

주위온도를 보상한 정밀 영상 자동 측정 시스템 개발

System Development of Precision Vision Measurement Compensated for the Ambient Temperature

김석현
Seok-Hyun Kim

대구대학교 정보통신공학과

요 약

정밀을 요하는 자동차 부품의 측정 시스템은 온도에 따른 보상이 필수적이다. 부품의 측정값의 신뢰도를 유지하기 위해서 단순히 제품의 합격 영역을 상온에서 51.786~51.819mm로 했을 때, 온도가 상온에서 떨어져 있는 경우 그 부품의 측정영역을 신뢰하기가 어려워진다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해서 2개의 카메라를 사용하여 한쪽은 표준 제품을 두고, 다른 쪽은 실제 제품을 두므로써 온도에 따라 달라지는 표준 제품의 측정값의 Offset를 실제 제품에 반영하므로써 측정값을 보상하려고 하였다. 자동차의 부품은 여러가지가 있으나, 이 중에서 현재 공장에서 측정에 어려움을 겪고 있는 에어컨 스위치인 마그네트 코일 하우징을 대상으로 하였다. 특히 측정 대상이 크고, 카메라의 화소수가 40만 이하일 경우, 측정의 중요한 포인트는 화소수와 배경과 대상의 구별이다. 이를 정확히 알아 내는데, FCM(Fuzzy C-means) 알고리즘이 좋은 결과를 주지만 속성 공간에서 유사성만을 고려하고, 공간영역에서 유사성은 고려되지 않기 때문에 FCM은 "equal evidence"와 "ignorance"를 구분하지 못한다. 이를 개선하기 위해서 FCM를 수정하여 먼저 FCM로 처리하고 하고 이를 바탕으로 PCM(Possibilistic C-means)를 사용하였다. 결과를 모니터에 보여주었고, RSC-232 포트를 통하여 신호를 마이크로 프로세서에 전달하여 제품의 양호(good), 불량(bad)을 판별하는 신호를 발생하게 하였다.

ABSTRACT

The measuring systems of auto-parts required the precision is that the compensation of temperature is imperative. When the acceptable region of the passed parts is between 51.786 and 51.819mm in the room temperature, the reliability of the measuring region of the parts is difficult for authentication in the beyond room temperature. This paper tries to compensate for the offset of the measuring values which depends on the ambient temperature, one side measuring standard parts, the other measuring the real test parts using two cameras. In this study, we take aircon-switch called magnet coil-housing as the object of measurements. The measurements of this product is currently in difficult situations at factory. In the case of the measuring objects being big sizes and camera sensor having under 410000 pixels, the key point is the number of pixels not to be changed whenever the same object is measured under the same position. We modified fuzzy C-means and used it with possibilistic C-means algorithm to get mostly without the change of the numbers of pixels exactly. The results are displayed on monitor and transferred these signals to the microprocessor through RSC-232 port to determine a good or bad products.

Key Words : 신호처리, FCM알고리즘, PCM알고리즘, 영상자동측정시스템

1. 서론

정밀을 요하는 자동차 부품의 측정시스템은 온도에 따른 보상이 필수적이다. 부품의 측정값의 신뢰도를 유지하기 위해서 단순히 제품의 합격 영역을 상온에서 51.786mm ~ 51.819mm로 했을 경우, 온도가 상온에서 많이 떨어져 있다면 그 부품의 측정영역을 신뢰하기가

어려워진다. 공장에서 사시사철 제품을 생산하는데 겨울에 제품과 여름의 제품이 신뢰도가 다르다면 문제를 발생할 소지가 있다. 본 논문에서는 이 문제의 해결을 위하여 2개의 카메라를 사용하여 한쪽은 표준제품을 두고, 다른쪽은 실제 제품을 두므로써 온도에 따라 달라지는 표준제품의 측정값의 Offset를 실제 제품에 반영하므로써 측정값을 보상하려고 하였다. 즉, 온도에 따라 달라지는 화소값 만큼 실 제품에도 반영하여 주므로써 온도에 의한 변화를 최소화하려고 하였다. 본 연구는 저가의 신뢰도 있는 자동차 부품의 측정시스템을 개발하는데 있다. 자동차의 부품은 여러종류가 있으나 그 중에서 현재 공장에서 측정에 어려움을 겪고 있는 에어컨 스위치인 마그네트 코일하우징을 대상으로 하였다. 연구 내용은 부품에 나타나는 여러대상의 크기 및 대상간의

접수일자 : 2000년 11월 18일
완료일자 : 2001년 01월 15일
이 논문은 2000년도 대구대학교 학술연구비에 의해 일부 지원 받았습니다.

