

스마트빌딩 환경에서 기기별 전원 상태 추천 및 CoAP 기반 대기전력 저감 시스템 설계 및 구현

Design and Implementation of CoAP-based Standby Power Reduction System and Ecommended Power Status for each Device in a Smart Building Environment

장영환¹, 이상순^{2*}

Young-Hwan Jang¹, Sang-Soon Lee^{2*}

요약

전체 전력 에너지의 약 10%를 차지하고 있는 대기전력의 경우 업무시간 및 이외의 시간에도 전원을 제거하지 않으므로 전력이 낭비되고 있다. 이를 개선하기 위해 기존 IEEE 802.15.4 기반 기술을 통해 네트워크망에 연결하여 기기들을 제어하는 연구가 진행되고 있다. 그러나 기존 연구의 경우 Zigbee를 사용하기 때문에 별도의 게이트웨이가 필요하고, 임의의 기준치에 대기전력 소모량이 도달하면 자동으로 제어되는 형식으로 구성되어 있어 IoT 화 되고 있는 상황에 미흡한 부분이 있다. 따라서 본 논문에서는 기존 Zigbee 기술을 사용하되, IoT 표준 프로토콜인 CoAP을 함께 적용하여 별도의 게이트웨이 사용 없이 네트워크 사용이 가능하도록 하였다. 또한, 평균 기기 사용 시간을 통해 사용 패턴을 도출하고, 이를 기반으로 협업 필터링 기반 추천 알고리즘을 적용해 전원 제어가 필요한 기기를 추천해주고 자동으로 전원 제어 및 메시지를 전송하는 시스템을 설계 및 구현하였다. 구현한 시스템과 기존 연구의 비교평가 결과, 약 7.06%의 대기전력 저감률이 향상된 것을 확인하였다.

핵심어 : 스마트빌딩, Zigbee, CoAP, 대기전력, 대기전력 저감

Abstract

In the case of standby power, which occupies about 10% of the total power energy, power is wasted because power is not removed during working hours or outside hours. In order to improve this, research is being conducted to control devices by connecting to a network through an existing IEEE 802.15.4-based technology. However, in the case of the existing research, since Zigbee is used, a separate gateway is required, and when the standby power consumption reaches an arbitrary threshold, it is configured in a form that is automatically controlled. Therefore, in this paper, the existing Zigbee technology is used, but the IoT standard protocol CoAP is applied together to enable network use without using a separate gateway. In addition, a usage pattern is derived through the average device usage time, and based on this, a collaborative filtering-based recommendation algorithm is applied to recommend a device requiring power control and to design and implement a system that automatically transmits power control and messages. As a result of the comparative evaluation of the implemented system and the previous study, it was confirmed that the standby power reduction rate of about 7.06% was improved.

Keyword : Smart building, Zigbee, CoAP, Standby Power, Standby Power Reduction

- 1 Department of IT Convergence Engineering, Gachon University, Gyeonggi, Korea [Graduate Student]
e-mail: jang0h@naver.com
- 2 Department of Computer Engineering, Gachon University, Gyeonggi, Korea [Professor]
e-mail: sslee@gachon.ac.kr (Corresponding author)

Received(April 25, 2020), Review Result(1st: May 15, 2020, 2nd: May 29, 2020), Accepted(June 8, 2020), Published(June 30, 2020)



© 2020 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

1. 서론

국내의 경우 수입 에너지 의존도가 약 94%로 해마다 약 90% 이상의 에너지를 수입하여 사용하고 있으며, 이 중에서 전력 에너지는 약 14%에 이르고 있다. 전력 에너지 총량에서 약 10%를 차지하고 있는 대기전력의 경우 전원의 플러그를 뽑지 않거나, 예열이 필요한 기기들의 경우 상시전원으로 동작하므로 대기전력이 발생할 수 밖에 없으므로 이를 개선하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대기전력의 경우 전력 에너지의 약 10%밖에 되지 않으므로 비교적 적다고 생각할 수 있으나, 국제에너지기구에서 발표한 자료에 따르면 OECD 회원국들의 경우 가구당 전력소비량의 약 10%인 60W가 대기전력으로 추정되며, 미국의 경우 약 5%로 추정되지만, 매년 약 13억 달러가 대기전력으로 소모된다고 발표하였다. 특히 빌딩 내에서 사용되는 사무 컴퓨터, 노트북, 냉난방기, 조명 등 다양한 IoT 기반 기기들은 24시간 내내 동작하거나, 사용하지 않더라도 근무시간 내 동작해야만 한다는 문제가 있다. 또한, IoT의 적용 범위가 증가하면서 더많은 기기들이 IoT화 되어 네트워크화되고 있는 추세이다 [1-5].

