

# IoT 기반 중환자실 실시간 모니터링 플랫폼 (IoT based Real-time Monitoring Platform for ICU)

강다현\* · 배찬민\* · 김수아\* · 김기영\* · 이상정\*

\*순천향대학교

## IoT based Real-time Monitoring Platform for ICU

Da-hyun Kang · Chan-min Bae\* · Sue-Ah Kim\* · Ki-Young Kim\* · Sang-Jeong Lee\*

\*SoonChunHyang University

E-mail : fleiy@naver.com · bebe2009@naver.com · sueah96@nate.com ·

k71077@nate.com · sjlee@sch.ac.kr

### 요 약

병원의 중환자실에서 환자의 생명 유지 상태를 모니터링하는 의료용 센서 데이터들은 추후에 진료 개선 및 연구를 위해 분석 가능한 의료 데이터가 될 수 있음에도 대개 수집·저장되지 않고 소실되고 있다. 본 논문에서는 병원의 중환자실에서 실시간으로 연속적으로 생성되는 의료 데이터들을 IoT 환경에 통합하는 플랫폼을 설계 구현한다. IoT 브릿지 모듈을 개발하여 의료용 센서들을 IoT 환경에 통합하고, MQTT 프로토콜을 사용하여 생성된 의료용 데이터를 통합 메시지로 의료진의 클라이언트 디바이스와 서버에 전송한다. 전송된 데이터는 실시간 그래프로 모니터링되고, 서버의 저장소에 저장하여 추후 분석이 가능하도록 플랫폼을 설계 구현한다.

### 키워드

M2M, IoT, MQTT, 헬스케어, 원격진단

## 1. 서 론

최근 의료 기기 및 센서 기술의 발달로 병원은 환자에게서 다양한 데이터를 측정할 수 있게 되었다. 병원 중환자실의 경우 환자에게 부착된 센서 등으로 기본적인 심전도, 근전도 이외에도 대량의 데이터가 발생하고, 의료진에 의해 모니터링 된다. 그러나 이러한 데이터는 개개인의 분석 가능한 의

료 데이터가 될 수 있음에도 불구하고 대개 수집·저장되지 않고 유실되고 있다 [1].

현재 의료 종사자가 환자의 상태를 바로 알 수 있는 방법은 직접 환자를 찾아가는 회진밖에 없다. 그런데 항상 이러한 방법으로 환자의 상태를 확인할 수 없으므로, 다른 환자의 진료 등의 이유로 의료 공백이 발생할 시 급히 위중해진 환자가 적절한 처

치를 받을 수 없다. 하지만 환자의 상태를 실시간으로 의료 종사자가 확인 할 수 있다면 이러한 의료 공백을 최소화 할 수 있다.

또한 환자의 사망 시 사망 원인에 대한 관계성 조사가 가능해진다. 이렇게 모인 의료 데이터의 활용은 이후 동일 증상을 나타내는 환자에 대해 더 나은 의료 서비스를 제공할 수 있는 기반을 마련한다.

본 논문에서는 이러한 서로 다른 의료 데이터들을 제안 개발된 IoT 브릿지를 이용하여 통합한다. 통합된 메시지를 MQTT 프로토콜을 사용하여 MQTT 브로커에 무선으로 전송하고, MQTT 브로커는 다른 디바이스와 서버에 전송하는 서비스 게이트웨이의 역할을 수행한다. 서버에서는 전송된 데이터를 실시간 그래프로 표현 및 저장하여 분석 가능하도록 하는 설계를 중환자실의 시나리오를 바탕으로 구현한다.

## II. 이론적 배경

### 2.1 MQTT 프로토콜

MQTT 프로토콜은 사물 인터넷을 위한 메시지 프로토콜이다[4]. MQTT 프로토콜은 Publish/Subscribe 특성을 갖고 있어, 다대다 통신에 효율적이다. 메시지 크기에 제약이 없고 이기종 플랫폼 간의 개발에 용이한 프로토콜로 Publish/Subscribe 구조와 토픽을 사용하여 통신한다. Publish/Subscribe 구조는 Publisher와 Subscriber는 특정 토픽을 통해 통신하는 형태이다. Subscriber가 특정 토픽을 구독한 상태에서 Publisher가 같은 토픽으로 메시지를 발행하면 발행된 메시지가 MQTT 브로커를 거쳐 Subscriber에게 전달된다. 토픽은 슬래시(/)를 이용해 기기들을 계층적으로 구분 관리하기에 용이하다.

와일드카드 기능을 사용하면 여러 토픽을 동시에 표현 가능하다. “+”는 같은 레벨에서의 모든 토픽을 의미하고, “#”은 현재 레벨과 하위 레벨의 모든 토픽을 의미한다. MQTT의 메시지 형식은 2 바이트의 고정헤드에서 필수 정보를 포함하고, 메시지의 타입과 데이터의 크기에 따라 헤더 크기가 변한다. 아래의 그림 1은 MQTT의 고정헤더 포맷을 나타내는 그림이다.

