



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

Home Assistant를 이용한 공기질 자동제어 서비스 설계 및 구현

濟州大學校 大學院

컴퓨터工學科

尹 治 鎬

2020年 2月



Home Assistant를 이용한 공기질 자동제어 서비스 설계 및 구현




指導教授 金 度 縣

尹 治 鎬

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2019年 12月

윤치호의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 이 상 준 
委 員 김 호 영 
委 員 김 도 현 

濟州大學校 大學院

2019年 12月

Design and implementation of air quality
automatic control service using home assistant

Chi-ho Yun

(Supervised by professor Do-Hyeun Kim)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of
Master of Science in Computer Engineering

2019 12.

This Thesis has been examined and approved.

Thesis director, *Sung Joun Lee*

Thesis director, *Honyoung Kwak*

Thesis director, *DoHyeun Kim*

December 2019

Department of Computer Engineering
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

감사의 글

어느덧 2년의 석사과정을 마치고 학위 논문을 제출하게 되었습니다. 이 짧지 않은 시간 동안 누구보다도 많은 도움을 주시고, 부족한 저를 언제나 세심하게 지도해신 김도현 교수님께 진심으로 감사의 말씀 드립니다. 그리고 바쁘신 와중에도 따뜻한 격려와 조언을 해주신 이상준 교수님과 곽호영 교수님께 감사드립니다.

대학원에서 만나 2년이라는 시간동안 배움을 함께 나누고 서로에게 의지가 되어준 대학원 김재민, 오재한, 문유형, 김우찬, 항뢰 및 임베디드 연구실 선·후배 분들 그리고 이 과정을 무사히 마칠 수 있도록 여러모로 배려해준 과사에 조교분들에게 이 글을 통해 감사의 마음 전합니다.

지도 교수님을 비롯하여 주변의 많은 분들의 도움이 없었다면 졸업을 하기 까지 더 많은 시간이 걸렸을 것 입니다. 다시 한 번 모든 분들에게 감사의 말씀 드리며, 그 고마움은 졸업 후에도 잊지 않겠습니다.

끝으로 말쑤꾸리기 3살 첫째와 태어난 지 얼마 안 되는 6개월 둘째까지 논문을 쓰는 남편을 위해 혼자서 독박육아 해준 아내 현지현에게 사랑하다는 말을 전하고 싶습니다.

목 차

목 차	i
그림목차	iii
표 목 차	v
국문초록	vi
영문초록(Abstract)	vii
I. 서 론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구내용 및 목적	3
II. 관련연구	4
1. 스마트홈 개발 동향	4
2. 스마트홈 기술	8
3. 실외환경정보	13
4. 실내 공기질 기준	15
III. Home Assistant 기반 공기 자동제어 서비스 설계	17
1. 실내 공기질 자동제어 서비스 구조	18
2. 날씨 및 실외 공기 상황데이터	117
3. 퍼지로지식 기반 자동제어	18
4. 챗봇기반의 공기질 알림서비스	22
IV. 실내공기 자동제어 서비스 구현	24
1. 설치환경	24
2. 스마트 홈 네트워크 구성	25
3. 스마트홈 구성요소	26
4. 스마트홈 실내공기 자동제어 서비스 구현결과	28
5. Home Assistant기반 실내 공기 수집 및 자동제어 구현	32
6. 실내외 데이터 수집 및 가시화결과	37

V. 실험 및 성능분석	39
1. 실험방법	39
2. 실험결과	39
VI. 결론 및 향후 연구과제	42
참고문헌	44

그림목차

<그림 1. 월패드 중심의 스마트홈>>	2
<그림 2. AT&T 및 Version의 스마트 홈 >	7
<그림 3. Home Assistant 기능 >	9
<그림 4. 텔레그램 챗봇 서비스화면>	12
<그림 5. 텔레그램 챗봇 설정>	12
<그림 6. 공공데이터포털 화면>	13
<그림 7. Darksky API >	14
<그림 8. 강수확률 XML>	15
<그림 9. Home Assistant의 구성>	17
<그림 10. Fuzzy Logic 구조>	19
<그림 11. 퍼지추론 IF-THEN 세부규칙>	20
<그림 12. 스마트홈 실험환경 구성>	24
<그림 13. 실내공기 자동제어를 위한 스마트 홈 네트워크 세부구성>	25
<그림 14. 스마트홈 구성 및 연결>	26
<그림 15. 도어센서 및 동작센서>	28
<그림 16. 환풍기 및 구형 공기청정기를 이용한 실내 공기정화 서비스>	29
<그림 17. 스마트 조명제어 서비스>	29
<그림 18. 실내 조명 제어 기능>	30
<그림 19. 공기청정기 제어 기능>	30
<그림 20. 자동화 제어 기능>	31
<그림 21. Home Assistant 기반 공기질 제어 S/W 구조>	32
<그림 22. 구성 파일(Configuration.yaml)>	33
<그림 23. 공기질 상태 설정(Sensors.yaml)>	34
<그림 24. 그룹화(Groups.yaml)>	34
<그림 25. 아이콘 생성 및 가시화(Customize.yaml)>	35

<그림 26. 조명설정(Script.yaml)>	36
<그림 27. 퍼지로지 기반 자동제어(Automation)>	36
<그림 28. 실내 공기질 정보>	37
<그림 29. 날씨 정보>	37
<그림 30. 실외 공기질 정보>	38
<그림 31. 챗봇 알림 메시지>	38
<그림 32. 화학물질 수치(자동화 Off)>	40
<그림 33. 화학물질 수치(자동화 On)>	41

표 목 차

표 1. 국내 정보통신 업체의 스마트홈 허브	5
표 2. 자동화 규칙	11
표 3. 실내공기질 권고기준	16
표 4. 실외 데이터 종류 및 기능	18
표 5. 퍼지화(Fuzzification)	20
표 6. 공기청정기 퍼지추론 규칙	21
표 7. 환풍기 퍼지추론 규칙	21
표 8. 역 퍼지화(Defuzzification)	21
표 8. 알람서비스 메시지 규칙	22
표 9. 메시지 종류 및 내용	23
표 10. 컴포넌트 종류 및 역할	27
표 11. 화학물질 분석 데이터(자동화 Off)	40
표 12. 화학물질 분석 데이터(자동화 On)	41

국문초록

하루 대부분의 시간을 실내에서 보내고 있는 현대인들은 본인도 모르는 사이 실내의 오염된 공기로 인해 건강에 위협을 받고 있다. 이는 특히 노인, 영유아, 어린이와 같은 취약계층의 건강에 심각한 영향을 미치므로 보육 시설 및 복지 시설의 실내공기질 관리에 더욱 주의해야 할 필요가 있다. 이러한 문제 해결을 위해서는 직접 환기 또는 환기장치를 이용한 정화 방법이 있지만 공기 상태 변화를 모니터링하고 관리하기에는 많은 관심과 시간이 소요된다. 그리고 기존 공기정화 시스템 및 스마트 홈은 초기 설치비용이 높고 설치기간이 길다는 단점이 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 실내·외 공기 및 기상 상태의 주기적 분석과 실내 공기질의 특성을 고려하였다 그리고 체계적인 모니터링 및 공기질 관리를 위해 Home Assistant 플랫폼을 이용하여 IoT 장치 및 데이터를 하나의 서버로 통합하고 자동제어 되도록 시스템을 구현하였다. 이에 따라 공기 오염농도를 낮추고 낭비되는 시간과 비용을 효과적으로 줄일 수 있는 최적의 운영방법을 제안하는데 그 목적이 있다. 그리고 구현한 시스템의 효과를 확인하기 위해 총 6일 간의 실내 공기 자동제어 서비스 실험하였으며, 이 실험을 통해 자동화 관리 상태에서 공기 오염농도가 낮게 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract

Modern people who spend most of the day indoors are threatened by polluted air inside without their knowledge. Particularly, child care facilities and welfare facilities is need of the management of indoor air quality due to serious impact on the health of vulnerable people, such as the elderly, infants and children

There is a method of air purification using direct ventilation or ventilation, but it takes a lot of attention and time to monitor and manage changes in air conditions. The disadvantage of the existing air purification system and smart home is that the initial installation cost is too high and the installation period is too long. Therefore, in this paper, the periodic analysis of and characteristics of indoor and outdoor air quality, and weather conditions were considered, and for systematic monitoring and air quality management, the Automatic Air Quality Control Service is developed so that IoT devices and data is integrated into single server and automatically controlled by using the Home Assistant platform. Accordingly, the purpose of this paper is to propose optimal operating methods of indoor air quality and to decrease air pollution levels and to reduce effectively wasted time and cost. in additon, Air Quality Control Service was tested for a total of six days to check the effectiveness of the system implemented and the result was that the indoor air pollution was low by using the system.

I. 서론

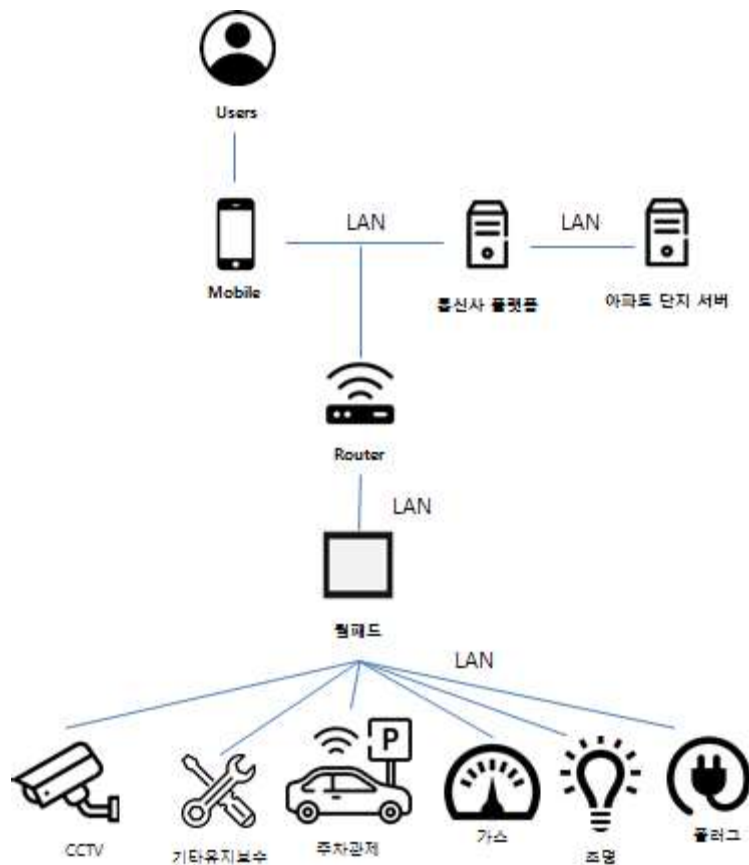
1. 연구 배경

현대화 사회가 진행되면서 에너지 소비량이 급증함에 따라 대기오염물질 발생량이 증가하고 있다. 에너지 절감 및 효율 향상으로 실내 밀폐화가 증가하고 건축자재 및 화학제품, 담배연기 등에 의해 유해한 오염물질 발생하고 있다. 또한 실내 밀폐화 증가로 공기오염이 더욱 악화되고 있다. 이러한 이유로 하루 중 약 90%를 실내에서 생활하는 현대인들은 장시간 오염된 공기 노출로 인해 두통, 현기증, 후두염, 알레르기, 호흡기와 폐질환 등과 같은 증상을 일으키는 빌딩증후군(SBS; Sick Building Syndrome)[1]과 화학물질과민증(Multi - chemical sensitivity)와 같은 만성 질환으로 건강에 위협을 받고 있다.

특히, 주로 실내에서 생활하는 영유아 및 노인 등 건강 취약 계층에게 실내 공기 질 관리는 생명과도 연결될 수 있는 매우 중요한 문제이다. 통계청의 2018년 사망 원인 분석 결과 발표에 따르면 3위가 폐렴, 8위가 하기도질환(호흡기질환)으로 호흡기 관련 질병에 의한 사망의 순위가 높은 사실을 확인할 수 있다[2]. 그리고 건강 취약계층이 이용하는 시설군에 대한 실내공기질 연구조사에 따르면 Co2(이산화탄소), PM10(미세먼지), VOC(휘발성유기화합물), 포름알데히드, 그밖에 화학물질 등 공기질 기준의 초과 사례가 다수 발견되고 있는데[3], 이처럼 실내공기오염 문제는 개인과 국가의 의료비용을 증가시키며 경제적 부담을 안기는 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다.

