

공유 오피스 전력 절감을 위한 구형 에어컨 스마트 제어 IoT 시스템 개발

김유신*

한신대학교 빅데이터융합학과 교수

Legacy Air-Conditioner Control AIoT System for Energy Saving of the Public Office

Yoosin Kim*

Professor, Dept. of Big Data Convergence, Hanshin University

요약 본 논문은 IoT 기능이 없는 구형 에어컨 냉·난방기에 지능형 IoT 자동 제어 시스템을 적용하여 전력 소비량을 절감하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 공공기관 개방형 공유 오피스 건물에 설치된 구형 에어컨 냉·난방기 24대에 스마트 IoT 제어 장치를 부착하고, 이 중 이용자의 출입과 이동이 빈번하고 에어컨 가동이 가장 많은 비정규직과 회의실의 에어컨 4대를 1) 동작감지 센서를 이용한 공실 감지 Off 제어, 2) 적정 온도 유지 AI 오피스 제어 모드로 원격/자동 제어하였다. 그 결과 본 연구의 실증 기간 2개월 동안 231.159kWh의 소비 전력 사용량을 절감하여 베이스라인 전력 소비량 기준 약 13.56%의 절감효과를 얻을 수 있었다.

주제어 : IoT, 에어컨냉난방기, 원격자동제어, 에너지절감, 전력소비절감

Abstract This study aims to reduce power consumption by applying an intelligent IoT-based automatic control system to legacy air-conditioning and heating units without built-in IoT functionality. To achieve this, smart IoT control devices were installed on 24 legacy air-conditioning units located in public open shared office buildings. Among them, four units—installed in unassigned seating areas and meeting rooms with frequent user movement and the highest cooling and heating demand—were remotely and automatically controlled using (1) occupancy-based OFF control via motion detection sensors and (2) an AI office control mode to maintain optimal temperature. As a result, during the two-month demonstration period, power consumption was reduced by 231.159 kWh, achieving an approximately 13.56% reduction compared to the baseline power usage, thereby verifying the energy-saving effectiveness of the proposed system

Key Words : IoT, Air Conditioner, HVAC, Energy Saving Auto Control

1. 서론

전력 에너지 소비의 주범은 건물이며 건물 중에서도 교육연구시설 28.2%, 업무시설 24.8%로 두 건물의 에

너지 소비량이 전체 건물 에너지 소비량의 과반을 차지하고 있다[1]. 건물내에서는 에어컨 냉·난방기와 같은 HVAC 설비 장치가 약 56%의 에너지 소비원으로 지목되고 있다[2][3]. 냉난방기는 주거용 에너지 소비에서도

본 논문은 한신대학교 학술연구비 지원으로 연구되었음.

*교신저자 : 김유신(yoosin25@hs.ac.kr)

접수일 2025년 09월 17일

수정일 2025년 10월 14일

심사완료일 2025년 10월 17일

비중도 영국과 캐나다의 경우 약 61%, 미국에서는 약 43%를 차지하고 있다[4]. 에어컨 냉난방기는 한번 설치하면 보통 10년 이상 사용되는 설비시설로서 여름에는 냉난, 겨울에는 난방으로 인해 전기에너지 소모가 매우 크다. 특히 여러 사람이 사용하는 공용 공간에서는 무분별한 사용과 사용 후 방치로 인해 사람이 없는데도 에어컨이 돌아가거나 정부가 권유하는 적정 온도를 유지하지 않고 마구 이용되는 경향이 있다. 최근에는 이를 방지하기 위해 에어컨 냉·난방기 HVAC 설비에도 중앙관제 시스템과 IoT 기능 탑재가 확대되고 있다. 그러나 연간 250만대가 판매되는 한국 에어컨 시장에서는 여전히 IoT 기능이 없는 중저가형 제품의 판매 비중이 상당하며, 기축건물에 입주한 공공 기관과 민간 기업, 그리고 중소 자영업 매장 등에서는 10년 이상 된 구형 제품이 계속 사용되고 있다. 때문에 IoT가 없는 구형 에어컨, 나아가 동일 건물이나 공간에 설치된 다양한 브랜드 에어컨 냉·난방기가 혼재되어 통합 관리에 어려움을 겪고 있다.

