

가전기기 사용 패턴 분석을 통한 MQTT 기반 전력 관리 시스템 설계 및 구현

Design and Implementation of MQTT-based Power Management System through Analysis of Home Appliance Usage Patterns

장영환¹, 이상순^{2*}

Young-Hwan Jang¹, Sang-Soon Lee^{2*}

요 약

일반적으로 사용되는 가전기기들은 Zigbee 기반의 저전력 기반으로 동작하며, 실제로 사용되지 않는 동안에도 소량의 전기는 지속적으로 공급되는 형식으로 구성되어 있다. 그러나 주로 가전기기에 탑재되는 Zigbee의 경우 초기 개발부터 네트워크를 염두에 두지 않아 별도의 게이트웨이를 통해 IP 기반으로 변환해야 하는 문제가 있으며, 기기마다 사용 패턴이 다르므로 기기별로 관리하기 위해 사용 패턴을 파악할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 Zigbee 네트워크 환경에 IoT 표준 프로토콜인 MQTT를 적용하여 별도의 게이트웨이를 추가하지 않고 MQTT가 해당 역할을 수행토록 하였으며, 가중치 기반의 사용 패턴 분석을 통해 전력 및 대기전력도 함께 자동으로 제어 및 관리할 수 있는 시스템을 설계 및 구현하였다. 구현한 시스템을 기존 연구와 비교평가한 결과 평균 전력 소모량 약 3.25%, 평균 대기전력 소모량 13.06% 저감된 것을 확인하였다.

핵심어 : Zigbee, MQTT, 사용 패턴, 가중치, 전력 관리

Abstract

Commonly used home appliances operate on a low power basis based on Zigbee, and a small amount of electricity is continuously supplied even when they are not actually used. However, in the case of Zigbee, which is mainly installed in home appliances, it is necessary to convert it to IP-based through a separate gateway because the network is not in mind from the initial development. Therefore, in this paper, by applying MQTT, an IoT standard protocol, to the Zigbee network environment, MQTT performs the role without adding a separate gateway, and automatically controls power/standby power together through weight-based usage pattern analysis managed was designed and implemented. As a result of comparing and evaluating the implemented system with previous studies, it was confirmed that the average power consumption was reduced by about 3.25% and the average standby power consumption by 13.06%.

Keyword : Zigbee, MQTT, Usage Pattern, Weight, Power Management

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(November 5, 2020), Review Result(1st: November 30, 2020), Accepted(December 7, 2020), Published(December 31, 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

최근 IoT 기반 기기들의 보급화와 1인당 기기 사용률이 급격히 증가하면서 일상생활에서도 다양한 스마트 기기들이 사용되고 있다. 특히 가정환경에 홈 어시스턴트를 두어 가정 내 조명부터 가스, TV, 셋톱박스 등 네트워크 기반의 제어가 가능한 기기들을 하나로 제어 및 관리하는 방식이 이루어지고 있다. 이러한 가전기기들은 모두 전기를 통해 사용이 가능하므로 일정량의 전기를 지속적으로 공급하고 있으며, 사용하지 않는 동안은 대기모드 혹은 절전모드를 통해 전력 소모량을 저감시키고 있다. 또한 IoT 기술이 탑재된 무선 네트워크 방식의 가전기기들이 증가하면서 전력의 효율적인 사용에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 국내의 경우 수입 에너지의 의존도가 전체 에너지의 약 94%에 달할 정도로 매우 높기 때문에 낭비되는 전력을 최소화하고 전력 효율성을 증대시키기 위한 방법이 지속적으로 연구되고 있다. 이를 위해 가전기기를 사용하지 않는 동안에는 전원 플러그를 뽑아두거나 전원 버튼이 탑재된 플러그 등을 통해 전력 낭비를 최소화하고 있다. 이러한 전력 연구는 Zigbee, Z-Wave, 블루투스, IoT 표준 프로토콜 등을 통해 전력 효율성을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다 [1-3].

그러나 가전기기의 경우 저전력을 기반으로 하기 때문에 Zigbee를 기반으로 하는 경우가 많으며, Zigbee는 초기부터 IP 기반을 고려하지 않고 개발된 기술이기 때문에 별도의 게이트웨이를 통해 IP 기반 기술로 변환해야 한다는 단점을 지닌다. 또한 가전기기 사용 여부에 따라 사용 패턴을 확인하고 실제 사용에 따라 전력 관리 및 대기전력을 자동으로 차단할 수 있는 연구가 필요하다.

따라서 본 논문에서는 가전기기가 사용되는 패턴을 추출 및 분석할 수 있는 알고리즘을 설계하고, IP 기반으로 동작하는 IoT 표준 프로토콜 중 현재까지 기술성숙도가 가장 높고 IoT 애플리케이션에 가장 많이 사용되는 MQTT 기술을 적용하여 자동으로 전력을 관리할 수 있는 시스템을 구현하였다.

