

영상처리기를 이용한 대상물체의 자동계측

백 남철 김 영일 전준석 정영기 이재구 최호현
[금 성 산 전 연 구 소]

Auto-Measurement of Object by using Image Processor

Nam C. Paik, Young I. Kim, Joon S. Jun, Young K. Jung, Jae K. Lee and Ho H. Choi
[Gold Star Industrial Systems Lab.]

Abstract

In order to measure object larger than the optical field-of-view most video measurement systems utilize some sort of precision staging mechanism, and to utilize such a staging systems, Auto-Measurement System implemented in this paper has a precision of its own which affect the overall repeatability of the measuring instrument.

I. 서론

머신비전은 고속 및 저가격의 컴퓨터 그리고 마이크로 프로세서 등의 출현으로 빠른 속도로 발전하고 있으며 점차 실용화 단계에 접어들고 있다.

종래의 광학비교기 및 현미경 등을 이용한 품질관리는 머신비전과 시각 검사시스템의 도입을 통하여, 점차 고도화 및 자동화하는 추세로 가고 있으며 그 응용분야로는 로봇 가이드스, 자동배열, OCR, 패턴인식 및 자동검사 등의 여러 산업분야에서 광범위하게 이용되고 있다.

본 논문에서의 자동 영상 계측 시스템은 한 FOV(Field of View) 내에서 관측하기 곤란한 디멘전이나 영상등을 측정하기 위한 정밀 계측용의 영상시스템이다. 본 시스템의 특징으로서는 고속으로 정확하고 신뢰성 있는 XYZ 데이터 포인트를 얻는데 있다 (1).

영상처리기를 이용한 대상물체의 자동계측에서 Precision과 "Accuracy"의 용어는 서로 다른 의미를 갖게 된다. 영상처리기를 이용한 자동계측에서 측정기구의 목적은 "Accuracy"인 반면에, 계측장치 디자인의 목적은 Precision의 보장이다. 이러한 Precision이 구해지면 Accuracy는 각 기

구에 대하여 조정할 수 있게 된다 (2).

따라서 본 논문은 자동 영상 검사 시스템의 구성, 그 영상해석 및 정밀도에 영향을 미치는 요인 등을 세부적으로 분류, 고찰한다.

II. 시스템 구성

본 자동영상 계측 시스템은 그림1과 같이 비디오 영상 분석장치, 스테이징 및 위치 재환장치 그리고 컴퓨터 데이터처리/제어부의 3부분으로 나누어 구성한다.

본 시스템은 각 모듈과 서브시스템의 구성에 있어 뛰어난 성능과 최소의 소프트웨어 오버헤드(Overhead)로, 실시간의 알고리즘이 실행되도록 구현하였으며, 영상의 Subregion이 1 비디오 프레임 시간 이하로 처리되도록 해 주는 ROI 프로세싱 모우드를 채택하였다.

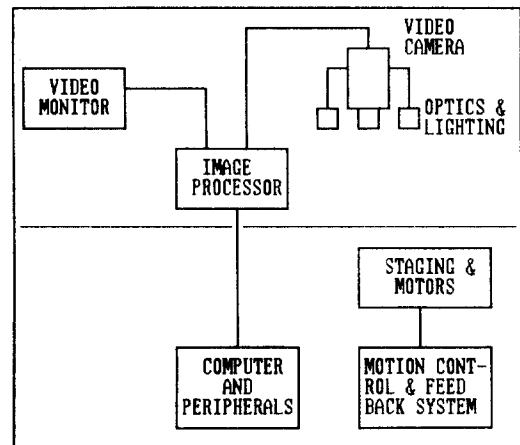


그림 1. 자동 영상 계측/검사 시스템의 블럭선도
Fig. 1. Block Diagram of Automatic Image Measurement/Inspection System

시스템 모듈은 화소 데이터가 비디오 레이트로 고속처리 파이프라인을 통해서 흐르고, 추가 모듈이 비디오 파이프라인에 쉽게 통합되도록 하기 위해서 그림2와 같은 Daisy Chain 방식으로 연결한다.

