

Development of Smart Laundry Drying System

Nuri Kim*, Huhnkuk Lim**

*Chief Executive Officer, Board Robot Co., Uiwang, Korea

**Associate Professor, Dept. of Computer Engineering, Hoseo University, Asan, Korea

[Abstract]

In this paper, we first intend to develop and introduce a smart laundry drying system for verandas that controls the drying rack by actively responding to climate change. The developed smart laundry drying system receives laundry location information through the app, then detects climate change in real time through data from the Korea Meteorological Administration such as temperature and humidity according to the location information, and automatically controls the laundry on the drying rack in case of rain. It acquires weather information through the Arduino humidity sensor and the Korea Meteorological Administration Open-API, which is used to control the switch bot by the Raspberry Pi. The user interface uses Blynk, and the switch bot controls the laundry. Our proposed system can detect bad weather and automatically control the laundry at a remote location to prevent damage to the laundry.

▶ **Key words:** IoT, smart laundry drying system, switch bot, Korea Meteorological Administration API, Blynk app

[요 약]

본 논문에서는 기후변화에 능동적으로 대처하여 빨래 감을 자동으로 제어하는 베란다용 스마트 빨래 건조 시스템을 처음으로 개발하고 소개하고자 한다. 개발된 스마트 빨래 건조 시스템은 앱을 통해 빨래감 위치 정보를 받은 후, 위치 정보에 따른 온도, 습도 등의 기상청 데이터를 통해 기후 변화를 실시간으로 감지하여 비가 오는 상황이 발생할 경우 건조대 위에 빨래 감을 자동으로 제어한다. 아두이노 습도 센서와 기상청 Open-API 를 통해 기상 정보를 취득하고 이는 라즈베리파이가 스위치 봇을 제어하는데 이용된다. 사용자 인터페이스는 Blynk를 사용하였으며, 스위치 봇은 빨래감을 제어한다. 제안 시스템은 기상 악화를 감지하고 원격지에 있는 빨래감을 자동으로 제어하여 비 피해를 예방해줄 수 있다.

▶ **주제어:** 사물인터넷, 스마트 빨래 건조 시스템, 스위치 봇, 기상청 응용 인터페이스, Blynk 앱

-
- First Author: Nuri Kim, Corresponding Author: Huhnkuk Lim
 - *Nuri Kim (rlasnlv@naver.com), Board Robot Co.
 - **Huhnkuk Lim (hklim@hoseo.edu), Dept. of Computer Engineering, Hoseo University
 - Received: 2022. 02. 21, Revised: 2022. 02. 23, Accepted: 2022. 03. 21.

I. Introduction

스마트 홈이란, IoT를 기반으로 여러 형태의 자동화 서비스를 제공하는 새로운 주거형태이다. 스마트 홈과 관련한 연구개발로 사용자에게 다양한 형태의 스마트기기를 향후 몇 년간 지속적으로 제조업체가 개발 공급함으로써 다양한 스마트 홈 IoT 기기가 급속히 증가할 것이라고 예상하고 있다. 또한 소비자의 왕성한 모바일 라이프 스타일은 스마트홈 발전의 핵심이라고 이야기 하였다.

[1], [2]에서는 몸이 불편한 사람들을 위한 스마트홈의 필요성에 대하여 논의하였고, Demir et al[3]의 연구에서는 노인요양시설에 스마트홈을 구축하여 9명의 고령자가 거주한 경험에 대해 이야기하였다. [4]의 연구에서는 스마트홈 서비스의 단순함과 편리성에 대해 강조하고 있다. [5]의 연구에서는 고령자의 세탁물 건조에 있어 위험성에 대하여 이야기 하였다. 또한, [6]의 연구에서는 맞벌이 부부 중 여성의 경력단절의 원인을 과도한 집안일 때문으로 판단한 연구를 발표한 바 있다. 따라서 우리는 몸이 불편한 사람과, 고령자, 맞벌이 부부 등을 위해 단순하고 편리하게 설치가 가능한, 그리고 스마트 홈이 지향하는 자동화 시스템 요구사항을 만족시키는 하나의 연구개발 사례를 제시하고자 한다.

