한국소음진동공학회 2005년도 춘계학술대회논문집, pp.563~566.

시설물 모니터링을 위한 비접촉식 진동측정시스템의 개발

Development of the Noncontact Vibrometer for the Monitering System of Infrastructures

정요찬* · 곽종원** · 최은석*** · 진원종*** · 이정우***

Yochan Jeong, Jongwon Kwark, Eunseok Choi, Wonjong Chin, and Jungwoo Lee

Key Words : Noncontact Vibrometer, Monitering System

ABSTRACT

This study deals with the development of noncontact vibration measuring system for monitoring the safety of structures as bridges, buildings, stadiums, tall chimneys, and dams where vibration measurements are very difficult because of various restrictions. Final object is to develope the system and be commercial by theoretical and experimental studies using IT technology for three years.

1. 서 론

1970년대 이후 산업발달과 더불어 많은 시설물들이 본격적으로 건설된 이후로 30년 이상 사용함에 따라 유지관리가 중요하게 되었으며 향후에는 더욱 더 중요한 위치를 차지하게 될 것으로 예상된다. 90년대에 접어들어서는 각종 시설물의 파손과 붕괴에 의한 사고가 빈번해 짐에 따라 시설물의 유지관리를 위한 모니터링 시스템이 적극 검토, 도입되고 있다.

시설물의 모니터링을 위한 계측항목으로는 변위, 속도, 가속도, 변형률, 힘 등이 있으며 각 응답들은 모니터링 시스템을 통하여 획득, 저장, 그리고 분석이 이루어진다.

시설물의 유지관리 측면에서 변위 응답은 가장 기초적이고 매우 중요한 관리 항목임에도 불구하고 시설물이 위치한 현장 여건상 측정에 많은 제약을 받게 된다. 접촉식 변위센서를 이용한 변위측정을 위해서는 교량의 경우 비계 또는 접근을 위한 특수장비가 동원되어야 하고, 현장 접근의 어려움 때문에 접촉식으로는 측정이 불가능한 경우에는 비접촉식 변위측정기가 사용되어진다. 이러한 비접촉식 변위측정 방법으로는 레이저, 광학식, GPS 등 여러 가지 방법이 있으나, 모든 기기가 고가이면서 적용에 한계를 갖고 있다. 기존의 비접촉식 변위측정기를 사용하는 데는 고가라는 경제적인 부담뿐만 아니라, 매우 무거운 장비를 다수 설치, 운용해야 하고 그 사용이 매우 복잡한 단점을 갖고 있다. 또한 이러한 모든 기기는 전량 수입에 의존하고 있으며 특히 동적인 변위측정과 분해능이 매우 떨어져서 동적응답의 정확도에 문제점을 안고 있다. 이러한 면을 볼 때, 현재 안전진단에 사용되고 있는 장비들은 실용적이지 못하므로 교량의 동적변위를 간단히 측정할 수 있는 장비의 필요성은 매우 높다. 아울러 이러한 측정기들 대부분이 물리적인 거동의 변화를 전기적 신호로 변환하는 원리를 사용하고 있으므로 최근에 급속히 발전하는 정보기술(IT)을 적절히 활용하지 못하고 있다.

본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 영상처리를 이용한 시설물의 진동측정시스템을 개발하는데 목적을 두었다. 본 연구에서 개발한 기술은 대상 구조물에 부착한 타겟(target)의 움직임을 카메라를 이용하여 촬영하고, 영상처리 기법을 이용하여 구조물의 진동을 자동적으로 측정/기록하는 기술이다.

2. 하드웨어 및 알고리즘의 개발

본 시스템에서는 휴대성이 용이한 변위측정시스템을 위한 센서로는 디지털 카메라를 사용하였고, 장거리 계측을 위하여 망원렌즈를 갖추었다. 보통의 망원렌즈로는 수십m 이상의 거리를 측정하기 어려우므로, 천체망원경 정도의 크기와 배율을 갖는 망원경을 렌즈로 쓸 필요가 있다. 휴대형 컴퓨터를 이용하여 촬영, 측정, 저장 등의 기능을 최대한 활용하였다. 또한 타겟 자체의 크기를 교량 변위를 측정하

* 한국건설기술연구원
E-mail : tiriring@kict.re.kr
Tel : (031) 910-0536, Fax : (031) 910-0578
** 한국건설기술연구원, 선임연구원
*** 한국건설기술연구원, 연구원

기 위한 기준으로 삼아 자동적으로 캘리브레이션이 되도록 구성하였다. 촬영된 결과는 영상 처리를 거쳐 현장에서 바로 결과를 확인할 수도 있고, 저장된 값을 그래프로 그려보는 등의 처리를 할 수도 있도록 구성하였다. 본 연구에서 개발한 전체 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

