

## LabVIEW의 영상처리 모듈을 이용한 미소 거리 측정 알고리즘 개발

김 재 훈, 박 승 규, 윤 태 성  
국립창원대학교 전기공학과

### Development of a Microscopic Gap Measuring Algorithm with LabVIEW IMAQ Module

Jae Hoon Kim, Seung Kyu Park, Tae Sung Yoon  
Department of Electrical Engineering, Changwon National University

**Abstract** - In this study, an image processing algorithm with LabVIEW IMAQ Module is presented and discussed for the development of a microscopic gap measuring system using CCD sensor. LabVIEW IMAQ development application that is developed by National Instrument Co. Inc. has a graphical interface and many image processing functions, so that it provides an easier environment for the development of a measurement algorithm using the image data. Actual microscopic gap measuring experiment was executed using the algorithm developed in this study and it showed a promising result. Also, we could obtain the convenience of LabVIEW IMAQ in developing the algorithm.

#### 1. 서 론

현대 산업 현장에서는 다양한 계측장비를 사용하고 있다. 그래서 제작기 사용되는 목적 및 적용범위에 따라 계측장비의 신뢰도는 아주 중요하다. 갭(gap)을 측정하는 계측장비 또한 다양한 산업분야에서 사용되고 있으며 최근 아주 미세한 갭의 측정이 요구되고 있을 뿐만 아니라 더욱더 정밀한 계측결과가 요구되고 있는 추세이다[1]. 기존의 갭 계측 장비로서는 일반적으로 접촉식 갭 측정공구인 필러게이지(feeler gauge)가 있는데, 이것은 작업자 주관의 측정 결과를 가지기 때문에 측정값이 비교적 정확하지 못할 뿐만 아니라 게이지의 정해진 필름 두께 내에서 계측이 이루어지기 때문에 측정 장비에 의한 오차가 또한 수반된다. 이러한 접촉식 계측장비 대안으로 비접촉식 센서들이 현대에 와서 사용되기 시작하였는데 대표적인 장비가 비접촉 정전용량센서이다. 1960년대에 개발된 이 장비는 0.5mm 정도의 갭을 측정할 수 있고, 장비의 큰 크기로 인해 휴대성이 떨어진다는 큰 단점을 안고 있다. 1996년 후반에 미국의 Capacitex 사와 Boeing Aircraft 사는 휴대용 고정밀 비접촉식 전자 갭 측정기인 디지털 갭센을 제품화 하였다[2]. 그러나, 기계적인 센서 구조 때문에 수백 마이크로미터에서 수 밀리미터 정도의 제한적 측정 범위를 가지고 있어 더욱더 미세한 갭을 측정하기에는 여전히 문제가 따르고 있다. 한편, 최근 CCD센서와 같은 영상 획득 센서의 정밀도가 높아지고 영상 계측 기술이 발달됨에 따라 영상에서 여러 가지의 계측을 하는 알고리즘이 소개되고 이와 관련된 다양한 제품이 상용화 되고 있다. 영상센서를 이용한 계측은 영상센서의 성능에 따라 최고 수 메가 픽셀(pixel)까지 정밀한 영상을 획득할 수 있어 그와 비례하는 정밀한 계측을 할 수 있다는 장점이 있다[1]. 본 논문에서는 휴대용 미소 갭 측정 장비 개발을 위한 준비 단계로서 CCD 센서에서 수집한 영상을 이용하여 수십  $\mu\text{m}$ 에서 수백  $\mu\text{m}$  사이의 미소 거리를 정확하게 측정할 수 있는 알고리즘을 내셔널인스트루먼트 사(National Instrument Co. Inc)의 LabVIEW IMAQ Module[3]을 이용하여 개발하고 실제 갭 측정 장치를 구현하여 금속 시편을 이용한 측정 실험을 통해 개발한 알고리즘의 성능을 시험하였다. LabVIEW는 개발 환경이 그래픽적으로 구성되어 있어 계측 알고리즘을 개발하는데 있어서 편리하고 그 시간을 단축할 수가 있다. 특히 LabVIEW IMAQ Modul은 영상 처리 관련 함수로 구성되어 영상 계측 알고리즘을 보다 쉽게 개발할 수 있다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 영상 개선을 위한 전처리

###### 2.1.1 갭의 명암 강조

단반사, 측정 대상 표면의 굴곡 등에 의해 경계부분에 희미하게 나타내는데 명암(brightness), 대비(contrast), 감마(gamma)값들을 강조하여 명암의 차이를 크게 할 수 있다. 하지만 이 값들의 조정할 때 주의를 기울이지 않으면 경계부분이 침식 또는 팽창하는 것과 임펄스성 잡음을 생기게 하는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 명암 = 180, 대비 = 50, 감마 = 1 으로 설정하여 영상의 변화는 적게 하고, 경계부분의 명암차이를 개선하였다.

