

IOT 기반 건축물 유지관리 플랫폼 구축(S-LCC) 방안 : 기능구성과 계측 데이터 활용을 위한 개념 모델을 중심으로

박태근
목원대학교 건축공학과

A Plan for Establishing IOT-based Building Maintenance Platform (S-LCC): Focusing a Concept Model on the Function Configuration and Practical Use of Measurement Data

Tae-Keun Park
Department of Architectural Engineering, Mokwon University

요약 건축물의 LCC 분석 결과의 신뢰성은 정확한 분석 절차와 불확실성이 제거된 데이터에 의해서 결정된다. 그러나 지금까지는 이 데이터를 자동으로 계측하고 DB화 할 수 있는 시스템들이 실용화되지 못하였다. 이에 본 연구에서는 4차 산업혁명의 핵심도구인 IOT를 활용하여 설비시스템의 전기에너지 소모량 데이터를 자동으로 수집하여 분석하고, 분석된 결과들을 활용하여 설비시스템의 효율적 운전이 가능한 S-LCC 플랫폼의 개념모델을 제안하였다. 제안된 개념 모델은 기존의 유지관리 시스템(BLCS)에 IOT를 융합하여 모델링되었으며, 이것은 시설물관리모듈, LCC분석모듈, 에너지사용량 관리모듈, 상태효율분석모듈, 유지보수기준재설정모듈 등 5개의 세부 모듈로 구성되어야 업무프로세스가 효율화될 수 있다. 이 시스템에서 도출하는 LCC분석결과를 활용하여 설비시스템의 노후화 상태를 실시간으로 파악할 수 있으며, 또한 기존설비의 보수율과 교체주기, 수명 등에 관한 기준들을 재설정하고, 신규설비의 유지관리기준을 새롭게 설정하는 기초 자료로 활용될 수 있다. S-LCC 플랫폼이 구축될 경우, LCC 분석의 신뢰성 증대, 자료입력을 위한 노동력 절감, 정확성 제고 등의 효과뿐만 아니라 지금까지 버려졌던 데이터를 잠재가치가 큰 빅 데이터로 바꿀 수 있다.

Abstract The reliability of the results of LCC analysis is determined by accurate analytical procedures and energy data from which the uncertainty is removed. Until now, systems that can automatically measure these energy data and produce databases have not been commercialized. Therefore this paper proposes a concept model of an S-LCC platform that can automatically collect and analyze electric energy consumption data of equipment systems using the IOT, which is the core tool in the Fourth Industrial Revolution and operates the equipment system efficiently using the analyzed results. The proposed concept model was developed by the convergence of existing BLCS and IOT and was comprised of five modules: Facility Control Module, LCC Analysis Module, Energy Consumption Control Module, Efficiency Analysis Module, and Maintenance Standard Reestablishment Module. Using the results of LCC analysis deduced from this system, the deterioration condition of an equipment system can be identified in real-time. The results can be used as the baseline data to re-establish standards for the maintenance factor, replacement frequency, and lifetime of existing equipment, and establish new maintenance standards for new equipment. If the S-LCC platform is established, it would increase the reliability of LCC analysis, reduce the labor force for entering data and improve accuracy, and would also change disregarded data into big data with high potential.

Keywords : LCC Analysis, LCC Platform, Automatic Measurement of Electrical Energy, Internet of Things, IOT

이 논문은 2014년도 목원대학교 연구년 지원에 의해서 연구되었음.

*Corresponding Author : Tae-Keun Park(Mokwon Univ.)

email: tkpark@mokwon.ac.rk

Received December 5, 2019

Accepted February 7, 2020

Revised January 7, 2020

Published February 29, 2020

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건축물의 생애주기(Life Cycle Cost, 이하 LCC라 한다)에 관한 연구는 1990년대 초부터 시작된 이후, 2000년대 이후에는 비교적 다양한 연구가 있어 왔다. 중요한 연구 결과는 LCC시스템의 구축 방법에 관한 연구 [1][2][3], LCC 관련 데이터와 정보의 분류체계에 관한 연구[4], LCC 분석의 불확실성에 관한 연구[5] 등 크게 세 방향으로 분류할 수 있다. 위의 3가지 분야는 LCC 산출방법론에서 가장 중요한 연구 분야의 하나이다. 이와는 별개로 설비시스템의 LCC 연구[6][7][8]는 지속적으로 있어 왔다.

