

Research on Railway Safety Common Data Model and DDS Topic for Real-time Railway Safety Data Transmission

Yunjung Park*, Sang Ahm Kim**

Abstract

In this paper, we propose the design of railway safety common data model to provide common transformation method for collecting data from railway facility fields to Real-time railway safety monitoring and control system. This common data model is divided into five abstract sub-models according to the characteristics of data such as 'StateInfoMessage', 'ControlMessage', 'RequestMessage', 'ResponseMessage' and 'ExtendedXXXMessage'. This kind of model structure allows diverse heterogeneous data acquisitions and its common conversion method to DDS (Data Distribution Service) format to share data to the sub-systems of Real-time railway safety monitoring and control system. This paper contains the design of common data model and its DDS Topic expression for DDS communication, and presents two kinds of data transformation case studied for verification of the model design.

▶ Keyword : Data Modeling, Data Distribution Service, Railway Safety, Real-time Monitoring and Control

I. Introduction

현재 우리나라의 철도에서는 고속 철도를 중심으로 위험감지 시스템을 두어 철도 사고의 원인이 되는 위험원을 감지하여 안전을 확보하고 있으나, 감지하는 위험원의 종류가 적고, 직접적으로 사고와 연관되는 위험만 감지하고 있기 때문에 범위가 제한적이며, 또한 구성된 안전 정보가 통합적으로 관리되지 않아 복합적인 사고 감시 및 대응이 어렵다는 한계점이 있다 [1].

이러한 한계점을 보완하고 보다 복합적인 철도 안전 감시 및 철도 사고 위험 예측을 위하여, [2~3] 등의 연구와 같이 최근 복합적으로 연구되고 있는 데이터 수집 및 모니터링 기술을 바탕으로 실시간 철도 안전관제 시스템을 구축하고 있으며, 이 시스템은 실시간적인 사고 위험요인에 대한 즉각 대응 및 중/장기적 데이터 분석에 따른 리스크 감시 및 사고 위험 예측 제공을 목표로 하고 있다 [1].

실시간으로 철도안전을 감시하기 위해서는 철도 현장으로부터

다양한 안전과 관련된 철도 안전 데이터를 수집해야 하며, 이러한 데이터로는 철도 차량에 대한 상태 정보, 궤도/진로/전기/전력/통신 등의 시설물에 대한 상태정보 그리고 기상 및 선로 침입/테러 등과 같은 외부요인에 대한 감시 데이터가 있다. 이런 복합적으로 수집된 데이터를 기반으로 연산 과정을 거쳐 단/중/장기적인 사고 예측을 수행할 수 있다 [4]. [Fig. 1]은 철도 현장으로부터 다양한 데이터를 수집하여 실시간 사고 위험을 예측하는 안전 관제 통합 서버 (단기 이벤트), 사고수목 기반의 리스크 모델을 이용하여 주기적으로 철도 리스크를 평가하는 실시간 리스크 감시 시스템 (중기 이벤트)[5], 빅데이터를 기반으로 데이터를 분석하고, 알고리즘 기반으로 사고 위험을 예측하는 빅데이터 분석 및 사고 예측 시스템 (장기 이벤트)[6] 그리고 사고 후에 사고 원인을 분석하고 사고를 재현하는 사고 원인분석/재현 시스템 등과 같은 시스템으로 구성된 철도 안전관제 시스템 구조를 나타내고 있다. 철도 현장의 데이터는 현장에서 철도 안전 데이터를 수집하는 인터페이스 장치[7]를 통해 철도 안전관제 시스템으로 전달된다.

• First Author: Yunjung Park, Corresponding Author: Sang Ahm Kim

*Yunjung Park (yjpark20@krri.re.kr), Korea Railroad Research Institute

**Sang Ahm Kim (sangahm@krri.re.kr), Korea Railroad Research Institute

• Received: 2016. 03. 22, Revised: 2016. 04. 12, Accepted: 2016. 05. 04.

• This research was supported by a grant (15RTRP-B082515-02) from Railroad Technology Research Program (RTRP) funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

정확한 사고 예측을 위해서는 가능한 많은 종류의 데이터가 수집되어 실시간 철도 안전관제 시스템에 전달되어야 한다. 그러나 수집 대상이 되는 철도 안전 데이터의 종류가 매우 많기 때문에 이들을 공통적으로 수집하고 전달하기 위한 방안에 대한 연구가 필요하다.

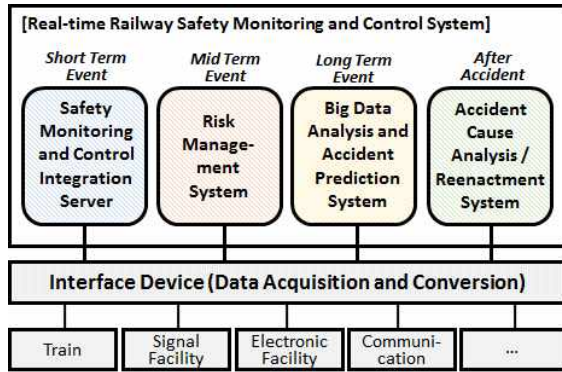


Fig. 1. The Structure of Real-time Railway Safety Monitoring and Control System

본 논문에서는 현장에 있는 철도 안전 데이터와 실시간 철도 안전관제 시스템 간에 있는 인터페이스 장치가 기존의 현장 철도 안전 데이터 형식을 그대로 유지하면서, 동시에 공통된 형식으로 각 세부 시스템으로 데이터를 전달하기 위하여 (1) “철도 안전관제”를 위한 공통 데이터 모델을 설계하고, 이를 인터페이스 장치-실시간 철도 안전관제 시스템 간의 통신으로 채택한 (2) DDS (Data Distribution Service) [8] 표준 형식으로 전달하기 위한 DDS Topic (데이터 전달 단위) 설계를 소개한다.