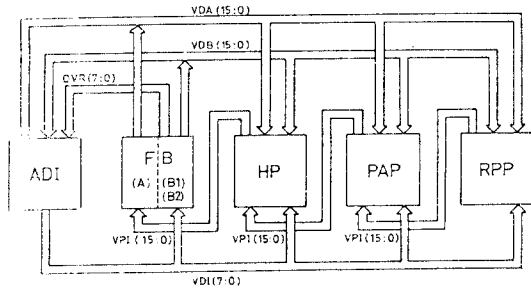


그림 2. 자동 영상 계측 시스템의 비디오 버스 구성도
Fig. 2. Video Bus Configuration of Auto Image Measurement System

비디오 영상 분석 장치의 광학 및 조명장치는 카메라의 주사면(Scanning Plate)에 초점을 둔 광학 영상을 형성하기 위하여 사용되며, 전자적으로 (Electronically) 스캐닝된 영상을 분석하기 위하여 영상 처리 장치에 보내진다.

영상 입력은 스캐닝된 영상 데이터를 발생하는 CCD 카메라를 통하여 영상처리 장치로 전달되며, 이미 지정된 속도로 카메라의 센싱 포인트를 옮겨가면서 영상을 스캐닝한다. 스캐너(Scanner)는 패턴에 대한 빛의 세기를 시간에 대한 정밀함수로 센싱하므로, 영상화면의 스캔을 시간에 대한 빛의 세기로 대응시킬 수 있다. 따라서 어느 X,Y 위치에서의 빛의 Intensity는 스캐닝된 후에 정확한 값으로 대응된다 (3).

비디오 카메라는 한 예를 들어서 그림3에서 보는바와 같이 2차원 스캔 형식을 이용하며, 빛의 세기의 분포가 연속 수평 비디오 라인과 같이 디스플레이된다.

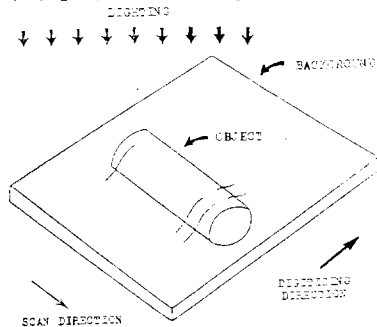


그림 3. 실린더의 비디오 스캔
Fig. 3. Video Scan of a Cylinder

이러한 라인들은 영상처리 장치에 의해 디지털이 되어, 2차원 데이터 매트릭스(Pixel)로 형성되며 각각의 화소에 관련된 영상의 빛의 세기도 또한 양자화(Quantization)되어 기록된다.

이러한 방식으로 X, Y 화소 위치와 그에 따른 빛의 세기 값을 이용하여 영상처리 장치에서 삼차원 공간을 응용할 수 있다.

III. 비디오 영상 해석

영상 계측 시스템의 기본적인 디지털 해상도는 조명 및 광학뿐만 아니라 카메라와 디지털이징 하는 전자회로 등에 의존한다. 디지털해상도는 광학적인 FOV(Field of View)를 센서 및 디지털이저의 특성에 관련된 수로 나누어서 구한다. 이 숫자는 대부분 시스템에 따라서 다르지만 일반적으로 256 ~ 1000이 사용되며 본시스템에서는 500으로 한다.

$$\text{해상도 } R = \frac{\text{FOV}}{500}$$

본 자동영상 계측 시스템의 디지털 해상도의 값을 표1에 나타내었다.

표 1. 본 시스템의 디지털 해상도
Table 1. Digital Resolution of Image Measurement System

OPTICAL FOV	OPTICAL MAGNIFICATION	DIGITAL RESOLUTION
0.5"	1.5 X	0.001"
0.1"	7.5 X	0.0002"
0.05"	15 X	0.0001"
0.01"	75 X	0.00002"
0.005"	150 X	0.00001"
0.001"	750 X	0.000002"

자동영상 계측 시스템에서 영상처리 장치는 추출된 임계치로 엠티를 반복처리하여 정확도와 반복성을 계산한다. 자동 영상 계측 시스템에서 Z축의 측정은 영상처리 장치와 Z축 Stage 사이의 조화있는 결합을 통하여 이룰수가 있다.

가장 좋은 Focus는 Z축 Stage를 예상 초점 영역으로 이동시키므로써 결정되며 그동안 영상처리기는 Focusing의 정도에 관계되는 디지털 숫자를 연속적으로 계산한다. Z축에 대한 초점도의 구성은 그림4에 보인바와 같이 가우시안 분포곡선으로서 정상치의 Z를 계산하여 측정 포인트를 얻는다.