최근 스마트 홈의 하나의 응용 사례로서 스마트 빨래 건조대에 대한 필요성이 대두되었다. 평소에 빨래를 널어놓을 때 환기를 위하여, 원활한 건조를 위하여 창가에 창문을 열어놓고 건조를 시키곤 한다. 이러한 방식으로 건조를 시킬 경우, 갑작스런 기상 악화에 빨래감이 피해를 입거나, 피해를 방지하기 위해 창문을 닫으려 급히 집으로 복귀한 적이 있을 것이다. 따라서 이를 방지하기 위해 기상 악화에 자동적으로 대처하여 원활하게 빨래 건조를 하는 시스템이 필요하다 [7].

기존 유사시스템으로서 먼저 생활 안전을 위한 세탁물 IoT 모니터링 시스템이 연구개발 되었다. 제안 시스템은 빨래 건조 완료 시간을 예측한다. 기상청 API를 사용하여 건조 중, 건조 시작할 때, 건조 완료 예측 시간 내에 비가 내릴 시 알림 서비스를 제공한다. 빨래가 완료될 시 사용자에게 건조 완료 메시지를 송출해준다 [8]. 두 번째 시스템으로 실내에서 동작 가능한 스마트 빨래 건조 옷걸이 시스템이 [9] 안에 소개되었다.

기존의 시스템들은 건조 완료시간 예측, 비 알림, 건조 완료 알림 목적의 센서와 기상청 정보를 통해 다양한 건조 기능을 제공하였다. 제안 시스템은 베란다용 건조 시스템으로 기후변화를 감지하고 빨래감을 자동으로 제어하는

기능을 이용하여 사용자의 자율성을 적극적으로 보장해 준다. 즉, 기후 변화에 능동적으로 대처 가능한 기능을 제공한다.

본 논문에서는 기존 베란다용 건조 시스템의 단점을 보완하기 위해 자동으로 기후 변화를 감지하고 비가 오는 상황이 발생할 경우 능동적으로 빨래 감을 제어하여 사용자의 편의성 및 피 피해를 예방해주는 스마트 빨래 건조 시스템을 처음으로 개발하고 소개하고자 한다.

구현된 시스템은 기상청 API, 아두이노(Node MCU) 습도센서를 통해 습득한 데이터를 이용하여 비, 건조시간 예측을 하고, 구현을 위한 디바이스로 아두이노(Node MCU, 습도센서, mqtt클라이언트), 라즈베리파이(mqtt서버), 스위치봇(액추에이터)를 이용하였다. 스위치봇 API를 통한 블루투스로 제어하며, Flask 웹 플랫폼을 사용하여 라즈베리 파이와 아두이노 mqtt 통신을 이용하였다. 사용자 인터페이스는 IoT 플랫폼인 Blynk를 사용하여 구성하며, 이를 통해 스위치봇의 수동제어와 자동제어 설정이 가능하다. 또한 센서 데이터를 실시간으로 수신한다.

II. System Design

아두이노는 자체 센서를 통해 건조대 주변 정확한 습도 정보를 취득하는데 이용하고, 라즈베리파이는 기상청 API 그리고 아두이노 센서로 부터 온습도 등의 날씨 정보를 이용하여 건조시간을 계산하고 블루투스를 통해 스위치 봇을 제어하는데 이용하였다(라즈베리파이는 자체 센서가 없어 두 개의 디바이스 플랫폼을 이용하여 구현함). 날씨 데이터는 기상청 Open-API, 아두이노 습도센서를 이용하여 취득한다. Blynk는 사용자 인터페이스를 담당하고, Flask 웹 플랫폼은 라즈베리파이, 아두이노, 기상청 API, Blynk와의 통신을 담당하며, 커튼 제어를 위해 주로 활용되어져 왔던 스위치 봇이 본 시스템에서는 건조대 위 빨래감을 제어하는데 이용되었다. 스위치 봇은 제어에 필요한 정보 수신 후 기계적으로 빨래 감을 제어하는 데만 이용된다. 전체 시스템의 설계 내용은 그림 1과 같다.

