

고속전철 네트워크용 네트워크 계층 구현

Implementation of Network Layer for a High Speed Rail

김석현* 김형인** 정성윤** 김한도*** 박재현****

Kim, Seok-Heon Kim, Hyung-In Jung, Sung-Youn Kim, Han-do Park, Jaehyun

ABSTRACT

Recently, a high speed rail consists of many train coaches and power cars. For keeping the reliable train communication system with train coaches and power cars, train uses the OSI model(Open Systems Interconnection Basic Reference Model) and KTX(Korea Train eXpress) only uses the Physical to Transport layer of OSI model. This paper describes the analysis of CLNP(Connectionless Network Protocol) and ES-IS(End System to Intermediate System) protocols used in KTX for the network layer. CLNP is used to send data to other system and ES-IS protocol is used to route and send information between end systems and intermediate systems. Also this paper presents the protocol parsing program and implementation of Network layer.

1. 서론

일반적으로 고속전철의 구성은 동력을 담당하는 동력차와 수송을 담당하는 여러 개의 객차로 이루어져있고 기관사는 기관실에서 각 객차들을 제어할 수 있어야 한다. 또한 고속전철은 고속으로 달리고 있기 때문에 한 개의 객차에서 조금만 한 이상이라도 생기면 대형 사고를 유발할 수 있으므로 각 객차는 브레이크, 흔들림, 각종 전기전자 장비 등의 객차 내 모든 정보를 실시간으로 기관사에게 알려주고 기관사는 문제가 발생 시 즉각적으로 대처할 수 있도록 하여야 한다. 이러한 기능들을 구현하기 위하여 고속전철은 객차간 신뢰성 있고 안정적인 통신 네트워크가 필요하다.

고속전철의 네트워크는 물리계층, 데이터링크 계층, 네트워크계층, 트랜스포트계층, 응용계층으로 구성되어있다. 네트워크계층 프로토콜의 종류에는 ISO(International Organization for Standardization, 국제표준화기구)에서 인증한 IP, IS-IS, ICMP등이 있는데, 그중 KTX에서는 네트워크계층 구축을 위하여 CLNP(Connectionless Network Protocol, ISO/IEC 8473)와 ES-IS 프로토콜(End System to Intermediate System, ISO/IEC 9572)을 사용하고 있다. 본 논문은 CLNP와 ES-IS 프로토콜을 분석하고 분석결과를 토대로 고속전철에 적용 가능한 네트워크계층을 구현한다. 또한 고속전철용 네트워크 계층 프로토콜 분석기를 제작하여 프로토콜을 가시적인 형태로 나타내었고 분석기를 통하여 프로토콜 분석이 용이하도록 하였다.

2. 네트워크 구성

고속전철용 네트워크 구성을 위해 ISO/OSI 표준모델 7계층 중 4개의 계층으로 구성하였고 물리계층은 1Mbit/rate을 갖는 Twisted-Pair 케이블을 사용하였고 데이터 링크 계층은 8802.4 토큰 버스방식으로 구현되어 있다. 네트워크계층은 CLNP(Connectionless Network Protocol)와 ES-IS(End System to Intermediate System)프로토콜을 사용하여 구현하였다.

