

# Study on Real-Time Monitoring Platform for Countermeasures for Heatwave

Jung Kang Hee<sup>†</sup> · Kwak Chang Hyeok<sup>††</sup>

## ABSTRACT

Global warming has also increased the number of casualties caused by heat-related diseases caused by heat waves along with an increase in global temperature. The vulnerable groups from heat wave damage are outdoor workers and the elderly in particular, and it is necessary to respond the increasing heat wave damage. We propose a real-time control platform in order to reduce casualties of the vulnerable group from heatwaves, this research collects and analyzes user's vital signs data from wearable devices that generates alarms out of the suspected victims who are expected to be affected by heat-related illness and to respond quickly.

Keywords : Heat Waves, Casualties Caused, Analyzes, Control, Platform

## 폭염재난 대응 실시간 관제 플랫폼에 관한 연구

정 강 희<sup>†</sup> · 광 창 혁<sup>††</sup>

## 요 약

지구온난화는 세계적인 기온의 상승과 함께 폭염으로 인한 온열질환의 인명피해도 증가하고 있다. 특히, 주요 온열질환 취약계층은 실외작업자와 고령자이며, 점차 증가하는 폭염 피해에 대응이 필요한 실정이다. 본 연구는 온열질환 취약계층을 대상으로 폭염 피해를 대응하는 방안으로 웨어러블 디바이스로부터 사용자의 활력 징후 데이터의 수집 및 분석을 통해, 온열질환 피해가 예상되는 의심환자에 대한 이벤트를 발생시켜 신속한 대응을 할 수 있는 실시간 관제 플랫폼을 제안한다.

키워드 : 폭염, 인명피해, 분석, 관제, 플랫폼

## 1. 서 론

세계적인 지구온난화로 인한 기후변화는 폭염일수와 피해가 나날이 증가하고 있다. 국내에서는 지난 2018년 최악의 폭염 재난을 경험했다. 문헌[1,2]에 따르면, 한반도는 21세기 후반에 여름철의 30% 이상이 폭염일에 해당할 것으로 전망했으며, 2060년경에는 온열질환으로 인한 사망자가 최대 7.2배 증가할 것으로 예측했다.

지난 2018년에 기록된 온열질환자와 사망자는 각각 4,526명, 48명으로 이전 7년간 누적 통계와 비교하여 온열질환자는 57%에 이르며, 사망자는 4.5배 증가했다[3].

※ 이 논문은 행정안전부 재난안전산업육성지원 사업의 연구비 지원(2019-MOIS32-028)에 의해 수행되었음.

※ 이 논문은 2021년 한국정보처리학회 ACK 2021에서 "폭염재난 인명피해 대응을 위한 실시간 온열질환 플랫폼 고도화 연구"의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

† 정 회 원 : 위니텍 부설연구소 과장

†† 비 회 원 : 위니텍 부설연구소 사원

Manuscript Received : December 29, 2021

Accepted : January 24, 2022

\* Corresponding Author : Jung Kang Hee(fumutfu@winitech.com)

문헌[4,5]에 의하면, 지난 30년간 전국에서 폭염일수가 가장 많은 도시는 대구광역시다. 이는 분지라는 지리적 특성, 기상 조건, 그리고 도시구조가 도시열섬 현상을 형성하는 것으로 나타내고 있다.

대구시는 매년 여름철 폭염 재난에 대한 피해를 최소화하기 위해, 지역 현안의 해결과제를 지원하거나 사업 및 시민들과의 협업을 추진하고 있다.

이러한 상황을 고려하여 본 연구진들은 폭염 취약 계층을 대상으로 온열질환에 대한 인명피해를 최소화하고자, 폭염 취약 계층 대상자의 심박수나 체온 등의 활력 징후 데이터를 통한 온열질환 의심 환자 관제 시스템에 관한 연구를 지속했다[6,7].

본 연구는 이전 연구[7]에 관제 시스템을 고도화하여, 온열질환 의심 환자 판별알고리즘 및 실시간 모바일 앱 알림 서비스 등 플랫폼 고도화 작업을 진행했다.

## 2. 연구 동향

생활 안전관제 플랫폼에 대한 국외의 동향은 보험사 또는

의료시설이 클라이언트를 대상으로 IoT 기술을 통해 클라이언트의 건강상태를 모니터링하거나 원격 진료하는 등의 헬스케어 서비스를 제공하고 있다[8].

