

틸팅차량 종합계측시스템 개발에 관한 연구

김석원, 한영재, 김상수, 김영국, 구훈모
한국철도기술연구원

A Study on Overall Measurement System Development of Tilting Train Express

Kim Seog-Won, Han Young-Jae, Kim Sang-Soo, Kim Young-Guk, Koo Hun-Mo
Korea Railroad Research Institute

Abstract - 최근들어 열차의 고속화, 고성능화 추세에 맞는 철도의 안전성 확보가 더욱 필요해졌다. 이를 달성하기 위해서는 각 장치들에 대한 종합적인 시험평가가 이루어져야 한다. 특히 완성차 및 본선시운전 시험을 통해 차량에 대한 여러 상태를 확인해야 한다. 안전과 신뢰성이 중요한 철도 시스템의 시험평가 분야는 사양에 따라 제작된 단위제품 및 시스템의 기본 성능을 확인하고, 신뢰성과 안전성을 확인하여 상용화하는 측면에서 최종 확인하는 중요한 작업이다. 이러한 필요성에 의해, 본 연구진은 틸팅차량을 종합적으로 성능평가하기 위한 종합계측시스템 구축에 관한 연구를 수행하였다.

1. 서 론

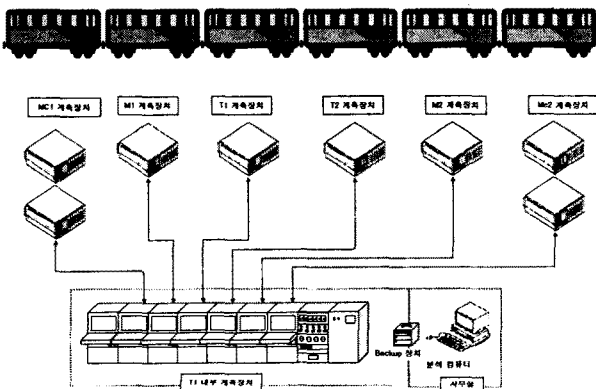
시속 300km/h의 고속 철도가 도입되어 전국이 반나절 생활권이 되면서 보다 빠르고 안전한 교통 수단으로 철도가 차지하는 비중이 커지게 되었다. 이런 철도의 고속화에 대한 국민적 요구에 부응하고자 기존 철도의 속도 향상 방안으로 곡선구간이 많은 국내에 적합한 차량으로 등장한 것이 틸팅 열차이다. 틸팅차량의 안정성과 신뢰성을 확인하고 평가하기 위한 종합계측 시스템이 필요하다.

이를 위해 틸팅차량의 성능시험 및 평가를 위한 종합계측시스템 개발에 관한 연구를 수행한 시스템의 구축방안 및 계측프로그램의 구성과 주요기능에 대하여 살펴본다.

2. 본 론

2.1 전체 시스템 구성도

독일의 ICE/Experimental의 시험계측시스템은 차량 전체에 분포된 계측 항목을 수집하기 위하여 각 차량별로 수집, 기록하기 위한 장치와 이를 전체적으로 조정하는 중앙 컴퓨터를 구비하는 분산화 시스템을 기본으로 구축하였다. 이탈리아(FS) 추진성능 시험시스템도 시험에 소요되는 시간을 최소화 할 수 있도록 하는 것을 시스템 구축의 기본 개념으로 하여 컴퓨터와 네트워크에 근거한 분산식 계측시스템을 선택하였다. 현재의 이런 추세에 따라 틸팅열차의 계측시스템을 분산식으로 설치하는 것을 원칙으로 하였다. 분산식이 아닌 집중식으로 계측시스템을 구성하기 위해 3번째 또는 4번째 차량에 계측시스템을 구성할 경우에는, 케이블이 최대 70m까지 길어지기 때문에 전압 강하나 노이즈에 의한 영향으로 잘못된 신호가 입력될 영향이 크다. 또한 한 곳에 계측시스템을 구성할 경우에는, 유지보수를 위해 차량을 분리해야 할 때 큰 어려움이 따른다. 이런 어려움을 극복하고자 계측시스템을 분산식으로 구성하고, 차량 분리의 문제점을 해결하기 위해 차량과 차량 사이의 케이블을 Connector로 연결할 수 있게 하였다. 그림 1과 같이 분산식으로 각 차량마다 계측을 위한 계측장치를 설치하고 이들 신호를 광케이블을 통해 틸팅차량의 모든 계측신호를 한 곳에서 관측할 수 있도록 종합측정차에 배치한 종합계측모듈로 전송돼 차량의 모든 계측신호를 한 곳에서 확인할 수 있도록 구성하였다.