스위치 봇 자동제어를 위해 아두이노에 부착된 GPS 센서를 통해 빨래감 위치 주소정보를 가져온다. 그 후 주소 정보에 따른 실시간 기상 예보를 기상청 API에서 Flask를 이용한 통신을 통해 라즈베리파이로 전달한다. 라즈베리파이는 Blynk 사용자 인터페이스와 연결되어 건조 시간, 날씨 등 정보를 제공한다. 아두이노에 부착된 습도센서는 Flask mqtt 통신을 통해 건조대 주변 정확한 습도 정보를

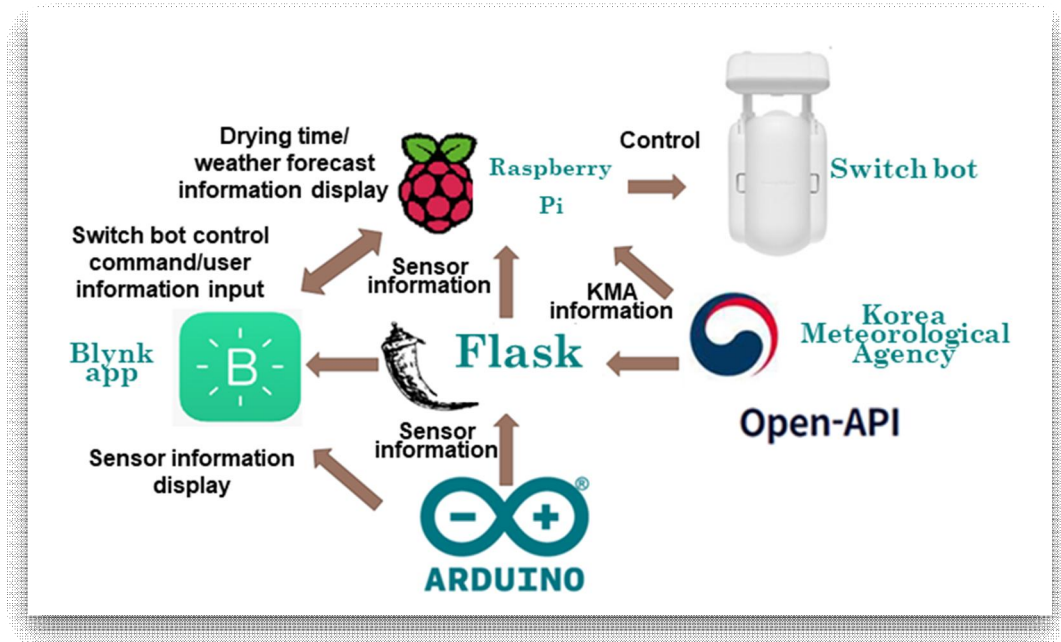


Fig. 1. Design of proposed smart laundry drying system

Blynk(사용자)에게 제공한다. Blynk는 건조대 주변 정확한 습도 값과 기상청 API 로부터의 기상 정보를 종합하여 자체적으로 정한 기준에 따라 기상 악화 여부를 판단 한다. 창문이 개방된 베란다용 건조대에 넣어놓은 빨랫감에 비 피해 등을 준다고 판단되면 건조대 안쪽(베란다 창문으로부터 좀 더 먼 안쪽)으로 빨랫감을 자동 제어하여 빨랫감이 비 피해 없이 안전하게 건조 될 수 있도록 하였다. 또한 자체적으로 만들어진 예상 건조시간 계산 공식으로 나온 값이 Blynk 인터페이스에 남은 예상 건조시간에 표시 되고, 건조시간이 0이 되면 스위치 봇이 자동으로 베란다 건조대 위 빨랫감을 실내와 좀 더 가까운 안쪽으로 이동시키기 위해 제어한다.

Blynk 인터페이스에 수동제어 기능이 있으며, 수동제어는 사용자가 원하는 시간에 건조대 위 빨랫감을 원하는 위치로 제어하는데 이용된다.

관측 값을, 초단기 예보에서는 예보시점부터 6시 간까지의 예보 정보를 받아온다.

그중 본 시스템에서 활용을 위해 필요한 정보는 그림 2와 같다. 기상청 API와 라즈베리파이를 연결하여, category 와 그에 따른 obsValue를 불러온 화면은 그림 3 (a)와 같다. 또한, 그림 3 (b)와 같이 category에서는 기온, 1시간 강수량, 습도, 하늘 상태라는 category 정보를, obsValue에서는 그에 따른 각각의 실황 값을 불러온다. 이렇게 불러온 정보들은 자체적으로 만들어진 조건에 의해 기상 악화를 판단하는데 쓰인다.

