KIPS Trans. Comp. and Comm. Sys.
Vol.12, No.2 pp.77~84
ISSN: 2287-5891 (Print), ISSN 2734-049X (Online)

https://doi.org/10.3745/KTCCS.2023.12.2.77

Development of a Real-Time Control & Management System with In-Vitro Diagnostic Medical Device for Dengue Fever

Changsun Ahn[†] · Yongho Park[††] · Jungdae Moon[†††] · Jongchan Park[††††] · Youngkon Seo[††††] · Allen Sohn[††††] · Yoonjong Choi[†††††] · Yanghwa Ha[††††††] · Bongsu Jung[†††††††] · Youngjoo Kim[††††††††]

ABSTRACT

Dengue virus transmission is a viral infection disease between humans and Aedes mosquitoes. Dengue is ubiquitous throughout the tropics and subtropical zones, where 1/3 of the global population live. The weather in Korea is also changing to subtropical weather, resulting in increased vulnerable Korean population to dengue virus transmission. It is important to control and prevent the dengue risk with track-recording & monitoring system. It is also required to have the control system to treat and monitor dengue patients with various cases such as regions, ages, genders according to the track-record of the disease. In this paper, we developed a Dengue Control & Prevention System, which can monitor and control dengue outbreaks in real-time with in-vitro diagnostic devices. Dengue Control & Prevention System is composed of in-vitro diagnostic device, which is a fluorescent immunoassay, and real-time monitoring system. In the future, we expect that our Dengue Control & Prevention System can be upgraded to have various disease information from Korea Disease Control and Prevention Agency for government policies and diseases control in Korea.

Keywords : Control System, Dengue Fever, In-Vitro Diagnostic, Biomarker, Dengue Virus

실시간 뎅기열 관리를 위한 관제시스템 개발

안 창 선[†] · 박 용 호[††] · 문 정 대[†††] · 박 종 찬[††††] · 서 영 곤[††††] · 손 유 락[††††] · 최 윤 종[†††††] · 하 양 화[††††††] · 정 봉 수[†††††††] · 김 영 주[††††††††]

요 약

뎅기열 발병은 전 세계 인구의 약 1/3이 거주하고 있는 열대, 아열대 기후에 집중되며, 우리나라도 아열대 기후로 바꾸고 있어 뎅기열 발병에 취약해지고 있다. 뎅기열은 감염병 관리 차원에서 진단 이력 관리가 중요하다. 감염병 이력에 따라서 지역별, 연령별, 남녀비율 등에 따라서 개개인의 치료 방법과 전략을 수립할 수 있는 체계가 필요하다. 본 논문에서는 뎅기열 관제시스템을 제안하며, 이러한 시스템은 뎅기열의 발병에 대한 체외진단기기를 이용한 실시간 집계방식으로 발병률과 사망률을 감소시킬 수 있는 전략을 수립하는 데 유용하게 활용될 수 있다. 뎅기열 관리를 위한 관제시스템 구성으로 형광면역진단 키트를 이용한 뎅기열 체외진단기기와 실시간 뎅기열 관제시스템으로 구성되어 있다. 본 논문으로 개발된 뎅기열 관제시스템은 향후 정부의 감염병 통합정보와 결합되어 다양한 감염병 관리 및 정책 활용을 위해서 활용될 수 있을 것이다.

키워드 : 관제시스템, 뎅기열, 체외진단기기, 바이오마커, 뎅기바이러스

1. 서 론

뎅기열(Dengue Fever)은 4가지의 뎅기 바이러스(DENV-1, DENV-2, DENV-3, DENV-4) 항원형에 의해 발병하는 감염성 질환으로 세계적으로 가장 넓게 발병하는 모기 매개 질환이다[1]. 뎅기열은 질병의 정도에 따라 경증의 뎅기열(Dengue Fever; DF)에서 중증의 뎅기 출혈열(Dengue Hemorrhagic Fever; DHF) 및 뎅기 쇼크 증후군(Dengue Shock Syndrome; DSS)까지 다양한 병리학적 상태를 가지고 있다[2].

2014~2018년까지 국내에 신고된 총 1,063명의 뎅기열

※ 본 논문은 산업통상자원부 우수기업연구소육성사업(ATC+)에 의하여 연구되었음(No.20009597).
† 준 회 원 : 광운대학교 의료기기개발지원센터 수석연구원
†† 비 회 원 : 건양대학교 의학과 생화학교실 연구원
††† 비 회 원 : (주)젠바디 중앙연구소 연구소장(이사)
†††† 비 회 원 : 광운대학교 의료기기개발지원센터 수석연구원
††††† 비 회 원 : (주)젠바디 중앙연구소 연구원
†††††† 비 회 원 : (주)젠바디 중앙연구소 선임연구원
††††††† 비 회 원 : 대구경북첨단의료산업진흥재단 책임연구원
†††††††† 비 회 원 : 광운대학교 바이오헬스융합학과 교수
Manuscript Received : July 12, 2022
First Revision : September 22, 2022
Accepted : October 24, 2022
* Corresponding Author : Bongsu Jung(najungno01@gmail.com)
Youngjoo Kim(biodesignkwu@gmail.com)

※ This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/ licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

환자 중, 뎅기 유전자 검사 결과 양성인 환자 중 PCR 검사에 의해 혈청형이 분류된 환자 수는 578명으로 4가지 혈청형 중 DENV-1이 35.1%로 가장 높았으며, DENV-2 28.9%, DENV-3 19.3% 순의 분포를 나타낸다. 연도별 혈청형 추이를 보면 2014년부터 2018년까지 상대적으로 DENV-1의 비율이 감소하였고 DENV-2의 비율이 증가하고 있다[3].