본 논문의 2장에서는 철도 안전 데이터를 전송하기 위한 공통 데이터 모델 설계에 대한 요구사항을 서술하고, 3장에서는 이를 반영한 철도 안전 공통 데이터 모델 설계를 소개한다. 4장에서는 공통 데이터 모델을 세분화 하여 실제 DDS 통신 시에 사용한 DDS Topic 설계를 기술한다. 5장과 6장에서는 기존 철도 안전 데이터의 공통 데이터 모델로의 변환 사례를 소개하며, 마지막 7장에서는 향후 연구 이슈를 제시하며 마무리 한다.

철도 사고는 다른 교통사고에 비하여 횡수는 적지만, 한번 발생 시에 그 피해 규모는 매우 크다. 따라서 이러한 실시간 철도 안전관제를 이용한 사고 감시 및 예측은 향후 철도 안전사고를 감소하는 데에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

II. Requirements for Railway Safety Data Model

철도 안전관제 시스템의 세부 시스템과 데이터를 수집하는 인터페이스 장치는 OMG에서 제정한 통신 미들웨어인 DDS 표준을 기반으로 통신 한다. DDS는 Publish/Subscribe 통신

구조를 기반으로 데이터 중심 데이터 전송을 지원하며, 동시에 22가지의 복잡한 네트워크 제어 QoS를 제곱함으로 데이터 전송을 세밀하게 제어할 수 있는 정책을 제공하고 있다 [9].

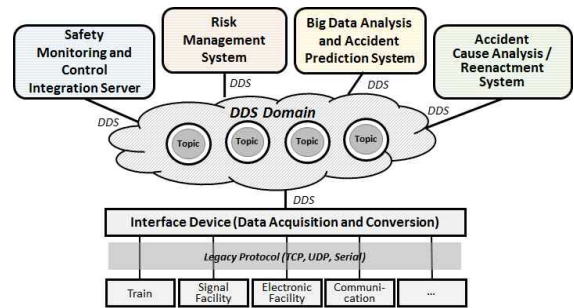


Fig. 2. DDS-based Communication Structure for Railway Safety Monitoring and Control System

실시간 철도 안전관제 시스템은 차량, 신호 등과 같은 다양한 철도 시설물과 통신하며 철도 안전 데이터를 수집하고, 이를 기반으로 감시하고 제어하는 시스템으로, 각기 다른 종류의 안전 데이터를 실시간 철도 안전관제 시스템에 속하는 서버 시스템에 적합한 형태로 보내줘야 한다. 따라서 시스템 간의 네트워크 통신이 매우 중요한 역할을 차지하며, 이를 위해서 실시간성, 안정성/정확성, 확장성, 고가용성, 상호운용성, 망 분리성과 같은 다양한 데이터 통신 요구사항을 충족하는 DDS를 공통적인 통신 미들웨어로 채택하여 사용하고 있다 [10].

그러나 DDS 표준을 통신 미들웨어로써 사용한다고 하더라도, 철도 안전 관제라는 목적에 맞추어 데이터를 공유하기 위해서는 전송되는 데이터에 대한 규격을 DDS 표준에 맞추어 설계할 필요가 있다. 또한 실시간 철도 안전관제 시스템이 기존에 존재하는 철도 현장의 안전감시장치로부터 데이터를 수집하는 것을 목적으로 하고 있기 때문에, 장치의 변경 없이 데이터를 수집 및 변환 한 후 DDS 형식으로 변환하기 위한 방안이 필요하다.

또한 기존 철도 안전 데이터가 종류도 매우 다양할 뿐만 아니라 공통적으로 표준화된 규격도 존재하지 않기 때문에, 이들을 추상화하여 공통적으로 보낼 수 있는 방안이 필요하다. 또한 어떠한 데이터가 오더라도 DDS 데이터 형태로 변환할 수 있는 구조를 제공하여야 하며, 모든 형태의 데이터가 누락되지 않고 정확하게 전송될 수 있도록 데이터 모델 및 변형 규칙이 필요하다. 이러한 요구사항을 만족하는 데이터 모델 및 변형 규칙은 향후 철도 안전 관제를 위한 데이터 전송 표준으로 규격화 되어 다양한 철도 안전 데이터 전송을 지원할 것이다.

III. Design of Railway Safety Common Data Model

모델 기반의 데이터 변환 기법은 기존의 연구 사례[11]에서

보여준 바와 같이, 서로 다른 종류의 데이터 구성요소를 추상화하여 매핑함으로써 서로 간의 연결 관계를 명확하게 정의 할 수 있다는 장점이 있다.

다양한 종류의 철도 안전 데이터를 추상화하여 모델로 작성하려면, 우선 전달하고자 하는 데이터 성격과 목적에 대한 파악이 필요하다. 본 데이터 전송은 철도와 관련되어 안전을 위한 “관”(감시/Monitoring)과 “제”(제어/Control)를 주목적으로 한다. 따라서 데이터를 분류하여 모델로써 감시를 위한 “상태 정보 메시지”(StateInfoMessage)와 제어를 위한 “제어 메시지”(ControlMessage)를 정의 하였다. 그러나 관계 외에도 빅 데이터 분석 등 목적에 따라 그 외의 데이터를 송/수신 할 수 있어야 한다. 또한 누가 어떤 데이터를 어떻게 활용할지는 변동 가능한 사항이기 때문에 기존 안전 데이터의 모든 정보를 공유할 수 있어야 한다. 따라서 관계 외의 메시지를 주고받을 수 있도록 데이터 송/수신 방향에 따라 분류하여 “요청 메시지”(RequestMessage)와 “응답 메시지”(ResponseMessage) 정의 하였다. 이 외에도 특이한 상황에 데이터 또는 의도적으로 데이터 모델을 분리할 경우 등을 대비해 확장 가능하도록 “확장 메시지”(ExtendXXXMessage / XXX는 주요 식별어)로 정의하여 총 5가지의 공통 데이터 모델을 정의하였다 (Fig. 3).