그러나, 국내의 경우에는 생활 안전관제 플랫폼의 관련 성능에 대한 기준이나 국민의 의견 수렴을 통한 실생활에 적용 가능한 서비스에 관한 연구는 미비한 상황이다.

### 3. 플랫폼 설계

#### 3.1 폭염 관제 플랫폼의 개요 및 구성

Fig. 1은 폭염 관제 플랫폼의 아키텍처를 나타낸다. 폭염 대응 웨어러블 디바이스로부터 활력 징후 데이터를 수집하여 연계 블록으로 전송하는 블록, 활력 징후 데이터 수집 및 외부 기상청 API를 통해 주기적으로 기상 정보를 수집하여 폭염 관제 플랫폼으로 연계하는 블록, 임계치 기준 및 기계학습을 통해 실시간 온열질환 의심환자를 분석하는 블록, 실시간 이벤트를 모니터링하고 각종 상황에 대응할 수 있도록 하는 관제 블록, 그리고 모든 데이터를 저장·관리하는 데이터베이스로 구성한다.

#### 3.2 활력 징후 데이터 수집 블록

폭염 대응 웨어러블 디바이스로부터 활력 징후를 수신받아 연계 블록으로 전달하는 수집 블록의 구성은 Fig. 2와 같다. DghwApp은 BLE 통신으로 착용자의 활력 징후 데이터를 수집하고 GPS 정보를 포함해 1분마다 DghwRest 모듈로 전송한다. DghwRest 모듈은 수신받은 데이터를 IoT 데이터 연계 모듈로 전달한다.

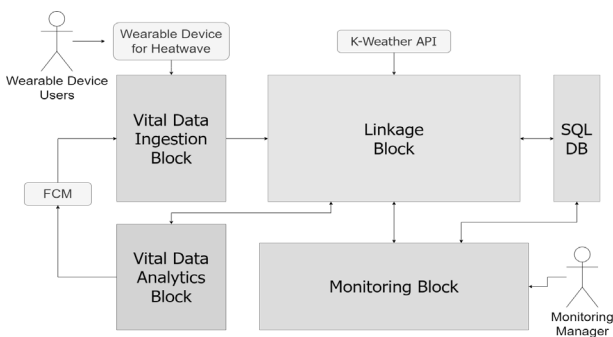


Fig. 1. A Diagram of Monitoring Platform for Heatwave Countermeasures

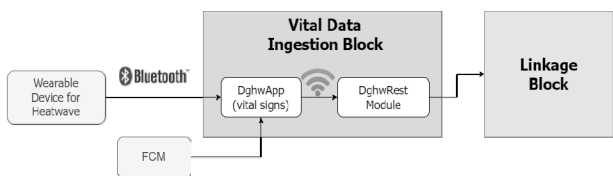


Fig. 2. Vital Data Ingestion Block's Diagram

DghwApp을 사용하는 디바이스 착용자는 온열질환 의심 시에 FCM(Firebase Cloud Messaging) 기능을 통해 실시간 알림 메시지를 받을 수 있다.

#### 3.3 연계 블록

실시간 활력 징후 데이터 수집 및 외부 기상청 데이터를 조회하여 분석, 관제, 그리고 DB로 연계하는 연계 블록의 구성은 Fig. 3과 같다. 연계 블록은 FBP (Flow-based Programming) 방식으로 데이터 연결하는 주요 연계 모듈과 동일한 비동기식 방식이나 데이터 활용처에 따라 분류한 IoT 데이터 연계 모듈과 플랫폼 데이터 연계 모듈로 구성했다. 이때, FBP 연계 모듈은 수집한 모든 데이터를 SQL DB에 저장한다.

#### 3.4 활력 징후 데이터 분석 모듈

연계 블록으로부터 받은 활력 징후 데이터를 분석하여 실시간으로 온열질환 의심환자를 판별하는 분석 블록의 구성은 Fig. 4와 같다. 수신받은 사용자의 활력 징후 데이터를 임계치 기반과 온열질환 의심환자 판별 알고리즘을 적용하여 의심환자 여부를 판별한다. 온열질환 의심환자 판별 알고리즘에서 판별된 의심환자 이벤트 발생 정보는 FCM과 연계 블록을 통해 각각 디바이스 착용자와 관제 담당자에게 전송된다.

