

스마트 팩토리를 위한 데이터 중심 미들웨어 분석

김형진¹, 이재민², 김동성*

금오공과대학교 IT융복합공학과

{20206076¹, ljmpaul², dskim*}@kumoh.ac.kr

Data-Centric Middleware Analysis for Smart Factory

Hyeong-Jin Kim¹, Jae-Min Lee² and Dong-Seong Kim*

Kumoh National Institute of Technology

Dept. of IT Convergence Eng

요약

스마트제조 확산에 따라 제조 설비들의 연동 및 기능에 대한 요구가 증가하고 있다. 기존에 사용되는 산업통신 프로토콜에 기반한 요구사항을 만족하려면 연결하는 설비가 증가할수록 시스템 간의 연동 및 관리를 위한 비용이 증가할 뿐만 아니라 연동 시스템 간의 데이터 변환이 필수적으로 요구된다. 따라서 대규모 이종 시스템들 간의 통합 운영을 위해 데이터 중심 미들웨어가 스마트 팩토리, 스마트 그리드와 같은 환경에 적용되고 있다. 한편 무선 통신 기술의 발달로 5G가 대두되면서 스마트 팩토리, 스마트 그리드, 자율주행차와 같은 고신뢰 초저지연 통신(Ultra Reliable and Low Latency Communication)을 요구하는 서비스들이 늘어나고 있다. 스마트 팩토리 서비스를 제공하기 위한 요구사항은 1-10ms E2E(End-to-End) Latency 만족해야 하는데 5G 표준에서 고려하는 Network latency는 단말 APP 및 서버 내부의 Processing Latency는 고려하지 않는다. 따라서 본 논문은 스마트 팩토리의 서비스 측면을 고려하여 데이터 중심 미들웨어에서 발생하는 Processing Latency를 비교 및 분석한다.

I. 서론

최근 임베디드 시스템과 제조 설비들의 다양성이 증가하면서 기존에 사용되는 산업통신 프로토콜에 기반한 연동을 적용할 경우 연결하는 임베디드 시스템 및 제조 설비들이 증가할수록 관리 및 연동을 위한 비용이 급수적으로 증가할 뿐만 아니라 연동되는 시스템간의 데이터 변환이 필수적으로 요구된다[1]. 따라서 대규모 이종 시스템 및 설비들 간의 통합 운영을 위해 데이터 중심 미들웨어가 이와 같은 환경에 적용되고 있다[2]. 데이터 중심 미들웨어를 사용할 경우 Control level 계층 아래에 사용되는 산업 통신 프로토콜과 Information Level 계층을 통합할 수 있으며 대규모 연동 대상 시스템 간의 연결을 효과적으로 유지하고 관리할 수 있다[3]. 또한 데이터 중심 미들웨어는 디지털화된 데이터 교환에 초점을 맞춘 미들웨어이므로 통신을 위한 별도의 데이터 포맷 변환 없이 다른 통신 프로토콜 및 시스템과의 연동을 가능하게 하며 대규모 이기종 시스템 간의 통합 운영이 필수적인 스마트 팩토리 및 스마트 그리드와 같은 환경에 효과적이다.

한편 무선 통신 기술의 발달로 5G가 등장하면서 스마트 팩토리, 스마트 그리드, 자율주행차와 같은 낮은 지연을 요구하는 서비스들이 급부상하고 있다[4]. 스마트 팩토리 서비스를 제공하기 위한 요구사항은 최소 1ms에서 최대 10ms의 지연을 만족해야하는데 5G 표준에서 고려하는 Network latency는 단말 APP 서버 내부의 Processing Latency는 고려하지 않는다. 앞서 언급했던 스마트 팩토리, 스마트 그리드와 같은 환경엔 미들웨어가 필수적으로 적용되어야 하는데 미들웨어 내부의 Processing latency를 만족하지 못한다면 네트워크 성능이 아무리 좋아져도 스마트 팩토리에서 요구하는 지연을 맞추지 못한다. 따라서 본 논문은 네트워크 성능에 따라 MQTT, AMQP, DDS 세가지 데이터 중심 미들웨어의 응답속도를 살펴보고 스마트 팩토리에 미들웨어를 적용하기 위한 최적의 데이터 중심 미들웨어를 선정하고 분석한다.

