

BIM을 이용한 정보 시각화에 관한 연구

차기춘¹, 박승희^{1,2*}

¹성균관대학교 미래도시융합공학과, ²성균관대학교 건축토목공학부

A Study on Information Visualization using Building Information Modeling

Gi-Chun Cha¹, Seunghee Park^{1,2*}

¹Department of Convergence Engineering for Future City, Sungkyunkwan University

²School of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Sungkyunkwan University

요약 지구 온난화로 인한 국제적 위기가 초래됨에 따라 전 세계는 지구온난화의 주범인 온실가스를 줄이기 위해 에너지 소비를 절감하기 위한 여러 기술들을 도입하고 시행 중이다. 우리나라는 총에너지의 30%를 건물에서 소비하고 있으며, 건물 에너지를 관리하기 위해 BAS 및 BEMS를 운영하고 있지만, 현재 BEMS는 효율적인 에너지 관리를 위한 정보표현기술이 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 BEMS의 운영효율향상을 위해 세종시 첫마을에 위치한 참샘초등학교 BEMS를 대상으로 연구를 진행하였다. BIM을 이용하여 건물 공간정보 Web 모델을 생성하고 에너지 시각화를 위해 로컬데이터베이스를 구축하였다. 그리고 건물 공간정보 Web모델과 로컬데이터베이스를 Web Browser로 연동하여 에너지정보를 시각화 하였다. ISO/IEC 9126 국제표준을 근거하여 정량적 평가를 수행하였으며, 2달간 본 시스템을 운영하여 약 16%의 에너지 절감을 확인할 수 있었다. 우리는 3D Web Browser를 통해 BEMS의 운영효율향상을 가져올 것이라 기대한다.

Abstract The global warming has been recognized as a serious problem. To solve this problem, the country of all the world have conducted techniques such as energy saving and reduction of greenhouse gas. The 30% of total energy is being consumed by buildings domestically and BAS/BEMS are being operated for the management of building energy. But, BEMS is unsatisfactory condition to manage the energy efficiently. In this study, We investigate real application on Chamsaem elementary school as a target buildings and develop 3D Web Browser platform. The spatial information of target buildings is described with used BIM and the energy information is presented for facilities operation and electricity consumption in floor and facility. We perform the quantitative evaluation based on ISO/IEC 9126 and operate this system for two months. in result, energy decreased by about 16%. We expect that the proposed 3D Web Browser system will bring operating efficiency improvement of the current BEMS.

Key Words : Building Energy Information, BEMS, BIM, ISO/IEC 9126, Visualization, Web browser

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

우리나라는 총에너지의 97%를 해외에 의존하고 있

며, 이중 약 30%를 건물에서 소비하고 있다[1]. 이에 따라 건물 분야에서도 보다 더 효율적으로 건물을 관리하고 에너지를 절감할 수 있는 방편으로 Building Automation System(BAS)와 Building Energy

본 논문은 국토교통부의 U-City 석·박사과정 지원사업과 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다.(No. NRF-2014R1A2A1A11054299)

*Corresponding Author : Seunghee Park (Sungkyunkwan Univ.)

Tel: +82-31-290-7525 email: shparkpc@skku.edu

Received December 8, 2014

Revised (1st April 27, 2015, 2nd June 2, 2015)

Accepted June 11, 2015

Published June 30, 2015

Management System(BEMS)를 도입하여 운영하고 있다. 하지만, 현재 대부분의 BEMS는 기기들의 상태, 가동 시간, 전력 사용량 등의 정보를 디스플레이 하는 용도로 밖에 사용하지 않는다. 이와 관련하여 BEMS 에너지 시각화 관련 연구로 Building Information Modeling (BIM)이나 3D도형 컴포넌트를 이용한 사례들이 있었으며[2-4], 앞선 연구들의 공통된 한계점은 건물 공간정보 표현이 단순하여, 세밀한 공간정보 표현을 필요로 하는 대규모 및 복잡한 공간에 대해서는 적용하기 힘든 점이 있었다.

