

IoT 환경에서 녹색건축 재인증제도 개선을 위한 G-SEED : EB 시스템 설계

김웅보*, 박석천**, 김대현***
*가천대학교 일반대학원 모바일소프트웨어학과
**가천대학교 컴퓨터공학과 정교수(교신저자)
*** 모코엠시스 MD사업부 개발팀 대리
e-mail:cryingbo_@naver.com

Design of G-SEED : EB System for Enhanced Green Building Re-Certification in IoT Environment

Woong-Bo Kim*, Seok-Cheon Park**, Dea-Hyun Kim***
*Dept of Mobile Software, Gachon University
**Dept. of Computer Engineering, Gachon University(Corresponding Author)
*** Dept. of MD Div. Development, MOCOMSYS

요 약

「녹색건축 인증제도」는 건축물의 자재생산단계, 설계, 건설, 유지 관리, 폐기에 걸쳐 건축물의 전 과정에서 발생할 수 있는 에너지와 자원의 사용 및 오염물질 배출과 같은 환경 부담을 줄이고, 쾌적한 환경을 조성하기 위한 목적으로 건축물의 친환경성을 평가하여 인증하는 제도이다. 우리나라는 2002년부터 제도를 운영해오고 있지만 LCA를 기반으로 한 평가기준이 미비하고, 인증대상 확대에 따른 수요를 대처하기 어려운 구조이다. 따라서 본 논문에서는 G-SEED와 국외 인증제도의 비교분석을 통해 문제점을 도출하고, 이를 해결하기 위한 IoT 환경에서의 G-SEED : EB 시스템 설계를 목적으로 하였다.

1. 서 론

현대 사회의 건축물은 전 세계 에너지 소비의 30~40% 온실 가스 배출량의 40~50%를 차지하고 있는 것으로 보고되고 있다. 이로 인해 건축물에 의한 에너지 사용과 온실 가스 배출 저감 등에 대한 환경 대책 마련을 위해 세계적인 협력이 활발하게 진행 중에 있으며, 건축물의 친환경적 요소에 대한 사전 고려가 필수적인 것으로 인식되고 있다. 이에 미국, 영국, 독일 등 선진국에서는 에너지 관리 및 폐기물 처리 등의 효과적인 제어가 가능한 친환경 건축물 인증 제도를 시행하여 친환경 건축물의 확산을 유도하고 있다

국내에서도 2002년 1월부터 친환경 건축물 인증 제도를 시행해 오고 있으며, 기존 건축법과 주택법에 의했던 친환경건축물인증제도와 주택성능등급인증제를 일원화한 '건축물의 에너지 및 환경 디자인을 위한 녹색표준(Green Standard for Energy and Environmental Design 이하 G-SEED라 칭함)'으로 명칭을 변경하였다. 이는 지속가능하고 자연친화적인 건축을 유도하여 건축물로부터 발생하는 에너지 및 온실가스 배출을 줄이는데 목적을 두고 있다.

G-SEED는 건물 운영 시점에 따라 본(예비)인증과 재인증으로 분류되는데, 국외의 인증제와 비교하여 재인증 제도에 다음과 같은 문제점이 지적되고 있다.

첫째, 국제인증제도의 동향을 살펴보면 건물의 지속가

능성에 대한 평가 비율이 높아지고 있지만 G-SEED는 관련기준이 미비한 실정으로 건축물의 생애주기를 고려한 기준보완이 필요하다. 둘째, 2010년 5월 규정이 전면 개정되면서 인증 대상이 모든 건축물로 확대, 10,000㎡ 이상의 공공건축물의 인증이 의무화됨에 따라 인증건수가 급격히 증가하였지만, 현재 재인증 제도는 증가하는 수요를 따라가기 어려운 실정이다.

따라서 본 논문에서는 G-SEED와 국외 녹색건축 인증 제도와의 비교를 통해 재인증 제도의 개선방향을 설정하고, 이를 시스템화하여 센서 데이터 기반의 재인증제도 구축 및 증가하는 인증수요를 대처할 수 있도록 G-SEED : EB 시스템을 설계하였다.

