

폭염 취약 계층용 온열질환 실시간 관제 시스템에 관한 연구

정강희*, 곽창혁*, 소강민*, 정병호*

*위니텍

zz962123@winitech.com

A Study on the Real-Time Monitoring System for Vulnerable People of Thermal Diseases

Kang-Hee Jung*, Chang-Hyeok Kwak*, Kang-Min So*, Byung-Ho Chung*

*R&D, Winitech

요 약

지구온난화 및 기후상승으로 폭염발생 일수 및 강도가 증가됨에 따라 온열질환으로 인한 인명피해가 꾸준히 증가되고 있다. 온열질환 발생은 폭염일수가 증가할수록 증가됨에 따라 폭염 취약 계층에 대한 피해 대응이 요구되고 있다. 본 연구에서는 폭염 취약 계층을 대상으로 폭염으로 인한 피해를 감소시키고자 온열질환용 웨어러블 디바이스 기반 실시간 활력 징후 데이터 수집 및 분석을 통해, 온열질환 의심환자 이벤트 발생에 대한 신속한 대응이나 여름철 생활지수를 통해 휴식을 권장하도록 지원할 수 있는 온열질환 모니터링 시스템을 제안한다.

1. 서론

세계는 지금 지구 온난화로 인한 기후 변화 등의 영향을 많이 받고 있다. 지난 한 세기 동안 우리나라의 연평균기온 변화는 0.18℃/10년 상승했으며, 여름 지속일수는 20세기 초(1912~41)에 비해 19일 길어졌다[1]. 또한, 지난 2018년 기록적인 폭염으로 인하여 폭염일수는 1973년 이래 가장 많은 31.5일로 나타났으며, 가장 높은 온도를 기록한 도시로는 41.0℃로 홍천이 기록됐다[2].

여름철 온열질환 환자의 피해 통계를 보면, 폭염 취약계층은 낮 시간대 실외 활동이나 고령자 중심으로 주로 나타난다. 특히, 폭염사망자 수와 폭염 일수는 정비례 관계로 최고 기온이 33℃ 이상일 때 사망자가 급증하고 있다[3, 4, 5]. 이와같이 지구온난화와 기온상승이 지속될 경우, 폭염 발생 빈도는 2050년까지 2~6배 증가될 것으로 예측되고 있다[6].

최근 개정된 재난안전법을 통해 정부는 폭염을 자연재난으로 포함시키고, 범정부적 폭염 대응 체계 구축과 시설 운영을 하고 있으나 사회적인 대응이나 근본적 대책이 필요한 실정이다.

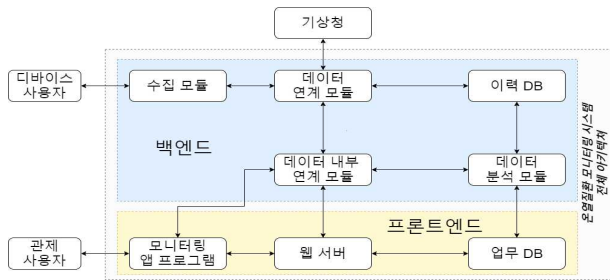
이러한 인명피해를 감소시키기 위하여, 본 연구에서는 폭염 취약 계층 대상으로 체온이나 심박수와 같은 활력 징후 데이터를 웨어러블 디바이스를 통해

수집 및 분석하여, 온열질환 의심환자 발생시 관제 화면에 실시간으로 표출함과 동시에 여름철 활동에 중요한 생활지수를 나타냄으로써 관제담당자가 디바이스 사용자에게 휴식을 권장 등 폭염으로 인한 온열질환 의심환자에 대해 신속한 대응과 조치를 취할 수 있는 모니터링 시스템을 제안한다.

2. 온열질환 시스템 개요 및 구성

온열질환용 활력 징후 수집 웨어러블 디바이스에서 전송한 데이터를 실시간으로 수집·분석 과정을 통해 온열질환 의심 환자 발생 여부를 판단하고 의심 환자 징후를 포착할 경우, 관제담당자가 실시간으로 확인할 수 있게 하거나 시간당 갱신되는 여름철 생활 지수(열지수, 불쾌지수)를 통해 폭염에 조기 대처를 할수 있게 지원함으로써 온열질환으로 인한 인명피해를 최소화시킬 수 있는 관제 시스템이다.

