

고속전철 차량간 구성변화의 능동적 적응을 위한
통신규약에 관한 연구
A study on adaptable configuration protocol
for high speed electric railway vehicles

한재문* 박재현**
Han Jae-Mun Park Jae-Hyun

ABSTRACT

Recently, The TCN(Train Communication Network) as the distributed control systems for electric vehicles, which is the international standard of the intra vehicle communication, actively recognizes variations and supports reconfiguration of the train network when a vehicle is separated or recombined. The technique of reconfiguration to take variety and interoperability of a vehicle constitution is used when the vehicle constitution is changed. At the time, each node making up vehicle network shares the information about the variation of vehicle constitutions and the state of nodes. In the hierarchical TCN structure, an exchange of data becomes available as a work to transmit information between components is performed at the node playing a role of gateway.

This paper proposes a protocol to transmit the information of the train reconfiguration. The protocol gives an application to renew a list for transmitting information and to perform the transmission that can guarantee periodic and non-periodic data transmission between nodes when the network nodes changed by a variation of the network state are reconfigured. If use this protocol, can use functions that are offered in the electric railcar at the same time that composition of vehicles is completed without delay. And when driver of the electric railcar inspect before running of vehicles, can confirm state of vehicles visually through monitor in driver's room.

1. 서론

고속전철과 같은 전동차 시스템에서 분산환경의 실시간 제어, 온라인 감시, 자가진단, 승객 정보서비스 등 다양한 기능을 수행하기 위해서 전동차내의 차량 네트워크는 분산된 다양한 제어기들 사이의 빠르고 정확한 정보의 교환을 보장해야 한다. 그러나 전동차용 네트워크라는 특징 때문에 차량내의 하나의 데이터 버스를 분산되어 있는 간단한 I/O기기부터 지능형 스테이션까지 공유해야 하고, 데이터 서비스에 있어서는 제어 신호같이 시간제약성이 큰 데이터와 시간제약성은 적지만 사이즈가 큰 데이터를 동시에 처리 할 수 있는 능력이 있어야 한다. 또 차량의 연결이나 차량구성이 변화되었을 때 이를 지능적으로 감지해서 변화된 환경에 맞는 서비스를 보장해야 한다. 이러한 요구를 만족시키기 위하여 IEC(International Electrotechnical Commission)에서는 차량간 혹은 차량내의 전자장치들의 상호 운용성(Interoperability)을 목적으로 TCN(Train Communication Network)을 통신 프로토콜 표준으로 정했다[1][2][3].

TCN은 그림1에서 보는바와 같이 MVB(Multifunction Vehicle Bus)와 WTB(Wired Train Bus)의 이중 계층구조로 구성된다.

* (주)LG산전 연구원, 비회원
** 인하대학교 교수, 비회원

MVB는 차량내의 디바이스들을 연결하고 WTB는 차량간의 노드들을 연결하는 버스이다 [1][2][3]. 이러한 2계층의 구조로 이루어진 전동차의 구성은 고정적이지 않고 상황에 따라 각 차량의 연결이 변화될 수 있는데, 이때 MVB상의 디바이스의 구성은 변화하지 않고, 단지 WTB상의 노드들의 구성만 변화하게 된다. 본 논문에서는 이러한 전동차의 구성 변화 시 WTB상의 노드들 간에 이루어지는 동적인 주소할당을 바탕으로, 변화된 노드의 구성에서 이루어져야할 주기적 또는 비 주기적 데이터 전송을 보장하기 위한 노드간 정보 전달 작업과 정보전달을 위한 리스트의 갱신을 지원하는 전동차 재구성정보 전달 통신규약을 구현하고자 한다[1][2][3][4][5].

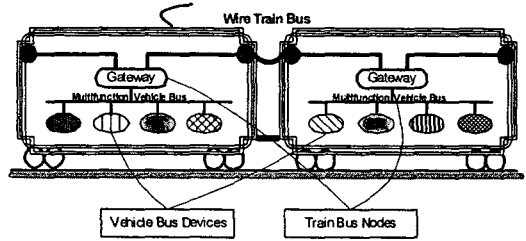


그림 1 Vehicle Bus & Train Bus

2. 능동적 변화적용 프로토콜 구현 방법

WTB의 프레임 종류는 크게 세가지로 구성되어있는데, 주기적인 데이터 통신을 위한 Process data frame, 비주기적인 데이터 통신을 위한 Message data frame, 그리고 마지막으로 전동차 네트워크의 관리를 위한 Supervisory data frame이 있다. 이러한 세가지 프레임의 활용방법에 대한 내용은 TCN Spec에서 자세히 언급하고 있다. 그러나 이러한 활용방법 중에서 열차 재구성시 정보전달을 위한 Data frame중 그림2에서 보는바와 같이 topography_response 프레임의 Inauguration data 영역의 활용방법에 대해서는 사용자의 정의에 의한 활용을 제안하고 있다 [1][2]. 본 논문에서는 121byte에 달하는 Inauguration data 영역을 이용하여 보다 효율적인 열차구성 변화정보 전달에 대한 Protocol을 구현하려 한다.

