

퍼지란색을 이용한 미소 거리 측정 알고리즘 개발

김재훈, 박승규, 윤태성
국립창원대학교 전기공학과

Development of a Microscopic Gap Measuring Algorithm with a Fuzzy-RANSAC

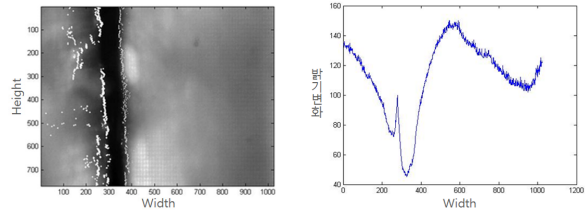
Jae-Hoon Kim, Seung-Kyu Park, Tae-Sung Yoon
Department of Electrical Engineering, Changwon National University

Abstract - In this study, an image processing method with FRANSAC(Fuzzy RANSAC) is presented and discussed for the development of a microscopic gap measuring algorithm. Many problems in edge detection processing are mainly occurred by the illumination system. A serious problem is that the edge set of gap could include the error elements that have relatively larger error than normal. This problem leads to a incorrect measurement of gap. We present a gap measuring algorithm using FRANSAC[1] that is a representative robust estimation algorithm. FRANSAC is performed by first categorizing all data into good sample set, bad sample set and vague sample set using a fuzzy classification and then sampling in only good sample set. Experimental results show that the presented gap measuring algorithm gives a higher accurate value of gap especially for the more noisy image data.

지고 있다. 본 논문은 이러한 밝기의 변화차를 이용하여 갭의 경계점을 추출하였다.

$$G = B(x+1) - B(x) \Big|_{0 \leq x \leq MAXWIDTH-1} \tag{1}$$

x 축에 대한 픽셀 값 $B(x)$ 를 이용하여 밝기의 변화차를 식 (1)을 이용하여 구하게 되면 그림 1과 같은 그래프를 얻을 수 있다.



<그림 1> 원 영상에서 검출한 경계점과 밝기 변화차 그래프

이때 최소값은 좌측경계점이고, 최대값은 우측경계점이다. 이 방법으로 y 축을 0에서 최대픽셀좌표까지 차례로 스캔하여 모든 경계점을 검출한다.

1. 서 론

컴퓨터 비전분야에서 다루고 있는 문제들은 대부분 수학적 모델을 기반으로 하며 주어진 문제에 대한 해를 얻는 과정은 모델을 추정하는데 사용되는 인수(parameter)를 결정하는 방식으로 해석된다. 그리고 이때 정확한 해는 주어진 입력 데이터에 대해서 최적화된 모델을 추정하는 시점에서 결정된다. 그런데 만약 입력 데이터에 오류 데이터가 포함되어 있다면 최종적으로 결정된 해의 정확도는 감소한다[1]. 특히 영상 계측 장비의 경계영역 추출 알고리즘은 다양한 조명 조건에 의한 그림자의 영향으로 측정하려는 경계점들과는 무관한 오류점 들을 상당히 포함한다. 이러한 경계점 집합들을 이용하여 모델 추정 알고리즘을 적용하여 산출한 경계영역은 정확도가 많이 떨어지게 되기 때문에 보다 강인한 알고리즘을 필요로 한다[2]. 대표적으로 사용되는 알고리즘은 1981년도에 Fischler와 Bolles에 의해 창안된 RANSAC(Random Sample Consensus)으로 이 알고리즘은 전체 데이터에서 최소의 데이터를 랜덤하게 샘플링하면서 반복적으로 해를 계산함으로써 최적의 해를 가질 수 있다[3]. 이런 성능 때문에 컴퓨터 비전 분야에서는 많이 사용되고 있지만 RANSAC은 사전에 정확한 오류 데이터의 비율을 알지 못하면 샘플링(sampling) 시에 진동과 같은 문제점과 정상 데이터와 오류 데이터를 분류하기 위해서 하드분할(hard partitioning)을 사용하기 때문에 구별이 모호한 데이터까지도 어느 한쪽의 집합으로 분할하여 수렴의 정확도를 감소시키는 문제점이 있다[4]. 퍼지 이론은 신호처리 분야에서 존재하는 불확실한 상황 하에서도 효과적인 의사결정 수단을 제공한다. 이러한 퍼지 분류를 이용하여 좋은 샘플집합(good sample set)과 나쁜 샘플집합(bad sample set), 모호한 샘플집합(vague sample set)으로 분류를 한 뒤, 좋은 샘플집합에서만 샘플링하여 RANSAC 알고리즘을 적용하는 FRANSAC은 RANSAC의 문제점들을 보완한다[5].

