

영상처리를 이용한 구조물 변위측정을 위한 고속 알고리즘

*오주성, **이종운

*동양대학교 시스템제어공학과, **동양대학교 철도운전제어학과

e-mail : skjs123@paran.com, jwlee@dyu.ac.kr

High Speed Image Processing Algorithm for Structure Displacement Measurement

*Joo Sung Oh, **Jong Woon Lee

*Dept. of System Control Engineering, Dongyang University

**Dept. of Railroad Drive and Control, Dongyang University

Abstract

For non-contact structure vibration displacement measurement system, an algorithm for image processing using high speed CCD camera is introduced. The system sets the target to the structure, take picture using camera and image processing is performed to display the vibration data. The algorithm flow is basic preprocessing, projection data generation and curve fitting to find three crossing points for calibration or one center point in limited area.

I. 서론

현재 다양한 구조물의 유지관리를 위한 모니터링 시스템이 적극 검토, 도입되고 있다. 구조물 유지관리 측면에서 변위측정은 가장 기초적이며 매우 중요한 관리 항목인데도 불구하고 구조물이 위치한 현장 여건상 접근 및 측정에 많은 제약을 받게 된다. 따라서 비접촉식 측정이 가능하면서 정밀한 동적변위를 계측 할 수 있는 시스템이 요구된다.

본 논문에서는 비 접촉식 측정 방법 중 하나인 CCD 카메라를 이용한 고속영상처리 알고리즘을 제안 한다. 구조물의 2차원(x,y) 변위측정이 가능하며, 정밀한 동적 변위를 측정하기 위하여 고속(100frame/sec 이상) 알고리즘에 대해 기술하였다.

II. 본론

본 알고리즘에 사용될 Target, 즉 구조물에 부착할 마크는 그림.3 가운데 부분의 '田' 모양이다. .

Target은 정확한 변위측정과 고속 Processing을 위해 도안한 것이며, 프로젝션 알고리즘을 이용하여 Target의 위치를 인식 한다. 프로젝션 알고리즘은 x축, y축으로 영상의 밝기값을 더해서 Target의 중심 위치를 찾는 알고리즘이다. x축 프로젝션의 경우, Processing 영역(x=xst ~ xend, y=yst ~ yend)에서 영상의 밝기 값 b(x,y)를 써서 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_x(y) = \sum_{x=x_{st}}^{x_{end}} b(x,y) \quad \text{식 1.}$$

y축 프로젝션도 동일한 방식이다. Target의 이미지를 획득하여 한 줄의 영상을 식1 과 같이 프로젝션 하면, 그림1과 같은 결과를 얻을 수 있다.

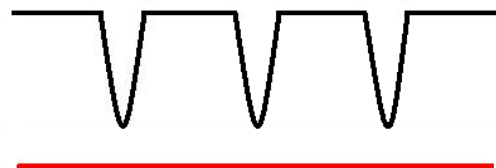


그림 1. 프로젝션 데이터

프로젝션 데이터의 에지(edge)포인트를 찾고, 찾아진 에지의 포물선에서 중심점을 찾으면 Target의 직선 위치를 알게 된다. 프로젝션 데이터의 Edge를 찾는 알고리즘은 프로젝션 X ,Y버퍼를 생성하여 데이터를 프로젝션 버퍼에 누적 시키고, 프로젝션 데이터를 미분(Differential)후 Mean filtering 하면, 그림2와 같이 Zero crossing point를 찾을 수 있다. Zero crossing point의 +5에서 ,-5 Pixel 위치가 Edge point이며, 미분

과 Filtering 하기 전 프로젝션 데이터에 Edge point를 적용 시킨 후 Curve fitting 근사 알고리즘(식2)으로 Target 직선의 중심위치를 찾을 수 있다.

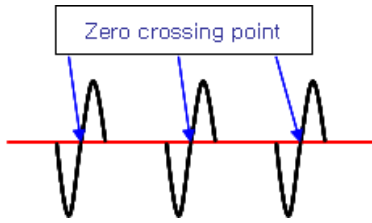


그림 2. 프로젝션 데이터를 미분 후 Mean filtering한 데이터

$$E = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 - bx_i - c)^2$$

$$\frac{\partial E}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n x_i^2 (y_i - ax_i^2 - bx_i - c) = 0$$

$$\frac{\partial E}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - ax_i^2 - bx_i - c) = 0$$

$$\frac{\partial E}{\partial c} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 - bx_i - c) = 0$$

식 2.