2. 관련 연구

2.1 건축물 생애주기와 녹색건축 인증제

녹색건축인증제는 건축물의 자재생산, 계획, 설계, 건설, 유지관리, 폐기 등 전 과정을 대상으로 에너지 및 자원의 절약, 오염물질 배출감소, 주변 환경과의 조화, 건강 및 쾌적 등 환경에 미치는 요인을 평가하는 것으로 LCA(Life Cycle Assessment)를 기반으로 한다. 이 중 유지관리 단계는 생애주기 중 에너지소비가 가장 높으며 특히 녹색건축물은 인증 이후 유지관리단계에서 일반 건축물보다 높은 에너지 성능과 품질을 발휘하기에 초기 계획대로

에너지 성능이 발현되고 있는지에 대한 지속적인 성능 관리가 필수적이다. 그렇기 때문에 녹색건축의 인증은 건물 생애주기를 고려하여 모든 과정에 걸쳐 평가가 이루어져야 하며 이는 초기에 사용되는 녹색건축인증제와 인증유효기간이 만료되는 건축물에 대한 재인증제도가 유기적으로 연계가 되어야 한다.

2.2 국내외 녹색건축 재인증 제도

국의 대표적인 녹색건축 인증제는 영국의 BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method)과 미국의 LEED(Leadership Energy and Environmental Design)이 있으며, 각 제도는 건물 운영 시점에 따라 최초인증과 재인증으로 나뉘며 명칭은 아래 <표 1>과 같다.

<표 1> 운영시점 별 녹색건축인증제 분류

국가	건물 운영 전	건물 운영 후
한국	G-SEED	G-SEED(재인증제도)
영국	BREEAM	BREEAM IN-USE
미국	LEED	LEED EB : O&M

2.2.1 BREEAM IN-USE

영국은 BREEAM에서 Excellent, Outstanding을 획득한 건물에 대하여 3년마다 BREEAM In-use로 재검토 받도록 권장하고 있다. 법적 규제는 아니지만 재검토를 받지 않을 경우 3년이 지난 이후로는 인증과 관련한 내용을 홍보에 사용할 수 없으며 인증획득 기록이 삭제된다.

신축 후 초기 2년은 평가대상에서 제외된다. 9개의 평가항목은 BREEAM과 유사하며 점수에 따라 6개의 등급으로 나뉜다. 평가는 Part 1(Asset performance), Part 2(Building Management performance), Part 3(Occupier management)의 세 부분으로 나뉘어 독립적으로 평가·인증을 획득한다. Part 1은 건물 구조 및 시스템 등 고유의 성능 특성, Part 2는 실제 소비하는 에너지, 물, 기타 주요 자원으로 인한 탄소 및 폐기물이 환경에 미치는 영향, Part 3는 직원의 참여 및 관리 정책에 대한 사항을 평가한다. 따라서 9개의 상위항목은 같으나 가중치는 각기 다르며 9개 항목의 세부 평가내용도 Part 특성에 따라 다르다.

2.2.2 LEED EB : O&M

LEED EB : O&M(LEED Existing Building : Operation & Maintenance)은 기존 및 LEED 인증 받은 건물에 있어 높은 에너지 성능, 거주자의 건강, 건물의 내구성, 운영의 적정성, 친환경적 성능을 평가하기 위한 것으로서 최초 인증을 받은 후 2년 내에 LEED EB : O&M을 통해 재인증을 지속적으로 신청하도록 권고하며 인증을 받기 위해서는 종합프로세스를 거쳐야 한다. LEED EB : O&M인증을 유지하려면 최소 5년마다 1번씩 재인증

을 신청해야 하며 5년 주기로 재인증을 하지 않을 경우 그 다음 신청은 최초 인증과정을 다시 거치게 된다. 기존 건물 및 재인증을 목적으로 하는 LEED EB : O&M은 물, 에너지, 재료 및 자원, 실내 환경과 같이 건물 운영 성능 및 거주자의 쾌적도와 직접 관련이 있는 사항에만 필수조건을 제시한다. 이후 건물의 예상 점수를 결정하여 건물 감사를 실시한 후 3개월에서 1년까지의 성능을 추적하여 관련 기록을 취합하여 인증을 신청한다.

2.2.3 G-SEED(재인증제도)

국내의 재인증 제도는 G-SEED에 유지관리 항목이 추가되어 평가된다.