실내 공기오염은 실내·외의 온도, 기류, 습도, 환기 상태 등 다양하고 복합적인 요인에 의해 오염 농도가 달라질 수 있다. 복합적인 실내공기오염 원인의 일반적인 해결 방법은 크게 발생 원인의 제거, 환기 개선, 정화가 있다. 그중에서도 환기를 통한 방법은 외부 공기를 실내로 유입·재순환 되도록 하여 실내공기오염의 대

부분을 해결 할 수 있다. 실제 실내 공기질 대한 현대인들의 인식조사 결과를 보면 설문 응답자 중 50% 이상이 공기오염 악화 원인을 환기 부족으로 뽑고 있다 [5] 하지만 시시각각 변하는 실내·외의 공기질 상태에 대한 모니터링 없이 환기를 한다는 것은 많은 관심과 시간이 소요되기 때문에 효과적인 해결 방법이라 볼 수 없다. 또한 아파트 및 빌딩과 같은 대형 건물에서 볼 수 있는 월패드 방식의 공기 정화 시스템은 초기 도입비용이 높아 가정에 비용부담이 안겨줄 수 있고 설치기간이 길어 시설을 장시간 사용하지 못하게 되는 문제가 발생할 수 있어 일반가정에서는 월패드식 공기정화 시스템을 도입하기에 어려움이 있다. 따라서 실내 환기 문제와 기계식 정화장치의 문제를 동시에 해결하기 위해 시간과 비용이 낭비되지 않으면서 운영에 편의성이 포함된 효과적인 실내 공기질 관리를 위한 연구가 필요하다.



<그림 1. 월패드 중심의 스마트홈>>

2. 연구내용 및 목적

실내 공기질 개선을 위한 공기 순환 방법은 사용자의 공기질 상태 인식 여부가 매우 중요한 요소로 작용하기 때문에, 현재 공기질 상태를 거주자에게 전달하여 환기의 필요성을 인식 시키는 것이 필요하다. 거주자가 외출 등의 이유로 실내 공기오염상태를 인식하지 못하는 상황인 경우, 정화장치가 공기질 상태에 따라 자동적으로 동작하여 실내 공기질이 개선되도록 편의성을 보장해야 한다. 또한 현재 국내에서 널리 보급되고 있는 고정매립식 월 패드와 같은 제한적 기능 및 인터페이스에서 벗어나 모바일 기기를 통해 언제 어디서든 데이터에 쉽게 접근하고 장치의 설치 및 이동이 간편해야 한다.

이런 요구 사항을 충족시키기 위해서는 실내·외 공기질 상태 및 기상상태를 주기적으로 분석하고 실내 공기질의 특성을 고려한 체계적인 모니터링 및 개선 방법이 함께 제시해야 한다. 따라서 본 논문에서는 거주자가 공기 오염 상태를 인식할 수 있도록 주기적인 알람서비스를 제공하고, 가정에서 사용하는 공기정화장치를 자동적으로 간편하게 제어 가능하도록 하여 낭비되는 소비전력을 최소화하는 실내 공기질 자동제어 서비스 구현과 함께 최적의 운영 방법을 제안하는데 목적이 있다.

II. 관련연구

1. 스마트홈 개발 동향

스마트홈과 유사한 단어로 1980년대 말부터 '홈 오토'라는 단어가 등장하기 시작했다. 홈오토메이션(Home Automation)의 줄임말인 이 단어는 스위치로 냉난방 및 각종 전자제품을 제어하거나, 전자우편과 컴퓨터를 사용한 재택근무, 케이블 TV의 보급 등에서 자주 표현되었다. 그 당시 상당한 미래 기술로 표현되던 기술이었지만, 기술적인 한계와 높은 비용에 비해 실용성이 떨어진다는 이유로 성공적으로 안착하지 못하였다. 그러나 2000년대 이후부터, 유·무선 네트워크 기술이 발달하게 되면서 스마트 홈 기술은 편리하고 안전한 주거생활을 제공하는 기본적인 홈 환경 요건으로 발전하고 있다.

이전에 주거공간에서 사용되는 인텔리전트 홈은 월 패드 중심의 스마트 홈으로 다시 나타나기 시작했고, 이는 스마트폰 연계와 더불어 확장된 개념으로 사용되었다. 초기에는 건설 회사들이 자체적으로 스마트 홈 기술을 개발하는 추세를 보였으나, 최근에는 자체적인 개발에 한계를 느끼고 통신사나 인터넷 서비스 사업자와 제휴를 통해 전문적인 스마트 홈 기술을 도입하기 시작하였다. 그중에서도 GS건설과 포스코건설은 카카오가 개발한 인공지능 플랫폼인 '카카오i'를 기반으로 스마트 홈 시스템을 구축하고 있고, 현대건설과 현대사업개발, SK건설 등은 SK텔레콤의 IoT 스마트 홈 시스템을 적용하고 있다. 삼성물산은 IoT의 '래미안 IoT Home Lab'이라는 자체 브랜드를 출시하고 있으며, 대림산업은 초기에 자체적인 스마트 홈 앱으로 DASH(Daelim Application for Samrt Home)을 개발하였으나, 2017년부터 KT와 협약을 맺고 자체적으로 보유한 스마트홈 네트워크에 KT의 음성인식 인공지능 기술인 '기가지니'를 접속한 스마트 홈 서비스를 제공하고 있다.[6]

정보통신 회사들은 각자의 스마트 홈 정책과 서비스를 가지고 있지만, 자체적으로 생산하는 가전제품은 따로 없다. 이로 인해 보통의 가전회사 제품과의 호환을 위한 개방형 플랫폼 체계로 접근하고 있다. 예를 들어 LG유플러스는 네이버의 인공지능 플랫폼인 클로바(Clova)를 도입하고 타사의 스마트 홈 디바이스의 라인업을 확보하며 패키지화 전략으로 접근하고 있다. SK 텔레콤은 씽플러그(ThingPlug)라는 개방형 IoT 플랫폼과 ‘누구’라는 인공지능 스피커 기반의 인터페이스를 통해 가전제품 제조사와 제휴하고 IoT 디바이스를 통신 서비스와 묶어서 판매하는 전략을 가지고 있다. KT는 스마트씽큐(SmarthingQ)라는 LG전자의 스마트 홈 플랫폼을 채용하고 LG전자의 에어컨, 공기청정기, 로봇청소기 등의 가전제품과 IoT 플랫폼을 연동하였다. 카카오는 ‘카카오홈’이라는 스마트 홈 플랫폼과 인공지능 플랫폼 ‘카카오i’가 적용된 스마트 홈 전용 앱을 출시하여, 카카오톡·카카오 내비 등을 통해 가전제품을 원격 제어할 수 있는 체계를 구축하였다.[4] 이처럼 국내 이동통신사들은 여러 플랫폼 사업자와 공동 기술 및 제휴를 통해 통합 플랫폼 제품을 출시하고 있는 추세이다.

표 1. 국내 정보통신 업체의 스마트홈 허브

회사	LG유플러스	네이버	카카오	KT	SK텔레콤
제품명	싱큐허브	프렌즈	카카오 미니	기가지니	누구
이미지					

최근 국내·외 가전회사들도 가정에서 사용할 수 있는 스마트홈 제품들을 개발하면서 자체적으로 개발한 스마트 홈 플랫폼과 연동되도록 기술을 구축하고 신상품으로 제공하고 있다. 대표적으로 삼성전자는 미국의 사물인터넷 업체인

스마트싱스(Smatterings)를 약 2억 달러에 인수하면서 자체적인 IoT 플랫폼을 개발하고 자사의 모든 가전제품을 IoT와 접목시킴으로써 자체적인 스마트 홈 시스템을 구축하는 전략 산업을 진행하고 있다. 또한 최근에는 사용자 인터페이스를 음성인식 기술인 빅스비(Bixby)와 연동하여 클라우드 기반의 스마트 홈 서버를 통해 각종 전자제품들을 조정할 수 있도록 모든 가전디바이스를 통합되게 하고 있다. 이로 인해 모든 스마트 홈 제품을 대상으로 연결 표준규격(SHP, Smart Home Portocol)을 적용할 방침을 세워 개방형 생태계를 구축해 나가고 있다.

LG전자의 경우 폐쇄적 플랫폼을 가진 삼성전자와 달리 호환성을 높이기 위해 오픈파트너십, 오픈플랫폼, 오픈커넥트라는 3대 개방 전략을 표방하고 있다. 스마트씽큐라는 개방형 플랫폼을 기반으로 스마트씽큐 센서와 허브를 이용해 타사의 가전제품까지도 자사의 스마트 홈 시스템에 포함하는 정책을 내세우고 있다.

하지만 현재까지도 국내 많은 업체에서 홈 네트워크 시스템 기반의 IoT 장치 제어에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있으나, 이를 이용하여 실내 환경을 개선할 수 있는 자동화된 통합 관리 서비스를 찾아보기 힘들다. 대부분의 국내 홈오토메이션 시스템의 기반은 PC 및 월 패드를 통한 주변장치 제어나 모니터링의 목적으로 발달되어 왔기 때문에 IoT 디바이스별 통합 관리를 하거나 부가적인 장치를 추가하기에는 어려움이 있다[6].

전 세계 스마트 홈 시장 점유율 1위는 스마트홈 비율이 32%를 기록하는 미국 시장이다. 미국의 대표적인 인터넷 서비스 업체인 AT&T 와 VERIZON 회사는 홈오토메이션 서비스를 2011년부터 정식 론칭하여 초고속인터넷 가입자를 대상으로 Home Automation Service이라는 <그림 3>과 같은 서비스를 220달러에 판매하고 있으며 매달 9.99달러의 서비스 비용을 받고 있다. 이처럼 자동화 솔루션 중심으로 언제 어디서든 편리하게 스마트 홈서비스를 이용할 수 있지만, 실제 편의성 개선 및 보안, 모니터링 목적에 비해 초기 도입 비용 높고 지속적인 관리 비용이 발생하기 때문에 가계 부담이 될 수 있다. 그리고 이런 해외 서비스가 있다 하여도 아직까지 한국에는 판매되지 않는다.



<그림 2. AT&T 및 Version의 스마트 홈 >

미국의 대기업들은 홈 IoT 기술에 많은 관심을 보이면서 적지 않은 투자 및 개발을 하고 있다. 예를 들어 구글은 네스트랩(Nest LABs)을 인수하고 넥스트 온도 조절장치를 활용해 사용자가 좋아하는 온도를 학습하여 자동으로 실내 온도를 조절하게 하고, 효과적인 에너지 관리 서비스를 구현할 수 있도록 서비스를 제공하고 있다. 애플의 경우 홈킷(HomeKit)을 개발자 도구로 iOS에 포함시켜 다양한 형태의 홈 IoT 가전을 제어할 수 있도록 하였다.

최근 개발된 IoT 제품들 중에는 일상 가정 내에서 사용하는 공기청정기 및 공기 측정기와 같은 실내 환경과 건강에 연관된 제품들이 시장에 진출하고 있다. 좋은 실내 환경을 유지하려면 실내 공기에 대한 정확한 측정과 분석이 필수적이기 때문에 기존 건설사에서 판매하는 홈서비스에서는 일부 IoT 제품 간 연동을 할 수 있게 되어있긴 하나, 실제 사용자가 필요한 조건에 맞게 자동화하거나 인터페이스를 손쉽게 제어할 수 있게 진보된 스마트 홈 제품과 서비스는 제공하지 못하고 있다. 또한 현재까지도 다양한 IoT 제품들이 출시되고 있으며 내가 필요하는 기능을 가진 신규 IoT 제품을 추가하거나 통합을 지원하는 서비스가 앞으로의 IoT 시대를 맞아 필요할 것으로 보인다. 그에 맞춰 IoT 제품의 단순한 목적을 뛰어넘어 사용자가 필요로 하는 서비스를 구현할 수 있으며 건강한 실내 환경을 유지·관리하는 서비스의 개발이 더욱 필요하다.

2. 스마트홈 기술

스마트 홈은 가정 내 홈 네트워크 기술 발전과 가전제품의 인터넷 연결로 진화되면서, 가정환경의 관리를 위해 모바일 기기로 가전제품(TV, 에어컨, 냉장고 등)의 상태를 모니터링 및 제어할 수 있는 환경을 제공하는 주거공간을 포괄적으로 지칭한다. 스마트 홈은 사람의 개입 없이 스스로 정보를 생성해서 다른 사람과 사람, 서버가 상호 정보를 교환함으로써 인간 중심의 서비스 환경을 제공하는 기술로 발전되었다. 이 기술을 통해 시간이나 공간에 구애받지 않고 편리하게 가전제품들을 제어할 수 되었다[6].

스마트 홈의 발달로 다양한 IoT 제품 및 플랫폼들이 출시되면서 제품들 간의 연동성 및 호환성 문제가 발생하고 있다. 예를 들어 중국 샤오미사의 스마트 허브는 스위치봇 사의 IoT 스위치와 호환되지 않아 각각 개별의 플랫폼을 사용해야만 제어가 가능하다. 이처럼 두 제품을 동시에 제어하는 것은 어려우며, 각기 다른 플랫폼을 사용하면서 두 개 이상의 IoT 기기들을 제어한다는 것은 효율성이 매우 떨어진다.













이러한 문제를 해결하기 위해서는 모든 장치들이 하나의 허브로 통합되어야 한다.

