DDS 기반 대규모 데이터 분산시스템을 위한 WAN Sync 설계

김주현*, 이정웅**, 김종원*, 유석대*
*한화시스템 지휘통제・통신연구소
**위우너스
juhyun36.kim@hanwha.com

Design of WAN Sync for Large Data Distribution System Based on DDS

Ju-Hyun Kimg*, Jung-Ung Lee*, Jong-Won Kim*, Suk-Dea Yu*
*Command Control & Communication R&D Center, Hanwha Systems
**WeUNUS Corp.

요 약

국방무기체계 분야 중 단일 센터에 대규모 분산시스템을 구성하는 경우 신속한 데이터 처리를 위해 통신 미들웨어로 사용되는 DDS의 패킷을 튜닝하여 사용하고 있다. 하지만 향후 국방무기체계는 생존성 보장을 위해 분산시스템의 장소를 주/예비 센터로 이원화하면서 센터간에도 신속한 데이터 동기화 및 비상시 OO초 내 센터 임무전환까지 함께 요구하고 있다. 따라서 단일 센터에서 적용한 DDS 패킷 전송 방식을 WAN 환경에 적용 시 데이터 송수신간 패킷의 순서가 바뀌는 현상이 발생하여 데이터 공유가 제한될 수 있다. 본 연구에서는 이와같은 제한사항을 극복하기 위해 DDS를 적용한 LAN 구간의 기존 성능을 유지하면서 WAN 구간 데이터의 신뢰성 보장을 위한 TCP/IP 기반의 WAN Sync 설계를 제시하였다.

1. 서론

최근 통신기술의 발전에 따라 다양한 산업 분야에서 이기종의 많은 장치들은 분산 환경에서 실시간으로 정확한 데이터를 전달하고 공유하는 등 자료 동기화를 위해 많이 사용되고 있는 대표적인 프로토콜이 DDS(Data Distribution Service)이다.[1] DDS는 OMG(Object Management Group) 기구[2]에서 제정한 미들웨어로서 국방, 항공, 우주산업, 교통, 금융거래 및 자동화 시스템 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 특히 국방에서 사용되는 경우 데이터 처리의 신속성이 강조됨에 따라 DDS를 이용한 사용자 데이터를 송수신할 때 topic 크기와 DDS QoS(Quality of Service) Policy 튜닝의 성능 향상에 중점을 두고 개발이 진행되어짐에 따라 DDS packet types을 기본구조를 사용하게 되면 요구처리 시간 충족이 제한됨에 따라 Coalescing 방식 또는 Batching 방식으로 튜닝하여 사용하게 된다.[3] 이 방식은 LAN 환경하에서의 성능 향상을 극대화 할 수 있기 때문에 방공 C2A, 해양전투체계 등 다양한 체계에서 사용되어 지고 있다. 이러한 분산시스템은 향후에는 체계의 생존성 보장 때문에 분산시스템의 설치 장소가 주/예비 센터로 이중화되고 자료는 동기화 되며, OO초 내 주/예비 센터 간 전환이 요구되어 지고 있다. 따라서 WAN 환경을 함께 고려해야 되는데, DDS의 전송방식(UDP/IP) 특성 상 WAN 구간에서는 패킷 일부가 손실되거나 순서가 바뀌는 경우가 발생할 수 있다. DDS 프로토콜은 패킷 손실에 따른 복구는 가능하나, 패킷의 순서가 바뀌는 경우에는 관련 데이터 처리에 한계가 발생하게 된다. 따라서 WAN 구간에서 패킷의 순서가 바뀌는 문제를 해결하기 위한 기능 설계가 필요하며, 본고에서는 이를 위해 WAN 구간을 고려한 TCP/IP를 적용한 WAN Sync 설계방안을 제시하고자 한다.

2. DDS 現 국방무기체계 적용 방법

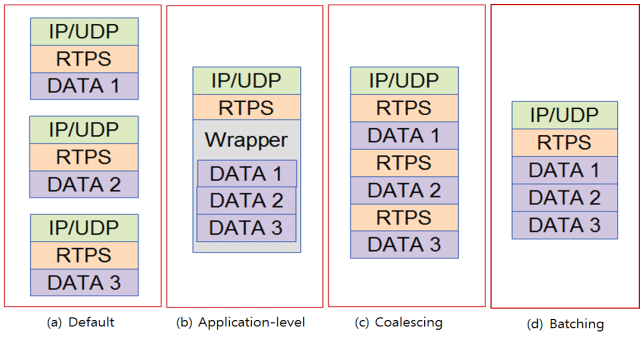
DDS는 topic을 이용하여 publish(발간), subscribe(구독)하기 때문에 데이터의 특성, 적용한 topic의 크기, 송수신 빈도 등의 요소를 고려하여 DDS QoS Policy 튜닝을 수행하여 적용하게 된다. 특히 국방에서 사용되는 데이터 크기는 작으면서 송수신 빈도가 높은 고빈도 데이터들로 짧은 시간에 많은 수의 데이터를 송수신하기 때문에 DDS QoS Policy 속성을 고려하게 된다.

