

특 집

고속전철용 차량 진단처리시스템 개발 동향

유 흥 열 · 오 상 록

(KIST 지능제어연구센터)

1. 서 론

승용차의 폭발적인 증가와 교통체증의 심화로 인하여 열차의 이용이 증가하고 있는 이즈음 승객 서비스의 향상과 열차의 안전운행에 대한 관심이 점점증하고 있다. 특히, 고속전철의 도입에 따라 열차의 고급화 및 고속화가 진전됨에 따라 차량 구성 기기 들의 고장을 감지하고 고장시점 전후의 정보를 일정 시간동안 저장하여 운전자에게 시스템 정보를 제공하는 모니터링 기능을 포함하면서, 열차의 상태를 실시간으로 승무원에게 알려 승무원의 업무를 지원하고 열차의 각 부분에 설치된 센서로부터 데이터를 읽어들이고 후 실시간 신호 처리를 수행하여 열차의 상태를 진단할 수 있는 차량 진단처리 시스템의 필요성이 강조되고 있다.

최근에 들어서는 차량 구성 기기 들이 마이크로프로세서 제어 방식으로 대체됨에 따라 차량 진단처리 시스템은 기존의 진단 및 모니터링 기능을 포함함은 물론 차상 네트워크를 통해 실시간 제어 정보를 관리 제어하는 기능이 추가되어 차량의 종합 정보 제어 시스템으로 자리잡아 가고 있다.

고속전철 기술 선진국에서는 이미 이러한 차량 종합 정보 제어 시스템을 상품화하여 고속 전철에 적용하고 있는 바, 각 열차별로 분산시스템을 구축하여 시험, 진단 및 필요한 제어 기능을 수행하도록 하고, 전용의 고속 실시간 통신망을 통하여 중앙관리 시스템으로부터 제어 정보를 받거나 중앙으로 모니터링 정보를 전송하도록 설계되어 있다. 그러나, 국내에서는 지하철에서 사용되고 있는 모니터링 기능만을 수행할 수 있는 시스템이 부분적으로 개발되어 있다.

기술적으로는, 각 열차별로 실시간 신호처리 기능을 갖춘

분산 시스템을 구축하고, 승객 및 열차의 안전성을 보장하도록 이들을 실시간으로 통합 관리하는 고 신뢰도의 통신망 및 중앙 관리제어 시스템의 개발이 요구된다. 각 분산 시스템은 대상 기기에 대한 상태 감시(monitors) 기능, 고장 감지(fault detection) 기능, 고장 진단(fault diagnosis) 기능, 내 고장성(fault tolerant) 기능, 시스템 자체에 대한 자기 진단 기능 등을 갖도록 설계되어야 한다.

또한, 실시간 통신망 및 중앙 관리제어 시스템은 총체적으로 고장-안전(fail-safe) 개념에 입각하여 신뢰성 있는 하드웨어 및 소프트웨어 구조를 갖도록 설계되어야 한다. 특히, 중앙 관리제어 시스템에서는 열차 운행의 안전성과 신속성을 보장하는 효율적인 차량 종합 관리 소프트웨어와, 승무원, 검수원 및 승객 등에게 편리한 사용자 중심의 소프트웨어의 개발이 필수적으로 요구된다.

이러한 차량 진단 처리 시스템은 차량별 분산 시스템의 동작 조건 감시 및 진단 장치, 차량내 분산 시스템들 간의 실시간 통신망, 승무원을 위한 운전 지원 정보와 열차의 정비 및 관리 기능 제공을 위한 차량 진단 장치, 차량의 각종 운행 보조 장치 및 운전실 기기 등의 제어 기능 및 운전사와의 인터페이스 장치 등을 갖는 Cab Cubicle장치 및 차량 발생 정보의 실시간 신호 처리 기능을 갖는 차량 시뮬레이터 등으로 구성된다.

2. 국내 진단처리 시스템

국내 지하철에서 진단 모니터링 시스템의 도입은 서울 지하철 2기와 부산 지하철이 시작이라고 볼 수 있다. 부산지하철

과 서울 2기 지하철 5호선은 현대중공업, 서울 2기 지하철 7·8호선은 대우중공업에 의해서 진단모니터링 시스템이 제작되어 운행중에 있다.