본 논문에서는 금속 가공물의 미소 거리의 갭(gap)을 고배율 렌즈를 장착한 CCD 카메라로 촬영하고, FRANSAC을 이용하여 영상에서 갭을 측정하는 알고리즘을 제시하기로 한다.

2. 본 론

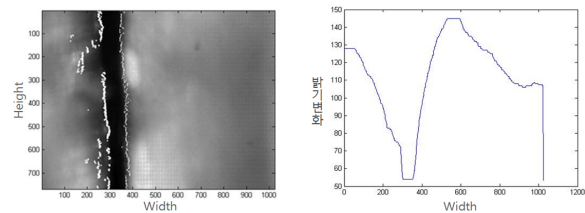
2.1 영상 개선을 위한 전처리

2.1.1 영상 내 갭의 경계점 추출

CCD 카메라에서 촬영한 금속 가공물의 영상에서 어느 부분이 갭인지를 인식하기 위해서는 그 부분의 특징을 영상에서 수치적으로 추출하여야 한다. 영상에서 금속 가공물은 빛을 반사하므로 아주 밝은 값을 가지고, 갭은 그림자가 생성되는 곳이므로 상대적으로 아주 어두운 값을 가

2.1.2 메디안 필터링

메디안 필터는 비선형 영역처리 기법으로서 일반 지역통과필터에서는 제거하기 힘든 임펄스성의 잡음을 효과적으로 제거한다.[6] 기본적인 원리는 마스크를 이용하여 전체 영상을 스캔(scan)하는 동안 마스크내의 값들을 크기순으로 일렬로 정렬하여 중간 값(median)을 선택한다. 그리고 그 값을 마스크의 정중앙 값에 대입한다. 마스크의 크기가 클수록 영상의 잡음제거 효과에 있어서는 탁월하지만 정렬 알고리즘을 수행하는데 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 그림 2는 3×3 마스크를 이용하여 메디안 필터링을 한 영상에 대해 경계점을 검출한 결과 이다.



<그림 2> 메디안 필터 적용 후 검출한 경계점과 밝기 변화차 그래프

2.2 FRANSAC을 이용한 경계선 추정

2.2.1 전체 경계점 집합의 퍼지 분류

퍼지 분류를 이용하여 전체 경계점의 집합을 좋은 경계점 집합, 나쁜 경계점 집합, 모호한 경계점 집합으로 분류한다. 퍼지 분류에 대한 입력으로는 정상 데이터에 대한 소속정도 x_1 와 이 소속정도의 변화율 x_2 이다. x_1 는 식 (2)를 이용하여 구하고, x_2 는 식 (4)를 이용하여 구한다[1]. 잔여 오차 r_i 는 식 (3)과 같이 좌측 경계점 P_i 와 P_{i+1} 의 거리차를 이용한다.

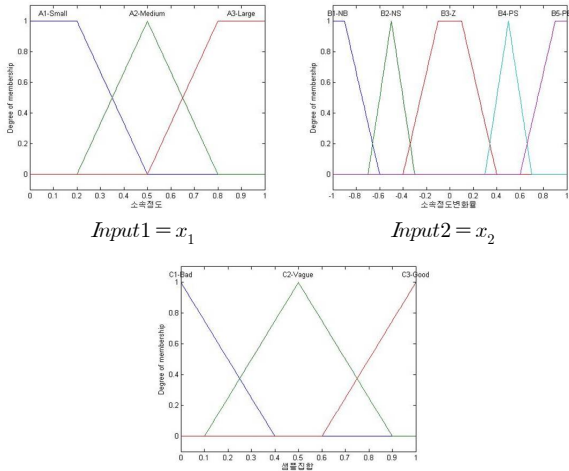
$$x_1^i = D(r) = 1 - \left(\frac{r_i}{r_{max}} \right)^2 \quad (0 \leq x_1^i \leq 1) \tag{2}$$

