

---

# DDS 미들웨어에서 단말개체 간 정보교환을 위한 적응형 패킷 전송 기법

안성우

경남정보대학교

## Adaptive Packet Transmission Scheme for Exchanging Information between Endpoints in DDS Middleware

Sung-woo Ahn

Kyungnam College of Information & Technology

E-mail : ahnsw@kit.ac.kr

### 요 약

DDS 미들웨어는 네트워크에 분산되어 있는 단말개체를 탐색하거나 단말개체 간에 정보를 실시간으로 교환하기 위해 멀티캐스트 또는 유니캐스트 패킷 전송 방식을 사용한다. 교환되는 패킷은 상황에 따라 표준에서 미리 정의된 프로토콜에 의해 일괄적으로 전송 방식이 고정되어 있다. 이와 같이 고정된 패킷 전송 방식은 전송대상이 되는 단말개체의 개수 및 데이터 전송 상태가 동적으로 변경되는 환경에서 필요한 노드의 리소스 사용량 증가에 적절히 대처하지 못하는 문제가 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 데이터 분배 서비스에서의 참여자 간에 정보 교환 시 노드 리소스 사용 비용을 최소화하고 네트워크 대역폭 활용을 최대화 할 수 있도록 패킷 전송방식을 실시간으로 조정하기 위한 기법을 제안하고자 한다.

### ABSTRACT

DDS middleware transmits data packets through unicast or multicast method for discovering endpoints on a distributed network and exchanging information between endpoints. Depending on the communicating situation between endpoints, the transmission method which is used to exchange packets is already defined by the standard protocol. However, the predefined usage of the transmission method has a problem that the middleware does not deal with increasing usage of the system resources properly when the configuration of endpoint is changed dynamically. To solve this problem, we propose the scheme of selecting the packet transmission method in an adaptive manner.

### 키워드

DDS, 데이터 분배 서비스, 패킷 전송, 유니캐스트, 멀티캐스트

### 1. 서 론

유무선 통신기술이 비약적으로 발전함에 따라 대용량의 데이터를 빠른 속도로 상대방에게 전달하는 것이 가능해졌다. 통신 환경의 변화는 스마트폰을 활용한 소셜 네트워크 서비스, 증권 거래 시스템, 국방 무기체계 등 대규모 정보처리 응용

들이 정보교환의 실시간성을 보장하고, 네트워크에 참여하고 있는 구성원들의 동적인 변경에 능동적으로 대처할 수 있도록 요구하고 있다. 이러한 요구를 처리하기 위해 다양한 통신 미들웨어 기술들이 소개되고 있으며 최근에는 데이터 중심 통신 미들웨어인 데이터 분배 서비스 (Data Distribution Service: DDS)에 대한 관심이 증대되

고 있다 [1,2].

OMG(Object Management Group) [3]에서 표준으로 제공하고 있는 DDS 미들웨어는 중앙서버 없이 단순한 발간/구독(publish/subscribe) 방식을 사용함으로써 분산 환경에서 실시간 데이터 배포를 가능하게 한다. DDS 미들웨어를 통해서 교환되는 데이터는 토픽(topic)으로 정의되며, 토픽을 교환하기 위해서는 네트워크에 참여하는 개체인 참여자(Participant)와 데이터 발간/구독의 주체가 되는 단말개체(Endpoint)가 서로 관심을 가지는 토픽을 알고 있어야 한다. 이러한 과정은 표준 명세의 디스커버리 프로토콜을 통해서 이루어지며 디스커버리 과정 후 발간단말개체(Writer)는 구독단말개체(Reader)에게 토픽을 전달한다.

단말개체 간에 토픽 정보를 교환하기 위해서는 네트워크에서 참여자가 포함되어 있는 노드 사이에 패킷을 송수신하며 이때 두 가지 방식을 사용할 수 있다. 첫 번째 방법은 참여자가 포함되어 있는 노드의 IP 주소를 참조하여 해당 노드로 직접 패킷을 전송하는 유니캐스트 전송방법이다. 두 번째 방법은 개별 구독단말개체에게 직접 패킷을 전달하지 않고 참여자가 포함되어 있는 네트워크의 모든 노드에 패킷을 전파하는 멀티캐스트 전송방법이다. 각 방법은 전송해야 하는 패킷의 크기, 전송 주기, 수신해야 하는 노드의 개수 등에 따라 노드 및 네트워크에 가해지는 부하가 달라진다. 따라서 노드의 리소스 사용 비용을 최소화하고 네트워크 활용을 최대화할 수 있도록 적절하게 패킷 전송방법을 선택할 수 있어야 한다.