특히, LCC 시스템 구축 방법론 연구의 대부분을 차지하는 프로그램 전산화는, LCC 프로그램이 기초적인 LCC 산출에서 LCC 산출결과의 다양한 활용, LCC 산출 기능을 탑재한 유지관리 시스템으로 발전되어 왔다.[9]

2010년을 전후로 하여 BIM에 대한 관심이 고조되면서 BIM을 LCC에 접목하려는 연구[10]가 시작되었으나 아직까지는 양적 측면에서 미흡한 실정이다. 최근 LCC 연구가 발전하는 건설기술을 수용하려는 경향은 4차 산업 혁명에 관련된 주제[11][12]에 관한 것이다. 이와 관련된 연구 중에서 IOT (Internet of Things)에 관련된 연구는 LCC 분야의 연구에서 가장 중요한 빅 데이터의 수집과 활용 측면에서 매우 중요하다. LCC 분석이 그 중요성에 비해서 실무 활용이 미흡한 이유는 데이터의 부족에 의한 신뢰성 부족(불확실성의 증대 등)에 기인한다.

따라서 IOT를 활용하여 전기에너지 데이터 수집의 자동화가 실현될 경우 데이터 분석결과의 신뢰성 증대뿐만 아니라 자료 입력을 위한 노동력 절감과 정확성 제고라는 실질적인 효과도 얻을 수 있다. 데이터 수집 자동화는 지금까지 수동으로 입력되던 불편 등으로 버려졌던 설비 시스템의 전기에너지 데이터를 잠재가치가 큰 빅 데이터로 바꿀 수 있다.

이와 같이 IOT를 LCC분석에 도입하여 활용하는 것이 에너지 데이터의 수집과 활용에 매우 중요하고 시급한 연구임에도 불구하고 아직 이것에 관한 연구는 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 IOT를 사용하여 건축물에 사용되는 전기에너지 데이터를 자동으로 계측하고 수집하여 생애 비용을 분석하고, 이를 활용하여 설비기기의 상태평가를 할 수 있는 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. IOT

기반 LCC 플랫폼(이하 S-LCC 플랫폼이라 한다)은 기존의 LCC 시스템에 기계장치인 IOT를 결합하여 활용하는 방안에 관한 것으로 기계장치의 하드웨어적인 특성과 기존 LCC 시스템의 기능 융합을 필요로 한다.

특히 여기서는 IOT에서 자동으로 계측되는 설비 기기의 전기 에너지 데이터를 기존의 LCC 시스템에서 자동으로 DB화하고 활용할 수 있는 플랫폼을 구축하는데 연구의 중점이 있다.

1.2 연구의 범위 및 한계

본 연구의 범위는 기존의 LCC 시스템인 BLCS(Building Life Care System)에 IOT(Smart plug)를 접목하여 전기 에너지 데이터의 계측과 저장을 자동화하기 위한 기능 모듈의 구성, 계측된 데이터의 활용과 가공 및 가공된 데이터의 활용을 위한 개념 모델을 도출하는 것으로 한정한다. 따라서 시스템의 알고리즘 및 전산화 등의 문제는 다루지 않는다. 또한 여기에서 제시되는 방안은 IOT를 활용하여 유지관리 플랫폼을 구축하는 다양한 방안 중에 하나로서 필연성을 갖지 않는다. 본 연구에서 수행하는 연구가 실제 활용되고 있는 BLCS를 대상으로 하는 이유는 개념적인 연구결과보다는 실제적으로 활용 가능한 구체성을 갖는 연구결과를 도출하기 위함이다. 또한 본 연구에서 활용될 IOT는 네덜란드 P사에서 생산하고 있는 P제품을 활용한다. P제품은 LCC 시스템에서 필요한 전기에너지 데이터의 자동계측과 DB화에 필요한 모든 기능을 가지고 있다.

1.3 연구의 방법

기존의 LCC 체계(BLCS)에 IOT를 접목하기 위해서는 개념의 변화를 필요로 한다. 데이터 수집 자동화는 LCC 빅데이터의 축적에 따른 LCC 분석의 정확성을 제고시키는 역할도 수행한다. IOT를 활용한 S-LCC 플랫폼의 개발을 위한 연구는 다음과 같은 방법으로 진행한다.

첫째, 에너지 데이터 수집 자동화를 위해서 필요한 IOT의 성능을 분석한다.

둘째, 기 개발된 BLCS를 기반으로 IOT에서 계측된 에너지 데이터를 DB화하고 활용하기 위한 S-LCC 플랫폼 기능구성의 기본 체계를 제시한다.

