

건축물 단열 진단을 통한 에너지 효율 개선에 관한 연구

조광문*

목포대학교 전자상거래학과 교수

A Study on Energy Efficiency Improvement through Building Insulation Diagnosis

Kwangmoon Cho*

Professor, Dept. of Electronic Commerce, Mokpo National University

요약 본 논문에서는 주택이나 건물의 단열 진단을 통하여 에너지 손실 요인을 발견하고 이에 따른 에너지 효율 개선에 대한 방향을 제시하고 있다. 건축물의 에너지 효율 요소는 단열 진단, 열교 진단, 창호 진단, 기밀 진단, 설비 진단 등으로 구성된다. 에너지 복지 시각시대 주민 및 시설 중 전라남도 나주시에 위치한 한 경로당 건물을 대상으로 하여 에너지 효율 진단을 실시하고 단열 시공을 한 후의 에너지 효율 진단을 실시하였다. 에너지 측정과 진단 및 분석은 IoT 기반 통합 유무선 에너지 진단 플랫폼인 에너지 파인더를 이용하였다. 비교 결과 전체적으로 16.38%의 에너지 절감률을 달성하였다. 연간 단위 면적당 난방 에너지 소요량은 시공 전 333.51kWh에서 시공 후 277.35kWh로 감소되었고, 연간 단위 면적당 냉방 에너지 소요량은 시공 전 5.51kWh에서 시공 후 5.22kWh로 감소되었다. 연간 단위 면적당 1차 에너지 소요량은 시공 전 464.52kWh 였으나 시공 후 403.69kWh로 감소되었으며, 연간 에너지 사용 비용은 시공 전 3,063,307.14원이었으나 시공 후 2,641,072.49원으로 절감되었다. 단열 이외의 에너지 효율에 영향을 미치는 기준들에 대한 추가적인 개선 작업이 필요하다고 판단된다.

주제어 : 단열, 에너지 효율, 에너지 손실, 에너지 효율 진단, 에너지 효율 개선

Abstract This paper discovers the energy loss factors through the insulation diagnosis of houses or buildings, and proposes directions for energy efficiency improvement. The energy efficiency factor of a building consists of insulation diagnosis, thermal bridge diagnosis, window diagnosis, airtight diagnosis, and equipment diagnosis. Among the residents and facilities in the energy welfare blind spot, an energy efficiency diagnosis was conducted for one senior citizen building located in Naju-si, Jeollanam-do, and energy efficiency diagnosis was conducted after insulation was installed. Energy measurement, diagnosis and analysis were performed using the IoT-based integrated wired/wireless energy diagnosis platform, Energy Finder. As a result of comparison, an overall energy saving rate of 16.38% was achieved. Annual heating energy consumption per unit area decreased from 333.51kWh before construction to 277.35kWh after construction, and annual cooling energy consumption per unit area decreased from 5.51kWh before construction to 5.22kWh after construction. The annual primary energy consumption per unit area decreased from 464.52kWh before construction to 403.69kWh after construction, and the annual energy cost was reduced from 3,063,307.14 won before construction to 2,641,072.49 won after construction. The additional improvement work is needed on the standards affecting energy efficiency other than insulation.

Key Words : Insulation, Energy Efficiency, Energy Loss, Energy Efficiency Diagnosis, Energy Efficiency Improvement

1. 서론

본 논문에서는 주택이나 건물의 에너지 손실 요인을 발견하고 이에 대한 개선 방안을 도출함으로써 효율적인 에너지 관리 방향을 제시하고자 한다.

노후화된 건축물의 에너지 사용량 증가는 국가적인 문제를 떠나 범지구적인 이슈인 탄소 배출의 주요 원인 중의 하나가 되고 있다. 최근, 제로 에너지 빌딩을 통해 국내에서도 관련 규제와 법규 및 도입 기술이 발전 강화되고 있는 반면, 사각지대에 놓인 에너지 복지 열외 대상도 많은 실정이다[1,2].