III. System Implementation and Demonstration Results

3.1 Use of weather information through the Korea Meteorological Agency API

GPS를 통한 주소 정보로 해당 지역 단기 실황 정보를 조회하기 위해 기상청 API 중 동네 예보 조회 서비스에서 초단기 실황 조회와 초단기 예보 조회 정보를 받아 들인다. 초단기 실황정보에서는 예보 구역에 대한 대표 AWS

> 기본 정보

서비스명	동네예보 조회서비스	첨부문서	기상청18_동네예보+조회서비스_오픈API활용가이드.zip
데이터포맷	JSON/XML	API유형	REST
등록일	2015-12-08	수정일	2021-02-23
서비스설명	초단기실황, 초단기예보, 동네예보, 예보버전 정보를 조회하는 서비스		

(a)

No	API name	Detailed Function Name	Function
1 ⁴⁾	Neighborhood Forecast Inquiry Service	getUltraSrtNcst ⁴⁾	Ultra-short neighbor forecast inquiry
2 ⁴⁾		getUltraSrtFcst ⁴⁾	Ultra-short forecast inquiry
3 ⁴⁾		getVilageFcst ⁴⁾	Vilage forecast inquiry
4 ⁴⁾		getFcstVersion ⁴⁾	Forecast version inquiry

(b)

Fig. 2. Meteorological Administration API (a) Use service (b) Information needed to use

Message name	Size	Classification	Sample data	Explanation of sample data
numOfRows ²⁾	4 ²⁾	1 ²⁾	1 ²⁾	# of data displayed per page
pageNo ²⁾	4 ²⁾	1 ²⁾	1 ²⁾	Page number
totalCount ²⁾	10 ²⁾	1 ²⁾	1 ²⁾	Total number of data
resultCode ²⁾	2 ²⁾	1 ²⁾	00 ²⁾	Response message code
resultMsg ²⁾	100 ²⁾	1 ²⁾	NORMAL SERVICE ²⁾	Response message explanation
dataType ²⁾	4 ²⁾	1 ²⁾	XML ²⁾	Response type (XML/JSON)
baseDate ²⁾	8 ²⁾	1 ²⁾	20151201 ²⁾	Issue date 2015/12/01
baseTime ²⁾	6 ²⁾	1 ²⁾	0600 ²⁾	Issue time 6:00
nx ²⁾	2 ²⁾	1 ²⁾	59 ²⁾	Forecast X coordinate
ny ²⁾	2 ²⁾	1 ²⁾	125 ²⁾	Forecast Y coordinate
category ²⁾	3 ²⁾	1 ²⁾	LGT ²⁾	Data classification code
obsrValue ²⁾	2 ²⁾	1 ²⁾	0 ²⁾	Measured value

(a)

Ultra short real-time forecast	T1H ²⁾	Temperature	°C ²⁾	10 ²⁾
	RN1 ²⁾	1 hour precipitation	mm ²⁾	8 ²⁾
	UUU ²⁾	East west wind	m/s ²⁾	12 ²⁾
	VVV ²⁾	South north wind	m/s ²⁾	12 ²⁾
	REH ²⁾	Humidity	% ²⁾	8 ²⁾
	PTY ²⁾	Precipitation type	code value	4 ²⁾
	VEC ²⁾	Wind direction	deg ²⁾	10 ²⁾
	WSD ²⁾	Wind speed	m/s ²⁾	10 ²⁾
Ultra short forecast	T1H ²⁾	Temperature	°C ²⁾	10 ²⁾
	RN1 ²⁾	1 hour precipitation	Range (1 mm)	8 ²⁾
	SKY ²⁾	Sky weather state	code value	4 ²⁾
	UUU ²⁾	East west wind	m/s ²⁾	12 ²⁾
	VVV ²⁾	South north wind	m/s ²⁾	12 ²⁾
REH ²⁾	Humidity	% ²⁾	8 ²⁾	

(b)

Fig. 3. Information received from the meteorological administration API. (a) Used information. (b) Information required in (a)

3.2 Implementation of automatic control using temperature and humidity

그림 4에서는 아두이노를 통해 실시간 온습도 정보를 가져오고, 그 정보는 자체적으로 만들어진 기상 악화를 판단하는 조건에 활용된다.