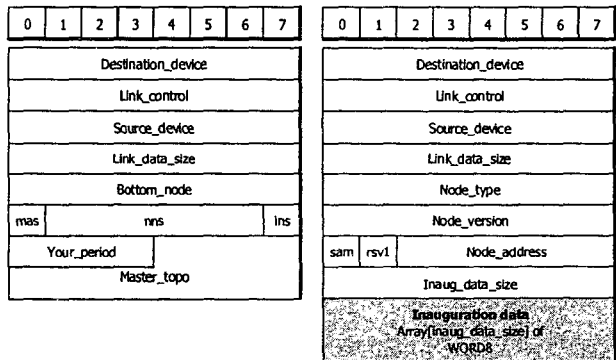


그림 2 Topography Request & Topography Response

2.1. Inauguration data 영역의 활용방법

열차구성 변경정보를 전달하기 위한 protocol을 구현하기 위해 사용되는 topography_response 프레임중 Inauguration data영역을 활용하기위해 정의한 데이터 영역의 형태는 그림3과 같다.

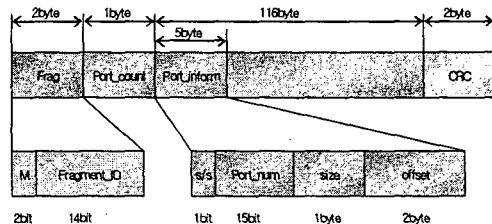


그림3 Inauguration data 영역의 정의

2.1.1. Frag field

Frag field는 Inauguration_data영역을 이용한 정보 전달 시 포트데이터의 수가 많을 경우 한꺼번에 모든 포트에 대한 정보를 보낼 수 없을 때 정보를 나누어 전송하는데 사용한다. 2bit로 구성된 Mode 영역은 현재 전송되는 프레임에 이어지는 프레임이 있는지를 나타내고, 마지막 데이터 프레임을 나타내기 위해 사용한다. 14bit로 구성되는 Fragment_ID영역은 현재의 프레임이 나누어진 프레임의 몇 번째 프레임 인지를 나타냄으로써, 데이터의 전송이 전송 오류로 인한 잘못된 데이터의 사용을 막기 위해 사용한다.

표1 Mode field

Mode	의미
00	Reserved
01	Fragmentation되어있고 추가프레임이 있다.
10	마지막 데이터 프레임
11	Topology_Response ACK frame

2.1.2. Port_count field

Inauguration_data영역을 통해서 보내지는 port의 수를 나타내는 필드로 1byte로 구성된다. WTB상의 하나의 노드가 가지고 있는 port의수는 수십에서 수백개에 이르기 때문에 한번의 데이터전송을 통해서 모든 정보를 전달할 수 없게 된다. 여러번 반복해서 프레임을 전송할 때 모든 정보를 처리하기보다는 카운터 필드의 정보를 미리 확인함으로써 보다 효율적인 알고리즘의 구현이 가능하다.

2.1.3. Port_inform field

이 영역은 총 4가지 정보를 포함하고 있는데, WTB상의 각 노드가 가지고 있는 Port의 정보를 나타내고 있다.

- S/S bit

해당하는 포트가 WTB노드 상에서 source인지 sink인지를 구분하는 영역으로 사용.

- Port_num

WTB노드가 가지고 있는 port의 number로 모든 TCN 네트워크 상에서 Unique한 값을 가지게 된다.

- Size

Port의 데이터 사이즈를 나타내는 영역으로 TCN 네트워크에서는 다양한 사이즈의 데이터 형태를 지원하고 있다.

- Offset

WTB상의 네트워크 상태가 재구성 동작을 마치고 정상상태로 동작할 때 통신 프레임상의 Port 데이터의 위치를 나타내는 정보를 포함하고 있다.

