

대규모 네트워크상에서 효율적인 DDS Participant Discovery를 위한 SDN 기반 구조 설계

김다울*, 이우엽**, 홍석준**, 조인휘*

*한양대학교 컴퓨터소프트웨어학과

**한양대학교 전자컴퓨터통신공학과

e-mail : {daol94, matias12, daniel379, iwjoe}@hanyang.ac.kr

SDN Based Architecture Design for efficient DDS Participant Discovery on large networks

Daol Kim*, Wooyeob Lee**, Seokjoon Hong**, Inwhhee Joe*

*Dept of Computer&Software Engineering, Han-Yang University

**Dept of Electronics and Computer Engineering, Han-Yang University

요 약

OMG(Object Management Group)의 DDS(Data Distribution Service)는 Publish/Subscribe기반 통신 미들웨어로 DDS Participant Discovery를 사용하여 각 Topic에 대한 Participant 정보를 자동으로 교환하여 사용자에게 편의성을 제공하며 분산 환경에 적합한 통신 환경을 제공한다.

본 논문에서는 기존 DDS의 원격 도메인간의 Participant Discovery 문제 해결을 위해 SDN 기반 구조를 제안한다. 제안하는 구조는 DDS 미들웨어에 SDN Controller로 도메인 정보를 전달할 기능(function)을 추가하고 SDN controller상에 Participant Discovery를 위해 네트워크 설정을 수행할 컴포넌트들을 추가한다. 이 구조는 원격 도메인간 PDP Message가 전달되지 않는 문제를 해결하며 실제 네트워크에 전달되는 Participant Discovery 메시지 수를 감소시켜 DDS Discovery 기능을 효율적으로 확장시킨다.

1. 서론

분산 시뮬레이션 시스템은 주로 국방, 공항 및 철도, 원자력 분야 등 다양한 시스템에서 활용되고 있다. 네트워크 기술의 급속한 발전으로 시뮬레이션은 네트워크 기반의 실시간 분산 시스템으로 구축되며 대규모 네트워크 환경에서 실행 된다.

분산 시뮬레이션 시스템이 대규모로 구축됨에 따라 효율적인 데이터 교환을 위해 통신 미들웨어가 필요하다. OMG(Object Management Group)의 DDS(Data Distribution Service)는 Publish/Subscribe기반 통신 미들웨어로 DDS Participant Discovery를 사용하여 각 Topic에 대한 Participant 정보를 자동으로 교환하여 사용자에게 편의성을 제공하며 분산 환경에 적합한 통신 환경을 제공한다[1]. 그러나 DDS Participant Discovery는 동일한 도메인(Domain)내에 참여하는 Participant간에만 가능하여 대규모 분산 시뮬레이션 시스템에 적용하기엔 그 한계점이 존재한다. 도메인 간의 접속 문제 해결을 위해, OMG에서는 DDS 도메인간의 Bridging 메커니즘을 제안한다[2]. 하지만 동일한 스위치에 연결된 도메인 간에만 가능하며 대규모로 분산 되어 여러 스위치가 연결된 환경에서 적용을 보장할 수 없는 한계점이 존재한다. 도메인 간의 연결 문제 해결을 위해 [3]의 논문에서는 CPS 도메

인 간의 상호 연결을 위한 DDS GW(GateWay)의 아키텍처와 절차를 제안 하지만, 이 방식의 경우 기존 네트워크 환경이 아닌 GW 아키텍처에 맞는 물리적 환경 구축이 필요하다.

본 논문에서는 추가적인 물리적 환경 구축 없이 대규모 네트워크상에서 DDS 미들웨어를 활용하여 분산 시뮬레이션이 가능하도록 소프트웨어 정의 네트워크(Software Defined Network : SDN) 적용 및 DDS 미들웨어에 기능을 추가하여 DDS participant Discovery 절차를 확장할 것을 제안한다. SDN은 전송 계층(Data Plane), 제어 계층(Control Plane), 응용 계층(Application Layer)으로 구성되며 전송 계층에는 L2/L3 스위칭 박스로 구성된 데이터 전달 장치가 놓이며, 제어 및 응용 계층을 통해 전체 네트워크 상태를 관찰 제어하는 기능들이 위치한다[4].

