

# 고속전철의 통신 및 신호시스템

이 용 복

(삼성전자 정보통신부문 이사)

## 1. 서 론

시속 300Km에 접근하고 있는 최근의 고속형 전철 시스템에 이용되고 있는 통신 및 신호시스템은 이들이 전철의 정상적인 운행과 고속형 전철에서 특히 요구되는 안전운행의 보장이라는 측면에서 그 중요성이 높이 인식되고 있다. 정상적인 운행과 안전을 보장하기 위한 각종 제어시스템의 동작에 필요한 데이터의 수집, 처리, 전송 그리고 여객을 포함하여 운전원, 승무원등 모든 인원간의 정보소통을 가능케 하는 내부통신체계(Internal communication system), 전철과 외부시스템을 연결해주는 원거리 통신체계(Telecommunication system)는 다량의 데이터와 정보를 고속으로 처리, 전송할수 있는 능력을 갖추어야 한다. 고속으로 운행되는 시스템에서 종래에 사용되던 로변신호체계(Lineside signalling system)로는 불충분하며 특히 기상상태와 시계조건이 불량한 여건하에서 이에 의존한다는 것은 안전성면에서 커다란 문제점을 야기시키게 될 것이다.

다행히 지난 20여년동안 이에 관련된 분야 즉 마이크로프로세서, 메모리, 그래픽프로세서등을 내장하는 컴퓨터및 전송시스템분야에서의 발전은 고속의 데이터 처리및 전송을 가능하게 하고 있다. 특히 소형, 저전력소모형으로 저렴한 하드웨어의 구매및 정비유지 비용은 이러한 기술들을 직접 고속전철의 통신및 신호시스템에 응용할 수 있는 길을 열어 주었다. 정부및 동서고속전철사업의 추진과정에서는 레

일설치를 포함하는 토목분야나 전기공급시스템, 차량(Rollingstock)분야와 같이 통신및 신호시스템에 대해서도 신중한 검토가 있어야 될 것이다. 본고에서는 현재 운행되고 있는 고속전철시스템중에서 프랑스의 TGV와 일본의 신간선을 중심으로 내부통신체계와 이에연결운용되는 데이터 처리시스템, 원거리 통신체계, 그리고 차상에 설치된 신호시스템(On-board cab signalling system)에 관하여 알아본다.

## 2. 내부통신체계

내부통신체계 및 데이터처리시스템은 전철(Train-set)내의 모든 통신네트워크및 데이터를 처리하고 전시해주는 컴퓨터, 터미널등을 포함한다. 내부통신체계는 장비와 장비간, 사용자와 사용자간, 그리고 사용자와 장비간의 연결수단을 제공한다. 데이터처리 및 통신수단을 제공하는 이 시스템에 연결운용되는 장비에는

- 견인(Traction)및 제동(Braking)장비
- 제어(Control) 및 모니터링장비
- 여객의 편의를 도모하는 Information장비등이 포함되며, 사용자에는 여객, 전철운전원, 승무원및 열차정비원들이 포함된다.