그러나 기존 빌딩에 IoT화가 진행되는 경우가 대부분이며, IoT 기반 스마트 디바이스들도 기존 IEEE 802.15.4 기반 기술을 사용하기 때문에 별도의 게이트웨이를 두어 IP 기반 기술로 변경해야 한다는 단점이 있다. 또한, 빌딩 내 사무실의 경우 평일에 비해 주말 사용에 대한 변동이 있으며, 월별 체크를 통해 평균치 산출 및 기기 사용 패턴에 따른 전원 On/Off 추천은 미흡한 상태이다.

따라서 본 논문에서는 스마트빌딩 환경에서 대기전력 저감 시스템을 구현하기 위해 소형화, 경량화되고 있는 제약적인 상태에 적절한 IoT 표준 프로토콜인 CoAP (Constrained Application Protocol)을 통해 별도의 게이트웨이를 두지 않고 기존의 Zigbee 기반 기기를 활용할 수 있으며, 월별 체크를 통해 평균치를 산출하고, 기기 전원 상태 추천을 위한 기기 사용 패턴 기반 추천 알고리즘을 설계하여 CoAP 기반 대기전력 저감 시스템에 적용하였다.

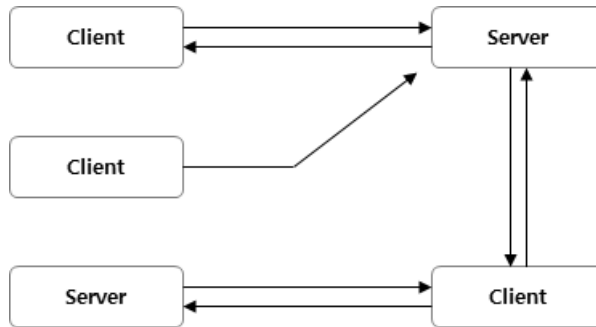
본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장에서는 CoAP과 추천 알고리즘, 기존 대기전력 저감 시스템을 조사 및 분석하고, 3장에서는 평균치 산출을 위한 데이터 분석 알고리즘 및 기기 전원 상태 추천을 위한 사용 패턴 기반 추천 알고리즘을 설계하였다. 또한 4장에서는 설계한 알고리즘들을 적용한 대기전력 저감 시스템을 구현 및 평가하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 CoAP

CoAP은 IETF 내 워킹그룹에서 발표한 IoT 표준 프로토콜 중 하나로, TCP와 UDP를 포함하는

트랜스포트 계층을 포함하는 상위 애플리케이션 계층에서 M2M 노드들 사이에서 이벤트 발생 시, 비동기적으로 노드에게 전달하는 REST (REpresentational State Transfer) 기반 프로토콜이며, 제약적이고 낮은 전송 대역에 적절하도록 설계되었다. CoAP은 IEEE 802.15.4 (Zigbee) 기반의 무선 프로토콜에 대응하기 수월하며, IPv6 기반으로 웹과 연동이 수월하도록 경량화된 표준 프로토콜이다. CoAP은 이더넷이나 WiFi, Zigbee와도 연계가 가능하고, 현재까지도 IoT 기반 전력 연구 등에서 활발히 사용되고 있으며, 지속적인 업데이트를 통해 발전해가고 있다. 일반적인 CoAP 구성은 [그림 1]과 같다 [6-8].



[그림 1] 일반적인 CoAP 구성

[Fig. 1] Basic Configuration of CoAP

2.2 추천 알고리즘

[표 1] 추천 알고리즘 종류

[Table 1] Recommended Algorithm Types

| 분류 | 설명 | 입력 값 | 추천 과정 |
|----------|---------------------------------------|--------------------------|--|
| 협업 | 유사한 정보를 지닌 이웃들의 선호 기반의 추천 | 추천 대상 아이템에 대한 사용자 평가 | 사용자 선호도와 관심 표현의 패턴을 분석하고 유사한 패턴을 가진 고객을 선별해 아이템 및 서비스 추천 |
| 내용 기반 | 정보 검색에 기반하며, 유사 속성의 아이템 추천 | 추천 대상 아이템에 대한 사용자 평가 | 사용자 아이템에 대한 평가 데이터 기반 규칙 형성, 규칙에 따라 추천 |
| 인구 통계 기반 | 개인 특성 기반 사용자 분류, 인구 통계 분류를 기반으로 하는 추천 | 사용자 인구 통계학적 정보 | 인구 통계학적으로 유사한 사용자 구분, 아이템에 대한 고객의 평가로부터 추정 및 추천 |
| 효용 기반 | 개별 아이템에 기반 사용자들의 효용성에 기반하여 추천 | 사용자 선호 기반의 아이템에 대한 효용 함수 | 아이템에 대한 효용 함수 적용 및 순위를 결정하여 추천 |
| 지식 기반 | 고객의 필요 및 선호에 대해 추론을 통해 추천 | 사용자의 필요 또는 흥미 관련 정보 | 아이템과 고객의 필요 혹은 선호 사이의 부합 여부 기반의 추론 및 추천 |