셋째, IOT에서 계측되는 에너지 데이터를 활용하여 설비기기의 상태평가를 위한 방법, 즉 데이터의 활용 방법을 도출하고, 플랫폼 기능과의 상관성을 분석한다.

2. LCC 분석과 IOT

2.1 기존 LCC분석 시스템의 발전 과정

다음 Fig.1은 국내 L사가 개발한 LCCMS(Life Cycle Cost Management System)의 기능도이다. LCCMS는 국내에서 LCC 프로그램의 가장 최초의 형태이며 LCC 산출기능과 DB로 구성된다.

차기버전으로 출시된 BLCS는 LCCMS를 기반으로 한 LCC 산출 기능을 탑재한 유지관리 시스템이다.[9] 이 시스템은 LCC 분석결과를 건축물의 유지관리단계에서 활용하기 위한 목적으로 개발된 것으로서 산출된 LCC를 근거로 비용절감을 위한 VE(Value Engineering) 대체안 선정, 장기수선계획수립, 건물상태 평가 등이 가능하다. 건물의 상태평가 등이 가능한 BLCS는 정성적인 평가보다는 정량적 평가를 기본으로 하고, 그 결과를 바탕으로 장기수선계획을 수립한다.

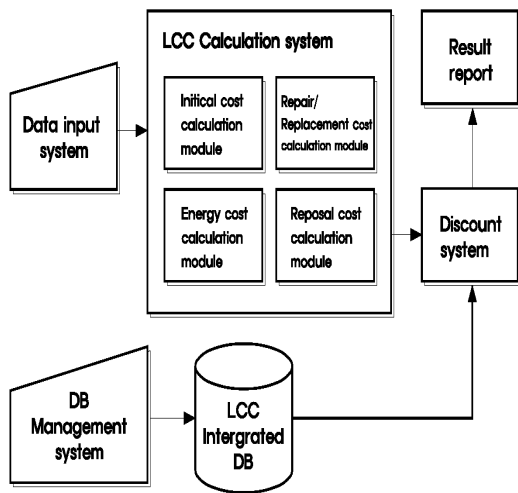


Fig. 1. Function of LCCMS[9]

최근, 동사에서는 IOT를 이용한 설비기기의 전기 에너지 사용량을 실시간으로 계측하여 활용하는 연구를 수행하였다.

LCC-SEnergy라고 명명된 이 연구는 설비기기의 에너지 데이터의 계측과 활용을 위한 필요성을 제시하였고, 에너지 데이터를 IOT를 이용하여 계측하기 위한 방법을 제시하였으나, 계측 데이터 활용을 위한 시스템의 기능구성, 계측 데이터의 구체적인 활용방안 등의 연구가 미흡한 실정이다.[13]

2.2 S-LCC 융합형 IOT의 기능

4차산업혁명의 핵심 도구인 IOT는 전기에너지를 자동으로 검침하고 기록할 수 있는 기능을 필요로 한다. 이를 위해서는 측정된 전기에너지 데이터를 와이 파이(Wi-Fi)나 스마트 폰 등을 이용해서 전송이 가능하고 기록할 수 있는 실시간 모니터링 기능과 원격제어 기능, 메모리 기능이 있어야 한다. 국내외에서 개발된 IOT 제품에 대한 분석결과에 의하면, 네덜란드 P사는 S-LCC 분석 체계에 필요한 프로그램 예약기능, 계측기능, 무선제어기능, 계측된 데이터의 DB화 기능, 경제성 및 제어의 편리성 등 핵심기능을 모두 갖추고 있다.[11]

또한, P사의 제품을 이용하여 대학시설물의 전기에너지 사용량(복합기, 컴퓨터, 노트북, 에어컨, 냉장고, 냉온수기)을 2차례에 걸쳐 계측하고 분석한 사례 연구 결과는 본 연구의 최종 목표가 현실적으로 도달 가능한 목표라는 것을 실증하고 있다. 이 연구는 P사에서 개발한 IOT의 대기전력 차단 효과를 분석하기 위하여 실시되었지만 기본적으로 위에 사용된 전기제품의 실시간 전기에너지 계측을 토대로 분석결과를 제시하고 있다. 또한 측정된 실시간 전기에너지 데이터를 기반으로 해당 기기의 노후도와 경제성을 분석하였다.[12]

