한국철도학회논문집
제9권 제6호 2006년 ▌ pp. 671-676

틸팅차량 종합계측시스템 개발에 관한 연구

A Study on Overall Measurement System Development of Tilting Train Express

김석원† · 한영재* · 김상수* · 김영국* · 구훈모*
Seog-Won Kim · Young-Jae Han · Sang-Soo Kim · Young-Guk Kim · Hun-Mo Koo

Abstract

A measurement system was developed in this study. It conducts on-line testing and evaluation of tilting train express(TTX). The measurement system is installed in each train for the performance measurement during the test run. It is composed of software part, hardware part and can measure various signals such as vehicle velocity, catenary voltage, motor temperature. The software controls the hardware of the measurement system, performs the analysis and calculation of measurement data and acts as interface between users and the system hardware. The hardware is consisted of 7 DAMs(Data Acquisition Modules) and 6 monitoring modules.

Keywords : Tilting train express(틸팅차량), Measurement system(측정시스템), On-line test(시운전시험)

1. 서 론

시속 300km/h의 고속 철도가 도입되어 전국이 반나절 생활권이 되면서 보다 빠르고 안전한 교통수단으로 철도가 차지하는 비중이 커지게 되었다. 이런 철도의 고속화에 대한 국민적 요구에 부응하고자 곡선구간이 많은 국내 기존 철도의 속도 향상 방안으로 적합한 차량으로 등장한 것이 틸팅열차이다. 이런 틸팅차량의 개발에 있어 중요한 요소 중 하나가 안정성과 신뢰성을 확인하고 평가하는 것이며 이를 위하여 필요한 것이 종합계측시스템이다[1,2].

종합계측시스템의 구축을 위한 기본방향의 설정을 위하여 고려하여야 할 사항이 여러 가지가 있으나, 별도의 시험선이 없이 영업선로에서 시운전시험을 수행하여야 하는 입장에서 가장 주요하게 고려되는 사항은 시험수행 기간 및 소요자원의 활용 가능 여부이다.

개발차량의 성능확인이 각 속도 단계별로 진행되어 증속이 동시에 수행되어야 하고, 최고속도에서의 성능에 대한 종합적인 시험을 수행하기에는 시험기간이 짧게 설정되어 있으며, 시험 수행이 영업선로에서 수행되어야 하는 현실적인 입장을 고려하면 단기간에 많은 계측정보를 획득할 수 있는 시험계측장비의 구축 방안이 필요하다.

또한 차량의 성능을 확인하기 위한 각 계측 항목들은 상호 연관을 가지고 있어 같은 시간 대역에서 비교 분석하여야 하기 때문에 동시에 각종 신호들을 측정할 수 있고, 가능한 많은 양의 정보를 획득할 수 있으며, 데이터의 관리 및 공간을 효율적으로 사용할 수 있는 계측시스템을 설정하여 구축해야 한다.

이를 위해 틸팅차량의 성능시험 및 평가를 위한 종합계측시스템 개발에 관해 수행한 연구를 통해 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 Fig. 1과 같이 계측신호를 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 Fig. 2와 같이 컴퓨터와 네트

† 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원, 고속철도기술개발사업단
E-mail : swkim@krri.re.kr
TEL : (031)460-5611 FAX : (031)460-5649
* 한국철도기술연구원

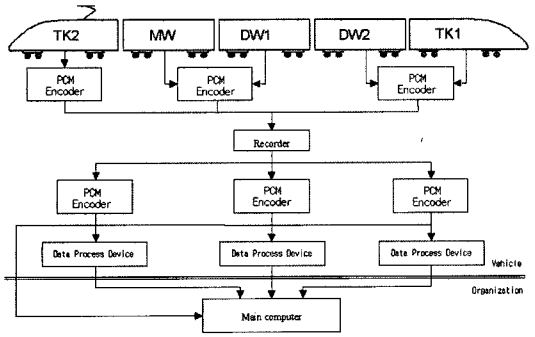

Fig. 1. Test measurement system of ICE/Experimental(Germany)