### 2.1 내부통신체계

#### 2.1.1 통신접속(Communication interface)

위에서 언급된 바와 같이 통신인터페이스는 전철

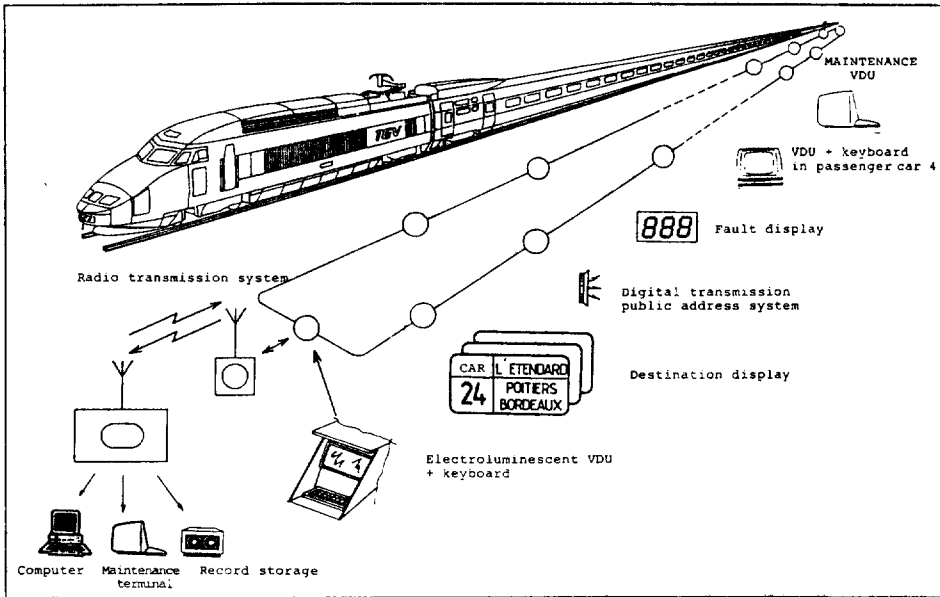


그림 1. 통신 인터페이스

운전원, 승무원, 운용 및 정비요원, 그리고 여객을 위하여 구성된다.

**-운전원을 위한 통신인터페이스**

운전원을 위한 통신인터페이스는 키보드가 부착되어 있는 VDU(video display unit)와 Digital display, 신호와 conventional command를 통제하는 2개의 컴퓨터, 그리고 운전원 조차원(Dispatcher) 및 여객들 사이의 음성통신을 위한 무선 및 인터컴 전송장치로 구성된다. VDU는 운전원실(cab)의 콘솔에 설치되어 전철이 정차중이거나 운행중, 언제든지 사용될 수 있다. 평면형, 고해상도의 VDU는 일종의 (Computer Aided Drivers System)으로써

- 상이한 크기의 글자와 그래프를 도시할 수 있고
- 운행준비 및 전철의 preconditioning를 위한 지시를 장입(Kegin)할 수 있으며
- 안전 및 제동장비 시험 중 전철의 상태를 표시하고
- 종래의 속도계가 기능을 상실할 경우 막대 그래프의 형태로 전철의 현재 속도를 표시해 주며
- 각종 비정상 상태에 관한 데이터를 수집, 기록하고 고장배제를 위한 가이드(Troubleshooting guide)를 제공한다.

신호와 conventional command를 통제하는 2대의

운전원실 컴퓨터는 Hotstandby로 운영된다.

**-승무원을 위한 통신인터페이스**

지정된 차량(TGV의 경우에는 4번 차량)의 utility cubicle에 설치되어 있는 VDU와 각 차량의 장비캐비닛에 설치되어 있는 Digital Display, 인터컴 및 공중안내방송시스템으로 구성된다. VDU는 전철의 운행준비나 Preconditioning을 위한 지시를 입력시키고 또한 필요시에는 이를 수정하는데 사용되며 Processing unit에 접속된다. Digital display는 여객의 안전에 영향을 미치는 제반사항을 도시하고 고장의 원인이된 부분을 표시해 주며 인터컴 및 공중안내방송시스템은 운전원과 여객, 그리고 조차원 사이의 통신수단으로 이용된다.

**-운용요원 및 정비원을 위한 통신인터페이스**

이 통신 인터페이스는 지상과 전철사이의 무선 통신을 가능하게 해주는 고정된 지상통신소와 휴대용 터미널로 구성된다. 지상통신소는 운전원과의 음성통신을 가능하게 하여주며 또한 인근에 있는 전철의 운행준비에 관련된 정보의 원격조정과, 디지털 전송을 위해 무선장비를 보유하고 있는 통신소의 통신소통범위내에서 운행중에 있는

전철의 비정상적인 상태에 관련된 고장원인을 원격전시해 주는 컴퓨터 터미날로도 사용된다. 정비센터에 있는 컴퓨터는 전철의 제반상태와 고장원인 및 고장부분에 관한 정보를 리얼타임으로 받을수 있으므로 정비감독자는 검사및 정비작업을 위한 준비를 신속히 할 수 있게 된다. 휴대용 터미날은 정비요원이 전철에 장비되어 있는 컴퓨터와 통화 할 수 있는 수단이 되며 인근에 무선 통신소가 없는 경우에는 운용요원이 전철의 preconditioning을 원격조정으로 지시할 수 있도록 내부 네트워크에 접속하는데 사용된다.