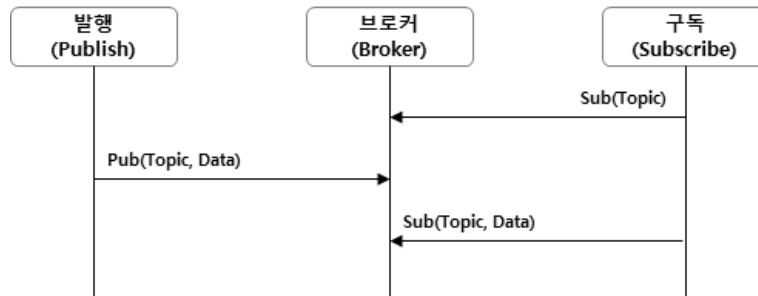
본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장에서는 MQTT, 기존 전력 관리 시스템을 조사 및 분석하고, 3장에서는 가전기기 사용 패턴 분석을 통한 MQTT 기반 전력 관리 시스템을 설계하였다. 또한 4장에서는 설계한 시스템을 구현 및 테스트하고, 마지막 5장에서 결론을 기술하였다.

2. 관련연구

2.1 MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)는 M2M (Machine to Machine), IoT를 위한 프로토콜로 최소한의 전력과 패킷량으로 통신하는 프로토콜이며, IoT 및 모바일 애플리케이션 등의 통신

에 최적화 된 프로토콜이다. 발행 (Publish)과 구독 (Subscribe), 브로커 (Broker)로 구조로 구성된 메시징 프로토콜이며, Publisher는 Topic을 발행하는 역할을 수행하고, Subscriber는 Topic을 구독하는 역할을 수행한다. 브로커는 이를 중재하는 역할을 수행하며, 단일 Topic일지라도 다수가 구독할 수 있기 때문에 1:N 네트워크 구축에도 용이하다. MQTT의 기본 모델은 [그림 1]과 같다 [5-7].



[그림 1] MQTT 기본 모델

[Fig. 1] Basic Model of MQTT

또한 MQTT는 3단계의 QoS (Quality of Service)를 제공하며, 세부 내용은 다음과 같다.

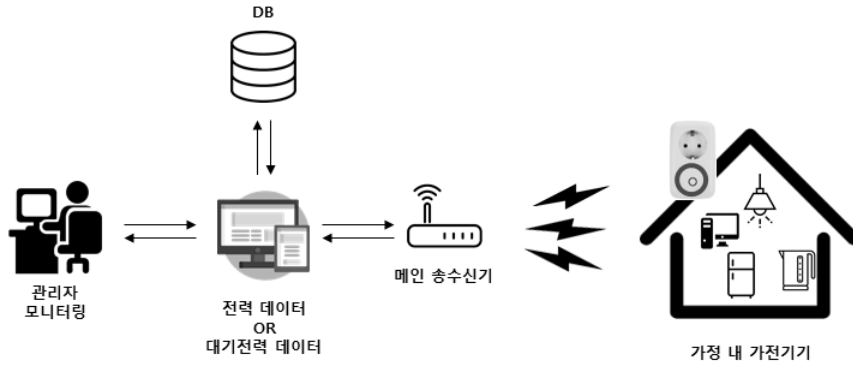
- 0 : 메시지는 한 번만 전달되며, 전달 이후의 수신과정은 체크하지 않는다.
- 1 : 메시지는 한 번 이상 전달되며, 핸드셰이킹 과정은 추적하지만 세밀히 추적하지 않기 때문에 중복으로 수신 받을 가능성이 있다.
- 2 : 메시지는 한 번만 전달되며, 핸드셰이킹의 모든 과정을 체크한다.

위와 같이 3단계의 QoS를 제공하며, 단계가 높아질수록 통신 품질은 향상되지만, 성능 저하의 가능성이 있으므로 개발자는 프로젝트의 특성에 따라 QoS 단계를 설정하여 진행할 수 있다 [8-9].

2.2 기존 전력 관리 시스템

기존 전력 관리 시스템은 모니터링을 위주로 시스템에 연결된 기기들을 사용자가 눈으로 확인하면서 제어 및 관리할 수 있는 PC 형태로 구성되어 있다. 기존 기기들과의 호환성을 고려하여 Zigbee 형태로 구성된 경우가 많으며, 관련 사례적인 연구도 많이 알려진 상태이다. 그러나 Zigbee는 개발 초기부터 IP를 염두에 두고 개발된 기술이 아니기 때문에 현재의 네트워크에 사용하기 위해서는 별도의 게이트웨이를 두어 IP 기반으로 변환하여 사용한다는 문제가 있다. 또한 기존 전력 관리 시스템의 경우 전력만을 한정지어 관리하거나, 대기전력만으로 한정지어 관리하는 연구가 진행되면서 전력과 대기전력을 동시에 관리할 수 있는 시스템은 부족한 실정이다 [10-13].