	7	6	5	4	3	2	1	0
byte1	Message type				DUP	QoS		Retain
byte2	Remaining Length							

그림 1. MQTT고정 헤더 포맷

MQTT는 3단계의 메시지 신뢰성을 보장한다. QoS 0은 메시지를 1회 전송한다. 하지만 메시지가 전달되었는지는 확인하지 않기 때문에 낮은 신뢰성을 보장한다. QoS 1은 메시지를 최소 1회 이상 전달한다. 전달 여부를 확인하지만 메시지 확인 패킷 유실 시 중복 전달의 가능성이 있다. QoS 2는 메시지 유실의 가능성이 없지만, 메시지 확인을 위해 4-way handshake 과정을 거치게 되고, 이로 인해 높은 신뢰성을 보장하지만 성능저하가 발생한다[3].

### 2.2 엘라스틱 서치

엘라스틱 서치는 대량의 데이터를 저장 및 실시간 검색 및 분석 엔진이다[5]. 여러 노드를 사용해 분산병렬처리가 가능하고 수평적 확장이 가능하도록 설계되어 노드를 추가하여 등록하기만 하면 된다. 또한 실시간 검색, 분석 서비스를 제공하여 실시간으로 발생하는 데이터를 기반으로 검색했을 때 결과 반영 및 분석을 실시간으로 제공할 수 있다. RESTful API를 구현하여 명령어를 HTTP 프로토콜로 구현 가능하다.

### III. 중환자실 모니터링 및 원격 진단 플랫폼

#### 3.1 시스템 구성

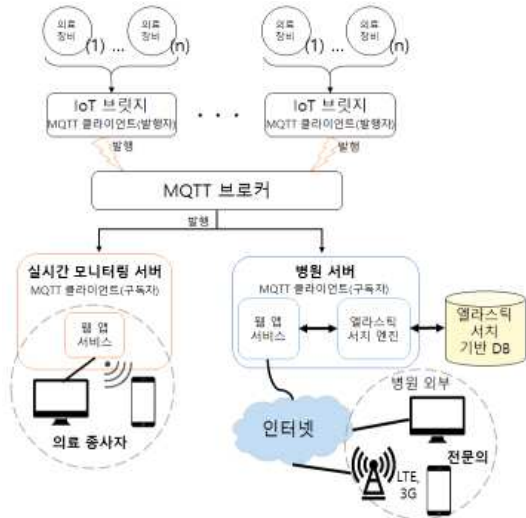


그림 2. IoT 기반 중환자실 실시간 모니터링 플랫폼 시스템 구성도

그림 2는 본 논문에서 설계한 중환자실 실시간 모니터링 플랫폼의 구성도이다. IoT 브릿지는 이질적인 의료장비에서 발생한 데이터를 통합하여 MQTT 프로토콜로 메시지를 발행하는 MQTT 클라이언트 발행자(Publisher)이다. 발행된 메시지는 MQTT 브로커를 통해 토픽을 구독중인 실시간 모니터링 서버와 병원 서버로 전달되고, IoT 브릿지와 MQTT브로커는 무선으로 통신한다. 실시간 모니터링 서버는 환자가 존재하는 베드의 토픽을 구독하고 IoT 브릿지에서 발행된 메시지에서 값이 존재하는 센서들의 실시간 그래프를 제공한다. 병원 서버는 병원의 중환자의 토픽을 구독하여 발행된 데이터를 엘라스틱서치 기반 저장소에 저장하고, 원격 진료를 위해 실시간에 준하는 모니터링 서비스를 제공한다. 또한 저장소에

저장된 데이터를 이용, 환자의 상태를 분석할 수 있는 서비스를 제공한다.