국내 에너지 소비 구조에 따르면 건물에서 약 25%의 에너지가 소비되고 있다고 한다. 따라서 건물 부문의 에너지 절감을 위해 신축 건물과 더불어 전체 건물의 97%를 차지하는 기존 건물의 에너지 성능을 높여 에너지를 절감할 필요가 있다. 기존 건물 중에서 에너지 소비의 절반 이상을 차지하고 있는 주택, 특히 공동 주택에서의 에너지 절감을 위한 에너지 진단 및 성능을 평가하는 연구가 진행되고 있다[3]. 현재 우리나라에서도 공동 주택 부문에서 에너지 절감을 위한 노력과 에너지 효율개선을 위한 다양한 제도를 시행하고 있으며, 기존 공동 주택의 단열 성능의 수준을 분석하는 에너지 진단 관련 사업들이 진행되고 있다. 특히 국토교통부에서 『건축물 에너지 효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준』에 따라 건축물 에너지 효율등급 인증 등급을 제시하고 있지만 [4-7], 실제 기존 건물의 단열 성능은 현장 시공의 숙련도와 단열재의 경년 변화에 따른 변화, 구조적 결함에 의해 설계 시 계획한 건물 벽체의 단열 성능과는 다른 특성을 갖게 된다. 따라서 건물 벽체의 단열 성능이 저하될 경우 이에 대한 정량적 분석 및 평가도 필요하다[3,8]. 이처럼 도시 지역 외에도 에너지 복지 사각지대에 있는 주민 및 시설에 대한 분석과 진단이 필요하다[9,10].

본 논문의 연구 대상은 농촌 지역으로 하고 지역의 노후화된 건축물과 상대적으로 열악한 환경의 주거 및 생활 시설들에 대한 특화된 에너지 효율 개선 진단을 실시할 수 있는 프로세스의 정립하고, 이를 토대로 에너지 효율 진단 솔루션을 개발하여 활용하고자 한다. 이를 통하여, 노후화된 건축물에 대한 냉난방, 미세먼지, 조도, 라돈 등의 생활 환경 개선에 기여할 수 있을 것이다.

2장에서는 건축물의 에너지 진단을 위하여 필요한 진단 분야를 정립해 보고, 3장에서는 여러 가지 진단 분야 중에서 단열 기준에 대한 진단 프로세스를 정립한다. 4

장에서는 실험 대상 건물에 대한 에너지 효율 진단과 개선 내용에 대한 결과를 제시하고, 5장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 건축물 에너지 진단 분야

건축물 에너지 진단 알고리즘에 대한 설계 기준을 분석하기 위해 국내 진단기준과 국제표준화기구의 기술 및 설계 지침서 등을 분석하였다[11,12].

건축물 진단 기준은 기본적으로 단열 진단, 열교 진단, 창호 진단, 기밀 진단, 설비 진단 등으로 구성된다[13].

단열 진단이란 건축물에서 외부로 손실되는 에너지를 찾고 그 에너지를 줄이는 방법에 관한 것이다. 건축물에서 단열은 겨울만 고려하는 것이 아니며, 반드시 각 지역별, 방위에 따라 입면에 미치는 일사량을 반영해야 한다. 더불어 창호의 면적과 에너지 투사량인 g값을 감안해 각 실별로 기능성 여부도 함께 계산하여야 한다.

열교 진단이란 건축물 구조체의 열교 현상을 진단하는 것이다. 열교 현상(heat bridge)이란 건축 구조체의 온도 분포를 열선으로 표시하면 단열이 부족하거나 시공부실의 경우 소위 끊어진 두 개의 온도 선을 볼 수가 있는데, 그 끊어진 부분이 다른 부분보다 온도가 낮고 또 그 국지적인 부위를 통해 보통의 구조체보다 많은 열류가 흐를 때 보통 열교 혹은 열교 현상이라 부른다. 열교 부위는 실내 온도보다 그 표면 온도가 다른 구조체의 표면 온도보다 많이 낮으므로 결로 현상과 곰팡이 서식의 원인이기도 한다. 열교로 인한 문제와 피해는 다음과 같다.