1) 스마트홈 플랫폼

실내 공기 자동제어 시스템을 구현하기 전에 기존의 다양한 IoT 기기와 플랫폼, 응용서비스를 어떻게 연동하고 각 장치들을 어떻게 통합할 것인지 그리고 어떻게 자동화할 것인지를 고려해야만 한다. 이러한 사항들을 충족시키기 위해서는 소프트웨어 설계를 통해 기존 IoT 서비스를 통합 및 관리할 수 있는 플랫폼이 필요하다.

Home Assistant는 이런 문제를 해결해 줄 수 있는 오픈소스 플랫폼으로써 Python 및 YAML 프로그래밍 언어를 사용하여 클라우드 없이 다양한 장치에 모니터링 및 자동화, 제어 기능을 제공한다[7]. 또한 Home Assistant 플랫폼을 이용하면 다양한 운영체제(Linux, Windows, OS X) 및 클래식 컴퓨터에서 단일

보드 컴퓨터에 이르기까지 다양한 하드웨어에서 실행 되도록 설계가 가능하며 Amazon Echo, MQTT, Mysensors, Zigbee, Zwave를 포함하여 1100개가 넘는 장치의 서비스 및 장치들과 통합 되도록 지원한다. 연동된 대부분의 장치들을 로컬 영역 네트워크에서 찾아 구성하기 위해 시스템 내부는 YAML 확장자로 디렉터리가 구성되며, YAML 언어를 통해서 추가 및 수정 가능하고 사용자 인터페이스를 편집할 수 있는 기능들을 제공한다. 또한 IoT 디바이스를 추가할 때 별도의 운영 체제나 소프트웨어 설치가 필요하지 않는다. 그리고 스냅 샷 기능을 통해 이전 구성으로 신속하게 되돌릴 수 있기 때문에 테스트도 쉽게 할 수 있도록 다양한 기능을 제공하고 있다.

Observe	Control	Automate
Home Assistant will track the state of all the devices in your home, so you don't have to.	Control all your devices from a single, mobile-friendly, interface.	Set up advanced rules to control devices and bring your home alive.
 	Home Assistant allows you to control all your devices without storing any of your data in the cloud. We like to keep your privacy private.	Do you want to ...
 		<ul style="list-style-type: none"> • have the lights turn on when the sun sets and you are home? • have the lights turn on when anyone comes home and it is dark? • dim the lights when you start watching a movie on your Chromecast? • receive a message when the lights turn on while you are not at home?
 		
 		
 		We've got you covered.
 		View examples by the community.
	Browse all »	

<그림 3. Home Assistant 기능>

도커는 하나의 하드웨어에서 다양한 운영체제를 운영하거나 데이터를 쉽게 백업하고 되돌리기가 용이한 장점을 가지고 있다. 그리고 컨테이너를 생성하고 관리하는 가상화 기술로 2013년 3월 출시한 오픈소스 컨테이너 프로젝트에서 시작된 오픈 소스 프로그램이다. 도커는 경량 가상화 기술로써 기존 가상화 기술에 비해 낮은 오버헤드로 가상화 환경을 제공하며 이러한 경량 가상화 기술은 동일한 하드웨어에 더 많은 응용프로그램을 독립적으로 실행할 수 있도록 하고 구축된

가상 머신 이미지를 여러 서버에 복사해서 실행하면 이미지 하나로 서버를 계속 만들어낼 수 있게 한다[13]. 또한 컨테이너는 가상머신처럼 작동하나 VM 관련 오버헤드나 과도한 앱 크기 등 VM의 단점을 극복할 수 있을 뿐 아니라 애플리케이션 워크로드를 쉽게 이동할 수 있다[11]. 이러한 장점을 이용하여 통합 허브에 사용되는 소형 컴퓨터인 라즈베리파이에 도커를 설치하여 1대의 서버로 여러 플랫폼을 설치 및 운영되도록 확장성을 확보 되게 하여 비용 부담을 낮출 수 있다.

2) 스마트홈 통신기술

MQTT는 1999년 IBM에서 M2M과 사물인터넷에서 사용하기 위해 만들어진 경량의 Publish-Subscribe 기반 메시징 프로토콜이다[9]. 이 프로토콜은 최소한의 전력과 패킷양으로 통신하므로 제어 메시지를 보내고, 센서 정보를 받는 종류의 디바이스에 적합하다. 실내 공기질 자동제어 서비스 시스템에서 사용되는 스마트 스위치 및 스위치 봇은 MQTT 통신방식 통해 Home Assistant와 연동된다.

지그비 통신은 저전력의 디지털 라디오를 사용하는 하이레벨 통신 프로토콜 표준 기술이다. IEEE 802.15 표준을 기반으로 만들어졌으며[12], 지그비 장치는 메시 네트워크 방식을 사용하여 여러 중간 노드를 거쳐 목적지까지 데이터를 전송함으로써 저전력 통신 방식임에도 불구하고 넓은 범위의 통신이 가능하다. 지그비 통신은 주기적 또는 간헐적인 데이터 전송이나 센서 및 입력 장치 등의 단순 신호 전달을 위한 데이터 전송에 가장 적합하다[12]. Home Assistant에 연동된 샤오미 사의 허브와 도어 센서 및 동작센서 간의 통신에 사용된다.

3) 스마트홈 자동화 기술

자동화라는 용어는 주변에서 많이 들리지만 활성화되지 않은 요소 중 하나라고 생각한다. 각각의 IoT 장치를 개별적으로 사용하는 것은 결코 어려운 일은 아니지만, 2개 이상의 장치를 사용할 경우 연계성 및 효율성이 떨어진다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 모든 IoT기기를 자동 제어되도록 하는 것이 효과적이다. 자동화 구현 방법은 단순히 물리적인 전기신호 on/off와 같은 스위치로 구성되는 것이 아니라, 각기 다른 IoT 제품들의 필요한 기능들을 하나의 서비스로 만드는 것을 의미한다. 자동화는 Trigger, Condition, Action 3가지 기본 구성으로 자동

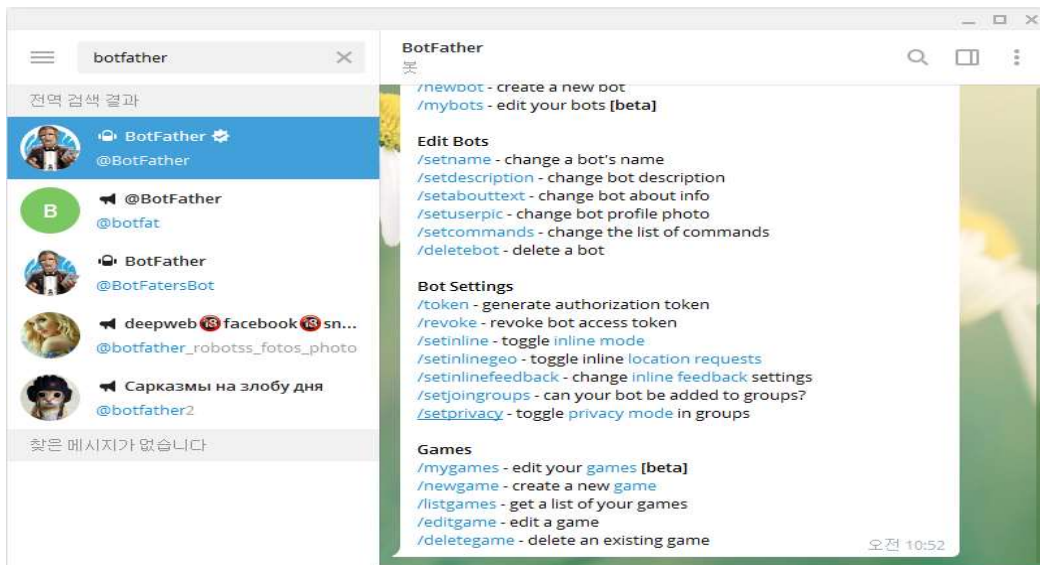
화 설정이 가능하게 된다. 예로 들면 <표 1>과 같이 외부 미세먼지 농도가 높을 때 창문이 열려있으면 “창문을 닫으세요”라는 메시지를 자동적으로 받아볼 수 있다.

표 2. 자동화 규칙

구분	예시
Trigger	외부 미세먼지 농도가 높을때
Condition	창문이 열려있으면
Action	메시지: “창문을 닫으세요”

4) 스마트홈 챗봇 기술

챗봇이란 가장 기초적인 의미로서는 사람 간의 대화(문자 또는 음성)를 시뮬레이션 및 프로세싱하는 컴퓨터 프로그램으로써 마치 실제 사람과 대화를 나누는 것처럼 디지털 장치와 소통할 수 있게 해주는 기술이다[14]. 예를 들어 사용자가 메신저 대화창에 특정한 메시지를 입력하면, 메신저 사업자의 챗봇 API서버는 해당 메시지에 적합한 서버에 자동응답 요청을 하고 다시 챗봇 API 서버에서 다시 응답을 하는 방식이다. 이러한 방식의 챗봇 서비스 중에서도 텔레그램의 챗봇 API는 클라우드 기반에 인터넷 메신저로 무료 오픈소스이며 다양한 플랫폼과 여러 디바이스들에 서비스를 지원한다. 챗봇을 이용한 알람서비스를 설정하기 위해서 Chat_ID와 API 토큰 값이 필요하다. <그림 4>와 같이 텔레그램의 Botfather 대화상자에서 /mybots and /token 명령어를 입력하면 Chat_ID 및 API 토큰 값을 확인할 수 있다.



<그림 4. 텔레그램 챗봇 서비스화면>

API 토큰 값을 이용하여 Home Assistant와 연동하기 위해서는 Configuration 파일에 <그림 5>와 같이 YAML 언어를 사용하여 설정한다. 이를 통해 Home Assisnat에서 사용자의 텔레그램으로 알람 메시지 전송이 가능해진다.

```

{
  "ok": true,
  "result": [{
    "update_id": 254199982,
    "message": {
      "message_id": 27,
      "from": {
        "id": 123456789,
        "first_name": "YOUR_FIRST_NAME YOUR_NICK_NAME",
        "last_name": "YOUR_LAST_NAME",
        "username": "YOUR_NICK_NAME"
      },
      "chat": {
        "id": 123456789,
        "first_name": "YOUR_FIRST_NAME YOUR_NICK_NAME",
        "last_name": "YOUR_LAST_NAME",
        "username": "YOUR_NICK_NAME",
        "type": "private"
      },
      "date": 1678292650,
      "text": "test"
    }
  ]
}

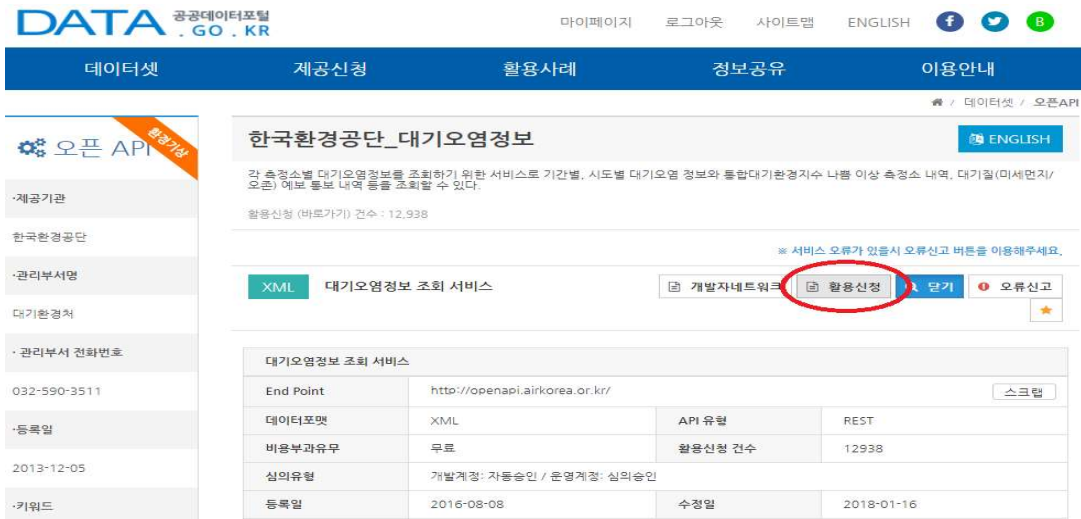
```

<그림 5. 텔레그램 챗봇 설정>

3. 실외환경정보

실내 환경을 유지·관리하기 위해서는 외부로부터 실내에 영향을 주는 위험요소를 확인하고 정보를 수집하여 사전에 공기오염이나 피해가 발생하지 않도록 예방할 필요가 있다. 예를 들어 실내 공기 환기 중에 외부의 오염된 공기가 실내에 유입되는 경우 실내 공기 오염 농도를 높이는 결과를 가져올 수 있다. 또한 기상 이변으로 비나 눈이 실내에 들어와 피해를 입을 수도 있다. 상황을 예측하고 예방하기 위해서는 실외공기 오염도 및 날씨, 강수확률의 정보를 Open API를 이용하여 수집하고 이를 Home Assistant에 통합 되도록 설정해야 한다.