따라서 이 논문의 연구 목적은 BIM을 이용하여 건물 내 공간정보를 정밀하게 시각화하고 건물 에너지 정보와 함께 표현하여 건물 에너지 효율을 향상 시킬 수 있는 3D 건물 에너지 모니터링 시스템을 개발하는 것이다. 이를 위한 세부 목적으로는 다음과 같다.

- BIM기반 건물공간정보 시각화
- 건물 에너지정보시각화 시스템 설계 및 구축
- 3D Web Browser GUI 설계
- 건물 에너지 데이터베이스 구축
- 건물 공간정보 3D Web Browser 적용
- 3D Web Browser와 건물에너지데이터베이스 연동

1.2 연구범위 및 방법

본 연구의 범위는 BEMS에서 수집되는 에너지정보 중 전력에너지에 한정하여 연구를 진행한다. 전력에너지는 사용 장소나 시간대에 따라 사용패턴이 다양하고 사용자의 부주의로 전력이 낭비될 가능성이 많기 때문에 효율적인 관리 시스템을 갖춘다면 에너지 절감에 크게 기여할 수 있는 부분이다[5].

본 연구 절차는 Fig. 1에서처럼 공간정보와 에너지정보를 웹 브라우저로 통합하여 시각화 하는 단계로 구성되어있다. 공간정보는 BIM내 공간정보를 추출하고 이를 3D Web 모델로 변환하는 순으로 진행되며, 에너지정보는 통합에너지데이터베이스에서 전력사용량만 추출하여 로컬데이터베이스를 구축하는 순으로 진행된다. 그리고 최종적으로 공간정보와 에너지 정보를 통합하여 웹 브라우저로 시각화하는 순으로 연구를 진행한다.

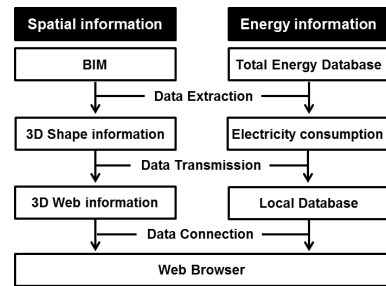


Fig. 1. Research process of 3D Web Browser System

2. 건물 에너지 정보 시각화를 위한 요소기술

2.1 BIM 기술

BIM에서 Building은 대상건물의 전 생명주기(기획, 설계, 시공, 운영 및 관리), Information은 대상건물의 전 생명주기에 포함된 모든 정보를 의미하고, Modeling은 전 생명주기에 포함된 모든 정보를 생산, 관리, 출판을 제공하는 통합 도구 및 플랫폼을 의미한다[6]. 본 연구에서는 BIM정보를 이용하여 건물 공간정보를 정밀하게 시각화하기 위해 각 객체를 구분하여 저장될 수 있도록 하였다.

2.2 Web Browser 기술

최근 시스템 개발에 있어서 여러 운영체제와 해상도에 따라 별도로 개발하고 테스트해야 하는 어려움을 해결하기 위한 대안으로 Web 기반으로 시스템이 개발되어지고 있다[7]. 따라서 본 연구에서도 다양한 환경에서 구동 가능한 Web browser 환경에서 개발을 진행한다. Fig. 2는 브라우저의 기본구조를 나타내며, User Interface영역에서 정보시각화 연구를 진행하였다.

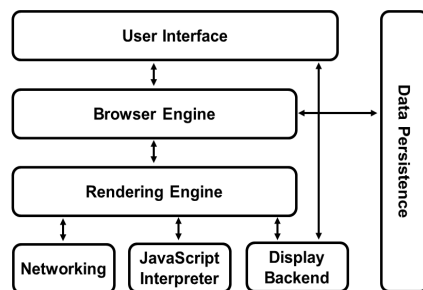


Fig. 2. Basic structure of browser[8]

2.3 정보시각화 기술

정보시각화란 사용자에게 더 효율적으로 정보를 전달하기 위하여 그래픽 요소를 활용하여 데이터가 정보로서의 의미가 생성되도록 형상화하는 것을 뜻한다[9]. 명도, 색상, 질감, 형태, 위치, 방향, 크기 등 일곱 가지 시각화 요소가 있으며 본 연구에서는 정보를 특성별로 구분하기 유용하고, 핵심이 되는 데이터를 강조할 수 있는 색상을 이용하여 정보시각화 연구를 진행하였다.