〈그림 1〉 틸팅차량 전체 시스템 구성도

시험계측장비는 일반적으로 물리량을 측정하는 센서(Sensor) - 변환기(Transducer) 모듈, 변환기를 통해 얻어진 신호를 원하는 형태와 크기로 변환하는 신호처리(Signal conditioning) 모듈, 측정 신호를 수치로 표시하는 출력 모듈로 구성되어 있다. 이런 계측시스템을 이용하여 성능평가와 동시에 완성차시험이나 본선시운전 시험시에 발생할 수 있는 고장원인을 찾아내고 해결하여 차량 시스템의 신뢰성, 유지보수성을 높일 수 있다.

틸팅차량의 계측시스템은 틸팅차량 개발차량의 성능확인이 각 속도 단계 별로 진행되어 측속이 동시에 수행되어야 하며, 최고속고에서의 성능에 대한 종합적인 시험을 수행하기에는 시험기간이 짧게 설정되어 있어, 이에 따라 시험 수행 시간의 결점이 이루어지지 않은 현실적인 입장을 고려하여 단기간에 많은 계측정보를 획득할 수 있는 시험계측장비의 구축이 필요하다.

또한 차량의 성능을 확인하기 위한 각 계측 항목들은 상호 연관을 가지고 있고, 같은 시간 대역에서 비교 분석하여야 하기 때문에 동시에 각종 신호들을 측정할 수 있도록 계측시스템을 설정하여 구축하는 것이 필요하다.

2.2 계측용 하드웨어의 구성

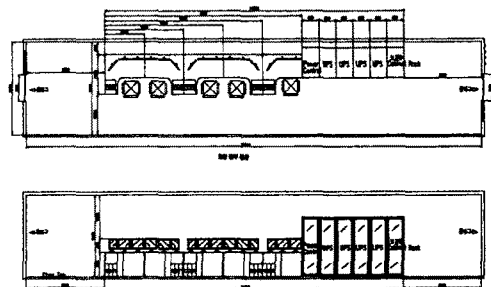
계측시스템은 Console에 설치된 산업용 컴퓨터와 각 차량에 설치된 계측 Rack으로 구성하며 통신카드와 광케이블을 이용하여 데이터를 계측하고, 광케이블 및 전원 케이블의 연결은 열차 연결부에서 Connector를 처리하여 열차의 분리를 용이하게 한다. Signal Conditioner는 센서에 맞추어 적절히 선택할 수 있고, 채널 확장이 가능하도록 구성된다.

2.2.1 Sensor 계측용 Rack

Sensor 계측용 Rack은 차량 1대에 1개씩 분산식으로 설치하여 케이블의 길이를 최소화하고, 19" Rack을 기본 Base로 제작하며 케이블 보호를 위해 Cover를 설치한다. 계측을 위한 사시는 PXI-1052를 기본으로 8개의 SCXI Conditioner를 이용하며 채널이 부족 시 SCXI 1000 사시와 DAQ Board를 추가하여 채널을 확장한다. 각 센서 및 기타 전원 공급을 위해 DC 파워를 내장하고 UPS에서 공급하는 AC 220V를 이용하여 DC ±15V, DC ±12V, DC ±5V로 변환하여 제공한다. 또한 신호의 점검 및 연결을 용이하게 하기 위하여 단자대를 설치하고, 각 센서에서 받아들이는 신호들은 통신카드와 광케이블을 이용하여 계측용 Console Desk와 연결된다.

2.2.2 계측용 Console Desk

계측용 Console Desk는 그림 2와 같이 종합측정차인 T Car에 통합 설치되며 열차에서 사용되는 제어장치의 통신 데이터를 실시간으로 측정해 제어기의 제어상태를 모니터링하고 저장하는 통신 채널 계측 시스템을 포함해 산업용 컴퓨터, LCD 모니터, 통신카드를 포함한다. 통신카드와 광케이블을 이용하여 Sensor 계측용 Rack과 연결되고, 계측용 Console Desk 사이는 네트워크를 이용하여 전체 계측시스템을 동기화 시킨다. 또한 틸팅차량 임을 감안하여 Console Desk는 바닥에 볼트 또는 나사로 고정한다.