이를 위해 본 연구는 건물 내 기 설치된 Non-IoT 에어컨 냉·난방기기를 교체하거나 별도의 시설 공사 없이 손쉽게 제어하고 전력 사용량을 절감하는 에너지 절감 AIoT 자동제어 시스템을 제안하였다. AIoT라 불리는 지능형 IoT는 효율적인 IoT 서비스의 운영을 위해 IoT 인프라와 인공지능 등이 융합한 기술이라고 할 수 있다[5]. 제안 시스템을 구현하고 검증하기 위해 제주에 소재하는 공공기관 건물 중 한곳인 W360 빌딩의 냉·난방 에어컨 24대에 지능형 IoT 센서와 공실감지를 위한 동작감지센서, 에어컨 전력 소비를 측정할 수 있는 계측기를 설치하였다. 그리고 다수가 이용하는 공용 오피스에서의 무분별한 에어컨 가동과 온도 설정, 사용 후 방치로 인한 전력 소비를 방지하기 위해 AI오피스 제어모드와 공실 시 자동 꺼짐 제어를 통해 절감된 전력 소비량을 산정하고 효과를 검증하였다.

2. 관련 연구

냉난방 HVAC 시스템은 실내 환경에서 인간에게 쾌적함을 제공하며 이에 대한 수요가 매우 높기 때문에 IoT를 도입하여 냉난방기를 효율적으로 운용하면서도 에너지 낭비를 최소화하고자 하는 노력들은 끊임없이 이루어지고 있다. 구축 건물의 에너지 절감을 위해 HVAC 최적 가동 알고리즘을 구현한 연구에서는, 건물의 내외

부 환경 데이터, 온도, 습도, 바람속도, 일사량 등을 수집하고 활용하여 미래의 실내온도 변화를 예측하는 인공신경망(ANN) 모델을 개발하고 HVAC 제어를 통해 에너지 절감 효과를 검증하고자 했다[6]. 결과적으로 24개의 방을 갖춘 오래된 건물에서 126일간 실험한 결과 기존의 수동 제어방식보다 전력소비는 57.59% 절감되었다.

소규모의 주택이나 일반 가정에서의 에너지 절감에 주목한 연구에서는 저비용(low-cost)의 IoT 기기 및 적절한 제어 알고리즘을 사용하여 기존의 가정용 에어컨 HVAC 제어만으로도 에너지 절감과 사용자 쾌적성 유지가 가능한지 살펴보고자 하였다[7]. 이를 위해 연구자들은 유럽 그리스 지역의 일반 학생용 소형 아파트의 벽걸이형 냉난방 에어컨을 대상으로 여름과 겨울 두 계절에 걸쳐 실증을 수행하였고, 전통적인 온도 설정 방식보다 연구자들의 자동 제어 알고리즘에 의해 자동 제어된 경우, 여름에는 약 36% 겨울에는 약 10%의 비용 개선이 이루어 졌음을 확인하였다. 이러한 성과는 비교적 단순한 IoT센서와 아두이노 마이크로컨트롤러 만으로도 기존 에어컨 장치를 제어하여 유의미한 에너지 절감 효과를 얻을 수 있었기에 고가의 시스템이나 복잡한 제어 모델 없이도 적용 가능성이 높음을 보여주었다.

주거환경과 관련한 다른 연구에서는 불규칙한 주거 패턴, 협소한 주거 공간, 제한된 전력 및 통신 자원 등으로 인해 열악한 환경에 처한 에너지 빈곤층의 주거 공간을 모니터링하기 위해 저비용 IoT 복합 센서 기반 시스템을 개발하였다[8]. 이 시스템은 온도, 습도, 조도, 기류 속도, CO₂, 흡구 온도, 재질 상태, 소음 등을 측정하였고 이를 바탕으로 난방 가동 현황을 모니터링하여 사회적 약자들이 최소한의 난방 복지를 받을 수 있도록 지원하는 관리도구로 활용될 수 있음을 확인하였다.

