



실시간 데이터 이상탐지 및 시각화

이정섭, 정민성, 권우현

국립한밭대학교

EcoAI Lab

KICS
한국통신학회

Background

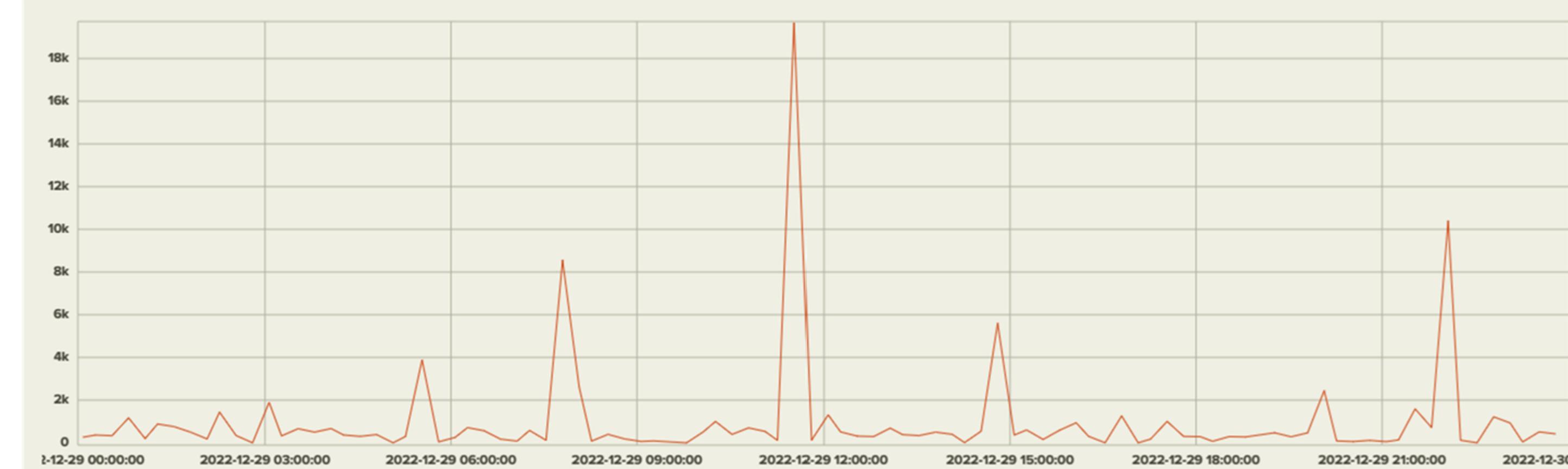


그림1. 산업 데이터 시각화

- 일정한 주기 없이 급격한 전력 상승은 정상적인 공정 사이클과 맞지 않으며, 이는 모터나 인버터의 과열, 센서 오류 등 **잠재적 고장 신호**일 수 있음.
- 정상 구간 대비 전력 소비가 일시적으로 급증하는 경우, 불필요한 전력 낭비나 **생산 효율 저하**로 이어질 수 있음.
- 단순히 평균값으로는 감지되지 않는 주기적 이상은 **예지보전(PdM)**의 핵심 대상이며, 장기적으로 **설비 수명 저하**를 초래할 수 있음.
- 전력 급상승은 장비 손상뿐 아니라 온도 상승, 화재, 정전 등 **2차 사고**로 이어질 수 있음.