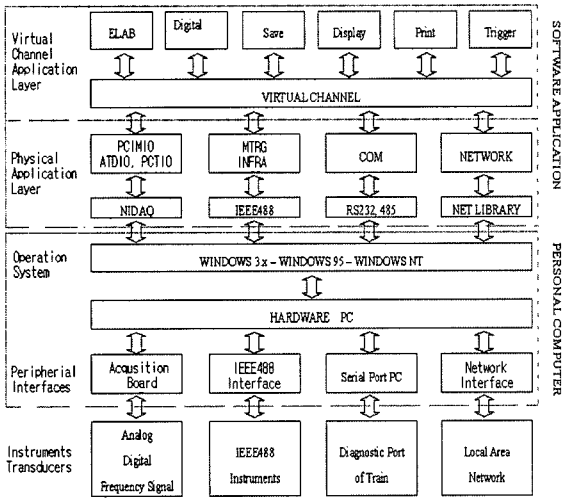

Fig. 2. Propulsion performance test system of FS(Italy)

워크에 근거한 분산식 계측시스템을 선택하였다. 현재의 이런 추세에 따라 한국형 고속열차의 경우에도 계측시스템을 분산식으로 구성하였고, 틸팅열차의 계측시스템도 이 방식으로 구축하는 것을 원칙으로 하였다[3,4].

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 분리시의 문제점을 해결하기 위해 차량과 차량 사이의 케이블을 커넥터로 연결할 수 있게 하였다.

계측시스템의 구성은 Fig. 3과 같이 구성하였으며, Fig. 4와 같이 각 차량마다 계측을 위한 계측장치를 설치하고, 이들 신호는 광케이블을 통해 틸팅차량의 모든 계측신호를 한 곳에서 관측할 수 있도록 종합측정차에 배치한 종합계측모듈로

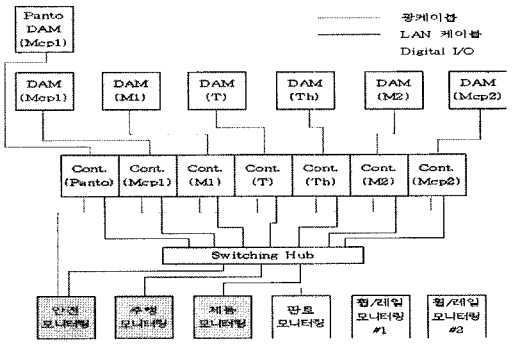

Fig. 3. Measurement system construction diagram

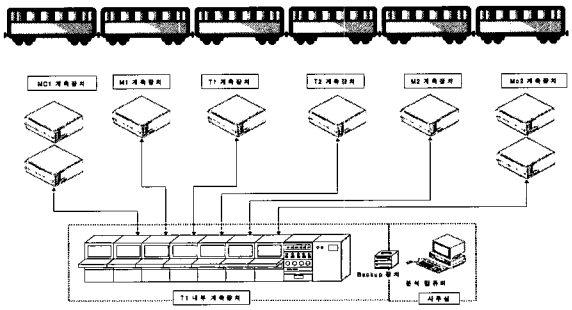

Fig. 4. System block diagram

전송돼 차량의 모든 계측신호를 한 곳에서 확인할 수 있도록 구성하였다[5,6].

계측시스템은 본선 시운전시험 과정에서 열차의 성능평가뿐만 아니라 완성차시험이나 본선시운전 시험시에 발생할 수 있는 고장원인을 찾아내고 해결하여 차량 시스템의 신뢰성과 안정화에 활용가능하다[3,7].

또한, 별도의 시험선이 아닌 영업선에서 시운전시험을 수행하여야 하는 현실적인 입장을 고려하여 단기간에 많은 계측정보를 획득할 수 있는 시험계측장비의 구축이 필요하며, 차량의 성능을 확인하기 위한 각 계측 항목들은 상호 연관을 가지고 있고, 같은 시간 대역에서 비교 분석하여야 하기 때문에 계측하는 각종 신호들에 대한 시간 동기화가 이루어지도록 계측시스템을 구축하는 것이 필요하다.

2.2 계측용 하드웨어의 구성

계측시스템은 콘솔에 설치된 산업용 컴퓨터로 구성된 제어모듈과 각 차량에 설치된 계측 랙으로 구성하며 이들 사이에는 통신카드와 광케이블을 이용하여 제어 지령과 계측 데이터를 전송하고, 광케이블 및 전원 케이블은 열차 연결부에서 커넥터를 설치하여 열차의 분리에 용이하도록 한다. 신호 컨디셔너는 센서의 종류에 따라 적절히 선택할 수 있고, 채널 확장이 가능하도록 구성된다.