〈그림 2〉 종합측정차(T) 기본 구성안

2.2.3 전원공급 Rack

계측시스템에 사용되는 모든 전원은 UPS 전원을 사용하며 전원의 제어는 Control Rack에 부착된 스위치에 의해 각각의 차량으로 공급한다. UPS와 Control Rack은 T 차량내부에 설치하여 전원공급을 모두 한 곳에서 공급하고, AC 전원 제어, 팬토 조명장치 전원제어, Switching HUB 장착, 보

조서랍 장착 등의 기능을 갖는다.

2.2.4 센서부 및 Cable부

틸팅차량의 종합계측 시스템에 사용되는 센서로는 가속도, Strain Gauge, 온도센서, 각도센서, Counter 등으로 가속도, 하중, 압력, 속도, 거리, 온도, 전류, 전압을 측정한다. 시스템 구성을 위한 Cable은 데이터 전송용 광케이블, 전원케이블과 통신용 Lan 케이블로 구성하며 차량과 차량사이에도 방수형 Connector를 설치하여 차량 분리 경우에도 대비한다.

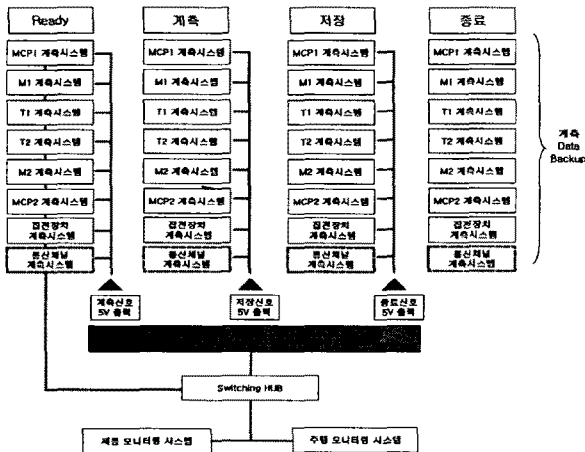
2.3 계측용 소프트웨어의 구성

National Instrument 사의 LabVIEW를 이용하여 작성된 지측 프로그램은 각 차량마다 설치된 계측시스템에 내장되어 가속도, 온도, 전압, 전류, 하중 등의 물리 Data를 각 신호에 맞는 Sensor를 이용하여 계측하는 프로그램으로 계측 신호를 측정, 저장, limit Check, Data Network 전송, Monitoring을 수행하며 1회 시험으로 전체 Data를 실시간 저장 및 Monitoring을 할 수 있다.

2.3.1 계측 프로그램 운영

계측 프로그램은 각 차량의 계측장치별로 설치되며 전체 계측시스템에 동일한 프로그램이 사용되고, 분산된 계측시스템을 통합하여 T Car에서 전체적인 제어와 계측을 수행하도록 구성된다.

그림 3과 같이 Data 동기를 위해 제어용 프로그램의(안전 모니터링 프로그램) DC 5V의 신호를 받아 Ready 상태에서 Data 계측을 수행하며 계측 중 저장, 종료 등의 모든 명령은 제어 프로그램의 DC 5V 신호에 의해 제어된다. 또한 계측된 Data는 Hard Disk에 실시간 저장되고 1G bps LAN 통신을 이용해서 모니터링 프로그램에 실시간으로 전달된다.



〈그림 3〉 계측 프로그램 구성도

제작된 집전장치 계측시스템도 전체 계측시스템과 연동하여 실행, 계측 및 저장되도록 구성하고, 각 계측시스템에서 측정된 Data는 설치된 Backup 장치를 이용하여 Data를 Backup하고 사무실로 이동하여 Data를 분석할 수 있도록 구성한다.

2.3.2 계측 프로그램의 구성

계측 프로그램은 그림 3과 같이 각 채널로부터 신호를 계측하여 저장하는 실제 계측 프로그램과 그림 4와 같이 이렇게 저장된 Data를 분석이 용이하도록 시간 동기를 조정하고 채널간 연산과 Data 변환을 수행하는 후처리 프로그램과 후처리 프로그램에 의해 재배치된 Data에 대한 검토 분석을 수행하는 분석 프로그램으로 구성된다.

