철도구조물 진동계측에의 고정밀 디지털 데이터로거 적용성 연구

A Study of Dynamic Measurement using High Accuracy Digital Datalogger System for Railway Structures

이승원* 이근호** 정재민***
Lee, Seong-Won Lee, Keun-Ho Chung Jae-Min

ABSTRACT

The objective of this study is the developement of real time automatic dynamic measurement using high accuracy digital datalogger for safety and maintence of railway construction sites. For the replacement of current 16 bit analog/digital converter, Digital datalogger system using 24 bit analog/digital converter is studied for the first time with in a country. Therefore data communication method and analyzing program of automatic measurement data is developed for the automatic high accuracy digital datalogger system. The results of this study will be using real time automatic dynamic measurement of railway structures.

1. 서론

현재 각종 철도구조물 건설현장의 안정성 확보 및 유지관리를 위한 진동계측은 다른 계측분야와는 달리 아직도 아날로그 신호 출력센서와 아날로그 신호를 측정하는 데이터로거 사용이 주를 이루고 있다. 이러한 아날로그 신호 방식의 시스템은 철도진동 측정에 적용시 여러 가지 단점을 가지고 있다. 즉 측정 장비가 센서와 멀리 떨어져 설치될 경우 주변의 건설장비, 용접장비, 전기의 불규칙적 변화 등에서 발생하는 노이즈의 영향을 받아 계측 오류현상 발생 빈도가 높아진다. 또한 계측기술자의 숙련도에 따른 계측오차 발생, 측정 정밀도의 제약, 온도 변화에 따른 오차발생 제거 어려움 등의 문제점이 발생되어 경사계측의 정확도가 떨어지는 원인이 되고 있다. 이러한 진동측정에의 문제점을 해결하기 위하여 최신의 기술을 적용한 고정밀 디지털 A/D 컨버터 제어용 디지털 데이터로거를 장착한 계측시스템의 개발이 시급한 실정이다. 현재 수입에 주로 의존하고 있는 자동 계측시스템에는 아날로그 릴레이방식이 주종이며, A/D 컨버터는 16 비트가 주종을 이루고 있다. 즉 국내에서 사용하는 건설계측기는 측정기, 센서, 신호케이블로 구성되어 있으며, 측정할 때 각각 센서 신호케이블을 통해 센서의 아날로그 신호를

* 정회원, 경복대학 건설환경정보과 교수
E-mail : swlee@kyungbok.ac.kr
TEL : (031)539-5360 FAX : (031)539-5368
** (주)호승이앤씨, 대표이사
*** 한국철도시설공단 기술본부 고속철도설계팀장

데이터로거에서 측정, 저장 및 전송되는 시스템이며 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이다. 그리고 국내에서 개발된 데이터로거는 외국제품의 모방에 한정되어 있으므로 기존 아날로그 방식을 추종하고 있으며 새로운 최신 기술을 접목한 측정기기 개발이 요구된다 하겠다. 따라서 본 연구에서는 정밀한 진동측정을 위하여 24비트 분해능의 고정밀 A/D 컨버터 제어용 디지털 데이터로거 계측시스템에 대한 연구, 즉 디지털 데이터 로거는 수동측정과 자동측정을 동시에 만족하고 통신 포트를 내장하여 여러개의 디지털센서를 한 개의 케이블로 연결하여 한 장소에서 측정할 수 있는 진동 계측시스템을 연구개발하고자 하는 것이다.