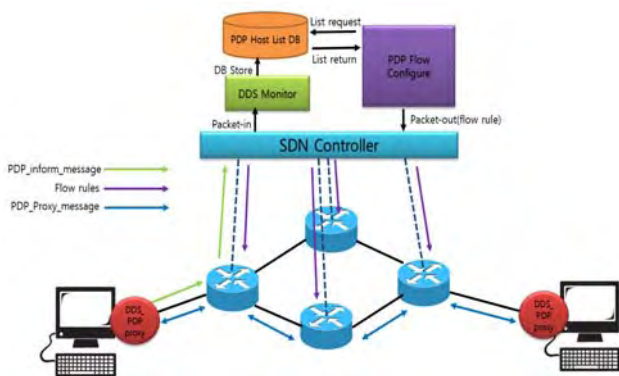
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 SDN 기반의 제안 구조 및 동작 과정에 대해 기술하고, 3장에서는 기존 방식과 성능을 비교 및 분석한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 제시한다.

2. SDN 기반 제안 구조

DDS의 PDP(Participnt Discovery Protocol) 메시지는 브로드캐스트 Address를 통해 로컬 도메인 상에 존재하는

다른 Participant에게 전달된다. 브로드캐스트 방식으로 전송되는 경우 로컬 랜 상에 존재하는 모든 네트워크 장비들에게 메시지를 전송하지만 자신이 속한 네트워크에만 한정되어 라우터를 경유하지 못하는 문제점이 존재한다. 이 때문에 원격 도메인에 존재하는 Participant간의 DDS Participant Discovery의 문제가 발생하게 된다.

SDN Switch의 경우 일반 스위치와 다르게 Control plan과 Data Plan이 분류되어 있고, 물리적 스위치는 실질적으로 라우터 역할을 하게 된다. DDS 도메인은 로컬랜이 아닌 다른 랜으로 네트워크 환경이 넘어가는 경우 다른 도메인으로 간주하게 된다. 따라서 로컬 랜에 생성된 로컬 도메인에서 발생하는 브로드캐스트 메시지는 SDN 스위치를 통해 원격에 존재하는 다른 도메인까지 전송되지 못한다. 이 문제점을 해결하기 위해 각 도메인 상에서 발생하는 PDP 메시지를 SDN Controller에 통지해 줄 기능을 추가하며 해당 기능에서 SDN Controller로 전달된 메시지를 처리할 컴포넌트들을 SDN Controller에 추가한다. 그 구조는 그림1과 같다.



(그림 1) SDN기반 원격 DDS 도메인 구조

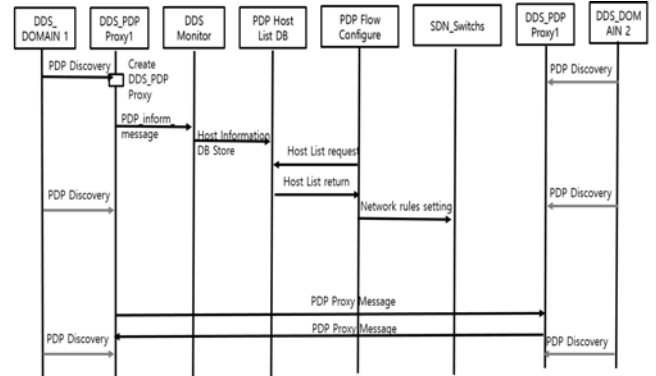
DDS_PDP Proxy : 각 DDS 도메인에 추가되는 기능으로 각 도메인 내에서 PDP 메시지가 발생하면 SDN Controller에 알리는 역할을 하는 PDP_Information_Message를 전송한다. 해당 기능에서 SDN Controller에 알리는 메시지에는 도메인 간의 구분을 위한 도메인 아이디 정보를 포함한다. 또한 소속된 도메인 내에서 발생하는 PDP 메시지 정보를 모두 저장하며, 원격 도메인 간의 Participant Discovery를 위해 프록시(Proxy) 역할을 하는 메시지를 설정된 네트워크 경로에 따라 전송한다.