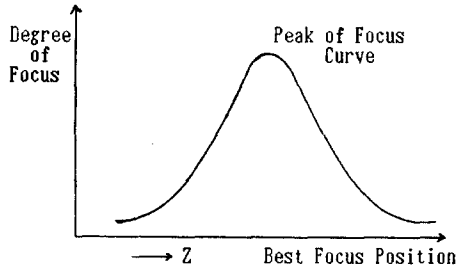


그림 4. 초점수와 Z 위치의 일반적인 관계
Fig. 4. Typical Plot of Focus Number & Position

IV. 자동 정밀 비디오 계측

영상처리를 이용한 대상물체의 자동계측에서 "Precision"과 "Accuracy"의 용어를 정의하면 "Precision"이란 "Repeatability"의 정도를 의미하고, "Accuracy"란 측정이 실제와 얼마나 근접했는가의 척도로 설명된다 (4). 이러한 구별은 디자인할 때나 자동 영상 계측 장치를 사용할 경우에 매우 중요하다.

Precision에 영향을 미치는 요인들로서는 기계적인 것과 환경적인 영향으로 구분하여 정의한다.

1) Precision에 영향을 미치는 요인

a. 기계적인 영향

광학적인 FOV를 벗어나는 대상물체를 측정하기 위하여 대부분의 영상 비디오 계측 시스템은 정밀 스테이지 메카니즘을 이용한다. 이러한 Staging System은 계측장치의 전체적인 Repeatability에 영향을 미치는 "Precision"을 가져야하는데 일반적으로 위치 코딩 장치에 관련된 디지털 값과 스테핑 모터의 스텝 등의 non-repeatability로는 히스테리시스, Loose Coupling 등이 있다.

b. 환경적인 영향

Precision에 영향을 미치는 환경적인 요인은 온도변화, 전압변동에 의한 빛의 변화, Fixture의 서로 다른 위치, 대상물체의 먼지 및 기타 다른 요인들로 규정할 수 있다. 이 요인을 정의하면 다음과 같다 (6).

δt : Thermal Non-Repeatability

δv : Vibrational Non-Repeatability

δe : Lighting Non-Repeatability

δa : Alignment and Fixture Non-Repeatability

δd : Dirt Non-Repeatability

δo : Other Environmental Non-Repeatability

c. Precision 추정

자동 영상 계측 시스템에서 모든 Precision 측정 결과는 카메라의 위치 및 FOV의 측정 포인트의 위치 등에 달려 있으며, 적절한 수학 방정식을 이용하여 측정할 수 있다. 또한 Non-Repeatability를 추정하는 방법으로서 다음과 같이 RMS 값을 구한다.

2) Non-repeatability의 최소화

온도의 Non-Repeatability (δt)

온도에 의한 열팽창은 Staging의 불균형 및 Stage 이동에 따른 직선성에 오차를 가져오며, 카메라의 디지털, 아날로그 회로에 영향을 줄뿐만아니라 영상 측정의 선형성에 변동을 초래한다. 일반적으로 주변온도를 일정하게 하고 주어진 시스템의 온도 반응을 특정지어 이것을 시스템 소프트웨어로 해결한다.

진동의 Non-Repeatability (δr)

$\pm 0.000010''$ 정도의 Non-repeatability를 갖는 계측 시스템에서 진동은 심한 영향을 미친다. 진동방지를 위하여 부가적인 공기 충격 흡수기와 같은 기능을 추가하고, 측정시 많은 데이터 포인트를 취하여 통계법칙에 따른 평균값을 계산한다.

대상물체의 먼지에 의한 Non-Repeatability

자동 계측 시스템에서 먼지제거의 유용한 기능을 부여하지 않으면 입자에 의한 Non-Repeatability가 측정에 나타난다. 따라서 Precision 측정을 하기 위하여 대상물체를 완벽하게 깨끗이 하는 것은 불합리하므로 측정시 여러 데이터 포인트를 사용하여 평균값을 계산한다.

배열에 따른 Non-Repeatability (δa)

자동 영상 계측 시스템에서 사용자의 주된 요구 기능은 대상물체가 측정할 때에 흔들리거나 경사가 지지 않도록 해야 하고, 대상물체의 고정되어 간편하고 저렴한 가격으로 소프트웨어 배열 루우틴을 제공해야 한다.