Anomaly Detect Model

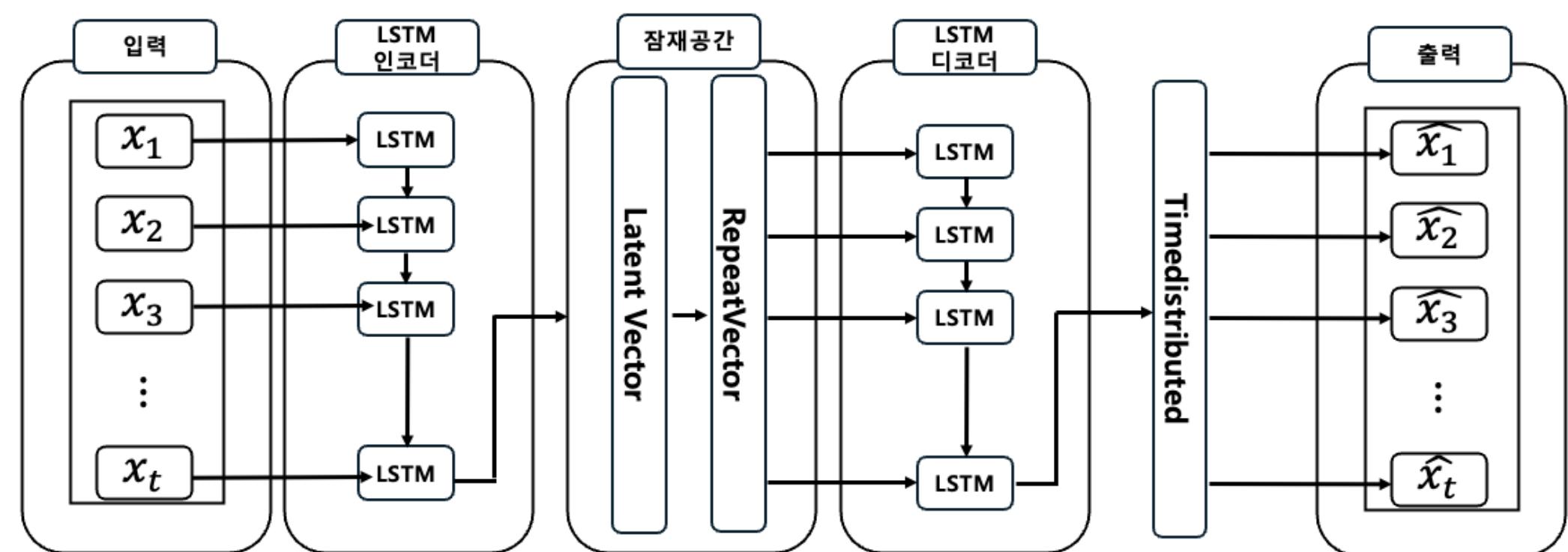


그림2. LSTM-AE 모델 구조

실시간 이상탐지 시 LSTM-AE 모델의 장점

- LSTM(Long Short-Term Memory) 셀은 시간의 흐름에 따른 **장기 의존성(Temporal Context)**을 학습하는 데 매우 **효과적**임. 이는 일별/주별 주기를 갖는 산업 전력 데이터의 복잡한 정상 패턴을 정확히 모델링할 수 있게 함.
- 비지도학습 (Unsupervised Learning)은 이상 데이터가 극히 드물고 정의하기 어려운 **현실 문제에 적합**.
- 학습된 모델은 입력된 시퀀스에 대해 빠른 추론이 가능함. 이는 센서에서 데이터가 발생하는 즉시 **엣지 디바이스에서 이상 여부를 판별**을 가능하게 함.

이상 탐지

- 클라우드에서 학습된 모델이 엣지 디바이스에 배포됨.
- 실시간으로 새로운 전력 데이터가 입력되면, 모델은 즉시 복원을 시도함.
- 복원 오차를 계산함.
- 정상 데이터는 학습된 정상 패턴과 유사하므로 복원에 성공하며 복원 오차가 낮게 나옴.
- 이상 데이터는 학습한 적 없는 생소한 패턴으로 복원에 실패하며 복원 오차가 매우 높게 나옴.
- 복원 오차를 미리 설정된 임계값(Threshold)과 비교하여, 임계값보다 크면 이상으로, 작으면 정상으로 판별함.

Conclusion

- 본 프로젝트에서는 시계열 데이터베이스 구축, LSTM-AE 기반 이상탐지 모델 적용, 그리고 결과를 확인할 수 있는 UI 시각화까지 구현 됨.
- 시계열 DB(TSDB)를 도입하여 대용량 시계열 데이터를 효율적으로 저장 및 조회하고, 시각화 대시보드를 통해 관리자가 **과거 이력 분석**과 **실시간 이상 징후**를 직관적으로 인지할 수 있도록 함.
- 정해진 주기로 부품을 교체(TBM)하는 대신, 전력 데이터 패턴 분석을 통해 설비의 실제 상태를 기반으로 유지보수 시점을 예측할 수 있음. 이는 **유지보수 비용을 최소화하고 설비 수명을 연장**시킴.
- 불필요한 설비 가동, 공회전, 비효율적 공정 등은 전력 낭비를 유발함. 실시간 이상탐지는 평소와 다른 비효율적인 에너지 사용 패턴을 즉각 식별, **운영을 최적화하고 에너지 비용을 절감**시킴.

Future Work

- 실시간 데이터 처리 및 클라우드 - 엣지 연동 기능을 추가하여 실제 산업 환경에서 활용 가능한 실시간 이상탐지 시스템으로 고도화할 예정
- 모델 배포 자동화: 데이터 수집 → 학습(Cloud) → 최적화 → 배포(Edge) 과정을 통해 학습된 모델을 원격으로 **자동 배포하는 MLOps 파이프라인**을 구축할 예정임.
- 실시간 알림 시스템 연동: 이상이 탐지되었을 때, 관리자가 즉각적으로 대응할 수 있도록 이메일, SMS, 또는 Slack/Teams 등 협업 도구로 **실시간 경고(Alert)**를 발송하는 알림 기능을 추가할 예정임.