<표 1> DDS QoS Policy 속성

구 분	내 용
RESOURCE_LIMIT	고빈도 데이터를 송수신하므로 버퍼 크기는 한 번에 전송하는 데이터 개수 이상 설정
HEARTBEAT	송신측의 버퍼를 빨리 비워야 하므로 주기를 빠르게 설정
MAX_HEARTBEAT_RETRIES	그룹에서 탈퇴한 수신단을 빠르게 inactive로 처리하기 위하여 데이터 전송 주기와 HEARTBEAT 주기 및 RESOURCE_LIMIT 크기를 고려하여 설정
RELIABILITY	위치 정보와 같이 주기적으로 송신되고, 최신 데이터 값이 유효한 경우, BEST_EFFORT로 설정

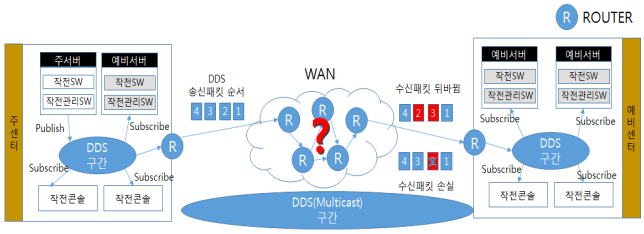
DDS를 이용하여 송수신할 때 패킷 구조는 아래 그

림 1과 같다. 이중 국방 분야에서는 신속성 보장을 위해 하나의 IP 패킷에 여러개의 DDS RTPS 헤더와 사용자 데이터 정보를 쌍으로 전송하는 Coalescing 방식 또는 하나의 IP 및 DDS RTPS 헤더에 여러개의 사용자 데이터 정보를 전송하는 Batching 방식을 적용한다.[3, 4]



(그림 1) DDS 패킷 송수신 구조

Coalescing 또는 Batching 방식은 구현이 용이하고 IP 헤더의 수도 줄여줌에 따라 디스커버리와 데이터 송수신에 소비되는 시간, 컴퓨터 자원 및 네트워크 사용률에서 매우 효율적이다. 따라서 국방무기체계 중 방공 C2A 또는 해양전투체계 등 단일 센터의 LAN 환경 하 대규모 분산시스템에 사용되어지고 있다. 하지만 향후 대규모 분산시스템을 요구하는 국방무기체계는 단일 센터에 한정되지 않고 생존성 보장을 위해 주/예비센터가 이중화 및 데이터 동기화와 주 센터에 비상상황 발생 시 예비센터로의 신속한 전환이 동시에 요구되어 지고 있다. 이 경우 주/예비 센터간 데이터 송수신 간 LAN 구간에서 사용되는 DDS(UDP/IP Multicast)를 WAN 구간에서 적용시 (그림 2)와 같이 수신패킷 손실 또는 수신패킷 뒤바뀜 현상이 발생하게 된다.

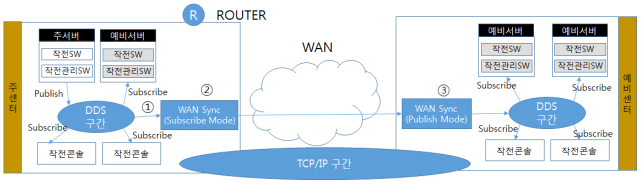


(그림 2) WAN 구간 DDS 적용시 제한사항

수신패킷이 손실 된 경우에는 DDS QoS의 Reliability, History 등을 적용하여 복구가 가능하나, 패킷의 순서가 바뀐 경우에는 복구가 제한된다. 따라서 향후 국방무기체계에서 요구되는 주/예비 센터간 자료 손실방지를 위해 WAN 구간에 데이터를 보정해주는 기능 추가가 필요하게 된다.

3. WAN Sync 설계

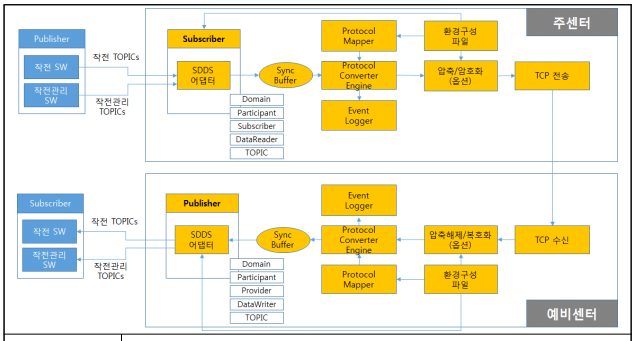
주/예비 센터가 존재하는 국방무기체계에서 DDS 적용 시 WAN 구간에 데이터를 보정해주는 기능(WAN Sync)에 대한 개념은 (그림 3)과 같이 표현할 수 있다.



(그림 3) WAN Sync 적용 개념

(그림 3)에서 보는 바와 같이 ①주 센터에서 DDS를 통해 전송된 데이터를 ②주 센터 WAN Sync가 subscribe하여 예비센터로 TCP/IP 스트림으로 전송(TCP/IP를 이용 자료 무손실 보장)하고, ③WAN Sync의 Mode(Publish/subscribe) 설정으로 주센터 → 예비센터의 동기화 자료 흐름을 제어(예비센터의 자료가 주센터 역으로 전송되는 것을 방지)하는 기능이 필요하게 된다.