3. IOT 기반 S-LCC 플랫폼의 구성

3.1 S-LCC 플랫폼의 정의

S-LCC 플랫폼은 기존의 LCC 분석 시스템과 새로 구축된 계측데이터 분석시스템을 통합하여 완성된다. 이 플랫폼은 기존의 LCC 분석 시스템의 기능과 새롭게 구축된 계측데이터 분석시스템의 중요 기능인 전기에너지 데이터 분석, 응용정보생성 및 활용을 위한 정보들의 재처리 과정을 체계화한 것이다. 이 데이터는 IOT를 통해 계측된 정보를 인터넷을 통하여 계측데이터관리 플랫폼으로 전송하고, 전송된 정보를 기반으로 설비의 성능저하를 분석하며, 이를 응용하여 설비의 노후도, 수명예측정보 등 응용정보를 생성하게 된다. 이에 사용될 IOT는 자체통신이 가능해야 하고, 정전 시에도 계측된 데이터가 손실되지 않도록 메모리기능이 있어야 된다. 여기에서 활용되는 P사의 IOT는 저전력이 소비되는 Zigbee 통신을 사용한다. 이 개념을 도식화하면 Fig. 2와 같다.

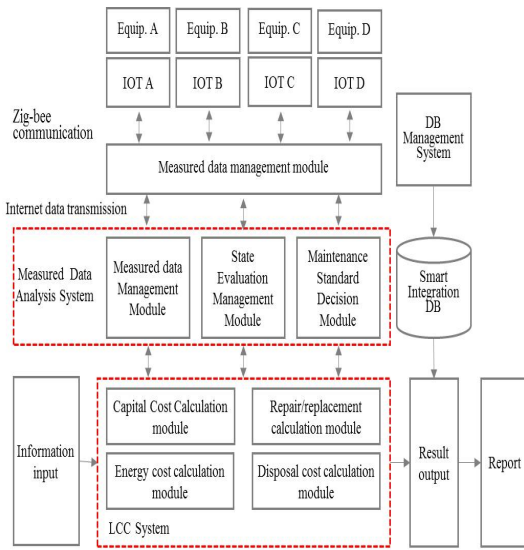


Fig. 2. Function block diagram of the S-LCC platform

3.2 S-LCC DB의 구성

Fig. 3에 제시된 S-LCC DB는 기존의 BLCS에 IOT를 이용하여 자동으로 측정되는 실적 데이터를 통합하여 구축된다. S-LCC DB는 현장에서 측정하여 유지관리데이터로 활용되기 때문에 데이터의 불확실성이 제거되어 LCC 산출 결과의 신뢰성이 증가시킨다.

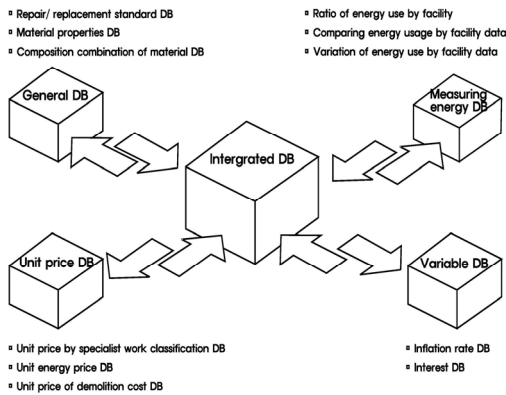


Fig. 3. Structure of the S-LCC DB

IOT를 이용한 실시간 측정 데이터가 시계열 자료화되면 이를 이용한 LCC 분석은 실적 데이터 기반 LCC 산출 결과가 된다. 실적 데이터를 이용한 LCC 분석은 해당 설비시스템이 노후화되어 가는 과정에서 에너지 효율 감소현상이 그대로 자료화되었기 때문에 설비시스템의 고장과 노후화를 반영한 분석 결과이다. 이 분석결과들을

시계열적으로 분석하면 설비 시스템들의 노후화 속도와 생애주기를 파악할 수 있다.

이를 위하여 IOT를 이용한 Data 자동 측정 과정이 기존 LCC 시스템에 융합되어야 한다. 이를 위해서는 별도의 알고리즘이 필요하나 이 내용은 연구의 범위를 벗어나므로 여기서는 언급하지 않고 Data의 활용성에 관해서만 4장에서 다룬다.

4. S-LCC 플랫폼

4.1 기능 구성

Fig. 4는 S-LCC 플랫폼에서 구축된 에너지 데이터들을 관리하고 활용하기 위한 기능구성이다. 이기능은 시설물관리, LCC분석, 에너지사용량관리, 상태평가분석 및 유지보수기준 재평가 기능으로 구성되어 있다. 시설물관리 및 LCC분석 기능은 시설물전체와 관련된 일반적인 기능이기 때문에 여기서는 IOT를 유지관리시스템에 도입한 결과로 파생되는 설비의 에너지사용량관리, 상태평가분석 및 유지보수기준 재평가 기능에 대하여만 기술한다.