<그림 1>과 같이 실시간 온열질환 모니터링 시스템의 구성은 크게 사용자와 독립적으로 동작하는 백엔드와 사용자와 밀접하게 관련이 있는 프론트엔드로 구분하고, 구성요소는 다음과 같다.



(그림 1) 전체 시스템 구성도

○ 백엔드 구성요소

- 폭염 웨어러블 디바이스 활력 징후 수집 모듈
- 수집 모듈부터 이력 DB까지 데이터의 흐름 제어와 데이터 전처리 기능을 갖춘 데이터 연계 모듈
- 온열질환 웨어러블 디바이스의 활력 징후 데이터를 보관하는 이력 DB
- 기상 데이터 기반 여름철 생활지수 도출 및 온열질환 의심 환자 판별 알고리즘을 적용한 데이터 분석 모듈
- 백엔드와 프론트엔드를 연결하고 실시간 메시지를 전달하기 위한 내부 연계 모듈

○ 프론트엔드 구성요소

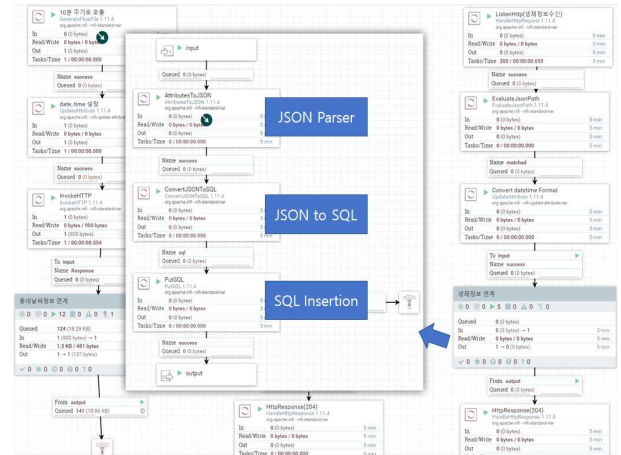
- 웨어러블 디바이스 사용자의 위치를 직관적으로 파악하기 위한 GIS 서버 모듈
- 온열질환 모니터링 시스템 운영에 필요한 업무 DB
- 폭염 대응 웨어러블 디바이스 사용자의 온열질환 의심 환자 발생 여부를 관제할 건설 현장 담당자나 사회복지사가 사용할 모니터링 시스템을 배포할 웹 서버 모듈
- 실시간 온열질환 의심 환자 이벤트 발생 알람 서비스

3. 온열질환 시스템 백엔드 개발



(그림 2) 생체정보 데이터 포맷

<그림 2>는 수집모듈에서 수집한 활력 징후 데이터를 나타낸 것이다. 수집하는 활력 징후의 종류로는 호흡수, 맥박수, 심박수, 그리고 피부전도(GSR) 데이터를 수집하며, 가상의 디바이스 정보, 데이터 생성 시간, 그리고 GPS 위치 데이터를 포함한다.



(그림 3) 데이터 연계 모듈

(기상정보, 생체정보 연계)

data_num	msg_dt	msg_gps	measured_dt	vs_bt	vs_rc	vs_hr	vs_gsr
576	2020-09-10 10:27:32	128.543848, 35.837718	2020-09-10 10:27:32	36.9	70	17	303
579	2020-09-10 10:27:32	128.543848, 35.837718	2020-09-10 10:27:32	37.2	76	19	268
580	2020-09-10 10:27:32	128.543848, 35.837718	2020-09-10 10:27:32	36.8	77	16	233
581	2020-09-10 10:34:32	128.543848, 35.837718	2020-09-10 10:34:32	36.7	78	17	287
582	2020-09-10 10:34:32	128.543848, 35.837718	2020-09-10 10:34:32	37.0	81	15	299
583	2020-09-10 10:34:32	128.543848, 35.837718	2020-09-10 10:34:32	37.1	81	15	295
584	2020-09-10 10:34:32	128.543848, 35.837718	2020-09-10 10:34:32	36.5	75	15	307
585	2020-09-10 10:34:32	128.543848, 35.837718	2020-09-10 10:34:32	36.5	70	16	363
586	2020-09-10 10:34:32	128.543848, 35.837718	2020-09-10 10:34:32	36.8	77	17	218
587	2020-09-10 10:41:32	128.543848, 35.837718	2020-09-10 10:41:32	36.3	75	21	230
588	2020-09-10 10:41:32	128.543848, 35.837718	2020-09-10 10:41:32	36.9	70	20	248