추천 알고리즘은 특정 사용자가 관심 가질만한 영화, 도서, 음악, 뉴스 등의 정보를 추천하는 것

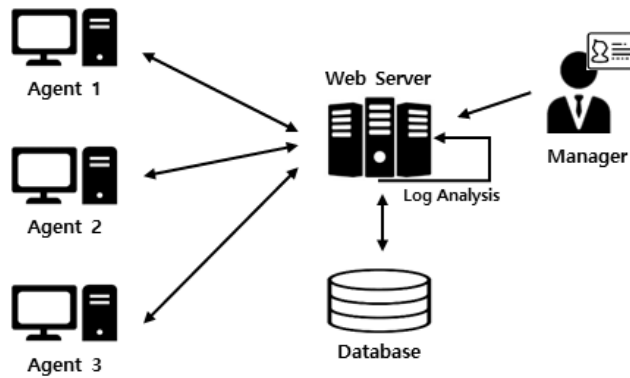
으로 주로 고객과 아이템과의 이용 가능 정보를 분석하여 적절한 아이템을 추천해주는 알고리즘이다.

보통 개인화 영역에서의 추천 서비스에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 고객의 충성도, 타겟 마케팅을 지원해주는 기술이다. 개인화 추천 서비스는 1990년대 중반부터 나타나기 시작하면서 데이터 마이닝 분야의 다양한 방법을 이용한 추천 방법들이 제안되면서 기업에서도 실제 추천 서비스를 이용하고 있다. 추천 알고리즘은 협업, 내용 기반, 인구 통계 기반, 효용 기반, 지식 기반으로 구분되며, 세부 내용은 [표 1]과 같다 [9-11].

본 연구에서는 사용자 패턴을 분석하기 위해 협업 필터링 방식의 추천 알고리즘을 적용하였다.

2.3 기존 대기전력 저감 시스템

기존 대기전력 저감 시스템의 경우 Zigbee 기반 기기들을 중심으로 대기전력 소모량을 측정하고, 사용자가 원격 혹은 자동으로 기기의 전원을 차단하는 연구로 구성되었다. 그러나 IP 기반 기술이 아닌 Zigbee 기술을 그대로 사용하기 위해 별도의 게이트웨이를 필수로 요구한다는 단점이 있다. 또한, 기기의 단순 대기전력 값만을 측정하여 대기전력 저감량에 대한 평가를 진행하였다. 따라서 본 논문에서는 Zigbee와 효율적인 연계가 가능한 CoAP을 사용하여 별도의 게이트웨이 없이 IP 통신을 가능하게 하고, 사용자의 기기 사용 패턴을 도출하여 사용자의 패턴에 따라 기기의 전원 상태를 자동으로 제어하고 전원 제어 메시지를 관리 디바이스에 전달하여 빌딩 관리자 혹은 사용자가 이를 확인할 수 있는 대기전력 저감 연구가 필요하다. 기존 Zigbee 기반의 대기전력 저감 시스템 개요도는 [그림 2]와 같다 [12-14].