전기에너지 사용량 관리는 IOT에 의해서 측정된 초기 전기에너지 데이터의 관리를 위한 기능이며, 상태평가분석기능은 기초데이터의 분석과 재정리를 위한 기능이고, 유지보수기준재설정 기능은 상태평가분석결과를 토대로 기존의 설비별 유지보수기준을 재설정하는 기능이다. 또한 유지보수기준이 설정되어 있지 않은 신제품의 기준도 새로 설정할 수 있다.

4.2 세부 모듈과 데이터의 활용성

Fig. 5은 Fig. 2에 제시된 측정 데이터 분석 시스템에서 수행되어지는 기능과 입력력 데이터를 정리한 것이다. 설비별 전기 에너지 사용량 관리는 설비별 상태평가/상태관리를 위한 기초 데이터가되며, 상태평가/상태관리 모듈에서 획득된 분석 결과들은 설비들의 유지보수기준을 재평가/재설정하는 기초자료가 된다. 따라서 자동 측정된 전기에너지 사용량 데이터들은 데이터분석과정을 거치면서 진화하게 된다.

4.2.1 에너지 데이터 관리 모듈

IOT에서 측정되는 정보를 수집, 관리하는 기능이다. 이 모듈은 측정된 전기에너지 사용량, 설비별 사용량 비교, 설비별 변화량 비교를 위한 모듈이다. 실시간으로 기

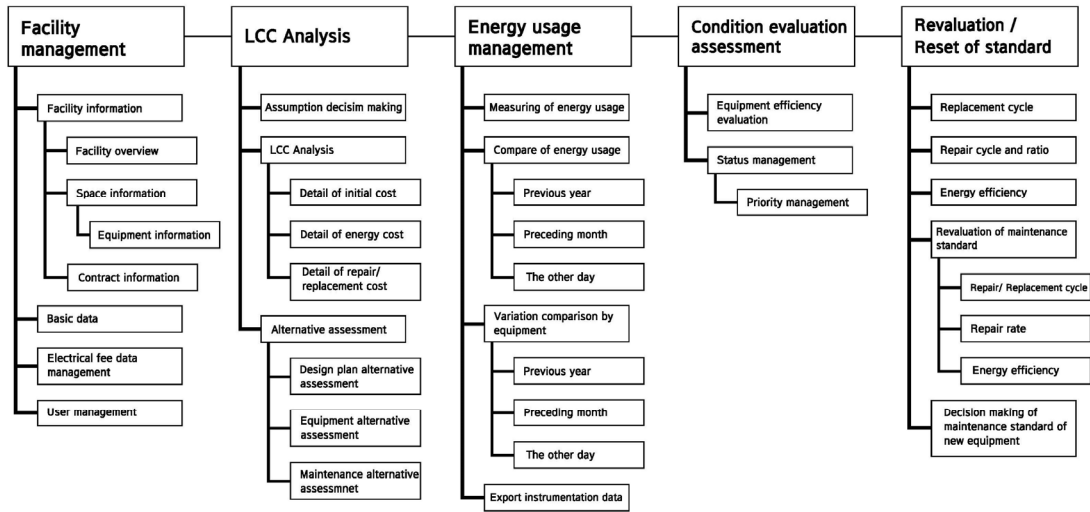


Fig. 4. Function of the S-LCC Platform

간별 에너지 사용량과 변화량이 계측되기 때문에 설비의 이상 여부를 실시간으로 감지할 수 있다. 계측된 전기에너지 정보와 이력정보를 활용하여 설비의 효율성평가를 위한 데이터로 활용된다.

4.2.2 상태평가/상태관리 모듈

계측되는 전기에너지 사용량 데이터는 시계열 데이터이기 때문에 관리의 대상이 되는 설비의 에너지 효율 감소가 관측된다. 이에 따라 이 시계열 데이터를 이용하여 설비의 상태평가를 할 수 있고 이 시설들의 고장이나 수명 등의 예측평가가 가능하다. 설비의 에너지 효율을 노후도, 고장율, 예측수명 등의 지표들 통해서 나타 낼 수 있으며, 이러한 분석결과들을 근거로 예방적 관리를 수행할 수 있다. 상태평가결과들은 시설관리를 위한 관리 우선순위도출과 상황별 경제적 운영방법의 도출이 가능하다.