각도, 또한 대상을 내심원과 외심원이 둘러싸고 있는 경우에는 내심원의 중심과 외심원의 중심사이의 거리측정 등을 중점 대상으로 하여 연구하였다. 영상처리는 먼저 카메라에서 얻은 영상에서 대상과 배경을 분할하여야 한다. 실제로는 대상의 경계부분의 모호한 부분에서는 대상과 배경을 정확히 분할하는 것은 어렵다. 기존의 방법으로서 thresholding, region growing, split-merge, relaxation 방법 등이 있다. [2,3] 그 중에서 relaxation 방법 중에 하나인 FCM(fuzzy c-mean) 알고리즘은 매 순간의 결정을 바로 이전에 결정된 결과에 근거하여 조정해 감으로써 영상분할에 좋은 결과를 주고 있다. [4] 하지만 FCM방법은 속성 공간에서 유사성만을 고려하고 공간영역에서 유사성은 고려되지 않기 때문에 FCM은 "equal evidence"와 "ignorance"를 구분하지 못한다. 이를 개선하기 위해서 FCM을 수정하여 먼저 FCM방법으로 처리하고 이를 바탕으로 PCM(Possibilistic C-means)[13]를 사용하였다. 본 논문에서는 배경과 대상을 구분하기 위해서 먼저 계산량이 많은 FCM(fuzzy c-means) 알고리즘의 문제점을 보완하고, 수정하여 실시간에 이용할 수 있도록 하였다. FCM 알고리즘은 데이터의 각 클러스터에 관한 소속함수 값이 1이 되는 확률적 제약 조건을 이용하고 있다. 그러나 FCM으로부터 얻어진 소속함수 값은 belonging이나 compatibility의 정도의 직관적인 개념과 항상 일치 하지 않는다. 또한 FCM의 경우에는 "equal evidence"와 "ignorance"를 구분할 수 없기 때문에 특히, 잡음이 있는 상황에서 심각한 문제점을 야기 시킨다. 이는 FCM의 경우 소속함수 값이 다른 클러스터와 관계가 있는 상대적인 값이기 때문이다. 따라서 최근에 믿음 이론(belief theory)과 가능성 이론(possibility theory) 등이 이와 같은 문제점을 개선하기 위해 시도 되었다. 최근에, Raghu는 PCM(Possibilistic C-Means)을 제안하였고, 그는 이 방법을 경계선 검출과 표면 근사화에 이용하였다.[5] PCM의 경우는 소속함수 값이 다른 클러스터와 관계가 없고, 속성 데이터와 해당 클러스터 중심간의 거리에만 의존하기 때문에 이러한 문제점을 개선할 수 있다. 그러나 PCM방법을 적용하기 위해서는 각 클러스터의 평균 내부 거리를 알아야 한다. 이를 위해서 본 논문은 먼저 FCM을 이용하여 각 클러스터의 평균 거리를 얻고 이를 바탕으로 PCM을 적용하여 FCM의 문제점인 "equal evidence"와 "ignorance"를 해결하였다.

영상이 분할되면 대상의 영역을 얻기 위하여 에지 검출 및 세선화를 한다. 이는 대상을 찾기 위하여 필요없는 정보를 제거하는데 도와준다. 다음에는 각 대상을 구별할 수 있도록 레이블링을 한다. 이는 각 대상의 영역에 흰색채움으로서 쉽게 각 대상을 구별하여 레이블링을 할 수 있다. 각 대상이 찾아지면 다음에는 정의 되어진 부분에서 변적, 길이, 대상의 이그러짐, 각의 측정 및 이물질 삽입여부 등을 판단한다. 판단이 끝나면 이를 모니터 상에 결과를 보여주며 이 결과를 마이크로프로세서에 전달하여 제품의 양호(good), 불량(bad)의 흐름이 달라지도록 흐름제어신호를 발생한다.

온도에 의한 차이를 보상하기 위해서 2개의 카메라를 사용하여 한쪽은 표준제품을 두고, 다른쪽은 실제 제품을 두므로써 온도에 따라 달라지는 표준제품의 측정값의 Offset를 실제 제품에 반영하므로써 측정값을 보상하려고 하였다. 즉, 온도에 따라서 달라지는 화소값 만큼 실제 제품에도 반영하여 주므로써 온도에 의한 변화를 최

소화하려고 하였다.

온도를 보상한 결과는 표준편차는 2.7820이고, 보상하지 않았을 때 표준편차는 2.8015였다.

온도를 보상한 것이 보상하지 않았을 때보다, 더욱 작은 표준편차 값을 보였다.

2. 문제점 해결 방법

2.1. 연구 내용 및 범위

연구 내용 및 범위는 다음과 같다. 그림 1에서 첫째 내심원의 중심과 외심원의 중심사이의 거리측정, 둘째 내심원의 직경, 셋째 구멍 2와 구멍 3의 중심과 내심원의 중심을 연결하는 직선과의 각도이다. 허용오차는 외심원과 내심원의 중심사이의 거리는 0.3mm이하, 내심원의 허용길이는 51.719-51.819mm, 그리고 요구하는 각도는 89.5-90.5도로 하였다. 범위는 이들의 값을 측정후 이들의 양부를 마이크로프로세서를 컴퓨터와 통신하여 출력한다.