본 시스템에서 수동제어는 Blynk 인터페이스에서의 수동 버튼 조작에 의한 제어를 의미하며, 자동제어는 사용자 설정 건조 시간을 통한 제어와 기후 변화 인식에 따른 자동 제어로 나뉜다. 1시간 강수량이 3mm 이상, 습도 90% 이상, 강수형태 1-7(실황 코드값)일 때를 기상 악화(비가 오는 상황)의 기준으로 결정하였다. 강수형태는 기상청

API에서 실황 코드 값을 참고 하였는데, 강수형태 코드는 없음(0), 비(1), 비/눈(2), 눈(3), 소나기(4), 빗방울(5), 빗방울/눈날림(6), 눈날림(7) 을 참고 하였다. 또한 남은 건조 시간의 계산 시 습도 센서 값이 35% 이하일 때 건조가 완료됨을 가정하였다 [10].

```

COM4
00:35:52.401 -> temperature:30.00 humidity:95.00
00:35:53.938 -> temperature:29.08 humidity:95.00
00:35:55.479 -> temperature:30.00 humidity:95.00
00:35:56.967 -> temperature:30.04 humidity:95.00
00:35:58.505 -> temperature:30.05 humidity:95.00
00:36:00.043 -> temperature:30.05 humidity:95.00
00:36:01.573 -> temperature:30.05 humidity:95.00
00:36:03.066 -> temperature:30.05 humidity:94.00
00:36:04.605 -> temperature:30.05 humidity:91.00
00:36:06.147 -> temperature:30.05 humidity:91.00
00:36:07.641 -> temperature:30.08 humidity:95.00
00:36:09.179 -> temperature:31.01 humidity:95.00
00:36:10.703 -> temperature:31.02 humidity:95.00
00:36:12.243 -> temperature:31.02 humidity:95.00
00:36:13.780 -> temperature:31.07 humidity:95.00
00:36:15.275 -> temperature:31.06 humidity:95.00
00:36:16.808 -> temperature:31.05 humidity:95.00
00:36:18.350 -> temperature:31.04 humidity:92.00
00:36:19.847 -> temperature:31.04 humidity:82.00
00:36:21.377 -> temperature:31.04 humidity:75.00
00:36:22.911 -> temperature:31.03 humidity:71.00
00:36:24.455 -> temperature:31.03 humidity:68.00
    
```

Fig. 4. Temperature and humidity received from Arduino

3.3 Blynk app interface implementation

Blynk 앱 인터페이스를 통해 그림 5에서처럼 기상예보 새로 고침 버튼을 클릭하면, 오늘의 기상예보가 실시간으로 표시된다. 건조 시작 버튼을 누르면 남은 예상 건조시간이 표시되고, 수동제어 열기 닫기 버튼은 좌, 우로 빨랫감을 움직일 수 있게 제어 한다. 자동 제어 시간 설정은 사용자가 완료 시간을 설정 한 후 시간이 완료 되었을 때 빨랫감이 자동으로 제어가 되며, 온습도를 사용자가 볼 수 있도록 표시 한다.

사용자의 위치 정보를 받은 후, 위치 정보에 따른 기상청 데이터를 통해 기상 정보 및 변화를 감지하여 상황에 맞게 빨래 건조대 위에 올려둔 기기가 자동으로 작동한다. 사용자의 시간 설정을 통한 자동 제어도 가능하며, 사용자가 동작 시키고 싶을 때 수동 제어도 가능하다. Blynk 앱은 사용자에게 현재 기상예보와 온습도 정보를 제공하고, 건조대에 빨래 감을 올려놓았을 때 남은 건조시간을 표시해 준다.

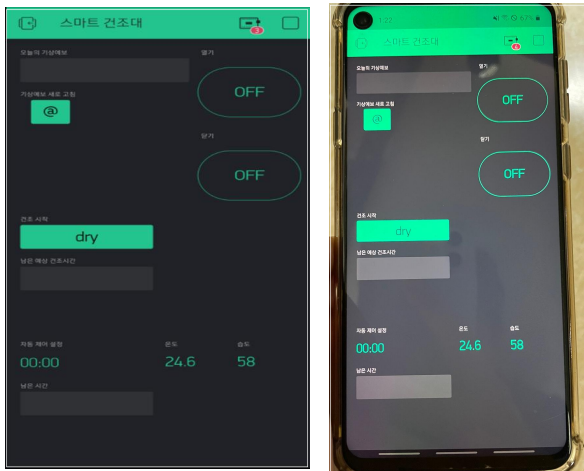


Fig. 5. Blynk app interface

3.4 Functional demonstration results

그림 6은 수동 제어를 통한 시스템 제어 시연 결과 캡처 화면이다. Blynk 인터페이스에서 수동제어 버튼을 클릭하였을 때, 그 정보를 라즈베리파이로 전달하고, 블루투스를 통해 빨래 감을 제어한다.