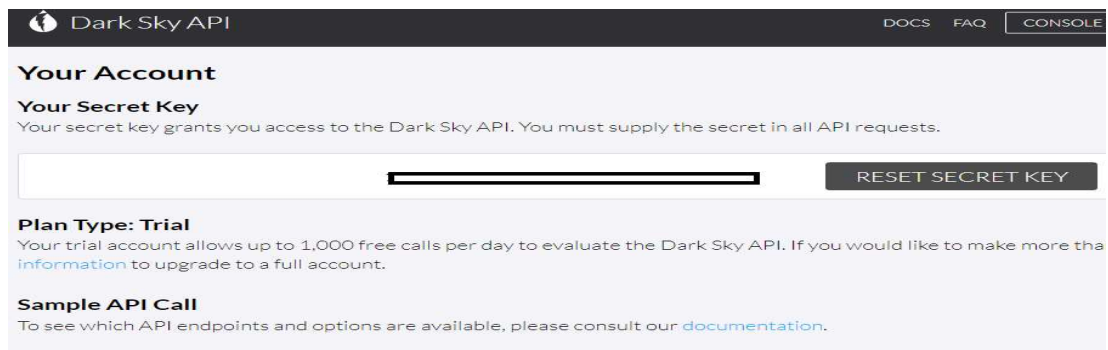
실외 공기질 데이터를 얻기 위해서는 <그림 6>과 같이 한국환경공단에 대기오염 정보를 사전에 신청하여 API 키 값을 발급 승인을 받은 후 Home Assistant와 연동 한다. 발급 받은 API키 값을 이용하여 Home Assistant의 Configuration 파일에 필요한 정보들의 entity 값의 편집 및 설정을 한다. 이를 통해 사용자가 필요한 실외 공기질 데이터를 대시보드 상에 볼 수 있게 된다.



<그림 6. 공공데이터포털 화면>

날씨정보는 Darksky API 서비스를 이용하면 내가 원하는 지역의 최신 기상정보

를 제공받을 수 있다. Darksky API 서비스를 이용하기 위해서는 가입 후 승인을 받으면 <그림 7>과 같이 API 키 값을 받을 수 있다. 승인받은 API 키 값을 이용하여 1000건의 날씨 정보를 업데이트 받을 수 있고 Home Assistant와 연동하게 된다.



<그림 7. Darksky API >

강수확률은 기상청에서 제공하는 Open API 서비스를 이용하여 거주 지역 내 강수확률정보를 제공받을 수 있다. API 서비스를 Home Assistant에 연동하기 위해서는 실외 공기질 데이터 수집과 동일하게 기상청 사이트에서 서비스 신청 후 API키 값을 가지고 Configuration에서 설정을 한다. 이를 통해서 대시보드상에서 거주자의 주거 지역의 강수확률을 볼 수 있게 된다.

```

▼<rss version="2.0">
  ▼<channel>
    <title>기상청 동네예보 웹서비스 - 제주특별자치도 서귀포시 대정읍/마라도포함 도표예보</title>
    <link>http://www.kma.go.kr/weather/main.jsp</link>
    <description>동네예보 웹서비스</description>
    <language>ko</language>
    <generator>동네예보</generator>
    <pubDate>[REDACTED]</pubDate>
  ▼<item>
    <author>기상청</author>
    <category>제주특별자치도 서귀포시 대정읍/마라도포함</category>
    <title>동네예보(도표) : 제주특별자치도 서귀포시 대정읍/마라도포함 [X=48,Y=32]</title>
    <link>
      http://www.kma.go.kr/weather/forecast/[REDACTED]
    </link>
    <guid>
      http://www.kma.go.kr/weather/forecast/[REDACTED]
    </guid>
    <description>
      ▼<header>
        <tm>201912091700</tm>
        <ts>5</ts>
        <x>48</x>
        <y>32</y>
      </header>
      ▼<body>
        ▼<data seq="0">
          <hour>21</hour>
          <day>0</day>
          <temp>11.0</temp>
          <tmx>-999.0</tmx>
          <tmn>-999.0</tmn>
          <sky>1</sky>
          <pty>0</pty>
          <wfKor>맑음</wfKor>
          <wfEn>Clear</wfEn>
          <pop>0</pop>
          <r12>0.0</r12>
          <s12>0.0</s12>
          <ws>3.3000000000000003</ws>
          <wd>6</wd>
          <wdKor>서</wdKor>
          <wdEn>W</wdEn>
          <reh>70</reh>
          <r06>0.0</r06>
          <s06>0.0</s06>
        </data>
      </body>
    </description>
  </item>
</channel>
</rss>

```

<그림 8. 강수확률 XML>

4. 실내 공기질 기준

자동제어 기능을 구현하기 위해서는 우선 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5), 화학물질(이산화탄소 등)을 공기 측정기를 통해 수집한다. 그리고 수집된 공기 데이터를 바탕으로 공기 청정기 및 환풍기가 동작하도록 자동화 구현한다. 이를 위해 퍼지로그직을 참고하여 불명확한 공기질 데이터에 명확한 기준을 세운다. 퍼지로그직에서 ‘Rule Base’ 기준을 만들기 위해서는 전문적인 지식이 필요하다. 본 논문에서는 퍼지로그직을 위한 규칙을 세우기 위해서 전문적인 지식을 대신하여 환경부의 실내공기질 관리법 권고 유지기준을 참고하여 기준으로 하였다.

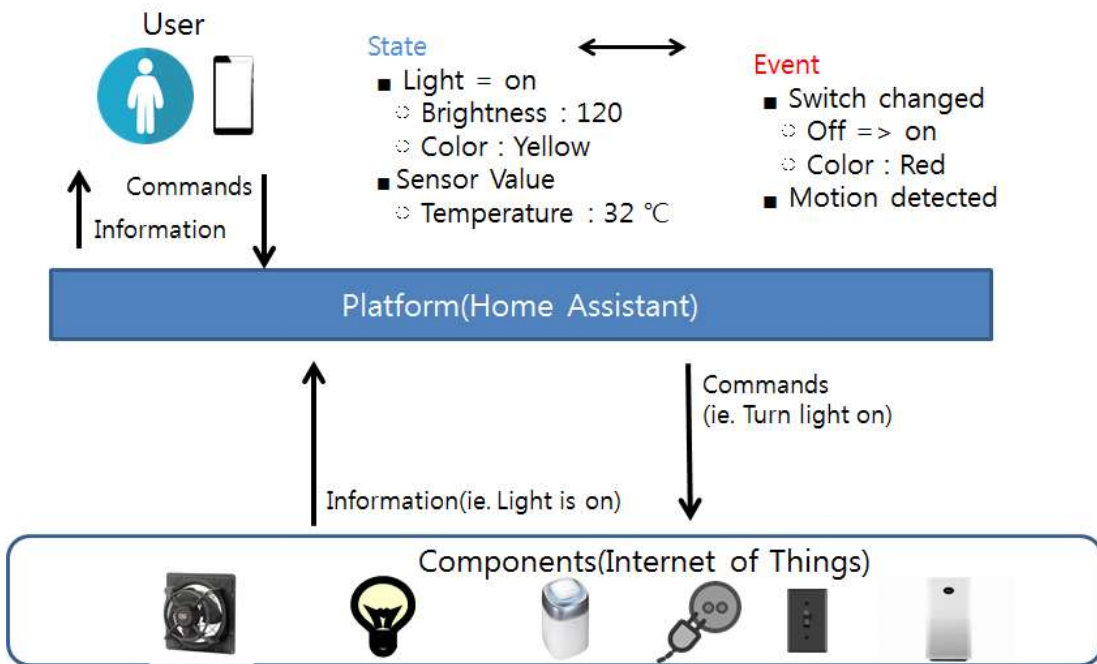
표 3. 실내공기질 권고기준

구분	환경기준 (일평균, $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{PPM}$)	예보등급(일평균, $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{PPM}$)				
		좋음	보통	주의	나쁨	매우나쁨
미세먼지 (PM10)	100	0-30	31-80	-	81-150	250이상
초미세먼지 (PM2.5)	50	0-12	12-35	-	36-75	76이상
이산화탄소	1000	0-450	451-1000	1001-2000	2000-5000	5000이상

Ⅲ. Home Assistant 기반 공기 자동제어 서비스 설계

1. 실내 공기질 자동제어 서비스 구조

실내 공기질 자동제어 서비스의 전체 구조는 <그림 9>와 같이 IoT 디바이스들을 통합 관리 및 자동 제어 역할 하는 Home Assistant를 중심으로 IoT 디바이스들에 해당하는 IoT 장치와 모바일 기기를 통해 사용자가 정보를 확인하고 직접 제어를 하는 3단계로 되어 있다. 구성요소에는 공기 측정기, 공기청정기 및 센서 등이 포함되어 있으며 모든 장치에서 수집된 정보는 Home Assistant를 통해 통합되고 사용자가 볼 수 있는 인터페이스로 정보가 가시화된다.



<그림 9. Home Assistant의 구성>

2. 날씨 및 실외 공기 상황데이터

실내 공기질 개선을 위한 방법 중 공기순환은 실내 공기와 실외 공기의 순환을 통해 오염된 공기를 외부로 배출한다. 하지만 공기순환 과정 중 오염된 실외 공기로 인해 실내 공기 오염농도가 높아지거나, 황사나 중국 발 미세먼지의 발생으로 외부의 오염물질이 실내에 유입될 수도 있다. 그렇기 때문에 외부 공기질 데이터를 수집하여 오염된 공기의 실내 유입을 사전에 방지하고, 날씨정보 및 강수확률 정보를 추가하여 공기 순환 중 기상악화(비, 눈 등)로 인한 피해를 예방할 수 있도록 한다. 실외 공기질 데이터 및 날씨정보, 강수확률은 오픈 API를 통해 거주 지역 내 필요한 정보를 주기로 수집한다.

표 4. 실외 데이터 종류 및 기능

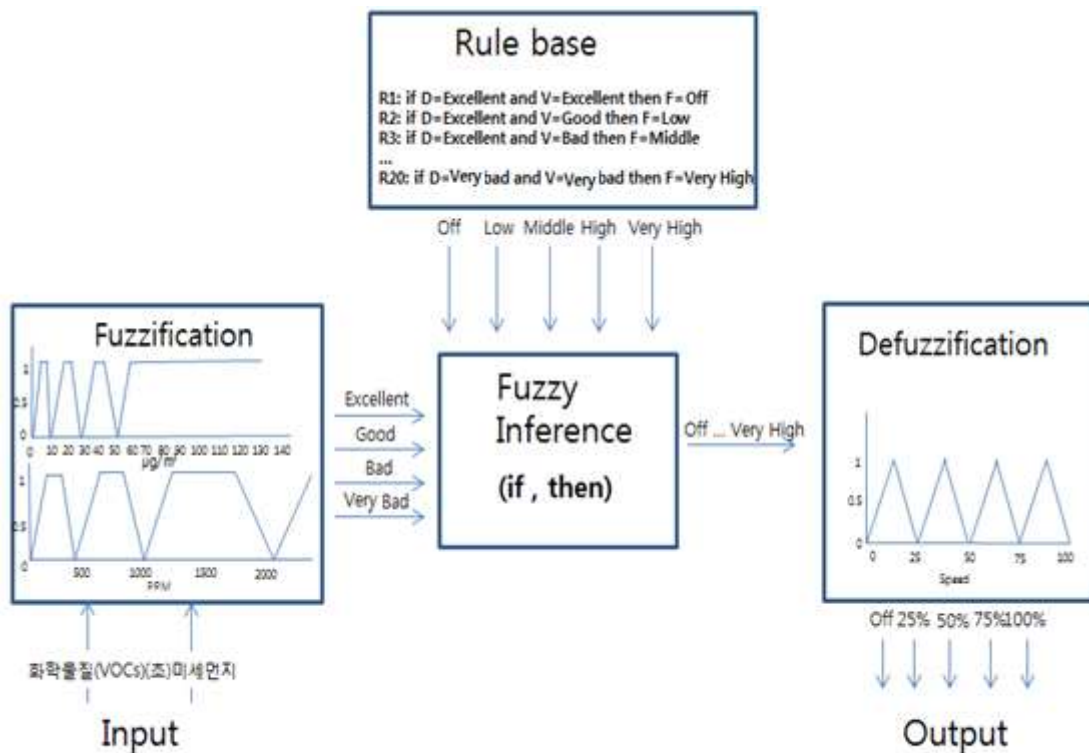
종류	기능	역할
공공데이터	거주지역내 실외공기데이터 제공	환기중 실외 공기 오염 정보제공
Darksky	거주지역 날씨정보 제공	기상상태에 대한 정보제공
기상청	강수확률 정보제공	환기중 비가 올 확률 에 대비하여 정보제공

3. 퍼지로지 기반 자동제어

실내 공기 자동제어 관리는 거주자나 사용자의 의지와 별개로 실내 공기 상태에 따라 공기청정기 및 환풍기가 자동적으로 작동하여 쾌적한 공기질을 유지하도록 한다. 이러한 자동 제어를 위해 <그림 10>과 같이 측정된 (초) 미세먼지, 화학물질의 입력 변수 값을 퍼지화하여 논리적 제어 방식인 IF-Then형식의 규칙으로부

터 제어 입력을 하는 추론과정을 통해 장치를 제어하는 값으로 변환하는 과정을 거쳐 제어하는 방식이다.