2.2. 전체적인 블록 다이어그램

그림 2는 전체적인 블록 다이어그램이다. 먼저 카메라에서 대상물체가 획득된 후에 영상보드의 메모리에 저장된다. 대상과 배경을 분리하기 위해서 fuzzy c-means 알고리즘을 사용한다. 이진영상이 얻어지면 잉여정보를 버리기위해서 에지검출 및 세선화를 한다. 다음에는 각 측정하고자하는 부분의 대상을 얻기위하여 각 대상을 만날 때 마다 안쪽영역을 회색 채운다. 이 흰부분은 나중에 레이블링을 위하여 필요하다. 다음에는 대상에서 각각을 분리하기위하여 레이블링을 한다. 흰색채움이 이루어진 영상을 순서대로 scan하면서 흰부분을 만날 때 마다 레이블링을 한다. 예로서 처음 만나는 물체는 180, 그 다음은 181, 그 다음은 182 등으로 레이블링을 하면 그 레이블링된 물체만 정확히 획득할 수 있다. 각 대상이 획득되면 각 대상마다 중심과, 원둘레, 원형도, 면적 등을 구한다. 길이와 면적은 화소수를 가지고 판단하고 중심은 각 대상의 모든 화소수의 평균으로 쉽게 구할 수 있다. 각의 측정은 각 대상의 중심이 얻어지면 중심과 중심간의 선분인 백타성분이 얻어지고, 두 백타의 각도는 두 백타의 도트 적(product)으로 구한다. 영상처리가 끝나면 각종 데이터 정보를 마이크로프로세서로 보내어 정상인 제품과 불량인 제품을 구분하기위한 제어신호를 만든다. 또한 마이크로프로세서는 RS-232 포트를 통하여 컴퓨터와 통신하여 프로그램의 수행, 카메라 대기상태, 프로그램의 종료 등을 만든다.

2.3. 측정대상들의 측정방법

2.3.1. Fuzzy C-Means 알고리즘과 Possibilistic C-Means 이용한 배경부분과 대상의 분리

영상처리는 먼저 카메라에서 얻은 영상에서 대상과 배경을 분할하여야 한다. 실제로는 대상의 경계부분의 모호한 부분에서는 대상과 배경을 정확히 분할하는 것은 어렵다. 기존의 방법으로서 thresholding, region growing, split-merge, relaxation 방법 등이 있다. [2,3]

그 중에서 relaxation 방법 중에 하나인 FCM(Fuzzy C-Means)알고리즘은 매 순간의 결정을 바로 이전에 결정된 결과에 근거하여 조정해 감으로써 영상분할에 좋

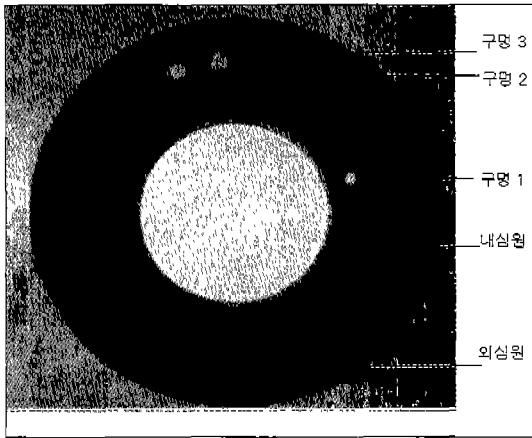


그림 1. Coil Housing을 밑에서 조명하고 위에서 내려다 본 모습

Fig. 1. The image illuminated under coil housing

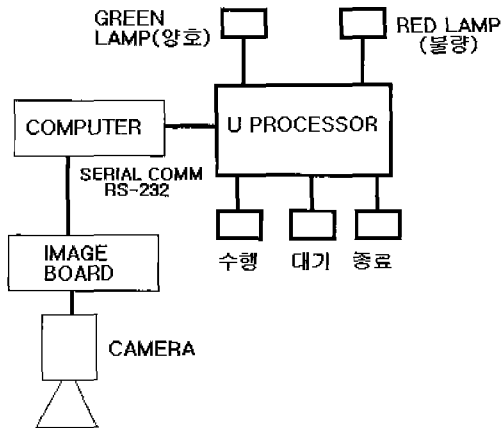


그림 2. 전체 블록 다이어그램
Fig. 2. The overall block diagram

은 결과를 주고 있다. [4] 하지만 FCM 알고리즘은 데이터의 각 클러스터에 관한 소속 함수 값이 1이 되는 확률적 제약 조건을 이용하고 있다. 또한 FCM으로 얻어진 소속함수 값은 belonging이나 compatibility의 정도의 직관적 개념과 항상 일치하지 않는다. 무엇보다도 FCM 알고리즘은 "equal evidence"와 "ignorance"를 구분할 수 없기 때문에 특히, 잡음이 있는 상황에서 심각한 문제를 야기 시킨다. 이를 해결하는 방안으로서 최근에 Raghu는 PCM(Possibilistic C-Means)를 제안하였고, 그는 이 방법을 경계선 검출과 표면 근사화에 이용하였다.[5]

본 연구에서는 FCM과 PCM의 장점도 살리고 계산량도 줄이기 위해서 FCM 알고리즘을 수정하여 실시간에 이용할 수 있도록 하였다. FCM 알고리즘은 fuzzy 집합에 근거한 fuzzy clustering 방법으로서 식(1)을 최소화 시킴으로써 벡터들을 분할하는 방법이다.