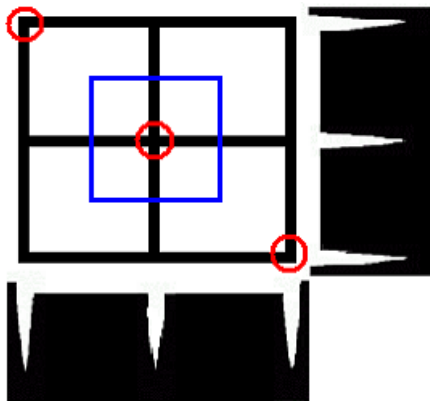


그림 3. Target 위치를 찾는 장면
캘리브레이션의 경우 그림3의 둥근 원 으로 표시된 3점의 위치를 찾아서 Pixel/mm값과 센터 점을 계산할 수 있다.(식3)

$$P_x = \frac{L T_x}{C_{3x} - C_{1x}}$$

$$P_y = \frac{L T_y}{C_{3y} - C_{1y}}$$

LT : 실제 Target의 길이
C1 : 영상의 첫 번째 중심점 위치
C3 : 영상의 세 번째 중심점 위치

식 3.

t-번째 샘플링 타임에서 찾은 센터 점의 위치를 Xt, Yt라고 하고, 캘리브레이션시 센터 점을 Xo, Yo라 하

면 변위(d)는 다음과 같다.

$$d_x = (X_t - X_o) * P_x$$

식4.

$$d_y = (Y_t - Y_o) * P_y$$

d(변위): Target의 이동거리(mm)

Xo, Yo(기준점): 캘리브레이션 센터 점(pixel)

Xt, Yt(이동점): 이동한 Target의 센터 점(pixel)

Px, Py(pixel당 길이): 산출된 Pixel/mm값

캘리브레이션은 Target 전체영역을 Processing 하지만, 변위 측정 시에는 Target중양부분의 사각영역만 Processing해서, 센터 점을 찾아 2차원변위(x축, y축)를 계산 한다. 그러므로 짧은 시간 내에 Target의 변위, 즉 교량의 변위를 측정 할 수 있다.

III. 결과

본 알고리즘을 구현해서 정밀 변위측정 시스템을 제작하여 구조물(KTX교량)의 변위측정을 실시하였다. 100frame/sec의 기능을 갖는 고속 CCD를 사용했으며, KTX가 통과할 때 생기는 교량의 변위를 기존에 변위 측정시스템인 접촉식 과 동시측정 하여 비교검증을 실시하였다. KTX교량에 부착한 Target과 50m 떨어진 거리에서 측정하였으며, 결과그래프는 그림 4와 같다.

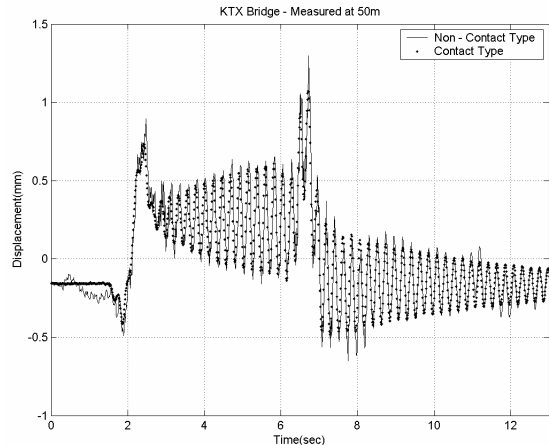


그림 4. 교량변위 비교검증 그래프

참고문헌

- [1] 권순덕, 이종운, “영상처리를 이용한 교량변위 측정 기술개발” 최종보고서, 전북대학교 공업기술연구센터, 2002.
- [2] 김창근, “Matlab을 이용한 수치해석”, 교우사, p269 ~ 304.
- [3] "A602f User's Manual", Basler, 1.2 (Performance Specifications)