뎅기열은 동일 혈청형에 한 번 감염되면 평생 면역이 생기나 다른 혈청형에 이차 감염이 되면 뎅기 출혈열이나 뎅기쇼크증후군 등 더욱 심한 경과를 나타낸다. 또한 일차감염 후 이차 감염까지 시간이 길수록 더욱 심한 경과를 밟는 것으로 알려져 있다. 뎅기열의 발병 지역은 전 세계 인구의 약 1/3이 거주하고 있는 열대, 아열대 기후에 집중되어 있으며[4], 뎅기열이 풍토화되어 있는 국가 대부분은 개발도상국이다. 뎅기열 감염은 2010년 기준 연간 3억 9,000만 명으로 발생되며 이 중 9,600만 명이 중증 뎅기열에 감염된 것으로 추정한다[5].

이러한 수치는 세계보건기구의 뎅기열 발병 추정치의 3배 이상이며[5], 이러한 수치의 차이는 정확한 뎅기열의 진단 및 보고가 미흡하기 때문으로 사료된다. 또한, 뎅기열과 기후의 변화와 관련성을 확인하기 위한 모델을 사용한 결과, 온도가 증가할수록 뎅기열의 발병 확률은 증가할 것으로 예측되었고[6], 벡터 매개 질환(Vector-borne disease)과 관련이 있다[7]. 따라서, 국내도 뎅기열과 같은 벡터 매개 질환의 영향을 받을 것으로 예측되며[8], 뎅기열 외 황열, 말라리아와 같은 감염성 질환을 관리할 필요가 있다.

뎅기 바이러스는 주로 이집트숲모기(Aedes aegypti)에 의해 전파되기 때문에, 이집트숲모기의 주요 서식지인 열대 및 아열대 기후에서 뎅기열의 발병률이 높다. 특히, 뎅기열의 경우 산림 순환형(Sylvatic cycle) 질환이며[4, 9], 도서산간지역 뿐 아니라 도심지역에서도 빈번하게 발생하는 감염병이다[10]. 하지만, 도서산간지역의 경우 의료진 및 의료시설의 부족으로 뎅기열의 진단, 치료 및 집계 등 다양한 문제가 발생할 가능성이 높다. 특히, 중증 뎅기열의 치사율은 약 0.8-2.5%이지만, 치료 시기 및 환자 상태에 따라 1%에서 26%까지 차이가 나기 때문에[11-14], 조기에 진단 및 치료하는 것이 중요하다. 그리고 감염병은 발생 시 인근지역으로 전파속도가 빠르기 때문에 감염병 발생 지역을 즉각적으로 확인 및 관리할 필요가 있다.

또한 뎅기열은 감염병 관리 차원에서 진단 이력 관리가 중요하다. 감염병 이력에 따라서 지역별, 연령별, 남녀비율 등에 따라서 개개인의 치료 방법과 전략을 수립할 수 있는 체계가 필요하다. 우리나라 감염병 관제시스템은 “코로나바이러스감염증-19”가 대표적이며 발병 통계정보는 당일 0시기준으로 집계된다[15]. 따라서, 코로나바이러스감염증-19의 감염병 관제시스템의 사례를 참고하여, 뎅기열 관제시스템은 뎅기열의 발병에 대한 실시간 집계방식은 발병률과 사망률을 감소시킬 수 있는 전략을 수립하는 데 유용하게 활용될 것으로 예측된다.

2. 선행 연구

오비트랩(Ovitrap) 장치는 검은색 작은 용기 안으로 모기가 산란하도록 유인하여 포획 채집하여 모기의 유행 정도를 모니터링 하는 단순 장치다[23].

뎅기열 바이러스 매개 모기의 발생 시기와 발생 정도를 측정하는 오비트랩을 이용한 모니터링시스템은 우리나라를 포함한 동남아시아, 남미국가들에서 광범위하게 활동하는 모기를 기준으로 개체수, 발생 위치 등을 관리하는 기기이다. 이 기기를 이용해서 관리하는 모니터링시스템은 여러 나라에서 자국 실정에 맞추어서 사용되고 있다.

현재 싱가포르에서는 Geographic Information System (GIS) 기반으로 모기 오비트랩을 이용한 모기를 모니터링, 감시 및 제어를 하기 위한 도구로 사용되고, 발생 지역에 대한 뎅기열 조기 경보 신호 역할로써 광범위하게 사용되고 있다[24].

또한 브라질에서도 GIS 기술과 오비트랩 장치와 Monitoring System and Population Control of Aedes aegypti (SMCP-Aedes)는 오픈 기술을 이용해서 구성된 관제시스템이며 모기 채집과정에 대한 모니터링과 모기 개체수를 줄이기 위한 사전방제에 중점을 둔 모니터링 시스템을 개발하였다[25, 26]. 그러나, 이러한 해외 시스템은 단순히 모기 개체수를 모니터링하는 시스템이며 사전방제에 중점을 둔 모니터링시스템이다.