**-여객을 위한 통신인터페이스**

여객을 위한 통신인터페이스는 목적지등을 알려주는 전철표시기와 경고신호및 공중안내방송시스템으로 구성된다. 전철표시기는 전철의 명칭, 운행번호, 차량번호, 종착역및 중간 기착역등을 표시해 주며 승무원은 전철표시기를 사용하여 간단한 전문처리까지도 가능하다. 전철에 탑승한 여객이 경고스위치를 작동하면 운전원실의 콘솔에는 해당 차량의 번호가 표시되는 동시에 경고신호음이 울리게 된다. 운전원실뿐만 아니라 필요시에는 전철 전체에 경고신호음을 울릴 수도 있다.

**2.1.2. 내부통신 네트워크**

전철내에 장비되어 있는 모든 컴퓨터와 디지털 프로세서는 각각의 기능을 수행하는데 필요한 데이터를 수집하고 이를 서로 교환하기 위하여 전철상의 내부통신네트워크를 사용한다(그림 2) 이 통신네트워크를 통해서 전철내의 주요부분의 상태가 그때 그때 필요한 장비에 전달되고 또 리얼타임으로 전시되므로써 비정상적인 상태의 경우 고장개소가 표시되고 그 원인까지 세부적으로 파악이 가능한 것이다. 이러한 내부통신네트워크의 설계시에는 다음과 같은 요구사항과 특성이 고려되어야 한다.

**-Deterministic Network**

정확한 데이터의 교환을 위해서는 매우 정밀한 타이밍의 콘트롤리 필요하며 동시에 각각의 메시지에 대한 최대한의 Transit time이 보장되어야 한다. 이를 위하여 네트워크에 접속되어 있는 컴퓨터 및 터미날에는 텔레그램이 보내지고 이를 받은 유닛은 정해는 시간동안 메시지를 보낼수 있는 우선권을 가지는 "Token" 시스템이 사용된다.

