

논문 2004-41SC-5-1

영상처리에 의한 경량기포 콘크리트 블록의 치수 자동계측 알고리즘 개발

(Development of Automatic ALC Block Measurement Algorithm using
Image Processing)

허 경 무*, 엄 주 진**

(Kyung Moo Huh and Ju Jin Eom)

요 약

본 논문에서는 개인용 컴퓨터와 CCD 카메라를 이용하여 실시간처리에 의해 생산 공정에서 자동으로 경량기포 콘크리트 블록의 각종 치수 측정을 할 수 있는 시스템 설계방법을 제안하였다. 또한 제안한 치수측정 자동화 알고리즘은 실제 작업환경을 고려하여 이중에지를 고려한 경계결정방법, 작업공정내의 피사체의 진동을 고려한 단위길이 결정방법, 카메라의 곡률보정에 의한 치수오차 보정 방법 등을 적용함으로써, 고성능의 하드웨어 장비를 이용하지 않고서도 실제공정에서의 실험결과를 통해 모든 경량기포 콘크리트 블록의 치수에 대해 1mm이내의 오차를 보장하므로, 설계한 시스템이 적합한 치수측정 시스템을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose a machine vision system by which we can measure the size of ALC blocks in real-time in the production process. The images obtained by our system were processed by a devised algorithm, specially designed for the enhanced measurement accuracy. From the experimental results, we could find that the required measurement accuracy specification is sufficiently satisfied by using our proposed method.

Keywords: machine vision, automatic size measurement, edge detection

I. 서 론

경량기포 콘크리트 블록이란 고온 고압에서 증기 양생시킨 콘크리트로서, 안정된 결정질을 가진 건축자재이고 우수한 성능이 인정되어 세계 각국에서 널리 쓰이고 있다. 제조 공정은 원료를 분쇄하여 형틀에 세트된 후 발포되어 케이크 상태로 굳어진 후 탈형하여 절단되게 된다. 본 논문에서는 정밀도는 향상되면서 고가의 특수한 장비 없이 개인용 컴퓨터와 CCD 카메라를 이용하여 블록의 각종 치수(길이, 높이, 두께) 측정을 전부 할 수 있는 방법을 제안하였다. CCD 카메라를 이용하여 한 장

의 이미지만으로 파손부위를 판별하고 동시에 블록간의 상하 경사도와 각종 치수의 불균일성을 전부 판별할 수 있도록 하기위해 입력이미지에서 블록에 대한 에지만을 추출하여 보정작업을 거쳐 블록의 치수를 검사할 수 있도록 하였다.

II. 입력 영상의 전처리 과정

본 장에서는 입력 이미지를 고주파 필터를 이용해 더 날카로운 영상으로 보정하고, 입력 이미지의 다양한 밝기에 적용하기 위한 문턱값을 결정하고 개선된 캐니 에지검출 알고리즘을 적용하여 보다 나은 에지를 추출하기 위한 전처리 과정을 보여준다.

1. 영상 정보의 획득

* 정회원, ** 학생회원, 단국대학교 전자컴퓨터학부
(Department of Electronics & Computer Engineering,
Dankook University)
접수일자: 2003년1월7일, 수정완료일: 2004년8월31일

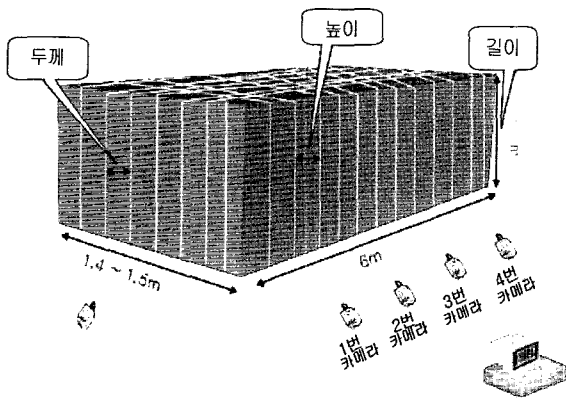


그림 1. 시스템 구성
Fig. 1. System Structure.

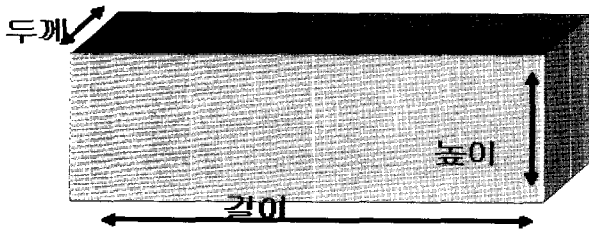
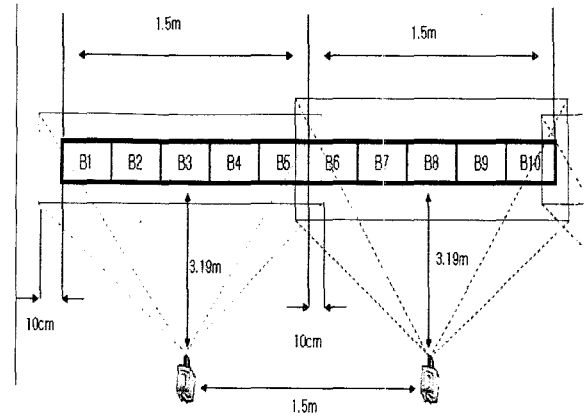
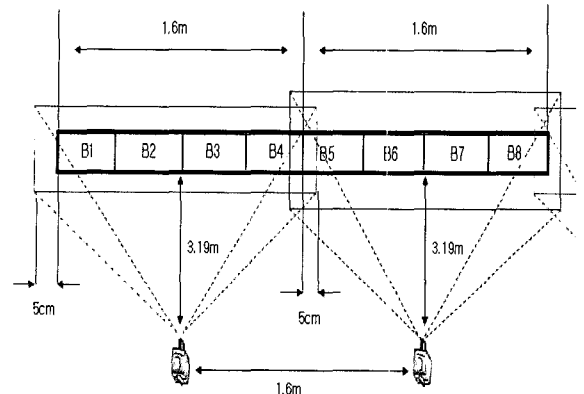