$$J_m(U, v) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (U_{ik})^m \|x_k - v_i\| \quad 1 \leq m < \infty \quad (1)$$

여기서 x_k 는 처리하고자 하는 데이터, v_i 는 i 번째 cluster의 중심 벡터이며 U_{ik} 는 처리하고자하는 데이터 x_k 가 cluster i 에 얼마만큼 속하는가를 나타내는 membership value를 나타낸다. 식(1)을 영상분할에 적용한다면 x_k 는 영상에서 각 화소의 빛의 밝기에 해당하며 v_i 는 분할될 각 cluster의 빛의 중심 밝기에 해당하게 된다. 식(1)의 최소값을 얻기 위하여 U_{ik}, v_i 에 대해서 미분하여 만족하는 국부최소화 조건을 구하면 다음과 같다.

$$U_{ik} = \left[\sum_{j=1}^c \left(\frac{x_k - v_j}{x_k - v_i} \right)^{2/(m-1)} \right]^{-1} \quad (2)$$

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n (U_{ik})^m \cdot x_k}{\sum_{k=1}^n (U_{ik})^m} \quad (3)$$

위의 식을 그대로 사용하기에는 계산량이 너무 많아서 실시간 처리에 무리가 따르므로 이를 다음과 같이 수정하면 계산시간을 줄일 수 있다. 즉, U_{ik} 는 한원소가 어떤 집합에 속하는 membership 값이므로 같은 빛의 밝기를 갖는 화소는 같은 U_{ik} 를 갖는다. 따라서 각 빛의 밝기 g 의 빈도수를 $g_n(g)$, ($g=1, 2, \dots, G$)라 하면 식(2)와 식(3)은 다음과 같이 변형하여 나타낼 수 있다.

$$U_{ig} = \left[\sum_{j=1}^c \left(\frac{g - v_j}{g - v_i} \right)^{2/(m-1)} \right]^{-1} \quad (4)$$

$$v_i = \frac{\sum_{g=1}^G (U_{ig})^m \cdot g \cdot g_n(g)}{\sum_{g=1}^G (U_{ig})^m \cdot g_n(g)} \quad (5)$$

식(4)와 식(5)를 구현하기 위해서는 먼저 각 group에 중심 빛의 밝기를 갖는 화소값 v_i, v_j 를 얻어야한다. 이 값을 얻기위해서 물체의 특징이 뚜렷한 균일 영역(hard set)과 그렇지 못한 구분하기 어려운 영역인 비균일 영역(fuzzy set)으로 나누고 균일영역에서 얻은 소속값 U_{ig} 를 이용하여 영상을 분할하였다. 분할된 영상을 기반으로 각 그룹의 평균 내부 거리를 얻어서 PCM에 적용하였다.

균일 영역을 얻기 위해서 4x4크기의 블록을 반씩 중첩시켜서 각 블록의 분산값이 설정한 임계값을 넘어서면 불균일 영역이고 그렇지 않으면 균일영역으로 설정하였다. 이렇게 나누어진 각 블록에 대해 분산(Variance)를 구하여 그 값이 임계값보다 큰 경우 그 블록에 해당하는 영역을 불균일 영역으로, 반대인 경우를 균일한 영역으로 판단하였다. 임계값은 7에서 15로 정하였다. 임계값이 7보다 작은 경우는 물체의 내부에 해당하는 균일한 영역이 불균일한 영역으로 결정되는 경우가 있으며, 반대로 15보다 큰경우에는 물체의 경계에 해당하는 불균일한 영역이 부분적으로 없어지게 되므로 경계가 끊어지는 결과를 얻게 된다. 본논문에서는 7과 15의 중심값으로 11로 정하였다. 이렇게 해서 균일 영역

과 불균일 영역이 얻어지면 균일 영역에 대해서만 위의 (4)식과 (5)식을 반복 계산하여 각 영역의 중심값을 얻는다. 초기 중심 값은 각 그레이 레벨을 2등분하여 첫 그룹의 중심은 0과 128의 중심값인 64와 또한 128과 256의 중심값인 192로 정하였다. 각 영역의 중심값이 얻어지면 "equal evidence"와 "ignorance"를 해결하기 위해서 얻어진 각 영역의 중심값을 바탕으로하여 PCM를 적용시킨다. 각 클러스터에 속하는 정도가 명확한 속성 데이터는 가능한 높은 소속함수 값을 부여하고, 그렇지 못한 속성데이터는 낮은 소속함수 값을 부여하고자 한다. 이와 같은 조건을 만족시키는 목적함 수가 최근에 Raghu에 의해 제안 되어 졌고 PCM의 목적함수는 다음과 같다.[13]

$$J_m(L, U) = \sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^N (u_{ij})^m d_{ij}^2 + \sum_{i=1}^C n_i \sum_{j=1}^N (1 - u_{ij})^m \quad (6)$$