- 난방 에너지의 증가(CO₂의 증가)
- 기존의 난방장치로 추운 겨울철에 충분한 난방을 제공하지 못함
- 실내 열적 쾌적함(thermal comfort)의 하락
- 결로 현상 및 곰팡이 서식으로 인한 실내 공기질의 하락
- 습기의 유입으로 인한 구조체 및 마감재의 구조적 시각적 문제
- 제반 환경으로 인한 건물 가치의 하락 및 내구성 저하로 인한 경제적 손실

창호 진단이란 창문 유리, 혹은 창틀 틈새 등을 통해 열손실이 발생하는 부위를 진단하는 것으로 창호는 복합적인 소재의 성능에 따라 단열 및 일사 차폐, 기밀 성능

과 같은 냉난방 부하에 직접적인 영향을 미치는 성능을 좌우하게 된다. 또한 가시광선 투과율과 같이 실내의 자연채광 성능에 영향을 미쳐 최종적으로 건물의 전기 소비량에 영향을 미치며, 동시에 조명의 발열량 차이에 따라 냉난방 부하에도 영향을 미친다.

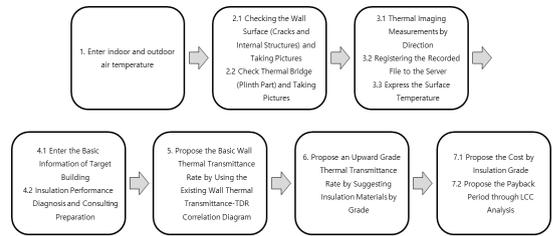
기밀 진단은 건축물의 기밀 성능(airtightness)을 측정·진단하는 것으로서 건물의 외피 전체 또는 외피를 구성하는 재료나 자재의 공기 유출입에 저항하는 정도로 기밀하게 시공된 수준을 의미한다. 건물의 기밀 성능을 표현하는 방법은 다음과 같다.

- CMH50(m³/h) : CMH50은 실내의 압력차를 50Pa로 유지하기 위해 실내에 불어 넣거나 빼주어야 할 공기량을 표현한 것(50Pa은 기후 조건의 영향을 최소화하기 위한 압력차로 약 9m/s의 바람이 불어올 때 생기는 압력에 상응함)
- ACH50(1/h) : CMH50 값을 실제적(측정되어지는 것으로 규정된 공간의 총 체적)으로 나눈 값. 즉, 건물에 50Pa의 압력차가 작용하고 있을 때, 침기량 또는 누기량이 한 시간 동안 몇 번 교환되었는가로 표현한 것. 서로 다른 크기의 건물에서 기밀 성능을 비교할 때 유용한 척도
- Air Permeability(m³/hm²) : CMH50 값을 외피 면적으로 나눈 것으로 외피 단위면적당 누기량을 나타내는 척도
- ELA(cm²/m²) 또는 EqLA(cm²/m²) : 설정된 압력 차에서 발생하는 침기량 또는 누기량이 발생할 수 있는 (이에 상응하는) 구멍의 크기를 나타낸 것으로 일반적으로 ELA(Effective Leakage Area)는 4Pa, EqLA(Equivalent Leakage Area)는 10Pa의 압력차를 의미하지만 설정 압력 차는 확인이 필요

설비 진단이란 건축물 보일러 등 설비 관련 시설들의 에너지 효율을 측정·진단하는 것으로 배관의 노후 정도를 진단하고 개선 필요성 유무를 결정하며, 보일러 설치년도 및 경년 변화를 확인하는 것이다.

3. 에너지 진단 프로세스 및 단열 진단 기준

이러한 진단 기준 및 기술 자료를 토대로 그림 1과 같은 진단 프로세스를 설정한다.



[Fig. 1] Energy Diagnostic Process

본 논문에서 다루는 범위는 에너지 진단의 가장 기본이 되는 단열 진단 기준에 한한다.

건축물의 벽체 단열 성능 진단을 통해 대상 주택의 현재 벽체 성능을 파악하고, 산정된 등급을 바탕으로 교체 대상 벽체 단열 추천 및 에너지 효율 분석, 경제성 분석을 제시할 수 있다.

벽체 단열 성능 및 등급 산정 기준은 표 1과 같다.

<Table 1> Criteria for Calculating Wall Insulation Performance Rating

Energy Conservation Design Criteria	Thermal Transmittance	Rank
2013.03	0.27	1
2010.11	0.36	2
2001.01	0.47	3
1980.12	0.58	4
1979.09	1.05	5
-	over 1.06	etc.