3. 세종시 Test-Bed 구축 및 현장적용 연구

3.1 Test-Bed 및 BEMS 구축현황

3.1.1 Test-Bed 현황

본 연구의 Test-Bed로 세종특별자치시 노을1로 29에 위치하고 있는 참샘초등학교를 선정하였으며, Fig. 3은 참샘초등학교 전경 사진을 나타낸다.



Fig. 3. View of Chamsaem elementary school

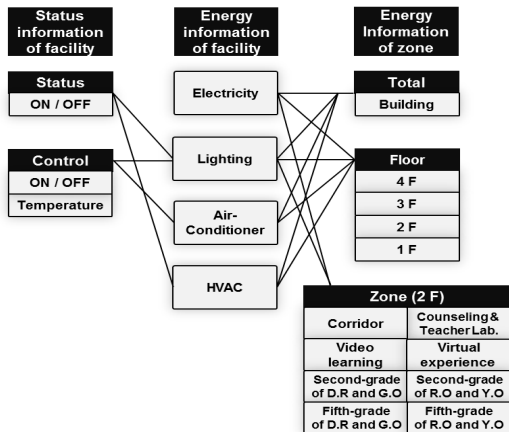


Fig. 4. Status of data acquisition in Chamsaem elementary school

참샘초등학교는 화석연료를 사용하지 않는 전력단독 에너지원을 사용하고 있어 타 초등학교들에 비하여 에너지단위가 매우 높은 곳으로 분석되었다[10].

Fig. 4은 참샘초등학교에서 계측되는 데이터 현황이며 전력, 조명, 시스템에어컨, HVAC 전력사용량과 설비들의 상태정보 및 제어정보가 수집되고 있다.

3.1.2 BAS 인터페이스 정보제공 현황

참샘초등학교의 BAS 시스템은 프로그램에 의한 운전제어방식을 사용하고 있다. Fig. 5는 BAS 프로그램에서의 지열설비 인터페이스를 나타낸다. 해당 인터페이스는 지열설비 운영정보와 전력사용량 정보가 구분되어 있지 않고 한 화면에 모두 보여주기 때문에 정보이해가 어렵고 BAS 시스템을 효율적으로 운영하기에는 어려움이 따른다. 따라서 BAS 시스템의 운전 및 관리를 위해서는 정보를 구분하여 제공해 줄 수 있는 사용자 인터페이스 개발이 필요한 실정이다.



Fig. 5. Geothermal interface of BAS

3.2 Test-Bed 건물 에너지 정보 시각화

본 장에서는 건물 에너지 정보 시각화인 3D Web Browser 시스템을 설명한다. 시스템 구조 및 사용자 인터페이스, 데이터베이스 구축과정을 소개한다.

3.2.1 BIM기반 건물공간정보 시각화

건물공간정보를 웹 브라우저로 시각화하기 위해 이전 연구에서 구축한 참샘초등학교 BIM을 이용하였다. BIM은 세밀한 공간정보 표현이 가능한 LOD 300수준으로 구현되어있었다. Fig. 6에서처럼 BIM에서 공간정보를 추출하여 web publisher model(wpm)파일을 생성하고

웹 브라우저에서 볼 수 있도록 HTML파일에서 wpm과 일을 로드하여 Chrome 브라우저에서 시각화하였다. wpm파일은 Web기반 모델이기에 다른 브라우저에서도 재사용이 가능하다.