이러한 추상화된 데이터는 철도 안전 검지장치 및 안전 데이터 전문가가 아니더라도, 그 용도를 명확하게 알 수 있다는 장점이 있다. 만약 사용자가 특정 장치에 대한 안전 데이터를 수집하려고 할 때, 본래 장치의 데이터 규격에 대한 모든 것을 알 필요 없이, 목적에 따라 (예를 들어 데이터 수집일 경우 ‘StateInfo Message’ 관련 모델 데이터만 수신) 관련된 모델로 분류된 데이터만 사용하면 되고, 실제 송수신 시에도 모델에 맞춰 표현된 DDS IDL에 정의된 내용만 해석하여 사용하면 된다. 만약 철도 안전 데이터의 Raw 데이터를 공통 모델화 없이 그대로 사용한다면, 사용자는 장치별 데이터의 규격을 완전히 이해하여야 사용할 수 있을 것이다.

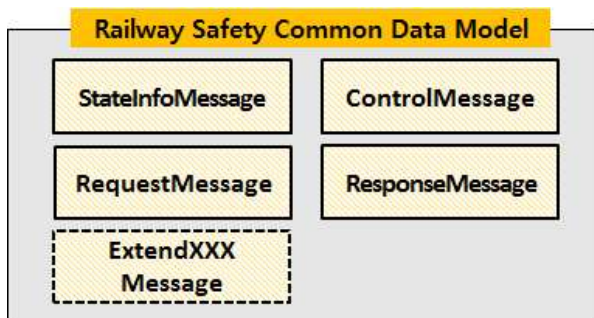


Fig. 3. Definition of Railway Safety Common Data Model

본 장에서 정의된 철도 안전 공통 데이터 모델은 4장에서 DDS Topic과 매핑 되고, 변환을 위한 규칙이 추가되면서 실제 전송을 위한 구조로 구체화된다.

IV. Design of DDS Topic

앞서 설계한 철도 안전 공통 데이터 모델을 따라 실제 DDS 통신을 수행하기 위해서는 DDS 표준 상 데이터 전송 단위인 Topic을 정의해야 한다. 본 장에서는 공통 데이터 모델을 DDS Topic으로 매핑하고, 기존 철도 안전 데이터가 어떻게 DDS 데이터 정의 포맷인 IDL (Interface Description Language) 규격에 따라 정의 가능하도록 데이터 변환 방법을 소개한다.

1. Mapping common data model to DDS Topic

DDS Topic은 데이터 전송 단위임과 동시에 네트워크 제어 QoS 설정 단위가 되기 때문에, 이 두 가치를 염두하고 설정하여야 한다. 앞서 공통 데이터 모델에서 데이터를 목적에 따라 분류하였기 때문에, 이를 기반으로 QoS 적인 특성을 고려하여 세분화 하였다.

실시간 안전관제에서 실시간 데이터 수집의 가장 큰 목적이 실시간으로 고장 등과 같은 이상 징후를 감지하는 것이기 때문에, [Fig. 4]와 같이 상태 데이터 모델인 ‘StateInfoMessage’를 세분화하여 누락되지 않고 빠르게 전달해야 하는 ‘긴급’한 상태 데이터와 비교적 느리게 전송되어도 되는 ‘일반’ 상태 데이터를 나누어 각각을 ‘StateInfoUrgent’와 ‘StateInfoNormal’ Topic으로 정의하였다. 나머지는 공통 데이터 모델을 그대로 승계하였으며, 만약 비슷한 성격의 데이터라도 경우에 따라 다른 QoS를 적용하고 싶다면, 확장용 ‘ExtendXXXMessage’ 모델을 활용하여 정의하면 된다.

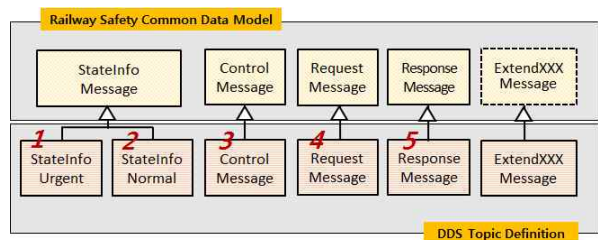


Fig. 4. Mapping Railway Safety Common Data Model to DDS Topic Definition

2. Data transformation methods

공통 데이터 모델이 데이터의 안전 관제를 위한 주요 목적에 따라 추상적으로 분류되었기 때문에, 하부 데이터 변환 과정은 다소 복잡하다. 따라서 기존 철도 안전 데이터가 메시지 구조 별로 어떻게 변환되어야 하는지에 대한 변환 규칙을 정의하였으며, 본 논문에서는 가장 대표적인 두 가지 방법을 소개한다.