3.1 건축물 단열 성능 평가 지표

건축물 단열 성능 평가 지표 TDR(Temperature Difference Ratio)을 이용한다.

적외선 촬영법을 이용한 건축물의 단열 성능 평가 방법은 건축물 외피의 단열 결함 부위 및 누기의 발생 위치를 파악하는 것에 우선적으로 사용되지만 단열 수준의 정량적 평가를 위하여 확장 적용될 수도 있다. 그러나 창호나 유리의 단열 성능을 평가하는 목적으로는 사용되지 않는다.

측정을 할 때, 내표면 온도차 비율(TDR_i) 및 외표면 온도차 비율(TDR_o)에 의한 정량적인 평가를 목적으로 할 경우에는 다음의 사항을 준수하여야 한다.

- 실내 온도차와 과거 3일간 외기 온도의 일평균 온도차가 10℃ 이상인 날에 측정되어야 함
- TDR_o 를 평가하기 위한 측정 시간은 일출 직전으로 하며, 일몰 후 8시간 이후에 측정되어야 함

- 측정 당시의 외기 풍속이 3m/s 이하일 경우 측정하여야 하며, 현장 외기 풍속을 측정하여 산출된 TDR_o 의 보정에 사용하여야 함

TDR_i 및 TDR_o 에 의한 단열 성능 평가는 양호한 현장 조건을 확보하고 적외선 열화상 계측 장치가 충분한 정밀도(촬영된 열화상 온도와 실제 벽면 온도와의 차가 0.3℃ 이내가 보장될 경우)를 가졌을 경우에 TDR_i 및 TDR_o 를 이용하여 정량적인 평가를 할 수 있다.

식 (1)과 식 (2)는 각각 TDR_i 및 TDR_o 를 산출하는 식이다[14,15].

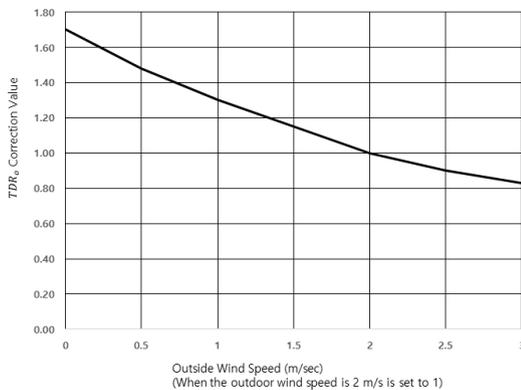
$$TDR_i = \frac{T_i - T_{is}}{T_i - T_o} \quad (1)$$

- T_i : 실내 벽체 부근 온도(℃)
- T_o : 실외 온도(℃)로서 측정 시점부터 마지막 시간까지 평균값
- T_{is} : 실내 벽체 표면 온도(℃)

$$TDR_o = \frac{T_o - T_{os}}{T_i - T_o} \quad (2)$$

- T_i : 실내 온도(℃)
- T_o : 실외 온도(℃)로서 일출 직전에 측정된 온도
- T_{os} : 실외 벽체 표면 온도(℃)

TDR_i 및 TDR_o 를 산출하는 기준 외기 풍속은 2m/s를 기준으로 한다. 측정은 3m/s 이하에서 진행되어야 하며 측정 시점의 기류 속도가 2m/s와 차이가 있을 경우 그림 2에 제시된 보정표를 이용하여 산출된 TDR_o 를 보정하여야 한다[11,16].



[Fig. 2] TDR_o Compensation Table according to the Change of the Outdoor Air Flow Velocity

3.2 열화상 카메라를 이용한 벽체 단열 진단

열화상 장비를 통해 실내 측 벽체 온도 구배가 일정한 위치를 선정한 뒤 적외선 카메라의 픽셀 온도 정보를 수집한다.

측정하고자 하는 실내의 측 벽체의 부근 공기 온도를 T-type 열전대 or 온습도계를 통해 측정한다.

실내 측 벽체에 열화상 카메라를 일정거리 이격시켜 벽체 표면 온도 데이터를 수집한다.