퍼지논리 기반 제어는 견실성, 속응성과 강인성이 뛰어난 제어기법으로 비선형성이 강하며 불확실하고 복잡한 자동화 시스템을 쉽게 제어할 수 있는 장점을 가진다. 퍼지 로직 제어 설계는 기본적으로 퍼지화와 룰베이스, 추론, 디퍼지화 이렇게 4가지로 구성된다. 측정된 입력 값을 퍼지 데이터로 변환하는 'Fuzzification', 은 <표 4.>의 기준에 따라 (초)미세먼지 기준 Excellent, Good, bad, Very bad 4가지로 구분하고 화학물질 수치는 Excellent, Good, Normal, Bad, Very Bad 5가지로 하여 측정된 오염물질 값이 퍼지 값으로 바뀌게 된다. 바뀐 값의 논리적 제어 설정을 위한 'Rule Base'는 그리고 퍼지화된 다수의 입력 데이터를 하나로 융합하는 과정인 'Fuzzy Inference'를 거쳐, 퍼지화로 표현된 데이터를 현실 값으로 변환하는 과정 'Defuzzification'로 된다[19].



<그림 10. Fuzzy Logic 구조>

퍼지로지 기반의 자동제어는 기존의 수동적 제어보다 장치를 동작시킴에 있어 빠른 응답시간과 속도를 확인할 수 있다. 측정된 모호한 범위의 비선형 데이터를 퍼지화를 통해 명확히 할 수 있다. 하지만 퍼지화를 위한 규칙을 세우기 위해서는 전문가의 정확한 정보가 필요하다. 이를 대신해 환경부 실내공기질 관리법의 권고 유지기준을 참고하여 <표 4>와 같이 퍼지화표를 만들었다. 예를 들어 미세먼지 농도가 20인 경우 0~30범위 안에 포함되어 Excellent라는 상태로 구분된다. 이렇게 입력된 애매모호한 범위의 측정된 값을 명확히 할 수 있게 된다.

표 5. 퍼지화(Fuzzification)

미세먼지($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		초미세먼지($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		화학물질(ppm)	
0-30	Excellent	0-12	Excellent	0~450	Excellent
31-80	Good	12-35	Good	451~1000	Good
81-150	Bad	36-75	Bad	1001~2000	Normal
150이상	Very Bad	76이상	Very Bad	2000~5000	Bad
				5000이상	Very Bad

<표 5>과 <표 6>은 자동화 제어를 적용하기 위해 퍼지추론 설정을 위한 규칙을 표로 나타낸 것이다. 퍼지추론의 형태는 If-Then 형식의 언어적 규칙으로 표현된다. 퍼지규칙은 <그림 11>과 같은 형식의 퍼지 조건문들로 이루어진다. If(만약 미세먼지 수치와 화학물질 수치가 Excellent이면), Then(공기청정기를 off 시켜라)

R1: if D=Excellent and V=Excellent then F= Off
R2: if D=Excellent and V=Good then F=Low
R3: if D=Excellent and V=Bad then F=Middle
 ...
R20: if D=Verybad and V=Verybad then F=Very High

<그림 11. 퍼지추론 IF-THEN 세부규칙>

표 6. 공기청정기 퍼지추론 규칙

공기청정기		화학물질				
		Excellent	Good	Normal	Bad	Very Bad
(초)미세먼지	Excellent	Off	Low	Low	Low	Low
	Good	Middle	Middle	Middle	Middle	Middle
	Bad	High	High	High	High	High
	Very Bad	Very High	Very High	Very High	Very High	Very High

표 7. 환풍기 퍼지추론 규칙

환풍기		화학물질				
		Excellent	Good	Normal	Bad	Very Bad
(초)미세먼지	Excellent	꺼짐	꺼짐	꺼짐	꺼짐	꺼짐
	Good	꺼짐	꺼짐	꺼짐	꺼짐	꺼짐
	Bad	꺼짐	꺼짐	꺼짐	꺼짐	꺼짐
	Very Bad	꺼짐	꺼짐	꺼짐	꺼짐	꺼짐

퍼지추론과 입력 퍼지 데이터를 사용하여 얻은 출력 퍼지 데이터는 실제 제어 입력으로 사용할 수 없는 값이기 때문에 이를 제어에 사용할 수 있는 명확한 값으로 변환하기 위하여 역퍼지화 과정을 거쳐 기계가 동작할 수 있도록 한다.

표 8. 역 퍼지화(Defuzzification)

공기청정기		환풍기	
Off	Off	켜짐	On
Low	25%	꺼짐	Off
Middle	50%		
High	75%		
Very High	100%		

예를 들어 화학물질의 농도가 High 미세먼지 상태가 Very Bad 이면 공기청정기는 내부의 팬 속도를 75%로 변경하여 동작한다. 환풍기의 경우 꺼짐 상태이면 환풍기 스위치가 off상태로 변경된다. 이처럼 실내 공기 정화를 위해 다른 IoT 기기들이 정해진 동작 기준에 따라 동작하여 쾌적한 공기질을 유지하게 된다. 또한 공기질이 좋은 상태에서는 모든 스위치가 Off 상태로 변경되게 되면서 낭비되는 전력을 줄이게 된다.

4. 챗봇기반의 공기질 알림서비스

공기질 알람 서비스는 거주자에게 실내 환경에 대한 인식을 할 수 있도록 돕고 지속적인 정보를 제공하는 역할을 한다. 전달 방식은 문자 기반의 정보 전달인 챗봇을 활용하여 모바일과 PC 등의 디바이스를 통해 사용자에게 전달이 되는데, 내용 및 정보는 <표 8>의 규칙에 따라 상태 정보와 경고 메시지 두 가지 형태의 메시지로 구분되어 전달이 된다. 상태 정보는 실내 공기 상태 대한 정보를 포함하고 있으며, 경고 메시지의 경우 기상악화 및 장수확률로 인한 실내에 미치는 영향을 사전에 예방하기 위해 전달이 된다.

표 9. 알람서비스 메시지 규칙

공기청정기		화학물질				
		Excellent	Good	Normal	Bad	Very Bad
(초)미세먼지	Excellent	상태정보	상태정보	상태정보	환기필요	환기필요
	Good	상태정보	상태정보	상태정보	환기필요	환기필요
	Bad	환기필요	환기필요	환기필요	환기필요	환기필요
	Very Bad	환기필요	환기필요	환기필요	환기필요	환기필요

예를 들어 (초)미세먼지 상태가 Excellent이고 화학물질 수치가 Good인 경우 실내공기질 정보 메시지를 챗봇을 통해 모바일 기기로 전달하게 된다. 그와는 반대로 만약 (초)미세먼지 및 화학물질 상태가 둘다 Very Bad인 상태라면 경고 메시지가 챗봇을 통해 모바일 기기로 전달이 된다. 메시지 종류와 내용은<표 9>와같이 설정에 따라 쉽게 변경이 가능하다.

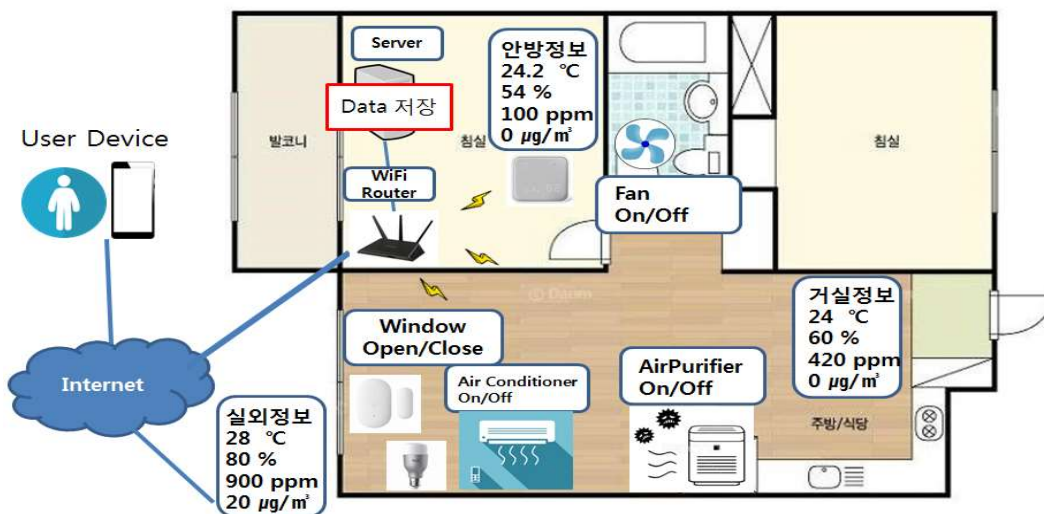
표 10. 메시지 종류 및 내용

종류	상태변환	메세지
도어센서	열림	비가 올 확률은 % 입니다
	닫힘	창문이 닫혀 있습니다.
공기질 상태	상태정보	현재 공기질 상태는 (초)미세먼지 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 화학물질 PPM 입니다
	환기필요	현재 공기질 상태는 (초)미세먼지 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 화학물질 PPM입니다. 창문을 닫으세요

IV. 실내공기 자동제어 서비스 구현

1. 설치환경

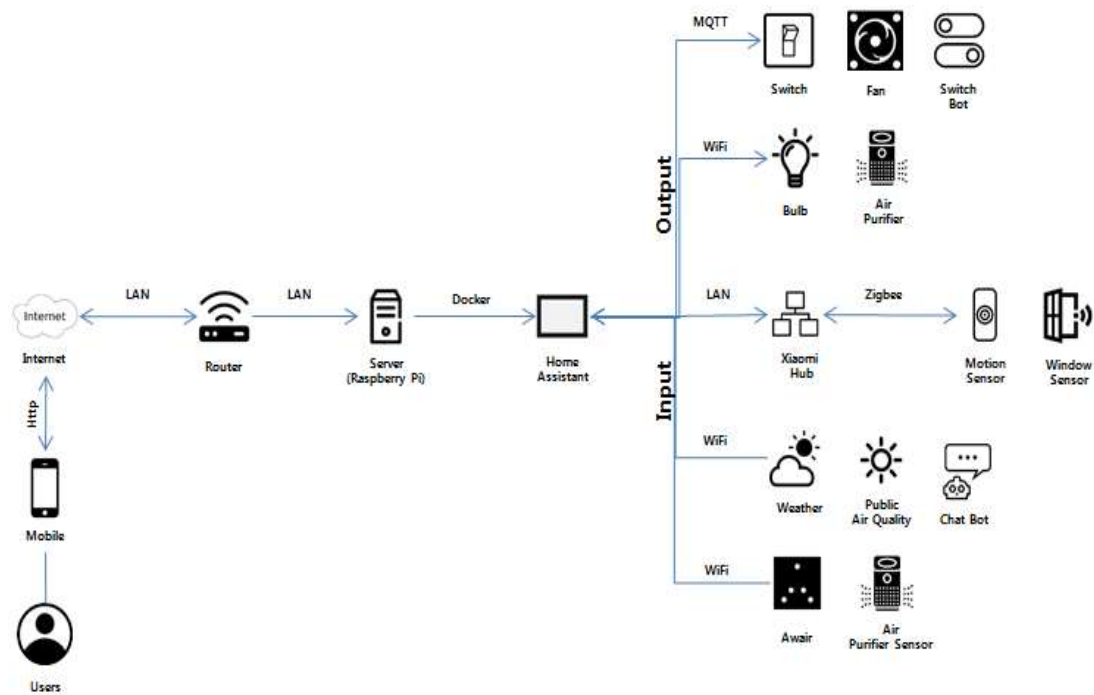
실내 공기질 자동제어 서비스 구현은 홈 네트워크 망이 구축된 84㎡ 넓이의 일반 가정환경에 안방과 거실을 중심으로 기기들을 설치하였다. 설치된 모든 IoT 기기들은 통합 허브에 연동되고 수집된 공기 데이터 및 실외 공기질 데이터는 설치된 Home Assistant 플랫폼에 통합하였다. 사용자 및 거주자는 사용자 대시보드를 통해 모든 통합된 데이터를 볼 수 있으며 원격으로 제어도 가능하게 하는 한편, 자동제어 기능을 추가하여 퍼지로지 기반의 규칙에 따라 공기정화가 진행 되도록 하였다. 그리고 IoT 기능이 없는 구형 공기청정기 및 환풍기는 스마트 스위치를 부착하여 원격제어 및 자동화가 가능하도록 하였고, 스마트 공기 청정기를 통해 거실에 공기질을 측정하고 공기질 상태에 따라 팬 속도를 자동 조절 되도록 하였다. 거주자가 실내에서 오염 상태를 인식하지 못하는 경우를 대비하여 공기질 상태에 따라 조명 색이 변하도록 스마트 전구를 거실 스탠드에 결합하여 설치하였다. 그 밖에 거실 베란다 창문에 도어 센서를 부착하여 창문의 열림/닫힘 상태를 알 수 있게 하였다.