따라서 본 논문에서는 기존 Zigbee 기술을 활용하되, 별도의 게이트웨이를 추가하지 않고 IoT 표준 프로토콜인 MQTT를 통해 게이트웨이 역할을 수행하도록 하였으며, 전력과 대기전력을 구분지어 사용자에게 제공하되 사용자의 개입을 최소화 할 수 있도록 가중치 기법의 기기별 사용 패턴 분석을 통해 자동적으로 전력 및 대기전력을 관리할 수 있는 시스템을 연구하고자 한다. 기존 Zigbee 기반 전력 관리 시스템은 [그림 2]와 같다 [13].

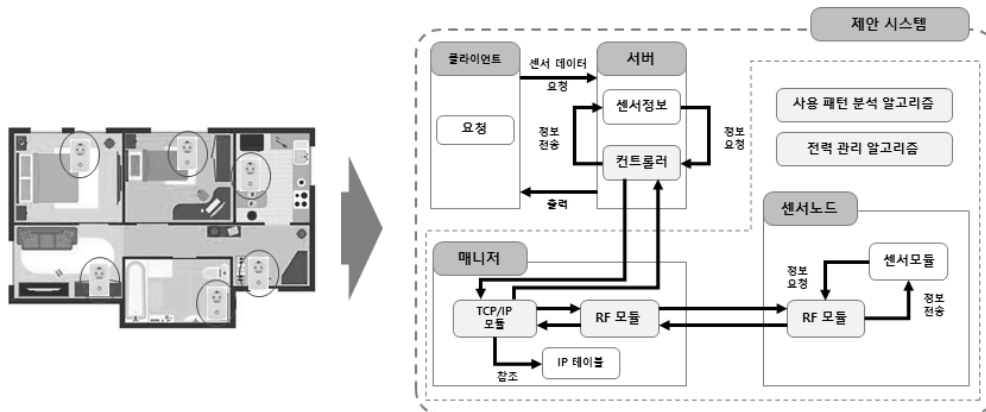


[그림 2] 기존 Zigbee 기반 전력 관리 시스템

[Fig. 2] Existing Zigbee-based Power Management System

3. 가전기기 사용 패턴 분석을 통한 MQTT 기반 전력 관리 시스템 설계

3.1 제안 시스템 개요



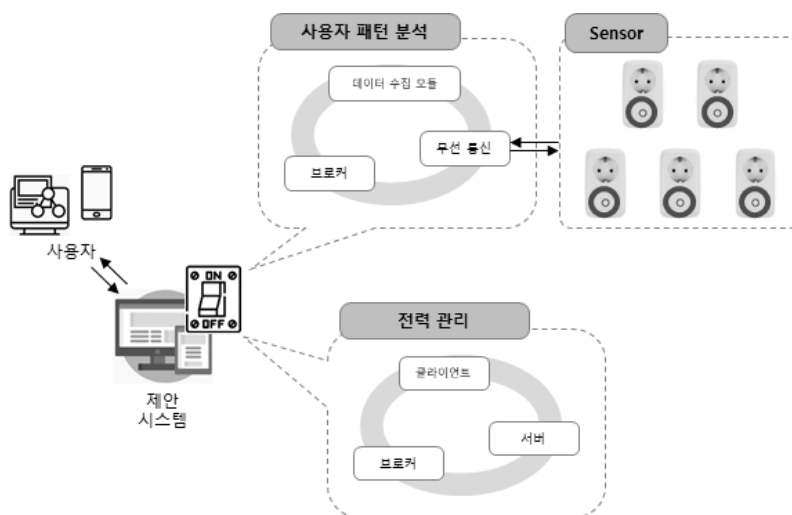
[그림 3] 제안 시스템 개요도

[Fig. 3] Overview of Proposed System

본 논문에서 설계한 MQTT 기반 전력 관리 시스템은 위의 [그림 3]과 같이 크게 가전기기의 사용 패턴을 추출 및 분석하는 알고리즘과 이를 기반으로 IoT 환경에 적절하도록 MQTT를 적용하여 전력을 관리할 수 있는 시스템을 설계하였다. 제안하는 시스템은 사용자가 일반적으로 가전기기를 사용하는 패턴에 대해 가중치 기법을 적용하여 점수가 높은 순으로 사용자에게 시각화하여 보여주고, 해당 데이터를 기반으로 MQTT로 네트워크망을 구축하여 가전기기의 전력을 관리할 수 있는 시스템을 목표로 한다.