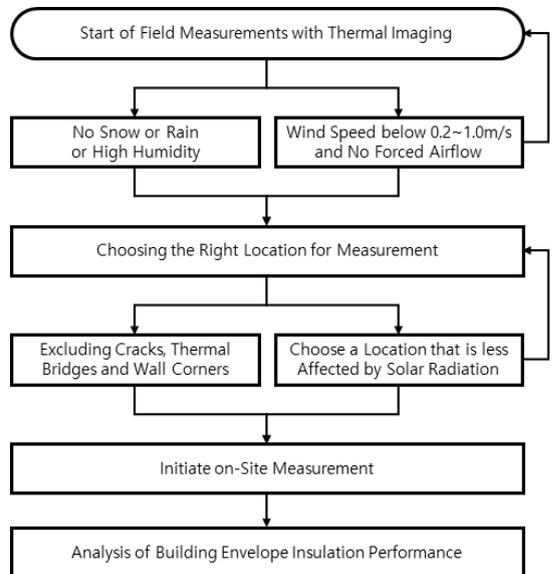
측정을 통해 수집한 실내 측 벽체 부근 온도 및 실내 측 벽체 표면 온도 데이터를 식 (3), 식 (4)의 방법을 통해 평균법으로 벽체 열관류율을 산출한다[11,12,14].

$$U = h_{t,i} \left[\frac{(T_i - T_{is})}{(T_i - T_o)} \right] \quad (3)$$

$$U = h_{t,o} \left[\frac{(T_o - T_{os})}{(T_i - T_o)} \right] \quad (4)$$

- U : 열관류율(W/(m²·K))
- h_t : 실내외 측 벽체 표면 종합 종합 열전달계수(W/(m²·K))
- T_i : 실내 온도(℃)
- T_o : 실외 온도(℃)
- T_{is} : 실내 벽체 표면 온도(℃)
- T_{os} : 실외 벽체 표면 온도(℃)

열화상 법 측정 프로세스는 그림 3과 같다.



[Fig. 3] Thermal Imaging Measurement Process

4. 에너지 효율 개선

본 논문의 결과를 전남 나주 지역의 한 경로당 건물을 대상으로 하여 에너지 효율 진단을 하고 단열 시공을 한 후의 결과를 비교하였다. 에너지 측정과 진단 및 분석은 국내 제품인 IoT 기반 통합 유무선 에너지 진단 플랫폼인 에너지 파인더를 이용하였다[17].

먼저 유리 창호를 개선하고 난 후의 분석 결과는 표 2 와 같다. 자외선은 각종 질환의 위험요인으로 꼽히며 각막, 수정체, 심지어 망막에까지 도달해 다양한 안과 질환을 일으킬 수 있다고 한다. 특히 잘 알려진 노인성 안질환도 자외선의 영향으로 발병된다고 하니 주의가 필요하며 개선 후 진단 분석 결과값으로 노인성 안질환 예방 효과에도 도움이 될 수 있을 것이다.

〈Table 2〉 Glass Window Analysis Result

Category	Before Improvement	After Improvement
Ultraviolet Ray	11%	51%
Visible Light	59%	100%
Infrared Ray	27%	74%
Solar Heat Gain Coefficient	0.44	100

건물 에너지 성능 정보는 표 3과 같다. 또한 연간 단위 면적당 1차 에너지 소요량 합계는 시공 전 464.52kWh에서 시공 후 403.69kWh로 감소되었다.

특히 에너지 소비를 주로 많이 필요로 하는 난방과 냉방에 대해서만 분석해 보면, 연간 단위 면적당 1차 에너지 소요량이 382.02kWh에서 319.44kWh로 감소되어 16.38%의 에너지 절감률을 나타내고 있다.

〈Table 3〉 Building Energy Performance Information before and after Improvement Construction (unit: kWh)

Category	Energy Requirement per Unit Area per Year		Energy Consumption per Unit Area per Year		Primary Energy Consumption per Unit Area per Year	
	Before	After	Before	After	Before	After
Heating	181.76	147.00	333.51	277.35	366.86	305.09
Cooling	15.90	15.06	5.51	5.22	15.16	14.35
Hot Water	30.66	30.66	56.26	57.85	61.88	63.63
Light	7.50	7.50	7.50	7.50	20.62	20.62
Ventilation	48.99	48.99	-	-	-	-
Total	284.81	249.21	402.78	347.92	464.52	403.69

건물 에너지의 연간 단위 면적당 연료 소비량과 요금 정보는 표 4와 같고, 연간 연료 소비량과 요금 정보는 표

5와 같다. 결과적으로 표 5의 합계 금액을 보면, 연간 에너지 비용의 합계는 시공 전 3,063,307.14원에서 시공 후 2,641,072.49원으로 감소 되었다는 것을 알 수 있다.