그러나 표준 DDS 미들웨어는 부하에 따라 자동으로 패킷 전송방법을 결정할 수 있는 방법을 제공하지 않는다. 이에 따라 DDS 미들웨어를 사용하는 응용은 토픽을 전달하기 위해 발간단말개체의 패킷 전송 방식을 직접 지정해야 하기 때문에 노드와 네트워크 리소스를 효율적으로 활용하기 어려운 문제가 있다. 이 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 미들웨어에 부가되는 부하에 따라 자동으로 패킷 전송 방식을 결정하기 위한 방법을 제시하고자 한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 DDS 미들웨어의 동작 방식에 대해서 설명한다. 3장에서는 노드 및 네트워크의 리소스를 효율적으로 활용할 수 있도록 하기 위한 적응형 DDS 데이터 패킷 전송 기법을 제안하고 이를 구현하기 위한 모듈 설계를 한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구에 대해서 기술한다.

## II. DDS 미들웨어

그림 1은 DDS 미들웨어의 데이터 발간/구독 동작 방법을 나타내고 있다. DDS는 하나 이상의 참여자를 포함하고 있으며 자신의 정보를 전달하기 위해서 하나 이상의 발간단말개체를, 상대방의 정보를 수신하기 위해서 하나 이상의 구독단말개

체를 포함할 수 있다. 응용에서는 특정 데이터의 주제를 나타내는 토픽을 생성하고 이를 발간단말개체와 구독단말개체에 관심 토픽으로 등록함으로써 발간단말개체와 구독단말개체 간에 정보를 교환하게 된다. 관심 토픽에 대응되는 정보는 네트워크를 통해서 “DDS 데이터” 패킷으로 전송되며 구독 단말개체는 수신된 “DDS 데이터” 패킷에 포함된 토픽 정보를 확인함으로써 응용에게 정보를 전달한다 [4].

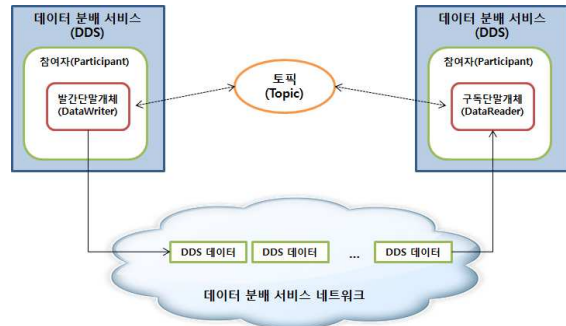


그림 1 DDS 미들웨어의 구성요소 및 동작방법

DDS 미들웨어의 주요 특징으로는 데이터 교환시에 지연시간을 최소화 할 수 있는 고성능 데이터 전송 방법, 데이터 전송 및 수신측 상호간의 신뢰성 있는 통신 방법, 네트워크 참여자의 변경에 따른 참여자 정보의 동적 재구성 방법 제공을 들 수 있다. 또한, 표준화된 통신방식을 제공함으로써 서로 다른 통신 네트워크 간에 상호운용성을 보장한다. 이를 위한 핵심 기술은 신뢰할 수 있는 UDP 통신, QoS 기반 정보 전송, 단말개체 디스커버리, RTPS(Real-Time Publish/Subscribe) 프로토콜을 포함하고 있다 [5].

DDS 미들웨어는 발간단말개체와 구독단말개체 간에 통신을 할 수 있도록 하기 위해서 참여자와 단말개체의 위치를 자동으로 탐색할 수 있도록 하는 기본 디스커버리(simple discovery) 방식을 제공한다. 기본 디스커버리는 네트워크에 참여하는 참여자들 간에 참여자 정보를 송수신함으로써 참여자의 도메인 참여, 생존여부 및 참여자의 검색을 수행하는 참여자 디스커버리 단계(Simple Participant Discovery: SPDP)와 참여자에 포함된 단말개체 정보를 서로 교환하여 단말개체 간 통신이 가능하도록 하는 단말개체 디스커버리 단계(Simple Endpoint Discovery Protocol: SEDP)로 나누어진다 [6].

기본 디스커버리 단계를 포함하여 모든 단말개체는 네트워크를 통하여 서로 연결된 단말개체에게 “DDS 데이터” 패킷을 보낼 때 발간단말개체 또는 구독단말개체의 주소 정보를 참조하여 주소의 형태에 따라 멀티캐스트 또는 유니캐스트로 전송한다.

그림 2는 “DDS 데이터” 패킷 교환을 위한 데

이더 분배 서비스 네트워크 환경을 나타내고 있다. 네트워크에 참여한 각 노드는 네트워크 스위치를 통해서 서로 물리적으로 연결되어 있으며 하나 이상의 IP 주소를 가지고 있다. 또한, 각 노드는 하나 이상의 참여자 및 단말개체를 포함하고 있으며 단말개체는 해당 노드의 주소를 이용하여 다른 단말개체들과 정보를 송수신한다. 단말개체 간에 “DDS 데이터” 패킷 전달은 유니캐스트 또는 멀티캐스트 방식이 사용될 수 있다.