###### 2.1.2 미디언 필터링

미디언 필터(median filter)는 비선형 영역처리 기법이다. 잡음을 제거하기 위해 일반적으로 저주파 통과 필터를 사용하는데 임펄스성 잡음을 제거하기에는 무리가 있다. 하지만 미디언 필터 같은 경우 임펄스성 잡음을 효과적으로 제거하고 영상의 경계점들을 소실하지 않고 대부분이 보존되어진다.

이 필터의 기본적인 원리는 그림 1과 같은 마스크를 전체영상에서 좌측에서 우측으로 이동시키면서 마스크내의 값들을 일렬로 정렬한다. 그리고 정렬된 데이터의 중간 값(median)을 선택하여 그 값을 대상 화소에 대입한다 [4]. 마스크의 크기가 클수록 잡음제거 효과가 있어서는 탁월하지만 정렬 알고리즘을 수행하는데 시간이 많이 걸리므로 전체 영상을 필터링하는 시간이 길어지는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 3x3 크기의 마스크를 채택하였다.

##### 2.2 갭 측정 알고리즘

갭 측정 알고리즘은 그림 1과 같이 크게 경계점 추출, 추출한 경계점 선형화, 좌측 경계선과 등 간격으로 샘플링 된 우측 경계점간의 최단거리 산출, 픽셀(pixel) 단위에서 실제  $\mu\text{m}$ 단위의 변환(calibration)으로 이루어진다.

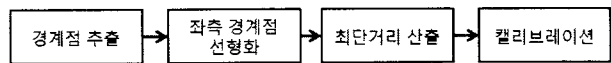


그림 1 측정 알고리즘의 흐름도.

Fig. 1. Flow of microscopic gap measuring algorithm.

###### 2.2.1 영상내 갭의 경계점 추출

갭의 거리를 측정하기 위해 가장 먼저 선행 되어야 할 작업은 갭이 영상의 어느 부분에 형성 되어 있는지 알아내는 것이다. 이 단계는 영상으로부터 배경과 갭의 경계부분을 분리하는 것으로 그 경계점을 정확히 추출해야지만 신뢰할 수 있는 갭 정보를 얻을 수 있다. 경계점을 추출하는 방법에는 소벨 마스크(Sobel mask), 프레윗 마스크(Prewitt mask), 로버트 마스크(Robert mask)등이 많이 사용되고 있다[5]. 하지만 이러한 방법은 영상의 경계가 특징하지 않은 모양을 하고 있을 때 우수한 특성을 나타내고, 영상의 모든 화소에 대해 1차 또는 2차 미분의 복잡한 알고리즘을 적용하기 때문에 단위 영상에 대한 처리 시간이 다소 길다는 단점을 가지고 있다. 또한 본 논문의 대상 영상과 같이 단순한 형태의 갭의 경계점을 추출 할 때는 좋지 않은 결과를 얻을 수 있다. 영상에서 경계점을 인식하는 방법은 x축 또는 y축으로 서로 이웃하는 점(pixel)간의 명암차이가 급격히 변하는 구간을 찾는 것이다. 명암의 변화를 중 최대 값을 취하면 그 구간이 경계점이 되는 것이다. LabVIEW IMAQ Module에서 제공하는 경계 추출(edge detection) 함수는 영상의 ROI 라인(Region Of Interest line)상에서 그림 2와 같이 서로 이웃한 점간의 명암 변화율을 계산하여 edge strength profile을 작성한다. 이 때 edge strength 값을 적절히 설정하여 최적의 경계점을 검출한다. 본 논문에서는 edge strength = 100~110으로 설정하여 실험을 반복하였다. 이 방법은 계산시간이 짧아 빠르게 경계점을 추출하는데 반해 임펄스성 잡음에 대해서 매우 취약하다는 단점을 가지고 있다. 따라서 정밀한 갭 측정을 위해 앞 절에서 소개한 미디언 필터를 적용하여 임펄스성 잡음을 제거하였다.

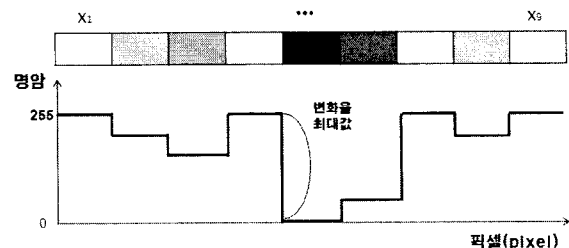


그림 2. 명암 변화율의 크기를 이용한 경계점 추출.

Fig. 2. Edge detection using brightness change rate.