2.1 Including Multiple Message Types

기본 DDS Topic을 5개로 정의하였기 때문에, 전송하고자 하는 메시지 종류가 그 이상인 철도 안전 검지 장치에서는 복수의 메시지 종류를 DDS Topic에 할당하여야 한다. 이 경우 주고받는 쪽에서, 다시 원래 메시지 종류를 확인하여야 하는데 이를 위해서는 데이터 규격에서 이를 명시 할 수 있어야 한다.

이러한 경우 [Fig. 5]와 같이 DDS Topic에 소속될 메시지 종류를 나열형으로 정의 하고 (TopicNameType), 실제 데이터 전송 시 Union (공용체) 데이터형으로 이들 중 하나를 골라 하위 데이터 구조를 생성하여 보내는 방식을 채택하였다.

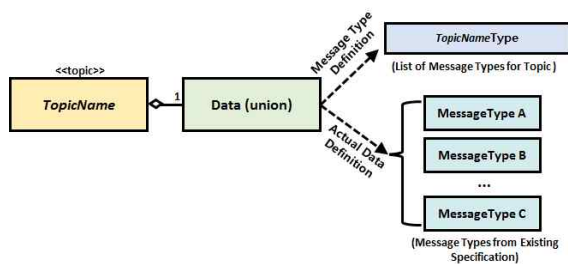


Fig. 5. Data Transformation Process #1 - Including Multiple Message Types

이러한 방식은 Topic에 속한 모든 메시지 종류를 전송하지 않고, 필요한 데이터만 전송하게 함으로 데이터 전송의 효율성을 높이고, 각 메시지 종류별로 DDS Topic을 생성했을 시에 발생하는 메모리 낭비 및 관리 비효율성에 대한 문제도 방지할 수 있다.

또한 DDS 특성 상 SQL 형식으로 필요한 조건의 데이터를 선택하여 수신할 수 있기 때문에, 모든 메시지를 수신하지 않고 필요한 메시지만 골라서 수신 가능하다는 장점이 있다.

2.2 Including Multi-level Data Structure

데이터 구성에 따라 메시지 정의 하위에 단계로 세부적인 데이터 정의가 포함되는 경우가 많다. 이러한 경우도 [Fig. 5]와 유사하게 Union (공용체) 데이터형을 응용하여 한 단계 더 정의 한다. [Fig. 6]은 한 단계 상세한 데이터 타입을 포함하고 있는 경우를 도식화한 것이다. 내부 데이터를 'InnerData'로 표현하고, 여기에 포함 가능한 데이터 타입 정의와 실제 데이터 타입에 대한 정의가 포함된다. 같은 패턴으로 여러 단계를 전개 가능하다.

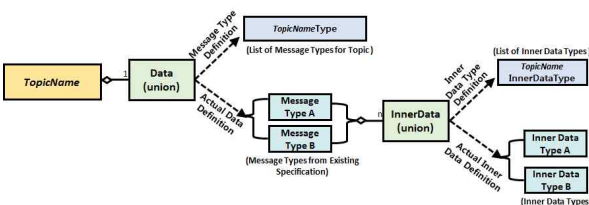


Fig. 6. Data Transformation Process #2 - Including Multi-level Data Structure

각 데이터 구조 내에 포함되는 상세 데이터 정의는 IDL 데이터 규격 문서에 정의된 데이터 정의 타입을 따른다. 실제 철도 안전 데이터에 대한 데이터 변환 사례는 5장에서 소개한다.

3. Network Partition for Data transmission

기존의 다양한 철도 안전 데이터가 동일한 DDS Topic 이름으로 정의되면, 세부 데이터 규격이 다르기 때문에 데이터 전송에 혼동이 올 수 있다.

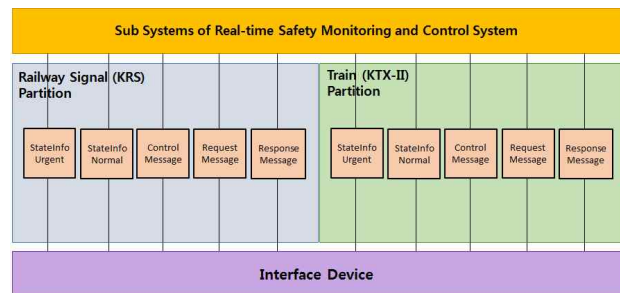


Fig. 7. Diverse Railway Safety Data Transmission with DDS Partition QoS

따라서 데이터 전송 혼선을 막기 위해 DDS의 QoS 중 하나인 네트워크 파티션을 이용하여 이들을 구분하여 전송 한다. [Fig. 7]은 파티션 적용 후 복수의 장치로부터 발생한 철도 안전 데이터를 송/수신하기 위한 구조도이다.

V. Case Study #1 - Transformation of Signal Data (KRS SG 0062)

본 장에서는 앞서 설계한 공통 데이터 모델과 DDS Topic 설계를 검증하기 위하여 현재 한국 일반 철도에서 적용 중인 신호 데이터 전송 규격을 설계 모델 및 이와 호환되는 데이터로 변환하는 과정과 실제 변환 및 전송 실험 결과를 서술하고 있다.

1. Existing Data Format Analysis

기존 일반 철도 (고속 철도 및 도시 철도를 제외한 나머지 철도)에서의 신호 관제는 현장에서 열차집중제어장치(CTC)에 데이터를 전송하기 위한 한국철도표준규격인 KRS SG 0062 철도신호시스템 (점대점 정보전송방식) 규격[12]을 적용한다. 기존 신호 데이터 전송은 RS-422 규격을 따르는 전이중 비동기 시리얼 통신으로 이루어져 있으며, 이에 따른 메시지 구조는 다음 [Fig. 8]과 같다. 목적에 따라 'Message Type'을 설정하고, 'Message Type'에 따라 실제 전송할 'Data' 세부 규격이 달라진다. 신호 상태 정보를 보내는 'Message Type'인 'Update'는 2 byte의 장치 고유 번호와 1 byte의 상태 정보를 한 쌍으로 하여 열차집중제어장치로 전송한다.