설비상태지수(FCI 지수)는 이러한 결과들을 지수화한 것으로서 이는 설비의 노후도 등을 판단하는 기초 자료가 된다. 또한 이 지수를 근거로 설비의 경제적 수명의 예측과 설비의 장기수선계획수립이 가능하다. Eq. 1은 계측된 에너지 데이터들을 근거로 분석된 설비의 노후도 평가의 타당성을 입증하는 것이다.

$$FCI = (ME / AE) \times 100\% \quad (1)[13]$$

Where, ME denotes measured energy efficiency, AE denotes announced energy efficiency

4.2.3 유지보수기준 재설정 모듈

이 모듈은 설비별 유지보수기준 재설정 모듈과 신제품의 유지보수기준 설정 기능으로 구분된다. 상태평가결과에서 획득된 노후도와 고장율, 수명예측 결과를 바탕으로 실제 사용되고 있는 설비의 정확한 가동시간, 고장횟수, 에너지 효율의 변화 및 고장율 변화를 파악할 수 있다. 유지보수기준의 재평가를 통해 정확한 장기수선계획과 예산수립 등이 가능하고 예방적 유지관리가 가능하다. 신제품의 유지보수기준은 실제사용결과를 토대로 설정가능하며 장기적인 측면에서 다양한 사례들을 참고로 평가되어야 한다. 재설정된 유지보수기준(Sre)은 설비시스템들의 보수율과 교체기간에 관련된 기준의 재설정을 의미한다. Eq. 2는 유지보수기준 재설정의 이론적 근거를 제시하는 것으로서 향후 재설정 혹은 신규 설정되는 유지보수기준이 측정가능한 기준으로 체계화되는 것이다.

$$Sre = So \pm \Delta So \quad (2)$$

Where, Sre denotes revision maintenance standard, So denotes a existing maintenance standard, ΔSo denotes variation amount of existing maintenance standard, it is comes from operated equipment

4.3 정보 모델

구축된 S-LCC 정보의 상관성은 아래 Fig. 6과 같다. 계측된 설비의 LCC 에너지 정보와 설비의 사양 정보 및 수선이력정보 등을 종합 분석하여 설비효율정보, 노후도