유지관리 「체계적인 현장관리」, 「효율적인 건물관리」, 「시스템 변경의 용이성」으로 구분되었고 「체계적인 현장관리」는 시공회사의 ISO14001의 획득여부와 현장 운영지침에서의 환경우선정책 채택정도를 평가하고 「시스템 변경의 용이성」은 기준층 업무공간에서 거주자의 요구에 따른 공조순환시스템의 변경이 용이한 방식이나 전력이나 통신배선의 설치 및 변경이 용이한 OA플로어(Office Automation Floor) 등의 적용면적을 평가하며 건물 생애주기의 유지관리와는 관련성이 적다. 건물 운영의 유지관리와 관련이 있는 「효율적인 건물관리」는 '운영/유지관리 문서 및 지침 제공(필수)'과 'TAB(Testing, Adjusting & Balancing) 및 커미셔닝 실시(평가)'를 평가한다.

2010년 7월에 공동주택과 주거복합 건물을 제외한 모든 용도의 건축물 평가에 'TAB 및 커미셔닝 실시' 평가가 시행되도록 개정되었다. 'TAB 및 커미셔닝 실시'는 설계도서대로 시공되었는지 시스템의 성능을 확인하는 것으로 김명운의 연구에서도 친환경 건축시스템의 성능 확보를 위한 가장 중요한 요소로서 커미셔닝(commissioning)과정을 언급하였는데, 이는 환경 계획의 모니터링을 통해 지속적인 개선과 성능향상이 순환되어야함을 나타내었다. 하지만 국내 제도의 커미셔닝은 BREEAM, LEED와 달리 평가사항으로 되어 있고 건물 준공 후 시스템 확인에 대한 조건이 구체적으로 명시되어 있지 않아 실질적인 건물의 에너지성능확인 및 유지관리에 한계가 있다.

그리고 배시화의 연구에서도 녹색건축인증제도의 항목별 평가점수통계에서도 TAB 및 커미셔닝은 1.11/2점에 그쳤는데, 현 G-SEED는 건물의 효율적인 유지를 위한 특이성은 부족하다고 할 수 있다.

2.2.4 국내외 유지관리 평가 내용 비교 분석

국내의 녹색건축인증제도의 공통적인 목적은 건축물의 계획, 설계부터 유지관리, 폐기까지의 생애주기 동안 환경에 미치는 영향과 에너지절약을 유도하고 평가하는 것으로 초기단계에서 목표로 계획한 성능이 운영 및 유지관리에서 발휘되어야 하고 이를 위해 체계적인 평가기준이 마련되어야 한다. G-SEED와 국제 녹색건축 인증제와 차이점은 모니터링과 POE(Post Occupancy Evaluation)의 준

제가 가장 컸으며, 각 제도의 특징을 요약하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 국내외 녹색건축인증제도 비교

		G-SEED	BREEAM	LEED
Prerequisite		-	○	○
Assessments	Commissioning	○	○	○
	Monitoring	-	○	○
	POE	-	○	○
Evaluation time		-	from Project brief(Programing) to Aftercare(Post-Acceptance)	
Evaluation period after completion		-	be completed over a minimum 12 month period	be completed over a minimum 10 month period
Evaluation method		Commissioning & TAB plan or contract Commissioning & TAB confirmation and(or) the resulting report	Compared with LEED is similar but a little more detail.	owner's project requirements, basis of design, systems manual, construction documents, commissioning plan, commissioning report.

2.3 재인증 제도 평가기준 변경 동향

국내 재인증 제도에 'TAB 및 커미셔닝'이 평가 항목으로 추가된 것은 국제인증제도 평가기준 변경 동향과도 일치한다. 영국의 BREEAM는 2010년 개정 시 유지관리 항목 점수가 10점에서 22점으로 변경되고 항목 또한 건물의 지속가능성을 평가할 수 있도록 변경하였다. 미국의 LEED는 v3.0으로 개정 되면서 Energy Performance 및 Renewable Energy에 대한 항목 점수가 각 9점, 4점씩, 관련 항목들 또한 1~2점씩 증가하였다. 이는 건물에너지 사용량 기준을 강화시키고 건물의 지속가능성을 위하여 건물의 성능관리/평가가 중요하다는 것을 의미한다.