#### 3.5 관제 블록

관제 담당자에게 폭염 대응 웨어러블 디바이스의 착용자들을 관리하기 위해 제공되는 블록인 관제 블록의 구성 Fig. 5와 같다. 관제 블록은 디바이스 및 사용자 관리 등 관제에 필

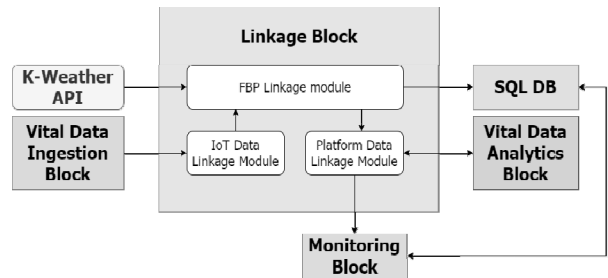


Fig. 3. Linkage Block's Diagram

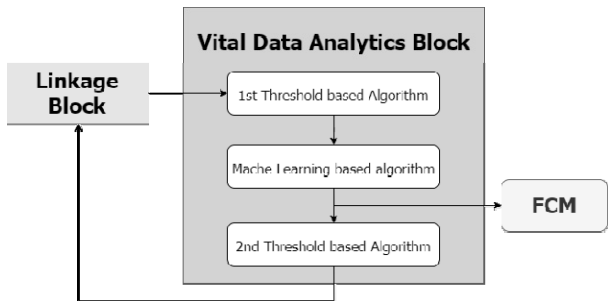


Fig. 4. Vital Data Analytics Block's Diagram

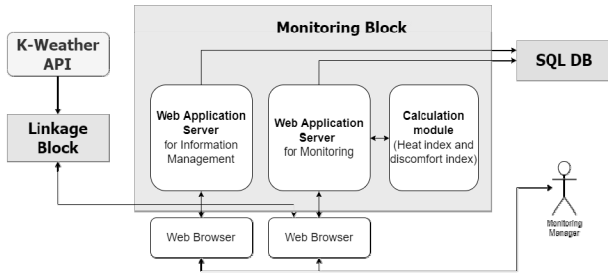


Fig. 5. Monitoring Block's Diagram

요한 정보를 관리하는 정보 관리 서버(모듈)와 실시간 상황을 관제하는 관제 서버 (모듈), 그리고 기상 정보를 통해 10분 주기로 여름철 생활지수를 도출하여 관제 화면에 표출할 수 있도록 하는 여름철 생활지수 도출 모듈로 구성한다.

특히, 관제 담당자가 상호 작용하는 관제 웹 브라우저에서는 연계 모듈을 통해 실시간으로 온열질환 의심환자 이벤트를 받아 관제 화면에 표출해주고 관제자의 대응에 따른 재난 상황 진척 관리(발생, 접수, 전파, 종결)가 가능하며, 의심환자에 대한 상세정보, GIS 기반 위치정보, 센서 이력 정보, 등을 확인할 수 있다[7].

#### 4. 플랫폼 구현

##### 4.1 활력 징후 데이터 수집

DghwApp은 Fig. 6과 같이 웨어러블 디바이스로부터 수집한 디바이스 착용자의 활력 징후 데이터와 GPS 정보를 포함해 DghwRest 모듈로 전송한다.

##### 4.2 활력 징후 데이터 연계

FBP 연계 모듈은 Fig. 7과 같이 DghwRest 모듈에서 전송한 활력 징후 데이터를 비동기방식으로 수집하거나, 주기적으로 기상데이터를 조회한다. 이후, DB에 저장할 수 있도록 데이터를 가공하거나, 플랫폼 데이터 연계 모듈로 전송한다.

플랫폼 데이터 연계 모듈은 Fig. 3과 Fig. 5와 같이 활력 징후 데이터 분석 블록에서 판별된 온열질환 의심환자 발생 정보를 관제 블록으로 전송함으로써, 관제 모듈에서 실시간 온열질환 의심환자 발생 정보를 감지할 수 있도록 한다.

##### 4.3 데이터 분석 알고리즘

활력 징후 데이터 분석 블록은 수신받은 활력 징후 데이터를 Fig. 8과 같이 정상 구간을 제외한 모든 구역에 대해 1차로 임계치 기반으로 기계학습 알고리즘에서 요구하는 활력 징후 데이터만 필터링했다.

