

철도차량의 통신특성을 고려한 Single Pair Ethernet 설계에 관한 연구

A study on single pair Ethernet design considering communication characteristics of railway vehicles

김중진*†, 김동형**, 권성훈**, 박태학***, 박철*

Jungjin Kim*†, Donghyung Kim**, Seonghoon Kwon**, Taehag Park***, Park Cheol*

철도차량의 Ethernet 통신은 IEC61375-2-3, IEC61375-3-4에 의해 TRDP 인터페이스를 요구하고 있다. TRDP는 물리적으로 두 개의 독립적인 TCP/IP로 구성되어야 하며, TRDP 환경을 구축하기 위해서는 두 개의 독립된 네트워크망을 구성하여야 한다. 이는 고가의 네트워크 케이블 (Cat 7, Cat 5e)을 이중으로 포설하여 구성하여야 하며, 관련된 고가의 커넥터등도 이중으로 소요된다. 이는 차량의 무게가 증가하고 비용도 증가하는 문제가 있다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 IEEE 802.3 을 표준으로 하는 두 가닥으로 이루어진 와이어를 이용한 Single pair Ethernet 을 제안한다.

주요어 : TRDP, Single pair Ethernet, IEC 61375, TCP/IP, 네트워크

1. 서론

철도시스템은 여러개의 장치들이 서로 정보를 교환하여 차량을 안전하게 운행되도록 분산처리 시스템으로 구성된다. 이러한 장치들의 통신수단을 정의하고, 데이터 교환을 위한 표준으로 IEC 61375를 제정하였다.[1] IEC 61375에서 정한 차상 내부통신망 구조 및 단말장치(End Device, ED) 연결 방식은 그림 1[2]과 같으며, 사용되는 인터페이스는 TRDP (Train Realtime Data Protocol)이다. TRDP를 구성하기 위해서는 고가의 네트워크 케이블과 커넥터가 사용된다. 이러한 고비용을 절감하고, 차량의 무게도 줄일 수 있는 차세대 통신방식인 Single pair Ethernet(SPE) 방식을 제안한다.

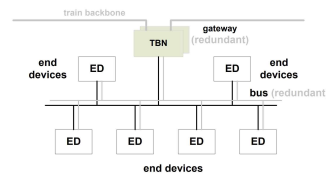


그림1. 차량내부 통신망 구조 (IEC61375)

2. 본론

2.1 네트워크 케이블 소요량 및 비용 비교

TRDP는 량간 L2 switch간의 Link를 위한 기가비트 통신용과 량내 L2 Switch 와 ED간의 통신에 적용된다. 차량의 주요 ED는 CC, 방송장치, CCTV, Information, 화재경보장치등 매우 다양하다. 특히 국내 전동차는 대승객서비스 장치의 증가로 ED가 증가하는 추세이다. 차량간의 네트워크 구성은 IEC 61375에서 요구하는 방식중 아래 그림 2[3]와 같이 “Ladder Topology”를 주로 사용한다. 이 구성을 10량에 적용하였을 때 케이블 소요량은 표 1과 같으며, 표 2에서는 소요량에 따른 비용 및 무게등을 비교 분석 하였다.

† 교신저자: 대전도시철도공사 연구개발원
(ooheho@djet.co.kr)

* 대전도시철도공사 연구개발원

** (주)알에프컴 기술연구소

*** 하팅코리아(주)

| | | |
|---------------|-----------------|--------|
| 차량간 Link | L2 Switch to ED | 소요량 |
| 30M * 10량 * 2 | 15M*6장치*10량 | |
| 회선(Cat 7) | *2회선(Cat 5e) | |
| 600M | 1,800M | 2,400M |

표1. 네트워크 케이블 소요량 분석

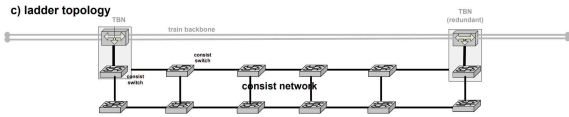


그림 2. Ladder Topology 구조

| | UTP | Single Pair | 비교 |
|------------|--------------------|--------------|--------------------|
| 무게 | Cat 7 / Cat 5e | 2,400M*36g= | UTP 256.2Kg |
| | 600M*78g=46.8Kg | 86.4kg | SPE 90.54Kg |
| | 1,800M*75g=181.8Kg | 커넥터 | 165.7Kg/편성 |
| | 커넥터 | 276개*15g= | 무게 절감 |
| | 276개*100g=27.6Kg | 4.14Kg | (약 65%) |
| 비용 (천원) | Cat 7 / Cat 5e | 2,400M*3.5= | UTP 32,836 |
| | 600M*11=6,600 | 8,400 | SPE 11,160 |
| | 1,800M*9.6=17,280 | | 21,676천원/ 편성 절감 |
| | X code / D code | 276*10=2,760 | (약65%) |
| | 36개*36=1,296 | | |
| | 240개*32=7,680 | | |