$$r_i = \sqrt{\{(x_{e_{i+1}} - x_{e_i}) + (y_{e_{i+1}} - y_{e_i})\}^2} \tag{3}$$

$$P_i = (x_{e_i}, y_{e_i}), \quad P_{i+1} = (x_{e_{i+1}}, y_{e_{i+1}}) \tag{4}$$

퍼지분류의 입력 소속 함수 그래프와 출력 소속 함수 그래프는 그림

3과 같이 나타낸다. 이 소속 함수를 이용하여 퍼지 규칙을 생성하는데, x_1 은 '소속정도가 작다/중간/크다'로 표현되고, x_2 는 '소속정도의 변화율이 많이났다/약간났다/중간/약간높다/많이높다'로 표현되므로 총 15가지의 퍼지 규칙이 생성된다.



〈그림 3〉 입력 소속 함수와 출력 소속 함수 그래프

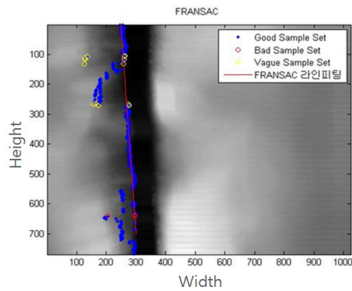
〈표 1〉 경계점 집합의 분류를 위한 퍼지 규칙

	Small	Medium	Large
NS	VAGUE	VAGUE	VAGUE
NB	VAGUE	VAGUE	VAGUE
Z	BAD	VAGUE	GOOD
PS	VAGUE	VAGUE	VAGUE
PB	VAGUE	VAGUE	VAGUE

표 1의 퍼지 규칙들 중에서 "IF Small AND Z THEN BAD"와 "IF Large AND Z THEN Good"의 두 규칙들을 제외하고 모두 결과가 모호한 집합들이다. 이 퍼지 규칙들에 대한 추론은 mamdani 추론법으로 min-max의 퍼지연산을 적용하여 수행하였다. 전건부에서는 min연산을 수행하고, 후건부에서는 max연산을 수행하여 최종적으로 추론 결과를 결정한다.

2.2.2 경계선 추정 및 갭의 간격 계산

퍼지 분류를 통해 분류된 좋은 경계점 집합들을 가지고 RANSAC을 적용한다. 그림 4는 분류된 좌측 경계점들과 추정된 경계선을 나타낸다.



〈그림 4〉 분류된 경계점들과 추정된 경계선

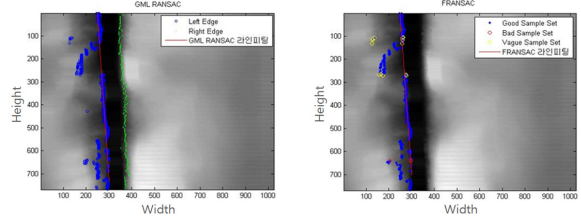
이 경계선과 우측 경계점들의 최단 거리의 평균값을 산출하면 갭의 간격을 구할 수 있다.

2.3 실험 및 결과

본 실험에서는 기존 RANSAC만을 이용할 때와 퍼지 분류를 이용한 FRANSAC을 이용하였을 때의 추정된 모델을 비교 실험하여 제시된 알고리즘의 정확도에 대한 결과를 확인하였다. CCD 카메라를 이용하여 수집한 영상을 미디안 필터링을 적용하여 경계점을 검출하였다. 그리고 Matlab GML RANSAC tool box와 Fuzzy tool box를 이용하여 RANSAC과 FRANSAC을 수행하여 각 경계선을 추정하였다. 이 때 사용한 파라미터의 값과 함수는 표 2와 같다. 실험 결과 그림 5와 경계선에 대한 식 (5)에서 볼 수 있듯이 두 알고리즘에서 추정된 경계선들은 아주 흡사하게 출력되었다.