온열질환 의심환자 판별 알고리즘으로는 Fig. 9와 같이 기계학습 분야의 SVM(Support Vector Machine)을 사용하여 판별이 이루어진다. 이때, 사용하는 데이터 세트는 문헌 [9]을 참고했다.

DghwApp		
BLUETOOTH ON	BLUETOOTH OFF	ON
CONNECT	WI-FI	
Hour	21-12-30 10:28:45	
Temperature	22.6	
Heart rate	66.09	
Skin conductance	645.0	
Outside Temp	3.55	
Outside Humi	30.23	
Etc	355.46	
GPS	128.54163,35.83597	

Fig. 6. Main View of DghwApp

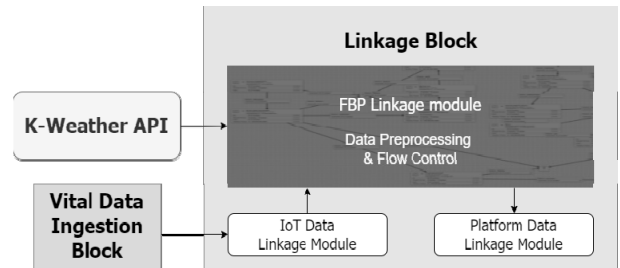


Fig. 7. Linkage Block's Disagram



Fig 8. 4 Thresholds and 5 Category

```

// 파이썬 http: 적용알고리즘
isNewEvent = pythonLick.callPyAlgo(
    PythonLinkConfig.PythonLinkURL.REMOTE, vs_bt, vs_hr);

if (isNewEvent)
    def _init_(self):
        self.svm_model = self.loadSVMModel('svmModel.sav')
        log info (문열질환 의심);
} else {
    def 예측파라미터(self, '분석할 데이터셋'):
        inputData = 데이터셋 정제 * 해당 형태 및 필수 타입으로 변환
        log info (정상, 경계값, api연결오류);
        return self.svm_model.predict(inputData)
}
    
```

Fig 9. SVM Patient Identification Algorithm

본 연구에서는 또한, 폭염 대응 관제 플랫폼의 확장성을 고려하여 Fig. 10과 같이 체온, 심박수, 피부 전도도 등의 활력 징후 데이터를 임계치를 기준으로 다양하게 분류를 했다.

##### 4.4 실시간 알림

웨어러블 디바이스 착용자에게는 Fig. 11과 같이 분석 블

```

@Override
public DghwEventData DetectBodyTemperatureData(float vs_bt) {
    if (vs_bt >= DghwThreshold.VS_BT_NORMAL && vs_bt <= DghwThreshold.VS_BT_HIGH_WARN) {
        return DghwEventData.builder().emcOccurred(false).build();
    }
    else if (vs_bt > DghwThreshold.VS_BT_HIGH_WARN && vs_bt <= DghwThreshold.VS_BT_DANGER) {
        log.debug("위. {} < {} <= {}", DghwThreshold.VS_BT_HIGH_WARN, vs_bt, DghwThreshold.VS_BT_DANGER);
        return DghwEventData.builder()
            .emcObj(DghwDaCoder.EVENT_VITAL_SIGN_BODY_TEMPER)
            .emcStat(DghwDaCoder.EVENT_LV_WARN_HIGH)
            .emcType(DghwDaCoder.EVENT_TYPE_물감)
            .emcOccurred(true)
            .build();
    }
}
    
```

Fig. 10. Threshold Vital Signs Classification Algorithm

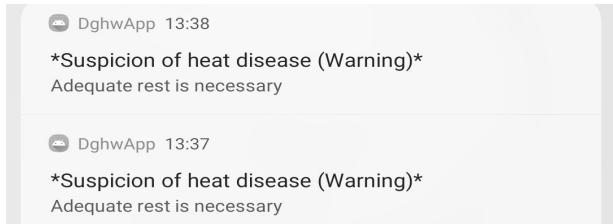


Fig 11. Suspected Victims Real-time Alarm Service

록으로부터 위험이 감지되면 FCM을 사용하여 실시간 알림을 보내준다. 관계 모듈의 관계자 메시지와는 다르게 온열질환 의심 여부 판별시 시스템적으로 DghwApp으로 알림이 가고 디바이스 착용자가 실시간으로 자신의 상태를 파악할 수 있게 해준다.

4.5 여름철 생활지수 분석

Fig. 12는 데이터 연계 모듈이 10분당 동네예보 데이터를 수집한 기상데이터를 바탕으로 온도와 습도 요소를 가지고 실내 및 실외 생활에 영향을 미치는 생활지수인 열지수와 불쾌지수를 도출한 데이터를 나타낸다.