표2. UTP/SPE 무게 및 비용 비교

2.2 SPE 기술표준 현황 [4]

SPE는 CAN Bus를 대체하기 위하여 자동차 업계가 새로운 TCP/IP 기반 전송방법을 확인 후, IEEE.802.3 워킹 그룹은 IEEE.802.3 bw-2015 95조에 첫번째 SPE 표준규격을 100BASE-T1으로 발표하였다.

이후, IEEE802.3bp 1000BASE-T1, IEEE802.3ch 10Gbit/s가 상용화 되었으며, 현재는 그 이상의 전송률을 위한 규격을 개발중이다. 그림 3은 SPE의 전송속도와 전송거리에 대하여 도식화한 내용이다.

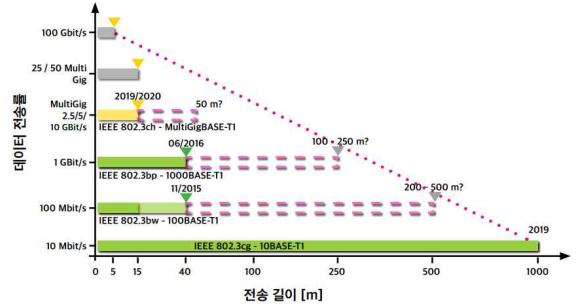


그림 3. SPE Ethernet 전송 속도 및 거리

SPE의 기술은 현재 일반적으로 사용하는 MPE (Multi-Pair Ethernet)과 동일한 성능에 도달하였으나, 제한사항은 100Mbps / 1Gbps에서의 전송거리가 15M, 40M로 한정되어 있다. 이는 자동차 산업이 주요 수요처이기 때문이다. 하지만 타겟 산업군이 다양하게 확장되고 있으므로 반도체 업계에서도 신형 칩셋 개발에 관심을 두고 있다.

SPE를 보급하기 위하여 사용되는 커넥터의 표준규격은 IEC 63171-6에 의해 정의되어 있으며, 케이블링은 ISO/IEC11801:2017에 표준 규격화 되어 있다. MPE에서 사용되는 PoE는 SPE에서는 IEEE 802.3 standard에서 PoDL(Power over Data Line) 정의되어 있다. 아래 그림 4는 IEC-63171-6 에서 표준규격으로 정의된 SPE 커넥터이다.



그림 4. SPE 커넥터

3. 결론

위의 그림 3에서 보여지듯이, SPE의 전송 거리는 기존 MPE 케이블에 비하여 100BASE-T 15M / 1000BASE-T 40M에 불과하여 적용 범위가 매우 제한적이지만, 어플리케이션의 지속적인 개발과 반도체 업계의 투자로 전송거리가 증가할 것이다. 철도차량에서는 대승객 서비스 장치의 증가로 네트워크를 사용하는 ED가 증가할 것이므로, SPE 관련

기술을 철도차량에 적용할 수 있도록, 관련기술 동향을 주목하여 장치 개발을 적절한 시기에 한다면 비용적인 측면과 기술적인 측면에서 많은 효과를 기대할 수 있다.

참고문헌

참고문헌 작성의 예

- [1] G.Y. Song, G.H. Cha, H.J. Yim “Preliminary Hazard Analysis for Communication Software in Train Communication Network“ The Transactions of the Korea Institute of Electrical Engineers Vol.66 No.9 pp.1379~1384, 2017
- [2] IEC, “IEC 61375-1:Electronic railway equipment-Train communication network (TCN) - Part 1: General architecture“ 2012.
- [3] IEC, “IEC 61375-1:Electronic railway equipment-Train communication network (TCN) - Part 1: General architecture“ 2012.
- [4] HARTING.com/KR, “Single Pair Ethernet – The Infrastructure for IIoT“ HARTING Whitepaper Single Pair Ethernet Web seminar