〈표 2〉 RANSAC 파라미터

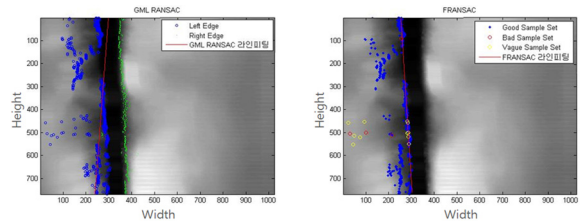
	RANSAC	FRANSAC
데이터 샘플링 개수	2	2
반복횟수	5	5
임계치	3	3
추정 함수	TLS	TLS
길이 계산 함수	Dist	Dist



〈그림 5〉 미디안 필터링 적용 영상에 대한 RANSAC과 FRANSAC으로 추정된 경계선

$$\begin{aligned} -0.9972x + 0.0754y + 247.9222 &= 0 & - \text{RANSAC} \\ -0.9973x + 0.0732y + 248.0118 &= 0 & - \text{FRANSAC} \end{aligned} \quad (5)$$

두 알고리즘의 성능을 확실히 비교하기 위해 미디안 필터를 적용하지 않고, 잡음이 많은 원 영상에 대해 적용을 하였다. 그 결과, 그림 6과 식 (6)을 보면 RANSAC은 오류 데이터에 의해 경계선이 잘못 추정되어졌고, FRANSAC은 정확한 추정이 이루어진 것을 알 수 있다.



〈그림 6〉 원 영상에 대한 RANSAC과 FRANSAC으로 추정된 경계선

$$\begin{aligned} -0.9970x - 0.0774y + 298.0054 &= 0 & - \text{RANSAC} \\ -0.9979x + 0.0650y + 252.9759 &= 0 & - \text{FRANSAC} \end{aligned} \quad (6)$$

3. 결 론

본 논문에서는 금속 가공물의 미소 거리의 갭을 측정하는데 있어 보다 정확한 측정값을 얻기 위해 FRANSAC을 이용하는 측정 알고리즘을 제시하였다. RANSAC을 이용한 알고리즘과 비교 실험하여 그 성능을 확인한 결과, 미디안 필터를 적용한 영상 즉, 오류 데이터를 적게 포함하는 모집단이 있을 때는 그 성능의 차이가 매우 적게 나타났지만, 잡음이 많은 원 영상에서는 RANSAC은 정확하게 경계선을 추정하지 못하였고, FRANSAC은 정확하게 경계선을 추정하는 것을 볼 수 있었다. 반복횟수와 임계치를 10배 정도 높게 설정하면 RANSAC 또한 경계선을 정확히 추정하였지만, FRANSAC에 비해 반복횟수와 임계치가 크게 높아지므로 알고리즘 수행 시간이 많이 느려지는 결과를 가져왔다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이중재, 장효중, 김계영, 최형일, "퍼지 RANSAC을 이용한 강건한 인수 예측", 정보과학회논문지, 33(2), 252-266, 2006
- [2] 주영훈, 정근호, 김문환, 박진배, 이재연, 조영조, "감정 인식을 위한 얼굴 영상 분석 알고리즘", 한국퍼지및지능시스템학회논문지, 14(7), 801-806, 2004
- [3] Martin A. Fischler, Robert C. Bolles, "Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and automated Cartography", In Communications of ACM, 26(6), 381-395, 1981
- [4] 공성근, "부영상의 퍼지분류에 의한 영상데이터 압축", 한국통신학회지, 14(9), 136-144, 1996
- [5] 이중재, "이동물체에 의해 발생하는 폐색을 해결한 동적 증강현실", 숭실대, 박사학위논문, 2005
- [6] 권기홍, "가산잡음에 대한 고속 미디안 필터 알고리즘", 대한전자공학회, 35T, 13-19, 1338