STX	Data Length	Sequence No.	Message Type	Data	CRC	ETX
1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	n byte	2 byte	1 byte

<ul style="list-style-type: none"> Message Type : Type of message - 0x10 : Initial polling - 0x20 : Polling - 0x30 : Control ... - 0x11 : Full update - 0x21 : Update - 0x31 : ACK ... 	<ul style="list-style-type: none"> Data : Target data for transfer [Data example : if 'Message Type' is 'Update'] - Data[0][1] : First device Element ID (2 byte) - Data[2] : First device status information (1 byte) ... - Data[n-2][n-1] : Last device Element ID (2 byte) - Data[n] : Last device status information (1 byte)
---	--

Fig. 8. Message Frame Structure and Core Elements of KRS SG 0062 Specification

2. Mapping to Common Data Model

신호 데이터를 누락하지 않고 전송하기 위해서는 공통 데이터 모델과 각 KRS SG 0062의 'Message Type'의 모델과의 매핑이 필요하다. [Fig. 9]는 'Message Type'에 대한 데이터 모델로, [Fig. 8]의 좌측 하단의 'Message Type' 명칭이 반영되어 있다.

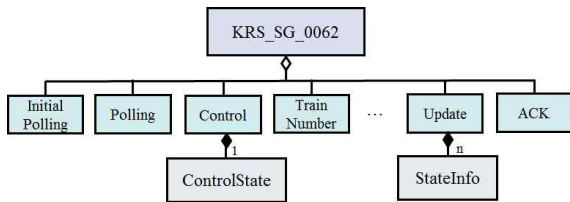


Fig. 9. Data Model of 'Message Type' of KRS SG 0062

[Fig. 10]은 상태 데이터에 대한 'StateInfoMessage' 모델 및 이와 대응되는 DDS Topic, 그리고 각 Topic에 매핑되는 KRS 표준의 'Message Type'에 대한 매핑이다. KRS 표준의 경우 세부 상태 데이터에 고장이 있을 경우 표시할 수 있도록 되어있다. 따라서 모든 상태 데이터를 'StateInfoNormal Message' Topic으로 전송하지만, 상태 데이터에 고장 여부가 표시되면 'StateInfoUrgentMessage' Topic으로 전송한다. 두 Topic 모두 상태 데이터의 내용에 따라 달라지지만, 기본 데이터 규격은 동일하기 때문에 Topic 하위에는 동일한 'Message Type'을 공유한다. 'Message Type' 하단에는 실제 상태 데이터 정보가 어떻게 구성되어 매핑 되는지를 나타내고 있다.

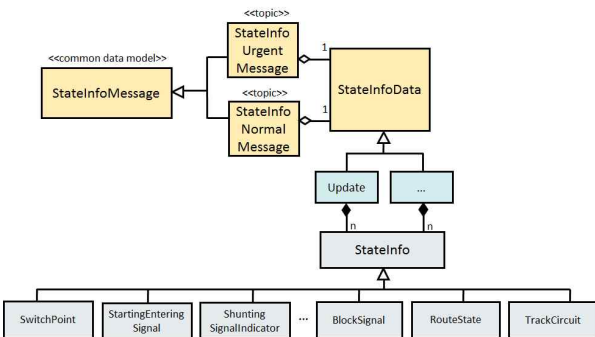


Fig. 10. Mapping Related 'Message Type' model of KRS SG 0062 to 'StateInfoMessage' model

[Fig. 11]은 제어 데이터에 대한 'ControlMessage' 모델 및

이와 대응되는 DDS Topic, 그리고 각 Topic에 매핑되는 KRS 표준의 'Message Type'에 대한 매핑이다. 'Message Type' 하단에는 실제 제어 데이터 정보가 어떻게 구성되어 매핑 되는지를 나타내고 있다.

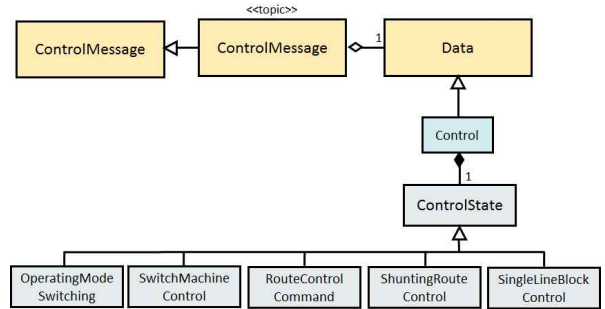


Fig. 11. Mapping Related 'Message Type' model of KRS SG 0062 'ControlMessage' model

[Fig. 12] 및 [Fig. 13]은 제어 데이터에 대한 'Request Message' 모델 및 'Response Message' 모델과 이와 대응되는 DDS Topic, 그리고 각 Topic에 매핑 되는 KRS 표준의 'Message Type'에 대한 매핑 구조를 나타낸다.