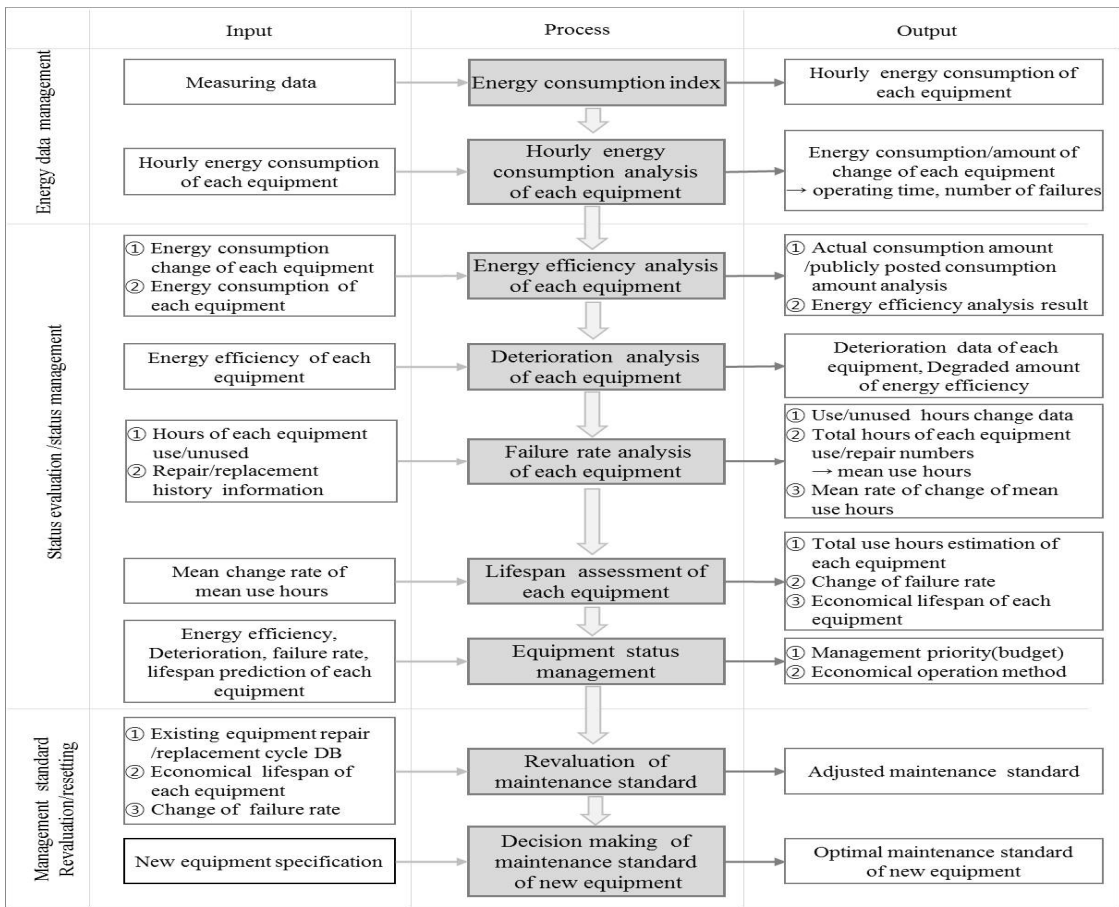


Fig. 5. Developing process of electric energy data

정보, 수명예측정보로 발전한다. 그 후 이들 에너지 가공 정보는 시설물의 경제적 상태관리를 위한 정보를 생성해 내고 또한 유지관리기준을 재설정하는 기초 자료를 제공하게 된다.

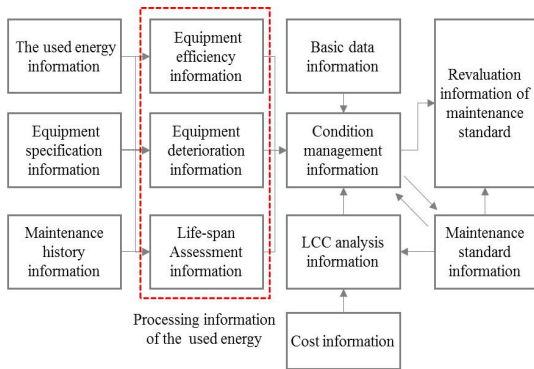


Fig. 6. S-LCC information model

4.4 S-LCC 체계 구축을 위한 추가 연구

4.3절에서 설명한 S-LCC 플랫폼은 IOT도입에 따른 에너지 데이터의 자동 계측과 활용을 위한 체계이다. 실제 활용과정에서 계측된 설비시스템의 전기에너지 데이터와 업무프로세스의 상관성 등에 관해서는 추가적인 연구가 필요하다.

5. 결론

건축물의 LCC 분석에서 4차 산업의 핵심도구인 IOT를 활용하여 전기에너지 데이터를 자동으로 수집할 경우, LCC 분석의 신뢰성 증대, 자료입력을 위한 노동력 절감, 정확성 제고 등의 효과뿐만 아니라 지금까지 버려졌던 데이터를 잠재가치가 큰 빅 데이터로 바꿀 수 있다. 이와 같이 IOT를 LCC분석에 활용하는 것이 중요함에도 불구하고

하고 기존의 유지관리 시스템에서는 이에 관한 고려가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기존의 유지관리 시스템(BLCS)에 IOT를 융합하여 전기에너지 데이터를 자동으로 계측하고, 계측된 데이터를 가공하여 활용하기 위한 S-LCC 플랫폼의 개념모델을 제안하였다. 이 플랫폼의 주요기능으로는 시설물관리모듈, LCC분석모듈, 에너지사용량관리모듈, 상태효율분석모듈, 유지보수기준재설정모듈 등 5개의 세부 모듈로 구성되어야 업무프로세스가 효율화된다. 이 5개의 모듈은 기존의 시스템이 가지고 있던 2개의 모듈에 에너지사용량관리모듈, 상태효율분석모듈, 유지보수기준재설정모듈이 추가된 것이다. 여기에 제시된 개념 모델은 장차 구축될 시스템의 업무 프로세스 구축과 시스템을 위한 알고리즘의 개발, DB의 세부 구조 수립 등에 활용될 것이다.

이 시스템이 구축되는 경우, 다음과 같은 분석결과를 도출한다. 첫째, S-LCC플랫폼은 설비 기기에 부착된 IOT로부터 실시간으로 획득되는 전기에너지 데이터를 기반으로 하기 때문에 설비들의 노후화 상태를 실시간으로 파악할 수 있다. 따라서 설비들의 실사용 시간 계측과 에너지 효율 분석을 근거로 경제수명 예측이 가능하다. 또한 각 설비들의 성능비교, 실제운전시간분석, 경제성분석 결과를 도출할 수 있다. 둘째, 계측된 전기에너지 데이터의 분석결과를 기반으로 하여 기존에 설정되었던 보수율과 교체주기, 수명 등에 관한 기준들을 재설정할 수 있으며, 또한 신규설비의 유지관리기준을 설정하는 기초자료로 활용될 수 있다.