그림 2. ALC의 치수
Fig. 2. Size of ALC.

그림 2는 본 연구에서 검사하고자 하는 단일 경량기포 콘크리트 블록의 각종 치수를 나타낸 것이다. 실제 제작과정에서는 그림 1과 같이 블록군을 형성하고 있으며 가로의 크기는 6m이고 세로는 60cm이다. 이러한 블록군을 주문 상태에 따라 절단 와이어로 30cm간격으로 20개 또는 40cm간격으로 15개의 블록으로 절단한다. 이 블록간의 간격이 단일 ALC 블록의 두께와 높이에 해당하고 세로의 크기가 길이에 해당한다. 본 시스템은 이 블록군을 그림 1과 같이 5대의 카메라를 통해 자동검사공정을 수행하게 된다. 보다 높은 해상도를 얻기 위해서는 고해상도 카메라를 채용해야 하는데, 이는 보통 4배 이상의 재료비 상승을 야기하므로, 가능하면 여러 대의 표준 카메라를 사용하는 방식을 추구하는 것이 효과적인 시스템 구성방법이라 할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 높이 측정부에 4대의 카메라를 일정간격으로 배치하여 영상을 분할하여 개별적으로 측정함으로써 해상도를 높이는 방법을 제안한다. 그림 3은 높이 측정부의 카메라의 배치도를 나타낸다. 대상 물체와 카메라의 거리는 3.19m로 고정하여 각 카메라마다 동일한 FOV를 가지도록 설계하였으며 횡축으로 카메라의 간격변화를 주어 생산 공정에서 제작되는 블록의 높이 변화에 유연하게 대체할 수 있다. 본 실험에서는 높이 치수가 30cm인 블록을 대상으로 실험하였다.



(a) 높이 치수 30cm 인 경우



(b) 높이 치수 40cm 인 경우

그림 3. ALC의 치수
Fig. 3. Measurement name of ALC.

2. 입력 이미지의 반전

입력받은 이미지의 블록의 에지부분은 주변보다 어둡다. 실제 영상처리 연산을 수행시 어두운 경계 부분보다는 밝은 경계 부분을 가진 영상을 처리하기가 수월하기 때문에 NOT 연산을 수행해서 에지 부분을 주변보다 밝게 만든다. 또한 치수 계산을 위한 경계점 추출시 보다 나은 결과를 보였다.

3. 고주파 필터

고주파 강화 필터링은 입력 영상에서의 잘못된 초점에 의해 흐려진 부분을 영상내의 저주파 성분은 손대지 않고, 고주파 성분을 강화함으로써 출력영상을 더 날카롭고 시각적으로 더 좋은 영상으로 만든다^[2].

4. 조명의 휘도 정보 추출

문턱값 결정에 있어서 조명상태에 따른 영향을 줄이기 위해, 입력이미지로부터 색상 성분을 없애고 조명의 휘도 정보를 찾아낸다^[2].

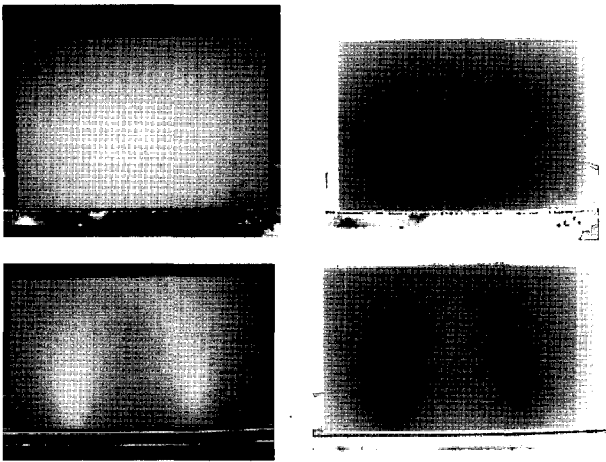


그림 4. 원 영상

그림 5. 반전 영상

Fig. 4. Real Image.

Fig. 5. Reverse Turn Image.

$$Level = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^i \frac{R+G+B}{3} \quad (1)$$

여기에서 Level은 이미지상의 물체의 평균 그레이 레벨[0~255]을 나타내고, i 는 가공 물체의 픽셀의 수, R, G, B 는 가공 물체의 픽셀들의 R, G, B 레벨값을 나타낸다.

