

범용 웹 기반 IoT 장치 원격 관리 프레임워크 설계 및 데이터 가공 모듈 구현

염혜라, 권동우, 지영민

한국전자기술연구원

{hyera1010, dwkwon, ym.ji}@keti.re.kr

Design and Implementation of a Universal Web-Based Remote Management Framework for IoT Devices

Hyera Yeom, Dongwoo Kwon, Youngmin Ji

Korea Electronics Technology Institute (KETI)

요약

본 논문은 다양한 IoT 장치를 하나의 플랫폼에서 통합 관리할 수 있는 웹 기반 원격 관리 프레임워크의 설계 및 구현을 다룬다. 기존의 웹 기반 관리 플랫폼은 복합 환경 센서 중심의 데이터 수집과 시각화에 최적화되어 있어 제어 중심의 IoT 장치나 다양한 이기종 장비의 확장성과 유연성이 제한되는 한계를 지니고 있었다. 본 연구는 이를 개선하기 위해 장치의 종류와 무관하게 데이터를 표준화하여 자동으로 원시 데이터를 파싱하고, 이를 기반으로 파생 데이터를 생성하는 확장 가능한 시스템을 제안한다. 이는 이기종 장치 간 데이터 형식의 차이를 통합 쿼리 프로세스를 통해 극복하고, 실시간 모니터링과 원격 제어, 데이터 조회 및 분석을 단일 환경에서 처리하도록 지원한다. 각 처리 단계 별로 독립적인 모듈로 구성되어 있어 시스템 유지보수성과 확장성을 보장한다. 이를 통해 본 연구는 복잡한 산업 환경에서도 일관성 있고 유연한 IoT 장치 관리가 가능한 데이터 중심 통합 관리 시스템의 구현 가능성을 제시한다.

I. 서론

현대 산업 현장에서는 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 기술의 도입이 급속히 확산되며, 다양한 장비와 센서들이 생산성 향상 및 자동화를 위해 여러 분야에서 폭넓게 활용되고 있다. 이에 따라 IoT 장치의 종류는 더욱 다양해지고 설치 대수도 비례하여 증가하고 있으며, 각 장치가 생성하는 데이터의 형식과 구조 또한 상이하다. 그러나 이러한 이기종 장치들을 하나의 플랫폼에서 통합적으로 관리하고 제어할 수 있는 표준화된 관리 체계나 데이터 규격은 아직 명확히 정립되지 않은 상황이다. 이로 인해 수집된 데이터를 실시간으로 분석하거나 직관적으로 시각화하는 데 제약이 발생하며, 복잡한 운영 환경에서는 수작업 기반의 장치 관리로 인해 전반적인 효율성이 저하되는 문제가 나타난다. [1]

이러한 문제를 해결하기 위한 기존의 접근 방식들은 주로 특정 유형의 센서나 장비에 특화된 웹 기반 관리 플랫폼을 중심으로 이루어져 왔다. 이러한 플랫폼들은 실시간 모니터링과 제어, 시각화 기능을 제공하며 일부 환경에서는 효과적으로 활용되어 왔으나, 대체로 특정 장비 범주에 최적화된 구조로 설계되어 있어 다양한 이기종 IoT 장치나 제어 중심 장비에 대한 유연한 대응에는 한계를 보여왔다. [2]

이에 본 연구에서는 다양한 유형의 IoT 장치를 단일 플랫폼 내에서 통합적으로 관리할 수 있는 범용 웹 기반 IoT 장치 관리 프레임워크와 데이터 가공 모듈을 제안한다. 본 시스템은 장치의 종류나 제조사와 무관하게 수집된 데이터를 공통 포맷으로 정규화하고, 원시 데이터를 자동 파싱하여 상태 지표, 경보 신호 등의 파생 데이터를 생성 및 관리할 수 있는 기능을 갖춘다. 또한, 통합 쿼리 프로세스를 통해 정규화된 데이터 및 파생 데이터를 효과적으로 조회하고 제어할 수 있어, 이기종 장비 간 데이터 형식 차이로 인한 문제를 해소하고자 한다.

제안하는 시스템은 모든 구성 단계를 모듈화함으로써, 유지보수의 용이성과 장치 추가에 따른 확장성을 동시에 확보할 수 있도록 설계되었다. 이러한 통합 관리의 필요성은 산업 현장뿐만 아니라 스마트 빌딩, 공공 인프라

라, 물류 시스템 등 다양한 응용 분야에서 더욱 부각되고 있다. 특히, 장치 간 데이터 호환성과 제어 연계성을 확보하는 것은 시스템의 신뢰성과 운영 효율성에 직결된다.