주거 외 영역에서도 에너지 절감 IoT 시스템에 대한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 단조 공장을 대상으로 한 산업용 IoT 플랫폼 연구에서는 가열, 열처리, 프레스 등 설비시설에서의 데이터를 수집하여 머신러닝 기반 에너지 사용량 예측 알고리즘으로 공정 작업에서의 에너지를 최적화하는 연구를 수행하였다[9]. 제조공장 IoT 연구에서는 에너지 관리, 온도, 습도, 분진 및 가스, 공기질, 기계작동 상태 등을 통합적으로 모니터링하여 에너지 절감 및 제조 공장 인프라의 안전성 향상을 도모하고자 하였다[10]. 공장 전력 절감을 위한 AI 기반 에너지 관리 시스템을 제시한 연구에서도 IoT 센싱 기술을 활용하여 구축된 빅데이터 수집 시스템을 통해 제주삼다수 공장에서 생성된 데이터를 활용하여 피크 전력 사용을

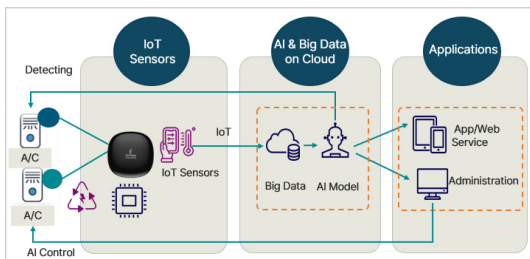
예측하는 인공지능 모델을 개발하고 비교 분석하였다 [11].

농업용 온실 시설물을 대상으로 한 연구에서는 스마트 온실 시스템을 개선하고자 하였는데, 기존의 지능형 온실 시스템이 가격은 높는데 반해 지능형 제어가 원활하지 않은 것을 NB-IoT 네트워크를 통해 고도화하고자 하였다[12]. 또 다른 연구에서도 아두이노 기반의 저비용 IoT 장치로 실내 온·습도·점유 등을 실시간 모니터링하고 HVAC와 연계해 체감온도를 고려한 에너지 소비 최적화 모델을 구현하였다. 이 역시 저비용 IoT와 간단한 제어 로직만으로 소규모 실내 환경에서 에너지 절감과 쾌적성 유지 효과를 실증하였다[13]. 대학 캠퍼스의 재실 감지 및 스마트 에너지 절감 솔루션 연구에서는 스마트 전등스위치, 스마트 콘센트, 레이더, 온습도 센서, 스마트 에너지미터 등 다양한 IoT센서 데이터를 활용하여 머신러닝 모델로 재실 여부를 판단하였고, 이를 통해 사람이 없는 상황에서 전기 시설들을 자동 제어함으로써 불필요한 전력 낭비를 줄이는 방안을 모색하였다 [14]. 이외에도 화물 컨테이너의 냉방 설비를 실시간으로 모니터링하고 관리하기 위해 IoT 센서를 이용한 연구 [15] 등이 있다.

이와 같이 IoT를 활용하여 전력 소비를 낮추기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있음에도 불구하고, 우리 주위에 산재한 구형 Non-IoT 냉·난방기를 직접 제어하고 에너지를 절감하고자 하는 연구는 미흡한 실정이다.

3. 구형 에어컨 스마트 제어 IoT 시스템

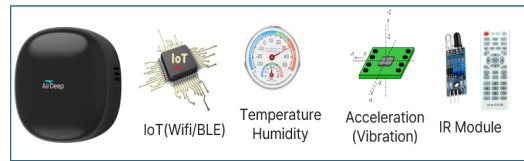
본 연구는 이러한 현실적 어려움을 해소하고자 도입 비용과 편의성을 최소화하고 누구나 손쉽게 적용할 수 있는 스마트 IoT 자동제어 시스템을 개발하였다. 제안 시스템은 크게 세가지 부분으로 구성된다(그림1).



[Fig. 1] A/C Control IoT Sensor Device

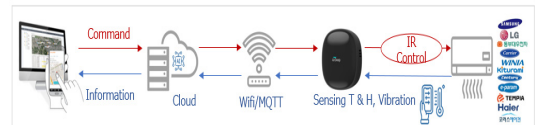
3.1 지능형 IoT 센서 & 제어기

먼저 IoT 장치로는 지능형 에어컨 제어기와 동작감지 센서, 전력 계측량 기기가 설치되었다. 이 중 지능형 에어컨 제어기에는 온도/습도 센서와 진동감지 센서, IR 제어 모듈이 탑재되어 있어, IoT 기능이 없는 구형 냉·난방기의 가동을 탐지하고 주위 온도/습도를 측정하며 원격에서 에어컨을 제어할 수 있도록 고안된 wifi기반의 초저전력 IoT 장치이다(그림2).



[Fig. 2] A/C Control IoT Sensor Device

지능형 에어컨 제어기는 먼저 센서로서 온도/습도 데이터와 에어컨의 진동데이터를 측정하여 AWS 클라우드에 위치한 IoT 플랫폼으로 데이터를 전송한다. 플랫폼에서는 이렇게 수집된 데이터를 기반으로 자동 제어 명령을 지능형 에어컨 제어기에 내려보내고 제어기에 내장된 IR 리모컨 송신모듈을 통해 에어컨을 제어한다(그림3).



