

**최유정\***, 김용성\*, 최영\*, 강선미\*, 송병권\*, 황지희\*\*, 김경훈\*\*  
 서경대학교\*, 전기연구원\*\*

**DNP 3.0 Real-Time Gateway Platform**

You-Jung Choi\*, Yong-Seong Kim\*, Young Choi\*, Sun-me Kang\*, Byung-kwen Song\*, Ji-hee Hwang\*\*, Kyung-hoon Kim\*\*  
 Seokyeong University\*, KERI\*\*

**Abstract** - SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) 시스템은 원거리에 있는 설비를 감시 및 제어하기 위한 시스템이다. DNP3.0(Distributed Network Protocol)은 SCADA 시스템의 대표적인 프로토콜이다. 이러한 DNP3.0 프로토콜을 이용하여 분산 환경에서 대규모 SCADA 시스템 간에 대용량 데이터를 실시간으로 전달하기 위해서는 DDS(Data Distribution Service)와 같은 미션 크리티컬한 실시간 미들웨어와의 연계가 요구된다. 본 논문은 DNP3.0과 DDS를 연계하기 위한 게이트웨이 플랫폼에 관한 것이다.

**1. 서 론**

DNP 3.0은 1990년 IEC875-5에 기초하여 DNP1.0/2.0이 개발되었고, 1993년 DNP3 Basic 4 문서가 발표되면서, DNP User Group이 결성되었으며, 현재 산업계의 사실상의 표준으로서 전기, 석유, 가스 분야에서 널리 사용되고 있다. OSI 7 계층 모델에서 3가지 계층(물리 계층, 데이터 링크 계층 및 응용 계층)을 기반으로 하여 설계되었다. 응용 계층에서는 가장 일반적인 데이터 형태를 지원하기 위하여 객체(object)를 기반으로 하고, 데이터 링크 계층에서는 클래스(class) 및 객체의 변화를 폴링(polling) 하는 몇 가지 데이터 수집 방법을 제공하고 있으며, 물리 계층에서는 가장 일반적으로 사용되는 단순한 RS-232/RS-485 또는 TCP/IP가 제공되고 있다[1].

DDS는 Pub/Sub 통신 구조를 기반으로, 22가지의 정도의 기본적인 네트워크 제어 QoS(Quality-of-Service)를 제공하는 실시간 미들웨어다. 다음 그림 1은 DDS 프로토콜 스택을 나타낸다 [2][3][4].

		<b>User App.</b>
7. Application	High-level APIs, including resource sharing, remote file access, directory services and virtual terminals	<b>DDS</b>
6. Presentation	Translation of data between a networking service and an application, including character encoding, data compression and encryption/decryption	<b>RTPS</b>
5. Session	Managing communication sessions, i.e. continuous exchange of information in the form of multiple back-and-forth transmissions between two nodes	
4. Transport	Reliable transmission of data segments between points on a network, including segmentation, acknowledgement and multiplexing	<b>UDP</b>   <b>TCP</b>
3. Network	Structuring and managing a multi-node network, including addressing, routing and traffic control	<b>IP</b>
2. Data Link	Reliable transmission of data frames between two nodes connected by a physical layer	
1. Physical	Transmission and reception of raw bit streams over a physical medium	

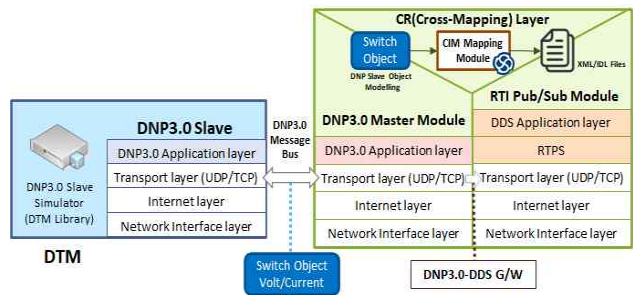
**<그림 1> DDS 프로토콜 스택**

본 논문은 DNP3.0 슬레이브로부터 전달된 프로토콜을 DDS로 변환하여, DDS 참가자에게 전달하기 위한 DNP3.0-to-DDS 프로토콜 변환 기능을 제공하는 게이트웨이 플랫폼에 관한 것이다. DNP3.0 슬레이브는 TWM(TriangleMicroWorks)사의 DTM(Distributed Test Manager)을 사용하였다. 또한 게이트웨이는 DNP3.0 마스터 SCL(TWM사), DDS 미들웨어(RTI사 Connexit 6.1) 및 Sparx사의 EA를 사용하여 구현했다[4][5][6].