II. 스마트 팩토리를 위한 미들웨어 요구사항

스마트 팩토리, 스마트 그리드와 같은 Mission Critical Service의 Latency를 만족하기 위해서는 최소 1ms에서 최대 10ms의 Latency를 만족해야한다. 실제 서비스는 단말 APP에서 메시지를 전송하면 이를 받아 서버에서 응답하는 형태로 진행되는데 이러한 전반적인 과정을 고려한 Latency가 E2E Latency이다[5]. E2E Latency는 발생하는 영역/요인에 따라 단말 APP부터 기지국까지의 Air interface, 교환국에서 기지국까지의 영역, 외부망 전송 영역, 단말 Application과 서버의 처리 영역으로 구분할 수 있다. 계층 구조상 미들웨어는 Application 영역으로 전송 구간별로 측정해보면 E2E 네트워크 전송 지연보다 미들웨어, Application 계층의 처리 지연이 지배적이다. 따라서 미들웨어의 Processing Latency가 스마트 팩토리의 Latency 요구사항에 만족하지 못한다면 네트워크 성능이 향상되어도 해당 서비스를 구현하는데 제약이 따른다.

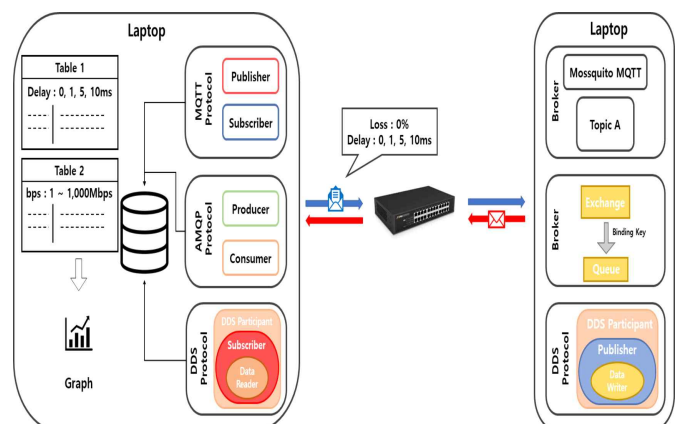


그림 1 모의실험 환경 구성

III. 모의실험 환경 구성

모의실험 환경은 그림1과 같이 구성하였다. LAPTOP 2대를 각각 스위치 허브에 연결하고 MQTT, AMQP, DDS 프로토콜을 사용하여 같은 크기의 데이터를 전송하는데 걸리는 로그 시간을 기록한다. DDS는 RTI Connnext DDS, AMQP는 RabbitMQ, MQTT는 QoS0과 QoS1을 비교하여 분석한다. 또한 MQTT, DDS 프로토콜 내부의 Pub/Sub, AMQP 프로토콜 내부의 Producer/Consumer는 각각 1개로 고정하여 성능 평가하고자 하는 미들웨어의 최소 Processing Latency를 측정한다.

IV. 네트워크 성능에 따른 미들웨어 응답 지연 시간 비교 및 분석

그림2는 데이터 전송속도에 따른 미들웨어 응답지연 시간 비교 그래프이다. MQTT, AMQP, DDS 프로토콜을 이용하여 10MByte 크기의 데이터를 전송하였다. 세 프로토콜 모두 데이터 전송속도가 증가함에 따라 대체로 응답지연 시간이 감소함을 보여주었다. 하지만 MQTT QoS0과 AMQP 같은 경우 데이터 전송속도 300Mbps 이상부터 응답 지연 시간이 13ms 이하로 감소하지 않는 것으로 나타났고, MQTT QoS1 같은 경우는 18ms 이하로 감소하지 않는 결과를 보였다. 세 프로토콜 중 지연 시간이 가장 많이 감소한 DDS는 1,000Mbps일 때 3.8ms의 지연 시간으로 가장 좋은 성능을 보였지만 스마트 팩토리 환경에서 요구하는 1ms의 지연 시간을 만족하지 못하는 결과를 보여주었다.

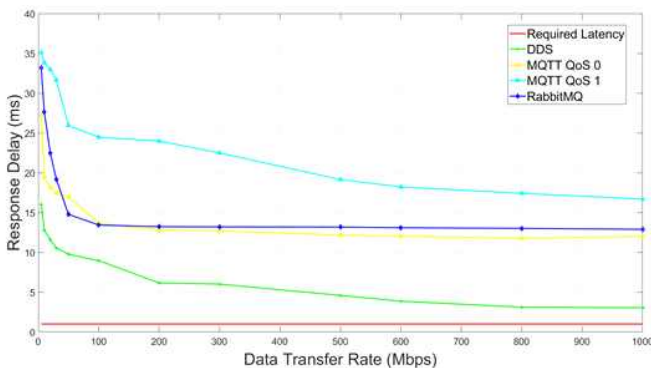


그림 2 데이터 전송 속도에 따른 미들웨어 응답 지연

그림3은 노드 수에 따른 미들웨어 응답 지연 시간 비교 그래프이다. 데이터 전송속도는 1,000MByte, 패킷 지연은 0ms로 설정하였다. 노드 수가 1개일 때 MQTT와 AMQP의 경우 약 12ms의 응답 지연 시간을 보였고 노드 수가 50개 일 때는 MQTT 15.6ms, AMQP 16.2ms 정도의 응답 지연을 보였다. DDS의 경우 노드 수가 1개일 때 3.8ms의 응답 지연 시간을 보였으며 노드 수 50개에서는 9.7ms의 응답 지연을 보였다. 노드 수가 증가할수록 미들웨어 내부에서 처리하는 데이터양이 증가하고 DDS의 경우 통신을 하기 위해 다른 노드를 찾는 디스커버리 과정에서의 프로세스 지연 시간이 증가하는 것으로 판단된다.