<그림 12. 스마트홈 실험환경 구성>

2. 스마트 홈 네트워크 구성

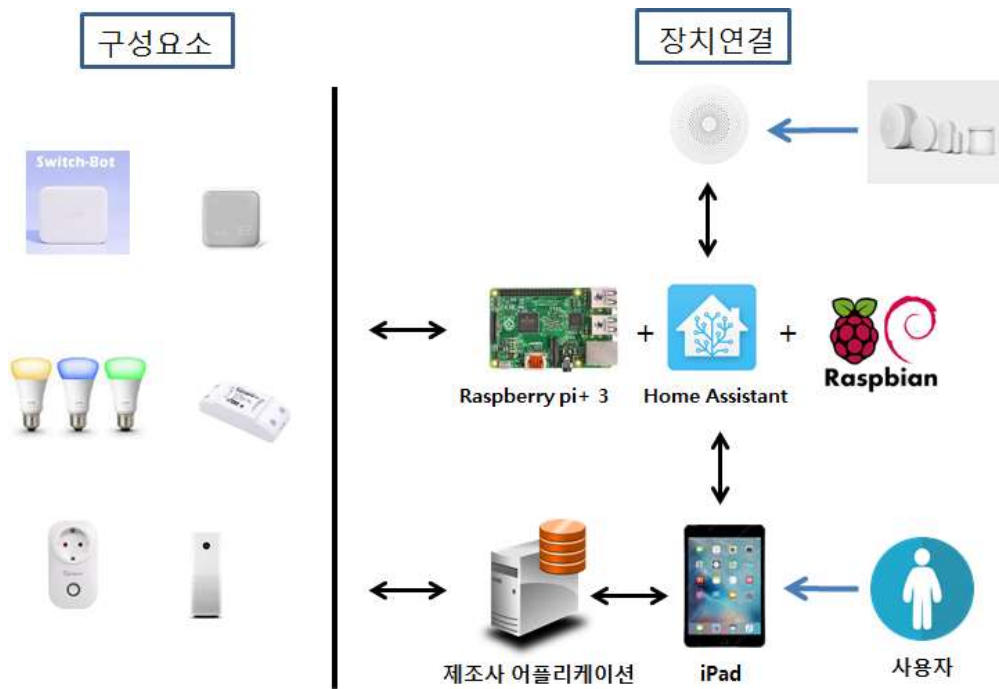
IoT 기기들은 네트워크가 연결이 되어야 제어 및 설정이 가능해진다. 네트워크 영역에서의 장치들은 크게 로컬 네트워크와 광역 네트워크로 연결된다. 로컬 네트워크에서 각각 장치들은 통합 서버로 연결되어 있지만 주변에 있는 장치들 간의 데이터를 직접 적으로는 주고받을 수는 없다. 통합서버에 설정된 자동화 기능은 광역 네트워크 연결에 직접적인 영향을 받지 않는다. 외부에서 원격제어를 통해 IoT 기기를 변경/추가하기 위해서는 광역 네트워크에 연결되어야 하지만 외부 연결 없이 내부 인터넷망만으로도 데이터 확인 및 제어가 가능하다. 이에 따라 로컬에서의 장치 연결은 메시(mesh) 네트워크로 구성하였다. 대부분의 구성요소들은 LAN과 WiFi로 유·무선통신으로 연결되며 스위치 및 센서는 Mqtt와 같은 저전력 통신방식으로 연결된다.



<그림 13. 실내공기 자동제어를 위한 스마트 홈 네트워크 세부구성>

3. 스마트홈 구성요소

실내 공기질 자동제어 서비스 구현을 위해서는 연결장치 및 구성요소들이 필요하다. 우선 라즈베리파에 Home Assistant 플랫폼을 설치하여 장치들을 연동하고 구성요소들은 YAML언어를 사용하여 연동 및 자동화 설정을 하게 된다. 샤오미사의 모션센서, 동작센서는 전용 허브를 통해 Home Assistant 연동이 가능하며 직접 연결은 추가통신 장치 없이 연결이 불가능하다. 원격 제어 및 가시화한 데이터는 사용자는 웹브라우저 또는 모바일 기기를 통해 확인 가능하다. 모든 구성요소들은 제조사의 플랫폼 또는 모바일 앱을 통해 Home Assistant를 통하지 않고 개별적으로 제어가 가능하다. 하지만 자동화 기능 및 정보 통합과 같은 연동에 필요한 기능들은 Home Assistant을 통해서만 설정 및 확인이 가능하다.



<그림 14. 스마트홈 구성 및 연결>

<그림 14>를 보면 전체적인 스마트 홈의 구성과 연결을 알 수 있다. 전체 구성 중 샤오미 허브는 Zigbee 통신방식으로 도어센서 및 모션센서와 연동이 된다. 창문이

열리거나 닫힐 때 그리고 사람이 움직일 때 센서를 통해 감지하여 상태 정보를 샤오미 허브를 통해 Home Assistant에 전달하게 된다. 공기청정기는 샤오미사의 IoT기능이 있는 미에어2를 사용하여 내부에 장착된 공기 측정센서로 실내 공기를 측정하고 공기질 상태에 따라 팬이 동작하게 한다. 스위치 붓 사의 스마트 스위치는 IoT 기능이 없는 장치인 구형 공기청정기 및 환풍기의 벽 스위치에 부착되어 IoT 기능이 되도록 한다. 스마트 조명은 공기질 상태에 따라 빨강, 주황, 녹색, 파랑 4가지 색으로 변화하며 원격제어 기능을 통해 색상 및 on/off 제어가 가능하다.

표 11. 컴포넌트 종류 및 역할

제품명	제조사	역할	이미지
동작감지 및 도어센서	샤오미	출입확인/창문 열림/닫힘 알림서비스	
공기청정기	샤오미	공기오염물질 정화, 실내 공기상태 측정 서비스	
스마트 스위치	스위치붓/Sonoff	환풍기 및 (구)공기청정기 On/Off,	
공기측정기	어웨어	실내공기를 측정	
스마트 조명	샤오미	공기질상태 표시	

4. 스마트홈 실내공기 자동제어 서비스 구현결과

1) 열림/닫힘 감지 기능

실내공기 오염으로 환기를 하는 경우 창문을 열고 외부 공기를 내부로 순환 시키는 과정이 필요하다. 이 과정 중 높은 강수확률이나 기상 악화로 창문을 닫아야 하는 경우 창문의 부착된 도어 센서를 통해 열림/닫힘 상태를 감지하여 거주자가 알 수 있도록 하였다.



<그림 15. 도어센서 및 동작센서>

2) 스마트 스위치제어 기능

IoT 기능이 없는 구형 공기청정기 및 환풍기는 자동화 및 원격 제어를 위해 추가적인 IoT 장치의 연동이 필요하다. 이에 따라 스위치를 IoT 스위치로 변경하거나 구형 디바이스의 전원 버튼 위치에 스위치 붓을 부착하여 원격으로 on/off 상태를 확인 및 제어할 수 있도록 함으로써 자동화 기능을 구현하였다. 추가적으로 사용자가 외출 시 낭비되는 전력 사용을 예방할 수도 있다.



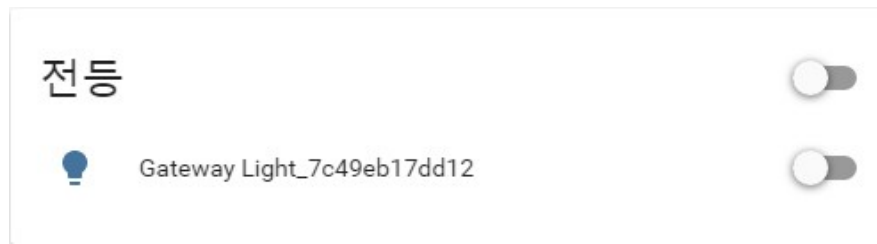
<그림 16. 환풍기 및 구형 공기청정기를 이용한 실내 공기정화 서비스>

3) 스마트 조명 제어 기능

스마트 조명은 on/off 제어기능 외에 조명의 컬러를 조절하는 기능을 지원하며 이 기능을 활용하여 실내 공기질 상태에 따라 조명의 색깔을 빨강, 주황, 녹색, 파랑 4가지 색깔로 다르게 표시되게 한다. 이로 인해 거주자는 빠르게 실내 공기 오염 상태를 인지할 수 있게 된다.



<그림 17. 스마트 조명제어 서비스>



<그림 18. 실내 조명 제어 기능>

4) 공기청정기 제어 기능

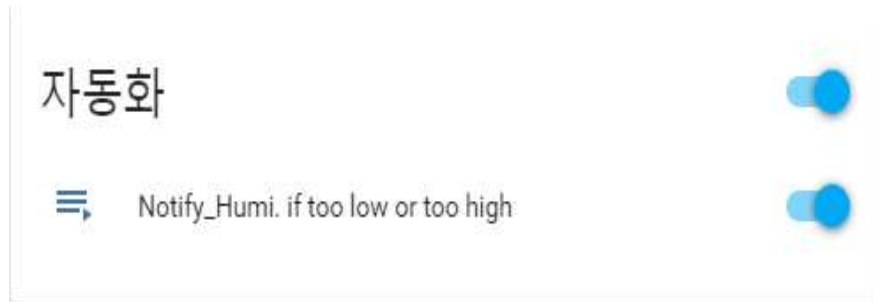
공기청정기는 자체적인 공기 측정 센서가 탑재되어 별도의 측정기 없이 공기질 측정이 가능하고 Open API를 통해 수집된 데이터를 Home Assistant와 통합시킬 수 있다. 실제 공기측정기의 Display에서는 측정된 데이터를 볼 수 없지만 Home Assistant를 통해 사용기간, 필터 수명 등 다양한 정보들을 모니터링 할 수 있다. 또한 공기 상태에 따라 퍼지로지 기반으로 공기청정기 팬 속도가 자동 제어 되도록 하였다. 추가적으로 공기청정기는 Home Assistant를 통해 원격으로 제어가 가능하게 하였다.



<그림 19. 공기청정기 제어 기능>

5) 공기정화 장치 자동제어 기능

공기정화장치인 공기청정기 및 환풍기를 실내 공기질 상태에 따라 자동제어 기능을 제어할 수 있도록 on/off 스위치 기능을 추가하였다. 이를 통해 자동화 기능 활성화 상태와 비활성화 상태에서의 공기질 상태를 비교하는 실험을 쉽게 진행할 수 있게 하였다.

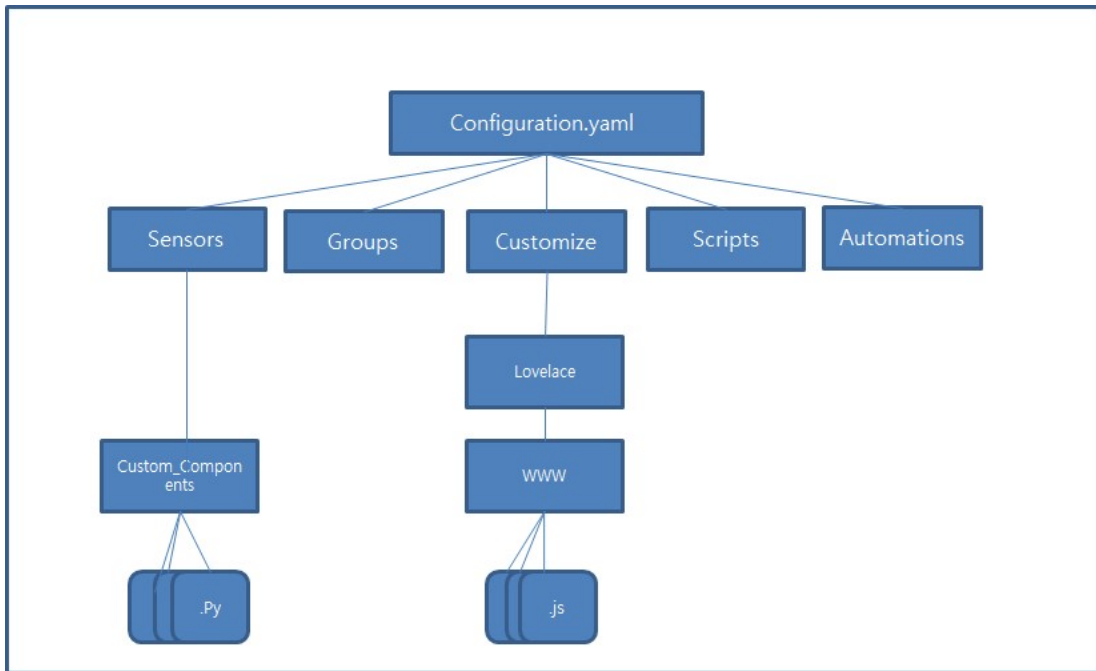


<그림 20. 자동화 제어 기능>

5. Home Assistant기반 실내 공기 수집 및 자동제어 구현

1) 스마트홈 자동제어 서비스를 위한 구성환경설정

Home Assistant는 내부는 YAML파일 형식으로 구성된다. 실내 공기질 자동 제어 서비스 구현을 위해 <그림 21>과 같이 모든 파일이 중심이 되는 Configuration. yaml 중심으로 Sensor, Groups, Customizes, Scripts, Automations 5가지 YAML파일이 연결된다. Configuration. yaml 파일을 제외하고 다른 YAML 파일들은 기능과 설정에 따라 추가/제거가 가능하다.