**-High availability**

메시지를 전달하는 동안 네트워크상의 연결(Link)장애나 단락(Short-circuit), 또는 이 네트

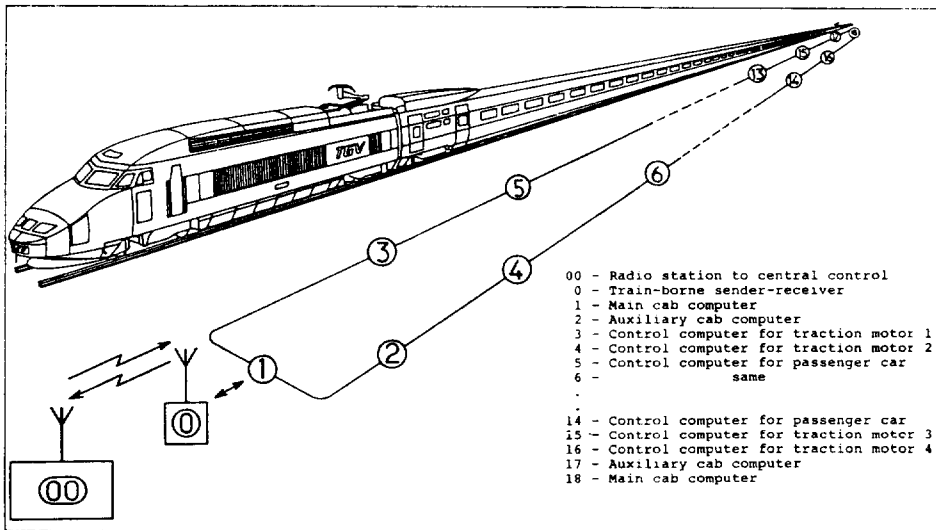


그림 2. 내부통신체계

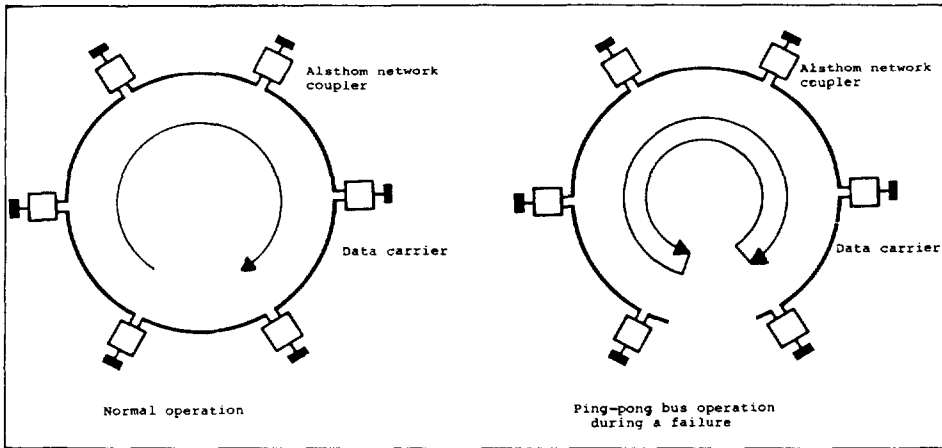


그림 3. 메시지의 흐름

워크에 접속되어 있는 장비들의 고장에 의하여 이 네트워크 전체가 오랜시간 기능을 상실해서는 안된다. 이러한 목적을 달성하기 위하여는 필요시 발신자(Sender)와 수신자(Receiver)간의 메시지 전달 방향을 반대로 구성할 수 있는 "링구조(Ring architecture)"가 적합하다(그림 3)

네트워크가 정상적으로 작동될 때에는 메시지를 달고 있는 Token은 링을 따라 동일한 방향으로 돌면서 모든 수신자에 접근이 가능하다. 메시지에 표시된 수신자의 번호가 Token을 받은 수신자와 일치하면 메시지는 해당 수신자에 기록되며, 번호가 일치하지 않으면 패스된다. Token이 최초 발신자에게 돌아오면 그 메시지는 자동소멸되는 형식으로 메시지가 전달되는 방식이 링구조이다. 그러나 네트워크 상에 장애가 발생한 경우에는 Token은 고장지점까지 나아 갔다가 다시 반대방향으로 장애발생지점까지 나아가는 동작을 계속하므로써 역시 모든 수신자에 접근이 가능하다(Pingpong operation)

**-Expandability**

전철의 차량수요가 증대되거나 반대로 축소되는 경우에도 네트워크상의 하드웨어나 소프트웨어를 수정없이 하나의 네트워크로 사용될 수 있어야 한다.

**-Rigidity**

EM interference나 레일위로 전철주행으로 인한

진동에 의해 네트워크상의 커플러나 전송선이 영향을 받지 않도록 설계되어야 하며 추가적으로 열악한 기상조건하에서도 견딜수 있어야 하므로 군용스펙의 적용 필요성 까지도 검토되어야 할 것이다.

**-Compact Components.**

주요한 요구사항중의 하나는 장비의 무게, 부피 및 전력소모등을 최소화하여야 한다는 점이다. TGV의 경우에는 저전력 소모형의 신뢰성 시험을 거친 군용의 5000 logic gate array circuit (HCMOS)기술이 사용되고 있다.

**2.2 데이터처리시스템**

자동화된 데이터처리시스템은 마이크로 프로세서에 프로그램된 logic이 실장되므로써 소형화가 가능하다. 아직까지도 트랜지스터나 electromechanical 릴레이가 외부장비들을 통제하기 위한 신호를 중목시키기 위하여 일부 사용되고 있지만 프로세싱로직은 모두 마이크로프로세서로 프로그램되어야 한다. TGV의 경우 운전실의 컴퓨터 견인모타의 콘트롤을 위한 컴퓨터및 여객차량에 장비되어 있는 컴퓨터가 모두 마이크로프로세서를 내장하고 있다.