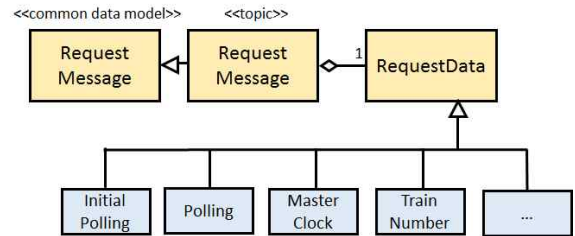


Fig. 12. Mapping Related 'Message Type' model of KRS SG 0062 'RequestMessage' model

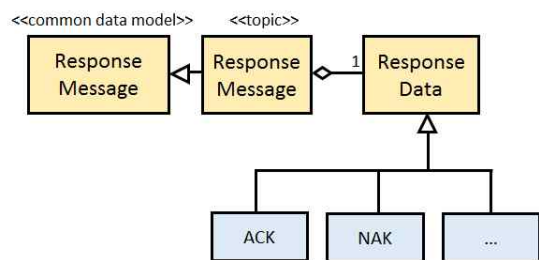


Fig. 13. Mapping Related 'Message Type' model of KRS SG 0062 'ResponseMessage' model

3. An Example of Data Transformation

각 DDS Topic과 매핑된 KRS SG 0062의 'Message Type'은 4장에서 설명된 절차에 따라 실제 DDS 데이터 전송을 위한 DDS IDL 정의가 이루어진다. 예를 들어 [Fig. 14]에 나타난 것과 같이 하나의 Topic을 통해 다양한 종류의 'Message Type'을 전송하기 위하여 'Enum' 데이터 형식의 'RequestMessageType'에 'RequestMessage' Topic에 속하는 'Message Type'을 정의하였고, 'Union' 데이터 타입을 이용

하여 'RequestMessageType'에 정의된 메시지 중 한 가지만 택해 전송하는 할 수 있도록 하였다. [Table 1]은 [Fig. 14]를 실제 데이터 전송을 위한 IDL 형식으로 표현한 것이다.

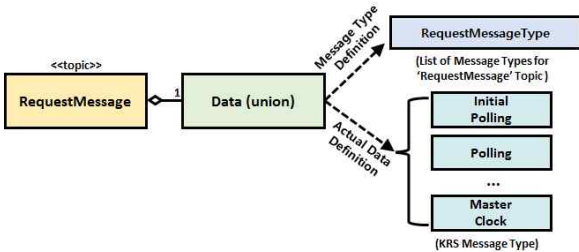


Fig. 14. Data Transformation Example of 'RequestMessage' Topic for Conventional Railway Signal

Table 1. DDS IDL for 'RequestMessage' Topic

```
// Message Type lists for RequestMessage Topic
enum RequestMessageType { INITIAL_POLLING,
    POLLING, MASTER_CLOCK, ... };

// RequestMessage Topic Definition
struct RequestMessage {
    String id;
    RequestMessageType msg_type; // MessageType
    RequestData data; // Actual Data
}; #pragma keylist RequestMessage id

union RequestData switch (RequestMessageType) {
    case INITIAL_POLLING: InitialPolling i_polling;
    case POLLING: PollingRequest polling;
    case MASTER_CLOCK: MasterClock clock;
    ...
};

struct InitialPolling { // Data Definition of 'InitialPolling'
    String start_elementID;
    String end_elementID;
    long total_element;
};

struct PollingRequest { // Data Definition of 'Polling'
    boolean no_data;
};

struct MasterClock { // Data Definition of 'MasterClock'
    String clock_msg;
};
...
```

4. Transformation Verification Experiments

설계된 데이터 모델 및 DDS Topic을 적용하여 실제로 데이터 전송이 정확하게 이루어지는지를 확인하기 위하여 실험을 수행하였다. [Fig. 15]는 두 대의 PC 사이에서 DDS 통신을 하였을 때 수신 PC에서 본래의 신호 데이터를 전달 받을 수 있는지에 대한 실험 환경으로, 송신 PC (M1)에서는 실제 현장에서 발생하였던 KRS 규격의 신호 데이터 로그를 본 논문에서 제시된 절차에 따라 변환하여 DDS로 Publish하며, 수신 PC (M2)에서는 이를 DDS로 Subscribe하여 KRS 'Message Type'에 따라

정상적으로 데이터를 수신하였는지를 확인하였다.

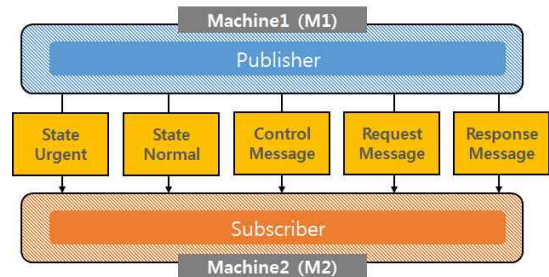


Fig. 15. Experiment Design of Data Transmission of Conventional Railway Singal Data

설계된 데이터 모델 및 DDS Topic을 적용하여 실제로 데이터 전송이 정확하게 이루어지는지를 확인하기 위하여 실험을 수행하였다. [Fig. 16]는 10여만 개의 데이터를 Publish 한 M1에서의 Topic 당 데이터 전송 수 및 'Message Type' 별 데이터 전송 횟수를 나타내고 있으며, [Fig. 17]는 M2에서 M1에서 보낸 데이터를 수신한 후의 Topic 당 데이터 전송 수 및 'Message Type' 별 데이터 전송 횟수를 나타내고 있다. M1과 M2의 결과를 비교해 보았을 때 모든 KRS 메시지가 정상적으로 전달된 것을 확인할 수 있다.