조명의 Non-Repeatability

조명은 표면 반사가 있을 때에 매우 복잡하게 되어 직접 및 반사광의 방향 및 Spectral 분포, 대상물체의 표면 형태, 광원의 형태, 카메라의 감도 및 그외의기술적인 사

향을 고려해야 한다. 따라서 조명의 조건이 바뀌면 영상 계측 기구에 의해 다른 영상으로 된다.

사용자는 광원에 일정한 전압을 가하여 빛의 세기에 과다한 진동이 발생하지 않도록 해야 하고, 실내 조명과 같은 빛은 차단을 하여 원치 않는 반사가 피측정 물체에 발생하지 않도록 해야 한다.

. 기타의 Non-Repeatability ($\Delta\sigma$)

앞에서 언급되지 않은 영상의 전기적 잡음, 장비의 서투른 조작등이 있다. 따라서 장비의 적절한 취급을 위하여 문제를 일으키는 외부 요인을 최소화시켜야 한다.

. Stage Non-Repeatability ($\Delta\sigma_{r,stage}$)

고도의 정밀 계측을 필요로 하는 경우 Stage의 Position Resolution의 Non-Repeatability는 평균치를 취하여 최소화시킬 수 있으며 그 평균격차는

$$\Delta\sigma_{r,stage} = \frac{3R_s}{N_s} \text{ 로 주어진다.}$$

여기서 R_s : 해상도

N_s : 원하는 측정을 위해 사용된 Stage Position의 수

. 비디오 영상 Non-Repeatability ($\Delta\sigma_{r,video}$)

비디오 영상을 이용한 정밀 계측의 장점은 측정속도에 있다.

측정속도에 비례한 Cost를 줄이기 위하여 통계적인 기술을 이용하여 최적한 Performance를 갖는다.

$$\Delta\sigma_{r,video} = \frac{3R_v}{N_v}$$

여기서 R_v : 해상도

N_v : 원하는 측정을 위해 사용된 화소의 수

3) 시스템 정확성

앞에서 논의한 법칙등을 이용하여 자동 영상 계측 시스템의 Precision을 구하고 추정한다. 피측정 물체의 계측시에 "Truth"를 대표하는 표준대상물체(Master)를 측정하여, 결정된 수정요인을 소프트웨어로 처리하고 또한 Instrument에 눈금을 조정하므로써 Accuracy를 얻는다(5).

V. 결론

정밀 계측을 위해 사용된 자동 영상 계측 시스템의 Repeatability와 Accuracy는 정밀 비디오 계측과 시각 검사 분야에서 중요한 평가 요소이다. 본 연구에서는 자동 영상 계측을 위한 실시간 영상처리 시스템을 이용하여 Precision에 영향을 미치는 모든 Non-Repeatability를 System Throughput에 영향을 주지 않는 범위에서 최소화 하는 방법을 고찰하였으며, 또한 본론에서 논의한 방법을 이용하여 자동 비디오 계측 및 검사 시스템의 Precision을 구하고 추정할 수 있었다.

앞으로의 과제는 고도의 정밀한 Accuracy를 얻기 위한 충분한 응용 소프트웨어의 개발, 생산공정라인의 Optimal한 Inspection Cycle의 결정 및 그에 따른 광학 및 조명 장치의 개발등이 요구된다.

참 고 문 헌

1. R.Freeling, "The Significance of Lighting in Industrial Tasks", Proc. IEEE. Int. Conf. Robotics and Automation, pp. 458-460, 1985.
2. R.C. Gonzalez and R. Safabakhsh, "Computer Vision Techniques for Industrial Applications and Robot Control", COMPUTER, pp.17-31, Dec. 1982.
3. B.K.P. Horn, Robot Vision, Cambridge : MIT Press, 1986.
4. W.K.Pratt, Digital Image Processing, Wiley-Interscience, 1977.
5. R.M.Bolle and D.B.Cooper, "Bayesian Recognition of Local 3-D shape by Approximating Image Intensity Functions with Quadric Polynomials", IEEE Trans. Patt.Anal.Mach.Intell., Vol.PAMI-6, no.4, pp 418-429. July 1984.
6. R.T.Chin and C.A. Harlow, "Automated Visual Inspection : A Survey", IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell., vol. PAMI-4. no.6 pp 557-573, Nov. 1982.