* 인하대학교, 정보공학과, 비회원, shkim@emcl.inha.ac.kr

** 한국철도공사, 철도연구원, 비회원, khtsmgmc@unitel.co.kr, jsy3225@hanmail.net

*** 인터콘시스템즈(주), 기술연구소, 비회원, onetwo93@chol.com

**** 인하대학교, 정보통신공학과, 회원, jhyun@inha.ac.kr

2.1 CLNP

CLNP은 ISO/IEC 8473에 기술된 ISO 네트워크계층의 데이터그램 방식 프로토콜로서 TCP/IP의 IP 프로토콜처럼 기본적으로 같은 서비스 제공 기능을 하며 ISO-IP 프로토콜이라고 부르기도 한다. 데이터그램 방식이란 네트워크간 연결 확립 없이 데이터를 전송하는 프로토콜로서 데이터 전송의 신뢰성은 없으나 연결 확립이 필요하지 않음으로 간단한 절차로 데이터를 빠른 시간 안에 전송할 수 있다는 장점을 가지고 있다. CLNP는 IP 프로토콜처럼 0xFFFF(2바이트)의 최대 전송할 수 있는 데이터 크기를 갖는다. 만약 전송하고자 하는 데이터의 크기가 0xFFFF를 넘어갈 경우 CLNP는 데이터를 분할하여 전송하는 기능을 제공한다. 또한 Lifetime 메커니즘을 사용하여 내부 시스템에서 PDU(Protocol Data Unit)을 수신한 시스템이 PDU로부터 얻어낸 정보를 일정시간만 유지할 수 있도록 한다. CNLP는 수신된 PDU에서 오류가 발생한 경우 수신된 PDU를 제거하고 오류의 원인을 포함하고 있는 Error Report PDU를 PDU를 송신한 장치에 송신함으로써 오류의 발생 원인을 보고하는 기능이 있다. CNLP에서는 DT PDU(Data Protocol Data Unit), ER PDU(Error Report PDU)등을 사용한다.

2.2 ES-IS 프로토콜

ES-IS프로토콜은 ES와 IS간 라운팅 정보와 설정 값을 교환하기 위해 OSI에 의해 개발된 프로토콜로 ISO/IEC 8473에 기술되어 있다. ISO 네트워크에는 ES(End System)과 IS(Intermediate System)가 존재한다. ES는 사용자 장치로써 각 객차에 들어가는 통신용 네트워크장치를 의미한다. IS는 라우터로써 고속전철 내에 여러 개의 서브네트워크가 존재할 경우 각 서브네트워크간 데이터 전송을 관리한다. ES-IS 프로토콜은 1)ES가 접근 가능한 IS를 찾기 위해 2)ES가 로컬 서브네트워크에서 다른 ES를 찾기 위해 3)IS가 로컬 서브네트워크에 존재하는 접근 가능한 ES를 찾기 위해 4)ES이 로컬 서브네트워크에 하나 이상의 IS들이 존재할 경우 NPDU(Network Protocol Data Unit)을 전송하기 위한 IS를 선택하기 위하여 사용된다. ES-IS 프로토콜은 데이터를 전송하기 위하여 사용되는 프로토콜이 아니라 시스템의 초기화에서 장치 간 연결 상태를 파악하고 서로간의 설정값을 교환하기 위하여 사용하는 프로토콜이다. ES-IS 프로토콜에서는 ESH PDU(End System Hello PDU), ISH PDU(Intermediate System Hello PDU), RD PDU(Redirect PDU)등을 사용한다.

2.3 네트워크계층 주소 할당

네트워크계층에서 NSAP(Network Service Access Point,네트워크 주소)를 사용하여 각각의 네트워크 장치들을 구별하고 있다. NSAP의 값은 소프트웨어 통해 미리 주소 값이 입력되어 있거나 외부 장치를 통해서 입력받을 수 있다. 외부 장치에 의해 주소 값을 입력받을 경우 임의의 객차 네트워크 장치를 다른 객차 통신시스템의 네트워크 장치에 연결하여도 특별한 수정 없이 바로 동작할수 있는 호환성을 가지고 있다. 고속전철에서 네트워크 장치의 고장이 발견될 경우 즉각적인 처리가 가능할 수 있어야 하는데 이러한 것을 만족하기 위하여 외부 장치로부터 NSAP값을 입력받도록 설계하였다.

3. ES-IS 프로토콜 기능

고속 전동차 시스템은 일반적으로 여러 개의 ES들과 하나 혹은 두 개의 IS로 구성되어 있다. 각 객차마다 각각의 ES들을 가지고 있고 이 ES들이 서로 연결 되어 하나의 네트워크를 구성하게 된다. 그림4는 실제 KTX에서의 네트워크 구성을 보고여주 있다. TR는 객차, MBU는 전동차, MPU는 기관실에 연결된 ES들로써 TR은 객차의 상태 정보 값을, MBU는 전동차에서의 상태 정보 값을 송신하고 다른 ES로부터의 데이터를 수신하는 역할을 한다. MPU는 기관실에 연결된 네트워크 장치로써 기관사가 객차의 상태 정보 값을 알고 싶을 경우 MPU를 통하여 다른 객차의 정보 값을 알 수 있게 된다. 처음 네트워크가 구

성되면 각각의 장치들은 어떤 장치들이 같은 서브네트워크에 참여했는지에 대해 알아야한다. 이러한 기능을 구현하기 위하여 ES-IS 프로토콜을 사용하였다.

