

산업용 IoT의 엣지 컴퓨팅 플랫폼 기반의 데이터 분산 서비스

차중혁¹, 이재민², 김동성^{*}국립금오공과대학교 ICT특성화융합센터¹, IT융복합공학과^{2,*}{jh.cha¹, ljmpaul², dskim^{*}}@kumoh.ac.kr

Data Distribution Service based on Edge Computing Platform of Industrial IoT

Joong-Hyuck Cha¹, Jae Min Lee², Dong Seong Kim^{*}

Kumoh National Institute of Technology

{ICT-CRC¹, Dept. of IT Convergence Eng.^{2,*}}

요약

본 논문은 엣지 기반의 산업용 IoT(Industrial IoT, IIoT)와 같은 이기종 환경에서의 상호운용성 향상을 위한 데이터 분산 서비스(Data Distribution Service, DDS)를 제안한다. 기존 산업용 환경에서 CANBUS, MODBUS 등 산업용 프로토콜 기반의 장비들을 사용하고 있으나 스마트 팩토리 대두에 따른 산업용 IoT 환경 구축에서 이기종 장비 간의 통신 및 데이터 규약이 상이하게 된다. 이러한 상호운용성을 확보하기 위해 실시간 통신 미들웨어인 DDS 연구가 필요하나 엣지 기반의 산업용 IoT에서 사용되는 저사양 장비들에는 적합하지 않으며, 산업용 통신망을 호환하지 않는다. 본 논문에서는 엣지 기반 IIoT 환경에서 XRCE-DDS(eXtremely Resource Constrained Environment DDS) 프로토콜을 활용하여 저사양 장비 및 산업용 통신망을 고려한 DDS를 제안하고자 한다.

I. 서론

산업용 IoT 분야에서 클라우드 컴퓨팅 연구는 5G URLLC(Ultra Reliable Low Latency Communication)의 1ms 이하의 초저지연 네트워크 및 인공지능 도입으로 활성화되었다[1]. 산업용 IoT 기기의 수가 500억 개 이상이 연결됨에 따라, 이로 인한 중앙 집중적인 클라우드 컴퓨팅의 실시간성, 서버의 부하, 보안 문제가 발생하고 있다[1]. 산업용 IoT 통신망은 데이터의 무결성, 동작의 일관성, 정확성 등의 특성을 가짐으로 실시간성, 저지연, 고신뢰성이 요구됨[2]에 따라 엣지 컴퓨팅 솔루션 연구가 필요하다[3].

엣지 컴퓨팅 적용을 위해 이기종 인프라를 통한 응용의 동적 컴퓨팅 참여, 자체 프로비저닝, QoS 및 엣지 관리 이슈에 대한 새로운 해법이 요구된다[4]. 산업용 IoT와 같은 대규모 분산 시스템에서 이기종 노드들을 그룹화하여 관리하고 실시간성, 고신뢰성을 보장하기 위해 미들웨어 기술의 연구가 필요하다[4]. 특히 산업용 IoT의 특성상 다양한 QoS를 제공하며 D2D(Device to Device)와 같이 양방향 통신을 지원할 수 있는 DDS(Data Distribution Service) 미들웨어 적용에 관한 연구가 요구된다[5]. 그러나 DDS 환경을 구성하기 위해서는 컴퓨팅 자원이 일정이상 요구되기 때문에 IIoT에서 사용되는 저사양 엣지 장비들에 적합하지 않으며 주요 산업용 통신망인 Fieldbus를 호환하지 않는다.

본 논문에서는 XRCE-DDS(eXtremely Resource Constrained Environment DDS) 프로토콜을 활용하여 엣지 기기들의 DDS 사용을 위한 UML 모델과 기존 Fieldbus 기반 장비들의 메시지를 호환하는 게이트웨이를 설계한다. 이를 통해 본 논문에서 제안하는 DDS는 경량화하여 컴퓨팅 자원이 부족한 엣지 장비를 호환하여 IIoT의 이기종 환경에서 상호운용성을 향상하고 기존 Fieldbus를 호환한다.

II. XRCE-DDS 분석

그림 1은 XRCE-DDS 프로토콜의 전체 구조도로 리소스가 제한된 저사양 디바이스, XRCE Agent, DDS로 구성된다. 저사양 장치는 XRCE Agent를 통해 DDS 네트워크와 통신하고 DDS 도메인의 Topic을 Publish/Subscribe가 가능하다. 현재 XRCE-DDS 프로토콜에서 전송 계층은 UDP/TCP만을 지원하고 있으므로 산업 환경에서는 제약이 존재한다. 본 논문에서는 XRCE-DDS 프로토콜을 활용하며 산업 환경에서 사용되는 Fieldbus 프로토콜을 활용하여 IIoT의 엣지 컴퓨팅 플랫폼에 적합한 DDS를 설계 및 구현한다.

