

실·가상 융합형 메타버스 서비스를 위한 DDS-TSN 계층 구조 설계

김관혁¹, 김원태^{1*}

¹한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 미래융합공학전공

friend2281@koreatech.ac.kr, wtkim@koreatech.ac.kr

DDS-TSN Layered Architecture Design for Real-Virtual Convergence Metaverse Service

Gwanhyeok Kim¹, Won-Tae Kim^{1*}

¹Future Convergence Engineering, Department of Computer Science & Engineering, Korea University of Technology and Education

요 약

현재의 메타버스 서비스는 메타버스 학술대회, 메타버스 입학식 등과 같이 단순히 실제 세계의 대체품 역할만을 수행하고 있으며 앞으로의 메타버스는 실제 세계와 가상 세계가 융합된 실·가상 융합형 메타버스 서비스로 발전할 것이다. 실제 세계와 가상 세계가 융합하기 위해서는 실제 세계에 존재하는 다양한 물리적 개체의 정보가 가상 세계로 반영되어야 하며 메타버스 서비스의 규모가 증가함에 따라 높은 확장성을 지원하는 통신 기술이 요구된다. 본 논문에서는 높은 확장성의 통신 미들웨어인 DDS와 시간 확정적 전송을 보장하는 TSN 표준을 융합하여 메타버스 서비스가 요구하는 방대한 데이터를 시간 확정적으로 전송할 수 있는 DDS-TSN 계층 구조를 설계한다.

1. 서론

최근 엔터테인먼트, 제조, 의료, 군사 등 다양한 산업 분야에서 메타버스는 주목 받고 있다. 메타버스는 초월을 뜻하는 Meta와 세계를 뜻하는 Universe의 합성어로서 메타버스 미래포럼에서는 디지털로 복제된 현실세계와 가상세계의 디지털 객체가 결합 후에 현실세계에 확장되어 사용자에게 사회적·경제적 활동을 제공해주는 디지털 플랫폼을 메타버스라고 정의하였다.

하지만 현재의 메타버스 서비스는 단순히 현실의 활동을 가상세계에서 대신 수행하는 대체품 수준에 그친다. 기술의 발전에 따라 앞으로의 메타버스는 실제 세계의 객체들과 가상 세계가 보다 밀접하게 결합된 실·가상 융합형 메타버스로 발전할 것이다. 실·가상 융합형 메타버스 서비스가 제공이 된다면 실제 공장에서 문제가 발생하였을 시에 실제 공장을 모사한 가상의 공장에서 가상 세계의 정비공이 문제를 실시간으로 해결할 수 있을 것이다.

실·가상 융합형 메타버스가 현실을 반영하기 위해서는 현실의 객체에 대한 정보를 지속적으로 수집해야 한다. 메타버스가 반영하는 세계의 범위가 점점 더 확장됨에 따라 네트워크에 참여하는 현실의 물리적

개체는 계속해서 증가할 것이며 현실의 수많은 물리적 개체들이 메타버스 서비스를 지원하기 위해서는 높은 확장성을 고려한 통신 방식이 설계되어야 한다.

OMG(Object Management Group)에서 정의한 DDS(Data Distribution Service)는 높은 확장성을 지닌 데이터 중심의 분산형 미들웨어이다. DDS는 논리적으로 구분된 데이터 공간인 Data Domain 내에서 Topic이라는 논리적 통로를 통하여 Domain Participant 간의 Publish/Subscribe 방식의 통신을 지원한다. 또한 Deadline, Reliability, History 등과 같은 22가지의 QoS(Quality of Service)를 통하여 고품질의 통신 서비스를 제공할 수 있다.

하지만 DDS는 주로 Application Layer에서 데이터를 중심으로 통신에 접근하기 때문에 실제 네트워크의 상태를 고려하기는 어려우며 이로 인해 Domain Participant 간의 실시간 통신을 지원하기에는 제한 사항이 존재한다. 본 논문에서는 Data Link Layer의 TSN(Time Sensitive Networking) 표준을 통해 DDS에서 보장하지 못한 실시간성을 보장함으로써 실·가상 융합형 메타버스 서비스를 설계하는 데에 있어 확장성과 실시간성을 모두 겸비한 메타버스 서비스 지원 DDS-TSN 계층 구조를 제안한다.

2. DDS-TSN 계층 구조 설계

TSN은 표준 이더넷 네트워크에서 시간 민감형 데이터 전송을 위한 일련의 표준이다[1]. 기존에 이더넷을 목적으로 설계되었던 TSN 표준은 점차 5G나 WiFi와 같은 무선 네트워크에서도 주요한 기술로 고려되고 있다[2]. TSN에서는 Latency와 Jitter를 중요하게 다루고 있으며 Latency와 Jitter를 보장하기 위해서 Time Synchronization, Time Aware Shaper, Cyclic Queuing and Forwarding, Frame Preemption 등의 다양한 기술을 지원한다.