**2. 본 론**

**2.1 DNP3.0 실시간 게이트웨이 플랫폼**

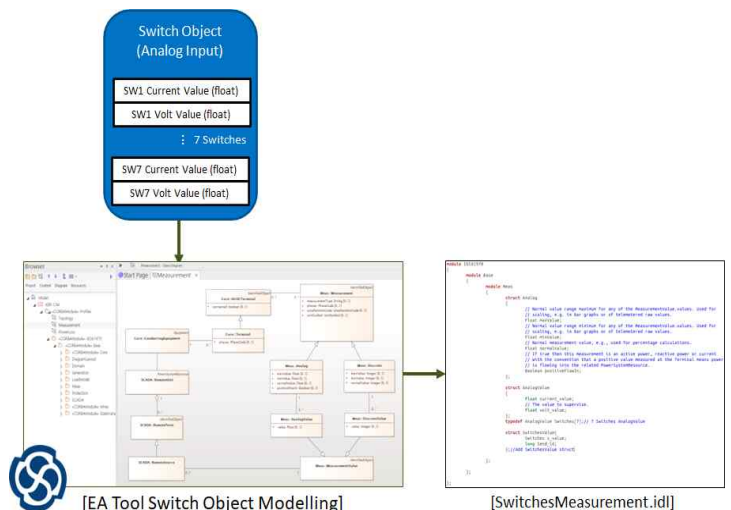
제안된 게이트웨이 플랫폼 시스템 구조는 그림 2와 같이 i) DNP3.0 Master, ii) CR(Cross-Mapping), iii) DDS Pub/Sub 등 크게 3개의 모듈로 구성이 된다.



**<그림 2> 게이트웨이 플랫폼 전체 시스템 구조**

**2.1.1 CR Layer**

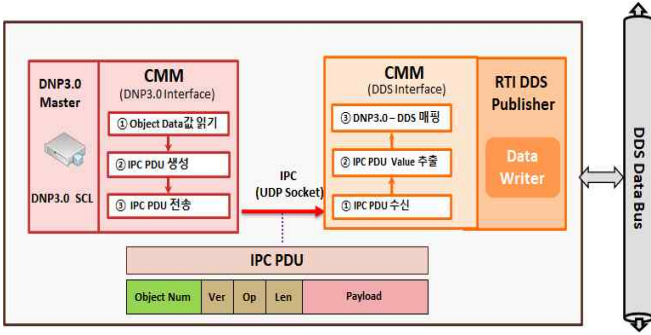
CR Layer은 DNP3.0 Slave Object를 UML로 모델링하여 DDS Pub/Sub 코드를 생성하는 기능을 수행한다. EA 툴을 사용하여 DTM으로 전달된 DNP3.0 Object 구조 및 데이터 형식을 CIM 모델링을 통하여 IDL을 생성한 후, Codegenerator를 이용 DDS Pub/Sub 코드를 생성한다. 그림 3은 DNP3.0 Switch Object(Analog Input)를 CIM UML로 모델링 후 IDL을 생성하는 과정을 나타낸다.



**<그림 3> DNP3.0 Object IDL 변환 과정**

**2.1.2 DNP3.0-DDS 프로토콜 변환**

DNP3.0-DDS 프로토콜 변환 과정은 그림 4와 같다.



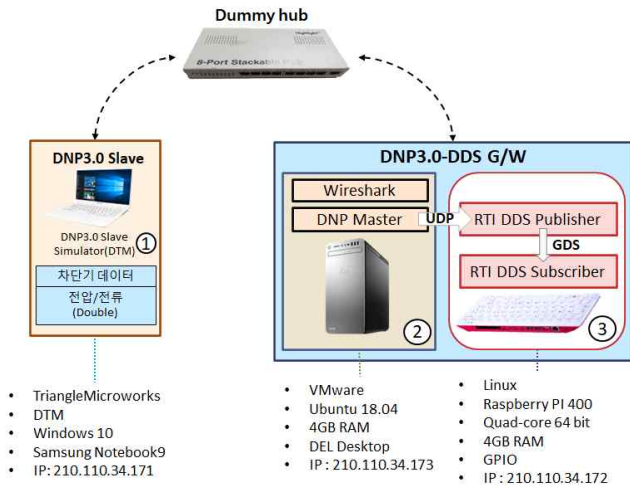
〈그림 4〉 DNP3.0-DDS 프로토콜 변환 과정

IPC PDU(Protocol Data Unit)의 각 요소는 다음과 같은 기능을 제공한다.

- Object Num : DNP3.0 Slave Object Number
- Ver : RTI, Vortex OpenSplice, OpenDDS
- Op : Payload 개수
- Len : Payload Length
- Payload : Flag와 DNP3.0 Slave Object Value

## 2.2 게이트웨이 기능 검증

그림 5는 게이트웨이의 기능 검증을 위한 Test-bed를 나타낸다.



〈그림 5〉 Test-bed 구성도

검증을 위한 데이터 전달 시나리오는 아래와 같다.