2.2.1 센서 계측용

센서 계측용 랙은 Fig. 5와 같이 19″ 랙을 기본으로 하여 제작하며 차량 1대에 1개씩 분산식으로 설치하여 케이블의 길이를 최소화하고, 케이블 보호를 위해 커버를 설치한다. 샤시는 8개의 SCXI 슬롯이 있는 PXI-1052를 기본으로 하며, 계측 채널의 확장이 필요한 경우 SCXI 1000 샤시와 DAQ 보드를 이용한다.

각 센서 및 기타 전원 공급을 위해 DC 파워를 내장하고 UPS에서 공급하는 교류 220V를 이용하여 직류 ±15V, 직류 ±12V, 직류 ±5V로 변환하여 제공한다. 또한 신호의 점검 및 연결을 용이하게 하기 위하여 단자대를 설치하고, 각 센서에서 받아들인 신호들은 통신카드와 광케이블을 이용하여 계측용 콘솔 데스크와 연결된다. Table 1은 계측모듈 구성요소에 대해 보여주고 있다.

2.2.2 계측용 콘솔 데스크

계측용 콘솔 데스크는 Fig. 6과 같이 종합측정차인 T 차량에 통합 설치되며 열차에서 사용되는 제어장치의 통신 데이터를 실시간으로 측정해 각 제어기의 제어상태를 모니터링하고 저장하는 통신 채널 계측 시스템을 포함해 산업용 컴퓨터, LCD 모니터, 통신카드를 포함한다. 통신카드와 광케이블을 이용하여 센서 계측용 랙과 연결되고, 계측용 콘솔 데스크 사이는 네트워크를 이용하여 전체 계측시스템을 동기화 시킨다. 또한 틸팅차량임을 감안하여 콘솔 데스크는 바닥에 볼트 또는 나사로 고정한다.

Fig. 5. Basic measurement module

Table 1. 계측모듈과 계측 제어모듈 구성요소

계측 제어모듈 구성요소	계측모듈 구성요소
- 산업용 컴퓨터 - LCD 모니터 - Lan 카드 - PCI 통신보드	- PXI - 1052 샤시 (PXI : 4, SCXI : 8 Slot) - PXI 통신보드 - AD 카드 - SCXI 모드 - 터미널 블록

2.2.3 전원공급 랙

계측시스템에 사용되는 모든 전원은 UPS 전원을 사용하며 전원의 제어는 제어 랙에 부착된 스위치에 의해 각각의 차량으로 공급한다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 UPS와 콘솔 랙은 T 차량 내부에 설치하여 전원공급을 모두 한 곳에서 공급하고, AC 전원 제어, 판토 조명장치 전원제어, 스위칭 허브 장착, 보조서랍 장착 등의 기능을 갖는다. 또한 Fig. 8과 같이 AC 440V를 입력받아 계측시스템 전원과 센서 전원 등으로 이용한다.

2.2.4 센서부 및 케이블부

틸팅차량의 성능 평가를 위하여 사용되는 센서로는 가속도, 스트레인 게이지, 온도센서, 각도센서, 카운터 등으로 가속도, 하중, 압력, 속도, 거리, 온도, 전류, 전압을 측정한다. 시스템