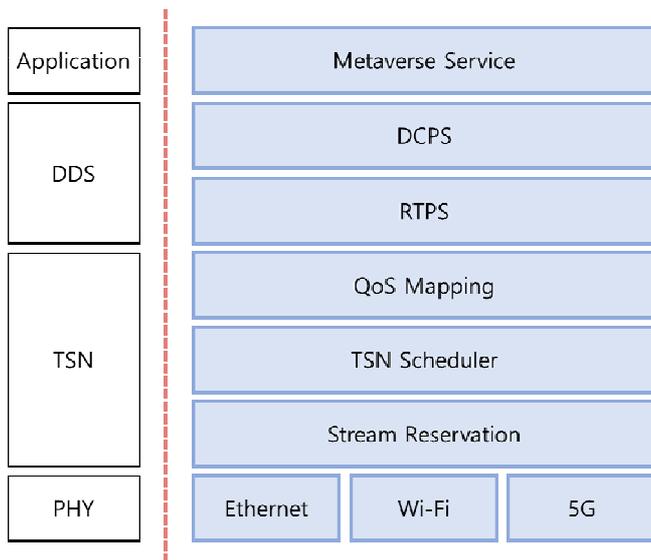


그림 1 메타버스 서비스 지원 DDS-TSN 계층 구조

그림1은 메타버스 서비스를 지원하기 위한 DDS-TSN 계층 구조이다. DDS Layer의 상위 계층에 있는 DCPS(Data Centric Publish Subscribe)는 Domain Participant 간에 데이터 발간 및 구독을 위한 표준 인터페이스 규격이다. DDS Layer의 하위 계층인 RTPS(Real Time Publish Subscribe)는 4가지 모듈 (통신 참여 개체를 정의한 Structure Module, 개체 간 정보 교환을 위하여 메시지를 정의한 Message Module, 메시지 전송 절차를 정의한 Behavior Module, 도메인 내 Participant 검색을 위한 Discovery Module)을 통해서 DCPS에서 정의한 인터페이스가 실제 네트워크에서 동작하도록 설계한 프로토콜이다.

QoS Mapping은 DDS Layer에서 정의한 QoS 프로필을 TSN Layer에서 이해할 수 있는 정보로 매핑해주는 역할을 한다. 예를 들어 DDS의 Deadline QoS는 데이터의 최대 도착시간을 정의한다는 점에서 TSN에서 다루는 Latency와 유사한 QoS임을 확인할 수 있다. QoS Mapping을 통하여 DDS 도메인

에서 다루는 다양한 데이터들의 요구사항을 각각 식별할 수 있으며 그 중 어떠한 데이터가 시간에 민감한 데이터인지 분류할 수 있다.

TSN Scheduler는 QoS Mapping에서 산출되는 데이터의 시간민감성에 따라 시간에 민감한 TSN Stream과 그 외에 해당하는 BE(Best Effort) Stream으로 구분 지어 스케줄링을 수행한다. IEEE 802.1Qbv 표준에서 정의한 Time-Aware Shaper는 큐에 저장된 스트림을 전송하는 전송 게이트의 개폐를 통해서 데이터의 전송을 제어할 수 있다. TSN 스트림과 BE 스트림은 각각 다른 큐에 할당이 되며 두 스트림을 분리하여 전송함으로써 TSN 스트림의 시간 확정적인 전송을 보장할 수 있다.

TSN Scheduler가 스트림이 거치는 단일 네트워크 디바이스에 적용되는 기술이라면 Stream Reservation은 네트워크 전체에 적용되는 기술이다. Stream Reservation은 DDS Domain이 다루는 전체 네트워크에 대하여 각 Domain Participant 간에 전송되는 Stream을 예약한다. TSN에서 자원 예약은 분산형, 부분집중형, 중앙집중형이라는 3가지 방식으로 분류되며 본 논문에서는 네트워크 전체 상태를 고려하기 때문에 중앙집중형 방식을 사용한다.

3. 결론

본 논문에서는 실제와 가상세계가 융합되어 수많은 데이터가 오고 가는 메타버스 서비스 내에서 실시간성을 제공하기 위한 DDS-TSN 계층 구조를 설계하였다. 향후 연구에서는 DDS와 TSN을 실제로 연동하여 실제 통신 성능에 기여하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 BK21 FOUR 사업과 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터육성지원사업(IITP-2022-2021-0-01816)의 지원을 받아 연구되었음.

참고문헌

- [1] 강태규, 강유화, 유연철, 정태식 “제 4차 산업혁명 시대를 위한 초저지연 네트워킹 기술 동향.”, 2019,.
- [2] 김경수, 강유화, 김창기 “Industrial IoT 를 위한 5G-TSN 기술 동향.” [ETRI] 전자통신동향분석 35.5, 43-56, 2020,.