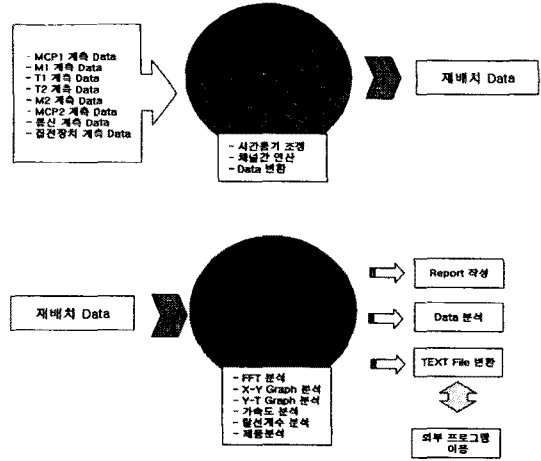
각 열차에 분산된 계측시스템을 통합하여 제어 계측하여 계측시스템 전체를 제어하고, Network 부하를 줄이며 계측 Data의 동기화를 위하여 제어용 시스템(프로그램)의 신호를 이용하여 계측시작, 종료, 저장명령을 제어한다.

각각의 계측시스템(Sensor 계측 Rack + 산업용컴퓨터)은 계측한 Data를 User 설정에 따라 Switching Hub에 연결된 모니터링 시스템에 Data를 실시간 확인할 수 있도록 구성한다.

또한 통신채널 계측시스템은 제어장치와 연결되고 TCP/IP 통신을 이용하여 제어 Data를 실시간 측정, 저장하고 미리 제작된 집전장치 계측시스템도 전체 계측시스템과 연동하여 실행되도록 구성한다.

2.3.3 계측 프로그램의 주요기능

계측 프로그램은 그림 5와 같이 채널설정, 장비점검, 연동시험 이 3가지의 주요기능으로 구성된다.



〈그림 4〉 계측프로그램 구성(후처리, 분석)

채널 설정은 Sensor와 연결된 채널 설정을 위한 메뉴로 채널 이름, Limit 설정, Filter 설정 및 채널 교정을 실시하고, 그 결과를 File로 저장하는 기능을 수행하며 세부적으로 Channel Configuration, Channel Calibration 및 Calibration file의 저장으로 구성되어 있다.

두 번째 기능인 장비 점검은 채널 설정 메뉴에서 설정된 File의 채널 정보를 적용하여 Data를 계측하고, 계측 Data가 제대로 측정되는지, Sensor에 이상이 없는지의 이상 유무를 검사할 때 사용한다.

계측 프로그램의 마지막 기능은 연동 시험으로 각 계측 시스템과 제어 프로그램을 연동하여 시험을 실시하는 메뉴로 채널 설정에서 저장된 File을 이용하여 실시간으로 Data를 계측, 저장, 모니터링을 한다.



〈그림 5〉 계측 프로그램 Main 화면

3. 결 론

본 논문에서는 기존선 고속화 방안으로 국내에서 처음으로 개발되는 틸팅차량의 성능을 평가하고 고장을 진단하기 위한 종합계측시스템 구축에 관하여 연구하였다. 크게 하드웨어와 소프트웨어의 구성으로 분류한 후에 각각에 대해 상세하게 살펴보았다.

이를 통해서 각 열차에 분산된 계측시스템을 동시에 모니터링하고 분석할 수 있는, 한국형 틸팅차량의 안전성과 신뢰성 향상에 크게 도움을 줄 수 있는 종합계측시스템을 구축할 수 있게 되었다. 향후에는 틸팅차량 내의 TCP/IP 통신을 통한 데이터 입력 방안에 대해 보다 심도있게 연구할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Paolo Masini and Giovanni Puliatti, "Virtual Acquisition System for Global Analysis(VASGA) in Experimentation", WCRR, pp. 279~286, 1997
- [2] 김석원의 5명, "고속철도 시운전시험 계측시스템 개발에 관한 연구", 한국철도학회지, 제5권 제3호, pp. 158~166, 2002
- [3] 김석원의 5명, "건인제동 계측시스템 개발", 한국센서학회 센서학회지, 2004
- [4] 김석원의 4명, "고속철도 시운전시험 및 평가용 측정시스템 개발(1) - 하드웨어", 한국철도학회 추계학술대회, 2002
- [5] Measurements Manual, 2006, National Instruments