[Fig. 3] A/C Control Process

기존의 IR 리모컨 프로토콜은 모두 해독하여 플랫폼의 어플리케이션 소프트웨어에 탑재되어있으며, 지능형 제어기는 일종의 만능리모컨처럼 해당 에어컨을 제어한다. 에어컨의 IR리모컨 정보는 제어기를 에어컨에 부착하고 기기 등록하는 과정에서 해당 에어컨과 매칭되는 IR리모컨으로 미리 세팅된 상태이다. 지능형 에어컨 제어기의 상세 스펙은 아래 표1과 같다.

본 연구에서는 제주에 소재하는 공공기관 건물 중 한 곳인 W360 빌딩의 냉·난방 에어컨 24대에 지능형 IoT 센서와 공실감지를 위한 동작감지센서, 에어컨 전력 소비를 측정할 수 있는 계측기를 설치하였다. 참고로 실증현장의 에어컨은 LG 휘센 시스템에어컨으로 듀얼베인 4WAY 천장형 냉난방기 TW1450A9FR과 동일 브랜드의 유사 기종 에어컨 24개가 운영되고 있었다.

<Table 1> Specification of IoT Sensor

Model No.	AirDeep-Q / RT-AQS-201
Size/Weight	67 X 67 X 26 mm / 79g (including AAA 3EA)
Sensors	Temperature, Humidity, Vibrator Sensor
Network	Wifi/BLE / IR
Power	USB-C or AAA Battery(3EA)
Gauging Temp	-10°C ~ +60°C
Working Environment	-30°C ~ +80°C
Match with AC	1 AirDeep-Q by 1 Air Conditioner

3.2 IoT 플랫폼과 어플리케이션 SW

제안 시스템은 실시간 데이터의 수집, 저장, 처리 및, 분석 및 제어를 위한 통합 플랫폼으로 구현되었으며, 특히 IoT 장치의 대규모 배치와 데이터의 무결성을 중심으로 설계하였다. MQTT 프로토콜을 사용하여 신뢰성 있는 메시지 전달을 보장하며, HTTPS를 통해 통신 데이터 보안을 강화하였다. 예를 들어, 건물 내 에어컨 마다 IoT 센서가 부착되어 주위의 온도, 습도, 에어컨의 진동값 등의 데이터를 실시간으로 측정하고 wifi 통신망을 이용하여 클라우드 구축된 IoT 플랫폼의 데이터베이스에 저장된다. 본 연구에서는 5분 단위로 데이터를 수집하였고, 이렇게 수집된 데이터는 AI 빅데이터 시스템에 의해 분석되고 분석 결과를 사용자에게 웹/앱 어플리케이션을 통해 서비스된다(그림4).



[Fig. 4] Web/App Application Service

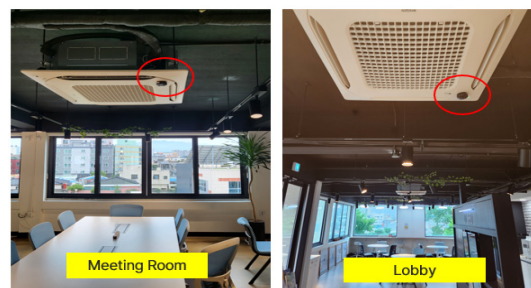
이 서비스는 특히 실시간 데이터 스트림을 관리하며, 복잡한 이벤트 처리(CEP) 모듈을 통해 모니터링에서 중요한 특정 이벤트를 실시간으로 감지한다. 예를 들어, 회의실의 온도가 일정 기준을 초과하면 자동으로 에어컨의 온도를 조절하거나 전원을 끄도록 설정할 수 있다. 이러한 제어 시스템은 클라우드에서 RPC(Remote Procedure Call)를 통해 IoT 장치의 설정을 조정할 수 있는 기능을

제공한다. 이는 사용자가 원격으로 장치를 관리할 수 있게 함과 동시에, 장치들이 실시간으로 클라우드에 상태 업데이트와 경고를 전송할 수 있도록 한다.