--- Publisher --- Publish Data Total: 106637		
Topic	MessageType	Count
Request Count: 52992	initialPolling	26
	polling	52315
	masterClock	4
	trainNumber	635
	basescanRequest	12
	LDTSystemSwitchover	0
	TDEMessage	0
Response Count: 45904	initialPolling_res	3
	ACK	45886
	NAK	0
	LDTsstatus_respon	15
Control Count: 4	OperModeSwitching	4
	SwitchMachineControl	0
	RouteControlCommand	0
	ShuntingRouteControl	0
	SingleLineBlockContr	0
StateInfoNormal Count: 7737	Basescan	14
	Uptate	7723
StateInfoUrgent Count: 2082	Basescan	14
	Uptate	2068

Fig. 16. Experiment Results of Publisher (M1) Side

--- Subscriber --- Subscribe Data Total: 106637		
Topic	MessageType	Count
Request Count: 52992	initialPolling	26
	polling	52315
	masterClock	4
	trainNumber	635
	basescanRequest	12
	LDTSystemSwitchover	0
	TDEMessage	0
Response Count: 45904	initialPolling_res	3
	ACK	45886
	NAK	0
	LDTsstatus_respon	15
Control Count: 4	OperModeSwitching	4
	SwitchMachineControl	0
	RouteControlCommand	0
	ShuntingRouteControl	0
	SingleLineBlockContr	0
StateInfoNormal Count: 7737	Basescan	14
	Uptate	7723
StateInfoUrgent Count: 2082	Basescan	14
	Uptate	2068

Fig. 17. Experiment Results of Subscriber (M2) Side

VI. Case Study #2 - Transformation of Train Data (KTX-II)

1. Existing Data Format Analysis

현재 실시간 철도 안전관제 시스템을 개발하면서 동시에 현장에 있는 일부 철도 시설물 장치에 대한 개선 연구도 동시에 이루어지고 있다. 현재 철도 차량에서 발생하는 데이터는 일부 긴급한 고장 코드만 자동으로 전송되며, 나머지는 기관사와 관제사 간의 음성통신으로 상황이 전달되고 있다. 이를 보완하기 위하여 열차 상태 실시간 정보 전송 장치 (Train Safety Monitoring Device, TSDM)를 개발하고 있으며, 이 TSDM에서 발생하는 데이터도 실시간 철도 안전관제 시스템에 전달되어야 한다. TSDM는 기존에 존재하지 않는 장치이기 때문에, 자체적으로 프로토콜 및 데이터 규격을 설계하였다.

TSDM은 TCP 프로토콜을 기반으로 차량 기본 정보 및 데이터에 대한 메타 데이터인 'Header'와 실제 열차 상태 정보를 담은 데이터인 'Message'로 구성되었으며, 다음과 같은 총 8개의 메시지 타입으로 설계되었다. (1) 차량 출발에서의 네트워크 등록 절차 (Register), (2) 차량이 구간 주행 중 주기적 정보 전송 (Polling), (3) 차량이 구간 주행 중 불특정 이벤트 전송 (Emergency), (4) 차량이 특정 시나리오(사고) 진입(발생)시 TSDM 시나리오 수행 (Scenario), (5) TSDM 설정용 메시지 (Config), (6) 운행 종료하며 네트워크 종료 절차 (Remove), (7) 응답 확인 (ACK), (8) 오류 발생 (NAK)

TSDM 장치 네트워크 통신 규격을 기반으로 KTX-II (KTX-산천)에서 발생하는 데이터를 대상으로 본 논문에서 제시한 공통 데이터 모델 및 DDS Topic으로 매핑 해 보았다.

2. Mapping to Common Data Model

[Fig. 18]부터 [Fig. 21]까지는 공통 데이터 모델 별로 TSDM의 메시지 타입과 매핑시킨 모델 그림이다. TSDM 메시지 타입에는 긴급 데이터 전송인 'Emergency'가 별도로 있기 때문에, 보통 상태 데이터인 'Polling'과 서로 다른 Topic을 사용한다.

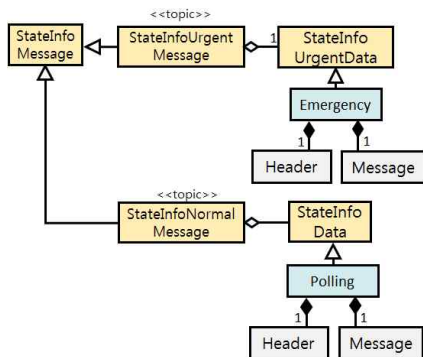


Fig. 18. Mapping Related 'Message Type' model of KTX-II to 'StateInfoMessage' model

제어와 관련된 'Scenario'와 'Config'는 [Fig. 19]와 같이

'ControlMessage' Topic을 통해 전송된다. 그 외의 요청 메시지를 담은 'Register'와 'Remove'는 [Fig. 20]과 같이 'RequestMessage' Topic을 통해 전달되며, 그 외의 응답 메시지인 'ACK'와 'NAK'는 [Fig. 21]과 같이 'ResponseMessage' Topic으로 매핑하여 전달되도록 하였다.