그림 7(a)에서는 사용자 시간 설정에 따른 자동제어시연 결과 캡처 화면이다. Blynk 앱 항목 중 ‘자동제어 시간 설정’ 값을 입력한 후, 그 값이 ‘남은 시간’ 항목에 표시되며, 시간 값이 0이 될 때 까지 건조가 진행된다. Blynk와 연결된 아두이노에서 시간 값이 0이 된다면 Blynk 에서 라즈베리파이로 전달하여 블루투스를 통해 스위치 붓을 제어하여 빨랫감을 좌측에서 우측으로 이동시킨다(좌측이 베란다에서 실외와 가까운 쪽, 우측이 실내와 가까운 쪽임을 가정함).

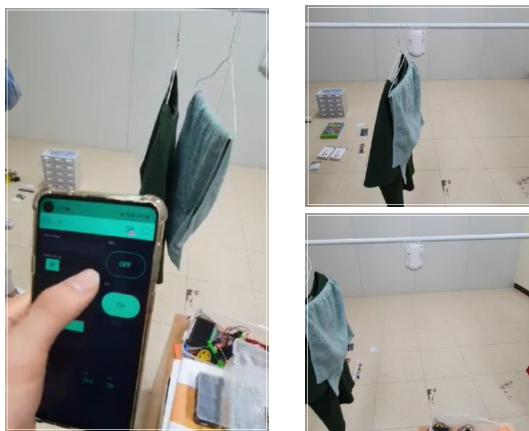


Fig. 6. Screen shot of manual control

그림 7(b)는 기상 변화 감지에 따른 자동 제어 시연 결과 캡처 화면이다. 앱 항목 중 ‘기상예보 새로고침’ 버튼을 통해 ‘오늘의 기상예보’ 항목에 기상정보가 표시된다. 기

상 정보가 원활한 빨래 건조가 불가능한 기상 정보라고 판단되는 값이 출력 될 시 (즉 앞서 언급한 비가 오는 상황 조건이라 판단될 시), 원활하고 안전한 빨래 건조를 위해 스위치 붓 기기 제어를 통해 우측에서 좌측으로(우측이 베란다에서 야외와 가까운 쪽, 좌측이 베란다에서 실내와 가까운 쪽임) 빨랫감을 이동시킨다.

3.5 Difference in reaction time for each control method

각 제어별 반응시간을 측정한 결과는 표 1과 같다. 수동 제어는 평균 0.7초, 사용자 건조 시간 설정을 통한 자동 제어는 평균 1초가 소요되었다. 기후 변화 감지에 따른 자동 제어는 평균 1.6초라는 결과가 도출되었는데, 이처럼 각 제어 방법에 따라 반응시간 차이가 발생한다. 기후 변화 감지에 따른 자동 제어는 기상청 API를 통해 실시간으로 정보를 받아 처리한 후 제어하기 때문에 시간이 가장 오래 걸렸으며, 사용자 건조 시간 설정을 통한 자동 제어는 사용자가 Blynk 인터페이스에 건조 종료시각을 입력한 후 그리고 종료시각 인지 후 스위치 붓을 제어하기 때문에 수동제어보다 반응시간이 높게 나타났다.

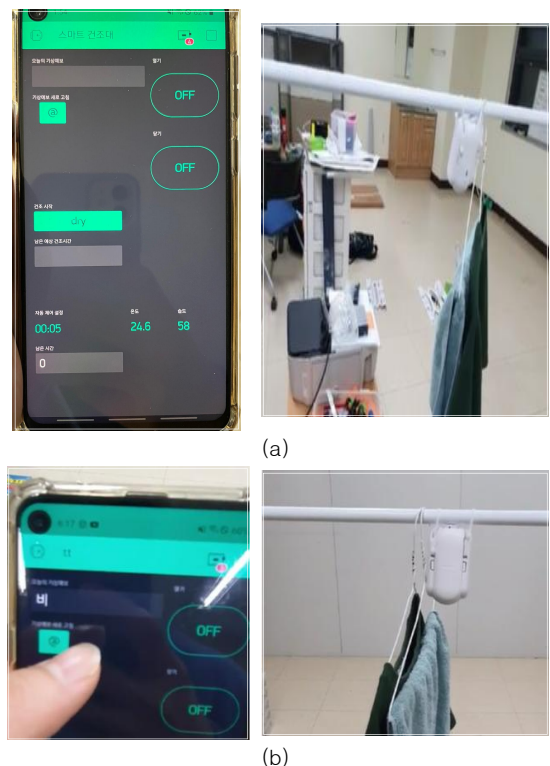


Fig. 7. Automatic control screen shot, (a) Automatic control by setting a user dry time, (b) Automatic control by weather recognition