II. 본론

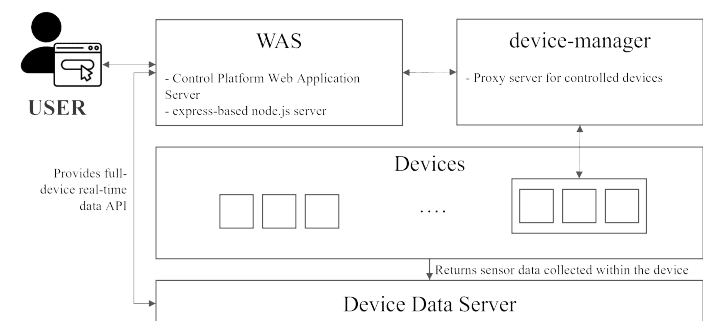


그림 1 웹 기반 IoT 원격 관리 시스템의 전체 구성도

현존하는 IoT 장치 원격 관리 프레임워크는 대개 특정 범주의 센서나 장비에 특화된 구조로 설계되어 있어, 새로운 장치 유형의 추가나 복합 기능이 요구되는 환경에서는 구조적 유연성과 확장성 측면에서 한계를 드러낸다. 특히, 환경 센서 중심의 플랫폼은 실시간 데이터 수집 및 시각화에는 효과적이지만, 제어 기반 장비나 상이한 데이터 포맷을 사용하는 이기종 장치의 통합 관리에는 어려움이 따른다. 이러한 제약은 데이터 정합성 확보, 명령 처리의 안정성, 시스템 유지보수의 효율성 등 전체 시스템 운영에 영향을 미치게 된다. 제안하는 시스템의 전반적인 구조는 그림 1에 나타나 있다.

본 시스템은 기존의 환경 센서 중심 구조를 확장하여, 다양한 IoT 장치의 데이터를 통합적으로 처리할 수 있는 전용 서버인 DAS(Data Acquisition System)를 추가 구성요소로 포함한다. DAS는 이기종 장비로부터 수집된 데이터를 단일 플랫폼 내에서 일관되게 관리하고 제어할 수 있도록 지원

하는 핵심 모듈로 설계되었다.

또한, 제안된 프레임워크는 단순한 데이터 수집에 국한되지 않고, 웹 인터페이스 기반의 실시간 모니터링과 원격 제어, 사용자 인증 및 권한 제어, 장치 상태 조회 및 명령 전송 등 IoT 장치의 원격 관리를 위한 전체적인 시스템 아키텍처를 포함한다. 주요 구성 요소로는 웹 UI, RESTful API, 장치별 커맨드 라우터, 메시지 브로커, 후처리 모듈 등이 있으며, 각 모듈은 독립적으로 구성되어 유지보수성과 확장성이 뛰어나다.

장치 제어 흐름은 다음과 같다. 사용자가 UI 또는 API를 통해 명령을 입력하면, 서버는 우선 사용자 인증 및 권한 검증을 수행한 뒤, 명령을 비동기 메시지 큐에 등록한다. 해당 장치를 담당하는 DAS 모듈 또는 프록시 서버는 큐로부터 명령을 수신하여 장치에 전달하며, 명령 실행 결과는 다시 플랫폼으로 회신되어 사용자에게 실시간으로 응답된다. 이러한 구조는 명령 처리의 안정성과 시스템 확장성을 동시에 확보하는 기반이 된다. 데이터 수신 과정에서는 필드 누락, 단위 불일치, 키 구조 편차와 같은 문제가 발생할 수 있으므로, 메타데이터 기반의 스키마 검증 절차가 선행된다. 이 과정을 통해 수신 데이터의 정합성을 보장하고, 이후 정규화 단계의 신뢰도를 높인다. 예외 상황 발생 시에는 로깅, 기본값 대입, 오류 메시지 반환 등의 처리 절차를 통해 시스템 안정성을 유지할 수 있다.

데이터 전처리는 각 장치별로 상이한 포맷과 구조를 통일된 형식으로 정규화하는 과정으로, 플러그인 기반의 전처리 모듈로 구성된다. 이 구조는 장치의 종류나 제조사와 무관하게 유연한 확장을 가능케 하며, 디코딩, 무결성 검증, 단위 변환, 키 구조 통일 등의 기능을 캡슐화하고 있다. 새로운 장비가 도입될 경우, 해당 장비 전용 모듈만 추가하여 대응할 수 있다. 정규화된 데이터는 이후 파생 데이터 생성 단계로 전달되며, 여기서 원시 데이터를 기반으로 다양한 계산 및 추론이 수행된다. 예를 들어, 재실 감지 센서의 시간 누적값을 이용해 체류 시간을 산출하거나, 복수 센서의 데이터를 조합하여 이상 징후를 탐지할 수 있다. 이 연산 로직 또한 모듈화되어 있어 기능의 추가 및 수정이 용이하다.

현재 시스템은 이러한 데이터 기반 처리뿐만 아니라, 이를 활용한 응용 계층도 통합적으로 포함하고 있다. 실시간 시각화 대시보드, 이력 기반 로그 조회, 알림 전송기, 설정 변경 API 등 다양한 기능이 통합되어 있으며, 각 장치는 전용 제어 페이지 또는 공통 제어 모듈을 통해 관리된다. 이러한 구조는 사용자 접근성과 장치 운영 효율성을 높이며, 다양한 산업군에 적용 가능한 공통 운용 프레임워크 확장을 보장한다.