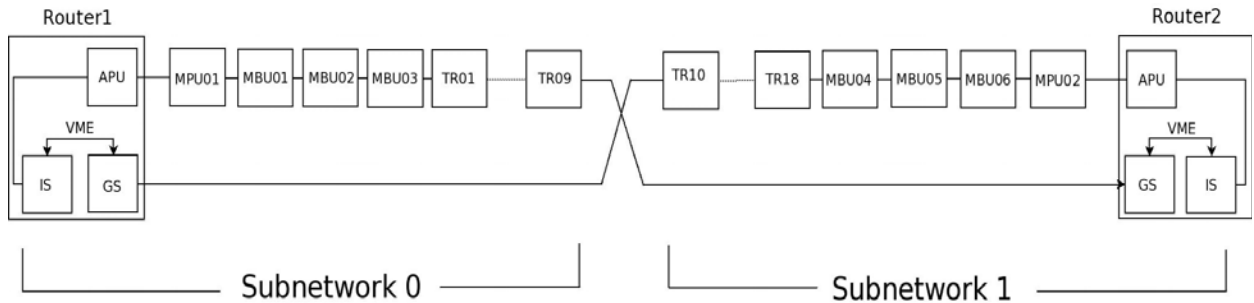


그림4. KTX 네트워크 구성

3.1 ES와 IS의 네트워크 참여 확인

처음 네트워크가 구성되면 IS는 각각의 ES들에게 ISH PDU(Intermediate System Hello Protocol Data Unit)를 송신함으로써 IS가 네트워크에 참여하였고 접근가능하다는 것을 알려주게 된다. ISH PDU를 수신한 ES들은 자신의 NPAI(Network Protocol Address Information)에 수신된 ISH PDU로부터 NET(Network Entity Title)과 SNPA(Subnetwork Point of Attachment)를 저장하고 ISH PDU를 수신한 ES들은 ESH PDU(End System Protocol Data Unit)을 IS에게 보냄으로써 자신들이 네트워크에 참여하였고 접근가능하다는 것을 알리게 된다. ESH PDU를 수신한 IS들은 수신된 ESH PDU로부터 NSAP(Network Service Access Point)와 SNPA값을 저장하도록 한다. 그림5는 네트워크 시스템이 초기화되었을 때의 순서도를 나타내고 있다.

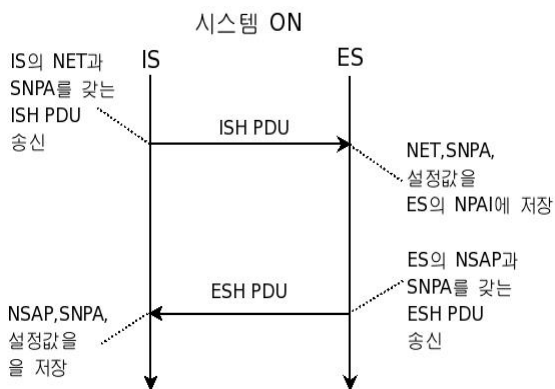


그림5. 시스템 초기화 순서도

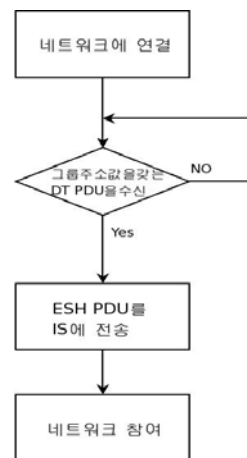


그림6. 설정 응답 플로 차트

3.2 설정 응답 기능

ES가 중간에 네트워크에 참여하게 될 경우 IS는 ESH PDU를 수신하지 못하여 ES가 네트워크에 참여했는지에 대해서 알 수가 없다. 또한 네트워크를 참여했던 ES가 중간에 어떠한 상황에 의하여 네트워크로부터 분리되었다가 일정 시간 후 다시 참여하게 되면 IS는 ES가 분리되어있는 동안 ES를 자신의 네트워크에서 제외시킴으로 ES가 네트워크에 다시 참여했는지에 대해 알 수가 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 설정 응답 기능을 구현하였다. ES가 네트워크에 참여했을 때 자신이 속한 그룹 주소 값을 갖는 DT PDU를 수신하면 ES는 자신의 존재 여부를 알려주기 위하여 IS에게 ESH PDU를 송신하고, ESH PDU를 수신한 IS는 수신된 PDU로부터 NSAP와 SNPA값을 저장함으로써 ES가 네트워크에 참여할 수 있게 된다. 만약 ES가 DT PDU에 포함된 주소 값이 자신이 가지고 있는 주소 값과 일치하지 않을 경우 수신된 DT PDU는 버려지게 된다. 그림6은 설정 응답 플로 차트를 나타내고 있다.