외부 웹 서버는 사용자 인터페이스를 제공하여, 사용자가 웹 브라우저를 통해 시스템과 상호 작용할 수 있도록 한다. 이를 통해 사용자는 데이터 요청, 분석 결과 확인, 장치 설정 조정 등의 작업을 수행할 수 있다. 시스템은 사용자의 편의성을 고려하여 설계되었으며, 사용자가 시스템과 상호작용하는 방식에 따라 맞춤형 데이터 보고 및 경고를 설정할 수 있다. 가령, 사용자는 특정 환경변수의 임계값을 설정하여 해당 값이 초과하였을 때 알림을 받을 수 있다.

3.3 에너지 절감 제어 알고리즘

앞서 선행 연구에서는 고비용의 물리적 HVAC 시스템 모델 없이 저비용의 IoT 기기와 센서 데이터만으로 실시간 제어 전략을 통해 에너지 절감과 사용자 쾌적성 유지가 가능함을 확인하였다[5,6]. 본 연구의 목적 역시 기축 건물에 설치된 Non-IoT 구형 에어컨들을 별도의 시설 공사 없이 자동으로 제어하고 전력 사용량을 절감하는 것이다. 특히 공용 오피스의 로비나 회의실, 공용 좌석 등은 불특정 다수가 빈번하게 이용하는 곳으로 무분별한 에어컨 가동과 온도 설정(너무 낮거나 너무 높은 온도), 사용 후 방치로 인한 공실 가동으로 인한 전력 소비가 많은 곳이다(그림5).



[Fig. 5] IoT Sensors Installed on AC

본 실증 연구에서는 공공기관의 공유 오피스인 W360의 모든 냉·난방 에어컨(24대)에 지능형 IoT 센서를 부착하고, 이 중 사람의 이동이 빈번하고 에어컨 가동이 가장 많은 개방형 좌석 코워킹홀의 에어컨 2대와 회의 공간 베타홀의 에어컨 2대를 AI 오피스 모드로 제어하였다.

에어컨 자동제어를 위한 AI오피스 모드는 불특정 다수가 이용하는 공유 오피스에서의 무분별한 에어컨 가동과 온도 설정, 사용 후 방지로 인한 공실 가동을 방지하기 위해 1) 동작감지 센서를 이용한 공실 감지 자동 꺼짐, 2) 계절별 적정 온도(건물 관리 차원에서 결정된 또는 정부에서 권장하는 계절별 적정온도) 유지제어 기능으로 구성되어있다.

- 공실감지 자동제어
회의실, 개별 Room, 공용 공간 등에 동작감지센서를 설치하여 해당 공간내에 15분 동안 사람의 움직임이 감지되지 않을 때는 연동 된 에어컨을 자동으로 Off 함
- 적정 온도 자동제어
주위의 온도/습도 데이터를 5분 단위로 수집하는 IoT 센서는 AI오피스 제어모드에 설정된 기준온도 23~25도와 측정 데이터를 비교하여 범주를 벗어날 경우 에어컨의 온도를 조절하거나 전원을 꺼서 전력 소비를 최소화

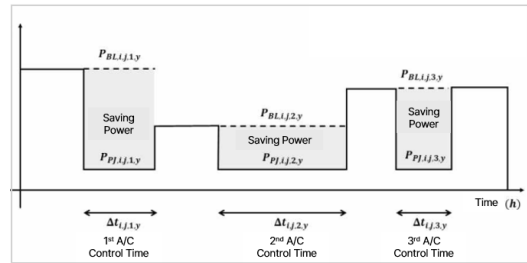
이외에도 건물의 업무시간이 종료되는 10시에는 모든 에어컨이 꺼지도록 일괄제어 기능도 구현하여 실험과는 별개로 에너지 절감을 위한 기본 기능을 설정하였다.

4. 에너지 절감 실증 결과

실증 대상은 제주도에 위치한 공공기관 개방형 공유 오피스인 빌딩 W360으로, 건물은 총 2개 동으로 구성되어 있으며 각 동은 2개 층으로 이루어져 있고, 설치된 에어컨 냉난방기는 모두 24대이다. 실증 테스트는 2025년 겨울 1월 8일부터 3월 8일까지 2개월간 수행되었고 IoT 센서를 통해 수집된 온도 습도 데이터와 에어컨 제어 기록과 함께 실내 냉난방기기가 연결된 실외기의 전력 사용량을 계측하여 자동 제어 모드의 전력 소비 절감 효과를 검증하였다.