〈Table 4〉 Energy Consumption and Usage Fee per Unit Area per Year

Category	Energy Consumption per Unit Area per Year (unit: l, kWh)		Energy Usage Fee per Unit Area per Year (unit: won)	
	Before	After	Before	After
Heating Kerosene	34.98	29.09	36097.08	30018.97
Cooling Electric	5.51	5.22	334.65	316.82
Hot Water Kerosene	5.90	6.07	6088.92	6261.24
Light Electric	7.50	7.50	455.05	455.05
Total			42975.7	37052.08

〈Table 5〉 Annual Energy Consumption and Usage Fee

Category	Annual Energy Consumption (unit: l, kWh)		Annual Energy Usage Fee (unit: won)	
	Before	After	Before	After
Heating Kerosene	2493.22	2073.4	2572999.72	2139752.31
Cooling Electric	392.98	372.04	23853.88	22583.11
Hot Water Kerosene	420.56	432.46	434017.89	446301.42
Light Electric	534.36	534.36	32435.65	32435.65
Total			3063307.14	2641072.49

5. 결론

본 논문에서 적용한 대상 건축물의 냉난방 에너지 효율 등급은 주거용 건축물 연간 단위 면적당 1차 에너지 소요량은 382.02kWh로 개선 시공 전 370 이상 420 미만의 7등급 이상에 속하였으나 시공 후 연간 단위면적당 1차 에너지 소요량은 319.44kWh로 에너지 효율 등급 270 이상 320 미만의 5등급으로 에너지 효율등급이 2등급 상향된 것을 확인할 수 있었다. 이는 16.38%의 에너지 절감률을 보여준다.

연간 단위 면적당 난방 에너지 소요량은 시공 전 333.51kWh에서 시공 후 277.35kWh로 감소되었음을 알 수 있다. 연간 단위 면적당 냉방 에너지 소요량은 시공 전 5.51kWh에서 시공 후 5.22kWh로 감소되었음을 알 수 있다. 연간 단위 면적당 1차 에너지 소요량은 시공 전 464.52kWh 였으나 시공 후 403.69kWh로 감소되었음을 알 수 있다. 또한, 연간 에너지 사용 비용은 시공 전 3,063,307.14원이었으나 시공 후 2,641,072.49원으

로 절감됨을 알 수 있다.

추후 단열 진단 이외의 에너지 효율과 관련된 진단 분야를 종합한 판정을 통한 대책을 수립하는 것이 필요할 것이다. 이러한 종합적인 에너지 진단 데이터의 분석을 통하여 주택이나 건물에서 사용되는 에너지 효율, 에너지 사용량, 이산화탄소 배출량 등 에너지에 대한 객관적인 정보를 제공하는 에너지 효율 개선 사업화 서비스 모델을 개발하고 사업화할 수 있을 것이다. 아울러 사물인터넷 기반의 에너지 진단 플랫폼을 이용한 측정의 자동화 등을 통하여 보다 효율적이고 효과적인 진단이 될 수 있도록 개선할 계획이다.