3.2 제안 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 MQTT 기반 전력 관리 시스템은 가전기기의 전원 및 현재 상태를 확인할 수 있는 센서 모듈과 가전기기의 사용 패턴 데이터를 수집하는 모듈, 무선 통신을 지원하는 콘센트로 구성하였다. 센서 모듈은 기존 Zigbee 기반의 가전기기와의 호환성을 고려하여 Zigbee 통신과 IP 기반으로 변환하고, 가정에서 사용하는 가전기기의 사용 패턴 데이터를 수집하기 위해 다수의 센서 구성이 가능하도록 구성하였다. 또한 사용자가 가전기기의 사용 패턴과 전력 소모량을 웹과 앱 환경에서 확인할 수 있도록 구성하였다. 제안 시스템의 구조도는 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 제안 시스템 구조도

[Fig. 4] Structure of Proposed System

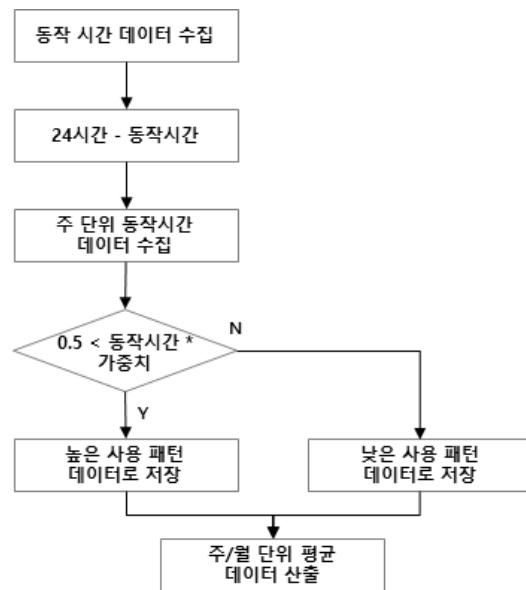
3.3 제안 알고리즘 설계

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 크게 가전기기 사용 패턴 알고리즘과 MQTT 기반 전력 관리

알고리즘으로 구분되며, 두 알고리즘은 공통적으로 지속적인 반복을 통해 네트워크에 연결된 가전 기기들의 정보 확인 및 데이터를 수집하고 저장한다.

3.3.1 가전기기 사용 패턴 분석 알고리즘 설계

가전기기 사용 패턴 분석 알고리즘은 가전기기가 대기모드 혹은 절전모드가 아닌 동작하는 시점부터 동작이 종료되는 시점까지를 중심으로 데이터를 수집하여 사용 패턴을 추출하도록 한다. 사용 패턴은 24시간을 기준으로 측정하며, 주/월 단위로 데이터를 반복 수집하여 해당 가전기기의 사용 패턴을 측정 및 분석한다. 또한 설계한 알고리즘을 통해 사용되는 시점을 확인하기 위해 정확한 시간을 체크하도록 구성하였다. 설계한 사용 패턴 분석 알고리즘은 [그림 5]와 같다.



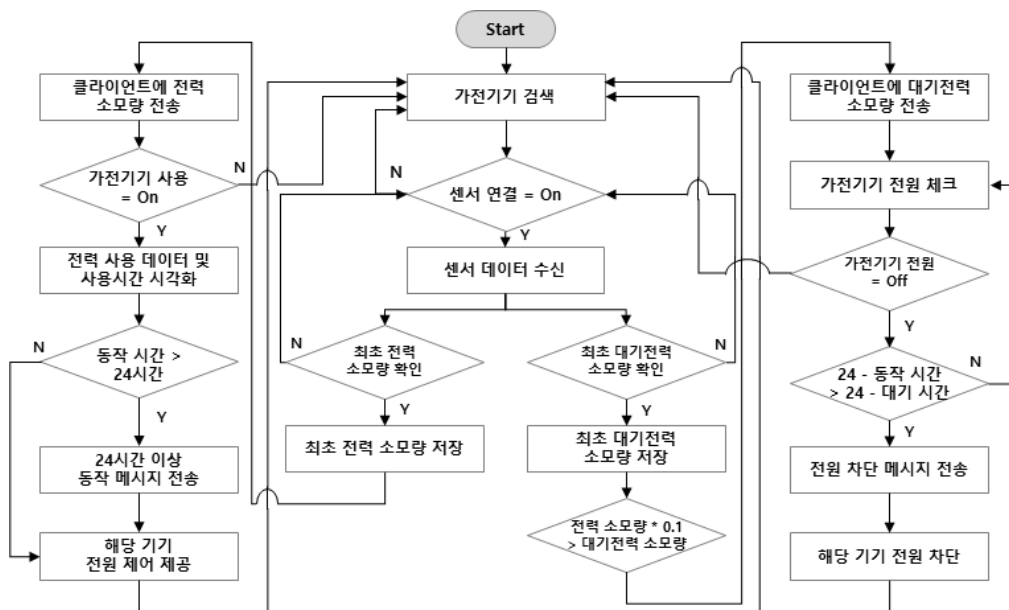
[그림 5] 설계한 사용 패턴 분석 알고리즘

[Fig. 5] Design of Usage Pattern Analysis Algorithm

3.3.2 MQTT 기반 전력 관리 알고리즘 설계

설계한 MQTT 기반 전력 관리 알고리즘은 기존 Zigbee 네트워크도 사용하면서 IoT 표준 프로토콜인 MQTT와의 연동을 통해 확장성 및 호환성을 증대시켰으며, 설계한 전력 관리 알고리즘은 지속적인 반복을 통해 시간당 소비전력을 체크한다. 또한 실제로 사용하는 동안 발생하는 전력 소모량과 사용하지 않는 동안 발생하는 대기전력의 소모량도 함께 체크하도록 설계하였으며, 주/월 단위로 평균치를 산출하여 사용자에게 연결된 가전기기들의 전력 소모량을 시각화하여 제공하도록 구성하였다. 연결된 가전기기를 실제로 사용하는 시점에서 전력 소모량과 대기전력 소모량으로 구