2. 진동측정을 위한 24비트 A/D 컨버터와 제어용 고정밀 디지털 데이터로거

전술한바와 같이 철도 건설 현장에서 사용되는 센서는 대부분 아날로그 출력 센서이므로, 진동측정의 정밀한 원격 측정을 위해서는 A/D 컨버터가 내장된 측정기를 사용하여야 한다. 기존에는 수많은 센서를 A/D 컨버터가 장착된 아날로그 데이터로거까지 통신 케이블로 연결하여 측정관리 하였으나, 철도구조물이 복잡, 대형화 되고 전자 통신의 발전으로 수많은 통신 장비를 사용하므로 각종 아날로그 출력 센서의 측정케이블이 많아지면 외부 전자기파에 의한 영향을 받기 쉬워 정확한 진동측정 데이터 관리가 어려워진다. 이러한 환경을 극복하기 위해서는 센서와 A/D 컨버터가 일체화된 디지털센서를 제어하는 디지털 데이터로거 시스템이 필요하며, 또한 고정밀 분해능의 A/D 컨버터 개발이 필요하다. 기존에 사용된 12bit 분해능의 A/D 컨버터를 이용한 디지털 변환기는 아날로그 센서 신호를 측정할 경우 전자회로 시스템 구조상 한단계 낮은 8bit로 아날로그 센서 신호를 분해하여 처리하였다. 따라서 정밀한 데이터를 신속 정확하게 측정 관리하기 위해서 16bit 이상으로 아날로그 센서 신호를 분해할 수 있는 24bit A/D 컨버터를 장착한 디지털 변환기가 필요하다. 분해능은 입력된 아날로그 신호를 미세하게 나누어 처리하는 능력으로, 8bit는 1/256, 16bit는 1/65536 로 분해하여 디지털 신호로 처리하므로 아주 정밀한 계측이 가능하다. 예를 들어 +10도에서 -10도 까지 측정할 수 있는 구조물경사계 센서를 12bit A/D 컨버터로 분해하면 20도/256(8bit)=0.078도/bit, 24bit A/D 컨버터로 분해하면 20도/65536(16bit)=0.0003도/bit가 된다. 다음 그림은 본 연구에 적용된 24비트 A/D 컨버터를 12 비트 A/D 컨버터와 비교한 그림이며, 그 다음은 이러한 24비트 A/D 컨버터가 장착된 고정밀 24비트 A/D 컨버터 제어용 디지털 데이터로거이다.

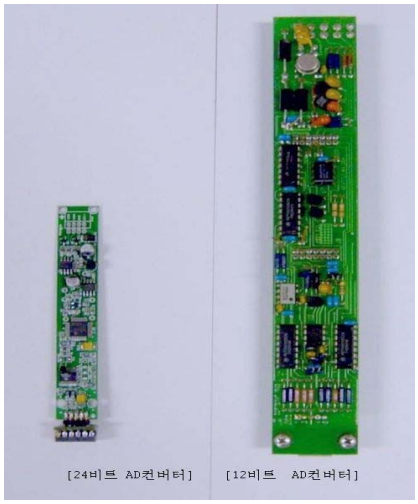
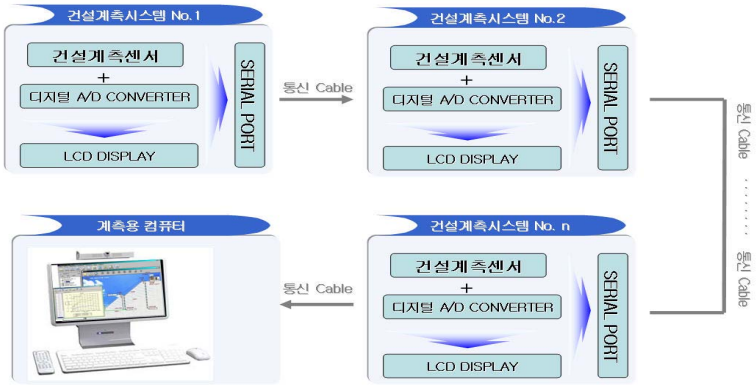