아직까지는 현재 각 나라에서 사용되고 있는 오비트랩 장치와 관제모니터링시스템에는 감염병이 환자에게 발생 전에

Table 1. Comparison of Dengue Fever Control Systems by Country

Item	Dengue Control System	Ovitrap Monitoring System	SMCP-Aedes
Country	Korea	Singapore	Brasil
Device	In-Vitro Diagnostic	Ovitrap	Ovitrap
Entity	Human	Mosquito	Mosquito
Inspection Method	Pre+Post	Pre	Pre
Infectious Expansion	O	X	X
Infectious Disease History Management	O	X	X

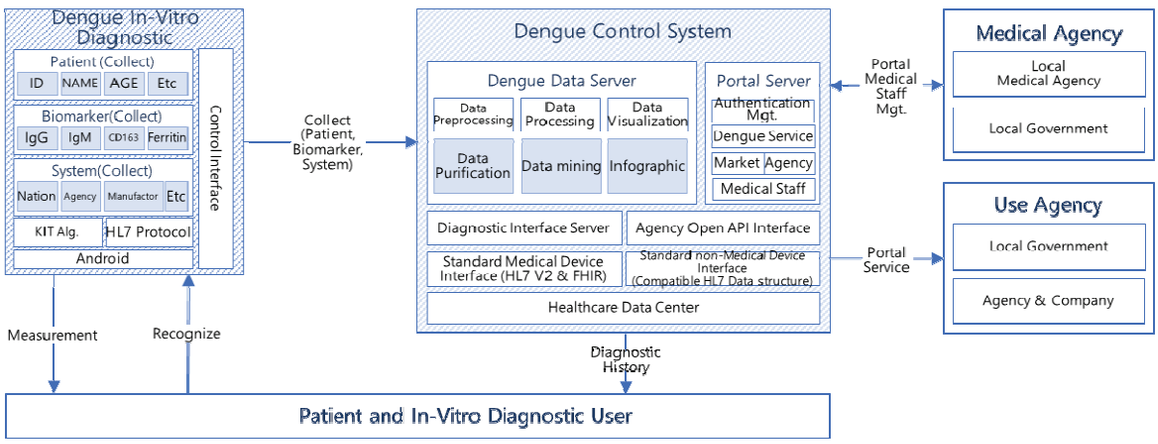

Fig. 1. Dengue Fever Control System Overall Configuration Diagram

예방 모니터링하고, 발생 후에도 환자를 추적하여 환자 이력을 관리하는 기능이 없다(Inspection Method).

이에 비해서 본 논문에서 제시된 뎅기열 관제시스템은 뎅기열의 발생과정과 이력 관리를 할 수 있으며 향후 확장 시 바이러스성 모기 매개 감염병에 관한 모든 감염병을 관리할 수 있는 시스템이다.

본 연구에서 제시된 체외진단기기를 이용한 감염병 관제시스템은 체외진단기기의 감염병 관리 방법에 따라서 확장성 있게 시스템적으로 설계되었다(Infectious Expansion).

감염병 이력 관리에서도 체외진단기기의 감염병 관리 방법에 따라서 뎅기열 이외에도 여러 감염병 진단정보를 이력 관리를 할 수 있게 설계되었다(Infectious Disease History Management)(Table 1).

3. 본 론

본 논문에서는 뎅기열 발생 후에 뎅기열 관리를 위한 관제시스템 구성으로 형광면역진단 키트를 이용한 뎅기열 체외진단기기와 실시간 뎅기열 관제시스템으로 구성되어 있다.

뎅기열 체외진단기기에서 데이터 수집되는 환자 정보와 바이오마커 정보는 진단키트 알고리즘[16]에 의해 진단된 정보와 체외진단기기의 시스템 정보와 함께 진단기기 인터페이스를 통해서 뎅기열 관제시스템으로 Health Level 7(HL7) Protocol 방식으로 전송한다(Fig. 1).

전송된 데이터는 뎅기열 관제시스템에서 데이터 정제과정을 진행하며 데이터를 분류한다. 분류된 데이터는 데이터 가공과정을 통해서 그룹화하고 2차 가공한다. 그렇게 해서 가공된 데이터는 데이터시각화과정을 통해서 인포그래픽화를 통해서 조회할 수 있다.

가공된 데이터는 시각화하여 의료기관이나 이용기관인 지자체, 기관 및 기업에 기관 오픈 API 인터페이스를 통해서 서비스되거나, 포탈 서버를 통해서 외부기관에 서비스한다. 또한 환자 및 진단기기 사용자에게는 인증과정에 절차에 동의하면 진단이력에 대한 정보를 제공한다.

3.1 형광면역 진단키트

진단키트는 면역크로마토그래피법을 기반으로 하여 항원-항체반응을 통해 질병의 감염 여부를 신속하게 진단할 수 있으며 진단 스트립과 휴대용 형광 리더기를 사용하여 현장진단(Point of Care Test; POCT)이 가능하도록 제작되었다. 본 연구에서 사용되는 형광진단키트는 현장에서 20분 이내에 신속 진단이 가능하도록 개발되었으며 형광나노입자를 사용하여 고감도의 정량적 분석이 가능하도록 설계되었다.