식(6)에서 n_i 는 각 그룹의 내부 평균 거리이다. 윗식의 첫 번째 항은 속성 데이터로부터 클러스터 중심사이의 거리를 가능한 작게 유지하고 반면에 두 번째항은 쓸모 없는 해를 얻는 것을 피하기 위해 u_{ij} 를 가능한 크게 유지하도록 한다. U 에 관해 $J_m(L, U)$ 를 최소화 하는 것은 u_{ij} 각각의 값에 관해서 다음 목적함수를 최소화시키는 것과 동일하다.

$$J_m^i(\beta_i, u_{ij}) = u_{ij}^m d_{ij}^2 + n_i(1 - u_{ij})^m \quad (7)$$

식(7)을 u_{ij} 에 관해 미분하고, 미분값을 0으로 놓을 때 소속함수값 갱신식인 다음식을 얻을 수 있다.

$$u_{ij} = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{ij}}{n_i}\right)^{1/(m-1)}} \quad (8)$$

(8)식으로부터, u_{ij} 의 값이 [0,1] 사이에 놓여 있다는 것을 알 수 있다. n_i 값은 클러스터에서 속성 데이터의 소속함수 값이 0.5가 되는 거리를 결정한다. 그러므로 이것은 각 클러스터의 가능성 분포의 적절한 대역폭에 의존하여 선택되어 지는 것이 바람직하다. n_i 는 목적함수에서 두 번째항이 첫 번째항과 비교하여 얼마나 중요한가를 나타내는 상대적인 정도를 결정한다. n_i 를 추정하기 위한 다음 식들이 Raghu에 의해 제안되어졌다.[13]

$$n_i = \frac{K \sum_{j=1}^N u_{ij}^m d_{ij}^2}{\sum_{j=1}^N u_{ij}^m} \quad (9)$$

식(9)에서 N은 속성 데이터의 개수이고, $K=1$ 이다. n_i 는 소속함수에 의해 가중치 된 각 클러스터의 평균 내부 거리이다. 본 논문에서는 FCM에서 구한 클러스터의 소

속멤버를 사용하여 구하였고, n_i 의 값은 각 반복마다 변화 되어질 때 불안정한 상태로 갈 수 있기 때문에 n_i 값은 고정되어 사용하였다. 식 (8)에 의해서 소속함수 값을 갱신한 뒤, 갱신된 소속함수 값과 이전과정에서 얻어진 소속함수 값을 뺀 결과가 정지 조건보다 크면 이와 같은 과정을 반복하고 작을 경우에는 알고리즘을 끝낸다. 또한 클러스터 중심의 갱신식은 FCM알고리즘과 같은 방법으로 (3)식을 수정한 (5)식을 사용하였다. 본 논문에서 사용한 PCM를 결합한 FCM의 알고리즘은 다음과 같다.

- 1) Fix the number of clusters
- 2) Fix m
- 3) Calculate FCM using (4),(5)
- 4) Estimate n_i using(9)
- 5) Repeat
 - Update the prototype using U^i
 - Compute U^{i+1} using (8),(5)
 - Until ($\|\Delta U\| \leq \epsilon$)

STEP 3 에서 FCM 알고리즘은 식(4)와 식(5)을 반복적으로 계산함으로써 구현할 수 있으며 다음과 같은 처리과정을 거친다.

1. 퍼지정도 m과 cluster갯수 c를 정한다. 본 연구에서는 m=2, c=2로 두었다.
2. $U^{(p-1)}$ 를 이용하여 식(5)에 의해 cluster center $v_i^{(p)}$ 를 구한다.
3. $v_i^{(p)}$ 를 이용하여 식(4)에 의해 $U^{(p)}$ 를 계산한다.
4. $\|U^{(p)} - U^{(p-1)}\| < \delta$ 이면 수행을 마치고 그렇지 않으면 과정 2부터 다시 수행한다.

이와 같이 수행하여 얻어진 이진 영상을 그림 3에 보인다.

2.3.2. Edge 검출 및 세선화

임계치가 정하여져서 이진영상이 얻어지면 물체의 위치를 보다 더 정확히 인식하기 위하여 에지 검출하여 잉여정보는 버리게 된다. 대상과 대상, 대상과 배경의 경계 점이 윤곽이므로 영상의 농도나 색의 급격한 변화가 있는 부분은 반드시 농도 변화도 수반하므로 윤곽 추출에는 농도 변화에 많이 주목하고 있다. 함수의 변화분을 꺼내는 미분연산자가 윤곽추출에 이용된다. 미분연산자에는 Roberts 연산자, Sobel연산자 등이 있으나 이미 이진 영상자체가 경계가 뚜렷하여 연산자의 조건을 엄격히 요구하지 않기 때문에 본 연구에서는 Roberts 연산자를 이용하였다. 얻어진 에지 영상에서 다시 세선화하여 깨끗한 윤곽 영상을 얻을 수 있다. 세선화는 굵은 윤곽선을 외측에서 깎아나가고, 1화소의 굵기로 된 곳에서 처리를 종료한다. 화소를 깎는 방법은 여러 가지가 있지만 본 연구에서는 Hilditch의 방법을 사용하였다. 그림 4에 에지검출하여 세선화한 영상을 보인다.