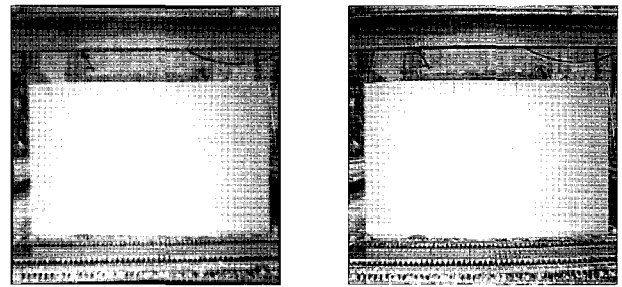
5. 히스토그램의 평활화

명암값의 분포가 한쪽으로 치우치거나 균일하지 못한 영상은 히스토그램의 평활화처리에 의해 명암값의 분포를 균일화시킴으로서 영상을 향상시킬수 있다. 따라서 평활화를 수행한 히스토그램은 보다 균일한 분포를 가지게 되며 다음과 같은 3단계를 거친다.

- a. 히스토그램을 이용한 명도값의 빈도수를 계산한다.
- b. 구한 빈도수를 이용하여 축척 히스토그램 값을 구하고 정규화시킨다.
- c. 정규화된 축척 히스토그램을 그레이 레벨값으로 매핑한다.

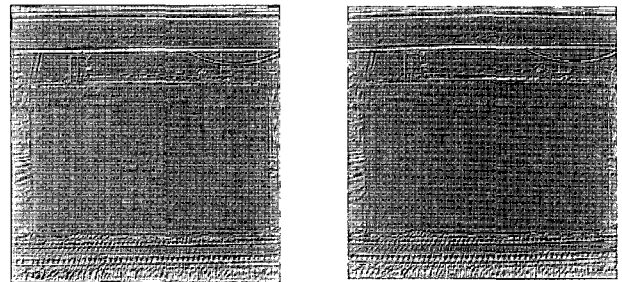
6. 개선된 캐니 에지 검출기

본 논문에서는 소벨 마스크를 기반으로 개선된 캐니 에지 검출기 알고리즘을 적용한 에지 검출 기법을 사용하였다. Canny는 에지 검출을 위한 방법들을 정의하였고, 그 방법들을 달성하기 위한 최적의 방법을 설명하였다^[3]. SNR(signal noise ratio)의 값은 잡음에 대한 출력 신호의 비율이며 가능한 커야한다. 위치측정값(localization)은 실제 에지로부터 위치된 에지까지의 거리의 역수이며, 이 값 또한 가능한 커야하는데, 이것이 의미



(a) 원영상

(b) 전처리후 영상



(c) 캐니 알고리즘 적용

(d) 개선된 캐니 알고리즘 적용

그림 6. 기존의 방법과 제안하는 방법의 성능 비교

Fig. 6. Comparison between the existent method and the proposed method.

하는 것은 거리가 가능한 작아야 한다는 것을 의미한다^[4]. 계산적인 접근을 채택한 캐니 에지 검출 방법에서는 단일 에지에 대해서 중복 응답을 보이지 않기 때문에 false-positive 현상이 나타나지 않는다. 일반적인 캐니 에지 검출기 알고리즘은 가우시안 필터로 영상의 잡음을 제거한 후에 이미지의 모든 화소의 기울기의 크기와 방향을 계산한다. 그리고 나서 에지의 국소화 과정을 통해 한 픽셀 폭의 에지로 만든 후 문턱값 적용에 의한 미세 에지(weak edge)를 제거하게 된다^{[5][6]}. 기존의 경량 기포 콘크리트 블록 비전 검사 방법에서 적용한 캐니 에지 디텍터가 가장 정밀하게 정의된 연산자이고 가장 광범위하게 사용되고는 있으며 Canny에 의해 정의된 최적화 과정이 확실한 근거에 놓여 있다하더라도 그림 6에서 보듯이 몇몇의 정확한 에지들을 놓치는 경우가 있다. 개선된 캐니 에지 알고리즘은 다음과 같다. 먼저 가우시안 필터로 영상의 잡음을 제거한 후 모든 화소에 대해 기울기의 크기와 기울기의 방향을 계산한다. 그 후에 기울기의 방향에 상관없이 주변 픽셀들 보다 기울기의 크기가 크면 에지(minor edge)로 표시한다. 마이너 에지를 추적하여 한 화소의 메이저 에지(major edge)와도 연결되지 않은 가짜 에지(false edge)를 제거한후 문턱값에 의해 미세 에지를 제거한다^[7]. 우리는 소벨 마스크를 기반으로 한 개선된 Canny의 에지 검출 방법 사용하였다. 그

림 6에 기존의 경량기포 콘크리트 블록 비전 검사^[8]에서 캐니 알고리즘을 적용한 에지 검출 결과와 본 논문에서 적용한 개선된 마스크 기법을 비교하였다. 블록군의 최외각 에지의 누실은 거의 없기 때문에 입력 이미지가 부정확하여 내부 에지의 누실이 초래되는 입력 영상에 대해 적용하여 보았다. 그림 6의 (c)는 기존의 캐니 에지 알고리즘을 적용한 수직 내부 에지 검출 영상이고, 우측의 (d)는 개선된 캐니 에지 알고리즘 기법을 적용한 수직 내부 에지 검출 영상이다. 에지 검출 능력이 향상된 것을 확인할 수 있다.

III. 치수측정 알고리즘

본 장에서는 카메라에 의한 곡률을 보정하고 새로이 적용한 경량기포 콘크리트 블록의 치수측정의 정밀도를 향상을 위한 블록군의 에지형태를 고려한 경계검출 알고리즘을 이용하여 블록의 정확한 치수 측정 방법을 제안한다.