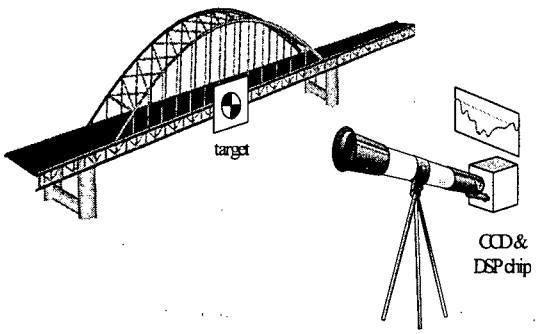

그림 1 전체 시스템 구성

2.1 하드웨어의 구성

하드웨어는 그림 2와 같이 구성되어 있다.

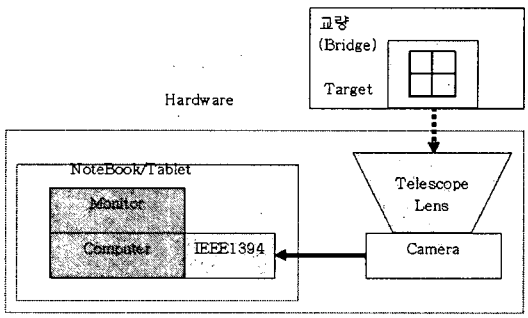

그림 2 하드웨어의 구성

하드웨어는 측정하려고 하는 교량에 붙이는 타겟, 그 타겟을 촬영하여 영상을 만드는 카메라와 렌즈 역할을 하는 망원경, 그리고 카메라에서 영상신호데이터를 받아오는 IEEE1394케이블과 카드(또는 컴퓨터에 내장된 1394포트), 컴퓨터로 구성되어 있다.

2.2 측정알고리즘의 개발

측정 알고리즘은 처리시간 단축을 위하여 프로젝션 알고리즘을 이용하여 타겟의 위치를 인식하는 방법을 쓴다. 프로젝션 알고리즘은 원 영상에서 원하는 영역을 선택한 후, 그 영역 내에서 x축, y축으로 영상의 밝기 값을 더하면, 타겟의 선 위치를 찾을 수 있다.

이론적으로는 프로젝션 데이터가 흑백으로만 나오지만, 실제 영상은 흑(black)부분이 블러(blur)되어 포물선모양으로 나타난다. 따라서 이 프로젝션 데이터의 에지(edge)포인트를 찾고, 찾아진 에지의 포물선에서 중심점을 찾으면 타겟의 직선위치를 알게 된다.

프로젝션 데이타의 에지를 찾는 알고리즘은 프로젝션 버퍼를 생성하여 선택된 영역의 데이터를 프로젝션 X, Y에 누적을 시키고, 평균값을 구한다. 평균값을 활용하여 기준레벨을 설정하고, 누적된 프로젝션 데이터에서 기준레벨과 교차되는 포인트를 찾아 타겟의 위치를 찾아낼 수 있다.

영상이 잘 들어오는 경우는 이 알고리즘이 간단하고, 처리시간도 빨라서 좋으나, 날씨가 흐려져 영상이 좀 흐릴 경우는 기준레벨을 잡기 힘든 단점이 있다. 그래서 차분(difference)를 구하고 로우패스 필터링을 한 후, 영점과 교차하는점(zero crossing point)를 찾는 알고리즘을 개발하여 추가하였다.

자동 캘리브레이션의 경우에는 3점의 위치를 다 찾아서 픽셀당 mm값을 계산할 수 있으며, 오토매틱 모드(측정모드)의 경우는 이때 찾은 점중 가운데 점의 위치만 추적함으로서, 빠른 시간 내에 타겟의 변위, 즉 시설물의 변위를 계산할 수 있는 것이다.

그림 3은 캘리브레이션 모드와 오토매틱 모드에 대한 알고리즘을 보여준다.