MQTT와 AMQP의 경우 데이터 전송 시 브로커를 필수적으로 거쳐야 하기 때문에 프로세스 지연 시간이 브로커의 성능에 크게 영향을 받을 수 있고 그 결과 그림2의 결과처럼 데이터 전송 속도가 증가하여도 13ms 이하의 프로세스 지연 시간을 만족하지 못한다는 결과를 보였다. 반면에 DDS의 경우 지연 시간이 3.8ms로 세 가지 프로토콜 중 스마트 팩토리에서 요구하는 지연에 가장 근접한 결과를 보였지만 상대 노드를 찾는 디스커버리 과정에서의 프로세스가 가장 큰 결과를 얻었다. 그림2과 그림3의 결과를 통해 데이터 전송 속도나 패킷 지연과 같은 네트워크 성능이 향상되어도 일정 시간 이상의 프로세스 지연이 존재한다는 것을 보였다.

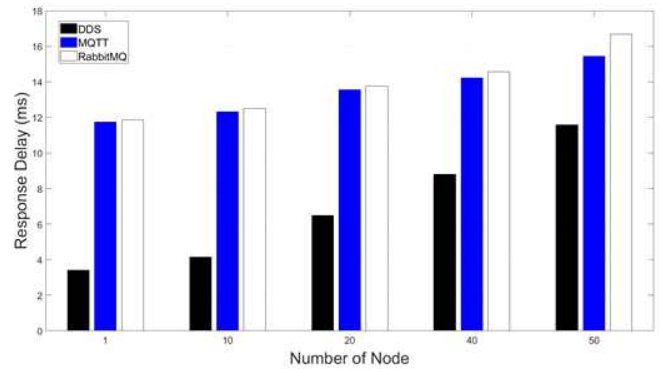


그림 3 노드 수에 따른 미들웨어 응답 지연

V. 결론

본 논문에서는 스마트 팩토리 실시간 서비스 요구사항을 만족하기 위한 데이터 중심 미들웨어의 응답 지연을 네트워크 성능에 따라 비교 및 분석하였다. 모의실험 결과 세 가지 프로토콜 모두 특정 데이터 전송 속도 이후부터 일정한 응답지연을 갖고 이는 1ms를 만족하지 못하였다. MQTT와 AMQP는 Queue 방식의 구조적 한계와 프로세스 시간이 브로커의 성능에 의해 크게 좌우되었고 DDS는 가장 좋은 성능을 보여주었으나 상대 노드를 찾는 디스커버리 과정에서의 프로세스 지연이 가장 크게 측정되었다.

향후 연구로는 DDS 디스커버리 과정에서 발생하는 프로세스 지연을 분석하고 이를 감소시키는 연구를 진행하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구(2018R1A6A1A03024003)와 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업의 연구결과(IITP-2020-2020-0-01612)와 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2019R1F1A1064055).

참 고 문 헌

- [1] Mauro A. A. da Cruz, Joel José P. C. Rodrigues, Jalal Al-Muhtadi, Valery V. Korotaev, and Victor Hugo C. de Albuquerque, "A Reference Model for Internet of Things Middleware," IEEE Internet of Things Journal, Vol. 5, No. 2, 2018
- [2] 차중혁, 이종우, 이재민, 김동성 "민·군 ICT 융합기술을 위한 실시간 미들웨어 응용 및 동향 연구", 한국통신학회지(정보와통신), Vol. 37(10), pp. 47-54, Sep. 2020.
- [3] 전인걸, 강성주, 전재호, 이수형, "가상-실공장 연동을 위한 CPS기반 스마트팩토리 기술", 한국통신학회지(정보와통신), Vol. 33(11), pp. 8-15, Oct. 2016
- [4] Ahmed Slalmi, Hasna Chaibi, Abdellah Chehri, Rachid Saadane, Gwanggil Jeon and Nadir Hakeme, "On the Ultra-Reliable and Low-Latency Communications for Tactile Internet in 5G Era", Procedia Computer Science, Vol. 176, pp. 3853-3862, 2020
- [5] Imtiaz Parvez and Ismail Guvenc, "A Survey on Low Latency Towards 5G: RAN, Core Network and Caching Solutions", IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 20, No. 4, pp. 3098-3130, 2018