DDS Monitor : DDS_PDP Proxy에서 전송한 메시지를 수신하여 도메인 정보를 확인하고 SDN Controller에서 제공하는 Topology 정보를 활용하여 도메인에 포함된 host 목록을 DB에 저장한다.

PDP Host List DB : DDS Monitor를 통해 들어온 메시지와 SDN Controller의 Topology 정보를 통해 확인된 Host 목록을 저장하며, 네트워크 환경 설정을 위해 PDP Flow Configure에서 요청을 받으면 Host 목록을 전달한다.

다.

PDP Flow Configure : 원격 도메인간의 Discovery 문제 해결을 위해 네트워크 환경을 설정한다. PDP Host List DB에서 각 도메인에 속한 Host 목록을 요청하여 전달 받아 Host가 포함된 경로만을 도출하여 네트워크 설정을 변경한다.



(그림 2) 원격 도메인 간의 Participant Discovery 과정

이러한 구조를 기반으로 원격 도메인간의 Participant Discovery 동작 과정은 그림2와 같다. DDS 미들웨어를 활용하여 통신하는 경우 통신에 참여하는 Participant Discovery를 위해 실행 후 Discovery가 수행된다. 따라서 Participant가 참여하는 도메인 상에 PDP 메시지를 전송한다. 제안한 구조에선 로컬 도메인에서 발생한 PDP 메시지를 도메인에 추가된 DDS_PDP Proxy가 수신하면 SDN Controller에 PDP 메시지의 발생과 도메인 정보를 알리는 PDP_Information_Message를 생성하여 전송한다. SDN Controller에 위치한 DDS Monitor는 수신한 PDP_Information_Message를 확인하여 도메인 및 Host 정보를 확인하고 PDP Host List DB에 생성된 각 도메인에 포함된 Host 목록을 저장한다. PDP Flow Configure는 네트워크 설정을 위해 PDP Host List DB에 저장된 Host 목록을 요청 후 전달 받아 네트워크 설정을 진행한다. 최대한 전체 네트워크에 영향을 주지 않는 형태로 PDP Message를 전달하기 위해 Shortest Path를 도출하여 네트워크를 설정한다. 네트워크 설정이 완료되면 DDS_PDP Proxy는 원격 도메인에 존재하는 원격 DDS_PDP Proxy에 프록시 역할을 하게 될 Participant 정보를 전달한다.

이러한 방식으로 원격 DDS 도메인간의 Participant Discovery가 수행되면 DDS 도메인이 생성된 host에만 Discovery message가 전달되기 때문에 DDS 미들웨어를 사용하지 않는 Host가 연결된 네트워크 경로에 미치는 영향을 줄일 수 있다. 또한 각 도메인에 속하여 DDS_PDP Proxy에서 프록시 역할을 하는 메시지만을 전달하므로 전체 네트워크에 존재하는 participant만큼 발생하던 메시지 수를 감소시킬 수 있다.

3. 성능평가

전통적인 네트워크, SDN을 통한 네트워크 통합 설정과 제안 방식의 성능 비교를 위해 동일한 네트워크 환경에서 발생하는 메시지 수를 비교하였다.

SDN이 적용되지 않은 전통적인 네트워크 환경의 경우 원격 도메인에 포함 된 Participant의 개수만큼 메시지 수가 발생한다. 그러나 SDN 스위치를 경유하는 경우 도메인 설정이 달라져 원격 도메인으로 인식하기 때문에 전달이 불가능하기 때문에 Discovery가 불가능한 상태가 된다.