진단키트는 체외진단의 현장 진단을 위한 주요 제품으로 항원-항체반응, 효소반응 등을 광학식, 전기화학식으로 간편하게 측정하기 위하여 시약과 측정도구가 하나의 세트로 구성되어 있으며, 현장에서 신속하게 측정할 수 있는 기기 및 장치이다. 본 연구에서 사용되는 진단키트는 빠른 시간에 진단이 가능하게 검체 흐름을 조절할 수 있게 설계되었으며 고감도 형광 측정을 위해 간섭이 최소화할 수 있게 제작되었다[17].

형광면역진단 카트리지의 구성은 중증 뎅기열 진단 바이오마커 4종인 면역글로불린 G(Immunoglobulin G; IgG), 면역글로불린 M(Immunoglobulin M; IgM), 페리틴(Ferritin), Cluster of Differentiation 163(CD163)구조로 구성되며 일정량의 검체(혈액)가 멤브레인(Membrane)에 떨어지게 되면 멤브레인에 검체가 흡수되면서 흡수패드 쪽으로 이동한다[16] (Fig. 2).

검체와 결합한 키트는 반응하여 검사선이 보이게 되고, 또한 형광물질에 의해서도 항원(antigen)-형광 복합체에 의해 형광 리더기로 측정 가능한 라인이 형성되어 형광 리더기를 통해 감도를 측정하게 된다.

3.2 뎅기열 체외진단기기 (Dengue In-Vitro Diagnostics)

면역진단기기에서 진단 결과는 환자정보와 중증 뎅기열 진단 바이오마커 4종인 Dengue IgG, Dengue IgM, CD163,

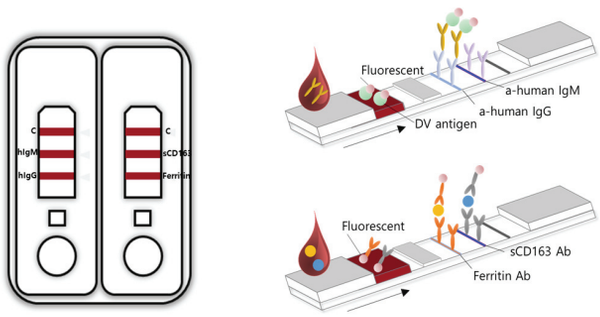

Fig. 2. GenBody FIA Severe Dengue Strip Structure

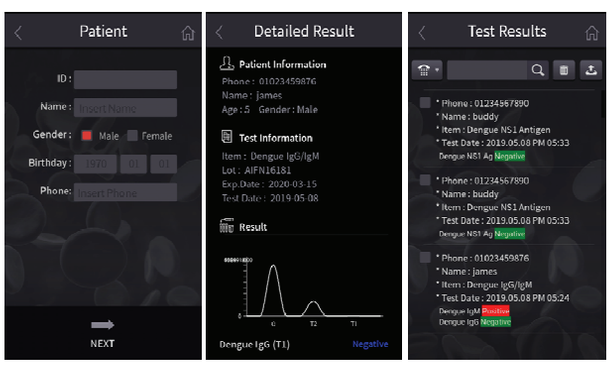

Fig. 3. Patient Information of Diagnostic Device and Diagnostic Results of Biomarkers [18]

Ferritin과 시스템정보에 결과는 HL7 Protocol 형식에 맞추어서 뎅기열 관제시스템으로 전송한다(Fig. 3).

뎅기열 면역진단기기에서 측정되는 정보는 환자정보는 환자ID, 성명, 남녀구분, 생일, 나이, 핸드폰번호, 검사번호에 고유의 정보를 관제시스템으로 전송한다. 또한 바이오마커 정보에서는 Dengue IgG, IgM 판독 시 신호검출을 위한 판정기준치(signal-to-cutoff; S/Co) Ratio라는 농도 값으로 표시되며 1.0 이상이면 양성, 1.0 미만이면 음성으로 판별한다[19]. Dengue IgG·IgM에서 뎅기열에 감염 여부를 확인한 후, 뎅기열 환자인 경우 중증 뎅기열로 진행될 수 있는 가능성은 Ferritin과 CD163의 발현 수준으로 예측할 수 있다(Table 2).

Ferritin의 경우 결과는 밀리리터당 나노그램(ng/mL)으로 제공되며 남성은 농도값 30~350ng/ml을 정상범위이며, 여성은 20~250ng/ml을 정상범위로 설정한다[20, 21]. 각각 정상범위 이상의 값을 갖게 되면 중증 뎅기열을 의심한다. CD163의 경우 550.6±59.7 ng/ml을 정상 구간으로 설정하고 그 이상의 값을 넘게 되면 중증 뎅기열을 의심한다[22].

면역진단기기에서는 시스템 정보로 국가, 기관, 제조사, 브랜드, 모델, 검사장소를 관제시스템으로 전송한다.