1. 카메라의 곡률보정에 의한 치수오차 보정

그림 8에서 보인 바와 같이 미리 작성된 그리드 이미지를 통해 곡률을 가진 영상을 입력받아 그리드의 각점을 이미 알고 있는 실제 좌표계로 재배치함으로써 곡률이 보정된 이미지를 얻어내게 된다. 이러한 방법은 본 실험과 같은 구조적으로 취약한 공정 환경에서와 같이 카메라를 정밀하게 위치시키지 않더라도 어떤 위치에서나 그리드의 입력 이미지만으로 카메라의 렌즈에 의한 곡률을 보정할 수 있다.

본 연구에서는 곡률보정에 대한 정보를 잃지 않으면서도 계산량은 최소화하여 빠른 연산결과를 도출해 낼 수 있도록 각 원의 지름은 12 픽셀이고 점들 간의 간격은 22 픽셀이다. 그리고 21x28 개의 기준점들은 크기와 모양이 같고 기준점들 간의 간격은 12 픽셀로 구성하였다. 제시한 원칙을 통해 설계된 그리드를 통해 얻어낸 보정패턴을 입력된 영상에 마스크 처리시킴으로써 보정된 이미지를 추출하였다.

2. 두께, 길이, 높이 측정을 위한 알고리즘

영상 내에서의 압출된 블록의 두께는 영상의 최소단위인 픽셀의 개수로 측정하고 이로부터 실제 블록의 두께를 길이 단위인 Cm로 환산하였다. 픽셀의 개수는 경계의 위치의 좌표를 구하여 다음 경계의 좌표와의 차이로 구할 수 있다. 블록간의 상하 경사도와 치수의 균일

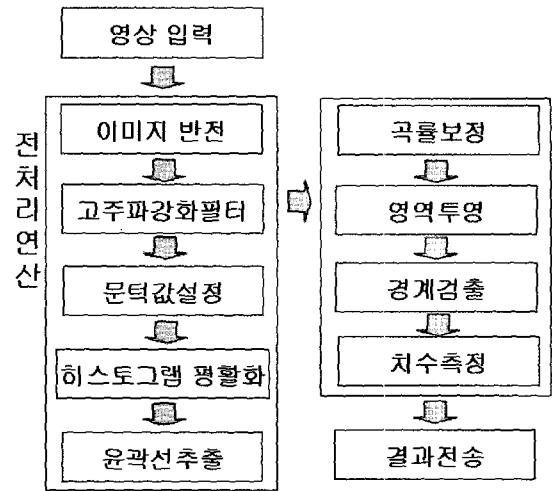


그림 7. 치수측정의 흐름도
Fig. 7. Measurement procedure.

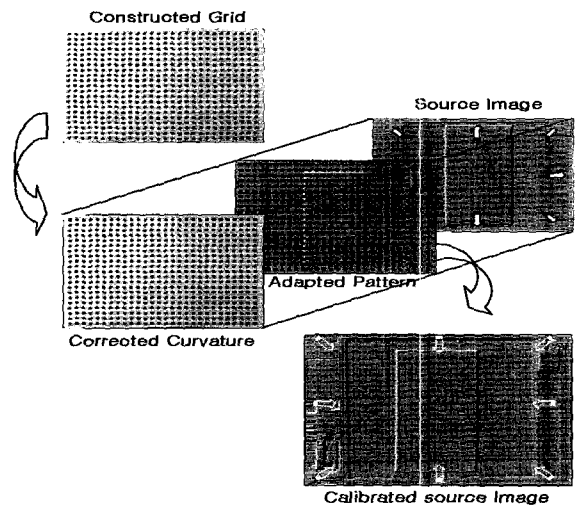


그림 8. 곡률 보정 프로세스
Fig. 8. Curvature Compensation Process.

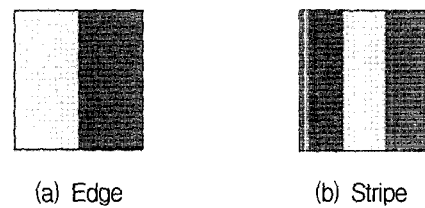


그림 9. 에지와 스트립
Fig. 9. Edge and Stripe.

성은 경량기포 콘크리트 블록의 품질의 가장 중요한 요소이다. 경량기포 콘크리트 블록의 생산공정은 분쇄된 원료가 형틀에 세트된 후 발포되어 케이크 상태로 굳어진 후 탈형하여 절단되는데 이때의 절단 와이어의 직경은 0.7mm이고 절단 작업시 좌우로 1mm이내의 진동이 있게 된다. 그러므로 실제 블록군의 내부 에지들은 그림 9의 (b)와 같은 two edge(stripe) 구조를 갖고 있다. 하지만 기존의 비전 검사 시스템에서는 이를 고려하지 못

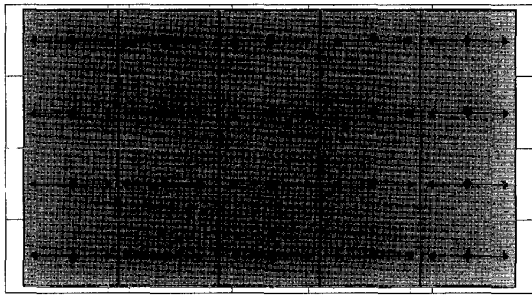


그림 10. 두께 측정을 위한 에지쌍 배열 형태
Fig. 10. Pattern of an arrayed edge pairs for thickness measurement.