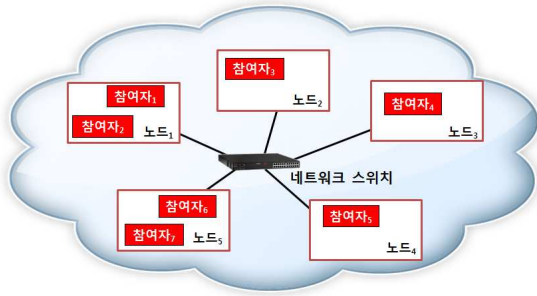


그림 2 데이터 분배 서비스 네트워크 환경

예를 들어, 그림 2에서 노드1의 참여자1에 포함된 발간단말개체가 노드3의 참여자4에 포함된 구독단말개체에 정보를 전달할 때 유니캐스트 정보 전송방식을 사용하면 패킷은 노드1에서 네트워크 스위치를 거쳐 노드3으로만 전달이 된다. 만약 멀티캐스트 정보 전송방식을 사용하면 패킷은 노드1에서 네트워크 스위치를 거쳐 네트워크에 참여하고 있는 모든 노드(노드1 ~ 노드3)로 전달된다. 그러나 참여자1의 발간단말개체의 발간 정보에 관심을 가지고 있는 것은 참여자4의 구독단말개체이므로 노드3에 도착한 패킷만이 참여자4로 전달되며 나머지 노드에 전달된 패킷은 각 참여자에게 전달되지 않고 폐기된다.

유니캐스트 패킷 전송방식의 장점은 네트워크에 있는 참여자 및 단말개체의 수에 상관없이 정보에 관심을 가지는 단말개체가 포함된 노드로만 패킷이 발송되기 때문에 네트워크에 불필요한 패킷의 전송을 방지할 수 있다. 그러나 특정 발간단말개체가 전송하는 정보를 수신하고자 하는 구독단말개체의 수가 증가하게 되면 발간단말개체에서 전송해야 하는 패킷의 수도 비례해서 증가하게 된다. 이는 노드의 CPU 부하를 증가시켜 성능 저하를 가져온다.

멀티캐스트 패킷 전송방식의 장점은 발간단말개체가 전송하는 정보를 수신하고자 하는 구독단말개체의 수가 증가하더라도 발간단말개체를 포함한 노드는 한 번의 패킷만 네트워크를 통해 통과하면 되므로 패킷 전송 횟수 증가에 따른 노드 성능 저하를 방지할 수 있다. 그러나 해당 정보를 필요로 하지 않는 구독단말개체를 포함한 노드에도 패킷을 전달하기 때문에 네트워크의 트래픽이 증가하며 이로 인한 네트워크 효율 저하가 발생

된다.

만약 DDS 미들웨어에서 단말개체 간에 정보 교환 시 CPU 사용 비용을 최소화하고 네트워크 활용을 최대화할 수 있도록 패킷 전송방식을 실시간으로 조정하는 기능을 제공한다면 DDS를 사용하는 시스템의 효율을 높일 수 있을 것이다. 그러나 기존의 DDS 미들웨어는 패킷 전송방식을 입력되는 부하에 따라 자동으로 조정하는 기능을 제공하지 않으며 DDS를 사용하는 응용이 패킷 전송방식을 직접 지정하도록 하고 있다.

### III. 적응형 DDS 데이터 패킷 전송 기법

이 장에서는 DDS 미들웨어에서 발간단말개체와 구독단말개체 간에 패킷을 교환하는 방식을 입력되는 부하 정보를 기반으로 자동으로 결정하기 위한 적응형 DDS 데이터 패킷 전송 모듈을 설계한다.

패킷 전송방식의 선택은 단말개체를 포함하는 노드로 입력되는 부하정보를 기반으로 한다. 부하정보는 전송하고자 하는 패킷의 크기, 전송 속도, 전송하고자 하는 구독단말개체의 개수 등을 포함한다. 일반적으로 전송하고자 하는 정보를 작은 크기의 패킷으로 나누어 빠른 속도로 전송되는 경우 CPU의 부하는 증가하고 네트워크 대역폭 사용은 감소한다. 반대로 패킷의 크기를 크게 하여 전송 속도를 감소시키면 CPU 부하는 감소하고 네트워크 대역폭 사용은 증가한다. 이와 같이 패킷 크기와 전송 속도는 서로 간에 trade-off 관계에 있다. 그러나 발간단말개체가 패킷을 전달할 구독단말개체의 개수가 증가하면 CPU 부하와 네트워크 대역폭 사용은 비례해서 동시에 증가한다.