<그림 21. Home Assistant 기반 공기질 제어 S/W 구조>

Home assistant에서는 UI를 통해 구성할 수 없는 서비스를 YAML 언어를 통해 설정 할 수 있으며 필요한 코드를 추가/제거 할 수도 있다. 메인이 되는 Configuration에서는 사용되는 장치와 연결을 위한 통신 서비스 설정과 MAC 주소 또는 API키값과 같은 고유 정보를 통해 장치를 추가한다. <그림 22>와 같이 MQTT 통신 서비스 설정으로 스마트 스위치의 제어가 Home Assistant에서 가능해진다. MAC 주소와 같은 장치 고유정보 및 API 키값을 이용하여 공기청정기, 허브, 날씨 등 모든 장치를 연동 및 통합 제어가 가능하게 된다. <그림 22>를 보면 제품명, 서비스명, MAC 주소, IP주소, API키값 등을 통해 다양한 서비스를 Configuration에 등록하여 Home Assistant에서 연동되도록 하였다.

```

24 mqtt:
25   broker: 192.168.
26 tts:
27   - platform: google_translate
28 fan:
29   - platform: xiaomi_mio
30     name: mi_air2
31     host: 192.168.
32     token: 3b8
33 xiaomi_aqara:
34   discovery_retry: 10
35   gateways:
36     - key: cc
37       mac: 7c:
38         host: 192.168.
39 weather:
40   - platform: darksky
41     api_key:
42     mode: daily
43     name: Jeju Weather
44   #스위치봇
45 switch:
46   - platform: switchbot
47     mac: f6:
48     name: 거실조명
49   #텔레그램 추가
50 telegram_bot:
51   - platform: polling
52     api_key: 72
53     allowed_chat_ids:
54       - 87
55   # Notify
56 notify:
57   - name: jejusibot
58     platform: telegram
59     chat_id: 87
60   # Lovelace
61 lovelace:
62   mode: yaml
63   sensor: !include sensors.yaml
64   group: !include groups.yaml
65   automation: !include automations.yaml
66   script: !include scripts.yaml
67

```

<그림 22. 구성 파일(Configuration.yaml)>

2) 공기질 데이터 퍼지화(Sensor)

Sensor에서는 Entity 값을 이용하여 측정된 데이터를 퍼지화하고 대시보드 상에 표시되는 상태 값을 설정한다. 그리고 <그림 23>과 같이 한국환경공단에서 공공데이터 중 실제 필요한 미세먼지, 초미세먼지, 화학물질 등의 다양한 정보 중에 필요한 데이터만 수집 되도록 하여 퍼지화 기준에 벗어나지 않게 한다. 예를 들어 초미세먼지, 미세먼지, 화학물질 수치 외에 오존농도 정보가 필요하면 오존농도 정보의 Entity 값을 추가한다.

```

sensors:
  air_quality_khaivalue: #통합대기환경수치
    value_template: '{{ states.sensor.air_quality_time.attributes["list"][0]["khaiValue"] }}'
  air_quality_pm25value: #초미세먼지 농도
    value_template: '{{ states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["pm25Value"] }}'
    unit_of_measurement: "µg/m³"
  air_quality_pm10value: #미세먼지 농도
    value_template: '{{ states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["pm10Value"] }}'
    unit_of_measurement: "µg/m³"
  air_quality_khaigrade: #통합대기환경지수
    value_template: '{% if states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["khaiGrade"] == "1" %}Excellent
    {% elif states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["khaiGrade"] == "2" %}Good
    {% elif states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["khaiGrade"] == "3" %}Bad
    {% elif states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["khaiGrade"] == "4" %}Vary Bad
    {% else %}N/A
    {% endif %}'
  air_quality_pm25grade: #초미세먼지 등급
    value_template: '{% if states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["pm25Grade1h"] == "1" %}Excellent
    {% elif states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["pm25Grade1h"] == "2" %}Good
    {% elif states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["pm25Grade1h"] == "3" %}Bad
    {% elif states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["pm25Grade1h"] == "4" %}Vary Bad
    {% else %}N/A
    {% endif %}'
  air_quality_pm10grade: #미세먼지 등급
    value_template: '{% if states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["pm10Grade1h"] == "1" %}Excellent
    {% elif states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["pm10Grade1h"] == "2" %}Good
    {% elif states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["pm10Grade1h"] == "3" %}Bad
    {% elif states.sensor.air_quality_time.attributes.list[0]["pm10Grade1h"] == "4" %}Vary Bad
    {% else %}N/A
    {% endif %}'

```

<그림 23. 공기질 상태 설정(Sensors.yaml)>

3) 그룹화

여러 장치의 제어기능 및 다양한 데이터를 사용자 입장에서 좀 더 쉽게 구분할 수 있도록 그룹화 한다. 그룹화는 Entity값을 이용하여 설정하며 사용자 인터페이스를 단순화하게 된다. 이를 통해 사용자는 필요한 정보를 빠르게 찾고 제어를 할 수 있게 된다. 예를 들어 외부 공기질 데이터 그룹에 강수확률정보를 추가하여 연관되는 두 정보를 하나로 그룹화 함으로써 사용자가 쉽게 알 수 있도록 하였다.

```

14 air_quality:
15   name: "대기 오염 정보"
16   entities:
17     - sensor.air_quality_time
18     - sensor.air_quality_khaivalue
19     - sensor.air_quality_khaigrade
20     - sensor.air_quality_pm25value
21     - sensor.air_quality_pm25grade
22     - sensor.air_quality_pm10value
23     - sensor.air_quality_pm10grade
24     # - sensor.air_quality_o3value
25     - sensor.air_quality_o3grade
26     - sensor.weather_rain_percent

```

<그림 24. 그룹화(Groups.yaml)>

4) 실내외 환경 데이터 아이콘 생성 및 가시화

Customize에서는 대시보드 상에 보이는 명칭이나 아이콘, 텍스트 추가 및 설정을 하게 된다. 예를 들어 <그림 25>와 같이 실외공기 데이터를 표시할 때 “초미세먼지 농도”라는 한글로 표시하거나 아이콘 모양을 어떤 종류 나타낼지 정하게 된다.

```
1 #공기측정기
2 sensor.air_quality_time:
3     friendly_name: "측정 일시"
4     icon: mdi:clock
5 sensor.air_quality_khaivalue:
6     friendly_name: "통합대기환경 수치"
7     icon: mdi:earth
8 sensor.air_quality_khaigrade:
9     friendly_name: "통합대기환경 지수"
10    icon: mdi:earth
11    #
12    # show_last_changed: true
13    # extra_badge:
14    # entity_id: sensor.air_quality_khaivalue
15    # attribute: khaivalue
16 sensor.air_quality_pm25value:
17     friendly_name: "초미세먼지 농도"
18     icon: mdi:chart-bar
19 sensor.air_quality_pm25grade:
20     friendly_name: "초미세먼지 등급"
21     icon: mdi:chart-line
22 sensor.air_quality_pm10value:
23     friendly_name: "미세먼지 농도"
24     icon: mdi:chart-bar
25 sensor.air_quality_pm10grade:
26     friendly_name: "미세먼지 등급"
27     icon: mdi:chart-line
28 #강수확률#
29 sensor.weather_rain_percent:
30     friendly_name: "강수확률"
31     icon: mdi:water-percent
```

<그림 25. 아이콘 생성 및 가시화(Customize.yaml)>

5) 조명설정 파라미터

실내 공기질 상태에 조명 색깔 및 밝기를 조절할 수 있도록 Script.yaml에서 세부 설정하게 된다. 예를 들어 <그림 25>와 같이 설정을 통해 조명의 밝기를 공기질 Excellent, Good, Normal, Bad, Very Bad 상태 변화에 따라 조명의 색깔이 빨강, 주황, 녹색, 파랑으로 변하게 된다.

6. 실내외 데이터 수집 및 가시화결과

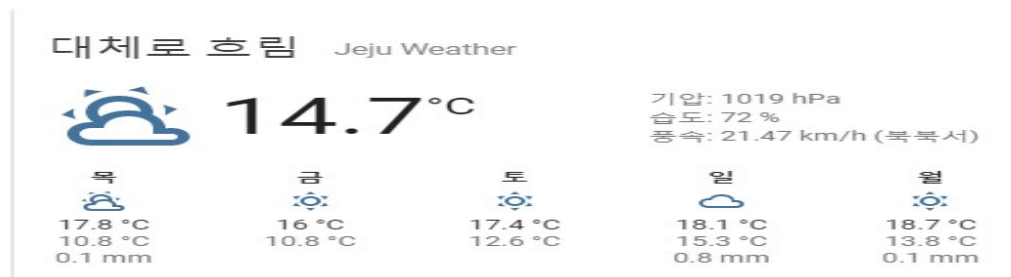
1) 데이터 수집 및 가시화

공기측정기로 측정된 실내 공기질 데이터 및 공공데이터포털의 실외 공기질 데이터, 기상청의 강수확률, Darksky의 날씨정보 등 필요한 정보들이 Home Assistant 플랫폼을 통해 통합된다. 그리고 통합된 모든 정보들은 사용자가 쉽게 알 수 있게 쉬운 인터페이스로 편집되어 대시보드상에 가시화된다. <그림 28>을 보면 실내에서 발생하는 공기질 상태를 한눈에 볼 수 있게 하였다. 그리고 환기를 위해 창문을 열었을 때 비가 올 수 있는 상황을 대비하여 강수확률 데이터를 그룹화하여 사용자가 쉽게 해당 정보를 알 수 있도록 하였다.



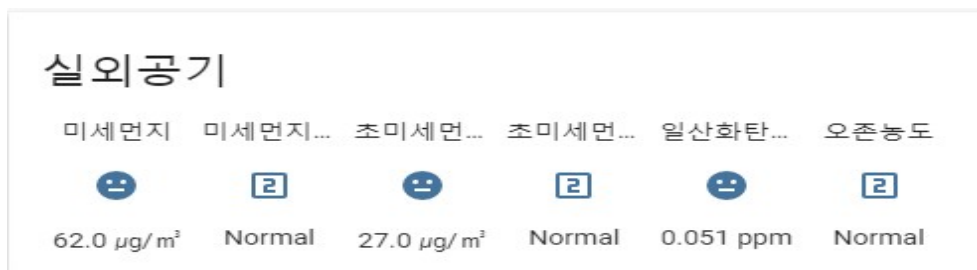
<그림 28. 실내 공기질 정보>

공기와 관련된 데이터 외에 사용자가 실외로 외출하거나 하는 등 일상생활을 함에 있어 날씨정보는 중요하고, 관련 정보를 항상 검색을 통해서 습득한다. 이 부분에 초점을 맞춰 사용자에게 좀 더 폭넓은 정보를 제공하기 위해 DarkSky Open API를 이용하여 거주 지역의 날씨정보를 모니터링 할 수 있도록 하였다.



<그림 29. 날씨정보>

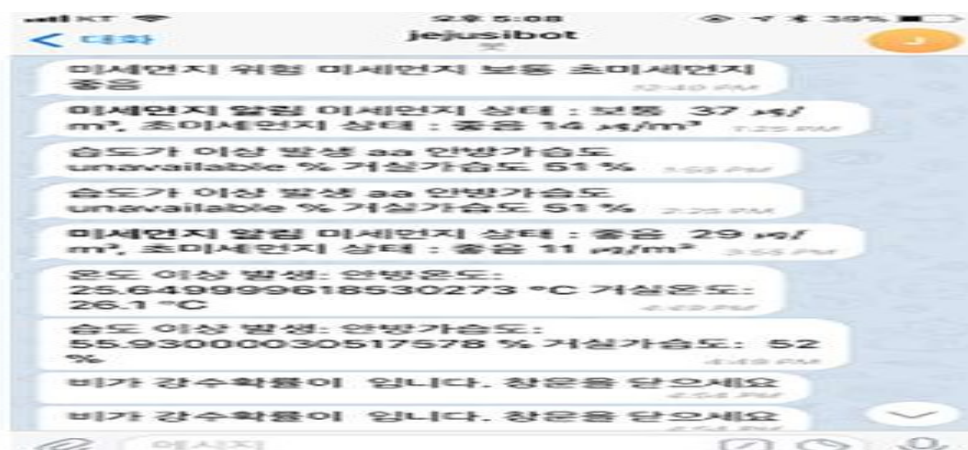
최근에 발생하는 미세먼지 및 황사로 더 이상 실외의 공기가 실내의 공기보다 안전하다고 볼 수 없다. 만약 실내 공기 오염으로 환기를 하려 할 때, 외부의 공기가 실내의 공기보다 오염도가 더 높을 경우, 오염된 공기가 실내에 들어오지 못하도록 예방하기 위해 공공데이터포털의 Open API를 이용해 실외공기 정보를 제공하도록 하였다.