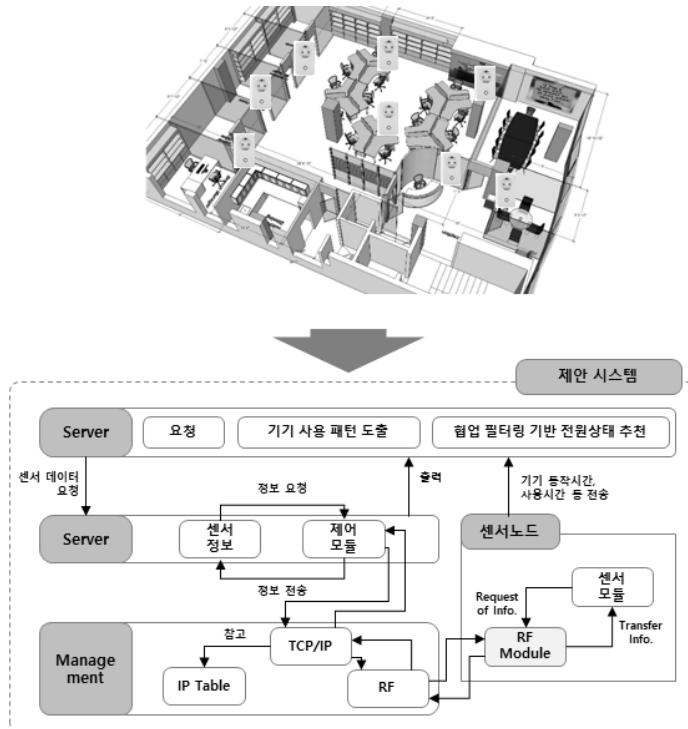


[그림 2] 기존 대기전력 저감 시스템 개요도

[Fig. 2] Overview of Existing Standby Power Reduction System

3. 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 알고리즘 설계

3.1 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 알고리즘 개요



[그림 3] 제안하는 알고리즘 개요도

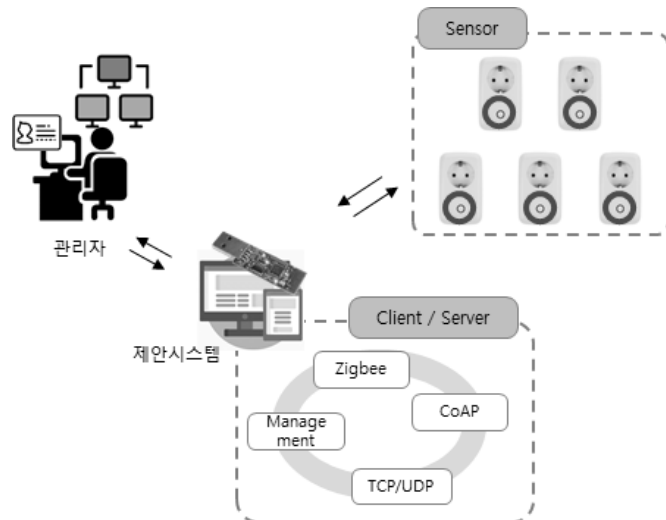
[Fig. 3] Overview of Proposed Algorithm

본 논문에서 설계한 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 알고리즘은 위의 [그림 3]과 같이 기간별 체크를 통해 평균치를 산출하여 빌딩 관리자 및 사용자에게 해당 기기의 전원 상태를 추천해주는 알고리즘과 IoT 표준 프로토콜인 CoAP을 적용해 별도의 게이트웨이가 없어도 IP 통신이 가능하고, 대기전력을 저감할 수 있는 알고리즘으로 구성하였다.

3.2 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 알고리즘 구조

본 논문에서 설계한 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 알고리즘은 무선 네트워크 사용을 위해 무선 센서 모듈과 기기 사용 패턴을 기반으로 사용자에게 전원 상태를 추천하는 사용자 패턴 분석 및 추천 모듈, 무선 통신 센서 모듈로 구성하였다. 무선 센서 모듈은 신규 장비 투자 비용 등을 최

소화하기 위해 기존 Zigbee 통신 기반 기기들이 동작하는 환경에서 CoAP을 적용하여 UDP 및 TCP 통신을 통해 데이터 송수신 및 인증된 PC나 스마트폰(관리 디바이스)으로 연결된 기기들의 실시간 상태 확인이 가능하다. 사용자 패턴 분석 및 추천 모듈은 관리 디바이스에 연결된 기기들의 전원 상태, 대기전력 소모량 등 전체적인 정보를 확인하고 제어할 수 있다. 무선 센서 모듈은 Zigbee-CoAP 간 통신을 위해 CC2531 모듈로 구성하였다. 제안하는 알고리즘의 구조도는 [그림 4]와 같다.