- DNP3.0 Master가 DNP3.0 Slave에 7 Switches Object Data Read Request
- DNP3.0 Slave의 Data Read Response
- DNP3.0 Master가 DDS Publisher로 DNP3.0 Object 데이터를 포함한 IPC PDU 생성 후 UDP 소켓으로 전송
- DDS Publisher가 IPC PDU 수신 후 DNP3.0 Object 데이터 추출하고, DDS 데이터 형식으로 변환하여 UDP 기반 RTPS 메시지 발행
- DDS Subscriber가 RTPS 메시지 수신

그림 6은 DNP3.0 Master에서 Analog Input Read Request를 전송한 후에 Analog Input Read Response를 수신한 것에 대한 것이고, 그림 7은 RTI Publisher에서 전달한 Topic을 Subscriber가 수신한 것이다. 그림 7을 보면 DNP3.0 Slave에서 수신한 정보를 DDS Subscriber가 수신한 것을 알 수 있다.

```

16:57:01.155: <+++ DNP Master Build DNP3 Message: Operate Analog Input Feedback Poll
Send
Analog Input
16:57:01.155: <+++ DNP Master Insert request in queue: Operate Analog Input Feedback Poll
Read Request
16:57:01.155: <=== DNP Master Application Header, Read Request
16:57:01.155: FIR(1) FIN(1) CON(0) UNS(0) SEQ# 9
16:57:01.155: c9 01 3c 02 06 3c 03 06 3c 04 06 1e 05 08 0e 00
16:57:02.155: ===> DNP Master Application Header, Response
16:57:02.155: FIR(1) FIN(1) CON(0) UNS(0) SEQ# 9
16:57:02.155: c9 01 00 00 1e 05 00 00 0d 01 66 96 4d 46 01 1b
16:57:02.155: 3f b8 43 01 cd fc 4c 46 01 ac 3c 9a 43 01 66 a6
16:57:02.155: 4c 46 01 c5 00 30 43 01 66 a6 4c 46 01 fc 07 55
16:57:02.155: 36 01 00 6a 4d 46 01 a9 a4 b0 42 01 00 b6 4c 46
16:57:02.155: 01 66 26 25 43 01 00 5c 4d 46 01 8f c2 8e 43
16:57:02.155: +++> DNP Master Process response to request: Operate Analog Input Feedback Poll
In BRM Callback Function, Sector Master; status is 0
  
```

〈그림 6〉 DNP3.0 Master-Slave 프로토콜 흐름도

```

$ ./Switches_rti_subscriber
RTI Connexx DDS Research License issued to Seokyeong University (SKU02-UP) ... For non-production use only.
Expires on 17-mar-2023 See www.rti.com for more information.
IEC61970_Base_Meas_SwitchesValue subscriber sleeping for 4 sec...
IEC61970_Base_Meas_SwitchesValue subscriber sleeping for 4 sec...
Received data
s_value:
:
[0]:
  current_value: 13157.5996
  volt_value: 352.493011
[1]:
  current_value: 13119.2002
  volt_value: 308.473999
[2]:
  current_value: 13097.5996
  volt_value: 176.378006
[3]:
  current_value: 13097.5996
  volt_value: 3.1800002e-06
[4]:
  current_value: 13146.5
  volt_value: 88.3210019
[5]:
  current_value: 13101.5
  volt_value: 165.149994
[6]:
  current_value: 13143
  volt_value: 285.519989
Send id: 1
Received data
  
```

〈그림 7〉 DDS Subscriber 수신 DNP3.0 Object 정보

## 3. 결론

본 논문은 DDS 기반 DNP3.0 DDS 게이트웨이 플랫폼에 대한 것이다. 제안된 게이트웨이는 DNP3.0 Object를 EA Tool을 사용해 CIM기반 모델링 한 후 IDL을 생성하였다. 생성된 IDL로 Codegenerator를 이용해 Pub/Sub 코드를 생성하였다. 본 논문을 통해 DNP3.0 기반의 분산된 다수의 배전자동화 시스템을 실시간으로 관리하게 하는 가능성을 제시하였다. 향후에는 DTM을 RTDS와 한전 FRTU로 교체하고, DNP3.0 Object 데이터를 게이트웨이에서 데이터베이스에 저장하는 기능을 추가하고, 웹에서 DDS 데이터 버스를 실시간으로 관리할 수 기능을 개발할 예정이다.

### 감사의 글

본 논문은 2022년도 과학기술정보통신부의 재원으로 국가과학기술연구회의 지원을 받아 수행된 한국전기연구원 기본사업(No. 22A01057)으로 이루어진 연구입니다.

### 참고 문헌

[1] 송병권 외 3인, "DNP3.0 트래픽 모니터링 시스템", 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집, 제15권 제1호, 2008.  
 [2] 김기태, 양승현, 정원우, "DDS 기반의 실시간 정보공유 프레임워크 사례 연구", 정보과학회 컴퓨터의 실제 논문지, 26.4, pp.202-210, 2020.  
 [3] <https://www.adlinktech.com/en/dds-community-software-evaluation>  
 [4] <https://www.rti.com/products/dds-standard>  
 [5] <https://sparxsystems.com/>  
 [6] <https://www.trianglemicroworks.com>