SDN을 적용하여 SDN Controller에 연결 된 스위치가 포함 된 전체 네트워크를 통합 설정하는 경우 하나의 도메인으로 인식하여 네트워크상에 Participant Discovery Message 전달이 가능하게 된다. 그러나 각 Host에 존재하는 모든 Participant의 수만큼 Discovery 메시지를 전달하게 되며 대규모 네트워크에서 분산된 환경의 경우 여러개의 스위치를 거쳐 Participant Discovery Message를 전달하게 되므로 메시지의 수는 전달되는 스위치만큼 증가하게 된다. x개의 도메인이 존재할 때, i번째 도메인에 속한 Participant의 수를 P_i 라 하고 네트워크상의 S개의 스

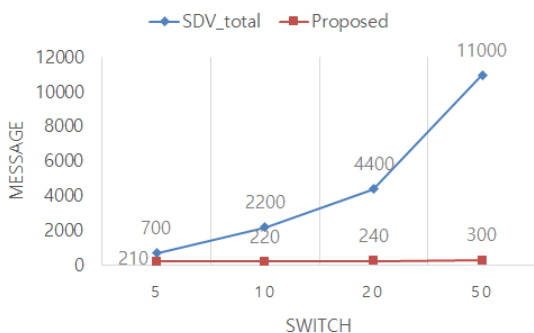
위치에 위치한다면 총 발생하는 메시지의 수는 아래 수식 1과 같다.

$$\left(\sum_{i=1}^x P_i\right)(1+S) \quad (\text{수식1})$$

제안하는 방식은 같은 환경에서 원격 도메인간의 경로 설정에 참여한 스위치의 수를 s라 하면 총 발생하는 메시지의 수는 아래 수식2와 같다.

$$\sum_{i=1}^x P_i + xs \quad (\text{수식2})$$

각 도메인에 속한 Participant의 수만큼 Participant Discovery Message가 발생하는 것은 동일하지만 경로가 설정되어 네트워크에 포함 된 s개의 스위치만을 거쳐 메시지가 전달되고 각 도메인별로 1개의 Participant Discovery Message가 스위치를 거쳐 전달된다. 따라서 단순히 통합하는 방법에 비해 메시지 수가 줄어들고 네트워크에 미치는 영향이 줄어들게 된다.



(그림 3) 원격 도메인 간 전송 메시지 수

위에서 비교한 전통적인 네트워크, SDN을 통한 네트워크 통합 설정과 제안 방식에서 발생하는 전송 메시지 수를 비교하면 그림3과 같다. SDN Controller에 전통적인 네트워크의 경우 Discovery가 불가능하기 때문에 각 로컬 랜 상에서만 Participant Discovery Message가 발생하고 스위치를 거쳐서 메시지가 전달되지 않기 때문에 통신이 불가능하며 SDN을 활용한 환경과 메시지 수를 비교하는 것이 불가능하다. 전통적인 네트워크를 제외한 SDN을 활용한 네트워크에서 발생하는 메시지의 수 비교를 위해 100개의 Participant가 존재하는 2개의 Host 사이에 SDN 스위치를 연결한다. 2개의 Host사이의 SDN 스위치의 수를 증가시키며 전송되는 Participant Discovery Message 수를 비교하는 경우 제안 된 방식에서 메시지의 수가 줄어든 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

제안 방식은 기존의 방식에 비해 전체 네트워크에 PDP 메시지로 인해 미치는 영향을 줄이고 총 발생 메시지수를 감소시킨다. 이를 통해 [3] 논문에서 제시한 DDS GW를 통한 메시지 전달과 비슷한 Participant Discovery 성능 도출이 가능하다.

그러나 이 방식은 Participant Discovery 부분에서만 [3] 논문과 비슷한 성능 도출이 가능하며 이후 Endpoint Discovery나 데이터 전달 부분에서 차이가 발생하기 때문에 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] OMG, Data Distribution Service for Real-time Systems Specification, Ver 2.2, 2014.
 [2] J. M. Lopez-Vega, J. Povedano-Molina, G. Pardo-Castellote, J. M. Lopez-Soler, "A content-aware bridging service for publish/subscribe environments", The Journal of System and Software, Vol. 86, pp. 108-124, 2012.
 [3] W. Lee, S. chung, M. Choi, S. Cho, I. Joe, J. Park, S. Lee, W. Kim "A Robust Inter-Domain DDS Gateway based on Token Passing for Large-Scale Cyber-Physical Systems", Advanced Communication Technology (ICACT) 2014 16th International Conference, pp. 868-871, 2014.
 [4] ONF White Paper, "Software-Defined Networking: The New Norm for Networks," April, 2012.