3.3 뎅기열 관제시스템(Dengue Control System)

면역진단기기에서 수집된 환자별, 바이오마커별, 시스템별 데이터는 데이터 정제(Data Cleansing)과정을 거쳐서 속성별로 정제되고 분류된다. 정제된 데이터는 데이터가공(Data Processing) 과정을 통해서 데이터를 그룹화한다. 그룹화한 데이터는 지자체, 의료기관 및 관계기관에게 제공할 수 있는 현황판(Dashboard) 형태로 조회할 수 있는 데이터 시각화(Data Visualization) 과정을 통해서 뎅기열 실시간 발생 현황 및 지역별, 연령별, 성별 등 발생 이력을 조회할 수 있다(Fig. 4). 적용된 데이터 마이닝 대표적인 기법으로는 분류(Classification) 기법에 의한 결정트리(Decision Tree)를

Table 2. Function-specific attributes extracted from diagnostic device

Group	Item Code	Item Name	Value	Description
Patient	ID	Patient ID	Numeric	-
	NAME	Patient Name	Full Name	-
	GENDER	Male/Female	M/F	-
	BIRTHDAY	Birth	YYYY-MM-DD	-
	AGE	Age	99	-
	PHONE	Phone No.	9999-9999-9999	-
	LOTNO	Test No.	No.	-
Biomarker	IGG	Dengue IgG	Negative/Positive	〉1.0
	IGM	Dengue IgM	Negative/Positive	〉1.0
	SCD163	sCD163	550.6±59.7 ng/ml	Correct
	FERRITIN	Ferritin	Male 30-350 ng/ml Female 20-250 ng/ml	Correct
System	NATION	Nation Code	KR	-
	AGENCY	Agency Code	Control Agency	Hospital, Airport etc
	COMPANY	Company Code	Company Name	-
	BRAND	Bradnd Code	Device Name	-
	MODEL	Model Code	Device Model	-
	AREA	Inspection Place	Inspection Area	-

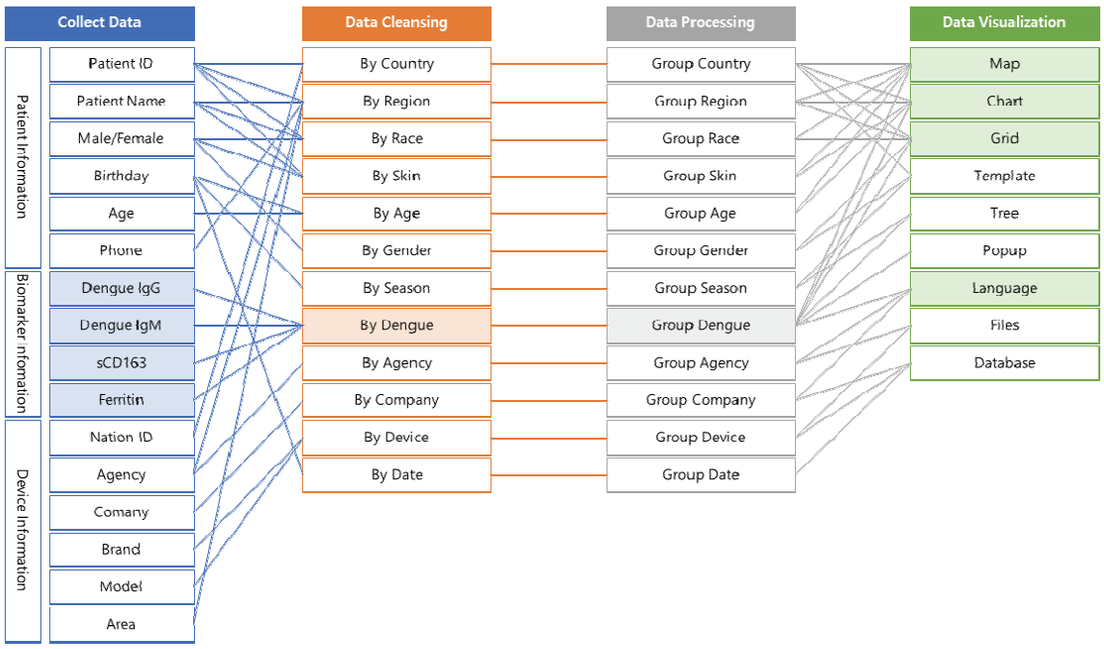

Fig. 4. Data Processing Configuration Diagram of the Dengue Control System

통해서 브랜치(Branch)제거, 스플릿(Split), 크리테리언(Criterion)를 이용한다.

데이터 정제과정에서의 데이터유형은 국가별, 지역별, 인종별, 피부별, 나이별, 남녀별, 계절별, 뎅기열별, 기관별, 회사별, 기기별, 일자별로 정제 및 가공하며 데이터는 원본 수집데이터와 이력 관리를 위해서 데이터베이스에 저장한다.

마지막으로 데이터시각화과정은 가동된 데이터를 지자체, 의료기관 및 관계기관에게 제공할 수 있는 시각화 도구 또는 요소기술을 통해서 진행한다. 데이터 시각화 도구 및 요소기술로는 지도, 차트, 그리드, 템플릿, 트리, 팝업, 언어, 파일, 데이터베이스 등을 통해서 이루어지면 이 모든 정보는 데이터베이스에 저장한다.

뎅기열 관제시스템에서는 면역진단기기에서 수집된 정보가 실시간 관제시스템으로 전송되어 데이터 정제, 가공, 시각화 과정이 실시간으로 처리되고 과정상에 모든 정보는 데이터베이스에 저장된다.