#### 3.2 서비스 시나리오

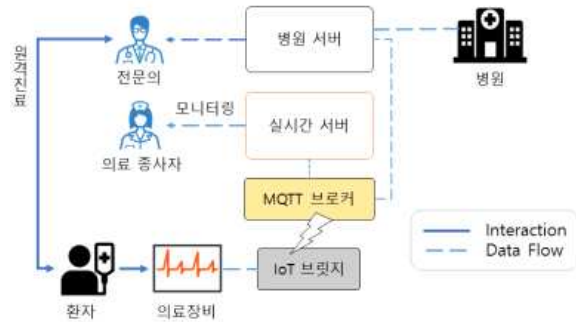


그림 3. IoT 기반 중환자실 실시간 모니터링 플랫폼 시나리오

그림 3은 IoT 기반 중환자실 실시간 모니터링 플랫폼의 서비스 시나리오이다. 환자에 부착된 의료장비들의 데이터를 IoT브릿지를 통해 수집 통합한다. 통합된 환자의 의료정보 데이터는 무선으로 MQTT브로커에 송신한다. MQTT 브로커는 IoT브릿지로부터 수신한 의료정보 데이터를 실시간 모니터링 서버와 병원 서버로 송신한다. 실시간 모니터링 서버는 MQTT 브로커로부터 수신한 의료정보 데이터를 웹 또는 앱을 통해 의료종사자(간호사, 전문의)에게 실시간 제공한다. 실시간 모니터링 서비스는 그래프 형태로 제공한다. 또한 환자의 데이터의 값이 정상 수치를 벗어날 경우 알림을 통해 의료종사자가 빠른 조치를 취할 수 있도록 한다. 병원 외부에서는 병원 서버를 통해 환자의 의료 데이터에 접근할 수 있다. 이를 통해 응급 환자의 진단이 필요한 경우 원격지의 전문의가 웹페이지 또는 앱을 통해 응급 환자의 진료가 가능하다. 또한 전문의에게 환자의 상태 추이를 분석할 수 있도록 데이터를 제공한다.

### 3.3 MQTT 프로토콜 설계

본 논문의 MQTT 브릿지에서 의료기기들의 데이터를 통합하여 서버로 전송하는 과정에 사용되는 Topic의 설계와 메시지의 구성이다.

안정적으로 환자의 데이터를 수집하기 위해 MQTT Topic을 설계하였다. 데이터는 크게 Hospital ID, ward, Room Number, Bed Number로 분류된다.

표 1. MQTT Topic 설계

Topic	Meaning
Hospital ID	데이터를 수집한 병원
ward	환자가 위치한 병동
Room Number	환자가 재실중인 호실
Bed Number	호실 내의 베드 번호

그림 4는 IoT 브릿지에서 센서 데이터를 통합하여 전송하기 위한 메시지 형식이다. 메시지에는 환자에 부착된 의료장비 데이터 값들을 JSON 형식으로 나타낸다. 모든 센서에 대한 key 값이 존재하고, 값이 존재하면 측정된 값을, 값이 존재하지 않는 key에는 -1로 표현하였다.

```
{'ECG': 79, 'EMG': 17, 'EDA': 66, 'EEG': 13}
{'ECG': 1, 'EMG': 29, 'EDA': 37, 'EEG': 19}
{'ECG': 79, 'EMG': 33, 'EDA': 40, 'EEG': 1}

{'ECG': 59, 'EMG': 6, 'EDA': -1, 'EEG': -1}
{'ECG': 62, 'EMG': 20, 'EDA': -1, 'EEG': -1}
```

그림 4 데이터 통합 메시지 형식

토픽은 MQTT 메시지 포맷의 가변 헤더에 포함되고, 데이터 통합 메시지는 payload에 포함되어 발행된다.

## IV. 구현 및 테스트

### 4.1 구현

본 논문의 IoT 기반 중환자실 실시간 모니터링 플랫폼은 다음과 같이 구현하였다. 의료 장비는 Arduino uno에 Bitalino사의 (r)evolution Board Kit BLE 와 ECG, EMG, EDA, EEG 센서를 사용하여 구현하였다[6].

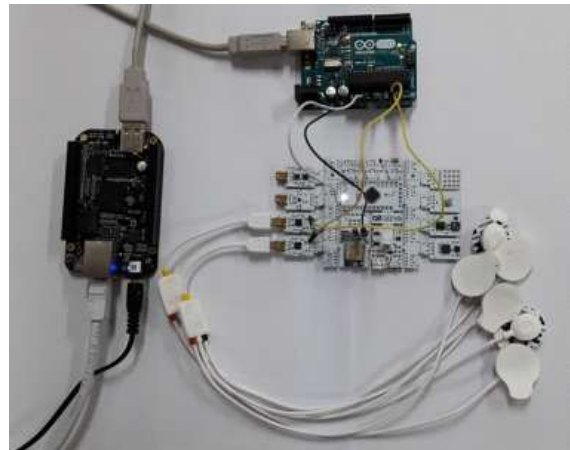


그림 5 기반 중환자실 실시간 모니터링 플랫폼 구현 사진

표 2. IoT 브릿지 세부 스펙

항목	세부 스펙
프로세서	AM3358 ARM Cortex-A8
메모리	512MB DDR3
저장장치	2GB on-board eMMC
파워	5V 1A Power

표 3. MQTT브로커 세부 스펙

항목	세부 스펙
프로세서	Exynos5422 CortexTM-A15 2.1Ghz quad core and CortexTM-A7 1.5GHz quad core CPUs
메모리	2GB LPDDR3 RAM at 933MHz
저장장치	8GB microSD card
파워	5V 2.5A