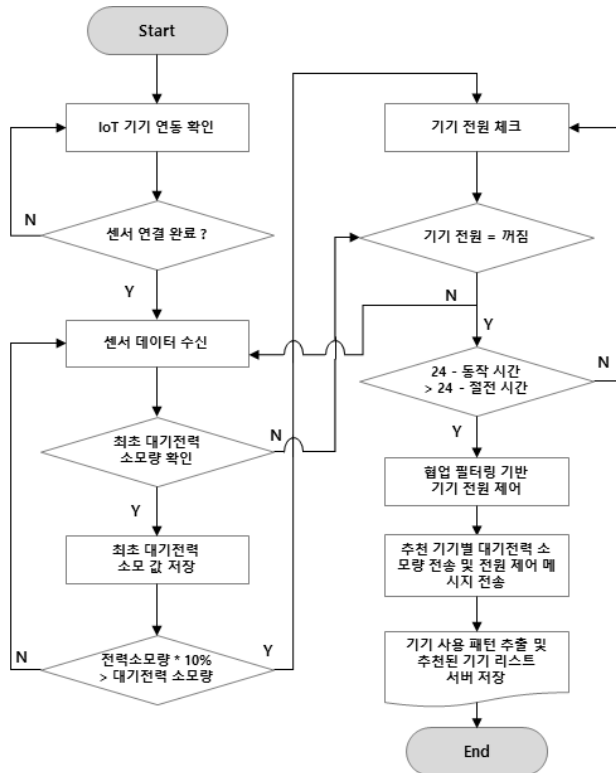


[그림 4] 제안하는 알고리즘의 구조도

[Fig. 4] Structure of the Proposed Algorithm

3.3 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 알고리즘 설계

본 논문에서 설계한 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 알고리즘은 사용자의 사용 패턴을 기반으로 기기별 전원 상태를 추천하는 알고리즘과 Zigbee-CoAP을 통해 대기전력을 저감하는 알고리즘으로 구성하였다. 설계한 알고리즘은 주기적인 반복을 통해 네트워크에 연결된 모든 기기들을 탐색하고, 상태 정보값을 수집한다. 최초 기기 연결 시에는 초기 대기전력 소모량 체크 및 데이터를 저장하고, 반복하는 주기마다 소모되는 대기전력 값을 시간순으로 저장한다. 해당 기기의 제조사에서 제시한 전력 소모량의 약 10%가 초과되면 기기 전원 상태를 제어하고 관리 디바이스에 전원 제어 메시지를 전송한다. 해당 동작을 반복적으로 진행하면서 일별/주별로 데이터를 수집하며, 수집된 데이터를 기반으로 평균값을 산출하고, 평균적으로 사용되지 않는 동안 기기의 전원이 동작하면 전원을 제어하고 관리 디바이스에 전원 제어 메시지를 전송한다. 설계한 알고리즘은 [그림 5]와 같다.



[그림 5] 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 알고리즘

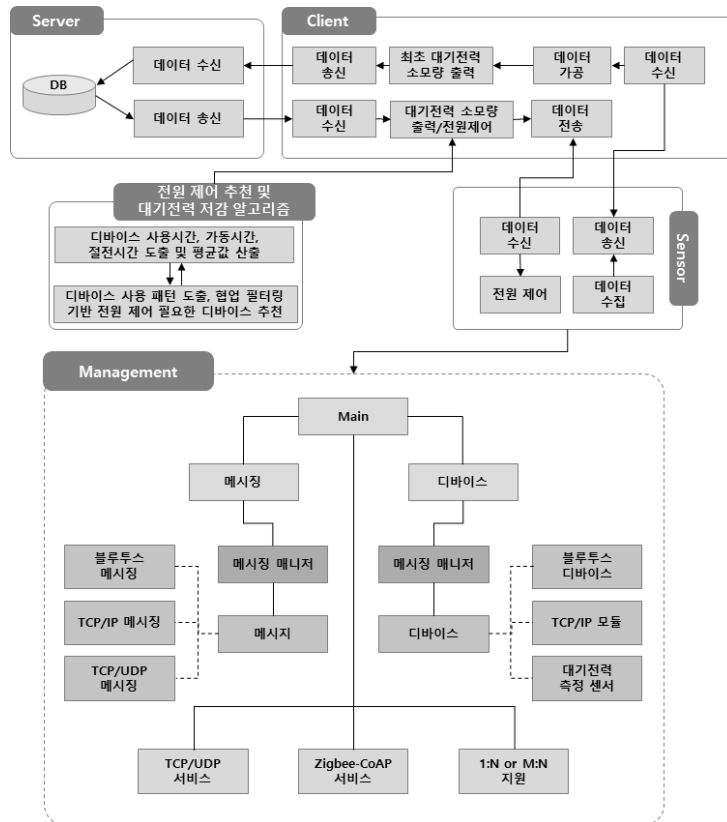
[Fig. 5] Design of Power State Recommendation and Standby Power Reduction Algorithm

설계한 알고리즘은 주기적인 반복을 통해 네트워크에 연결된 모든 기기들을 탐색하고, 상태 정보를 수집한다. 최초 기기 연결 시에는 초기 대기전력 소모량 체크 및 데이터를 저장하고, 반복하는 주기마다 소모되는 대기전력 값을 시간순으로 저장한다. 해당 기기의 제조사에서 제시한 전력 소모량의 약 10%가 초과되면 기기 전원 상태를 제어하고 관리 디바이스에 전원 제어 메시지를 전송한다. 해당 동작을 반복적으로 진행하면서 일별/주별로 데이터를 수집하며, 수집된 데이터를 기반으로 평균값을 산출하고, 평균적으로 사용되지 않는 동안 기기의 전원이 동작하면 전원을 제어하고 관리 디바이스에 전원 제어 메시지를 전송한다.