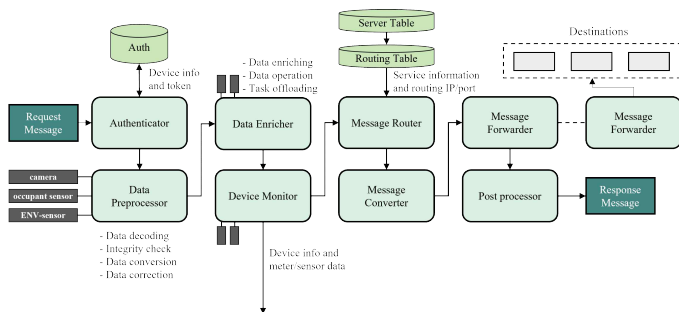


그림 2 DAS 데이터 처리 아키텍처

시스템의 전체 데이터 흐름은 그림 2와 같이 DAS 기반 데이터 처리 아키텍처로 구성된다. 이 구조는 전체 프로세스를 모듈화하여 각 단계의 기능을 독립적으로 관리할 수 있도록 하며, 새로운 장치나 기능이 추가될 경우 전체 시스템의 변경 없이도 유연하게 확장 가능하도록 설계되었다. 결과적으로, 이기종 IoT 장비 간에도 데이터 처리의 일관성과 자동화를 유지할 수 있는 기반을 제공한다.

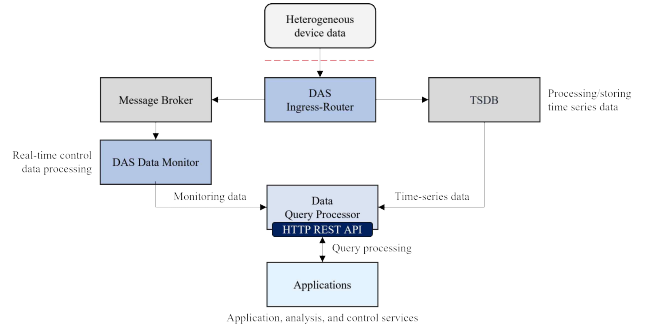


그림 3 DAS 출력 데이터 응용 계층 구조도

처리된 데이터는 시계열 데이터베이스와 외부 서버에 실시간으로 저장되며, 이후 다양한 응용 서비스와 연계된다. 그림 3은 이러한 데이터가 응용 계층으로 전달되는 구조를 보여준다. 저장된 데이터는 REST API 형태로 외부에 제공되며, 사용자는 HTTP 기반의 쿼리 인터페이스를 통해 데이터를 조회할 수 있다. 이 구조는 실시간 분석, 시각화, 제어 등 다양한 목적에 따른 데이터 활용을 가능케 하며, 프레임워크의 실용성과 활용성을 극대화하는 핵심 요소로 작용한다.

III. 결론

본 연구에서는 이기종 IoT 장치를 통합적으로 관리하고 실시간 제어 및 데이터 활용이 가능한 웹 기반 데이터 중심 관리 프레임워크를 설계하고 구현하였다. 제안된 시스템은 사용자 인증, 데이터 전처리, 파생 데이터 생성, 통합 쿼리 처리, 원격 제어까지의 전 과정을 모듈화된 구조로 구성하여, 장치 유형의 다양화 및 기능 확장에 유연한 대응을 제공한다.

데이터 정규화 기반의 처리 구조는 장치 간 포맷 차이를 효과적으로 흡수하고, 일관된 데이터 관리와 통합 제어 가능하고 실시간 모니터링, 정보 전송, 설정 변경 등 운영에 필요한 주요 기능을 통합적으로 제공하며 유지보수성과 확장성 측면에서도 우수한 구조를 지닌다.

파생 데이터 생성 기능은 원시 데이터를 기반으로 상태 지표나 정보 신호와 같은 유의미한 정보를 실시간으로 산출할 수 있도록 하며, 이후 제어 명령과 연계하여 연속적인 제어 흐름을 구성할 수 있게 한다. 장치별 제어 모듈과 응용 계층 또한 독립적으로 동작하므로, 이기종 장치 간의 운영 정책을 분리하고 기능을 개별 확장하는 데 용이하다.

향후 연구에서는 대용량 데이터 처리 성능에 대한 정량적 평가와 메시지 큐 기반 데이터 흐름에서의 병목 현상 분석 및 최적화를 중심으로 시스템의 실시간 처리 효율을 향상시키며 본 프레임워크의 범용성과 실용성을 강화하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (RS-2024-00441420)

참 고 문 헌

- [1] 이만성, 김진우, 박지우, 정광수. (2018-06-20). oneM2M 표준 플랫폼을 이용한 통합 IoT 관리 시스템. 한국정보과학회 학술발표논문집, 제주.
- [2] 권동우, 신슬비, 김재현, 지영민. (2024). Web of Things 표준 프로토콜 기반 고가용 복합 환경센서 장치 개발. 한국통신학회논문지, 49(3), 453-468. 10.7840/kics.2024.49.3.453