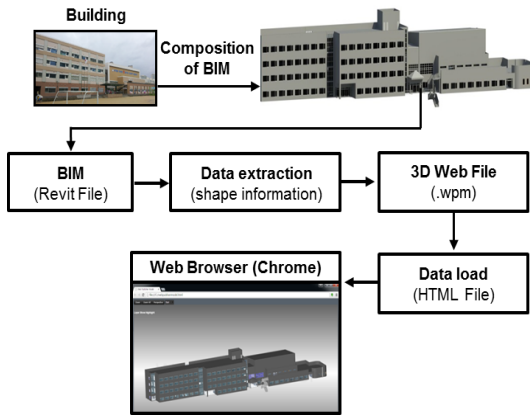


Fig. 6. Visualization of shape information based on Web Browser

3.2.2 건물 에너지정보 시각화 시스템 구축

wpm 파일과 에너지사용량을 연동하기 위해 3D Web Browser 시스템을 설계하였다. Fig. 7은 시스템 구조를 나타내며 크게 3가지로 구성되어 있다.

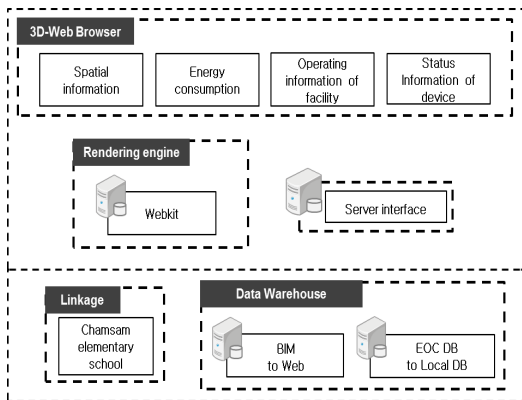


Fig. 7. System architecture of 3D Web Browser

- (1) Data Warehouse : 3D Web Browser 화면의 실제 데이터가 저장되어 있는 곳이다. wpm 파일과 건물 에너지 및 장비, 디바이스상태 정보가 저장되어 있다.
- (2) Rendering engine : 운영자가 요청한 정보를 3D

Web Browser화면에 표시하는 역할을 담당한다. Data Warehouse의 정보를 3D Web Browser로 제공하는 역할을 한다.

- (3) 3D Web Browser : 실제로 정보를 확인하고 모니터링 할 수 있는 운영자 인터페이스 부분이다.

Fig. 8는 3D Web Browser Prototype으로 건물 공간 정보, 에너지사용량, 설비운영정보, 디바이스상태정보에 대한 정보 확인 및 과거이력 조회도 가능하도록 인터페이스를 설계하였다. 구체적인 기능은 데이터베이스의 구성과 함께 다음 장에서 설명한다.



Fig. 8. Explanation of 3D Web Browser Prototype : ① Main spatial view ②Objective info. window ③ state window ④Consumption info. window ⑤Other consumption info. ⑥Time schedule of energy use[11]

3.2.3 3D Web Browser 정보 시각화

건물 에너지정보를 시각화하기 위해 Fig. 9와 같이 데이터베이스를 설계하였으며, 3D Web Browser와 연동되어 Fig. 10처럼 참샘초등학교 2층 선택에 따른 에너지 정보를 확인할 수 있다.

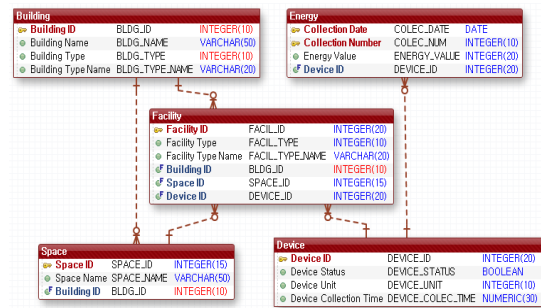


Fig. 9. ER Diagram of Building Energy Information



Fig. 10. Execution screen of 3D Web Browser

3D Web Browser의 시각화된 정보는 Table 1에서 확인할 수 있다. Table 1의 기능들을 대상으로 사용자 관점에서 소프트웨어 품질 특성을 평가하기 위해 ISO/IEC 9126에 근거하여 정량적 평가를 수행하였다. Table 2는 평가를 위한 특성과 부특성을 나타내며 기능별 수행횟수 중 성공 또는 실패횟수에 따라 Value값이 결정되며 식 (1)과 같이 계산된다. 또한 기능 수행이 가능하다면 Y(1점), 가능하지 않다면 N(0점)으로 표기하였다. ISO/IEC 9126의 각 특성 내 적용 할 수 없는 부특성의 경우에는 제외된 뒤 평가를 진행하였다.