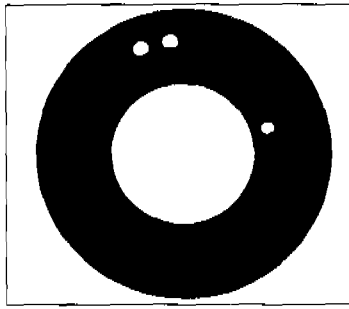


그림 3. Fuzzy C-means 알고리즘을 이용한 이진영상
Fig 3. The Binary image using fuzzy C-means algorithm



그림 4. 에지검출한후 세선화된 영상
Fig 4. The thinned image after edge detection

2.3.3 외심원 영역 추출 및 내심원 영역 추출

영상이 세선화가 되면 대상들을 얻어내기 위하여 먼저 밖쪽영역(외심원)과 안쪽영역을 분할하여야한다. 밖쪽영역은 윤곽추정 영상처리기법으로 얻어 내었다. 윤곽추정법에는 Bug의 추정법[5], 체인코드추정법[6] 등이 있으며, 본 연구에서는 체인코드 추적법을 이용하였다. 체인코드 추적법은 윤곽정보 추출과 영역의 특징추출을 병행할 수 있어서, 영역의 면적, 갯수, 구멍수 등의 일반적인 특징도 얻을 수 있는 이점도 있다. 체인 코드로 윤곽을 추정할 때 왼쪽화소 우선추적법[7]이 많이 사용된다. 이는 윤곽에 따라 사람이 걷고 있다고 가정하고, 다음 이동할 위치를 진행방향의 왼쪽화소 부터 차례로 시계방향을 따라 검색하는 방법이다. 밖쪽쪽 윤곽이 얻어지면, 안쪽영역은 전체영상에서 밖쪽쪽 윤곽을 빼면 쉽게 얻을 수 있다. 그림 5에 밖쪽쪽 영역과 안쪽영역을 보인다.



그림 5. 밖쪽쪽 영역과 안쪽영역을 분리한 영상
Fig 5. Splitted image of outer and inner circle

2.3.4. White Filling 과 레이블링

안쪽영역과 밖쪽영역이 분리되면 측정하고자하는 대상을 얻어 내기 위해서 White Filling을 한다. 전체영역을 Scan하면서 각 대상을 만날때마다 안쪽영역을 회게 채운다. 다음에 이 회게 채운 부분을 레이블링을 한다. 레이블링은 연결된 모든화소에 동일 라벨 번호를 붙이고 다른 연결 성분에는 다른 번호를 붙이는 처리를 레이블링이라한다. 이 처리로 개개의 대상으로 분리 할 수 있으며 각 대상의 특징을 조사할 수 있다. 레이블링의 방법에는 여러 가지가 있는데, 본 연구에 사용된 방법은 다음과 같다.

- 1) 영상을 Scan하고 라벨이 붙어 있지 않은 화소 P 를 찾아내어 새로운 라벨을 붙인다.
- 2) 화소 P에 연결된 화소에는 같은 라벨을 붙인다.
- 3) 단계 1로 돌아가 아직 라벨이 붙어 있지 않은 화소가 발견되면 새로운 라벨을 붙이고 단계 1, 2를 되풀이 한다.
- 4) 영상전체 Scan이 끝나면 처리가 종료된다.

그림 6은 white filling 된후 레이블된 영상을 나타낸다. 각 대상의 레이블이 180,181,182 등이므로 실제 눈으로 보아서는 그레이 레벨이 분리된 영상으로 보이지 않는다.

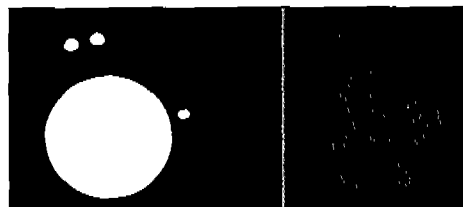


그림 6. White filling된후에 레이블링된 영상
Fig 6. The labelled image after white filling

2.3.5. 원의 면적, 원주 길이와 중심점 획득

- 1)면적
대상에 포함된 화소수를 계산한다.
- 2)원주 길이
대상 윤곽선의 화소수를 계산한다. 경사 방향은 디지털 도트 특유의 오차를 일으키므로 $\sqrt{2}$ 배한다.
- 3) 중심
대상내의 모든화소들의 좌표의 평균값을 구한다. 즉, 중심좌표(x,y)는 다음과 같다.

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i, \quad y = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} y_i \quad (6)$$

- 4) 각의 측정
각의 측정은 각 대상의 중심이 얻어지면 각 중심과 중심간의 선분인 벡타성분이 얻어지고, 두 벡타의 내적으로

쉽게 구할 수 있다.

$$A \cdot B = |A||B| \cos \theta, \quad \theta = \cos^{-1} \frac{A \cdot B}{|A||B|} \quad (7)$$

2.3.6 실제 측정결과

그림7은 실제로 측정된 결과를 보여주고 있다. 실제 공장에서 요구하는 원 A와 인접원 B,C 사이의 각은 90도이다. 실제허용각도는 1도의 오차를 가지므로 위의 한 부품의 실측치는 89.567도 이므로 합격권 내에 들어간다. 또한 제품의 내심원의 지름의 거리 허용오차는 0.030mm 즉,(51.786 ~ 51.819)mm 이다. 위의 실측치는 51.805mm 이므로 합격권 내에 들어간다.