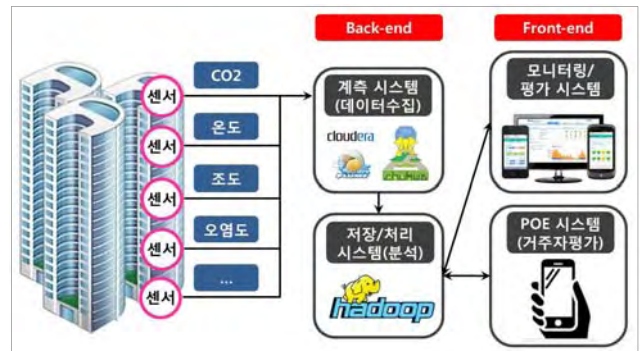
3. 녹색건축 재인증 시스템 설계

3.1 연구배경

앞선 연구를 통해 도출된 G-SEED의 문제점은 LCA를 반영하지 못한 평가기준 및 수요증가를 대처하기 어려운 평가방법이라는 것이다. 따라서 국외의 제도와 비교분석을 실시하였고 평가기준 및 방법을 개선하기 위해 모니터링 및 POE 데이터를 수집/분석 할 수 있는 통합 시스템을 설계하였다. 해당 시스템은 IoT 환경에서 각 사물 간 통신을 기반으로 하며, 본 논문에서는 수집/분석을 위한 독립적인 환경을 구성하였다. 만약 건물 내 활용되는 건물(에너지)관리 시스템과 연계한다면 최소한의 비용으로 구축/운영이 가능할 것으로 예상된다.

3.2 녹색건축 재인증 시스템 구성도

G-SEED : EB 시스템은 총 4개의 독립적인 역할을 하는 시스템으로 구성되며, Back-end 및 Front-end로 구분된다. 먼저 Back-end 시스템은 건물 내 센서를 통해 생성된 데이터를 수집/저장하고, 클라이언트의 요청을 처리한다. 그리고 Front-end 시스템은 정부 및 관련기관과 거주자를 대상으로 하는 모니터링/평가 및 POE를 위한 시스템들로 구성된다. 시스템의 통합모형은 아래 (그림 1)과 같다.



(그림 1) G-SEED : Existing Building 시스템 통합모형

3.2.1 Back-end 시스템

Back-end 시스템은 계측 시스템과 저장/처리 시스템으로 구성된다.

계측 시스템은 센서에서 생성되는 데이터들을 수집하는 역할을 한다. 녹색건축 인증을 받은 건물은 완공 후 'Tap 및 커미셔닝' 및 주기적인 재인증을 받기 위한 센서를 설치하는데, 센서는 재인증 평가 기준에 포함되는 요소를 측정한다. 센서에서 생성되는 데이터들은 데이터베이스와 스프레드시트와 같은 정형(Structured) 데이터가 아닌 메타데이터나 스키마를 포함하는 반정형(Semi Structured), 비정형(Unstructured) 데이터이다. 따라서 무작위 데이터들을 수집하기 위한 계측(수집) 시스템이 필요한데, 이는 Apache Chukwa나 Cloudera Flume 또는 Scribe 등을 이용하여 구현한다.

계측 시스템을 통해 수집된 데이터는 관계형 데이터베이스에서 저장 및 처리에 한계가 있으며 대규모 데이터들을 핸들링 하는데 큰 비용이 든다. 따라서 빅데이터 저장/분석 시스템인 하둡을 적용시켜 문제점을 해결할 수 있다.

하둡의 핵심기술은 HDFS(Hadoop Distributed File System)와 맵리듀스(MapReduce)로 정리할 수 있다. HDFS는 거대 자료를 여러 대의 소규모 컴퓨터에 나누어서 저장하는 기술로 아주 큰 파일을 조그마한 파일 여러 개로 나눈 후 여러 대의 소규모 컴퓨터에 나누어서 저장하는 기술이며, 맵리듀스는 이렇게 분산 저장된 자료에서

정보를 신속하게 추출하는 기술로 분산 처리된 자료로부터 빠르게 정보를 추출할 수 있는 프로그램 언어라고 생각하면 된다. 이 기술의 특징은 분산된 자료에서 정보를 추출할 때, 필요한 자료를 한 곳에 모아 분석을 하는 게 아니라, 분산 저장된 개별 컴퓨터에서 개별 자료를 분석한 후 분석 결과만 한 곳에 모으는 방식이기 때문에 비정형의 대규모 데이터를 처리하는 시스템을 구축하는데 비용을 최소화 할 수 있다.

하둡으로 구성된 시스템은 관련 두 가지 역할을 한다. 첫 번째는 수집된 데이터 처리/분석이다. 연속적으로 수집되는 데이터를 데이터베이스 서버에 저장하고, 저장된 데이터를 통해 ‘Tap 및 커미셔닝’ 및 재인증에 필요로 하는 데이터를 분석하는 역할이다. 두 번째는 정부 및 외주기관이 사용하는 모니터링/평가 시스템과 거주자평가시스템(POE)에서 발생하는 일련의 작업들을 처리하는 역할을 한다. 이를 통해 LCA를 기반으로 하는 재인증 시스템을 구축하고, 증가하는 인증수요를 능동적으로 대처할 것이라고 예상된다.