###### 2.2.2 추출한 경계점 선형화

일반적으로 LMS(Least Mean Square)[5]를 이용하여 군집되어있는 경계점들의 최적의 직선을 검출한다. RANSAC(RANdom SAmple Consensus)

[6]같은 경우 오류점이 발생하더라도 최적의 직선을 검출하는 장점이 있지만, 계산식이 복잡하고, 무작위로 샘플링(sampling)을 하므로 매 계산 시 결과 값이 다르다. 그에 반해 LMS는 계산식이 간단하고, 결과 값이 항상 같으므로 본 논문에서는 이 방법으로 추출한 경계점들을 선형화 하였다.

### 2.2.3 경계선과 경계점의 최단거리 산출

거리를 산출하기 위해서 선형화에 의해 구해진 두 개의 직선이 항상 평행하다고 가정하면 두 직선간의 최단거리를 통해 거리를 산출할 수 있다. 하지만 갭의 비선형적인 경계면 굴곡에 의해 그 평행성을 보장할 수가 없기 때문에 그 두 직선간의 최단거리가 정확한 거리 값이라는 보장이 없다. 그리고 영상에서 갭이 수직이 아닌 기울어진 형태라면 갭의 기준에서 최단거리가 아닌 대각 방향의 거리가 산출이 된다. 본 논문에서는 갭의 좌측 경계점들을 선형화한 직선과 20 픽셀의 등 간격으로 샘플링한 우측 점들 간의 최단거리를 산출하여 평균값을 취한다. 이렇게 해서 갭의 경계면 굴곡과 기울어진 형태와는 무관하게 항상 최단거리가 구해지도록 하였다.

### 2.2.4 캘리브레이션

카메라로부터 수집한 영상은 일반적으로 메모리상에 위치하게 되고, 이것은 픽셀이라고 부르는 프레임 메모리 좌표계(frame memory coordinate system)를 가지게 된다[7]. 측정할 거리 값은 이 픽셀 단위로 산출되어지므로 캘리브레이션(calibration)을 통해 실제 거리 단위인  $\mu\text{m}$ 로 변환할 필요가 있다. 본 논문은 측정 대상을 촬영할 때의 렌즈 배율, 초점 거리(focusing distance)등이 같은 환경에서 그림 3과 같이 x축과 y축의 간격 값을 이미 알고 있는 도트 그리드(dot grid)를 촬영하여 1픽셀 당  $\mu\text{m}$ 의 scale ratio를 구하였다.

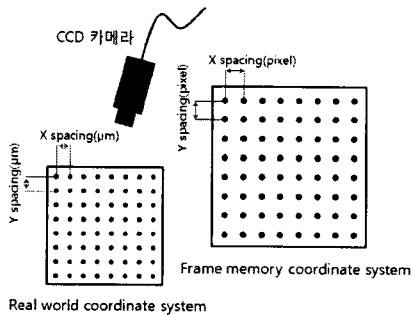


그림 3. 픽셀 단위에서 실제  $\mu\text{m}$  단위로의 변환.  
Fig. 3 Calibration of pixel unit into real( $\mu\text{m}$ ) unit.

### 2.3 미소 거리 측정 장치 구성

측정하고자 하는 갭의 영상을 수집하기 위해 기존의 광학현미경을 모델로 하여 그림 4와 같이 측정 장치를 구성하였다. 최상단에는 측정 대상을 촬영할 1/4" CCD 카메라(PointGrey Flea2)[8]가 위치하고 있고, 갭의 미소단위거리를 확대하기 위한 20배율의 대물 렌즈가 최 하단에 장착되어 있다. 그리고 렌즈와 카메라를 연결하기 위한 adapter와 4.6 배율의 ultra zoom이 삽입되어 약 92배율의 확대 성능을 가진다. 그리고 광학현미경의 반사경에 해당하는 조명의 강도는 영상의 명암과 관련이 있으므로 그 광량의 선택은 매우 중요한데 자연광에 가까운 할로겐 조명을 이용하여 피사체가 빛에 노출 되도록 하였다. 그리고 초점거리가 변하게 되면 영상의 크기가 변하게 되므로 측정되는 갭이 달라진다. 그래서 이를 일정하게 유지하기 위해 spacer를 제작하여 측정 장치의 최 하단에 장착하여 피사체와 렌즈 사이에 일정한 간격을 유지하도록 하였다.

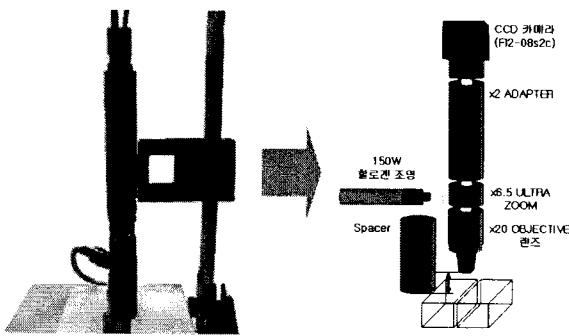


그림 4. 갭 측정 장치 구성.  
Fig. 4. CCD camera apparatus for gap measurement.