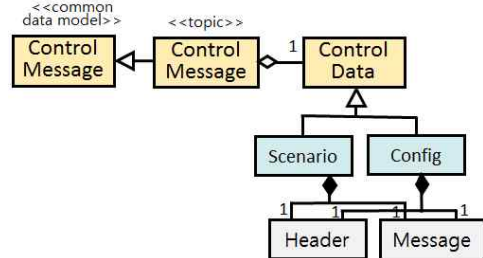


Fig. 19. Mapping Related 'Message Type' model of KTX-II to 'ControlMessage' model

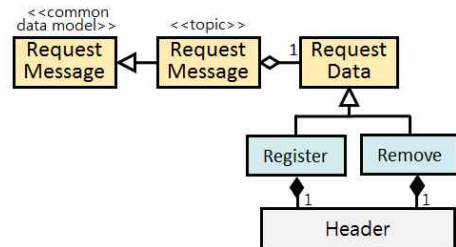


Fig. 20. Mapping Related 'Message Type' model of KTX-II to 'RequestMessage' model

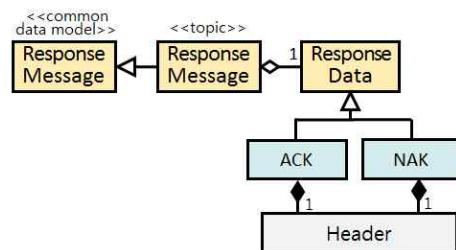


Fig. 21. Mapping Related 'Message Type' model of KTX-II to 'ResponseMessage' model

이러한 과정을 거쳐 TSDM에서 전송되는 KTX-II의 데이터는 DDS 통신이 가능한 형태로 변환되어 실시간 철도 안전관제 시스템에서 사용할 수 있다.

VII. Conclusions

실시간으로 철도 현장을 감시하여 사고를 예측하고 예방하기 위한 철도 안전관제 시스템은 하부로 수많은 철도 안전감지 장치로부터 받은 데이터를 복수의 서브시스템에 전달하여 처리하는 구조로 구성되어 있다. 본 논문에서는 이러한 과정에서 발생하는 불특정 다수의 철도 안전 데이터를 전달하기 위하여

기존 데이터를 공통된 형식으로 변환하여 전달할 수 있도록 공통 데이터 모델을 제시하고, 실제 통신을 위한 DDS Topic 형태로 어떻게 변환하는지에 대한 방법을 제시하고 있다.

좀 더 정확한 변환 방안을 제시하기 위하여 향후에는 좀 더 많은 종류의 데이터를 대상으로 변환 및 검증 절차를 수행할 것이며, 이들 데이터가 각 철도 안전관제 시스템의 서브시스템에서 적절하게 활용 가능한지를 실험 및 검증하고자 한다.

다양한 철도 현장에서 발생한 철도 안전 데이터는 공통 데이터 모델을 기반으로 변환되어 실시간 철도 안전관제 시스템으로 전달되며, 실시간 철도 안전관제 시스템은 이러한 데이터를 기반으로 좀 더 정확한 사고 예측 및 대응을 수행할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] S. A. Kim and D. H. Shin, "Development of Real-time Integrated Railway Safety Monitoring&Control System based on On-site Safety Equipment and Operational Data", Magazine of Korean Society of Hazard Mitigation, vol 14, no. 6, pp. 48-52, Nov. 2014.
- [2] J. Seo, H. Park, "Data Acquisition and Monitoring Technique based on Dynamic Application Framework", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 20, No. 2, Feb. 2015.
- [3] K. Kim, "Implementation of Patient Monitoring System based on Mobile Healthcare", Journal of The Korea Society of Computer and Information, vol. 17, no. 12, Dec. 2012.
- [4] Y. J. Park, S. A. Kim, H. C. Kim, S. K. Shin, "Design of Data Flow Structure for Real-time Railway Safety Accident Monitoring based on Existing Data from Railway Safety Facilities", in Proceeding of 2016 Spring Conference of the Korean Society for Urban Railway, Apr, 2016.
- [5] OMG formal/2015-04-10, Data Distribution Service (DDS) Version 1.4, Object Management Group, 2015.
- [6] B. H. Cho, B. Yum, S. Kim, "Calculation of Top Event Probability of Fault Tree using BDD", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 20, No. 3, pp.654-662, Mar. 2016.
- [7] C. Kim, Y. Kim, B. Yeom, C. Park, "Applying Association Rule Mining for Failure Prediction on High-Speed Train", Journal of the Korea Institute of Plant Engineering, Vol. 21, No. 1, Mar. 2016.
- [8] K. Shin, T. Um, D. Lim, J. Ahn, "Data Collection Methods to Standardize the Protocols of the Safety Supervision System", Journal of the Korean Society for Railway, Vol.19, No. 2, Apr. 2016.
- [9] A. Corsaro, D. C. Schmidt, "The Data Distribution Service: The Communication Middleware Fabric for Scalable and Extensible Systems-of-Systems", in System of Systems, InTech, pp.13-30, Mar. 2012.
- [10] S. A. Kim and Y. J. Park, "Application of DDS Middleware for Development of Real-time Railway Safety Monitoring and Control System", in Proceeding of 2015 Fall Conference of the Korean Society for Urban Railway, pp. 270-272, Jul, 2015.
- [11] Y. Park, D. Min, "Common Model Structure for Automatic Generation of HLA-DDS Bridging Component", in Proceeding of The 4th FTRA International Conference on Advanced IT, engineering and Management (AIM-14), Feb, 2014.
- [12] KRS SG 0062, Point to Point Protocol for Railroad Signal System, Korean Railway Standards, 2006.

Authors



Yunjung Park received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science and Engineering from Konkuk University, Korea, in 2007, 2009 and 2014, respectively. Dr. Park is currently a Post Doctor researcher in Korea Railroad Research Institute.

She is interested in Data Distributed Service (DDS), distributed computing, machine-to-machine, and internet of things.



Sang Ahm Kim received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Electrical Engineering from Korea University, Korea, in 1993, 1997 and 2002, respectively. Dr. Kim joined the Railway Safety Research Team at Korea Railroad Research Institute in 2002.

He is currently a Principal Researcher and Research Director in charge of the National R&D Project on Development of Supervisory Control and Data Acquisition System for Railway Safety. He is interested in communication protocol and application development based on Data Distribution Service (DDS).