3.4 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 시스템 설계

본 논문에서 설계한 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 알고리즘은 위의 [그림 6]과 같이 기존 Zigbee 기반 기기에 CoAP을 적용하여 별도의 게이트웨이 없이 IP 통신이 가능하도록 Zigbee-CoAP 기반 센서부, 기기 상태 확인 모듈로 구성하였다. 설계한 대기전력 저감 알고리즘을 통해 연결된 모든 기기들의 상태 제어 및 관리가 가능하고, 주기적으로 서버에 데이터를 저장하면서 사용자의

패턴을 추출한다. 사용자 패턴은 기기의 전원 상태, 동작 시간, 사용 시간으로 구성되며 기기마다 제조사에서 제공하는 전력 소모량의 약 10%에 달하는 대기전력이 소모되면 자동으로 전원을 제어하고 관리 디바이스에 전원 제어 메시지를 전송한다. 빌딩 관리자 및 사용자는 관리 디바이스를 통해 실시간으로 제어되는 기기들의 상태 정보를 확인할 수 있으며, 별도의 앱을 통해 제어 및 관리가 가능하다.



[그림 6] 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 시스템 설계

[Fig. 6] Design of Power Supply Status Recommendation and Standby Power Reduction System

4. 구현 및 테스트

4.1 구현환경

본 논문에서 설계한 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 시스템을 구현하기 위한 구현환경은 [표 2]와 같다.

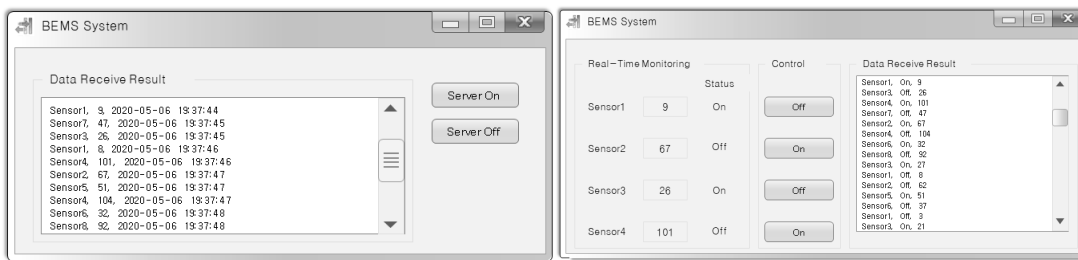
[표 2] 구현환경

[Table 2] Implementation Environment

| 구분 | 구성요소 | 기종 |
|--------|----------|--|
| H/W | CPU | Intel i7-7700 3.6GHz |
| | Memory | 16GB |
| | Module | CC2531, 2.405-2.485GHz, <20mA(수신), <25mA(발산) |
| S/W | OS | Windows 10 |
| | Language | Java |
| | Platform | Eclipse 2020-03 R, JDK 12.0.2 |
| 테스트 기기 | | Galaxy s5, Asus Zenpad Z8 |

4.2 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 시스템 구현

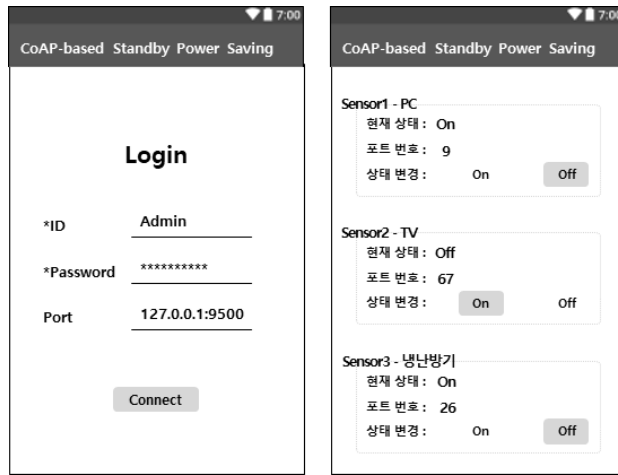
구현하고자 하는 전원 상태 추천 및 대기전력 저감 시스템은 서버와 클라이언트로 구성되며, 서버는 기기마다 탑재된 모듈을 통해 데이터를 시간대별로 체크하면서 수집하며 시점별 기기의 상태를 저장한다. 클라이언트는 Zigbee-CoAP 기반 센서부를 통해 기연결된 기기의 상태 정보 수집 및 서버에 전송한다. 구현한 서버/클라이언트 화면은 [그림 7]과 같다.



[그림 7] 서버 / 클라이언트 구현 화면

[Fig. 7] Implementation of Server / Client Screen

또한 관리 디바이스를 통해 연결된 기기들의 전원 상태를 제어 및 관리할 수 있도록 안드로이드 기반 앱을 구현하였으며, 관리자 ID와 패스워드 접속을 통해 센서별 확인이 가능하다. 센서는 기본적으로 넘버링되어 표시되지만, 사용자 임의로 알아보기 쉽게 변경할 수 있다. 포트 번호는 임의로 지정되며 기기의 현재 전원 상태, 대기전력 소모량, 사용시간으로 구성되며 관리 디바이스를 통해 전원 상태 제어가 가능하도록 On/Off 버튼을 두어 제어할 수 있도록 구성하였다. 구현한 앱 화면은 [그림 8]과 같다.