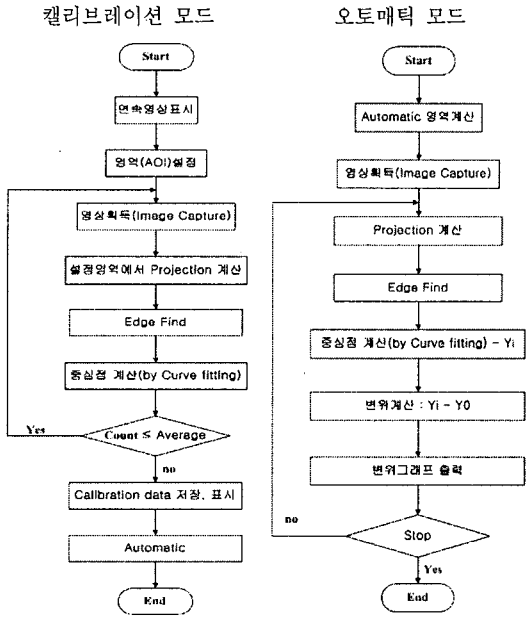

그림 3 알고리즘

3. 검증실험

본 연구에서 개발한 시스템의 현장 적용성 및 검증을 위해 실제 교량에 접촉식 변위측정과 병행하여 계측을 실시하였다. 검증실험 대상 교량은 장흥고가로 경기도 양주시에 위치한 7경간 연속 강합성교량이며, 그림 4에 나타내었다. 거리에 따른 비접촉기 계측기의 성능실험을 위해 장흥고가의 경우 거리별 측정을 통하여 비교 분석하였다.

그림 4 장흥고가 전경

그림 5와 그림 6은 접촉식 변위계와 비접촉식 변위계가 설치된 장면을 나타낸다. 거리별 측정을 위하여 측정거리를 20m, 108m의 각각 다른 거리에서 측정을 실시하였다.

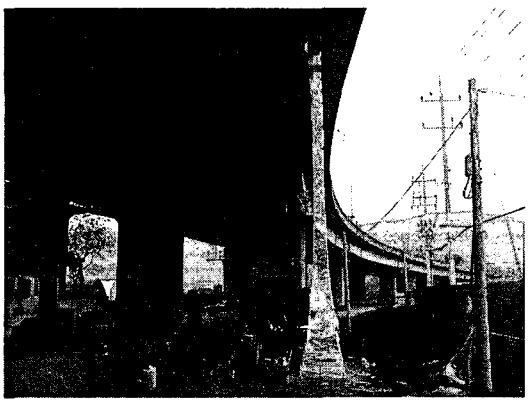

그림 5 접촉식 변위계

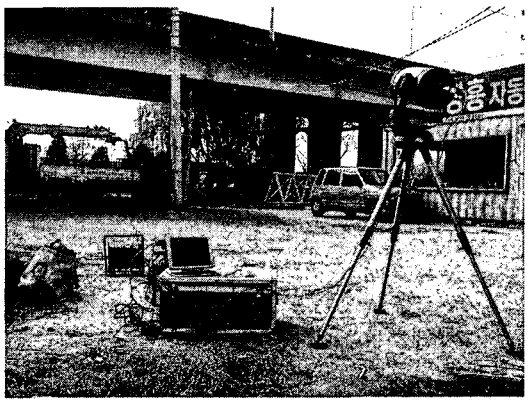

그림 6 비접촉식 변위계

그림 7 ~ 그림 12는 접촉식 변위계와 비접촉식 변위계를 이용하여 계측한 결과 데이터를 비교한 그래프이다. 실선이 비접촉식 측정 데이터이고, 점선은 접촉식 측정 데이터이다.

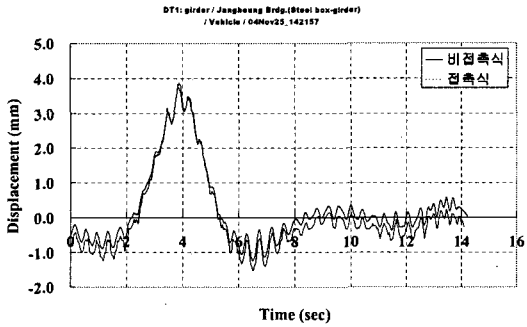

그림 7 접촉식-비접촉식 측정결과 비교(20m)

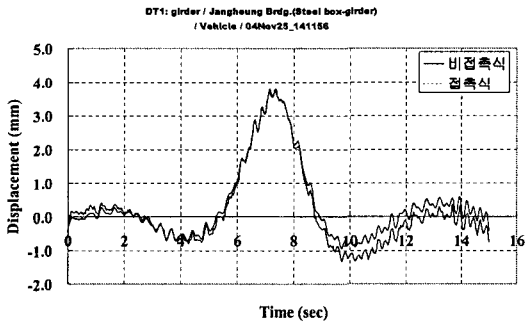

그림 8 접촉식-비접촉식 측정결과 비교(20m-계속)

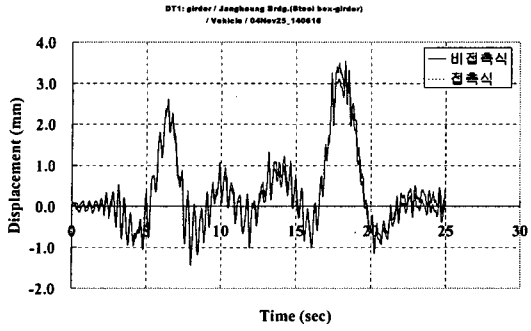

그림 9 접촉식-비접촉식 측정결과 비교(20m-계속)