2.1.4. CRC (Cyclic Redundancy Check)

네트워크를 통해 전송되어온 데이터의 오류여부를 판단하기 위한 영역이다. 간단한 에러 검출방법으로는 Parity에 의한 방법과 Check sum을 이용한 방법이 있으나, 이러한 방법은 에러를 검출할 수 있는 확률이 매우 낮기 때문에 데이터의 무결성이 중요한 TCN의 네트워크정보를 전달하기 위한 protocol에서는 적합하지 않다[6]. 그림3에서 보는 바와 같이 16bit를 이용하고 있다.

3. 능동적 변화적응 프로토콜(Adaptable Configuration Protocol)

전동차 네트워크의 변화에 의해 열차재구성 과정이 이루어졌을 때, 새로운 네트워크정보를 네트워크를 구성하고 있는 모든 노드들이 공유하기 위해서 supervisory frame를 통해 전송하게 된다[1][2].

이때 각 노드들은 자신이 소유하고 있는 하부장치들에 대한 정보를 가지고 있고, 다른 노드로 보내거나 받아야하는 정보에 대해서도 알고 있어야 한다. 이때 다른 노드로 보내야하는 정보를 source정보라 하고, 다른 노드로부터 받아야하는 정보를 sink정보라 한다. 전동차에 실장되는 장치들은 독립적으로 동작할수도 있지만 다른 장치로부터 받은 정보를 가지고 자신의 장치를 운용할 필요가 있을 수 있기 때문에, source정보와 sink정보는 오프라인상에서 장치들의 개발 업체들 간에 미리 정의되어야 한다. 이러한 정보들은 객차간의 통신을 하는 WTB노드에 제공되어야 한다. 미리 제공된 정보(이하 Port data)를 통하여 객차간의 데이터 통신이 이루어지게 된다.

3.1. WTB 마스터에서의 Inauguration_data 처리

열차재구성 과정에 의해 변환된 정보를 모든 노드가 공유하기 위해서 WTB상의 마스터는 Topography_request 프레임을 전송하게 된다. 이 프레임을 받은 각각의 노드는 차례로 자신이 가지고 있는 정보를 Topography_response 프레임을 네트워크상에 브로드캐스팅함으로써 알리게 된다 [1][2]. 그림4는 마스터에서 Topography_response를 받았을 때 프레임에 포함된 Inauguration_data영역을 분석하고 그에 따른 데이터의 추출과 에러가 발생 했을시 처리방법을 나타내고 있다. 우선