Table 1. Average reaction time for each control method

	Average reaction time (sec)
Manual control	0.7
Automatic control by setting a user dry time	1
Automatic control by weather recognition	1.6

IV. Conclusions

본 논문에서는 건조시스템 주변에 기후변화를 인지하고 빨래 감을 자동으로 제어해주어 기후변화에 능동적으로 대처해 줄 수 있는 스마트 빨래 건조 시스템을 처음으로 제안하여 이를 구현하고 소개하였다. 기상청 API 정보와 아두이노 습도 정보를 이용해 자동으로 주변 기상 정보를 파악 후 스위치 붓의 자동제어를 통해 폭우 등의 비 피해로부터 빨래 감을 보호해 줄 수 있다. 블링크 앱, 센서, 스위치 붓의 설치로 스마트 빨래 건조대의 구현이 가능함을 보여 주었다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(Ministry of Science and ICT) (No. 2021R1A2C1010481)

REFERENCES

- [1] H. J. Lee, "Smart Home based on the Internet of Things," Journal of the Korea Telecommunications Association, vol. 32, no. 4, pp. 44-49. Mar. 2015.
- [2] M. J. Lim, G. S. Pyo, G. J. Lee, J. Y. Park, H. Choi, H. S. Kwon, "The Development and Usability Testing of the Smart Home for Wheelchair Users - Focus on the Activities of Daily Living at Home", Journal of the HCI Society of Korea, vol. 11, no. 2, pp. 5-14. Aug. 2016.
- [3] G. Demiris, D. P. Oliver, G. Dickey, M. Skubic, M. Rantz, "Findings from a participatory evaluation of a smart home application for older adults". Technology and Health Care. vol. 16, no. 2, pp. 111-118, Feb. 2008.
- [4] C. M. Lim. "User type analysis and user experience strategy of smart home service". Master Thesis at Yonsei University Graduate School of Information, pp. 50-53, Feb. 2015.
- [5] Y. H. Lin, Y. C. Lee and Chia Pao Chang. "Establishing an Intelligent Laundry Drying Rack Using System Innovation Theory". IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. vol. 603, no. 1, pp. 2-4, Dec. 2020.
- [6] J. W. Lee. "A Study on Housework Behavior of Dual-income Couples". Master Thesis at Seoul National University Graduate School of Public Administration, pp. 1-2, Feb. 2016.
- [7] S. Kumar, M. Selvaganapathy, S. Siddharth, and G. Kumaresan, "Design and Experimental Study on Automatic Cloth Retrieval and Drying System," Int. J. Adv. Res. Ideas Innov. Technol., vol.3, no. 2, pp. 49-57, Feb. 2017.
- [8] D. H. Kim, M. J. Kim, S. W. Choi, H. S. Il. "A study on laundry IoT monitoring system for life safety". Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference, vol. 24, no. 1, pp.731-732, Apr. 2017.
- [9] D. Y. Park, K. S. Hong, Y. H. Park, I. C. Jeong, S. Y. Oh, S. M. Jeon, "Method of detecting drying residence time of clothes dryer". KR Patent 100556503B1. pp.5-8, 2003.
- [10] X. Xing, C. Zhang, J. Gu, Y. Zhang, X. Lv and Z. Zhuo. "Intelligent Drying Rack System based on Internet of Things", Journal of Physics, vol. 1887, no. 1, pp. 3-5, June 2021.

Authors



Nuri Kim received his BS degree in the department of computer engineering at Hoseo university, South Korea in 2022. He is currently working for Ltd. Board Robot. He is interested in IoT based smart systems.



Huhnkuk Lim received his Ph.D in the dept. of computer engineering from the Gwangju Institute of Science and Technology (GIST), South Korea in 2006. He is currently an associate professor in the department of

computer engineering at Hoseo university. His recent research area covers IoT, edge computing, AI and Named Data Networking (NDN) for connected vehicles. He had worked for the Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI) from 2006 to 2019 as a principal researcher.