[그림 8] 앱 구현 화면

[Fig. 8] Implemented of App Screen

4.3 테스트 및 평가

본 논문에서 구현한 전원 상태 추천 및 CoAP 기반 대기전력 저감 시스템을 평가하기 위해 평가하고자 하는 기기의 제조사에서 제공되는 전력 소모량과 대기전력 소모량을 기준으로 기존 IEEE 802.15.4az를 사용한 대기전력 저감 연구와 비교평가를 진행하였다. 사무환경에 따라 사용하는 기기의 차이가 있기 때문에 일반적으로 빌딩 내 사무실에서 근로 기준시간인 8시간 동안 사용하는 기기들을 중심으로 항목을 구성하였다. 평가 데이터 및 측정된 대기전력 소모량은 [표 3]과 같다.

[표 3] 평가 데이터 및 대기전력 측정량

[Table 3] Evaluation Data and Standby Power Measurement

| 구분 | 전력량 (Wh) | 대기전력 측정량 (Wh) |
|-------|----------|---------------|
| PC | 2,320 | 322.2 |
| 노트북 | 240 | 104.3 |
| TV | 1,050 | 129.6 |
| 프린터 | 176 | 37.4 |
| 냉장고 | 10.2 | 3.2 |
| 냉난방기 | 10,800 | 1,102 |
| 전자레인지 | 5,380 | 1,992.6 |
| 선풍기 | 320 | 86.5 |
| 조명기기 | 1,320 | 136.1 |
| 커피포트 | 12,000 | 1,875 |

본 논문에서 구현한 전원 상태 추천 및 CoAP 기반 대기전력 저감 시스템의 성능을 평가하기 위

해 기존 IEEE 802.15.4az를 적용한 시스템과 비교평가를 진행하였다. 평가 결과는 [표 4]와 같다.

[표 4] 평가 결과

[Table 4] Results of Comparative Evaluation

| 구분 | IEEE 802.15.4az (Wh) | 제안 시스템 (Wh) |
|-------|----------------------|-------------|
| PC | 304.3 | 282 |
| 노트북 | 97.1 | 83.9 |
| TV | 117.2 | 93.4 |
| 프린터 | 34.7 | 28.2 |
| 냉장고 | 3 | 2 |
| 냉난방기 | 1,004.8 | 985.7 |
| 전자레인지 | 1,898.4 | 1752.5 |
| 선풍기 | 76.8 | 66.2 |
| 조명기기 | 126 | 109.4 |
| 커피포트 | 1,788.3 | 1662.6 |

평가 결과, 기존 IEEE 802.15.4az를 적용한 연구에 비해 평균 약 7.06% (384.7Wh)의 대기전력이 저감된 것을 확인하였다. 이를 월별로 적용하면 약 11,541Wh의 대기전력이 저감되며, 국토교통부에서 제공하는 2019년 건축물 현황에 나타난 건축물 개수로 대입하면 약 83GWh의 대기전력 저감이 가능하다.

5. 결론

세계적으로 에너지 소모에 대한 이슈가 증가하면서 수입 에너지에 약 94%를 의존하는 국내에서도 에너지 저감을 위해 노력하고 있다. 특히 전력 에너지의 경우 전체 에너지의 약 14%를 차지하며, 일상생활을 비롯해 공공에서도 전력 에너지를 사용하지 않고서는 편리한 생활을 누릴 수 없다. 이러한 전력 에너지의 약 10%를 차지하는 대기전력은 전원이 동작하는 동안 지속적으로 발생하는 전력을 의미하며, 물리적으로 전원을 끄거나 전원 플러그를 뽑지 않는 이상 지속적으로 발생된다. 일상생활 및 업무생활을 하는 빌딩의 경우에도 PC, 노트북, 프린터, 냉장고 등 다양한 기기들이 24시간 동작하거나 업무시간 내내 동작하고 있다는 문제점이 있어 실사용되는 전력 소모량은 어쩔 수 없으므로 전력 효율성을 향상시키기 위해 대기전력 소모를 저감하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

그러나 기존 연구의 경우 IEEE 802.15.4 기반의 Zigbee 기술을 그대로 적용하는 경우가 많기 때문에 별도의 게이트웨이를 통해 IP 통신을 해야 하므로 별도의 비용과 기기가 필요하다는 단점이 있다. 또한 빌딩 내에는 일반 가정도 있으나, 사무실의 경우에는 평일과 주말의 사용량 차이가 있

기 때문에 효율적인 운용을 위한 사용 패턴 추출을 통한 기기 전원 상태 제어가 필요한 상황이다.