4.1 에너지 절감 효과 산정 방식

AI자동제어의 전력소비 절감 효과를 보기위해서 자동제어를 하지 않은 상태의 냉난방기 소비 전력량과 자동제어를 통해 절감된 전력소비량을 비교하였다. 자동제어를 하지 않았을 경우의 전력소비량을 베이스라인 소비량으로 정의하고, 에너지 절감 제어 시 실제 사용된 전력량을 계측하여 둘 사이의 비교를 통해 절감된 전력량을 산출할 수 있다(그림6).



[Fig. 6] Amount of Power Consumption

냉난방기의 전력 소비는 실내기와 실외기 모두에서 발생하지만 실외기의 전력 소비가 대부분을 차지하고, 여러 대의 실내기가 하나의 실외기에 연결되어 있으므로 개별 실내기를 제어함으로써 절감된 전력 소비량은 실외기의 소비전력을 계측하여 산정할 수 있다. 이를 위해 분전반에 실외기의 전력 사용량을 측정하는 전력계측기를 설치하였고 각각의 냉난방기(실내기)에 IoT 제어기를 부착하고 기기번호를 부여하여 개별 모니터링하였다. 이는 제어 이력에 따른 작동상태와 전력사용 또한 측정 시점에 따라 누적 기록되어 비교분석이 가능하다. 이러한 데이터를 기반으로 베이스라인 소비전력은 다음과 같이 냉난방 부하에 해당하는 산정식에 따라 계산한다.

$$P_{BL,i,j,k,y} = P_{saved,out,j,k,y} + P_{consumed,out,j,k,y}$$

기호	정의	단위
$P_{BL,i,j,k,y}$	냉난방 유행 부하(실외기 j)의 제어 k회차 베이스라인 소비전력	kW
$P_{saved,out,j,k,y}$	냉난방 유행 부하(실외기 j)의 제어 k회차 절감된 소비전력	kW
$P_{consumed,out,j,k,y}$	냉난방 유행 부하(실외기 j)의 제어 k회차 평균 소비전력	kW

다음으로 스마트 IoT 시스템에 의해 제어된 실내기 해당 절감된 소비전력은 제어유지 시간 동안 실외기 j의 소비전력을 같은 시간 동안 정상 가동된 실내기의 대수로 나누어 제어 대상 실내기가 가동되었다더라면 해당 실내기로 인해 실외기에서 소비되었을 전력을 추정하여 산정한다.

$$P_{saved\ per\ in,j,k,y} = \frac{P_{consumed,out,j,k,y}}{N_{in\ normal,j,k,y}}$$

기호	정의	단위
$P_{saved\ per\ in,j,k,y}$	실외기 j의 제어 k회차 제어 실내기 해당 절감된 소비전력	kW
$P_{consumed,out,j,k,y}$	실외기 j의 제어 k회차 평균 소비전력	kW
$N_{in\ normal,j,k,y}$	실외기 j의 제어 k회차 정상 가동 실내기 대수	대

$$P_{saved,out,j,k,y} = P_{saved\ per\ in,j,k,y} \times N_{in\ controlled,j,k,y}$$

기호	정의	단위
$P_{saved,out,j,k,y}$	실외기 j의 제어 k회차 절감된 소비전력	kW
$P_{saved\ per\ in,j,k,y}$	실외기 j의 제어 k회차 제어 실내기 해당 절감된 소비전력	kW
$N_{in\ controlled,j,k,y}$	실외기 j의 제어 k회차 실내기 제어 대수	대

이렇게 제어된 실내기들로 인해 절감된 소비전력은 제어된 실내기 대당 절감된 소비전력과 제어 대수를 곱하여 다음과 같이 추정한다.

$$P_{\text{saved.out.j.k.y}} = P_{\text{saved per in.j.k.y}} \times N_{\text{in controlled.j.k.y}}$$

기호	정의	단위
$P_{\text{saved.out.j.k.y}}$	실외기 j의 제어 k회차 절감된 소비전력	kW
$P_{\text{saved per in.j.k.y}}$	실외기 j의 제어 k회차 제어 실내기 대당 절감된 소비전력	kW
$N_{\text{in controlled.j.k.y}}$	실외기 j의 제어 k회차 실내기 제어 대수	대

4.2 에너지 절감 효과

2025년 01월 8일부터 3월 8일까지 동계 2개월 간 스마트 IoT 시스템의 AI자동제어, 즉 실내 적정온도 유지와 동작감지에 의한 부재 감지 시 전원Off에 의해 자동 제어된 베타홀 2대와 코워킹홀 2대의 제어 회차별 제어 이력, 전력 사용량, 제어시간 내 소비전력 절감량을 계산한 결과는 아래 표2와 같다.