Fig. 13은 열지수별 단계와 설명을 나타낸 것으로, 여름철 낮 시간대에 오랜 외부 작업을 방지하기 위한 지표로 활용될 수 있다[10].

"Date : 20211207, Hour : 2350, Temp : 6.7, Humi : 65, HeatIndex : 46.7434, DiscomfortIndex : 46.7465"	65, HeatIndex : 46.7434, DiscomfortIndex : 46.7465"
"Date : 20211207, Hour : 2340, Temp : 7.1, Humi : 63, HeatIndex : 47.4703, DiscomfortIndex : 45.5673"	63, HeatIndex : 47.4703, DiscomfortIndex : 45.5673"
"Date : 20211207, Hour : 2330, Temp : 7.1, Humi : 63, HeatIndex : 47.4703, DiscomfortIndex : 45.5673"	63, HeatIndex : 47.4703, DiscomfortIndex : 45.5673"
"Date : 20211207, Hour : 2320, Temp : 7.2, Humi : 63, HeatIndex : 47.6136, DiscomfortIndex : 45.2571"	63, HeatIndex : 47.6136, DiscomfortIndex : 45.2571"
"Date : 20211207, Hour : 2310, Temp : 7.8, Humi : 63, HeatIndex : 48.4739, DiscomfortIndex : 43.4437"	63, HeatIndex : 48.4739, DiscomfortIndex : 43.4437"
"Date : 20211207, Hour : 2300, Temp : 8.2, Humi : 60, HeatIndex : 49.2328, DiscomfortIndex : 42.3671"	60, HeatIndex : 49.2328, DiscomfortIndex : 42.3671"
"Date : 20211207, Hour : 2250, Temp : 8.3, Humi : 61, HeatIndex : 49.3124, DiscomfortIndex : 42.0796"	61, HeatIndex : 49.3124, DiscomfortIndex : 42.0796"
"Date : 20211207, Hour : 2240, Temp : 8.6, Humi : 59, HeatIndex : 49.8523, DiscomfortIndex : 41.2701"	59, HeatIndex : 49.8523, DiscomfortIndex : 41.2701"
"Date : 20211207, Hour : 2230, Temp : 9.1, Humi : 58, HeatIndex : 50.6022, DiscomfortIndex : 39.9555"	58, HeatIndex : 50.6022, DiscomfortIndex : 39.9555"
"Date : 20211207, Hour : 2210, Temp : 9.5, Humi : 56, HeatIndex : 51.2538, DiscomfortIndex : 38.9067"	56, HeatIndex : 51.2538, DiscomfortIndex : 38.9067"
"Date : 20211207, Hour : 2200, Temp : 9.5, Humi : 56, HeatIndex : 51.2538, DiscomfortIndex : 38.9067"	56, HeatIndex : 51.2538, DiscomfortIndex : 38.9067"
"Date : 20211207, Hour : 2150, Temp : 9.5, Humi : 55, HeatIndex : 51.3027, DiscomfortIndex : 38.8507"	55, HeatIndex : 51.3027, DiscomfortIndex : 38.8507"
"Date : 20211207, Hour : 2140, Temp : 9.3, Humi : 53, HeatIndex : 51.1337, DiscomfortIndex : 39.1419"	53, HeatIndex : 51.1337, DiscomfortIndex : 39.1419"

Fig. 12. Weather Index (Heat Index, Discomfort Index)

Categories	Heat Index	Description
Extreme Danger	≥ 54	Heatstroke or sunstroke are imminent.
Danger	41 ~ 54	Sunstroke, heat cramps or heat exhaustion are likely. Heatstroke with prolonged exposure and physical activity.
Caution	32 ~ 41	Sunstroke, heat cramps and heat exhaustion with prolonged exposure and physical activity under these conditions.
Extream Caution	≤ 32	Fatigue with prolonged exposure and physical activity

Fig. 13. Health Effect of the Heat Index

5. 플랫폼 성능 평가

5.1 정보관리 사용성 평가

정보 관리 페이지는 Fig. 14와 같이 웨어러블 디바이스 사용자의 모니터링에 필요한 디바이스를 사용하는 사용자 정보, 사용자가 소속된 센터 정보, 웨어러블 디바이스 정보 등을 관리할 수 있다.