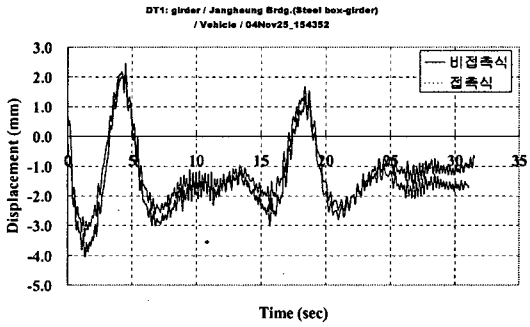

그림 10 접촉식-비접촉식 측정결과 비교(108m)

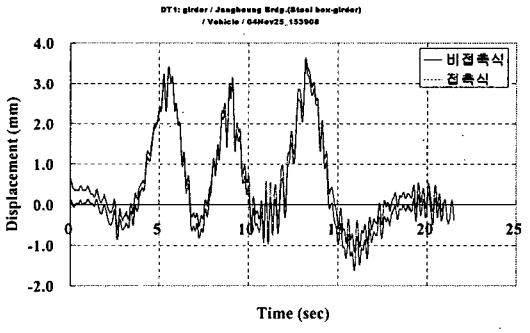

그림 11 접촉식-비접촉식 측정결과 비교(108m-계속)

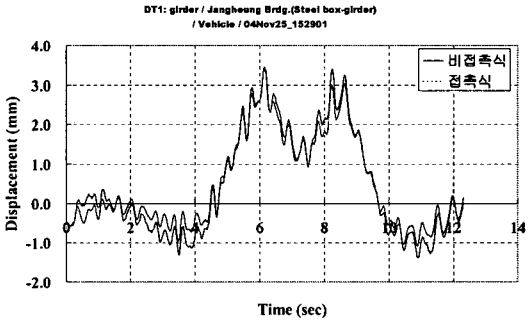

그림 12 접촉식-비접촉식 측정결과 비교(108m-계속)

4. 결 론

본 연구에서는 영상처리기법을 이용하여 대상 구조물에 부착한 표식을 인식하고 시설물의 진동을 자동으로 측정/기록하며 원격 모니터링이 가능한 영상촬영장치와 디지털 신호처리기(DSP) 칩을 포함한 독립된 비접촉식 진동측정시스템을 개발하였다. 개발된 시스템의 활용은 기존의 접촉식 측정시스템에 비하여 휴대와 설치가 매우 간단하며, 정확도 역시 높음을 알 수 있다.

향후 연구로는 현재 개발된 측정시스템의 샘플링 레이트가 60Hz까지 안정화되어 있고, 더욱 빠른 샘플링 레이트를 갖는 시스템으로 개발될 것이다. 현재 108m까지 안정화되어 있는 측정거리를 더욱 증가시킬 것이다. 측정점의 경우 현재 한 개의 측정점만을 계측하고 있지만, 2점 이상 동시 측정이 가능하도록 개발할 것이다. 현재까지 개발된 시스템은 바람, 주위환경의 진동 등으로 인한 오차발생과 가속도 값의 부정확, 야간측정 불가능이란 문제가 있지만, 다음의 방법으로 수정 보안해 나갈 수 있다.

지지대, 바람막이, 방진장치 등 적용부품의 최적화를 통하여 바람, 주위환경의 진동 등으로 인한 오차발생요인을 줄일 것이다. 가속도측정의 부정확은 프로그램의 개발로 정확한 가속도측정을 할 것으로 기대된다. 또한 야간측정의 경우, 빛을 발산하여 조도를 높일 수 있는 타겟의 개발 등으로 야간측정이 가능할 것으로 판단된다.

이상의 연구가 최종적으로 완료될 경우 고속 다점 동시측정, 원거리 계측, 빠른 응답속도를 요구하는 계측이 보다 효율적으로 이루어질 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

(1) 권순덕, 이종운, [영상처리를 이용한 교량변위 측정기술개발] 최종보고서, 전북대학교 공업기술연구센터, 2002.

(2) 시설안전기술공단, [교량 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침], 2000.

(3) 橋梁振動研究會, [橋梁振動の計測と解析], 技報堂出版, 1992.

(4) Baxes, G. A. [Digital Image Processing], John Wiley & Sons, 1994.

(5) Don Anderson [FireWire System Architecture], Mindshare Inc., 1999.

(6) Lindley, C. A. [Practical Image Processing in C], John Wiley & Sons, 1991.