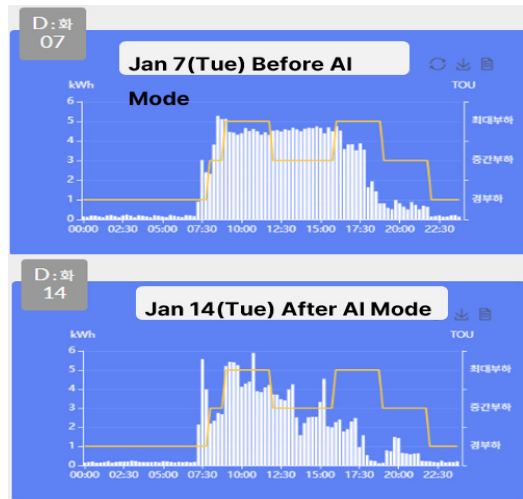
<Table 2> Saved Electric Power

T	Saved Electric Power(Wh)			
	Beta1	Beta2	Co-W1	Co-W2
1	223	224	1457	1,457
2	167	167	961	651
3	102	79	1717	712
4	112	0	0	1,015
5	0	767	7270	0
6	799	94	1066	4285
7	91	91	0	3141
...				
Sum	49,866	60,642	61,037	59,615
hour	151	177	179	168

모니터링 데이터를 토대로 W360 건물 내 냉난방 부하 제어를 통한 베이스라인 소비전력과 프로젝트 소비전력을 산정한 결과는 다음과 같다.

- 베이스라인 소비전력 = 1704.778 kWh
- 실제 소비전력 = 1473.619 kWh
- 절감량 = 231.159 kWh
- 절감률(%) = (절감량/베이스라인소비전력)*100
= (231.159/1704.778)*100= 13.56%

자동 제어에 의한 전력소비량 절감효과는 본 연구의 실증 테스트가 시작되기 전 2025년 1월 7일과 1월 8일 설치 후 1월 14일의 자동 제어를 통해 전력 소비량이 줄었음을 분명하게 알 수 있다(그림7).



[Fig. 7] Comparison between Before and After

본 실증 연구를 통해 절감한 전력 소비량은 231.159 kWh로 이는 베이스라인 소비전력 대비 13.56%의 절감률로 매우 성공적인 결과라고 할 수 있다. 더욱이 이번 실험의 성과는 W360 건물에 설치된 24대의 에어컨 냉난방기 중 단지 4대만을 자동 제어하여 얻은 결과로서, 불특정 다수가 빈번하게 이용하는 공용 오피스의 공용 좌석에 위치한 에어컨을 적절히 제어함으로써 건물 전체의 에어컨 소비 전력을 효과적으로 줄일 수 있음을 확인하였다.

5. 결론

본 연구는 구축 건물에 설치된 Non-IoT 에어컨 냉난방기기를 별도의 추가 시설 공사 없이 손쉽게 제어하고 전력 사용량을 절감함으로써 에너지 절감과 온실가스 배출량을 감축하는 AIoT 자동제어 시스템을 구현하여 2025년 겨울 1월 8일부터 3월 8일까지 2개월간 제주 소재 공공 오피스에서 실증하였다. 자동 제어 실증은 건물의 에어컨 중 이용자가 많고 이동이 빈번한 공유 좌석과 회의공간의 에어컨 4대를 대상으로 1) 동작감지 센서를 이용한 공실 감지 Off 제어, 2) 적정 온도 유지 AI 오피스 제어가 이루어졌고, 그 결과 전력 소비 절감량은 231.159 kWh로 이는 베이스라인 소비전력 대비 13.56%의 절감률로 성공적인 결과를 얻을 수 있었다. 이는 건물 내 전체 에어컨 중 사용이 빈번한 일부 에어컨을 제어하더라도 건물 전체의 에어컨 소비 전력을 효과적으로 줄일 수 있음을 보여주었다. 본 연구가 공공기관의 개방형 오피

스에서의 동계 실험으로 국한된 만큼, 향후 연구에서는 교육 기관에서의 에어컨 전력 소비 절감 연구와 전기료 인상으로 고통받는 자영업 매장과 무인매장을 대상으로 한 사계절 실증연구로 확장해가고자 한다.