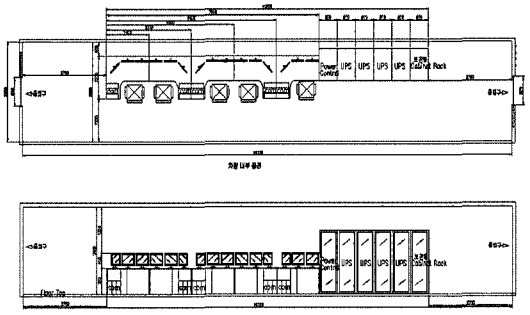

Fig. 6. Basic construction of T-car

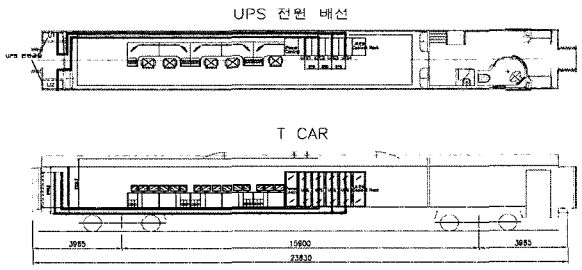

Fig. 7. UPS power line

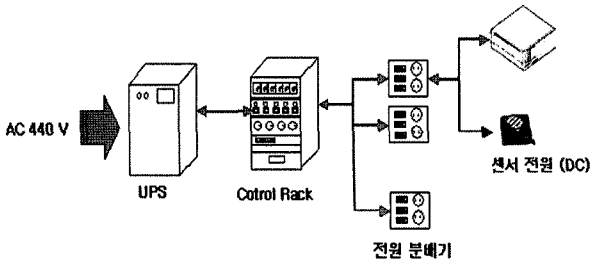

Fig. 8. Power supply block diagram

구성을 위한 케이블은 데이터 전송용 광케이블, 전원케이블과 통신용 LAN 케이블로 구성하며 차량과 차량사이에도 방수형 커넥터를 설치하여 차량 분리 경우에도 대비한다.

Table 2~4까지는 측정 채널수를 보여준다. Table 2는 차량내부, Table 3은 대차, Table 4는 집전장치의 채널수를 나타낸다.

2.3 계측용 소프트웨어의 구성

National Instrument 사의 LabVIEW를 이용하여 작성된 계측 프로그램은 각 차량마다 설치된 계측모듈을 제어하는 제어모듈에 내장되어 가속도, 온도, 전압, 전류, 하중 등의 물리량을 계측하는 프로그램으로 계측신호를 측정, 저장, Limit Check, 데이터 네트워크 전송, 모니터링을 수행하며 데이터를 실시간으로 저장 및 모니터링 할 수 있다[5,6].

Table 2. Measurement channel number(inner part of vehicle)

차량	센서 종류							
	가속도	압력	경사각	온도	제어기	차량 신호	전기 신호	계
Mcp1	5	1	1	12	36	80	9	144
M1			1	8	36			45
T			1		9		1	11
Th	5		1		9			15
M2	5		1	4	36			46
Mcp2	5		1	7	36	80	4	133
계	20	1	6	31	162	160	14	394

Table 3. Measurement channel number(bogie part)

대차 번호	센서 종류							
	가속도	압력	스트레인 게이지	온도	차축 속도	경사각	주행 거리	계
1번	12	2	18	15	2	3		52
2번	12	2			2			16
3번	12	1	2	2		3		20
4번	4	1						5
5번	12	2	2	11	2			29
6번	4	2	2	2	2		1	13
7번	4	1						5
8번	12	1				3		16
9번	4	1		15				20
10번	12	1				3		16
11번	12	1						13
12번	12	1	4	3		3		23
계	112	16	28	48	8	15	1	228

Table 4. Measurement channel number(pantograph)

센서 종류				
가속도	스트레인 게이지	온도	경사각	계
4	6	1	1	12

2.3.1 계측 프로그램 운영

계측 프로그램은 T 차량에 설치된 계측장비의 제어모듈에 설치되어 전체적인 제어와 계측을 수행하도록 구성된다.

Fig. 9와 같이 데이터 동기화를 위해 제어용 프로그램의(안전 모니터링 프로그램) DC 5V의 신호를 받아 준비 상태에서 데이터 계측을 수행하며 계측 중 저장, 종료 등의 모든 명령은 제어 프로그램의 DC 5V 신호에 의해 제어된다. 또한 계측된 데이터는 하드 디스크에 실시간 저장되고 1G bps LAN 통신을 이용해서 모니터링 프로그램에 실시간으로 전달된다. 시험 종료 후 각 계측시스템에 저장된 데이터는 백업장치를 이용하여 데이터를 백업하고 사무실로 이동하여 데이터를 분석할 수 있도록 구성한다.

2.3.2 계측 프로그램의 구성

계측 프로그램은 Fig. 9와 같이 각 채널로부터 신호를 계측하여 저장하는 실제 계측 프로그램과 Fig. 10과 같이 이렇게 저장된 데이터를 분석이 용이하도록 각 계측모듈에 대한 시간동기를 조정하고 채널간 연산과 데이터 변환을 수행하는 후처리 프로그램과 후처리 프로그램에 의해 재배치된 데이터에 대한 검토 분석을 수행하는 분석 프로그램으로 구성된다.