3.3 경로 재설정 기능

ES가 송신하려고 하는 ES의 NSAP는 알고 있지만 SNPA 모르고 있는 경우 경로를 IS에게 요청하고, IS는 RD PDU를 ES에게 송신함으로써 경로를 재설정한다. 그림7은 경로 재설정 순서도를 나타내고 있다. ES1이 ES2에게 DT PDU를 전송하려고 하는데 ES2의 SNPA를 알지 못할 경우 ES1은 ES2의 NSAP를 목적지 주소 값으로 갖는 DT PDU를 IS에게 전송한다. IS는 수신한 DT PDU의 목적지 NSAP와 일치하는 SNPA를 갖는 RD PDU를 ES1에게 전송함으로써 ES1은 ES2의 SNPA를 알 수 있다. ES1의 ES의 SNPA를 NPAI에 저장한 후 후에 DT PDU를 ES2에 전송하기를 원하면 NPAI의 저장된 SNPA를 이용하여 IS를 통하지 않고 ES2에게 직접적으로 전송할 수 있게 된다. IS는 RD PDU를 ES에게 전송한 후 ES1로부터 수신 받은 DT PDU를 그대로 ES2에게 송신한다.

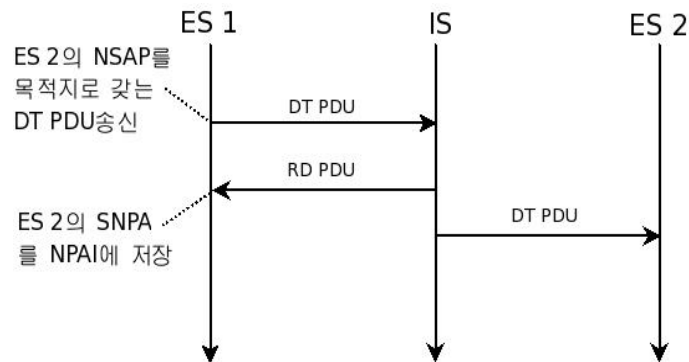


그림7. 경로 재설정 순서도

3.4 Holding Time에 의한 수신정보 유지 기능

만약 IS나 ES가 처음 수신한 ESH나 ISH PDU의 주소 값과 설정 값을 계속 유지하고 있다면 네트워크 구성 후 ES 혹은 IS가 어떠한 상황에 의해 네트워크에서 제거가 되어도 다른 IS나 ES는 처음에 ISH와 ESH PDU를 송신하였기 때문에 제거된 ES나 IS가 계속 네트워크에 참여하고 있다고 생각하고 데이터 전송을 할 것이다. 이러한 것을 방지하기 위하여 Holding Time 메커니즘을 사용하였다. 즉, Holding Time란 ESH PDU를 수신한 IS시스템이 수신된 ESH PDU의 Holding Time값만큼 NSAP와 SNPA값을 유지하고 또한 ISH PDU를 수신한 ES도 ISH PDU의 Holding Time값만큼 자신의 NPAI에 수신된 NET과 SNPA를 저장하는 것이다. Holding Time은 각각의 시스템에 있는 독립적인 타이머에 의해 동작된다. Holding Time값은 2바이트의 크기를 가지면 0x0001이 1초의 값을 가지도록 구현하였다.

4. CLNP의 기능

고속전철 네트워크에서는 각 객차들의 어플리케이션계층에서 상태 정보 값을 저장하는 테이블을 만들어서 다른 객차들과 자신의 상태 정보 값을 공유함으로써 자신의 상태 변화를 다른 장치들이 실시간으로 확인할 수 있도록 하여야 한다. 여러 개의 객차가 같은 구조의 상태 정보 테이블을 가지고 정보를 업데이트 하기 위해서는 각각의 객차에 일대일로 연결되어 데이터를 업데이트하기 보다는 그룹주소를 갖는 PDU를 전송하여서 한 번에 해당 그룹주소에 속하는 모든 객차들이 상태 정보 테이블을 업데이트하는 것이 편리하다. 이러한 데이터 전송을 구현하기 위하여 CLNP를 사용하였다.