그림 5는 실제 구현한 IoT 브릿지와 MQTT 브로커, 실시간 모니터링 서버의 구

성사진이다. IoT 브릿지는 의료 장비와 시리얼 통신으로 데이터를 수집한다. 수집된 데이터는 파이썬으로 작성된 스크립트에서 통합되어 mosquitto 모듈을 사용하여 메시지 형태로 발행하였다. 아래의 그림 6은 데이터를 통합하고, mosquitto 모듈을 사용하여 메시지를 발행한 파이썬 스크립트이다. IoT 브릿지는 Beagle Bone Black을 사용하였다. BeagleBone Black의 상세 스펙은 표 2와 같다.

```

ubuntu@arm: ~/sensorTest
import serial
import mosquitto

ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600)
topic = "/SCH/ward1/100/1"

mttc = mosquitto.Mosquitto("python_pub")
mttc.will_set(topic, "sorry")
mttc.connect("192.168.2.4", 1883, 60)
mttc.username_pw_set("cslab", "cslab")

mttc.publish(topic, topic)

while 1:
    Val = ser.readline()
    mttc.publish(topic, Val )
    print(Val)
    
```

그림 6 데이터 통합 및 MQTT 메시지 발행 스크립트

MQTT 브로커와 실시간 모니터링 서버는 하드웨어의 사의 ODROID XU-3를 사용하여 구현하였다. 표 3은 ODROID-XU3의 세부 스펙을 나타낸 표이다. MQTT 브로커는 MQTT 오픈 소스 중 가벼운 mosquitto broker를 사용하였다.

실시간 모니터링 서버와 병원 서버는 Node.js를 사용하였다. Node.js의 MQTT 모듈을 사용해, 서버 자체를 MQTT 클라이언트로 사용가능하다. 또한 병원 서버는 동시에 병원 서버의 저장소에 데이터를 저장할 수 있는 엘라스틱서치 모듈을 사용하여 엘라스틱 서치 기반의 저장소에 데이터를 저장할

수 있도록 구현하였다.

## 4.2 테스트

의료장비에서 수집된 데이터들을 MQTT 프로토콜을 사용하여 실시간 모니터링 서버로 전송하였다. 동시에 병원 서버에 전송하여 저장소에 저장한다.

그림 7은 본 논문에서 구현한 IoT 기반 중환자실 실시간 모니터링 플랫폼이 제공하는 실시간 모니터링 서비스를 웹 페이지에서 테스트한 것이다. 임의로 환자를 등록하고, 테스트를 위해 센서들을 몸에 부착 후 선택한 환자의 측정된 의료 데이터를 Smoodie 차트를 사용하여 화면에 표시하였다 [7]. 아래의 그림 8은 웹 페이지 이외의 모바일 디바이스로 접근 가능 여부를 테스트한 화면을 캡처한 것이다.



그림 7 실시간 모니터링 예



그림 8 스마트폰 실시간 모니터링 예

서치 기반의 저장소에 저장하고, 응급 환자의 원격 진료를 위해 중환자의 실시간 모니터링 서비스와 환자의 의료 데이터 분석을 위한 서비스가 가능하도록 설계하였다.

향후 병원 서버의 엘라스틱서치 기반의 저장소에 저장된 환자의 데이터를 분석 가능한 형태로 제공할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] M. Gorges, C. Petersen, Using machine-to-machine / "Internet of Things" communication to simplify medical device information exchange pp. 1 - 10, 2014.
- [2] 조중현, 강다현, 김기영, 이상정. 클라우드 기반 임베디드 헬스케어 서비스 게이트웨이. 한국지식정보기술학회 논문지. pp. 1-5, 2016
- [3] 박현주. 안정적인 사물 인터넷 플랫폼을 위한 MQTT 프로토콜 기반 데이터 수집 솔루션에 관한 연구. 한국전자통신학회 논문지, pp. 7-12, 2016.
- [4] <https://mosquitto.org/>
- [5] <https://elasticsearch.co.kr/>
- [6] <http://www.bitalino.com/>
- [7] <http://smoothiecharts.org/>

## V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 중환자의 의료 데이터를 실시간으로 제공하는 플랫폼을 설계 구현하였다.

중환자실에서 실시간으로 측정되는 의료 센서의 데이터를 제안 개발된 IoT 브릿지에서 JSON 형식으로 통합하고, MQTT 토픽으로 메시지를 발행하였다. 발행된 메시지는 MQTT 브로커를 통해 토픽을 구독중인 실시간 모니터링 서버와 병원 서버에 전송된다. 실시간 모니터링 서버는 전송받은 데이터를 의료 종사자에게 그래프로 나타낸다. 병원 서버에서는 데이터를 먼저 엘라스틱

※ 구두 ( o ) / 포스터 ( )