REFERENCES

- [1] Energy Consumption Survey 2023, Korea Energy Economics Institute and Korea Energy Agency.
- [2] Seoul Metropolitan Gov. Seoul Energy Information and Analytics, <https://energyinfo.seoul.go.kr>.
- [3] H.J.Jung, S.D.Lee, and J.H.Lee, "An Analysis of Energy Consumption by Space Unit in University Buildings," Journal of Climate Change Research, Vol. 14, No. 1, pp. 041~052, 2023.
- [4] M.K.R.Bagsiraj, S.R.Narwade, K.S.Pirjade, and A.S.N. Husainy, "A Review on Applications of IoT in Heating, Ventilation, Air Conditioning and its Control," Asian Review of Mechanical Engineering, 10(2), 1-3, 2021.
- [5] K.S.Cho and C.S.Park, "A Study on the Influential Factors of Intelligence Internet of Things for Establishing Smart Supply Chains," J. Inf. Technol. Appl. Manag. 31(2): 51~66, April 2024.
- [6] A. Morteza, H.K Nazari and P. Pahlevani, "An IoT Framework for Building Energy Optimization Using Machine Learning-based MPC," arXiv, 2024 arXiv. 2408.13294.
- [7] P. Michailidis, P. Pelitaris, C. Korkas, I. Michailidis, S. Baldi and E. Kosmatopoulos, "Enabling Optimal Energy Management with Minimal IoT Requirements: A Legacy A/C Case Study," Energies, 14, no. 23: 7910., 2021.
- [8] W.S.Yun, W.T.Ryu, H.C.Seo, W.H.Hong, and S.W.Lee, "IoT-Based Indoor Thermal Environment and Occupancy Monitoring for Energy Poverty Care," Energies, 17, no.2, 326., 2024.
- [9] H.S.Hwan and Y.W.Seo, "A Development of Real-time Energy Usage Data Collection and Analysis System based on the IoT," Journal of Korea Multimedia Society, vol. 22, no. 3, pp. 366-373, 2019.
- [10] W.H.Choi, I.C.Kang and C.S.Kim, "A Study on Energy Saving and Safety Improvement through IoT Sensor Monitoring in Smart Factory," Journal of the Society of Disaster Information, vol. 20, no. 1, pp. 117-127, 2024.
- [11] H.Weil, Y.H.Kim, D.H.Jang and H.K.Jung, "Greenhouse Monitoring System Based on IoT," Journal of the Korea Contents Association, vol. 24, no. 8, pp. 9-17, 2024.
- [12] I.R.Numonov, B.Peng, Y.Li, Y.Z.H.Ugli, T.O.Lee and T.K.Kim, "Development of an AI-Based Energy Management System for Factory Power Saving," Journal of Internet of Things and Convergence, vol. 10, no. 6, pp. 49-55, 2024.
- [13] H.B.Jo, J.S.Lee, S.K.Kim, and H.K.Park, "IoT-based Indoor Environment Control and Energy Consumption Optimization System," Journal of KIECS, Vol. 20, no. 1, pp. 43-50, 2025.
- [14] Y.S.Kim, C.Y.Moon, S.D.Lee, M.J.Cho and Y.S.Shin, "Machine Learning Based Multi-IoT Sensor Solution for Occupancy Detection and Smart Energy Saving in University Campuses," Proceedings of the Korean Institute of Information Technology conference, 2024.
- [15] Y.S.Moon, J.W.Jung, S.P.Choi, T.H.Kim, B.H.Lee, J.J.Kim and H.L.Choi, "Real-Time Management System of Reefer Container Based on IoT," JJ. Korea Inst. Inf. Commun. Eng, Vol. 19, no. 9, pp. 2093-2099, 2015.

김 유 신(Yoosin Kim)

[정회원]



- 2000년 2월 : 국민대학교 정보관 리학과 졸업
- 20013년 2월 : 국민대학교 비니 스텐IT전문대학원 졸업
- 2014년 3월 ~ 2015년 9월 : 텍사스주립대(UTA) 연구원
- 2018년 7월 ~ 2020년 12월 : 알티캐스트 데이터사업 부문장
- 2021년 1월 ~ 현재 : 에어딤 Founder/CEO
- 2024년 9월 ~ 현재 : 한신대학교 AI-SW대학 빅데이터 융합학과 교수

<관심분야>

지능형 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능(AI)