### 2.4 미소 단위의 갭 측정 프로그램

LabVIEW IMAQ Module의 영상 처리 관련 함수들을 이용하여 각각의

측정 알고리즘을 구현하였다. 측정 프로그램의 인터페이스는 그림 5와 같이 갭의 영상을 디스플레이(display)하고, 측정된 갭의 거리 값과 오차 값을 출력하였다. 그리고 밝기, 명암, 감마 등을 조절할 수 있는 컨트롤과 경계점 검출 및 선형화에 대한 setting 항목 등을 생성하여 측정 환경 변화에 의한 오차에 대해 즉시 대처할 수 있게 하였다.

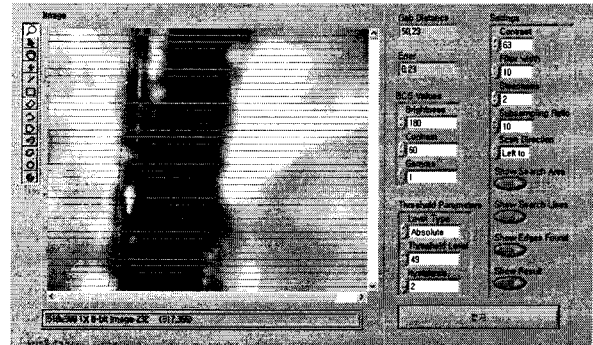


그림 5. LabVIEW IMAQ Module을 이용한 갭 측정 프로그램.  
Fig. 5. Gap measuring program using LabVIEW IMAQ module.

표 1. 측정 결과

기준 거리	측정 된 거리 평균값	오 차
10	12.83	2.83
20	24.02	4.02
30	31.94	1.94
40	41.04	1.04
50	50.98	0.98
60	60.32	0.32
70	70.45	0.45
80	80.13	0.13
90	90.57	0.57
100	100.39	0.39
200	200.62	0.62

### 3. 결 론

본 논문에서는 영상 개선을 위한 전처리 과정과 미소 거리를 측정하기 위해 경계점 추출, 경계점 선형화, 최단거리 산출, 캘리브레이션과 같은 미소 거리 측정 알고리즘을 제시하고 LabVIEW IMAQ Module을 이용하여 알고리즘을 구현하였다. 그리고 실제 시스템을 하나의 기준 거리 당 20회씩 반복실험을 하여 측정된 거리 값의 평균값과 그 오차를 표 1과 같이 확인할 수 있었다. 측정된 갭의 평균 거리는  $0.13 \sim 4.02 \mu\text{m}$  사이의 오차를 보였다. 그러나, 렌즈와 경통의 크기 때문에 측정 장치의 휴대성을 제대로 구현하지 못하였고, 측정할 때마다 달라지는 초점거리에 의해 일부 측정에서 오차가  $4 \mu\text{m}$ 까지 발생하였다. 캘리브레이션이 적용된 오토 포커싱 기술(auto focusing)의 연구와 휴대성을 개선하기 위한 렌즈 및 경통의 소형화 등에 대한 연구가  $1 \mu\text{m}$ 이하의 오차를 가지는 정밀한 휴대용 갭 측정 장치 시스템을 개발하기 위하여 향후 해결해야 할 과제이다.

이 논문은 2006년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

### [참 고 문 헌]

- [1] 김정현, "CCD 센서를 이용한 휴대용 간격 측정 장치 개발에 관한 연구", 창원대, 석사학위논문, 2007.
- [2] 강재성, "고정밀 비접촉 Gap 측정 기술의 발전 : 응용분야의 확대와 비용절감", 自動制御計測 135(99.3) pp.132-135, 자동제어계측사, 1999.
- [3] T. Klinger, 'Image processing with Labview and IMAQ vision', National Instruments, 2003.
- [4] 정성환, 이문호, '오픈소스 CxImage를 이용한 Visual C++ 디지털 영상 처리', 홍릉과학출판사, 2006.
- [5] J. R. Parker, 'Algorithms for Image Processing and computer Vision', John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [6] M.A.Fischler, R.C.Bolles "Random Sample Consensus: A paradigm for model fitting with application to image analysis and automated cartography", In Communications of ACM, 24(6), pp. 381-395, 1981.
- [7] 정석운, "센서 데이터의 EKF 융합에 의한 이동 로봇의 위치 추정에 관한 연구", 창원대, 석사학위논문, 2003.
- [8] Point Grey Inc. "Flea2 technical reference manual", Point Grey, 2006.