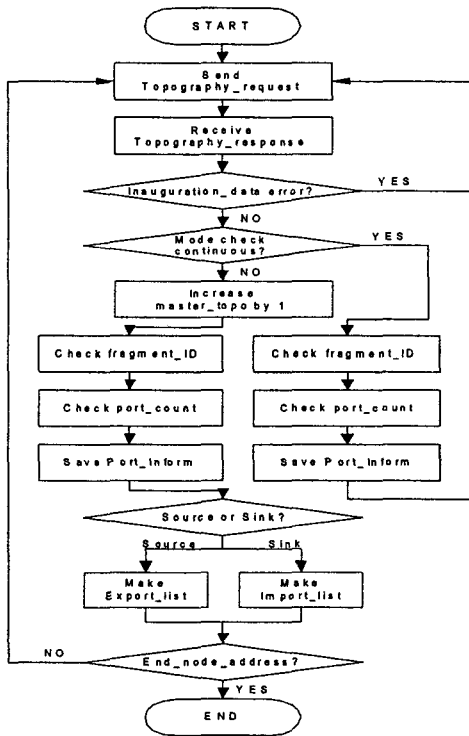


그림 4 WTB 마스터에서의 정보전달
프로토콜 순서도

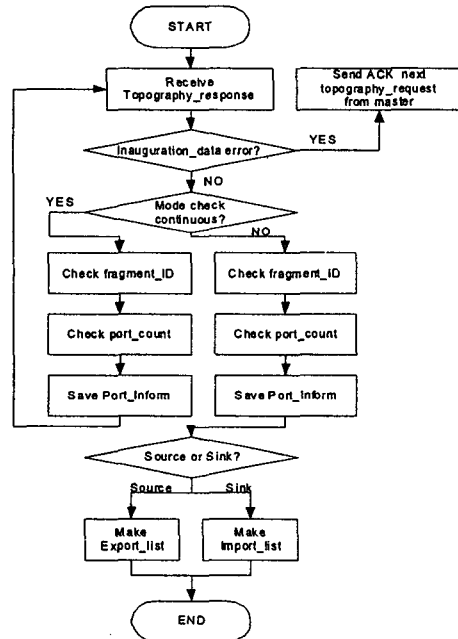


그림 5 WTB 슬레이브에서의 정보전달
프로토콜 순서도

Topography_response의 Inauguration_data영역의 check_sum 영역을 확인하여 전송된 프레임상의 에러가 있는지를 검사하게 된다. 에러가 발생했다면, 마스터는 Topography_request 프레임의 master_topo의 값을 증가시키지 않고 다시 전송하게 된다[1][2]. Inauguration_data에 에러가 발생하지 않았다면, 현재 전송받은 프레임이 해당하는 노드로부터 보내진 정보를 모두 포함하고 있는지 mode영역을 확인함으로써 알 수 있다. 이어지는 프레임이 있다면 현재 받은 프레임의 fragment_ID와 port_count를 확인하고 Port_inform영역을 저장한다. 그리고 master_topo값을 증가시키지 않고, 현재

와 같은 노드로 재차 Topography_request를 보냄으로써 나머지 port_data를 전송할것을 명령한다. 이러한 과정을 해당노드의 모든 정보를 받을때까지 반복하고, 해당 노드로부터 마지막 프레임을 받게되면 저장된Port_inform의 S/S영역을 확인하여, Export_list와 Import_list를 생성한다.

3.2. WTB 슬레이브에서의 Inauguraton_data 처리

WTB마스터와는 다르게 슬레이브 노드는 Topography_response를 네트워크상에 브로드캐스팅하게 되므로 자신의 정보를 마스터뿐만 아니라 모든 다른 슬레이브들도 같이 공유하게 된다. 이렇게 네트워크를 통해 전송받은 Topography_response의 Inauguration_data영역을 처리하는 방법은 그림5과 같다. 네트워크상에서 Topography_response를 받은 슬레이브 노드는 Inauguration_data영역의 check_sum영역을 확인하여 프레임의 오류 여부를 확인한다. 이때 전송받은 프레임에 오류가 있다면 다음에 마스터로부터의 Topography_request에 대한 응답 프레임에 오류보고를 하고, 다시 정보전송을 위한 Topography_request를 보낼 것을 요청하게 된다[2]. 오류가 없는 프레임을 받은 슬레이브는 Mode영역을 확인하여 이어지는 데이터 프레임이 있는지 확인하고, 이어지는 프레임이 있다면, 현재 받은 Inauguration_data를 저장하고 다음 프레임을 받을 준비를 한다. 마지막 프레임을 받았으면, 저장된 Port_inform의 S/S영역을 확인하여 Export_list와 Import_list를 생성한다.

3.3. Export_list와 Import_list의 생성

위에서 보았던 과정을 거쳐 Inauguration_data를 모든 노드에서 공유하게 되면 각각의 노드는 자신이 네트워크상에 전송해야하는 Port_data의 집합인 Export_list를 구성할 수 있고, 다른 노드로부터 전송 받아야하는 Port_data의 집합인 Import_list 또한 구성할 수 있다. 그림6은 이러한 과정을 보여주고 있다. 그림에서 보는바와 같이 Inauguration_data영역의 Port_inform영역의 S/S비트를 체크하여 각각의 노드가 가지고있는 포트들의 소스와 싱크별로 나누어 테이블 형태로 저장한다. 이렇게 저장된 각각의 노드들의 정보를 가지고 자신의 Export_list와 Import_list를 구성해야 한다. 그림6에서 WTB Node 0의 테이블을 보면 120,199번 Port가 소스이고, 490,888번 Port가 싱크이다. 한편 WTB Node 1의 테이블을 보면 490,888번이 소스이고 120,199번이 싱크이다. 이러한 결과를 가지고 WTB Node 0는 120,199번 Port를 Export_list에 추가하고, 490,888번 Port를 Import_list에 추가해서 두 가지 리스트를 구성할 수 있다. 이러한 과정은 각각의 모든 WTB노드에서 이루어지게 되며, 모든 노드의 리스트구성이 올바르게 끝나면 정상동작시 오류없는 데이터 전송이 이루어질 수 있다.