Table 1. Visualization Information of 3D Web Browser System

Separation	Content		Real-time
Energy Monitoring (Electricity)	Building	Total Consumption	5min
		Hourly Consumption	
		Total Consumption	
	Floor	Light and electric heat	
		Machine equipment	
		Geothermal facility	
		Elevator	
		HVAC	
		System Air-conditioner	
Statistics / history	Building	Period Consumption	1hr
	Floor		
Operating information	ON /OFF	Lighting	demand processing
		Air conditioner	
		Geothermal facility	
System information	Setting	Time of Data acquisition	5min
		Operator Name and contact	demand processing
		Database IP Address	demand processing

Table 2에서처럼 정량적 평가를 수행한 결과 점수는 0.85였다. 이중 특히 취약했던 특성은 사용성과 유지보수성이었으며, 시스템 사용법을 학습하는 부분과 결함이나 고장의 원인, 해결책에 대한 진단을 수행하는 부분이 취약함을 확인할 수 있었다.

$$Value = \sum_{i=1}^N \frac{Success_i}{Total_i} \quad (1)$$

Table 2. Quantitative Evaluation based on ISO/IEC 9126

trait	sub trait	number of performance		value
		success	failure	
Functionality	suitability	2,123	37	0.98
	accuracy	2,160	0	1
	inter operability	Y	-	1
	security	90	0	1
	total :			0.98
Reliability	maturity	Y	-	1
	fault tolerance	170	10	0.94
	recover ability	178	2	0.99
	total :			0.98
Usability	under standability	20	0	1
	learnability	-	N	0
	operability	Y	-	1
	attractiveness	18	2	0.9
	total :			0.72
Efficiency	time behaviour	98	2	0.98
	resource efficiency utilisation	95	5	0.95
	total :			0.97
Maintainability	analysability	-	N	0
	testability	100	0	1
	total :			0.5
Portability	adaptability	90	10	0.9
	installability	100	0	1
	total :			0.95
total				0.85

Table 3에서처럼 본 시스템을 2달간 운영하며 지난해 에너지 사용량과 비교한 결과 약 16%의 에너지가 절감된 것을 확인할 수 있었다. 이 결과를 통해 3D Web Browser가 에너지 관리 효율 향상에 기여할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

Table 3. The electricity consumption of Chamsaem elementary school.[kWh]

period	2013	2014	saving rate
jun	135,254	112,398	16.9%
july	149,982	125,255	16.5%

4. 결론

본 논문에서는 참샘초등학교 BEMS의 운영효율화를 위해 3D Web Browser 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 기존 BEMS에서 표현하지 못했던 정밀한 공간정보를 BIM을 이용하여 LOD 300수준으로 구현하였으며 공간별 에너지정보를 시각화 할 수 있도록 로컬데이터베이스를 구축하였다. 구축된 로컬데이터베이스는 BI M정보와 연결되어 3D Web Browser로 시각화 하였으며 운영자에게 에너지 모니터링, 통계/이력정보, 운영정보, 시스템 운영정보를 제공할 수 있었다.