따라서 본 논문에서는 IoT화 되고 있는 사무기기들에 IoT 표준 프로토콜인 CoAP을 적용하여 별도의 게이트웨이 없이 기존의 Zigbee 기반 기기들과 연결이 원활하도록 구성하였으며, 기기 사용 패턴을 추출하여 기기의 전원을 자동으로 제어하고 상태 제어 메시지를 관리 디바이스에 전송하도록 설계 및 구현하였다. 구현한 시스템을 기존 연구와 비교평가하였으며, 평가 결과 기존 시스템 대비 평균 약 7.06% (384.7Wh)의 대기전력 소모량이 저감된 것을 확인하였다. 이를 전국의 빌딩 개수에 대입하면 평균 약 83GWh의 대기전력 저감이 가능하다.

향후 본 연구를 기반으로 전원 상태 추천의 정확도를 올리기 위해 재추천 알고리즘을 적용하여 추천의 정확도를 향상시킬 수 있는 연구를 진행하고자 하며, 이러한 연구를 통해 전력 효율성을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] J. K. Kim, "Statistics of Electric Power in KOREA", Korea Electric Power Corporation, 2019.
- [2] J. W. Jeon, M. R. Yi, "Smart Multiple-Tap System based on WiFi for Reduction of Standby-Power", *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, vol. 22, no. 6, June 2017, pp. 123-129, doi: 10.9708/jksoci.2017.22.06.123.
- [3] M. Y. Kim, J. I. Kang, "Standby Power Reducing Method of Wireless Power Supply System Requiring Standby Mode", *Power Electronics Conference*, July 2-4, 2019, Chung-Nam, South Korea, pp. 136-138.
- [4] H. H. Park, S. W. Byon, E. S. Jung, Y. S. Park, Y. T. Lee, W. Ryu, "Standby Power Saving Mechanism of a Set-Top Box having Standby Mode that Supports Network Interworking", *Korean Society of Broad Engineers Conference*, July 1-3, 2015, Jeju, South Korea, pp. 98-101.
- [5] S. C. Lee, S. W. Kang, N. Y. Kim, P. L. Chung, "Automatically shut off Standby Power using Ultrasonic Sensor", *Korean Institute of Information Scientists and Engineers Conference*, June 29-June 1, 2019, Jeju, South Korea, pp. 1708-1710.
- [6] Y. J. Ha, Y. B. Kim, Y. Y. Choo, "Variable RTO Algorithm to Improve CoAP-based Wireless Communication Performance", *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 25, no. 11, November 2019, pp. 1021-1026, doi: 10.5302/J.ICROS.2019.19.0168.
- [7] Y. J. Ha, Y. Y. Choo, "Performance Evaluation of CoAP Communication for Web Service of Internet-of-Things Devices", *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 44, no. 8, August 2019, pp. 1527-1534, doi: 10.7840/kics.2019.44.8.1527.
- [8] H. J. Park, H. I. Park, S. H. Lee, J. S. Choi, "Design and Analysis of Push Mechanism based on CoAP Observe for Demand Response in Energy IoT Environment", *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 43, no. 3, March 2018, pp. 529-540, doi: 10.7840/kics.2018.43.3.529.
- [9] H. R. Noh, S. B. Choi, H. C. Ahn, "Social Network-based Hybrid Collaborative Filtering using Genetic Algorithms", *Journal of Intelligence and Information Systems*, vol. 23, no. 2, June 2017, pp. 19-38, doi:

10.13088/jjis.2017.23.2.019.

- [10] M. J. Ku, H. C. Ahn, "A Hybrid Recommender System based on Collaborative Filtering with Selective Use of Overall and Multicriteria Ratings", *Journal of Intelligence and Information Systems*, vol. 24, no. 2, June 2018, pp. 85-109, doi: 10.13088/jjis.2018.24.2.085.
- [11] Y. M. Joe, K. H. Nam, "SKU Recommender System for Retail Stores that Carry Identical Brands using Collaborative Filtering and Hybrid Filtering", *Journal of Intelligence and Information Systems*, vol. 23, no. 4, December 2017, pp. 77-110, doi: 10.13088/jjis.2017.23.4.077.
- [12] Y. H. Jang, S. C. Park, S. H. Yoon, "Design and Implementation of MQTT-based Standby Power Reduction System in Z-Wave Network Environment", *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 23, no. 3, March 2020, pp. 421-429, doi: 10.9717/kmms.2020.23.3.421.
- [13] S. J. Lee, D. H. Kim, "A Study of Standby Power Control based on Zigbee in Smart Home", *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 17, no. 7, July 2014, pp. 879-885, doi: 10.9717/kmms.17.7.879.
- [14] Y. A. Lee, K. C. Kim, S. B. Han, "Design of New Smart Switch with Remote Power Control and Standby Power Management Function", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 14, no. 10, October 2010, pp. 2343-2350, doi: 10.6109/jkiice.2010.14.10.2343.