개발된 뎅기열 관제시스템에서는 실시간 뎅기열 발생 현황에 대해서 국가별, 지역별, 인종별, 피부별, 나이별, 남녀별, 계절별, 뎅기열별, 기관별, 회사별, 기기별, 일자별로 확인할 수 있다. 면역진단기기에서 수집된 환자 정보, 바이오마커 정보, 시스템 정보는 관제시스템에서 실시간으로 데이터 처리 과정을 통해서 시각화할 수 있는 데이터 형태로 변환되며 변환된 데이터를 데시보드 형태로 조회할 수 있다(Fig. 5, 6).

또한 향후 도입해야 할 점은 뎅기열 발생환자의 병증에 대한 환자 상태정보 등을 모바일을 이용해서 수집하고 본 관제시스템과 연계해서 병증에 대한 종합적인 판단을 내리는 데 활용할 수 있는 시스템으로 확장이 필요하다.

발생 이력에서는 계절별, 년도별, 분기별 이력 정보를 통해서 날씨 변화에 따른 방역정책과 지역별에 따른 방역 정책을 세울 수 있다. 발생과정에서는 지역별, 연령별, 나이별 등 전파경로 파악과 발생빈도를 확인할 수 있다. 미발생지역 또는 인근지역에 대한 방역 방지정책자료로도 활용할 수 있다. 또

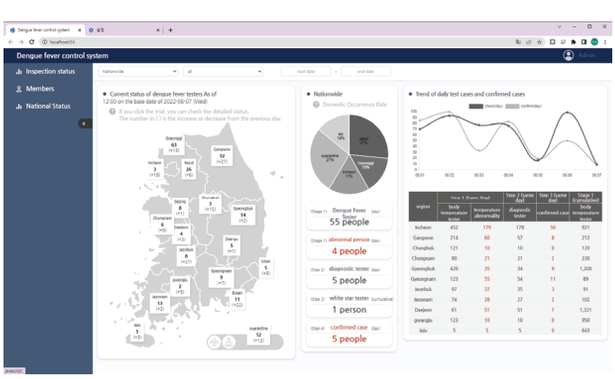

Fig. 5. Dengue Control System Data Visualization Diagram (1/2)

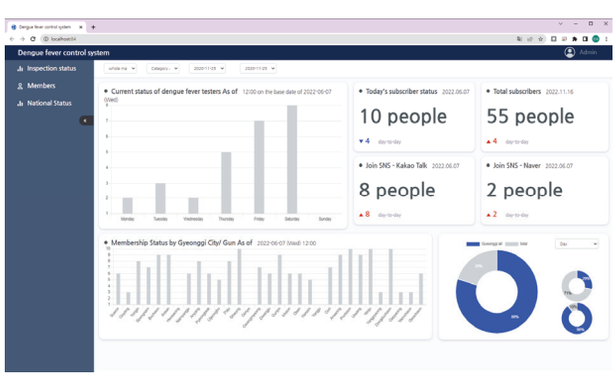

Fig. 6. Dengue Control System Data Visualization Diagram (2/2)

한 발생 원인에서 계절별, 날씨별, 환경적인 요인들을 분석할 수 있어서 선제적 예방정책자료에 활용할 수 있다.

본 논문에서 개발된 뎅기열 관제시스템은 단순한 모기 모니터링을 넘어서 체외 진단 의료기기와의 결합을 통합한 최초의 의료 관제시스템이다. 앞으로 이 관제시스템은 코로나바이러스감염증-19의 감염병 관제시스템에도 활용될 수 있으며, 또 다른 감염병 질환에도 응용될 수 있을 것으로 전망한다.

향후 추가로 연구되어야 할 부분으로는 뎅기열 관제시스템은 뎅기열 관리에 최적화 되어 있으나 질병관리청에서 제시하고 있는 바이러스성 모기 매개 감염병 관리지침[14]에 따른 다른 감염병 관리를 할 수 있는 관제시스템으로 확장할 수 있는 시스템이 필요하다.

4. 결 론

뎅기열 관제시스템의 목적은 뎅기열에 대한 발생 현황, 발생 이력, 발생과정, 발생원인 등에 대해서 통합된 결과를 파악하고 보편적인 치료과정과 개개인의 치료과정에 활용하고 통합정보를 통해서 정책 활용을 위해서 개발되었다.

본 논문에서 제시되어 개발된 뎅기열 관제시스템을 통해서는 뎅기열의 발생 현황을 통해서는 국가별 지역별 발생에 대한 현황을 실시간으로 조회할 수 있으며 발생 지역에는 방역에 대한 정책과 치료 방법에 대해서 활용할 수 있다. 또한 발생 이력, 발생과정, 발생 원인에 대해서도 활용될 수 있다.

이 모든 목적에 맞게 개발된 시스템이 뎅기열 관제시스템이며 국가 간 뎅기열 전파경로와 발생빈도를 파악할 수 있게 설계되고 개발된 실시간 시스템이다.

앞으로의 연구 방향은 현재의 뎅기열 관제시스템에 정부의 업데이트된 모기 매개 감염병 관리지침을 반영하여, 포괄적인 다른 감염병 관리까지의 확장을 연구 중에 있다.