위 WAN Sync 적용 개념에 따른 세부 설계 방안은 (그림 4)와 같다.



컴포넌트	설 명
SDDS Adaptor	• 주센터(Subscriber 모드) 주센터 작전 및 작전관리 SW에서 생성되어 DDS로 배포되는 동기화자료 TOPIC 구독하는 어댑터 • 예비센터(Publisher 모드) 예비센터의 작전 및 작전관리 SW에 동기화 자료 TOPIC을 배포하는 어댑터
Sync Buffer	• 주센터: 동기화 주기동안 SDDS Adaptor로부터 수신된 TOPIC 자료를 버퍼링 • 예비센터: 수신된 TOPIC 자료를 SDDS Adaptor가 처리할 수 있도록 버퍼링
환경구성 파일	• SDDS Adaptor가 관리해야 할 TOPIC 리스트 관리(주/예비 싸이트 동일) • SDDS Publisher/Provider 속성 및 QoS 속성 관리 • SDDS IP/Port와 TCP IP/Port 매핑 관리
Protocol Mapper	• 환경변수 파일의 SDDS 및 TCP 통신 매핑 정보 관리
Protocol Converter Engine	• 주센터: SDDS TOPIC을 정규화하여 TCP/IP 통신용 자료 변환, 암호화/압축(옵션) 수행 • 예비센터: 복호화/압축해제(옵션) 수행 및 정규화된 자료를 SDDS TOPIC으로 변환

그림 4 WAN Sync 설계 방안

위 WAN Sync 설계를 통해 예상되는 기대효과는 TCP/IP 프로토콜 사용으로 multicast/DDS의 자료 손실방지가 가능하여 주/예비 센터의 WAN 구간 자료에 대한 신뢰성 보장이 가능하고 주 센터의 기능 이상으로 예비센터로 전환 시 라우터의 multicast 라우팅 재구성 소요시간에 따른 체계전환 및 자료 동기화 지연 현상 방지가 가능할 것으로 예상된다. 또한 센터간 N:N Publisher/Subscriber구조를 1:1 구조로 단순화가 가능하고 필요시 WAN 구간 네트워크 용량을 고려하여 압축 알고리즘 적용도 가능할 것으로 판단된다.

4. 결 론

대규모 분산시스템을 적용하는 국방무기체계에서는 이기종의 많은 장치들의 데이터를 분배하고 공유하며 동기화하기 위해 DDS를 적용하게 된다. 특히 국방에서는 데이터의 신속한 처리를 위해 DDS의 패킷 송수신 방식을 튜닝하여 적용하게 되는데, LAN 환경에서는 컴퓨터 자원 및 네트워크 사용을 효율적으로 사용할 수 있는 장점을 가지나 DDS의 UDP/IP multicast를 통해 전송하는 프로토콜 특성상 WAN 구간에서는 패킷의 손실 또는 뒤바뀜 현상이 발생하게 된다. 특히 향후 대규모 분산시스템에 요구되는 국방무기체계는 생존성 보장을 위해 주/예비 센터를 구성을 요구함에 따라 주/예비 센터간 WAN 구간을 고려하지 않을 수 없다. 이 경우 DDS 기반 하 WAN 구간에서 데이터 전송 시 제한사항을 극복하기 위한 WAN Sync에 대한 설계 방안을 제시하였다. 현재 주/예비 센터 간 대규모 분산시스템 적용이 필요한 체계는 개발 준비 또는 설계 중에 있음에 따라 현 단계에서는 테스트가 제한됨에 따라 본 여구에서는 설계(안)만을 제시하였다. 따라서 향후 연구에서는 본 설계 내용을 토대로 WAN Sync를 구현하고 테스트를 수행하여 DDS 기반 하 주/예비 센터간 기능을 검증하고자 한다.

참고문헌

[1] Y. Jeong, Y. Choi, S. Ahn, and C. Kim, "The Study of DDS Batch QoS Policy," IEEK Fall Conference Proceedings, pp. 433-435, November, 2011.

[2] Object Management Group, https://www.omg.org

[3] Y. Jeong, “A Study on the Usages of DDS Middleware for Efficient Data Transmission and Reception,” Journal of The Korea Society of Computer and Information Vol. 23 No. 11, pp. 59-66, November 2018.

[4]Real-Time Innovations, Inc, "RTI Connext Core Libraries and Utilities User's Manual Version 5.0," August, 2012.

[5] D. Kim, I. Joe, W. Kim, “DDS/SDN integration architecture with real-time support for large-scale distributed simulation environments”, Institute of Korean Electrical and Electronics Engineers, pp. 136-142. 2018

[5] 김현옥, 최선, 백원길, 강치원, “데이터분산서비스 통신 미들웨어 테스트를 위한 테스터기 설계”, 한국검퓨터종합학술대회 논문집, 2017.