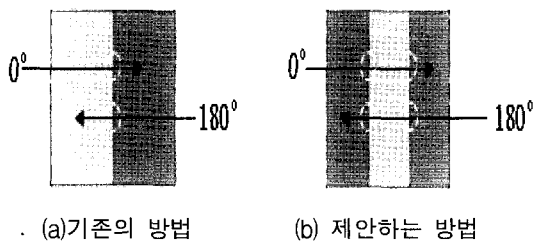


그림 11. 내부 에지 검색 방법
Fig. 11. Search algorithm of inner edge.

하였고 그리하여 정밀도가 떨어지는 결과를 보였다. 본 연구에서는 블록군의 내부 에지형태를 고려한 경계검출 방법을 제안하였다.

그림 10은 기존의 경량기포 콘크리트 블록 비전 검사에서 적용한 경계검출 방법이다. 카메라로 입력된 블록군의 단일 블록마다 4개의 탐색영역을 위치시키고 그 영역의 중심점에서 좌, 우 방향으로 미리 구해진 에지 정보에서 에지 검출점을 구하여 그 4쌍의 검출점이 이루는 직선을 최종 에지로 선택하였다. 이 방법에서의 블록군의 내부 에지 선택방법은 two edge(stripe) 구조를 고려하지 않았기 때문에 그림 11(a)와 같이 각각 0도 방향과 180도 방향에서 구해진 두 좌표 값의 평균값을 취하였다.

본 논문에 의해 제안된 방법은 그림 11(b)와 같이 각각 0도 방향과 180도 방향에서 positive edge와 negative edge를 검색하여 그중 제일 작은 위치 좌표값과 제일 큰 위치 좌표값을 최종 경계 위치로 선택하여 실험하였다. 또한 탐색 영역의 중심점에서만 검색하여 4개의 점의 위치 좌표만으로 에지를 선택하는 기존의 방법과 달리 2-D 탐색 영역 전체를 1-D 라인 영역으로 투영하여 에지를 탐색함으로써 실제의 경계의 위치와 차이를 줄일 수 있었다.

그림 13은 본 연구에서 제안한 경계검출 방법을 나타낸 것이다. 에지의 중심점에 탐색영역을 위치시키고 영역투영을 시킨 후 얻어진 에지 값에서 각각 0도 방향과

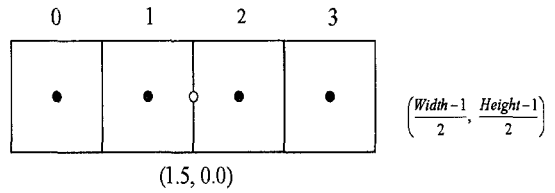


그림 12. 이미지의 중심점
Fig. 12. Center of image.

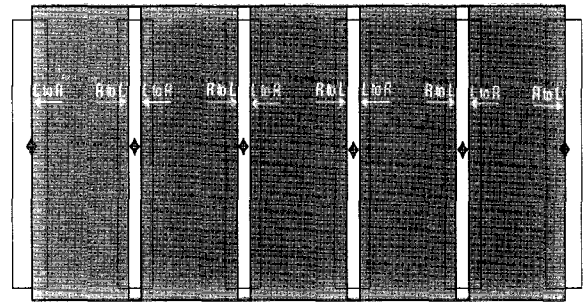


그림 13. 영역 투영 방법에 의한 경계 검출
Fig. 13. Boundary detection by region projection method.

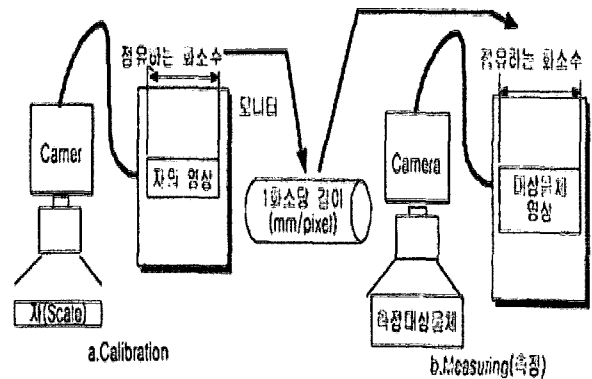


그림 14. 물체의 치수 측정 과정
Fig. 14. Object's measurement process using image.

180도 방향에서 positive edge와 negative edge를 검색하여 그중 가장 작은 값을 블록군의 내부 에지 'R to L'로 가장 큰 값을 내부 에지 'L to R'로 결정하였으며 블록군의 에지형태를 고려하지 않은 이전의 방법보다 정확도가 향상되는 결과를 보였다.