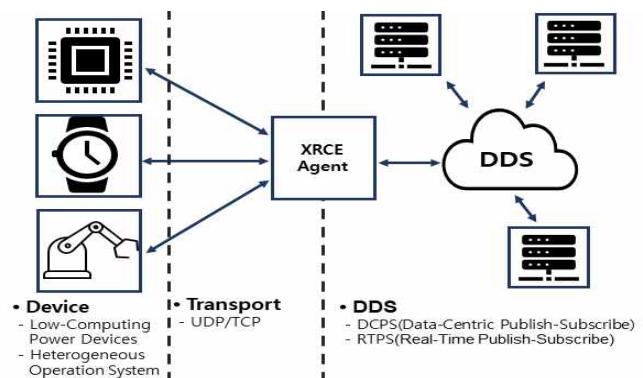


그림 1. XRCE-DDS 프로토콜의 구조도

III. IIoT 엣지 컴퓨팅 기반 DDS 아키텍처

그림 2는 본 논문에서 IIoT의 엣지 컴퓨팅 플랫폼을 활용한 DDS의 아키텍처를 보여주고 있다. 제안하는 DDS 아키텍처는 엣지에서 DDS Client, 엣지 서버에서 DDS Gateway, 클라우드에서 Database로 구성된다. 엣지에 설치되는 DDS Client는 엣지에 설치되는 애플리케이션이 DDS 통신이 가능하게 한다. DDS Client와 엣지 애플리케이션 간에는 IDL(Interface

Definition Language)와 IPC(Inter-Process Communication)을 활용하여 DDS 인터페이스를 제공한다. 이는 엣지 간에 서로 다른 통신 규격 및 운영체제에서도 통신할 수 있어 개발에 용이성을 제공한다. 그리고 IIoT와 같이 IIoT 기기가 대규모로 구성될 때 DDS는 Discovery로 인한 네트워크 부하가 발생한다. 그러나 제안하는 DDS 아키텍처에서 엣지는 DomainParticipant, Publisher 등의 Entities를 등록하지 않기 때문에 DDS Discovery가 발생하지 않아 트래픽 부하를 발생하지 않는다.

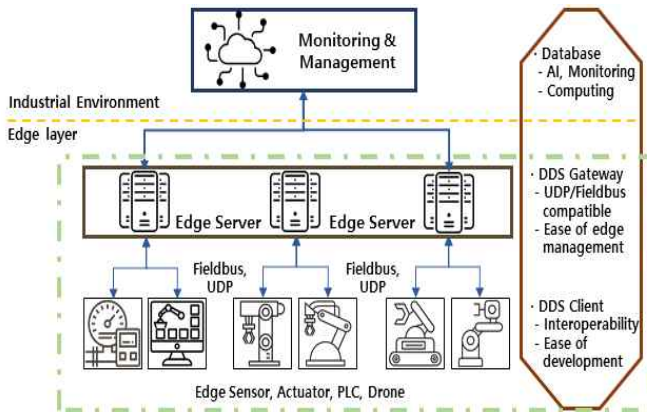


그림 2. IIoT 엣지 컴퓨팅 기반 DDS 아키텍처

엣지 서버에서는 DDS Client의 데이터 구조를 호환하기 위해 엣지 서버에 게이트웨이를 설치한다. 해당 게이트웨이는 Fieldbus와 UDP를 호환하기 위한 StructureModule과 Connector를 가진다. 그리고 클라우드에서는 LSTM(Long Short-Term Memory)와 같은 AI를 활용하여 네트워크의 신뢰성을 높일 수 있다[5].