(그림 4) 웨어러블 디바이스 가상데이터 수집

<그림 3>은 수집모듈에서 활력 징후 데이터를 추출하여 이력 DB에 저장하기 위한 과정을 나타내며, <그림 4>는 <그림 3>의 과정을 통해 저장된 데이터를 나타낸다.

```

emc_no: "edou_200914131354_63"
emc_obj: "01799"
emc_stat: "01999"
emc_type: "01899"
eqpmn_id: "AA:BB:CC:DD:EE:FE"
event_progres_stat: "02001"
latlon: "128.678634, 35.844131"
measured_dt: "2020-09-14 13:11:54"
vs_bt: "78"
vs_rc: "36.2"
vs_hr: "344"
vs_gsr: "29"

```

(그림 5) 의심환자 발생 이벤트 데이터

<그림 5>는 실시간 수집 데이터를 바탕으로 데

이터 분석 모듈에서 의심환자 분석을 통해 생성된 의심환자 발생 이벤트 데이터를 나타낸다.

의심환자 발생 이벤트 데이터에는 이벤트 번호, 이벤트 유형(온열질환 유형), 이벤트 발생 대상(활동징후 유형), 이벤트 발생 상태(임계값 고저), 그리고 이벤트 진행상태의 값을 포함한다.

이벤트 진행상태 값은 의심환자 이벤트 한 건에 대한 본 시스템에서의 처리 과정을 나타낸다. 진행상태는 총 4단계로 이뤄지며, 각각 발생, 접수, 전파, 종결을 나타낸다.

4. 온열질환 대비 여름철 생활지수 도출

Measured: 1440, Temp: 35, Humi: 52, Corruption: 0.000, Discomfort: 85.232, Heat: 41.477
 Measured: 1430, Temp: 35.1, Humi: 55, Corruption: 0.000, Discomfort: 85.978, Heat: 43.016
 Measured: 1420, Temp: 35.5, Humi: 54, Corruption: 0.000, Discomfort: 86.311, Heat: 43.642
 Measured: 1410, Temp: 34.8, Humi: 56, Corruption: 0.000, Discomfort: 85.773, Heat: 42.649
 Measured: 1400, Temp: 34.5, Humi: 56, Corruption: 0.000, Discomfort: 85.364, Heat: 41.852
 Measured: 1350, Temp: 34.7, Humi: 55, Corruption: 0.000, Discomfort: 85.436, Heat: 41.958
 Measured: 1340, Temp: 34.4, Humi: 57, Corruption: 0.000, Discomfort: 85.425, Heat: 42.005
 Measured: 1330, Temp: 33.7, Humi: 57, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.463, Heat: 40.189
 Measured: 1320, Temp: 33.6, Humi: 56, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.136, Heat: 39.571
 Measured: 1310, Temp: 33.7, Humi: 56, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.272, Heat: 39.816
 Measured: 1300, Temp: 34.3, Humi: 55, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.894, Heat: 40.931
 Measured: 1250, Temp: 34.3, Humi: 53, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.501, Heat: 40.157
 Measured: 1240, Temp: 34.5, Humi: 53, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.768, Heat: 40.643
 Measured: 1230, Temp: 34.1, Humi: 56, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.818, Heat: 40.818
 Measured: 1220, Temp: 33.7, Humi: 59, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.844, Heat: 40.959
 Measured: 1210, Temp: 33.6, Humi: 56, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.136, Heat: 39.571
 Measured: 1200, Temp: 33.5, Humi: 57, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.188, Heat: 39.689
 Measured: 1150, Temp: 33, Humi: 56, Corruption: 0.000, Discomfort: 83.317, Heat: 38.140
 Measured: 1140, Temp: 34, Humi: 55, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.488, Heat: 40.182
 Measured: 1130, Temp: 33.6, Humi: 56, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.136, Heat: 39.571
 Measured: 1120, Temp: 33.5, Humi: 56, Corruption: 0.000, Discomfort: 83.999, Heat: 39.327
 Measured: 1110, Temp: 33.8, Humi: 56, Corruption: 0.000, Discomfort: 84.409, Heat: 40.064
 Measured: 1100, Temp: 33.4, Humi: 56, Corruption: 0.000, Discomfort: 83.863, Heat: 39.086

(그림 6) 여름철 생활지수 (열지수, 불쾌지수)

<그림 6>은 <그림 3>의 데이터 연계 모듈이 10분당 동네예보 데이터를 수집한 기상데이터를 바탕으로 온도와 습도 요소를 가지고 여름철 실내 및 실외 생활에 영향을 미치는 생활지수를 도출한 데이터를 나타낸다.