그림 1. 24비트 A/D 컨버터와 12비트 A/D 컨버터

그림 2. 24비트 A/D 컨버터 제어용 고정밀 디지털 데이터로거

3. 고정밀 디지털 데이터로거 시스템에 의한 진동계측

본 연구에 의해 개발된 디지털 진동 계측시스템인 Sensor to Sensor 방식인 직렬식 구조의 데이터로거시스템 구성도는 다음 그림과 같다. 또한 그 다음은 이렇게 개발된 디지털 데이터로거 시스템에 의한 철도구조물의 경사 및 균열등의 진동계측을 기존의 방식과 비교한것이다. 그림에서와 같이 개발된 24bit A/D 컨버터 제어용 디지털 데이터로거를 이용한 측정시스템은 다양한 철도 건설 현장의 구조물에 적용하여 외부 노이즈 영향을 최소화한 정밀한 데이터를 측정 관리할 수 있다.



[개선된 건설계측 시스템 - 디지털 방식, Sensor to Sensor, 직렬식 구조]

그림 3. 본 과제에 의해 개발된 디지털 계측시스템 구성도

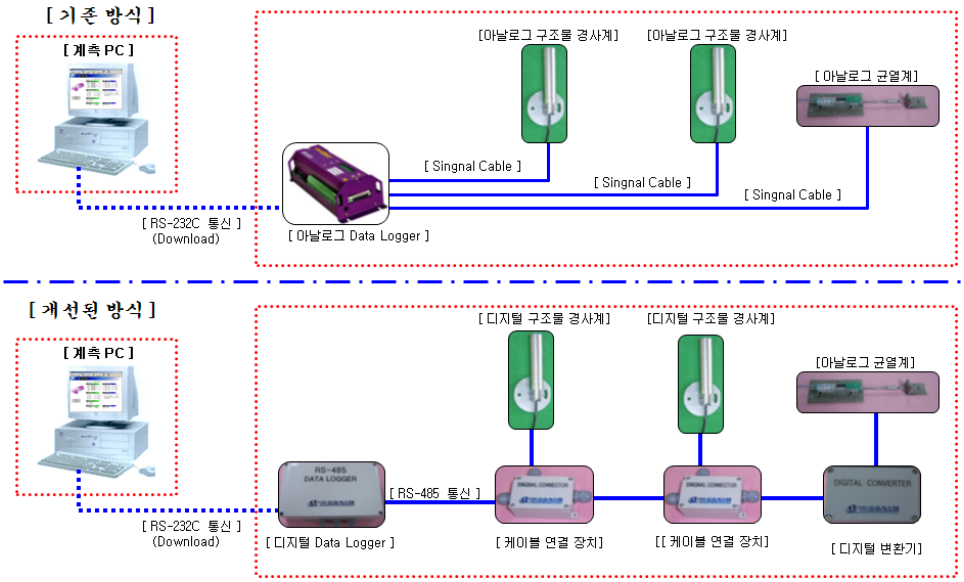


그림 4. 고정밀 디지털 데이터로거에 의한 개선된 자동계측시스템

4. 고정밀 디지털 데이터로거 시스템의 현장적용성 검증

본 연구에서 연구개발된 고정밀 24비트 A/D 컨버터 제어용 디지털 데이터로거의 진동계측 현장적용성 검증작업을 다음과 같이 수행하였다. 즉 적용 현장은 경원선 복선전철 노반공사에 위치한 구조물이다. 그림 5는 현장 적용성 검증을 위한 측정 모습이며, 그림 6은 진동에 의한 경사치 측정데이타이며, 그림 7은 진동측정결과의 분석그래프 모습이다.