3. 단위길이 결정

그림 14에서 보듯이 일반적으로 고정 광학계를 가진 카메라 통해 물체의 치수를 측정할 경우 실제 공간상에 길이가 일정한 자(ruler)의 영상을 입력받아 자의 전체적인 길이가 화상내의 몇 개의 화소에 해당하는지를 계산하여 화상 공간내의 1 화소의 실제 공간상의 길이를 구하여 실제로 측정할 대상물체가 입력되면 이 화소의 화상내 점유 화소의 수를 구한 후 미리 계산된 1 화소당 실제 거리를 곱하여 가공 물체의 치수값을 환산하여 구

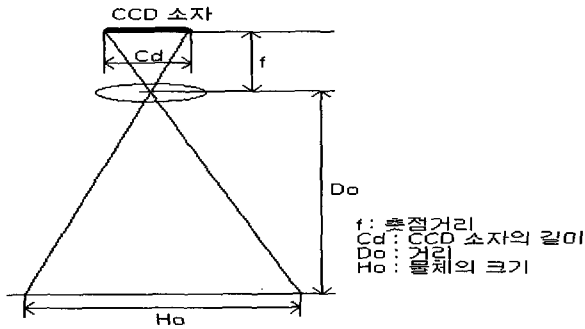


그림 15. 거리와 영상의 크기와의 관계
Fig. 15. Relation between distance and image dimension.

해낼 수 있다.

IV. 실험 결과

본 장에서는 제안된 치수측정 알고리즘을 실제의 제조공정상의 블록군에 적용한 실험결과와 이에 대한 분석을 통해 본 논문에서 설계한 시스템을 검증해 보았다. 카메라의 설치는 그림 1에서 보인 바와 같으며, 실제 제조공정에 적용하여 실시간으로 그 결과가 피드백되어 불량률이 검출된 경우 다음 블록에 영향을 미치지 않고 해당공정을 즉각 수정하여 불량으로 인한 폐기블록이 발생하지 않도록 미리 해당 공정내의 블록군을 일련의 제조공정으로 되돌려 보내어 재료를 재활용할 수 있도록 경량기포 콘크리트 블록의 양생공정 이전에 설치하여 실험을 진행하였다.

1. 치수 측정 실험 결과

본 실험에서 쓰인 이미지의 해상도는 640x480 픽셀을 사용하였다.

실험에 사용된 카메라의 CCD 소자의 크기 Cd, 렌즈의 초점거리 f와 물체의 크기 Ho를 고려해 카메라와 가공물체와의 거리를 두께 측정부의 경우에는 300cm로 이때의 FOV(Field Of View)의 크기의 가로와 세로의 최대 길이는 158cm와 118cm이었다. 또한 높이 측정부의 경우에는 물체와의 거리는 319cm로 이때의 가로와 세로의 최대 길이는 170cm와 128cm이었다. 이렇게 적용한 이유는 블록군의 두께영역의 최대길이는 150cm이고 높이영역의 최대길이는 600cm, 4대의 카메라에 각 단일블록이 40cm인 경우 15개의 블록을 검사해야 하므로 그림 3의 (b)를 적용한 FOV의 최대길이가 170cm임을 감안하여 적용한 것이다. 물체와의 거리와 영상의 크기와의 관계식은 식(2)에 나타내었다.

표 1. 두께 측정 결과

Table 1. Result of thickness measurement

		Image 1	Image 2	Image 3	Image 4	Image 5
Block1	실측(Cm)	20.02	20.00	20.05	19.95	20.05
	계측(Cm)	20.03	20.00	20.09	19.91	20.06
	오차(mm)	-0.10	0.00	-0.40	0.40	-0.10
Block2	실측(Cm)	20.17	20.20	20.20	20.10	20.02
	계측(Cm)	20.16	20.15	20.12	20.11	20.06
	오차(mm)	0.10	0.50	0.80	-0.10	-0.40
Block3	실측(Cm)	20.21	20.23	20.30	20.25	20.21
	계측(Cm)	20.21	20.20	20.21	20.20	20.21
	오차(mm)	0.00	0.30	0.90	0.50	0.00
Block4	실측(Cm)	20.06	20.00	20.05	20.04	20.05
	계측(Cm)	20.05	20.03	20.03	20.09	20.06
	오차(mm)	0.10	-0.30	0.20	-0.50	-0.10
Block5	실측(Cm)	19.93	19.95	19.95	19.90	19.90
	계측(Cm)	19.90	19.90	19.90	19.84	19.88
	오차(mm)	0.30	0.50	0.50	0.60	3.20
Block6	실측(Cm)	19.85	19.85	19.90	20.00	19.90
	계측(Cm)	19.79	19.78	19.78	19.79	19.76
	오차(mm)	0.60	0.70	1.20	0.30	1.40
Block7	실측(Cm)	20.10	19.80	19.95	19.95	19.99
	계측(Cm)	20.13	19.90	19.85	19.86	20.12
	오차(mm)	-0.30	-1.00	1.00	0.90	-1.30

표 2. 길이 측정 결과

Table 2. Result of width measurement.

		Image 1	Image 2	Image 3	Image 4	Image 5
H	실측(Cm)	59.87	59.88	59.85	59.87	59.85
	계측(Cm)	59.85	59.84	59.82	59.82	59.84
	오차(mm)	0.20	0.40	0.30	0.50	0.10
H'	실측(Cm)	59.90	59.90	59.87	59.91	59.90
	계측(Cm)	59.88	59.87	59.91	59.91	59.91
	오차(mm)	0.20	0.30	-0.40	0.00	-0.10

표 3. 높이 측정 결과

Table 3. Result of height measurement.