정보 관리 페이지는 또한, 관계 담당자가 정보를 관리하는 동안 발생할 수 있는 데이터 입력 누락, 및 오타를 방지를 위해, Fig. 15와 같이 정규식을 반영하여 관계 플랫폼에서 발생할 수 있는 오류를 최소화하고자 했다.

5.2 부하 테스트

실시간 관계 플랫폼의 연계 모듈에 대한 성능 분석 및 측정하기 위해, 부하 테스트 도구인 Apache Jmeter Version 5.4.1을 사용했고, MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) Jmeter Plugin을 사용했다.

Fig. 16은 평가에 사용한 설정값으로 400개의 스레드를 3분간 (생성 1분, 전송 1분, 종료 1분) 실행하도록 했다.

Fig. 17은 400개의 스레드가 IoT 데이터 연계 모듈로 MQTT 3.1.1 버전에 약 400바이트 크기의 전송 데이터를 전송하도록 설정한 것이다.

성공률에 대한 기준은 Fig. 18과 Fig. 19와 같이 연계 블록에서 IoT 데이터 연계 모듈로 전송된 스레드 데이터를 추



Fig 14. Information Management Screen

```

const RegExp = /^[a-zA-Z0-9]{2,12}$/;
const RegExpNic = /^[가-힣a-zA-Z0-9_-]{2,}$/;
const RegExpTel = /01([01|6|7|8|9])-[0-9]{3,4}-?([0-9]{4})$/;
const RegExpTelhome = /^(0(2|3|1-3)|4[1-4]|5[1-5]|6[1-4])-(\d{3,4})-(\d{4})$/;
const RegExpGps = /^[-]?[0-9]{1,3}\.[0-9]{3,6}$/;

if(o_name == null || $.trim(o_name).length == 0) {
    alert("등록할 관리자(업체)를 입력하세요.");
    return false;
}
if(!RegExpNic.test(o_name)){ //아이디 유효성검사
    alert("관리자(업체)는 2자 이상의 한글 영문 숫자로만 입력하여 주세요.");
    return false;
}
if(o_agency == null || $.trim(o_agency).length == 0) {
    alert("등록할 대상지 소속명을 선택하세요.");
    return false;
}
    
```

Fig. 15. Input Pattern Normalization

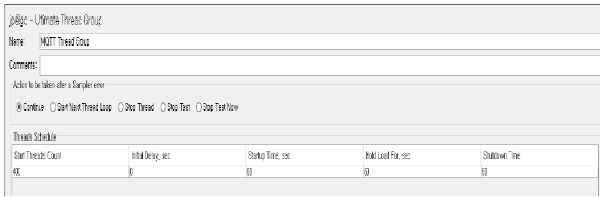


Fig. 16. MQTT Connection Test Parameters

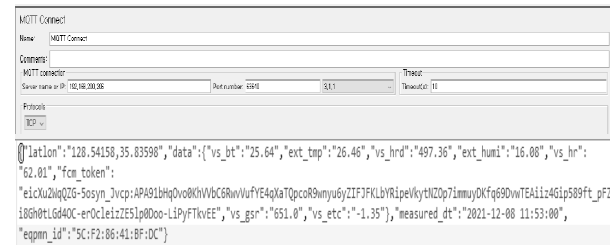


Fig. 17. MQTT Connection Information

Label	Samples	Average	Min	Max	Error %
MQTT Connect	1600	9	7	68	0.00%
MQTT Pub Sampler	1600	11	8	83	0.00%
MQTT DisConnect	1200	2	1	34	0.00%
TOTAL	4400	8	1	83	0.00%

Fig. 18. The Result Status of MQTT Connection Test

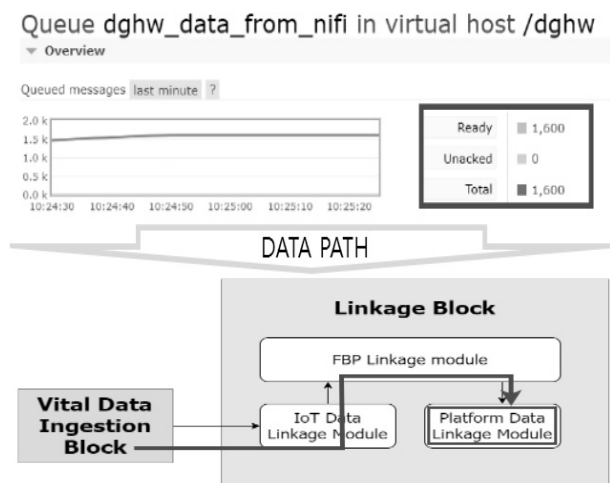


Fig. 19. The Number of Received Data on Platform Data Linkage Module

출하여 플랫폼 데이터 연계 모듈로 전송한 개수와 비교했으며, 목표 기준인 성공률 99%를 달성했다.