위 기능들을 대상으로 소프트웨어 품질 특성에 대한 국제 표준인 ISO/IEC 9126에 근거하여 정량적 평가를

수행하였다. 정량적 평가를 수행한 결과 점수는 0.85였으며, 시스템 사용법을 학습하는 부분과 결함이나 고장의 원인, 해결책에 대한 진단을 수행하는 부분이 취약함을 확인 할 수 있었다. 이는 3D Web Browser에 대한 사용지침서와 시스템이 동작 중 결함 발생 시 스스로 복구하는 기능이 없기에 이 같은 결과가 나온 것으로 판단된다. 그리고 2달간의 시스템 운영을 통해 지난해 에너지 사용량 대비 약 16%의 에너지 절감을 확인 할 수 있었다. 이를 통해 본 시스템이 에너지 관리 효율을 향상시킨 것을 확인 할 수 있었다.

본 연구는 건물 운영자에게 보다 정밀한 건물 공간정보와 에너지정보 시각화 방법에 대한 연구를 진행하였다. 향후에 건물 에너지 사용에 따른 탄소배출량 시각화 연구 및 건물공간정보 시각화가 운영자에게 효과적인 정보 전달이 되었는지에 대한 검증 작업이 필요할 것이다.

References

- [1] Y. C. Kim, "Technical Development Trend and Property of Building Energy Management System ", The Magazine for Energy Service Companies, No. 69, pp.26-29, 2011.
- [2] D. K. Jung, D. H. Lee, S. Park, "Energy Operation Management for Smart City using 3D Building Energy Information Modeling", *International Journal Of Precision Engineering And Manufacturing*, Vol. 15, No. 8, pp.1717-1724, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12541-014-0524-5>
- [3] S. A. Kim, D. Y. Shin, Y. Choe, Seibert T., Steffen P., "Integrated energy monitoring and visualization system for Smart Green City development", *Automation in Construction*, Vol. 22, No. 1, pp.51-59, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2011.07.004>
- [4] S. M. Yoon, S. H. Yoon, J. W. Choi, "A Development of Building Energy Management System Based on 3D Spatial Information", *The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea*, pp.903-906, 2012.
- [5] H. S. Lee, T. Y. Jeong, J. W. Chung, "A Power-Saving Method Using Sensor Network And SNMP", *The Korean Association of Computer Education*, Vol. 15, No. 1, pp.177-181, 2011.
- [6] K. C. Kim, M. S. Lee, "Research on method for stepwise application of BIM (Building Information Modeling) through precedent analyses", *Architectural Institute of Korea*, Vol.28, No.1, pp185-188, 2008.
- [7] K. S. Kim, K. W. Lee, "Visualization of 3D Terrain Information on Smartphone using HTML5 WebGL", *Korean journal of remote sensing*, Vol.28, No.2, pp245-253, 2012.
- [8] Grosskurth, A., Godfrey, M. W., "A Reference Architecture for Web Browsers", *International Conference on Software Maintenance*, pp.661-664, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/icsm.2005.13>
- [9] B. K. Oh, S. J. Kang, "Information Design Textbook", ahn graphics, pp99-100, 2008.
- [10] Gusung Engineering & Construction Co., LTD, "A Precise Energy Diagnosis in Chamsaem elementary school, Sejong City", pp22-23, 2013.
- [11] K. J. Kwon, D. H. Lee, K. C. Cha, S. Park, "A proposal of total energy operating system development using spatial information visualization and energy monitoring - Case study on design of total operation system in Sejong city -", *Journal of KIBIM*, Vol.4, No.1, pp8-12, 2014.

차기춘(Gi-Chun Cha)

[정회원]



- 2015년 2월 : 성균관대학교 일반대학원 미래도시융합공학과 (공학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 성균관대학교 일반대학원 미래도시융합공학과 박사과정

<관심분야>

데이터베이스, 시스템 아키텍처, 건물 에너지 관리

박승희(Seunghee Park)

[정회원]



- 2004년 2월 : KAIST 건설 및 환경공학 (공학석사)
- 2008년 2월 : KAIST 건설 및 환경공학 (공학박사)
- 2008년 10월 ~ 2009년 2월 : Virginia Tech 박사 후 연구원
- 2009년 3월 ~ 현재 : 성균관대학교 건축토목공학부 교수

<관심분야>

구조물 안전/유지관리, 구조물 건전성 모니터링, BIM