시행하는 2006년도 에너지·자원기술개발사업(과제번호 : 2006-E-BD11-P-02)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Kang, S. J., Kim, Y. K., Kang, B. C. and Lee, T. W., 2007, A Study on the Maintenance Effect of the HVAC System with LCC Analysis, Proceeding of the SAREK, pp. 587-592.
2. Kang, S. J., Kim, Y. K. and Lee, T. W., 2007, An Estimation of the Economic Life Expectancy of the Building Service Equipment with LCC Analysis, Proceeding of the SAREK, pp. 316-321.
3. Lee, J. B., 2006, Methods for improving efficiency in Apartment Maintenance Management using on Analytic Hierarchy Process, Korea Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 7, No. 4, pp. 69-77.
4. Hong, W. H. and Jung, Y. W., 2004, The Analysis of Economical Evaluation According to Repairing Type of the Equipments of Heat Sources of D Bank Headquarter in Daegu, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 20, No. 7, pp. 275-282.
5. 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.