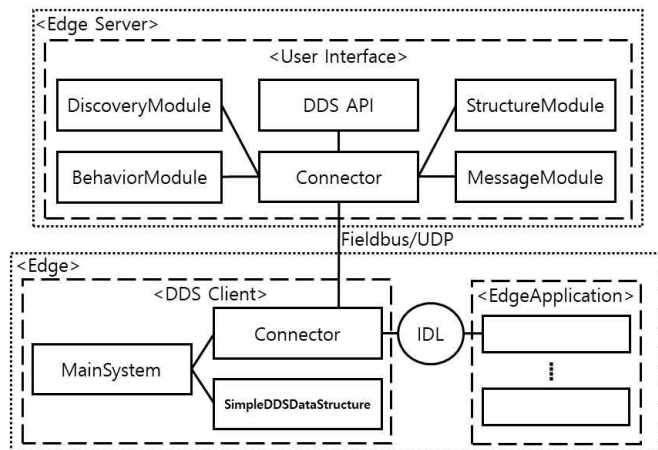


그림 3. DDS Client - Gateway의 UML 구조

그림 3은 엣지 DDS Client와 엣지 서버 Gateway의 UML(Unified Modeling Language) 구조를 보여준다. 먼저 엣지의 기존 애플리케이션은 IDL을 통해 DDS Client와 IPC를 통해 내부로 데이터를 넘겨주게 된다. 엣지 개발자는 End-Point를 지정하지 않고 IDL에 정의된 Topic을 통해 통신을 진행하기 때문에 엣지 간의 애플리케이션을 동적으로 설치 및 제거가 가능하다. 그리고 DDS Client는 SimpleDDSDataStructure를 이용하여 Fieldbus 및 UDP의 통신 규격을 DDS에 만족하여 송신한다. 이후 엣지 서버의 Connector에서 StructureModule 및 MessageModule를 활용하여 DDS 패킷 구조로 변경하여 Publish/Subscribe가 가능하게 한다. 그림 4는 DDS 아키텍처에서 DDS Client와 Gateway를 Fieldbus 환경에

서 실험한 결과를 보여준다. Fieldbus 엣지 환경은 Proteus, DDS는 OpenDDS-3.13.1을 활용하여 구성하였다. Master는 Client, Slave1-2는 Gas1-2와 Temp1-2의 값에 따라서 Slave1 또는 Slave2가 동작하는 Dual Fieldbus로 구성되었다.

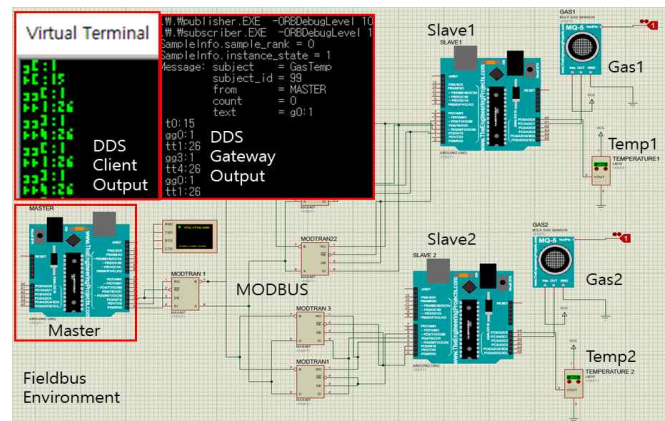


그림 4. 제안하는 DDS 아키텍처 실험 환경

III. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 IIoT의 엣지 컴퓨팅 아키텍처를 활용한 데이터 분산 서비스를 구현하여 IIoT의 이기종 상호운용성 문제를 해결하였다. 또한 IIoT의 대규모 엣지 노드 환경에서 엣지의 DDS Discovery를 수행하지 않기 때문에 네트워크 부하가 적어, 제안하는 DDS 아키텍처는 대규모 IIoT에 적합하다.

향후에는 IIoT 기반 대규모 엣지 노드를 구성하여 적용 및 시험 평가할 예정이며, DDS의 Topic, Domain, QoS 등을 활용하여 엣지 Task offloading 기법을 설계 및 적용할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업(IITP-2020-2020-0-01612)과 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업(2018R1A6A1A03024003)으로 수행된 연구결과임.

참 고 문 헌

- [1] J. Cheng, W. Chen, F. Tao, and C. L. Lin, "Industrial IoT in 5G environment towards smart manufacturing," Journal of Industrial Information Integration, Vol. 10, pp. 10-19, 2018.
- [2] D.-S. Kim and H. D. Tran, "Industrial Sensors and Controls in Communication Networks-From Wired Technologies to Cloud Computing and the Internet of Things," Springer, 2018.
- [3] M. Rusyady, S. Bhardwaj, and D.-S. Kim, "Toward Reliable Fog Computing Architecture for Industrial Internet of Things," Preprints 2019, 2019030096 (doi: 10.20944/preprints201903.0096.v1).
- [4] A. Carrega, M. Repetto, P. Gouvas, and A. Zafeiropoulos, "A Middleware for Mobile Edge Computing," IEEE Cloud Computing, Vol. 4, No. 4, pp. 26-37, 2017.
- [5] K. P. Dirgantoro, W. P. Nwadiugwu, J.-M. Lee, and D.-S. Kim, "Dual Fieldbus Industrial IoT Networks using Edge Server Architecture", Elsevier Manufacturing Letters, Vol. 24, pp. 108-112, April 2020.