단계	지수 범위	설명
매우 높음	54 이상	보통 사람이 열에 지속적으로 노출될 경우, 열사·일사병 위험이 매우 높음
높음	41 ~ 54 미만	보통 사람이 열에 지속적으로 노출될 경우, 신체활동 시 일사병, 열경련, 열피해 위험이 높음
보통	32 ~ 41 미만	보통 사람이 열에 지속적으로 노출될 경우, 신체활동이 일사병, 열경련, 열피해 가능성 있음
낮음	32 미만	보통 사람이 열에 지속적으로 노출될 경우, 신체활동 시 피로 위험 높음

(그림 7) 열지수별 단계와 설명[7]

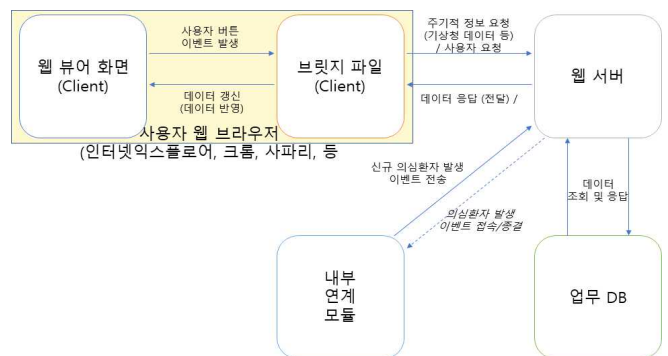
<그림 7>은 열지수별 단계와 설명을 나타낸 것으로, 여름철 낮 시간대에 오랜 외부 작업을 방지하기 위한 지표로 활용될 수 있다.

단계	지수 범위	설명
매우 높음	80 이상	전원 불쾌감
높음	75 ~ 80 미만	50% 정도의 불쾌감
보통	68 ~ 75 미만	불쾌감 느낌
낮음	68 미만	전원 쾌적함

(그림 8) 불쾌 지수별 단계와 설명

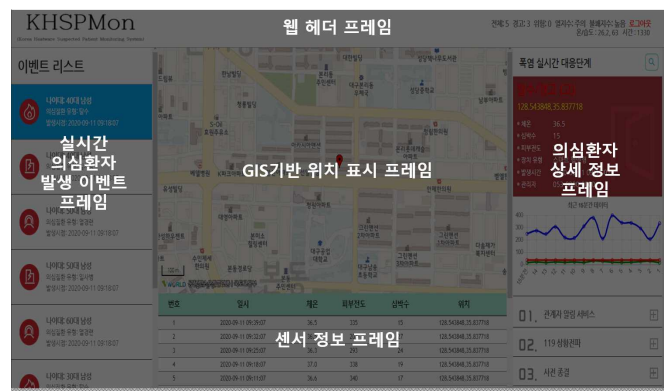
<그림 8>은 불쾌지수별 단계와 설명을 나타낸 것은 세계적 표준화지수는 아니지만 냉방 온도 결정에 활용되고 있으며, 냉방을 돌리지 않으면서 실내에 오래동안 머무르는 디바이스 사용자들을 방지하기 위한 지표이다.

5. 온열질환 시스템 프론트엔드 개발



(그림 9) 사용자 관점 데이터 흐름 개념도

관계사용자가 이용하는 웹 서버의 관계 화면은 실제로 화면에 보이는 웹 뷰어 파일과 데이터 갱신, 이벤트를 발생시키는 브릿지 파일로 구성되어 있고 업무 DB와 연결하여 데이터를 추가/수정/삭제 작업을 요청하거나 이벤트(접수, 전파, 종결)를 전송한다.