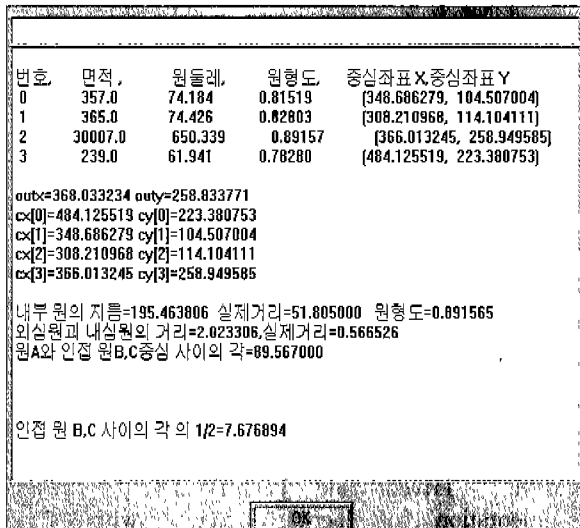


그림 7. 실제 측정된 결과를 보여주는 영상
 Fig 7. The image of measured results in real products

그림 8에서 각의 문제는 공장에서 실제로 금형이 고정되어 있기 때문에 특별한 경우를 제외하고 오차의 확률이 거의 없기 때문에 무엇보다 가장 큰 문제는 코일 하우징의 내부원의 지름의 길이가 과연 허용오차 내로 들어가는냐 하는 것이다. 이를 위해서 이부분만 카메라를 다시 Close Up시켜서 수행한 결과를 나타낸 것이다. 원래 2개의 카메라를 사용하여 온도 보상을 하여야 하지만 비용을 절감하기 위해서 같은 재질의 중심에 실제 제품보다 약간 더 큰구멍을 갖는 표준 제품을 사용하였다. 먼저 제품이 들어가기 전에 동전 구멍의 화소 면적 값을 알고 난다음 이미 정해진 온도의 동전구멍의 화소값과의 Offset를 얻고, 이를 실제 부품 구멍의 화소값에 Offset 빼주면 실제 부품의 화소값을 보상받게 된다.

그림 9는 10개의 부품을 한 부품마다 한번에 10번 실측하여 이를 시간대별로 10번, 즉 1000개의 데이터의 히스토그램을 그린 것이다. 온도를 보정한 제품이 분산이 적어짐을 볼 수 있다. 실제 제품은 동일한 제품이라 할지라도 상황에 따라서 달라짐을 볼 수 있다.



그림 8. 내부원의 지름 부분만 Close Up하여 다시 수행해 본 결과

Fig 8. The results of diameter measured in closed-up image of inner circle

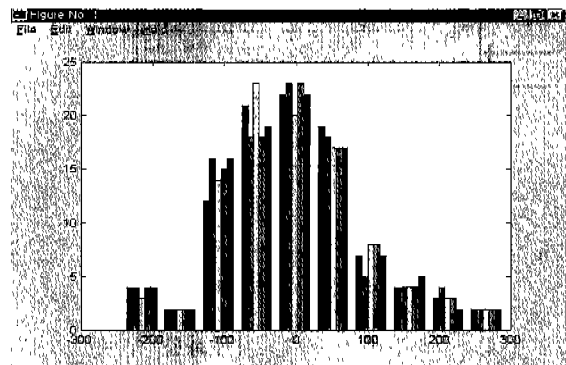


그림 9a. 10개의 제품을 10번 측정하고, 시간대별로 이것을 10번, 즉 1000개의 데이터의 히스토그램(온도보상)
 Fig 9a. The histogram of 1000 data obtained by measuring 10 times of 10 products per hour through 10 hours. (Temperature compensation)

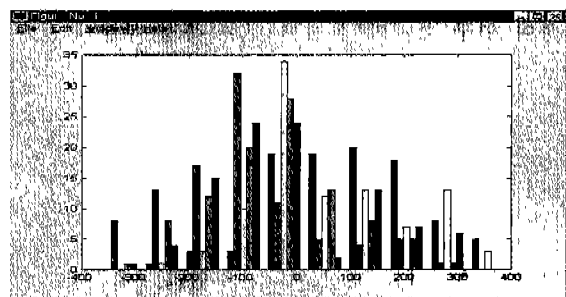


그림 9b. 10개의 제품을 10번 측정하고, 시간대별로 이것을 10번, 즉 1000개의 데이터의 히스토그램(온도보상 없음)
 Fig 9b. The histogram 1000 data obtained by measuring 10 times of 10 products per hour through 10 hours (No temperature compensation)

그림 10은 측정장비를 완전자동화 하기위한 전체 블록 다이어그램이다. 먼저 시작 버튼에서 버튼을 누르면 대

기상태에서 수행상태로 넘어가고, PLC로 검사부품의 삽입지시를 내린다. 검사부품이 삽입되는 동안 컴퓨터는 표준 동전의 구멍의 화소값을 얻어서 Offset값을 메모리에 저장한다. 부품이 삽입되어 측정위치에 오게되면 컴퓨터는 측정을 수행한다. 측정 수행이 끝나면 양,불량과 추출 신호를 PLC로 내 보낸다. 추출 신호를 받은 PLC는 제품 추출을 시작하게되고, 지그판에서 부품이 추출되면 근접센서가 신호를 컨트롤 박스로 보내어 다시 대기, 수행을 시작하게 된다.