분되며, 실제 사용되는 전력 소모량은 사용시간과 함께 저장하여 사용자가 이를 확인할 수 있도록 하였다. 가전기기를 실제로 사용하지 않는 동안 발생하는 대기전력은 해당 가전기기의 제조사에서 제시한 전력 소모량의 약 10%를 초과하면 자동으로 전원을 Off 하여 대기전력을 차단할 수 있도록 구성하였다. 전체적인 알고리즘은 순환적으로 반복되도록 구성하였으며, 대기전력량이 기준치를 초과할 경우에만 재시작하는 형태로 설계하였다. 설계한 MQTT 기반 전력 관리 알고리즘은 [그림 6]과 같다.



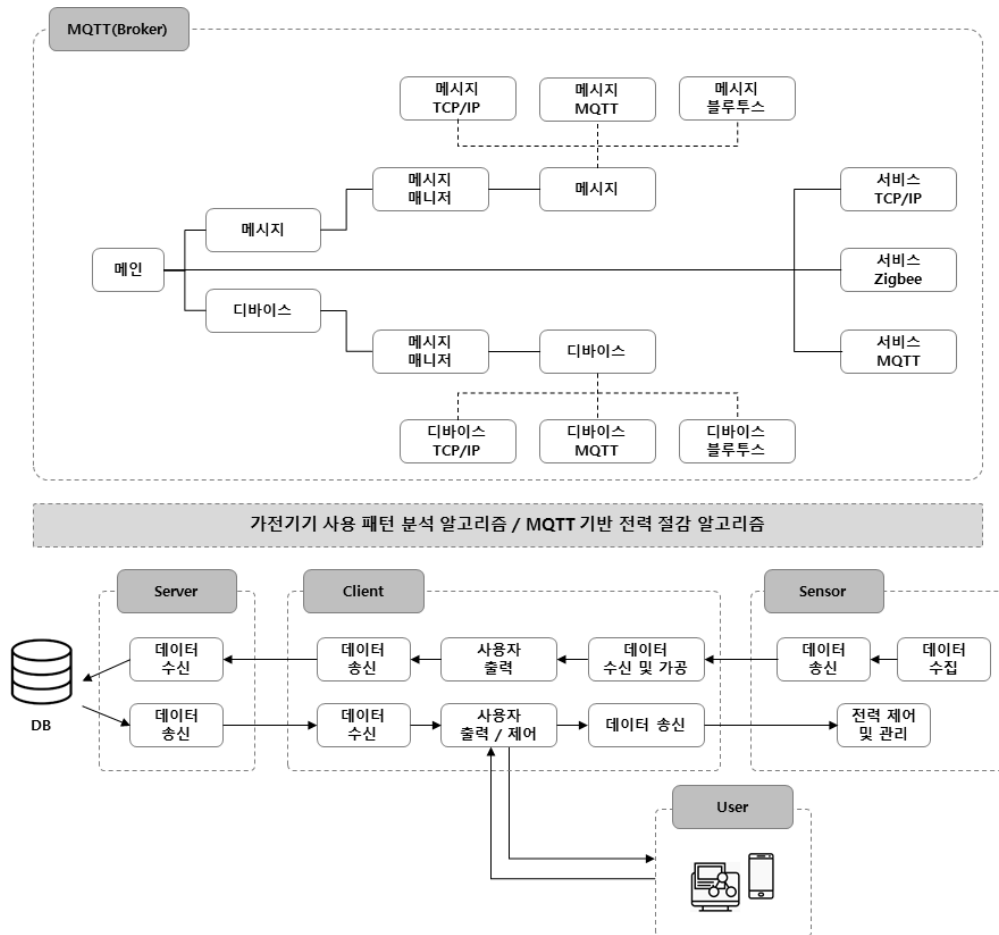
[그림 6] 설계한 MQTT 기반 전력 관리 알고리즘

[Fig. 6] Design of MQTT-based Power Management Algorithm

3.4 제안 시스템 설계

본 논문에서 설계한 사용 패턴 분석 및 MQTT 기반 전력 관리 시스템은 가전기기들의 기존 네트워크 방식도 사용할 수 있도록 Zigbee 네트워크에 MQTT를 연동하여 MQTT 모듈이 게이트웨이 역할을 하도록 하였으며, 가전기기에는 센서 모듈을 탑재하여 전력 소모량과 상태 정보를 클라이언트와 송수신하도록 하였다. 클라이언트는 수신 받은 데이터를 서버로 전송하고 전력 소모량과 실제 사용 여부를 체크한다. 만약 대기전력이 소모되는 경우일 때에는 대기전력 차단 로직에 따라 순차적으로 진행되며, 실제 사용되는 경우에는 전력 소모량과 동작 시간을 체크하여 서버에 해당 데이터 값을 저장한다. 가전기기에 탑재되는 센서부는 MQTT의 브로커와 통신을 진행하며, 메시징 타입 분류, IP 기반인 MQTT 통신 방식으로의 변환 등을 담당한다. 가전기기 사용 패턴은 연결된