1번카메라	Block1	Block2	Block3	Block4	Block5
실측(Cm)	30.00	29.90	29.85	29.95	29.85
계측(Cm)	30.03	29.93	29.87	29.82	29.91
오차(mm)	-0.30	-0.30	-0.20	1.30	-0.60
2번카메라	Block6	Block7	Block8	Block9	Block10
실측(Cm)	29.90	29.90	29.95	29.85	30.00
계측(Cm)	30.07	29.94	29.88	29.83	29.92
오차(mm)	-1.70	-0.40	0.70	0.20	0.80
3번카메라	Block11	Block12	Block13	Block14	Block15
실측(Cm)	29.95	29.85	29.90	30.00	29.90
계측(Cm)	29.99	29.90	29.83	29.97	29.92
오차(mm)	-0.40	-0.50	0.70	0.30	-0.20
4번카메라	Block16	Block17	Block18	Block19	Block20
실측(Cm)	29.93	29.95	29.90	29.87	29.85
계측(Cm)	30.04	29.78	29.84	29.83	29.87
오차(mm)	-1.10	1.70	0.60	0.40	-0.20

$$Do = (Ho \times f) / Cd \tag{2}$$

1-1. 에지쌍을 이용한 방법

다음의 결과는 단일블록의 에지에 해당하는 왼쪽면과

표 4. 두께 측정 결과

Table 4. Result of thickness measurement.

		Image 1	Image 2	Image 3	Image 4	Image 5
Block1	실측(Cm)	20.02	20.00	20.05	19.95	20.05
	계측(Cm)	20.03	20.05	20.05	19.90	20.05
	오차(mm)	-0.44	-0.54	-0.04	0.55	-0.10
Block2	실측(Cm)	20.17	20.20	20.20	20.10	20.02
	계측(Cm)	20.13	20.27	20.27	20.11	20.09
	오차(mm)	0.41	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09
Block3	실측(Cm)	20.21	20.23	20.30	20.25	20.21
	계측(Cm)	20.16	20.30	20.30	20.20	20.15
	오차(mm)	0.51	-0.70	0.00	0.59	0.61
Block4	실측(Cm)	20.03	20.00	20.05	20.04	20.05
	계측(Cm)	20.04	19.98	20.03	20.02	20.03
	오차(mm)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Block5	실측(Cm)	19.93	19.95	19.95	19.90	19.90
	계측(Cm)	19.92	19.93	19.88	19.99	19.89
	오차(mm)	0.13	-0.37	0.63	-0.67	0.13
Block6	실측(Cm)	19.85	19.85	19.90	20.00	19.90
	계측(Cm)	19.93	19.85	19.95	20.04	19.90
	오차(mm)	-0.80	0.00	-0.50	-0.40	0.00
Block7	실측(Cm)	20.10	19.80	19.95	19.95	19.99
	계측(Cm)	20.07	19.86	19.95	19.91	20.03
	오차(mm)	0.35	-0.55	-0.05	0.45	-0.35

오른쪽면 각각의 상위와 하위 영역에 두개의 에지검출 점을 배열하여 이 에지쌍이 이루는 직선을 에지로 설정하는 기존의 비전 검사 방식의 두께 치수 측정을 위한 에지쌍 배열방법을 본 실험에서 행하고자 하는 높이와 길이 측정에도 적용하여 실험한 결과이다.

표 2와 표 5의 길이 측정 결과는 실제 블록의 중간 검사 측정 기준인 두께 측정부의 이미지상의 블록군의 양 끝 모서리에서의 각각의 방법으로 길이를 측정한 것이다. 에지쌍을 이용한 기존 방법의 실험결과 두께 측정 결과 오차범위는 -1.30 mm~1.40 mm, 길이의 오차범위는 -0.40 mm~0.50 mm, 높이의 오차 범위는 -1.70 mm~1.70 mm로 나타났다. 길이를 제외한 두께와 높이의 오차 값은 1mm를 초과함을 알 수 있다.

1-2. 영역투영에 의한 제안된 방법

2-D 탐색 영역 전체를 1-D 라인 영역으로 투영하여 에지를 탐색하여 블록군의 내부 에지의 two edge (stripe) 구조 고려하여 각각 0도 방향과 180도 방향에서 positive edge와 negative edge를 검색하여 그중 제일 작은 위치 좌표 값과 제일 큰 위치 좌표 값을 최종 경계 위치로 선택하는 본 논문에서 제안하는 방법으로 두께, 길이, 높이 치수측정을 수행하였다. 아래의 표 4, 5, 6은 그에 대한 실험결과이다. 두께 측정 결과 오차범위는

표 5. 길이 측정 결과

Table 5. Result of width measurement.

		Image 1	Image 2	Image 3	Image 4	Image 5
H	실측(Cm)	59.87	59.89	59.90	59.92	59.93
	계측(Cm)	59.85	59.87	59.87	59.91	59.96
	오차(mm)	0.24	0.22	0.32	0.08	-0.32
H'	실측(Cm)	59.90	59.90	59.87	59.91	59.90
	계측(Cm)	59.94	59.88	59.87	59.91	59.88
	오차(mm)	-0.37	0.22	0.02	-0.02	0.22

표 6. 높이 측정 결과

Table 6. Result of height measurement.