**2.2.1 운전실 컴퓨터**

운전실내의 컴퓨터(그림 4)는 Hot-standby형의 2개 컴퓨터로 구성되어 전철 내의 모든 주요 장비에

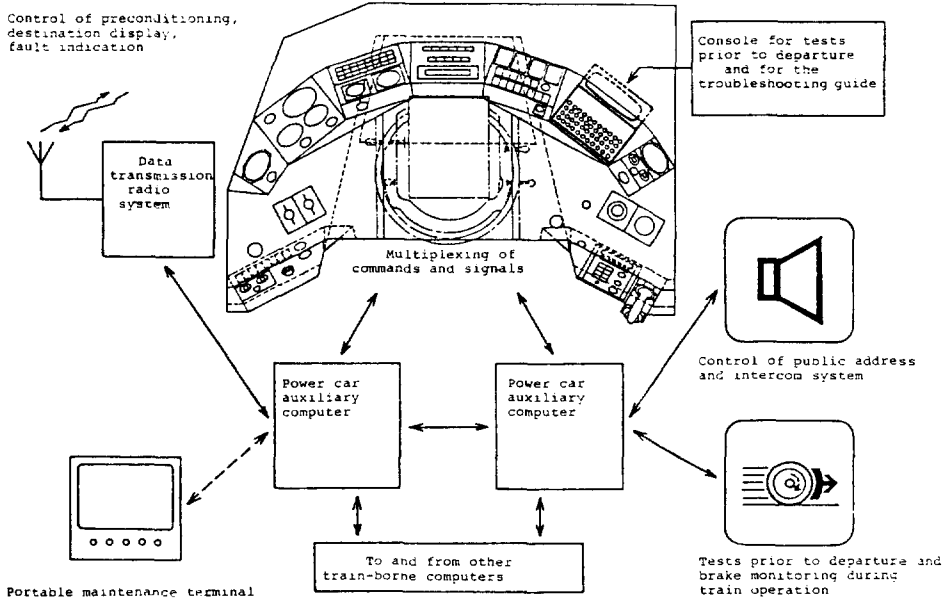


그림 4. 운전실 컴퓨터

대한 지시 및 콘트롤 기능을 수행하며 동시에 지상 설비와 전철간의 무선통신을 통제한다.

그 주요한 기능은 아래와 같다.

-차상에 설치된 마이크로프로세서간의 데이터 및 정보의 교환, 즉 운전실 컴퓨터와 견인모터를 위한 컴퓨터, 여객차량내 컴퓨터사이의 데이터 및 정보교환을 통제.

-전철과 지상설비간 정보교환을 통제

-운전실의 콘솔을 통해 입력되는 코맨드의 multiplexing

-컴퓨터를 이용한 고장배제 가이드

실제로 운전실의 컴퓨터는 운전원의 조작에 필요한 모든 데이터를 입수하고 처리하여 이를 전파하는 센타의 역할을 하며 순간 순간의 전철상태에 관한 자료를 보유하게 된다. 따라서 비정상적인 상황이 발생할 경우에는 그 내용이 콘솔의 패널에 표시되며 필요한 조치 및 그 절차까지 VDU에 표시되어 운전원으로 하여금 적절한 조치를 가능하게 해준다.

-전철의 상태 파악 및 정비보조

운전실 컴퓨터의 키보드는 운행이 시작되기 전, 또는 정비를 마치고 정비시설을 떠나기 전에 중

요한 안전시스템들이 적절하게 동작하는 지를 점검하기 위한 시험에 사용된다. 점검대상에는 제동을 콘트롤하는 pressure regulator, 바퀴미끄럼 방지시스템(Wheel skid prevention system), 운행중의 비정상상태에 관한 기록등이 포함된다.