가전기기들의 전원 상태, 동작 시간, 대기 시간으로 구성되고 각 가전기기들의 대기전력 기준량에 따라 전원 제어 메시지를 보낼 수 있는 전력 관리 알고리즘과 연동되어 자동으로 대기전력을 차단할 수 있도록 하였다. 제안하는 전력 관리 시스템은 [그림 7]과 같다.



[그림 7] 설계한 MQTT 기반 전력 관리 시스템
[Fig. 7] Design of MQTT-based Power Management System

4. 구현 및 테스트

4.1 구현 환경

본 논문에서 설계한 가전기기 사용 패턴 분석을 통한 MQTT 기반 전력 관리 시스템을 구현하기 위한 환경은 [표 1]과 같다.

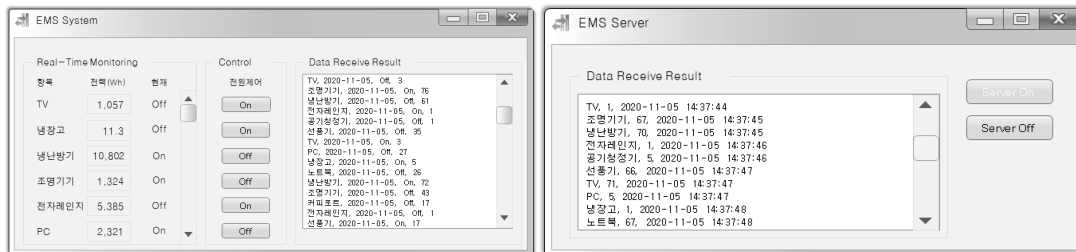
[표 1] 구현환경

[Table 1] Implementation Environment

구분	구성요소	스펙
H/W	CPU	Intel i7-7700 3.6GHz
	Memory	8GB
	Module	CC2531, PP-A503
S/W	OS	Windows 10
	Language	Java
	Platform	Eclipse 2020-03 R, JDK 12.0.2
테스트 기기		Galaxy s5, a10e

4.2 제안 시스템 구현

구현하고자 하는 MQTT 기반 전력 관리 시스템은 클라이언트/서버 형식으로 구성된다. 클라이언트는 가전기기에 탑재된 센서부를 통해 해당 가전기기의 전원, 상태 정보 값 등을 수집하여 Zigbee to MQTT 방식으로 데이터를 전송하며, 상시 전원으로 동작하여 실시간으로 데이터를 전송할 수 있고, 한 눈에 알아보기 쉽도록 구현하였다. 서버의 경우 클라이언트가 수신한 데이터를 저장하는 역할을 하도록 구성하였으며, 데이터 수신 일시, 센서 번호로 구성하고 별도로 서버 On/Off 버튼을 두어 서버가 동작하는지를 확인 할 수 있도록 하였다. 구현한 클라이언트/서버 화면은 [그림 8]과 같다.