2.1 서울 2기 지하철 5호선

모니터링 시스템은 5호선 열차의 견인제어와 차량에 취부된 각종치의 상태감시 및 제어를 수행한다. 주요 장치로는 트레인 컴퓨터, 로컬 인터페이스 유닛1(LIU1), 로컬 인터페이스 유닛2(LIU2), 단말 컴퓨터로 구성된다.

트레인 컴퓨터의 주요기능은 열차 전체 시스템의 관리, 감시와 각 장치간의 정보를 전송시키며 Fault Indication System(FIS)을 통해 각 차량의 고장/상태 정보를 운전자에게 제공한다. 로컬 인터페이스 유닛1(LIU1)은 운전자와 열차제어/감시장치간의 인터페이스를 담당한다.

운전대에 있는 모든 스위치와 버튼, 주간제어기들은 모두 LIU1에 연결되어 있다. LIU1의 정보는 통신라인을 통하여 마스터 트레인 컴퓨터에 전송된다. 로컬 인터페이스 유닛 2(LIU2)는 기동되는 운전실의 마스터 트레인 컴퓨터가 고장인 경우 후부차 트레인 컴퓨터가 기능을 대신하여 마스터 트레인 컴퓨터가 되며, 전두부 운전실 LIU1의 기능은 후두부 운전실 LIU2가 대신한다.

각 단말컴퓨터는 단말컴퓨터가 설치되어 있는 차량의 전기장치를 제어하며 감시한다. 즉, 단말 컴퓨터는 트레인 컴퓨터로부터 명령을 받아 대부분의 기능을 수행하고, 차량의 현재 상태에 대한 정보를 트레인 컴퓨터로 전송한다.

2.2 서울 2기 지하철 7·8호선

서울 2기 지하철 7·8호선에서 전동차 제어감시장치는 컴퓨터를 이용하여 전동차에 장착되어 있는 주요 기기 제어하고 발생하는 정보를 관리하는 기능을 가지고 있다. 즉, 차량 기기의 동작상태를 모니터에 현시하고 추진제어장치, 고전압장치, 보조전원장치, 제동장치, 신호보안장치, 승객서비스장치 등을 제어하며, 이들 장치간 통신 및 최적 인터페이스를 만들어 열차의 최대 성능을 이끌어내고 있다.

또한 전동차 제어감시장치는 차량에 장착된 주요 기기 검수 지원을 하며 모든 정보기록은 메모리에 기록된다. 또한 기준 릴레이 방식을 최소화하여 장치의 소형화, 제어시스템의 단순화를 현실화시키고 있다.

열차의 자동운전시스템은 전동차 제어감시장치와 차상 및 지상에 걸쳐 설치되어 있는 신호보안장치(ATO/ATC/TWC)와 신속한 인터페이스를 통해 가능하다. 특히 차상의 자동운전에 관련된 제어기를 자동열차운전장치(ATO; Automatic

Train Operation)라고 하며, 이 장치는 승무원을 대신하여 열차의 역행력/제동력을 지시하여 역간에서 정속주행이 가능하도록 한다. 또한 역에서의 정밀정지제어도 승무원의 조작 없이 할 수 있으며, 다른 신호보안장치와 연계하여 역과 회차출발 등을 자동으로 수행함으로써 열차의 무인운전을 가능하게 한다.

전동차 제어감시장치와 ATO장치는 철도차량의 감시와 제어를 통해 자동/무인 운전을 하기 위한 주요장치이며 현재 이 시스템들은 자동운전 뿐만 아니라 보다 안전한 운행, 승객의 편안함의 도모, 가장 이상적인 주행으로 시간과 에너지의 절약을 목적으로 여러 가지 기능들을 첨가하고 있으며, 안전성의 극대화, 자동화로 인한 인건비의 절감, 최적운행에 의한 효율성 향상, 승객서비스 향상 등의 효과를 기대할 수 있다.

2.3 국내 표준화 동향

지하철, 전철, 경량전철 등 도시철도 차량의 핵심부품 국산화와 표준화 사업이 산·학·연 공동으로 본격 추진되고 있다. 도시철도차량의 국산화 및 표준화 대상 핵심장치는 추진 제어장치와 종합제어장치이다. 추진제어장치와 종합제어장치의 표준화 설계에는 철도기술연구원 주관으로 전동차 제작 3사 등 철도관련기업과 대학이 참여, 산·학·연 연구체제를 갖추고 있다.