각 열차에 분산된 계측시스템을 통합하여 전체를 제어하고, 계측 데이터의 동기화를 위하여 제어용 시스템(프로그램)이 별도로 설치되며 계측시작, 종료, 저장명령을 제어하도록 한다.

각각의 계측시스템(센서 계측 랙 + 산업용컴퓨터)은 계측

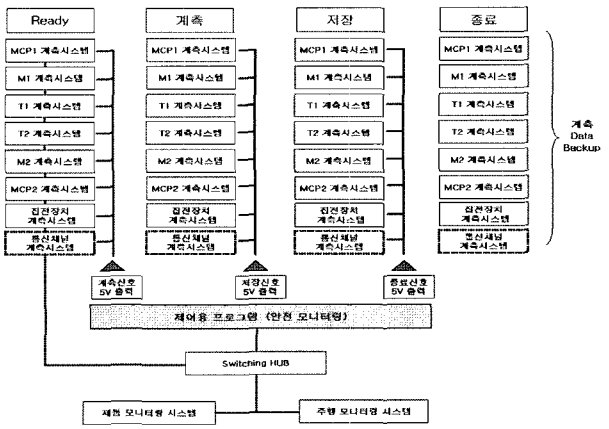

Fig. 9. Measurement program diagram

한 데이터를 사용자 설정에 따라 스위칭 허브에 연결된 모니터링 시스템에 데이터를 실시간 확인할 수 있도록 구성한다.

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

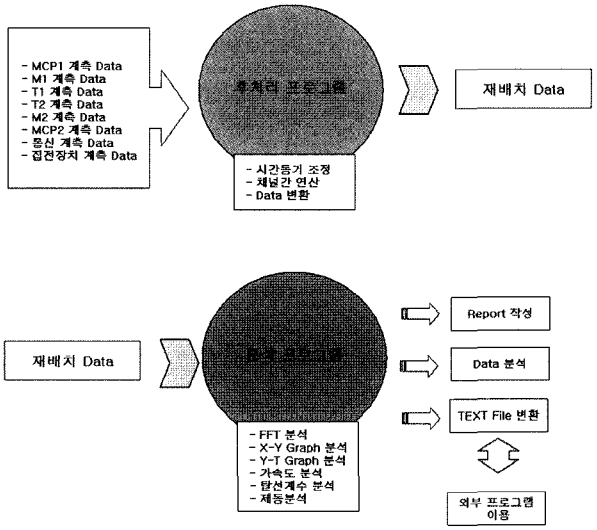

Fig. 10. Measurement construction(post-processing, analysis)

2.3.3 계측 프로그램의 주요기능 처리

계측프로그램은 Fig. 11과 같이 채널설정, 장비점검, 연동시험의 3가지의 주요기능으로 구성된다.

채널설정은 Fig. 12와 같이 센서와 연결된 채널설정을 위한 메뉴로 채널이름, Limit 설정, 필터 설정 및 채널교정을 실시하고, 그 결과를 파일로 저장하는 기능을 수행하며 세부적으로 채널 구성, 채널 캘리브레이션, 캘리브레이션 파일의 저장으로 구성되어 있다.

두 번째 기능인 장비점검은 Fig. 13과 같이 채널설정 메뉴에서 설정된 파일의 채널정보를 적용하여 데이터를 계측하고, 계측 데이터가 제대로 측정되는지, 센서에 이상이 없는지의 이상 유무를 검사할 때 사용한다.

마지막 기능인 연동시험은 각 계측시스템과 제어프로그램을 연동하여 시험을 실시하는 메뉴로 연동시험 준비 화면에서 제어 프로그램의 명령을 받으면 Fig. 14와 같은 연동시험 주요 화면이 나타나 채널설정에서 저장된 파일을 이용하여 실시간으로 데이터를 계측, 저장, 모니터링을 한다.