### 2.2.2. 견인모터 콘트롤 컴퓨터

각각의 견인모터 유니트에 1대씩 있는 모두 4대의 컴퓨터는 견인 및 제동기능을 콘트롤한다. (그림 5)

견인을 위해서 컴퓨터는 현재의 선로상태를 고려하여 적절하게 power를 조정하고 power factor 개선 필터를 동작시키며 적절한 Inverter commutation mode를 선택 해준다.

제동기능을 위해서 컴퓨터는 주 제동파이프내의 압력과 기타 정보를 고려하여 rheostatic 제동방법이나 전기 및 공기를 이용한 혼합제동방식중에서 적절한 방식을 선택한다. 물론 어느 방식의 제동방법이 선택되었던 컴퓨터는 전철의 현재 속도에 따라서 필요한 제동력을 결정한다.

### 2.2.3. 여객차량 콘트롤 컴퓨터

여객차량당 1대씩 설치되어 있는 컴퓨터는 승객의

안전과 안락함을 보장해주는 시스템들을 컨트롤한다.

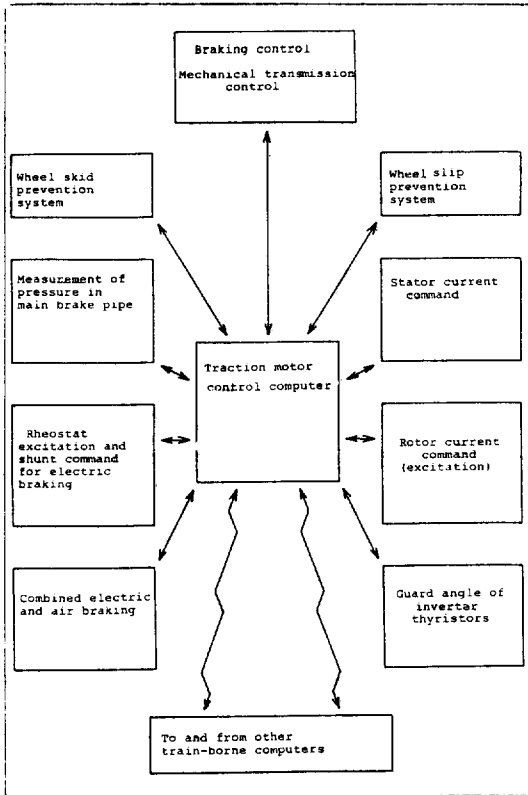


그림 5. 견인모터 컴퓨터

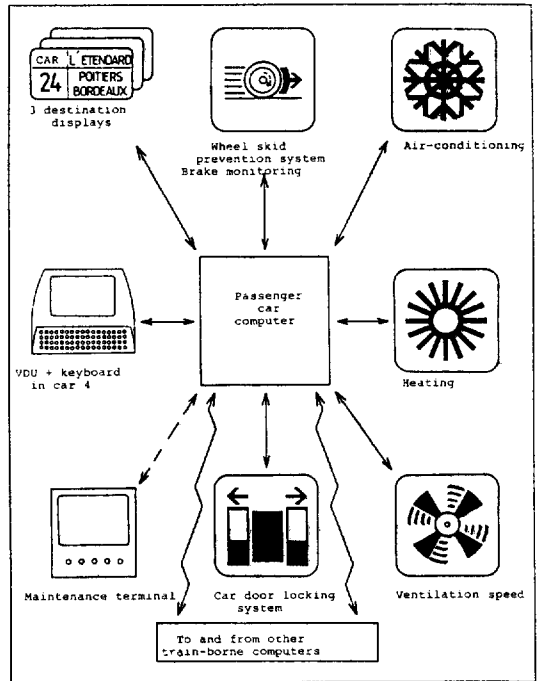


그림 6. 여객차량 콘트롤 컴퓨터

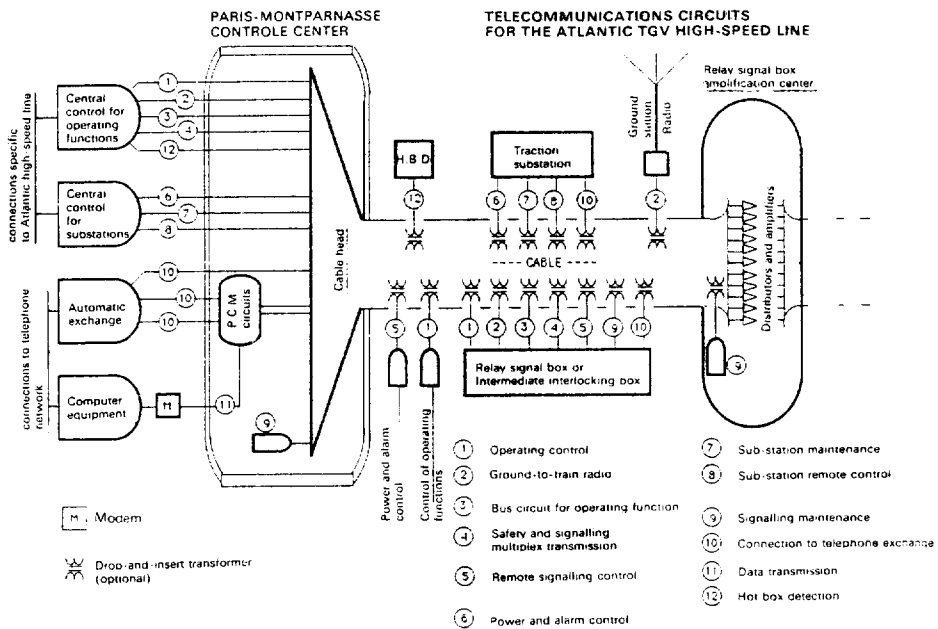


그림 7. 원거리 통신회로

승객을 위한 각종 정보의 표시(display) 및 비정상적인 상태가 발생한 경우 울리게 되는 경고신호, 고장발생 부분을 승무원에게 알리기 위한 지시기(Indicator)의 동작 역시 이 컴퓨터에 의해 이루어진다. 실제로 여객차량 콘트롤 컴퓨터에 의해 조작되는 내용 및 장비는 아래와 같다.

- 에어 컨디션
- 승강문 콘트롤