REFERENCES

- [1] D.H.Shin, "A Study on Heat Price Level Affecting Energy Consumption Efficiency Parity," Proceedings of the Conference of the Korea Society of Energy & Climate Change, p.71, 2019.
- [2] J.K.Koh, "A Study on Barriers to Energy Efficiency Investment of Residential Retrofit Programs," Journal of Environmental Policy and Administration, Vol.26, No.3, pp.165-201, 2018.
- [3] S.H.Kim, J.H.Kim, S.H.Yoo, H.G.Jeong and K.D.Song, "The Study of in-Situ Measurement Method for Wall Thermal Performance Diagnosis of Existing Apartment," Korea Institute of Ecological Architecture and Environment Journal, Vol.16, No.4, pp.71-77, 2016.
- [4] Building energy efficiency level certification and zero energy building certification standard (<http://www.law.go.kr/conAdmRulByLsPop.do?&lsiSeq=208692&joNo=0002&joBrNo=00&datClsCd=010102&dguBun=DEG&lnkText=%25EA%25B3%25B5%25EB%258F%2599%25EC%259C%25BC%25EB%25A1%259C%2520%25EA%25B3%25A0%25EC%258B%259C%25ED%2595%2598%25EB%258A%2594&admRulPttInfSeq=1855#AJAX>), Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- [5] Rules for building energy efficiency rating certification and zero energy building certification (<http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?&lsiSeq=208692#0000>), Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- [6] Green Building Support Act (<http://www.law.go.kr/LSW/lsLinkProc.do?&lsNm=%EB%85%B9%EC%83%89%EA%B1%B4%EC%B6%95%EB%AC%BC+%EC%A1%B0%EC%84%B1+%EC%A7%80%EC%9B%90%EB%B2%95&chrClsCd=010202&mode=20&ancYnChk=0#>), Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- [7] Enforcement Decree of the Green Building Creation Support Act (<http://www.law.go.kr/LSW/lsLinkProc.do?&lsNm=%EB%85%B9%EC%83%89%EA%B1%B4%EC%B6%95%EB%AC%BC+%EC%A1%B0%EC%84%B1+%EC%A7%80%EC%9B%90%EB%B2%95+%EC%8B%9C%ED%96%89%EB%A0%B9&chrClsCd=010202&mode=20&ancYnChk=0#>), Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- [8] S.H.Kim, J.H.Kim, H.G.Jeong and K.D.Song, "The Method of in-Situ ASTR Method Diagnosing Wall U-value in Existing Deteriorated Houses - Analysis of Influence of Internal Surface Total Heat Transfer Rate," Korea Institute of Ecological Architecture and Environment Journal, Vol.17, No.4, pp.41-48, 2017.
- [9] K.M.Cho, "Design and Diagnosis Case of Energy Efficiency Diagnostic Solution based on IoT," Journal of the Korea Internet of Things Society, Vol.6, No.1, pp.23-30, 2020.
- [10] K.M.Cho, "Information Architecture for Energy Diagnosis Management App," International Conference on Internet of Things and Convergence 2019, Vol.5, No.1 pp.11-12, 2019.
- [11] ISO 9869, Thermal Insulation - Building Elements In-situ Measurement of Thermal Resistance and Thermal Transmittance, International Organization for Standardization, 1994.
- [12] ISO 6946, Building Components and Building Elements - Thermal Resistance and Thermal Transmittance - Calculation Method, 2017.
- [13] Y.S.Jung, Developing IoT based Wire & Wireless Energy Diagnosis Platform for Improving Housing Energy Efficiency, Ministry of Science and ICT, 2017.
- [14] Korea Institute of Energy Research, "Method, Terminal, Server, System, and Recording Medium for Diagnosing Building Energy," Korea Patent 10-2016-0113469, 2016.
- [15] C.M.Kim, H.I.Jang, J.S.Choi and E.J.Kim, "Comparisons of Wall U-values according to Existing Measurement Methods for Thermography Field Tests," Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol.13, No.5, pp.384-393, 2019.
- [16] KS F 2829, Thermal Performance of Buildings - Quantitative Detection of Thermal Irregularities in Building Envelopes - Infrared Method, Korean Standards Association, 2005.
- [17] Energy Finder, <http://energyfinder.co.kr>.

조 광 문(Kwangmoon Cho)

[종신회원]



- 1995년 8월 : 고려대학교 전산과 학과(이학박사)
- 1995년 9월 ~ 2000년 2월 : 삼성전자 통신연구소 선임연구원
- 2000년 3월 ~ 2005년 2월 : 백석대학교 정보통신학부 교수
- 2005년 3월 ~ 현재 : 목포대학교 전자상거래학과 교수

<관심분야>

사물인터넷, 통신 소프트웨어, 전자상거래, 콘텐츠 유통, 모바일 콘텐츠, 웹 서비스