Fig. 11. Measurement program main picture

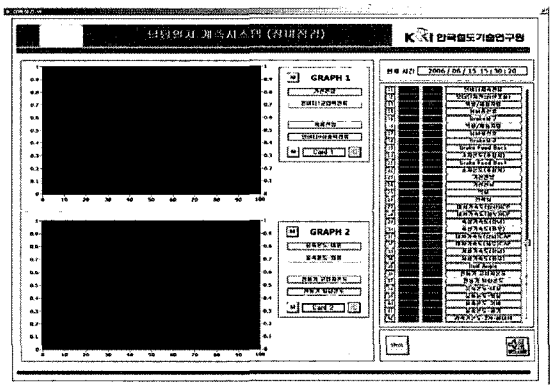

Fig. 13. Device test main picture

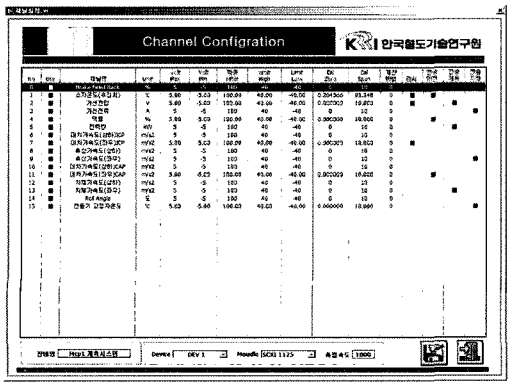

Fig. 12. Channel setting Main picture

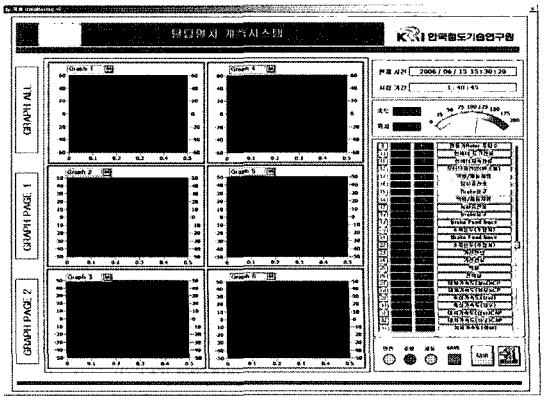

Fig. 14. Linkage test main program

3. 결 론

본 논문에서는 기존선 고속화 방안으로 국내에서 처음으로 개발되는 틸팅차량의 성능을 평가하고 고장을 진단하기 위한 종합계측시스템 개발에 관하여 연구하였다. 계측시스템은 세계적 흐름에 따라 분산식을 채택하였으며, 각 차량에 계측장치를 설치하고, 각 신호를 중앙으로 보내 한 곳에서 관측하고 저장할 수 있게 하였다.

하드웨어는 센서 계측용 랙, 계측용 콘솔 Desk, 전원공급 랙, 센서부 및 케이블부로 이루어지며, 소프트웨어는 계측프로그램, 후처리 프로그램, 분석 프로그램 등으로 구성된다.

이와같이 구성된 종합계측시스템은 한국형 틸팅차량의 안전성과 신뢰성 향상에 크게 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 특히 네트워크 신호를 입력받아 데이터 분석에 활용하기 때문에, 보다 정확하게 성능을 평가하고 고장을 실시할 수 있을 것으로 판단된다. 향후에는 실제 본선시운전을 통해 얻은 각종 데이터를 분석한 시험결과에 대하여 집중적으로 연구를 수행할 예정이다.

후 기

본 내용은 건설교통부에서 시행하는 철도기술연구개발사업의 결과입니다.

참 고 문 헌

1. Paolo Masini and Giovanni Puliatti (1997), "Virtual Acquisition System for Global Analysis (VASGA) in Experimentation", WCRR, pp.279-286.
2. 김석원외 5명 (2004), "틸팅차량 성능시험 및 평가기술에 관한 연구", 대한전기학회 춘계학술대회, pp.272-274.
3. 김석원외 5명 (2002), "고속철도 시운전시험 계측시스템 개발에 관한 연구", 한국철도학회지, 제5권 제3호, pp.158-166.
4. 김석원외 4명 (20연도02), "고속철도 시운전시험 및 평가용 측정시스템 개발(1) - 하드웨어", 한국철도학회 추계학술대회.
5. Y.J.Han et al. (2004), "A study on running characteristics of high speed train", APAP, pp.581-583.
6. 김석원외 5명(2004), "견인제동 계측시스템 개발", 한국센서학회 센서학회지, 제13권 제4호, pp.115-121.
7. Measurements Manual (2006), National Instruments.