- 바퀴의 미끄러짐 방지 시스템
- 여객정보 시스템
- 모니터링 및 리코딩

### 3. 원거리 통신

고속전철의 원거리 통신시스템은 아래와 같은 기능을 수행할 수 있도록 회로구성이 되어야 한다(그림 7)

- 전철시스템의 운영을 위한 operating 콘트롤 회로
- Rollingstock의 운영을 위한 Power and alarm 콘트롤 회로
- 정비기능의 수행을 위한 정비회로
- Axle-box의 온도측정 및 측정된 온도를 이용하기 위한 Hot box detection 회로
- 로변신호체계를 병행운용시 원격신호 콘트롤 회로

- 지상설비와 전철간의 무선 및 데이터 전송회로
- 로변 시설과의 원거리 전화회로
- 공중전화망과의 연결을 위한 자동전화회로

TGV시스템은 위와 같은 기능을 수행하기 위하여 그림 7과 같은 회로를 구성하고 있으며 GDO.1 케이블(그림 8)이 이 회로에 주 전송선으로 사용되고 있다. 이 케이블은

- Metal 또는 synthetic cable bearer(core)
- 4선의 단일모드 optical fiber
- 6선의 7-quad high-level sub-core (각각의 sub-core는 star-quad형태)로 구성되어 있다.

여러가닥의 전송선이 결합되므로써 야기 될 수 있는 각종 장애를 방지하기 위하여 sub-core사이에는 알루미늄 테이프로 차단(Crosstalk 방지)하고 전도체 사이에는 이중의 플라스틱으로 절연시켰다. 4선의 optical fiber는 플라스틱코아에 만들어진 6개의 홈에 설치되고 홈을 실리콘겔로 채워 습기를 방지하고 있다.