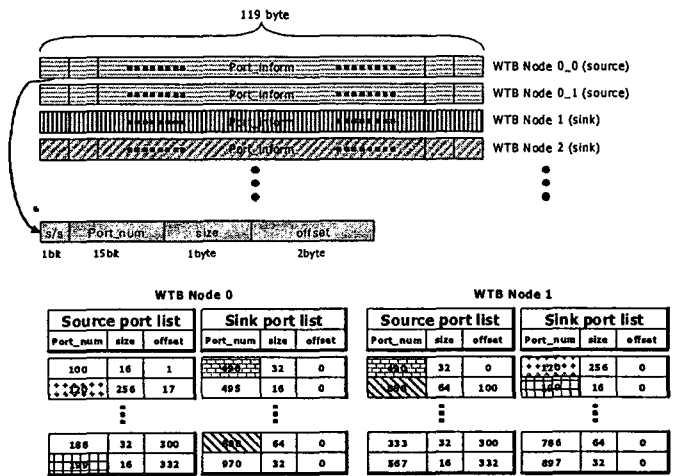


그림 6 Export_list & Import_list 구성과정

3.4. Inauguration_data 프레임의 에러처리

WTB 마스터가 보낸 Topography_request의 응답을 해당 노드가 네트워크상에 브로드캐스팅하게 되고, 이 프레임을 받은 각각의 노드들은 프레임의 에러여부를 판단하게 된다. 이후 마스터는 네트워크상의 모든 노드에게 프레임을 정확히 전송 받았는지를 확인하는 프로세스를 수행하게 된다. 네트워크상의 모든 노드들이 정확한 프레임을 받았을 때 Topography_request의 master_topo값을 1 증가시켜 다음 노드에게 보냄으로써 정보공유 과정을 계속 수행하게 된다. 슬레이브에서는 전송받은 Topography_request의 master_topo값의 변화가 없다면 이전 노드의 프레임이 여러 조각으로 나누어져서 전송된 경우이든지, 프레임의 에러에 의한 Topography_request의 재전송이라고 판단하면 된다.

4. 결 론

IEC(International Electrotechnical Commission)에서 전동차 통신네트워크의 표준으로 정한 TCN은 전동차 네트워크의 구성변화에 대해 능동적으로 대처할 것을 나타내고 있다. 이러한 기능은 전동차의 운용성과 유연성을 위해서, 전동차량에 탑재를 위한 장치의 개발을 위해서는 반드시 적용해야 할 것으로 보여진다. 전동차의 정상적인 네트워크 상황에 변화가 생기게 되면 그것을 빠른 시간내에 감지하고, 이미 구성되어있던 네트워크에 새로운 네트워크 노드를 추가하기 위해서 변화된 정보를 모든 네트워크상의 장치들이 공유할 수 있어야 한다. 하지만 TCN에서는 능동적 대처방안에 대한 대략적인 방법과 순서에 관해서만 언급하고 있다.

본 논문에서 제안한 전동차 통신네트워크 재구성 정보전달 Protocol에 대한 내용은 이전에 행하여진 연구가 없었기 때문에 객관적인 비교대상이 없지만, 네트워크상황의 변화에 대한 구체적인 대응방법을 제안하였다. 이 방법은 전동차 통신 네트워크이라는 특수한 상황에 적용되는 Protocol으로써, 전동차를 구성하고 있는 장치들의 제어를 위한 사용자 편의를 도모하고, 운용성과 유연성을 제공할 수 있다.

본 논문에서는 전동차량간의 구성변화에 대한 능동적 대처 방법에 대한 구체적인 연구를 수행하였지만, 향후 전동차 내부의 제어기기의 변화나 고장에 대처하기 위한 방법도 고려되어져야할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] IEC 61375-1 Standard, Train Communication Network. first edition 1999-09: Part (1) General Architecture (2) Real-time Protocol (3) Multifunction Vehicle Bus (4) Wire Train Bus (5) Train Network Management (6) Train Communication Conformance Testing, 1999
- [2] Kirmann, H., Zuber, P.A., "The IEC/IEEE train communication network", IEEE Micro, Volume: 21 Issue:2, March-April 2001
- [3] Schifers, C., Hans, G. "IEC 61375-1 and UIC 556-international standard for train communication" Vehicular Technology Conference Proceedings, 2000. VTC 2000-Spring Tokyo. 2000 IEEE 51st, Volume:2, 2000
- [4] UIC 556 Standard, Information Transportation on the Train Bus 1999.05.01 v2.0
- [5] Chavarria, A., de Arroyabe, J.L., Zuloaga, A., Jimenez, J., Martin, J.L., Aranguren, G., "Slave node architecture for train communications networks" Industrial Electronics Society, 2000. IECON 2000. 26th Annual Conference of the IEEE, Volume:4, 2000
- [6] W.Richard Stevens, TCP/IP Illustrated, Volume 1, Addison-wesley publishing company, Inc. 1997