4.1 Lifetime에 의한 수신정보 유지기능

CLNP의 PDU를 수신한 장치들이 수신된 PDU의 정보 값을 자신의 메모리에 Lifetime에 설정된 시간 동안 보관하고 시간이 지난 후에는 수신된 PDU를 제거함으로써 효율적으로 메모리를 관리한다. Lifetime을 위한 타이머는 각각의 장치에서 개별적으로 사용된다.

4.2 에러검사 및 세그먼트 기능

CLNP는 네트워크 헤더부분에 2바이트의 checksum을 두어서 헤더부분을 분석할 때 에러의 발생 여부를 감지한다. 본 연구에서는 checksum을 0으로 고정시켜서 checksum을 사용하지 않았다. 2바이트의 DUI(Data Unit Identifier)는 같은 Source NSAP와 Destination NSAP를 갖는 PDU의 경우 DUI값이 PDU가 하나씩 전송할 때마다 1씩 증가되게 된다. DUI는 에러를 체크하거나 세그먼트이션을 통하여 분리된 데이터를 하나로 합칠 경우 사용한다. 만약 수신된 PDU의 DUI가 바로 전에 수신한 PDU의 DUI보다 작거나 같으면 에러가 발생한 것으로 판단한다.

5. 프로토콜 분석기

위에서 분석된 자료들을 바탕으로 철도용 프로토콜 분석기를 구현하고 구현된 분석기를 이용하여 프로토콜을 가시적인 형태로 표현하였다. 그림 9는 네트워크계층에서 CLNP의 DT PDU(Data Protocol Data Unit)의 분석결과를 나타내고 있다. No.14 Frame은 14번째로 수신된 프레임이라는 것을 의미하고 Time Tick은 0ms에서 데이터 캡처가 시작 되고나서 14번째 프레임을 수신했을 때의 시간 값을 나타내고 있다.

```
No.14 Frame
Timer Tick : 383110ms
CLNP : 81 1C 01 09 9C 00 C2 00 00 04 02 04 00 00 04 01 47 90 01 00 01 00 00 00 C2 CD 01 02
----Network---
Network Layer Protocol ID : 81 (CLNP)
Network Header Length : 1C
Protocol Version : 01
PDU Lifetime : 09
Type Code : 9C (DT PDU : Data Protocol Data Unit)
PDU Segment Length : 00 C2
PDU Checksum : Don't care
Dst Addr Length : 04
Dst Addr : 02 04 00 00
Src Addr Length : 04
Src Addr : 01 47 90 01
Data Unit Identifier : 00 01
Segment Offset : 00 00
PDU Total Length : 00 C2
Option(Prameter Code) : CD (Priority)
Parameter Length : 01
Parameter Value : 02
No.14 Frame
```

그림9. 분석기 실행화면

6. 결론

본 연구는 실제 KTX네트워크에서 사용되고 있는 CLNP 및 ES-IS의 분석하고 분석된 내용을 바탕으로 고속전철 네트워크용 네트워크계층에 적용 가능한 프로토콜을 구현하였다. 또한 분석된 결과를 이용하여 철도용 프로토콜 분석기를 제작하여 구현된 프로토콜을 분석할 수 있게 하였다. 향후 연구 과제로는 완벽한 고속 전동차용 통신 네트워크를 구현하기 위해서는 트랜스포트계층의 프로토콜 구현과 함께 어플리케이션계층의 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

1. GEC ALSTHOM(1996), "Tornad* Network Design"
2. GEC ALSTHOM(1991), "Tornad* General Description"
3. ISO(1994), "ISO/IEC 9542 International Standard"
4. ISO(1996), "ISO/IEC 8473 International Standard"
5. Behrouz A. Forouzan(2003), "Data Communications and Networking", McGrawHil
6. Javvin Technologies Inc(2004), "Network Protocols Handbook"
7. 유인태, 이재광, 정재일, 홍충선 공역(2002), "컴퓨터 네트워크", Prentice Hall