종합제어장치는 백업기능을 가지고 있으며 전두부 운전실의 편성제어컴퓨터 고장시 후부차 운전실의 편성제어컴퓨터가 백업된다. 시스템 백업시 전동차의 모든 기능은 백업되기 이전과 기능상 동일하게 운영되는 것을 원칙으로 한다. 어느 한 차량의 차량제어컴퓨터가 고장시 인접차량의 차량제어컴퓨터가 백업기능을 가져야 한다. 종합제어장치의 주요 기능으로 운전자 보조기능, 제어 및 감시기능, 차상검사 기능, 데이터 수집 및 분석기능 등이 있다.

3. 국외 진단처리 시스템

국외 진단처리 시스템으로 철도차량제작 선진국인 프랑스의 TGV와 독일의 ICE를 살펴보기로 하자. 현재 TGV는 국내의 고속전철 사업자로 선정되어 TGV의 진단처리 시스템은 고속철도 건설공단을 주축으로 기술 습득을 위한 프로그램이 진행중이다.

3.1 프랑스 TGV의 진단처리시스템

진단처리 시스템은 철도차량에 설치되어지는 각종 전기 기기 및 장치를 제어, 진단 감시하고, 차량운전을 위한 정보를

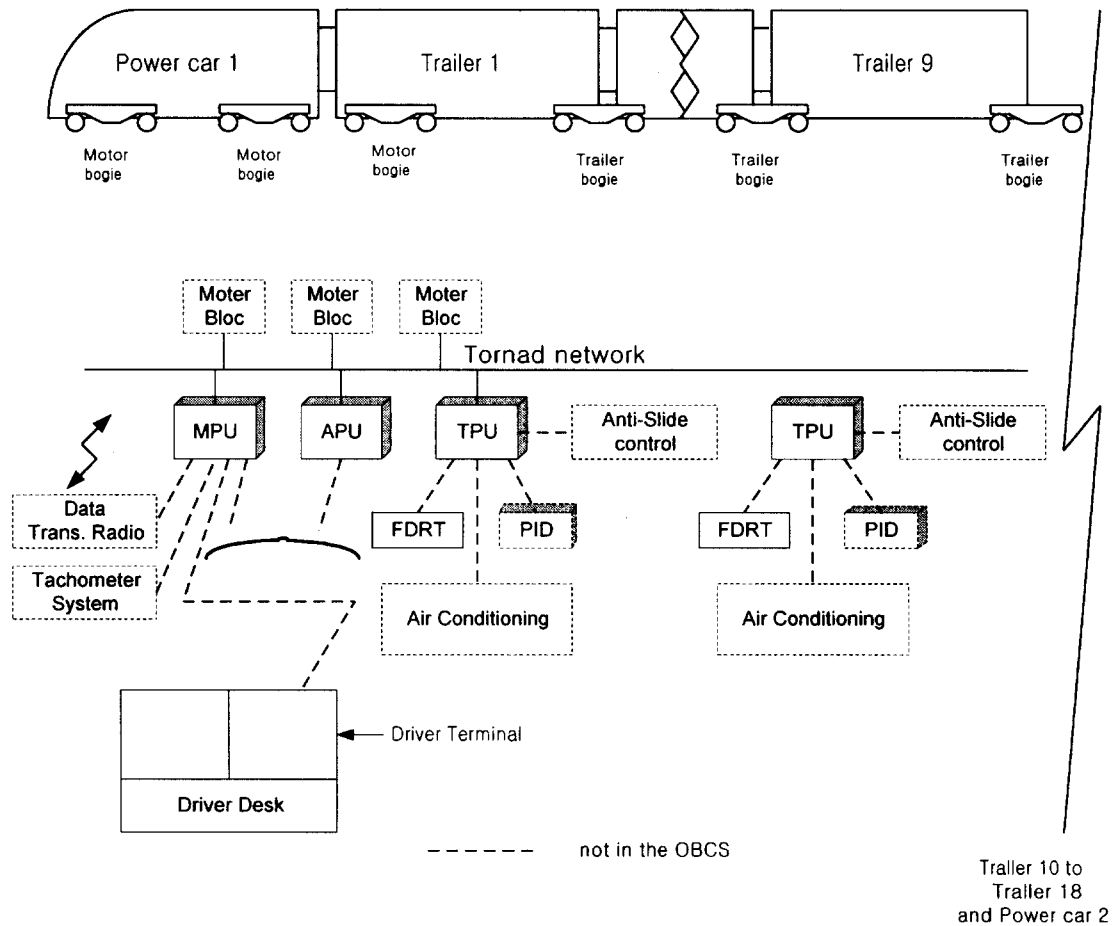


그림 1 TGV(OBCS) 구성도

현시하며, 유지/보수를 위한 정보를 현시 및 저장하는 기능을 가지는 차상 컴퓨터들로 구성되어진 차량 제어/감시 시스템이다.