(그림 10) 온열질환 관제시스템 및 화면구성

본 관제 시스템은 <그림 10>과 같이 구성하였으

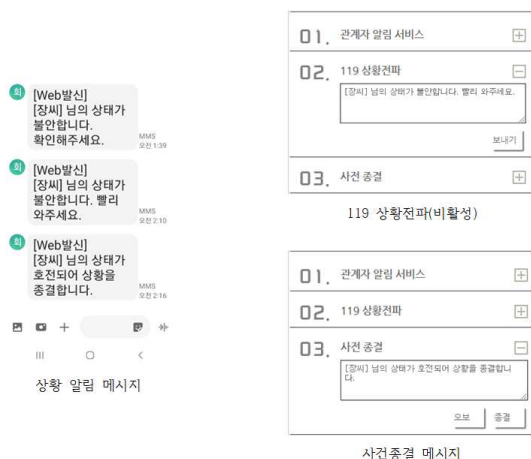
며, 실시간 의심환자 이벤트 표출 프레임, GIS 정보의 위치를 표출하는 전자지도 프레임, 의심환자 이벤트의 상세 정보를 표출하는 의심환자 상세 정보 프레임 등으로 구성했다.

신규 의심환자 이벤트 발생시, 실시간으로 이벤트 표출 프레임에 점멸 형태로 표출되며, 이벤트 발생 단계를 나타낸다.

점멸 중인 신규 이벤트 클릭시, 점멸 상태는 제거되고 이벤트 접수 상태로 상태가 변경된다. 접수 상태가 되면, 해당 이벤트 발생 지점으로 지도가 이동되고 해당 이벤트에 대한 상세 정보 및 디바이스 센서 정보가 동시에 표출된다.

이벤트 접수 상태에서 <그림 11>의 1번이나 2번에 등록된 의심환자 발생 알림 수신자에게 메시지를 전파하게 되면, 이벤트 전파 상태로 변경된다.

이벤트 종결 상태는 사건 처리 완료 후 전파 상태에서 <그림 11>의 3번 항목의 종결 버튼을 클릭하면, 해당 의심환자 이벤트는 종결되고 이벤트 목록에서 사라지게 된다.



(그림 11) 상황 알림 메시지 서비스

전체: 5 경고: 3 위험: 0 열지수: 높음 불쾌지수: 높음 로그아웃
온/습도: 23.3, 78 시간: 1740

그림 12 여름철 생활지수 표출

<그림 12>는 <그림 6>에서 도출한 열지수 및 불쾌지수를 각각 단계에 맞춰 표출한 부분을 나타낸다.

6. 결론

본 연구는 폭염 재난에 대한 인명피해를 최소화하기 위한 목적으로, 주기적으로 활력 징후를 수집하고, 실시간 분석을 통해 온열질환 의심 환자 판별 후 위급시 담당자나 대리인에게 알람을 전파하거나 여름철 생활지수를 통해 담당자가 주의를 당부할 수 있도록 지원하는 온열질환 모니터링 시스템을 구축했다.

현재 의료계에서도 온열질환에 대한 표본 수는 적게 나타난다. 이는 초기 온열질환 증상으로 오더라도 질병이나 합병증으로 이어질 수도 있으며, 이는 유형별 환자 집계시 온열질환 명단에서 빠지게 된다. 지구온난화로 인하여 폭염일수가 매년 증가되고 있으며, 2018년 9월 재난안전법 개정으로 폭염 재난을 자연재난으로 포함 시키는 등 폭염재난에 대해 정부차원의 대응이 필요하다.

차후 연구 주제로는 실제 웨어러블 디바이스로부터 활력 징후 데이터를 수집하여 본 시스템과 연동하는 것이다.

사사표기

본 과제는 행정안전부 지역맞춤형 재난안전 연구개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(20009563).

참고문헌

- [1] 김진욱, 부경은, 최준태, 변영화, “한반도 100년의 기후변화”, 국립기상과학원, 2018.
- [2] 한국환경정책·평가연구원, 기후변화리스크연구단, “2020 폭염영향 보고서”, 한국환경정책·평가원. 2020.
- [3] 박성우, 조현정, 백수진, 유효순, 우경미., “2018년 온열질환 응급실감시체계 운영 결과”, 주간 건강과 질병, 제 12권 제 20호, 630-638쪽, 2019.
- [4] 이풍훈, “온열질환 진료경향 분석”, 건강보험심사평가원, 제 12권 6호, 55-63쪽, 2018.
- [5] 김도우, 정재학, 이종설, 이지선, “우리나라 폭염 인명피해 발생특징”, 한국기상학회 대기, 제 24권, 2호, 225-234쪽, 2014.
- [6] 황승식, “2018 폭염에 의한 건강피해 연구”, 질병관리본부, 3쪽, 2019.
- [7] 기상청 홈페이지, <https://www.kma.go.kr>, (검색일: 2020.09.17.)