System Architecture

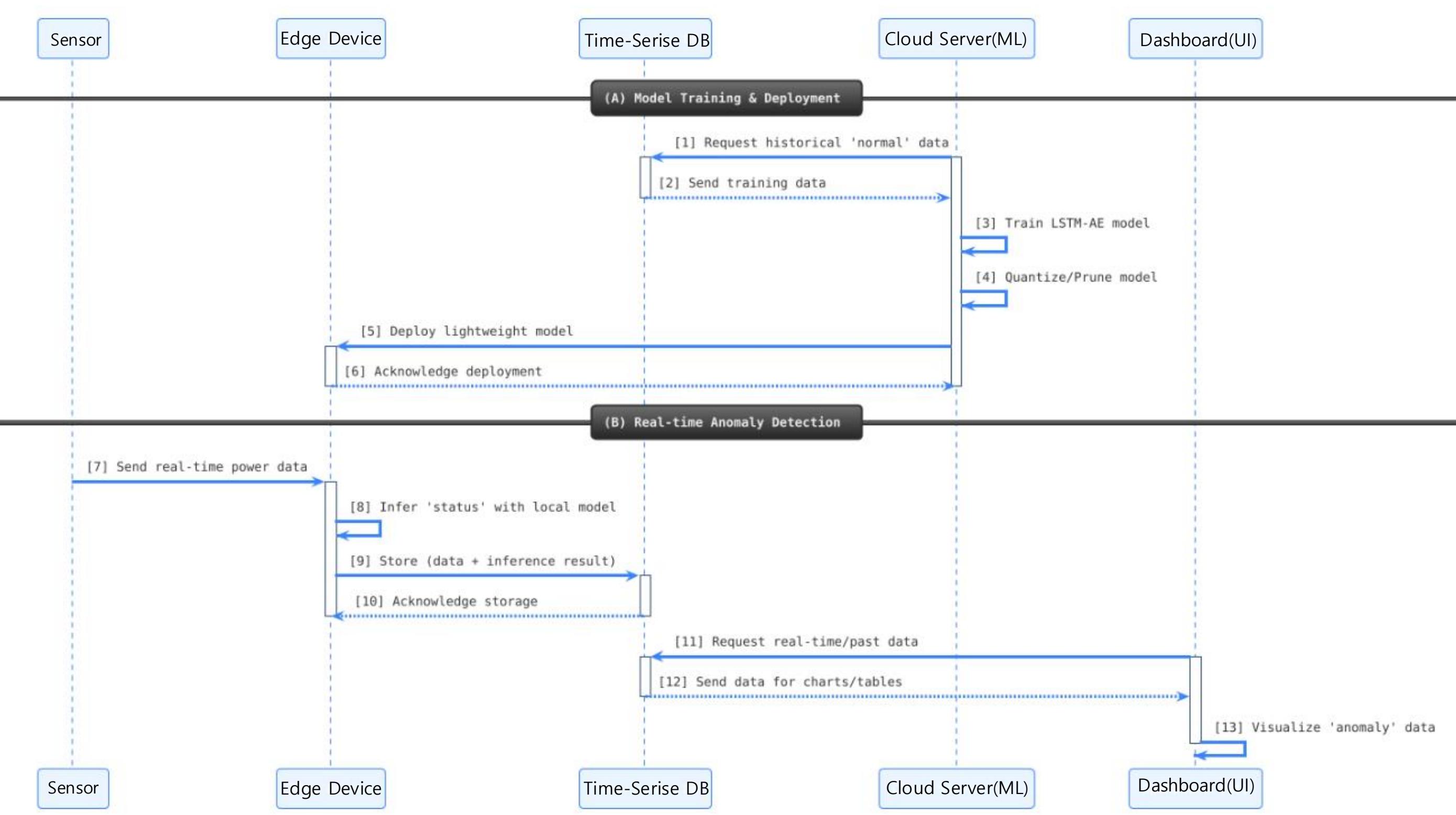


그림3. 시스템 아키텍처 워크플로우

주요 구성

- 전력 미터기 (Sensor): (timestamp, kWh) 형태의 시계열 데이터를 생성함.
- 엣지 디바이스 (Edge Device): 센서와 인접하여 데이터 수집 및 배포된 모델로 **실시간 추론(이상 판별)**을 수행함.
- 시계열 데이터베이스 (TSDB): 엣지에서 전송된 원본 데이터 및 추론 결과를 저장함.
- 클라우드 서버 (Cloud): TSDB의 과거 데이터를 기반으로 AI 모델(LSTM-AE)을 학습하고 **경량화**함.
- 시각화 대시보드 (UI): 사용자가 TSDB의 데이터를 조회하여 실시간 및 과거 데이터를 모니터링하는 **최종 화면**임.

Detailed Functions



그림4. 실시간 데이터 이상탐지 UI

- 미터별 데이터 조회
- 실시간 및 조회 날짜 전환
- 실시간 상태 대시보드
- 상세 이력 테이블