References

- [1] T. K. Park, *A Study on the Optimization Methodology of Apartment House Based on LCC*, Ph.D Dissertation, Seoul National University, Seoul, Korea, pp.1~10, 1992.
- [2] K. U. Kim, T. K. Park, "A Study for the Computerization of the Life Cycle Cost Analysis Methodology :Focused on domestic Apartment Houses", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction* Vol.18, No.5, pp.97~104, May 2002. UCI : [G704-B00167.2002.18.5.015](https://doi.org/10.11170/journal.ascc.18.5.97)
- [3] C. K. Lee, M. H. Lee, B. H. Cho, J. H. Choi, T. K. Park, "A Study on Development of Life Cycle Cost Analysis System for Build-Transfer-Lease Projects", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design* Vol.24, No.4, pp.53~61, April 2008. UCI : [G704-A00167.2008.24.4.022](https://doi.org/10.11170/journal.apd.24.4.53)
- [4] S. S. Jung, "A Study on the Cost Analysis Breakdown System for Decision Maker in Life Cycle Cost Analysis", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design* Vol.20, No.3, pp.201~210, March 2004. UCI : [G704-A00167.2004.20.3.004](https://doi.org/10.11170/journal.apd.20.3.201)
- [5] S. S. Jung, "A Study on the Calculation Method of Optimum Boundary for Decision Maker in Probabilistic Phase of Life Cycle Costing Influence Diagram", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design* Vol.18, No.8, pp.201~208, August 2002. UCI : [G704-A00167.2002.18.8.019](https://doi.org/10.11170/journal.apd.18.8.201)
- [6] T. K. Park, "A Study on the Equipment Optimization Technique of Residential Apartment Houses Based on Life Cycle Cost", *Journal of the Architectural Institute of Korea* Vol.9, No.6, pp.167~175, June 1993.
- [7] J. R. Jung, K. H. Lee, "Evaluation of Alternatives for Building Service System on High-rise Building based on Life Cycle Cost Analysis", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design* Vol.19, No.1, pp.249~257, January 2003. UCI : [G704-A00167.2003.19.1.021](https://doi.org/10.11170/journal.apd.19.1.249)
- [8] J. J. Choi, H. B. Kim, M. J. Son, C. T. Hyun, Application of Real Option based Life Cycle Cost Analysis for Reflecting Operational Flexibility in Sola Heating Systems, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 16, No.4, pp. 70~79, July 2015. UCI : [G704-001084.2015.16.4.008](https://doi.org/10.11170/journal.kjcem.16.4.70)
- [9] LCCKorea, Abstract of BLCS, Abstract of LCCMS, Available from <http://www.lcckorea.co.kr> (accessed December 1st, 2019)
- [10] H. D. Seo, K. R. Kim, D. W. Shin, H. S. Cha, "BIM-Based LCC Analysis Process for Exterior Skin System of Building", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction* Vol.29, No.2, pp.47~58, February 2013. UCI : [G704-B00167.2013.29.02.002](https://doi.org/10.11170/journal.ascc.29.2.47)
- [11] J. Y. Park, C. K. Lee, T. K. Park, "A Case Study of Measuring and Analyzing Electric Energy Usage in University Facilities Using Smart Plug", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction* Vol.34, No.9, pp.27~34, September 2018.
- [12] J. P. Park, C. K. Lee, T. K. Park, "A Case Study of Electricity Usage Monitoring for Deterioration and Economic Analysis of Main Equipment in University Laboratory", *The 6th International Conference on Construction Engineering and Project Management(ICCEPM 2015)*, Korea Institute of Construction Engineering and Management, Paradise Hotel Busan, Busan, Korea, pp.706~707, October 2015.
- [13] LCCKOREA Co., "Facilities Management, Forecasting and Evaluation System Based on LCC Applied IOT Date Processing Techniques", National IT Industry Promotion Agency(NIPA), Korea, pp.1~58, p32, February 28th 2015.

박 태 근(Tae-keun Park)

[정회원]



- 1983년 2월 : 서울대학교 건축학과(공학석사)
- 1992년 2월 : 서울대학교 건축학과(공학박사)
- 1984년 3월 ~ 1988년 2월 : ㈜선진엔지니어링 건축사사무소
- 1993년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 건축공학과 교수

〈관심분야〉

건설관리, 건축시공, 건설소프트웨어, 건설유지관리