그림 5. 현장 적용성 검증을 위한 측정 모습

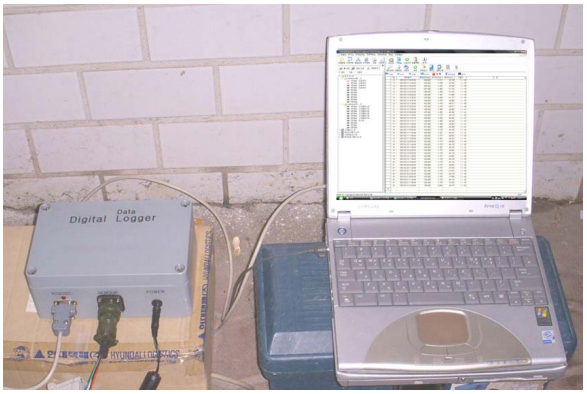


그림 6. 진동에 의한 경사치 측정데이타

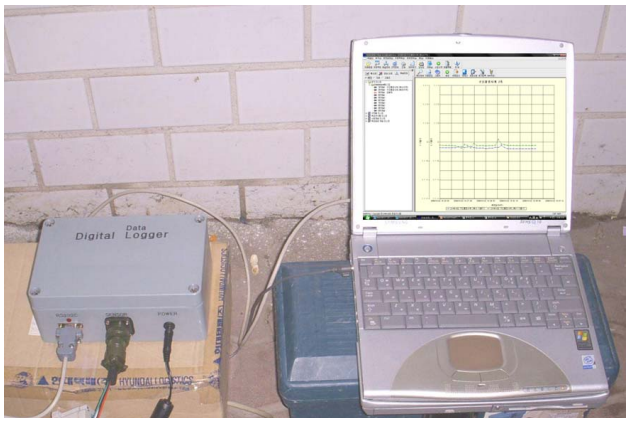


그림 7. 측정결과 분석그래프 모습

이와같이 연구개발된 고정밀 24비트 A/D 컨버터 제어용 디지털 데이터로거의 철도구조물 진동측정 현장에의 적용성 검증 수행결과, 현장에서 개발된 본 디지털 데이터로거의 완전한 작동 즉 본 디지털 데이터로거에 의한 진동측정치의 디지털 자동계측이 완벽하게 처리됨을 검증 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 각종 철도구조물 건설현장의 안정성 확보 및 유지관리를 위한 진동계측을 위하여 최근에 개발 적용되고 있는 자동계측 기법중에서, 고정밀 24 비트 디지털 변환기를 제어하는 디지털 데이터로거를 장착한 계측시스템을 이용한 실시간 자동계측기법을 연구개발하였다. 이를 위하여 철도구조물의 진동계측에 사용되는 각종 아날로그 센서를 디지털 신호 출력시스템으로 적용하는 기법 즉 아날로그 측정시스템을 디지털 자동 측정시스템으로 개선하는 방안을 연구하였으며, Sensor to sensor방식의 Serial 통신방식을 연구개발하였다. 즉 1개의 통신케이블로 연결 작동되므로 설치수량 및 위치간격에 대한 제한성 극복하고 자동계측 데이터로거가 경량화되어 저렴한 자동계측시스템 구축하게 되었다. 이와같이 현재의 16 비트 주종의 아날로그 방식의 A/D컨버터를 대채할 24 비트 A/D컨버터를 탑재한 디지털 데이터로거를 연구 개발하고, 이를 이용한 데이터 전송기법 및 자동계측 분석 프로그램을 연구개발하였다. 이러한 고정밀 디지털 데이터로거 시스템을 이용한 자동계측을 철도건설 현장의 진동측정에 실적용한 결과 아주 양호한 결과를 얻었다. 따라서 본 연구결과는 각종 철도구조물에 대한 진동측정의 실시간 자

동계측에 효율적으로 활용될 것이다.

참고문헌

1. 박희구, 장정환, “구조물 거동 측정용 센서 종류 및 측정″, 대한토목학회지, 2005. 4.
2. 한철호등, “계측공학”, 제 6 판, 도서출판 YOUNG, 20027. 8.
3. 이희규등, “계측센서공학“, 형설출판사, 2004. 2.
4. 박재홍, “계측시스템공학”, 청문각, 2003. 6.
5. 김동룡, “NEW 센서공학 실무”, 기전연구사, 2007. 7.