<그림 30. 실외 공기질 정보>

2) 챗봇 기반 알람 서비스 메시지

알람서비스는 현재 공기질 및 날씨 상태 변화를 바탕으로 알람서비스 메시지 Rule을 참고하여 Automation에 설정에 따라 상태 정보와 환기 필요 두 종류의 메시지가 챗봇을 통해 <그림 31>과 같이 PC 또는 모바일로 사용자에게 전달된다. 상태 정보는 실내 공기 상태 대한 정보를 포함하고 있으며, 환기가 필요한 경우 공기 상태와 함께 창문의 열림/닫힘 정보를 포함해서 전달하게 된다.



<그림 31. 챗봇 알람 메시지>

V. 실험 및 성능분석

1. 실험방법

공기질 유지 기준인 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5), 화학물질 수치 정보를 공기측정기를 이용하여 수집하고 자동화 on과 off 상태로 각각 3일 동안 공기질 변화를 2시간 단위로 수집하여 수치화하였다.

2. 실험결과

첫 번째 실험은 자동화를 off상태로 만들고 2019년 11월 25일부터 27일까지 2시간 단위로 총 39회에 걸쳐 화학물질 수치를 측정 하였다. 그 결과 최소 205PMM에서 최대 8,009PMM까지 평균 4387PPM로 비교적 높은 수치를 유지하는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 실내 공기질 관리의 중요성 및 공기 오염에 대한 심각성을 확인할 수 있었다.



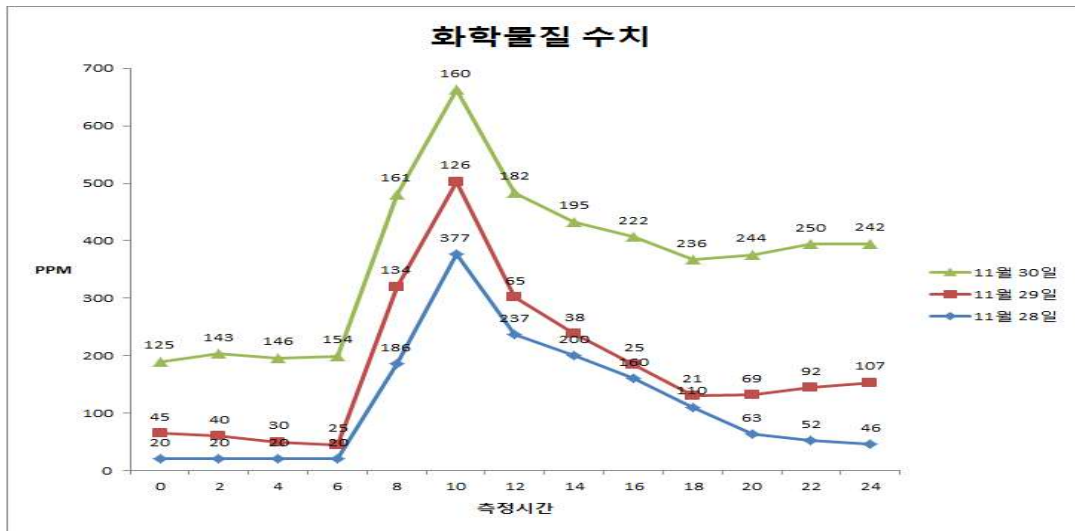
<그림 32. 화학물질 수치(자동화 Off)>

표 12. 화학물질 분석 데이터(자동화 Off)

11월 25일		11월 26일		11월 27일	
농도	상태	농도	상태	농도	상태
999	보통	6367	매우나쁨	3697	나쁨
958	보통	6712	매우나쁨	2490	나쁨
205	보통	7046	매우나쁨	2739	나쁨
625	보통	7518	매우나쁨	2862	나쁨
3394	나쁨	8009	매우나쁨	5355	매우나쁨
3168	나쁨	6817	매우나쁨	3844	나쁨
3128	나쁨	6605	매우나쁨	2916	나쁨
3887	나쁨	6579	매우나쁨	2984	나쁨
6115	매우나쁨	6735	매우나쁨	5004	매우나쁨
5980	매우나쁨	6841	매우나쁨	4365	나쁨
4675	나쁨	7169	매우나쁨	4213	나쁨
4581	나쁨	2566	나쁨	2628	나쁨
5255	매우나쁨	3713	나쁨	2366	나쁨

두 번째 실험은 자동화 On상태에서 이전과 동일한 방법으로 2019년 11월 28일부터 30일까지 2시간 단위로 총 39회에 걸쳐 화학물질 수치를 측정하였다. 그 결과 자동화 동작시킨 3일 동안 최소 20PPM에서 최대 377 PPM까지 평균 122PPM로 매우 낮은 오염농도를 보여주었다. 이를 통해 지속적인 실내 공기질 관리의 중요성을 알 수 있었고 알람 서비스를 통해 최신의 공기질 상태 및

위험도에 관한 정보를 주기적으로 거주자가 전달받음으로써 직접 환기하는 횟수의 증가로 공기 오염농도를 낮추는 효과를 볼 수 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 환풍기 및 공기청정기의 자동제어를 통해 실내의 공기질 상태에 따라 동작 및 정지를 반복하여 지속적인 공기질 관리와 소비전력을 최소화 할 수 있었다.



<그림 33. 화학물질 수치(자동화 On)>

표 13. 화학물질 분석 데이터(자동화 On)

11월 28일		11월 29일		11월 30일	
농도	상태	농도	상태	농도	상태
20	중음	45	중음	125	중음
20	중음	40	중음	143	중음
20	중음	30	중음	146	중음
20	중음	25	중음	154	중음
186	중음	134	중음	161	중음
377	중음	126	중음	160	중음
237	중음	65	중음	182	중음
200	중음	38	중음	195	중음
160	중음	25	중음	222	중음
110	중음	21	중음	236	중음
63	중음	69	중음	244	중음
52	중음	92	중음	250	중음
46	중음	107	중음	242	중음

VI. 결론 및 향후 연구과제

실내 공기질 자동제어 서비스는 어린이집 및 요양원과 같은 건강취약계층이 사용하는 실내공간의 공기질 관리에 대한 깊은 고민과 그에 따른 개선을 위해 설계하고 구현하였다. 기초 설계는 관련 분야의 문헌조사 및 사례를 통해 하였으며 홈 네트워크 환경을 기반에 장치 간의 연동성을 최우선으로 모든 IoT 기기들이 하나의 플랫폼에서 연동 및 자동적으로 제어 되도록 하였다. 예를 들어, 제어 기능에는 전등, 환풍기, 에어컨과 같은 단순 on/off 기능 제어부터 공기상태 변화에 따라 공기질 개선을 위해 공기청정기 및 환풍기 동작한다 이를 통해 24시간 동안 실내 공기질 관리가 되도록 하였다 그리고 공기질 변화를 거주자가 쉽게 인지 할 수 있도록 알람서비스를 제공하였다.

이러한 실내외 정보들은 노인 및 영유아, 어린이 와 같은 IT를 잘 모르는 사람들을 위해 좀 더 쉽게 확인하고 제어 할 수 있도록 사용자 인터페이스를 단순화 하였다. 또한 실내 공기질 데이터 외에 외부 공기질 데이터 및 날씨, 강수확률과 같은 실외공기 및 날씨정보를 통합 허브에 추가하여 거주자가 외부의 오염된 공기나 비, 눈 등 위험요소들을 사전에 파악할 수 있도록 하였다. 예를 들어 외부 공기오염 농도가 높을 때 창문을 열어 환기 중이라면 오염된 공기가 실내에 들어올 수 있기 때문에 거주자에게 창문을 닫으라는 메시지를 전달하게 된다. 이러한 알림을 통해 거주자가 쉽게 외부 위험요소를 인지할 수 있게 하였다. 자동화 규칙에 따라 모든 정보들은 챗봇을 통해 모바일 기기로 전달되며 이를 통해 거주자가 현재 실내 공기질 상태 및 실외공기, 날씨정보를 알 수 있게 하였다.

공기질 자동제어 서비스 시스템의 효과를 확인하기 위해 6일간 실험을 진행 하였다. 일반 가정에 장치들을 설치하여 자동화 활성화 3일, 비활성화 3일 나눠 실내 공기 오염농도의 변화를 측정 및 분석하였다. 이를 통해 공기제어 시스템의 실내 공기질 관리에 대한 효과를 확인할 수 있었다. 하지만 화학물질 외 미세먼지의 변화

는 큰 차이를 보이지 않아 소수에 인원이 생활하는 가정집이 아닌 실제 거주자들이 많은 보육시설이나 요양시설에 설치하여 공기질 상태 변화 및 효과에 대해 실질적이고 좀 더 깊이 있는 실험 필요하며 이를 통해 좀 더 명확한 효과를 확인할 수 있을 것 같다.

향후 연구과제로 텍스트 및 조명 색깔로 표현된 공기질에 대한 정보 전달 방식에 더해 AI 스피커를 통해 음성알림서비스를 추가하여 거주자에게 정보를 좀 더 명확하게 전달할 수 있도록 구현하고자 한다. 그리고 확장성을 고려하여 통합 허브 서버를 클라우드로 이전하고 필요한 홈 서버 등 별도의 설치 없이 모든 IoT 기기들이 가상 서버와 연동되도록 구현 할 필요가 있다. 이를 통해 도입비용을 좀더 줄일 수 있을 것으로 보인다. 또한 SSL 인증 등 접속 보안 및 웹 보안을 강화하여 외부 침투에 대한 대비가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 김용진, 공기청정기 성능 기준 마련 및 적정관리 방안 연구, 한국기계연구원 최종보고서, 2006.3
- [2] 2018년 사망원인통계: http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/6/2/index.board, 통계청
- [3] 최유진, 어린이집, 경로당의 실내공기질 향상 방안, 서울연구원 정책리포트, 2015.5.11.
- [4] 김호현, 남인식, 최길용, 이정훈, 양선희, 정유진, 안전한 영유아 보육·교육 환경 조성 방안(Ⅲ)_어린이집·유치원의 실내공기질 관리 현황 및 개선 방안(공시)
- [5] 박정하, 박진철, 이연구, 보육시설의 실내공기질에 관한 현장측정 및 설문조사 연구
- [6] 나도백, 스마트홈 - 태동기 사물인터넷(IoT/M2M/IoE) 융합기술의 최적 수요처로 부상, 2015.04
- [7] Home Assistant 기능 : www.home-assistant.io, 홈어시스턴트
- [8] 이종기, 최화열 (2018). 블록체인 분산원장 구현을 위한 Docker 컨테이너에 기초한 Hyperledger 컴포즈 활용 사례 전산회계연구, 16(2), 1-18
- [9] 정규화, 최동규 MQTT 설치 및 가이드, 경북대학교 컴퓨터학부 통신프로토콜 연구실, 2016.12
- [10] Mqtt : <https://www.tta.or.kr/search/search.jsp?category=total&kw=mqtt> &x=0&y=0, 한국정보통신협회
- [11] zigbee: <https://www.zigbee.org>.
- [12] 지빅 : <https://ko.wikipedia.org/wiki/지빅>, 위키피디아
- [14] 챗봇 : <https://www.oracle.com/kr/solutions/chatbots/what-is-a-chatbot/>, 오라클
- [15] 텔레그램 : <https://www.home-assistant.io/integrations/telegram/>, Home Assistant
- [16] 자동화 Action : <https://www.home-assistant.io/docs/automation/action/>,

Home Assistant

[17] 대기오염정보 : <https://www.data.go.kr/>, 한국환경공단

[18] 날씨정보 : <https://darksky.net/forecast/40.7127,-74.0059/us12/en>, Darksky

[19] 실내공기질 관리법 시행규칙 : <http://www.law.go.kr/>, 국가법령정보센터

[20] Home Assistant Architecture: https://developers.home-assistant.io/docs/en/architecture_components.html, Home Assistant

[21] 이현재 (Hyun-Jae Lee) 김동은 (Dong-Eun Kim) 손진근 (Jin-Geun Shon), 전력설비의 제어 응답특성 개선을 위한 퍼지 추론 기법의 적응조정, The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers KIEE Vol. 67, No. 12, p.1699-1704, 2018.09

[22] Fuzzy Logic : <https://www.guru99.com/what-is-fuzzy-logic.html>, Guru99

[23] 김진형, 에너지 절감을 위한 자동문 개폐 퍼지제어에 관한 연구, 2005.12

[24] Sanjit Kumar Dash, Gouravmoy Mohanty, AbhisSanjit Kumar Dash, Intelligent Air Conditioning System using Fuzzy Logic, International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 3, Issue 12, December-2012