3.2.2 Front-end 시스템

Front-end 시스템은 웹 브라우저와 모바일 웹 형태로 구현된 정부 및 외주기관이 사용하는 모니터링/평가 시스템과 거주자들의 피드백 데이터를 수집하기 위한 POE시스템으로 구성된다.

모니터링/평가 시스템은 Back-end 시스템에서 산출된 데이터를 기반으로 인증당시의 에너지 성능이 실제로 구현되었는지 평가하는 ‘Tap 및 커미셔닝’을 수행한다. 이후 재인증 기준에 따라 건물의 에너지 사용 효율성 및 지속가능성 등을 관리하고, POE평가 시스템을 통해 산출된 거주자 평가지수를 연계하여 신뢰도 높은 데이터를 기반으로 하는 LCA를 반영할 수 있다.

시각화 기술로는 오픈소스 데이터 분석 엔진인 R을 이용한다. R에는 다양한 시각화 라이브러리들이 내재되어 있는데, 구글, 페이스북, 아마존 또한 대용량 데이터 분석에 해당 기술을 이용하여 통계분석 및 데이터 마이닝에 활용하고 있다. (그림 2)는 R언어와 웹 프로그래밍을 통해 구현된 모니터링/평가 시스템 화면 구성의 예를 보여주고 있다.



(그림 2) 모니터링/평가 시스템 화면 구성 예

4. 결론

2002년부터 도입된 녹색건축 인증제도는 다양한 용도의 건축물에 대한 평가기준 마련과 인증취득을 위한 지원 정책 발굴 등을 통하여 국내 유일의 건축물 친환경성 성능평가기준으로 정착되고 있다. 하지만 미국, 영국, 일본 등 선진국에서 운용되는 인증제도는 자국에서뿐 아니라 해외에서도 표준으로 활용될 정도로 신뢰도가 높지만 G-SEED는 국내 실정을 반영하기도 부족한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 LEED와 BREEAM과 비교분석을 통해 현 제도의 문제점을 파악하고, 이를 해결하기 위한 IoT기반의 GSEED : EB 시스템을 설계하였다.

추가적인 연구에서는 축적된 데이터를 기반으로 한 평가기준 확립 및 제도화와 해외에 녹색건축 인증제에 대한 인지도를 높이기 위한 방안 등이 필요할 것이며, 지속적인 연구를 통해 우리나라가 저탄소 녹색건축에 글로벌 모범 국가로 발전하도록 노력해야 할 것이다.

사사의 글

본 논문은 미래창조과학부의 2015년 고용계약형 SW석사 과정 지원사업(H0116-15-1003)을 지원받아 수행한 결과입니다.

Acknowledgement

This research was supported by SW Master's course of hiring contract Program grant(H0116-15-1003) funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning.

참고 문헌

- [1] Building Research Establishment Ltd “BREEAM Scheme Document 2009 Edition”
- [2] U.S. Green Building Council “LEED Reference Guide for Green Building Operation & Maintenance”
- [3] 현은미 외 1명 “국내의 녹색건축인증제의 유지관리 및 재인증 제도에 대한 비교 연구”, 한국생태환경건축학회 논문집 14-1
- [4] 장현숙 외 1명 “녹색건축인증제도 진행과정의 문제점 및 개선방향 연구”, 한국생태환경건축학회 학술논문
- [5] 왕정준 외 2명 “녹색건축 재인증제도의 개선방안에 관한 연구”, 생태환경건축 Vol.13
- [6] 박재한 외 2명 “국내의 친환경 건축물 인증제도의 변천과정 고찰을 통한 G-SEED의 평가 체계 개선방안 연구”, 한국주거학회 학술논문 제24권
- [7] 조동우 “녹색건축 인증제(G-SEED)의 동향 및 향후 발전 방향” 대한설비공학회, 설비저널 제42권
- [8] 정다희 외 2명 “IoT 협력 통신 기반 농산물 환경정보 수집기 요구사항 분석”, 한국통신학회 하계학술 논문지
- [9] 박현 외 1명 “IoT 기반 Big Data 기술 동향”, 한국전자과학회지 제24권