Abbreviations

CD163	Cluster of Differentiation 163	
DENV	Dengue Virus	뎅기 바이러스
DF	Dengue Fever	뎅기열
DHF	Dengue Hemorrhagic Fever	뎅기 출혈열
DSS	Dengue Shock Syndrome	뎅기 쇼크 증후군
FIA	Fluorescent Immunoassay	형광면역측정법
HL7	Health Level 7	
IgG	Immunoglobulin G	면역글로불린 G
IgM	Immunoglobulin M	면역글로불린 M
POCT	Point of Care Test	현장진단기기
SMCP-Aedes	Monitoring System and Population Control of Aedes aegypti	

References

[1] S. Ranjit and N. Kissoon, "Dengue hemorrhagic fever and shock syndromes," *Pediatric Critical Care Medicine*, Vol.12, No.1, pp.90-100, 2011.

[2] J. R. Anusha, B. C. Kim, K. H. Yu, and C. J. Raj, "Electrochemical biosensing of mosquito-borne viral disease, dengue: A review," *Biosensors and Bioelectronics*, Vol.142, pp.111511, 2019.

[3] B. R. Murphy and S. S. Whitehead, "Immune response to dengue virus and prospects for a vaccine," *Annual Review of Immunology,* Vol.29, pp.587-619, 2011.

[4] B. H. Jeon, S. K. Park, and E. H. Cho, "Epidemiological characteristics of dengue fever cases in Korea, 2014-2018," *Public Health Weekly Report; PHWR*, Vol.12, No.29, pp.974-979, 2019.

[5] R. Chen and N. Vasilakis, "Dengue--Quo tu et quo vadis?," *Viruses*, Vol.3, No.9, pp.1562-608, 2011.

[6] S. Bhatt et al., "The global distribution and burden of dengue," *Nature*, Vol.496, No.7446, pp.504-507, 2013.

[7] F. J. Colon-Gonzalez et al., "Limiting global-mean temperature increase to 1.5-2 degrees C could reduce the incidence and spatial spread of dengue fever in Latin America," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* Vol.115, No.24, pp.6243-6248, 2018.

[8] R. W. Sutherst, "Global change and human vulnerability to vector-borne diseases," *Clinical Microbiology Reviews*, Vol.17, No.1, pp.136-73, 2004.

[9] S. H. Lee, "Climate change and Vector (Mosquitoes) : JEJU Island, South Korea analysis," Master's Thesis, Jeju National University Graduate School, Korea Jeju, 2011.

[10] N. Vasilakis, J. Cardosa, K. A. Hanley, E. C. Holmes, and S. C. Weaver, "Fever from the forest: Prospects for the continued emergence of sylvatic dengue virus and its impact on public health," *Nature Reviews Microbiology*, Vol.9, No.7, pp.532-41, 2011.

[11] C. H. Chew et al., "Rural-urban comparisons of dengue seroprevalence in Malaysia," *BMC Public Health*, Vol.16, No.1, pp.824, 2016.

[12] S. A. Kularatne, "Dengue fever," *BMJ : British Medical Journal*, Vol.351, pp.h4661, 2015.

[13] W. H. Organization, "Dengue guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control: New edition," Geneva: World Health Organization, 2009.

[14] KDCA, "Korea Centers for Disease Control and Prevention 2022," 2nd ed., Cheongju: Korea Disease Control and Prevention Agency, pp.47-62, 2022.

[15] Coronavirus (COVID-19), Republic of Korea [internet], http://ncov.mohw.go.kr
[16] C. K. CHONG et al., "Rapid diagnostic kit for detecting anti-dengue virus antibodies using monoclonal antibody specific to the domain 1 of dengue envelope protein and its manufacturing method," Republic of Korea Patent 10-1520084, 2015.
[17] Advanced Technology Center Plus(ATC+), "Development of a Severe Dengue Diagnostic Kit," No.20009597: GenBody Inc., 2022.
[18] GenBody, "The image was reprocessed with the permission of the original author in Confiscope F40," Korea Cheonan: GenBody Inc, pp.34, 2022.
[19] M. Moretti, B. Pieretti, A. Masucci, D. Sisti, M. Rocchi, and E. Delprete, "Role of signal-to-cutoff ratios in hepatitis C virus antibody detection," *Clinical and Vaccine Immunology*, Vol.19, No.8, pp.1329-1331, 2012.
[20] R. G. Depalma, V. W. Hayes, and T. J. O'Leary, "Optimal serum ferritin level range: Iron status measure and inflammatory biomarker," *Metallomics*, Vol.13, No.6, 2021.
[21] P. Poonkuzhi Naseef et al., "Therapeutic potential of induced iron depletion using iron chelators in Covid-19," *Saudi Journal of Biological Sciences*, Vol.29, No.4, pp.1947-1956, 2022.
[22] H. Tanimura, K. Mizuno, and H. Okamoto, "Serum levels of soluble CD163 as a specific marker of macrophage/monocyte activity in sarcoidosis patients," *Sarcoidosis Vasculitis and Diffuse Lung Diseases*, Vol.32, No.2, pp.99-105, 2015.
[23] K. W. Lau, C. D. Chen, H. L. Lee, V. L. Low, H. H. Moh, and M. Sofian-Azirun, "Ovitrap surveillance in Sarawak, Malaysia: A comprehensive study," *Tropical Biomedicine*, Vol.34, No.4, pp.795-803, 2017.
[24] G. T. Ai-Leen and R. Jin Song, "The Use of GIS in Ovitrap Monitoring for Dengue Control in Singapore," *World Health Organization. Regional Office for South-East Asia*, Vol.24, pp.110-116, 2000.
[25] L. Regis et al., "An entomological surveillance system based on open spatial information for participative dengue control," *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Vol.81, No.4, pp.655-662, 2009.
[26] L. N. Regis et al., "Sustained Reduction of the Dengue Vector Population Resulting from an Integrated Control Strategy Applied in Two Brazilian Cities," *PLoS ONE*, Vol.8, No.7, pp.e67682, 2013.