## 6. 결 론

지구온난화로 인한 기온의 상승은 전 세계는 현재 지구온난화 등을 고려해 유엔기후변화협약이나 기후변화 시나리오 등 이상 기후변화에 대해 민감하게 대응하고 있으며, 국내에서도 정부, 지자체, 그리고 산학연 등 많은 기관에서 기후변

화에 대한 대응을 진행하고 있다.

본 연구는 지구온난화로 증가하고 있는 폭염 재난 상황에서 온열 질환으로 인한 인명피해를 최소화하는 방안의 일환으로 온열 질환 취약계층인 실외작업자와 노약자를 대상으로 온열 질환 의심환자를 실시간으로 관제하는 플랫폼을 개발했다. 또한, 공인 인증기관에서 기능 및 성능 측면에 대한 검증과 리빙랩 운영을 진행했다.

본 연구는 특정 지역의 폭염 재난을 고려한 관제 시스템으로 현장 정보 수집 및 실시간 분석 알고리즘에 따라 높은 온도를 주로 다루는 제철소와 같은 공장에서도 활용할 수 있다.

## References

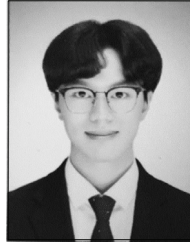
- [1] Korea Meteorological Administration, "Korean Climate Change Assessment Report," pp.264, 2020.
- [2] D. W. Kim, R. Deo, J. H. Chung, and J. S. Lee, "Projection of heat wave mortality related to climate change in Korea," Vol.80, No.1, pp.623-637, 2016.
- [3] Korea Disease Control and Prevention Agency, "2018 Annual Report on the Notified Patients with Heat-related illness in Korea," 2018.
- [4] K. Kim and J. H. Eum, "Policies for improving thermal environment using vulnerability assessment - A case study of Daegu, Korea," *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol.21, No.2, pp.1-23, 2018.
- [5] Y. S. Kwon, "Estimation and countermeasure of the heat wave cause of Daegu metropolitan basin from the urban structural dimension," *The Korea Spatial Planning Review*, Vol.98, pp.23-35, 2018.
- [6] K. H. Jung, K. M. So, and B. H. Jung, "A Study on Heat Illness Monitoring System for Heat Wave," *The KIPS Fall Conference 2019*, Vol.26, No.2, 2019.
- [7] K. H. Jung, C. H. Kwok, K. M. So, and B. H. Jung, "A study on the real-time monitoring system for vulnerable people of thermal diseases," *The KIPS Fall Conference 2020*, Vol.27, No.2, 2020.
- [8] Healthcare Technology Solutions to Transform Health, accessed Jan. 26, 2022. [Internet], <https://www.ibm.com/kr-ko/watson-health>.
- [9] S. T. Chen, S. S. Lin, C. W. Lan, and H. Y. Hsu, "Design and development of a wearable device for heat stroke detection," *Sensors*, Vol.18, No.1, pp.17-31, 2017.
- [10] J. Y. Kang, B. C. Park, J. B. Heo, and K. W. Kim, "Applicability of heat index for effective heatwave response," *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol.21, No.4, pp.23-30, 2021.



**정 강 희**

<https://orcid.org/0000-0001-7444-1018>  
e-mail : fumutfu@winitech.com  
2012년 선문대학교 컴퓨터공학과(학사)  
2014년 선문대학교 컴퓨터공학과(석사)  
2019년 선문대학교 컴퓨터공학과(박사)  
2018년~현 재 유니텍 부설연구소 과장

관심분야: Indoor Disaster &Geo-IoT &MSA



**곽 창 희**

<https://orcid.org/0000-0002-6879-8069>  
e-mail : zz962123@winitech.com  
2019년 조선대학교 전기공학과(학사)  
2020년~현 재 유니텍 부설연구소 사원  
관심분야: Front-end & Verification  
Methodology