콘트롤센터와 전철간의 통신을 위해 설치된 "ground-to-train" 무선시스템은 Compression-expansion-time-division multiplexing 방법을 사용하여 데이터와 아날로그 신호가 동시에 하나의 반송파를 통해 전송될 수 있도록 설계되어 있다.

TGV에 설치된 Radiocom 2000시스템은 승객과 공중전화망 사이에 24회선을 유지하고 있다.

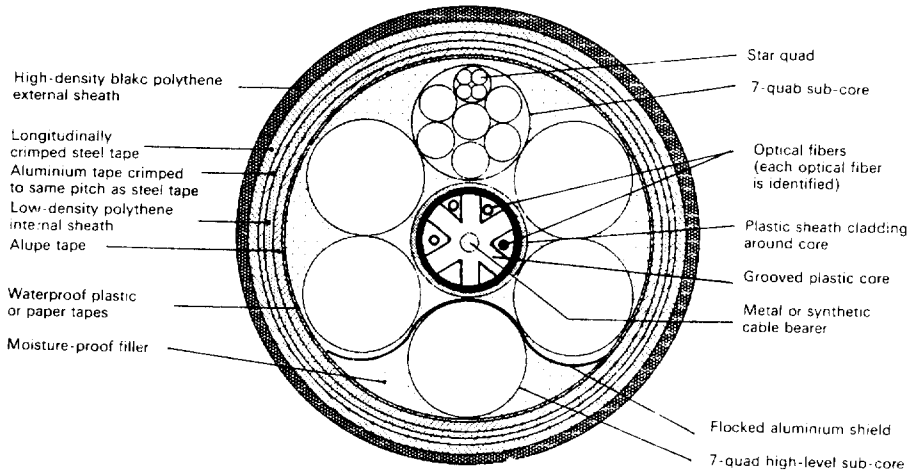


그림 8. 주 통신케이블

## 4. 결 론

고속전철 시스템을 완성하는데 있어 일반적인 경우 전원공급 시스템(power supply system), Rollingstock 및 토목공사분야등이 중요시되고 있다. 그러나 고속으로 운행되는 전철시스템이 정상적으로 운행되고 특히 인원의 안전을 보장하기 위해서는 통신 및 신호시스템의 중요함이 간과되어서는 안된다.

내부통신네트워크는 Trainset 자체가 정상적인 운행이 되도록 만들어 주는 신경역활을 하는 것으로 주로 컴퓨터 네트워크의 개념으로 접근하여야 하며 확장성, 가용성, 견고성등이 고려요소가 된다. 특히 확장성과 가용성의 측면에서 Token-ring아키텍처가 우선적으로 고려될 수 있음을 보았다. 네트워크에 접속되는 프로세서 및 터미날은 전체 시스템중 뇌(Brain)의 역할을 수행하는 것으로 마이크로프로세서 개념으로 발전되어야 할 것이다.

원거리통신 네트워크는 전철과 지상설비간의 통신계통으로 요구되는 테이타의 형태, 량 및 전송속도에

따라 설계되어야 한다. 원거리 통신네트워크의 일부인 무선시스템은 고속주행시스템의 특성이 고려되어야 한다. 최근 급속히 발전되고 있는 셀룰라시스템의 개념을 적용할 수 있을 것이다. 특히 디지털 셀룰라의 실용화가 눈 앞에 보이기 때문이다

## 참 고 문 헌

- [1] Railway signalling published by Alsthom
- [2] Jean-Noel DUQUESNOY, Jean pierre KIEKEN, Microprocessors and automated systems on Atlantic TGV trains, The Atlantic TGV 83-94, 1986
- [3] Maintainability of the psE TGV line, The Atlantic TGV 57-60, 1986
- [4] 신간선, 일본국유 철도, 1983
- [5] 중장기 이동체통신 종합계획 수립에 관한 연구, 한국전자통신연구소, 1985.12
- [6] 고속전철 기술현황조사 해외출장 귀국보고서, 한국기계연구소, 1989.3

\* \* \* \* \*