안 창 선
https://orcid.org/0000-0001-9045-4142
e-mail : myunghye1004@naver.com
2008년 중앙대학교 정보보호전공(석사)
2023년 광운대학교 바이오헬스융합학과 의료기기산업전공(석사)
2021년 ~ 현 재 광운대학교 의료기기개발지원센터 수석연구원
관심분야 : ICT융합, 의료기기산업, 인공지능, 정보보호

박 용 호
https://orcid.org/0000-0002-1294-8347
e-mail : znf900809@naver.com
2008년 건양대학교 의학과(석사)
2021년 ~ 2022년 광운대학교 의료기기개발지원센터 연구원
2022년 ~ 현 재 건양대학교 의학과 생화학교실 연구원
관심분야 : 알츠하이머, 타우, 치매, ICT융합

문 정 대
https://orcid.org/0000-0002-3625-8340
e-mail : jdmoon@genbody.co.kr
2011년 한림대학교 바이오메디컬(박사)
2000년 ~ 2017년 바디텍메드 이사
2017년 ~ 현 재 (주)젠바디 중앙연구소 연구소장(이사)
관심분야 : ICT융합, 체외진단의료기기

박 종 찬
https://orcid.org/0000-0003-0798-0083
e-mail : twinpa@gmail.com
2022년 광운대학교 바이오헬스융합학과 의료기기산업전공 석사과정
2021년 ~ 현 재 광운대학교 의료기기개발지원센터 수석연구원
관심분야 : ICT융합, IoT, DTx, 디지털돌봄

서 영 곤
https://orcid.org/000-0003-4608-7896
e-mail : ungasa@naver.com
1999년 한성대학교 경제학과(학사)
2022년 광운대학교 바이오헬스융합학과 의료기기산업전공 석사과정
2021년 ~ 현 재 광운대학교 의료기기개발지원센터 수석연구원
관심분야 : ICT융합, AI Platform, 의료영상분석, Big Data, Smart heathcare

손 유 락

https://orcid.org/0000-0002-8076-2579
e-mail : yurak@yonsei.ac.kr
2005년 연세대학교 경영학전공(학사)
2022년 광운대학교 바이오헬스융합학과 의료기기산업전공 석사과정
2021년 ~ 현 재 광운대학교 의료기기개발지원센터 수석연구원
관심분야 : 배터리산업, 전기자동차, 의료기기산업

최 윤 종

https://orcid.org/0000-0003-3651-3644
e-mail : yjchoi@genbody.co.kr
2018년 단국대학교 분자생물학전공(학사)
2022년 광운대학교 바이오헬스융합학과 의료기기산업전공 석사과정
2020년 ~ 현 재 (주)젠바디 중앙연구소 연구원
관심분야 : ICT융합, 체외진단의료기기

하 양 화

https://orcid.org/0000-0002-8014-5829
e-mail : yhha@genbody.co.kr
2011년 충북대학교 생화학과(학사)
2013년 충북대학교 생화학 및 분자생물학(석사)
2013년 ~ 현 재 (주)젠바디 중앙연구소 선임연구원
관심분야 : ICT융합, 체외진단의료기기

정 봉 수

https://orcid.org/0000-0002-7160-5379
e-mail : najungno01@gmail.com
1997년 연세대학교 의공학(학사)
2007년 University of Texas at Austin 의공학(박사)
1997년 ~ 2001년 한국GE헬스케어 중앙연구소 연구원
2008년 ~ 2012년 University of California Riverside, Post-doctoral fellow, Assistant Research Scientist
2013년 ~ 현 재 대구경북첨단의료산업진흥재단 책임연구원
2018년 ~ 2022년 광운대학교 바이오헬스융합학과 의료기기산업전공 겸임교수
관심분야 : 의료기기산업, 빅데이터, 수치해석, 체외진단기기, 분자영상, 나노 바이오기술, 재생의료

김 영 주

https://orcid.org/0000-0002-4912-4608
e-mail : biodesignkwu@gmail.com
1992년 건국대학교 제품및환경전공(학사)
2008년 건국대학교 제품및환경전공(석사)
2010년 ~ 2014년 동해과학기술연구원장
2014년 ~ 2016년 가톨릭대학교 서울성모 의료기기개발본부장
2016년 ~ 현 재 광운대학교 의료기기개발지원센터장
2018년 ~ 현 재 광운대학교 바이오헬스융합학과 교수
2019년 ~ 현 재 서울대학교 치의학과 객원교수
관심분야 : 체외진단/피부과/치과용 의료기기, 디지털 헬스케어