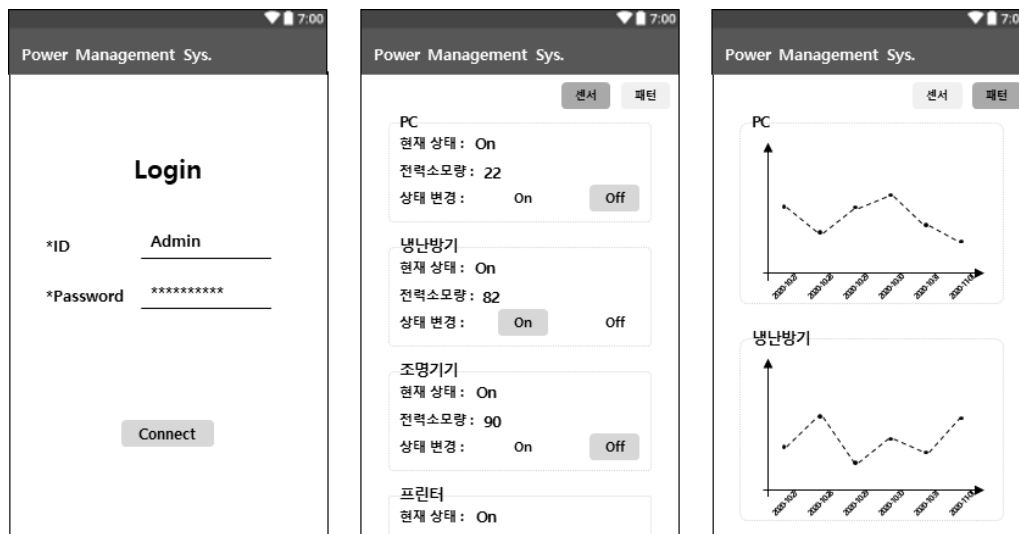


[그림 8] 클라이언트 / 서버 화면

[Fig. 8] Screen of Client / Server

또한 언제, 어디서나 가전기기들의 상태를 확인하고 소모되는 전력을 확인하기 위해 안드로이드 기반의 앱 화면으로도 함께 구현하였다. 최초 연결 시에는 관리자 아이디와 패스워드를 입력할 수 있도록 구성하였다. 로그인 이후에는 해당 사용자의 네트워크에 연결된 모든 가전기기들을 각각 구분하여 전원 상태, 전원 변경 버튼, 현재까지 소모된 전력량, 대기전력 소모량, 대기전력 차단 여

부로 구성하여 관리하기 쉽도록 구성하였다. 구현한 MQTT 기반 전력 관리 앱 화면은 [그림 9]와 같다.



[그림 9] 구현한 전력 관리 시스템 앱 화면

[Fig. 9] Implementation of Power Management System App Screen

4.3 테스트 및 평가

본 논문에서 구현한 MQTT 기반 전력 관리 시스템의 성능을 평가하기 위해 각 가전기기별 제조사에서 제공하는 전력 소모량과 대기전력 소모량을 기준으로 실제 측정된 값과 기존 Zigbee 기반의 전력 관리 시스템과 평가를 진행하였다. 평가 항목은 일반적으로 가정에서 주로 사용되는 가전기기를 중심으로 구성하였으며, 24시간을 기준으로 주 단위로 데이터를 산출하여 평가를 진행하였다. 가전기기 평가 항목 및 전력/대기전력 측정량은 [표 2]와 같다.

[표 2] 평가 항목 및 전력/대기전력 측정량

[Table 2] Evaluation Items and Power/Standby Power Measurements

구분	전력량 (Wh)	대기전력량 (Wh)	구분	전력량 (Wh)	대기전력량 (Wh)
PC	1,427.4	157	전자레인지	4,819.6	530.2
노트북	159.1	17.5	조명기기	1,165.1	128.2
TV	671.2	73.8	선풍기	249.7	27.5
냉난방기	6,373	701	공기청정기	67	7.4
프린터	164	18.1	커피포트	28,117.4	3,092.9
냉장고	11.2	1.2			

구현한 MQTT 기반 전력 관리 시스템과 기존 Zigbee 기반 전력 관리 시스템의 주 단위 비교 평가 결과는 [표 3]과 같다.

[표 3] 평가 항목 및 전력/대기전력 측정량

[Table 3] Evaluation Items and Power/Standby Power Measurements

구분	기존 시스템 (Wh)		제안 시스템 (Wh)	
	전력	대기전력	전력	대기전력
PC	9,792.8	1,145.8	9,455.6	1,021.2
노트북	1,103.9	126.9	1,062.5	113.7
TV	4,620.4	549.8	4,407.5	484.8
냉난방기	44,034.3	5,196	42,372.6	4,491.5
프린터	1,134.2	131.6	1,097	114.1
냉장고	77.5	8.9	75.6	8.2
전자레인지	33,426.2	3,977.7	31,969.5	3,388.8
조명기기	8,095.2	947.1	7,819.6	844.5
선풍기	1,738.1	198.1	1,675	179.2
공기청정기	460.7	54.4	444.9	45.4
커피포트	193,257.4	21,644.8	187,997.1	19,363.7
평균	27,067.3	3,089.2	26,216.1	2,732.3

평가 결과, 기존 Zigbee 기반 전력 관리 시스템에 비해 평균 전력 소모량이 약 3.25% (851.2Wh), 평균 대기전력 소모량이 약 13.06% (356.9Wh) 저감된 것을 확인하였다. 해당 저감률을 4주간, 월 단위로 계산하면 평균 전력 소모량 약 3,404.8Wh, 평균 대기전력 소모량을 약 1,427.6Wh 저감시킬 수 있다는 것을 확인하였다.

5. 결론

최근 IoT 기반 기기들의 급격한 대중화로 인해 일상생활에서 사용되는 기기들에 대한 전력 효율성 향상에 대한 니즈가 지속적으로 발생하고 있다. 특히 가정환경에서 사용하는 가전기기도 IoT화가 이루어지면서 홈 네트워크를 기반으로 전자기기들을 제어 및 관리할 수 있으며, 전원이 동작하는 동안에는 일정량의 전기를 지속적으로 공급받고 있으며, 실제 사용하지 않는 동안에는 절전 모드 혹은 대기모드를 통해 사용 전력을 저감시키기 위해 노력하고 있다.