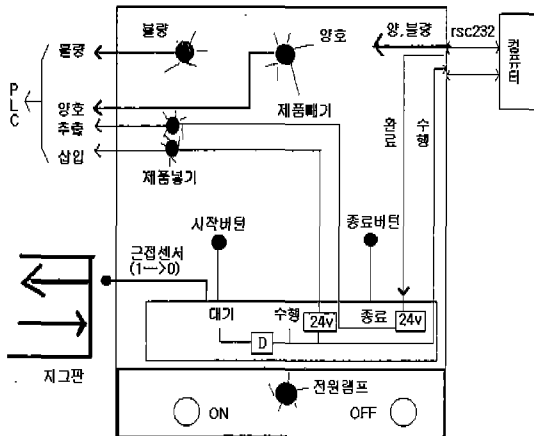


그림 10. 측정장치 완전 자동화 블록다이아그램
Fig 10. The overall block diagram of measured system for automation

그림 11은 측정장비를 완전 자동화를 구현한 기계의 모습이다. 측정에서 중요한 포인트는 검사 제품이 측정 위치에 정확히 놓여져야 하고, 카메라의 흔들림이 없어야 하고, 또한 비전 시스템에서는 조명의 관리이다.

3. 결론

이 연구는 에어콘 마그네틱 스위치인 Coil Housing에 국한하여 연구 했지만 실제 다양한 측정 부분에 응용할 수 있으리라고 생각한다.

확률 C-Means와 Fuzzy C-Means을 결합함으로써 자동차 부품의 측정시스템에 보다 정밀도를 얻을 수 있음을 3차원 부품인 Coil Housing을 이용하여 보였다. 온도에 의한 차이를 보상하기 위해서 한 쪽은 표준 제품을 두고, 다른 쪽은 실제 제품을 두므로써 온도에 따라 달라지는 표준 제품의 측정값의 Offset를 실제 제품에 반영하므로써 측정값을 보상하려고 하였다. 즉 온도에 따라 달라지는 화소값 만큼 실 제품에 반영하여 주므로써 온도에 의한 변화를 최소화하려고 하였다. 온도를 보정한 결과는 표준 편차는 2.7820이고, 보상하지 않았을 때 표준 편차는 2.8015였다. 온도를 보정한 것이 보상하지 않았을 때 보다 더욱 작은 표준편차를 보였다.

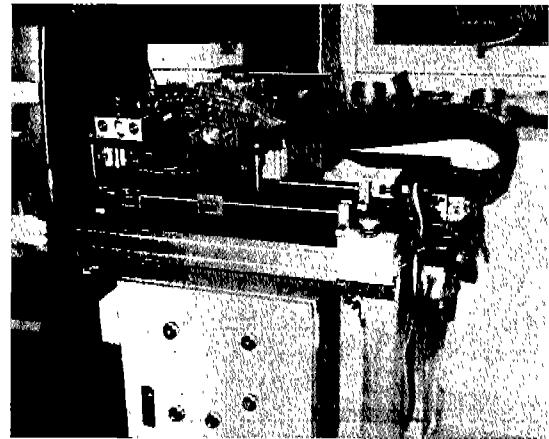


그림 11. 비전 측정장비의 자동화를 구현한 기계 사진
Fig 11. The picture of auto-vision measured system for automation.

참고 문헌

- [1] A.Vander Lugt, "Signal Detection by Complex Spatial Filtering," *IEEE Trans. info,Theory*, vol. IT-10,pp 139-145, 1964
- [2] A. Rosenfeld and A.C. Kak, "Digital Picture Processing." vol. 2, *Academic Press*, 1982.
- [3] W.K.Pratt, "Digital Image Processing", John Wiley & Sons, NewYork, 1978
- [4] M.M. Trivedi and J.C. Bezdek, "Low-level segmentation of aerial images with fuzzy clustering," *IEEE Trans, Syst. Man, Cybern.*, vol. SMC-16,no. 4, pp. 589-598, July/Aug. 1986
- [5] R.Krishnapuram, J.M.Keller,"A possibilistic approach to clustering", *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, Vol. 1, No. 2, pp.98-110,1993

저자 소개

김석현

1974년 부산대학교 전자공학과
1981년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1991년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
1983~ 현재 대구대학교 공과대학 정보통신공학부 교수

관심분야 : 영상처리, 공장자동화

Phone : 053-850-6616

Fax : 053-850-6619, E-mail:kimsh@biho.taegu.ac.kr