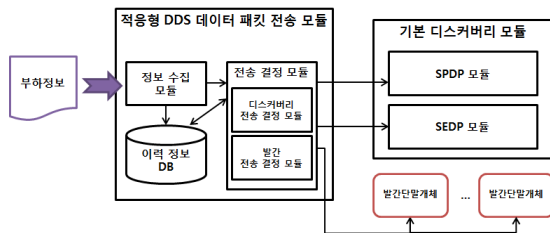


그림 3 적응형 DDS 데이터 패킷 전송 구조

입력되는 실시간 부하정보를 이용하여 CPU 부하와 네트워크 대역폭 사용량을 측정함으로써 시스템 전체 부하의 임계점(threshold)을 넘기지 않도록 패킷의 전송방식을 실시간으로 결정할 수 있다. 그림 3은 전송 방식 결정을 위한 적응형 DDS 데이터 패킷 전송 모듈의 구조를 나타내고 있다. 디스커버리 과정 및 발간단말개체가 패킷을 전송할 때마다 패킷 크기, 전송 속도, 발간단말개체에 연결된 구독단말개체의 개수가 부하정보로써 “정보 수집 모듈”에 수집되며 이 정보는 “이력 정보 DB”에 저장되며 동시에 “전송 결정 모

들"로 전달된다. "전송 결정 모듈"은 서브모듈인 "디스커버리 전송 결정 모듈"과 "발간 전송 결정 모듈"로 구분되며 각각 해당 발간단말개체에서 수집된 부하정보를 이용하여 패킷 전송방식에 따른 CPU 부하 및 네트워크 대역폭 사용량에 대응되는 시스템 부하를 계산한다. 시스템 부하를 계산할 때에는 실시간으로 입력되는 부하정보와 함께 "이력정보 DB"에 저장되어 있던 이전 부하정보를 기반으로 한 계산 이력을 추출하여 함께 사용한다. 이를 통하여 현재 입력된 정보만을 이용할 때 발생할 수 있는 오차를 이력 정보를 활용하여 보정할 수 있다.

"전송 결정 모듈"에서는 시스템 부하가 최소가 되는 패킷 전송 방식을 선택하고 패킷 전송방식은 "디스커버리 전송 결정 모듈"을 통하여 "기본 디스커버리 모듈"로 전달되며 "발간 전송 결정 모듈"을 통하여 일반 토픽 정보를 전달하는 "발간단말개체"에게 전달된다. 마지막으로 계산 이력을 "이력 정보 DB"에 저장함으로써 다음 계산 시에 활용할 수 있도록 한다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 DDS 미들웨어를 사용하는 응용간에 정보를 교환하고자 할 때 노드의 부하를 최소화하고 네트워크 활용을 최대화할 수 있도록 패킷 전송방식을 실시간으로 조정하기 위한 방법과 이를 처리하기 위한 구조를 제시하였다. 논문에서 제시한 구조는 DDS 미들웨어에 포함되어 구현된다면 응용에서 패킷 전송방식을 직접 지정하여 발생하는 불편함을 제거할 수 있을 것이다. 또한 입력되는 정보를 기반으로 한 적응형 패킷 전송 방식을 제공함으로써 고정된 패킷 전송 방식을 사용할 때 발생할 수 있는 시스템 과부하로 인한 비효율성을 제거할 수 있을 것이다.

향후 연구로서는 적응형 DDS 데이터 패킷 전송 모듈로 입력되는 부하정보의 정량화 및 전송 방식 결정을 위한 상세 알고리즘의 제안이 필요하다. 또한, 이를 구현한 후 실험평가를 통해 성능을 입증하는 것이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] 전형국, 이수형, 김원태, 김경태, 박승민, "DDS 미들웨어 표준 기술 동향," 정보통신산업진흥원 주간기술동향 1456호, pp.1-13 (2010).
- [2] G. Pardo-Castellote, "OMG Data-Distribution Service Architectural Overview," International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, pp.200-206 (2003).
- [3] OMG DDS Portal, <http://www.omgwiki.org/dds>

[4] OMG, "Data Distribution Service for Real-time Systems," Version 1.2, OMG (2007).

[5] D.C. Schmidt, A. Corsaro, and H. Hag, "Addressing the Changenges of Tactical Information Management in Net-Centric Systems with DDS," The Journal of Defense Software Engineering, pp.24-29 (2008).

[6] OMG, "The Real-time Publish-Subscribe Wire Protocol DDS Interoperability Wire Protocol Specification," Version 2.1, OMG (2008).