그러나 가전기기의 경우 해마다 변경하거나, 단기간에 변경하는 경우는 드물기 때문에 기존 가전기기에 Zigbee, Z-Wave, IoT 표준 프로토콜 등을 사용한 IoT 모듈을 탑재하여 전력 관리 및 제어 등이 이루어지고 있다. 대체적으로 많이 사용되는 기술은 Zigbee 기술로 저전력 기반으로 넓은 범

위의 네트워크화가 가능하다는 장점이 있으나, IP 기반으로 개발된 기술이 아니기 때문에 별도의 게이트웨이를 통해 IP 화가 이루어진다는 문제가 있다. 또한 가정 내에서도 자주 사용하는 기기와 자주 사용하지 않는 기기로 분류할 수 있으므로 가전기기의 사용 패턴을 확인하여 이를 확인 및 관리할 수 있는 기술이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 가전기기가 사용되는 패턴을 추출 및 분석하여 사용자가 모니터링 및 관리할 수 있는 알고리즘과 IoT 표준 프로토콜 중에서 기술성숙도가 가장 높다고 평가받고 있는 MQTT를 적용하여 전력/대기전력을 관리할 수 있는 알고리즘을 설계하여 MQTT 기반의 전력 관리 시스템을 구현하였다. 구현한 시스템을 기존 Zigbee 기반 전력 관리 시스템과 비교평가하였으며, 평가 결과 기존 시스템 대비 평균 전력 소모량이 약 3.25%, 평균 대기전력 소모량이 약 13.06% 저감된 것을 확인하였다.

향후 본 연구를 기반으로 가정환경이 아닌 오피스 환경에 적용하여 사무기기들을 자동으로 제어 및 관리할 수 있는 전력 관리 시스템을 연구하고자 하며, 이러한 연구를 통해 국내에서 사용되는 전력을 효율적으로 운용할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] Y. E. Kim, J. Lee, "A Investment on Wire-wireless Communication Method for Electrical Device Infrastructure Maintenance", *Journal of the Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 65, no. 2, February 2016, pp. 354-359, doi: 10.5370/KIEE.2016.65.2.354.
- [2] Y. J. Hong, S. J. Lim, W. B. Lee, "A Study on Lighting System for LED Color Temperature Control using Wireless Communication and Smartphone", *Journal of the Korea Academy Industrial Cooperation Society*, vol. 18, no. 11, November 2017, pp. 72-77, doi: 10.5762/KAIS.2017.18.11.72.
- [3] Y. H. Jang, S. S. Lee, "Design and Implementation of CoAP-based Standby Power Reduction System and Ecommended Power Status for each Device in a Smart Building Environment", *Journal of Next-generation Convergence Information Services Technology*, vol. 9, no. 2, June 2020, pp. 113-125, doi: 10.29056/jncist.2020.06.02.
- [4] J. S. Kim, K. I. Kim, "A Study on the Pattern Prediction of Electrical Usage for Power Demand Control", *Korea Institute of Communications and Information Sciences Conference*, November 16, 2019, Seoul, Korea, pp. 664-665.
- [5] M. H. Choi, S. G. Park, S. W. Hong, "Implementation of MQTT Protocol based Energy Recovery Ventilator", *The Institute of Electronics and Information Engineers Conference*, August 19-21, 2020, Seoul, Korea, pp. 828-831.
- [6] D. S. Seo, S. H. Lee, J. S. Choi, "Implementation and Analysis of Lightweight Demand Response Protocol based on MQTT for Energy IoT Environment", *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 45, no. 6, June 2020, pp. 1110-1121, doi: 10.7840/kics.2020.45.6.1110.
- [7] D. G. Bae, S. M. Oh, K. C. Jeong, B. C. Park, "Implementation of Smart Building based on MQTT

- Protocol”, The Institute of Electronics and Information Engineers Conference, August 19-21, 2020, Seoul, Korea, pp. 2454-2455.
- [8] U. Z. Kim, J. K. Choi, “Implementation of IoT Home System based on MQTT”, *Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 20, no. 1, February 2020, pp. 231-237, doi: 10.7236/JIIBC.2020.20.1.231.
- [9] G. H. Lee, D. H. Kim, C. H. Jeon, H. S. Jeon, H. J. Park, “A Study for Improving Efficiency of IoT Environment and Solution based on MQTT Protocol”, *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 44, no. 7, July 2019, pp. 1318-1326, doi: 10.7840/kics.2019.44.7.1318.
- [10] M. H. Kim, “Implementation of Electricity Management System based on the Wireless ICT”, *Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 14, no. 5, October 2014, pp. 123-129, doi: 10.7236/JIIBC.2014.14.5.123.
- [11] 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/jksci.2017.22.06.123.
- [12] S. J. Kim, G. H. Park, S. H. Jo, S. M. Lee, “Development of a Smart Power Control System based on Beacon Information for Reducing the Energy Consumption of Personal Computers”, *Korea Institute of Communication Sciences Conference*, November 10-11, 2017, Daegu, Korea, pp. 627-628.
- [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.2014.17.7.879.