차량 진단처리 시스템의 안전성을 위해서 주 제어 컴퓨터의 고장 시, 이를 대체할 수 있는 보조 제어 컴퓨터를 설치하여야 하며, 각차에는 주 제어 컴퓨터와 정보를 교환하여 각 단차의 상태를 감시하고 제어하는 단차 제어 컴퓨터를 설치한다. 시스템의 안전성을 확보하기 위하여 차량 제어/감시 시스템을 구성하는 제어 컴퓨터간 통신은 이중성을 가지며, 필요한 정보를 충분히 처리할 수 있는 전송속도를 확보한다.

진단처리시스템은 제어기능, 고장 진단 기능, 운전정보 기능, 유지 보수 기능을 갖는다. 이러한 기능들을 실현하기 위하여 차량 제어 시스템 분야, 추진/제동분야, 차상 ATC/ATS 분야, 차상 무선통신장치분야와 긴밀한 협조 하에 인터페이스 설계가 이루어져 완벽한 제어/감시 시스템 기능을 구현한

다. 진단처리시스템은 TORNARD로 불리는 열차내의 통신망과 그에 연결된 여러 개의 실시간 컴퓨터(PROCESS)로 이루어진 분산처리 시스템(DISTRIBUTED PROCESSING SYSTEM)으로 구성된다.

3.2 독일 ICE의 진단처리시스템

진단처리시스템은 redundant하게 설계가 되며 파워 유닛과 연결되는 장치는 전송 패스가 redundant 하도록 되어있다.

운전자 화면을 위한 인터페이스로 96개의 110 볼트 입력과 모니터링을 위한 2개의 아날로그 입력, 2개의 아날로그 출력, 광 파이버 트레인 버스를 위한 인터페이스, 2개의 고속(500Kbps)의 직렬 인터페이스로 이루어진다. 또한 5개의 직렬 전류 루프 인터페이스(4.8 Kbps, 20 mA), 2개의 RS485 인터페이스, 1개의 오디오 주파수 인터페이스의 전화, 1개의 오디오 주파수 인터페이스의 방송 등으로 구성된다.