1번카메라	Block1	Block2	Block3	Block4	Block5
실측(Cm)	30.00	29.90	29.85	29.95	29.85
계측(Cm)	29.99	29.82	29.86	29.99	29.86
오차(mm)	0.13	0.80	-0.08	-0.37	-0.08
2번카메라	Block6	Block7	Block8	Block9	Block10
실측(Cm)	29.90	29.90	29.95	29.85	30.00
계측(Cm)	29.99	29.86	30.00	29.84	30.03
오차(mm)	-0.87	0.42	-0.49	0.07	-0.30
3번카메라	Block11	Block12	Block13	Block14	Block15
실측(Cm)	29.95	29.85	29.90	30.00	29.90
계측(Cm)	30.02	29.85	29.84	30.00	29.87
오차(mm)	-0.72	-0.05	0.57	0.01	0.34
4번카메라	Block16	Block17	Block18	Block19	Block20
실측(Cm)	29.93	29.95	29.90	29.87	29.85
계측(Cm)	30.02	30.01	29.88	29.90	29.89
오차(mm)	-0.92	-0.61	0.18	-0.35	-0.43

-0.87mm~0.63mm, 길이의 오차범위는 -0.37mm~0.32mm, 높이의 오차 범위는 -0.92mm~0.80mm로 나타났다.

블록의 실측값은 이 조건에 따라 합격판정을 내리게 된다. 길이와 높이의 허용오차의 표준 치수가 기준 치수보다 적은 이유는 생산 공정상 절단시 와이어의 진동으로 인한 오차가 발생하는데 실제 블록을 시공시 기준 치수를 초과한 경우 사용할 수 없기 때문에 이점을 고려하여 와이어의 간격을 기준 치수보다 약간 작게 설정하기 때문이다. 그러므로 길이, 높이, 두께 모두 2mm 이내의 허용오차한계를 갖는다. 카메라를 이용한 경량기포 콘크리트 블록의 자동검사 시스템은 최소한 실제 블록의 실측값과 이미지를 통한 블록의 측정값의 오차범위가 1mm이내가 되어야 검사의 신뢰성을 확보할 수 있다. 기존의 비전 검사 방법에 비해 본 논문에서 제안한 방법은 모든 경량기포 콘크리트 블록의 치수에 대해 1mm이내의 오차 값을 보장하므로 설계한 시스템이 적합함을 알 수 있었다. 본 실험에서 사용한 구성 및 보정 샘플은 쌍용 ALC(주) 천안공장의 생산현장에서 설치하여 실제 생산라인중에 측정하였다. 따라서 현장의 고르지 못한 조

명 환경에서 실험하여 원하는 정밀도를 얻었으므로, 측정의 신뢰성이 확보되었다고 판단된다.

V. 결 론

설계한 시스템의 실제공정에서의 적용에 있어서 작업공정상의 환경조건으로 조명의 불균일에 의한 해석의 어려움과 실제 적용의 복잡함으로 인해 많은 어려움이 따랐다. 본 연구에서 제안한 방법에 의해, 실제 블록의 실측값과 이미지를 통한 블록의 모든 치수 측정 값이 1mm이내의 오차값을 보장하므로 본 논문에서 설계한 시스템이 실제 공정에 적합한 시스템임을 확인할 수 있었다. 이를 경량기포 콘크리트 블록의 생산공정에 실현 시 본 논문에서 제안된 알고리즘은 자동화, 고속화 효과뿐만 아니라 기존 방법에 비해 정밀도가 향상되면서 전제품의 모든 치수를 검사 출하할 수 있고 양생되기 전에 자동검사를 행함으로써 원료의 재활용이 가능하여 재료 절감 효과와 불량품을 줄여 제품의 폐기율을 감소시켜 경제적 효과가 클 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] E. Fink and M. Heath, "Image-Processing Projects for an Algorithms Course," *Int'l J. of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol. 15, No. 5, pp. 859-868, Aug. 2001.
- [2] A. M. Darwish and A. K. Jain, "A Rule Based Approach for Visual Pattern Inspection," *IEEE Tr. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 10, No. 1, Jan. 1998.
- [3] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection" *IEEE Trans, Pattern Anal. Mach. Intell.* 11 (6). 1986, Pages 679-698
- [4] A. Goshtasby and H. Shyu, "Edge Detection by Curve Fitting, *Image and Vision Computing*," Science Direct, Vol. 13, No. 3, pp. 169-177 Apr. 1995.
- [5] R. Jain, R. Kasturi, B.G. Schunck "Machine Vision" McGraw-Hill, 1995, Pages 169-173
- [6] E. Trucco, A. Verri "Introductory Techniques for 3-D Computer Vision" Prentice-Hill, Englewood Cliffs, NJ, 1988, Pages 71-79
- [7] Lijun Ding and Ardeshir Goshtasby, "On the Canny edge detector" *Pattern Recognition*, Volume 34, Issue 3, March 2001, Pages 721-725
- [8] 김성훈, "카메라를 이용한 ALC 블록의 치수 계측 및 불량검사 자동화 시스템 개발", 단국대학교 석사학위 논문, 2002.

저 자 소 개



허 경 무(정회원)
1979년 서울대학교 전자공학과 졸업,
1981년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사,
1989년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사(1989).

현재 단국대학교 전자컴퓨터학부 전자공학전공 부교수
<주관심분야: 3차원 디스플레이, 로봇트 제어, 검사 자동화, 시스템 제어, 학습 제어, Servo Motor 제어>



엄 주 진(학생회원)
2002년 단국대 전자공학과 졸업.
2004년 현재 동대학원 석사과정.
<주관심분야: 머신비전, 영상처리>