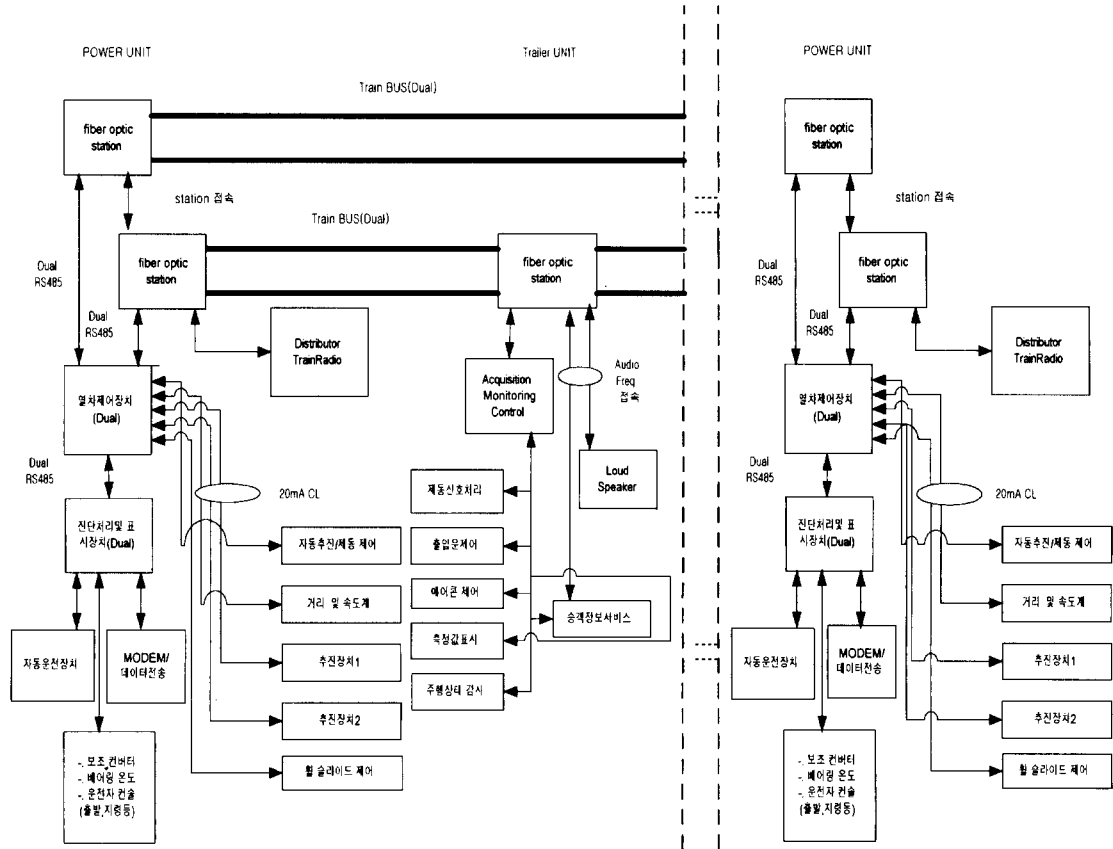


그림 2 ICE 시스템구성도

4. 개발추진현황

고속전철 기술 선진국에서 이미 상업화 운전중인 차량 진단 처리 시스템은 주행중인 차량의 상태에 대한 모니터링 및 진단이라는 기존의 기능 위에 차량의 종합 관리제어 기능과 승객에의 고급 정보 서비스 기능까지도 포함되어 차량의 종합 정보 제어 시스템으로 기능이 확대되어 가고 있다. 차세대 고속전철에 있어서 이러한 확대 개념의 차량 진단처리 시스템을 구축하기 위하여 기술 개발이 추진중이다. 이를 위하여 진단처리 시스템의 구성요소인 측정 및 진단기술, 진단용 전문가시스템 기술, 차량 진단처리 장치, Cab Cubicle 장치 및 차량 시뮬레이터 등 서브시스템들에 대한 인터페이스의 기본 사양 설계를 목표로 하여, 다음과 같은 연구가 수행되었다.

- (1) 국내외 고속전철/전동차 진단처리 시스템 사양 조사 및 분석
- (2) 국내외 진단 시스템 구성 및 기능 분석
- (3) 각 서브시스템별 개발책임자와 협의를 통한 기본사양

설계

(4) 실시간 내고장성 네트워크기술 개발을 위한 기본사양 설계

이상과 같은 연구 결과를 토대로 앞으로의 연구는 시스템 구조 및 기능 분석, 시스템내 장치와의 인터페이스 사양 설계 그리고 타서브시스템(차량, 추진, 제동, 열차제어, 보조전원 시스템)과의 인터페이스 사양 설계를 중심으로 진행될 예정이다.

참고 문헌

- (1) "차량 진단 처리 시스템 엔지니어링 기술 개발(1차년도 보고서)", 한국과학기술연구원, 1997.
- (2) Heinz Bohm, Dieter Schmidt and Walter Lobel, "Electrical equipment of production built ICE power units class 401".
- (3) Dipl.-Ing. Hans Herrmann, "ICE High-tch on

rails", 1996.

- [4] 배철, "Introduction to OBCS", 고속 철도 건설 공단, 1997.
- [5] "중합 제어장치/ATO 시스템 설계 초안", 철도기술 연구원, 1997.
- [6] "SMG 7,8호선 TCMS 기능 규격서", 대우중공업, 1995.
- [7] "서울시 5호선 TCMS의 구성과 기능", 현대정공, 1996.

〈 저 자 소 개 〉



유흥열(柳興烈)

1989년 연세대학교 전자공학과(학사). 1989년 ~현재 과학기술연구원 학연학생. 연세대학교 전자공학과 석사과정. 대우중공업 전자기술실 선임연구원 TCMS개발팀.



오상록(吳尙錄)

1980년 서울대학교 전자공학과(학사). 1982년 KAIST 전기 및 전자공학과(석사). 1987년 KAIST 전기 및 전자공학과(공학박사). 1987년 ~1988년 KAIST 전기 및 전자공학과 Post Doc. 1991년~1992년 미국 IBM 주식회사 T.

J. Watson 연구소 방문연구원. 1995년~1996년 일본 기계연구소 방문연구원. 1988년~현재 KIST 지능제어연구센터 책임연구원.