

효율적인 광학 영상 정합을 위한 에지 선택 알고리즘

The Edge Selection Algorithm for Efficient Optical Image Matching

양 한 진, 주 영 훈*

(Han Jin Yang and Young Hoon Joo)

Abstract: The purpose of this paper is to propose new techniques to match measured optical images by using the edge abstraction method and differentiation method based on image processing technology. To do this, we detect the matching template and non-matching template from each optical image. And then, we detect the edge parts of the overlaped image from corner edge abstraction method and remove noise image. At last, these data are related to applied first-order derivative operator. Finally, we show the effectiveness and feasibility of the proposed method through some experiments.

Keywords: matching template, corner edge abstraction, first-order derivative operator

I. 서론

현재 영상을 정합하는 방법은 영역 기반과 특징 기반의 정합 방법으로 구분 할 수 있다. 영역 기반의 정합 방법은 기준 영상의 영역 화소 값들을 직접 이용하여 정합을 시도한다. 기준 영상의 특징 패턴을 다른 영상에서 찾기 위해 화소 값들에 대한 통계 값을 이용 할 수 있는데, 이 방법은 밝기 변화나 확대, 축소 또는 회전 등의 변형이 포함된 영상의 경우 처리가 용이하지 않다. 특징 기반의 정합 방법은 이미 알고 있거나 기준 영상에서 추출된 특징들을 다른 영상에서 추출한 특징들과 비교하는 방법을 사용한다. 이 방법은 복잡한 특징 추출 단계를 필요로 하나 영상의 밝기, 크기에 크게 영향을 받지 않는 정합 결과를 얻을 수 있다 [1,2]. 입력 데이터의 성질에 따라 영상 정합 방법을 선정한다. 일반적으로 경계 검출이 신속하고 정확히 이루어지는 경우, 가장 효율적인 방법이 될 수 있다. 대표적인 경계 검출 방법은 로버츠(roberts), 소벨(sobel), 프리윗(rewitt), 캐니(canny), 라플라시안(laplacian) 등의 국부적 미분 연산자를 이용하여 불연속적인 두 영역간의 명암차를 구하는 방법이 있다[3-5]. 본 논문에서는 템플릿 매칭 방법에 의한 윤곽선 매칭 방법을 통하여 정확한 정합을 목적으로 한다.

기존의 이러한 에지(edge)추출 기법들은 응용 분야에 따라 영상 인식의 후 처리 과정으로 세선화(細線)단계를 수행하여야 하며, 세선화 과정에서 경계선이 부정확해지는 경우가 있다. 이를 보완하고자 영상 인식에 있어 미분 연산자를 이용하여 경계 검출 다음 단계인 세선화(細線) 과정을 생략할 수 있으며, 기존의 영역 경계 추적 방법에 비해 경계 검출 알고리즘 수행 시간을 단축하여 실시간으로 영상을 인식하는 시스템에 적용하면, 전체적인 영상 인식 시간을 단축 할 수 있다[4]. 그리고 기존의 미분 연산자에 기반한 기법들은 에지를 검출함에 있어 픽셀간의 미분값에 의존하기

때문에 밝기값 변화가 완만한 에지에 둔감하여 효과적인 에지 검출이 어려우며, 한 픽셀의 두께로 이루어진 선 에지를 포함하는 영상에 대해서 2중 에지 선을 검출하는 문제점이 있다. 또한, 에지를 검출하기 위해서는 임계값에 의한 영상 분할 과정이 필요하며, 부적절한 임계값은 에지 검출 결과에 직접적으로 영향을 미친다. 만약, 임계값이 낮을 경우, 에지 검출 결과 영상은 노이즈에 민감하게 반응하고 두꺼운 에지 선을 검출하는 반면, 임계값이 높을 경우에는 많은 수의 에지 손실이 발생하게 된다. 그러므로 임계값을 결정하기 위하여 다양한 임계값 결정법이 이용되고 있다. 그러나 적절한 임계값을 찾는 것은 매우 까다로운 문제이다[5].

상기 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 모폴로지(morphology)에 의한 침식과 캐니에 의한 에지 추출 기법으로 윤곽선을 찾고, 찾은 윤곽선 데이터에 미분법을 적용하여 정합점을 찾는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 매칭시 데이터간의 연산량을 줄일 수 있고, 불필요한 데이터의 연산을 줄임으로 최종 시간을 줄일 수 있는 장점이 있다. 마지막으로, 본 논문에서는 실험을 통하여 제안한 방법의 우수성 및 실용성을 증명한다.

II. 영상 정합 시스템

본 논문에서 제안한 시스템은 기존에 제안된 영상 정합 방법을 기본으로 하여 설계한다. 제안하는 시스템은 그림 1

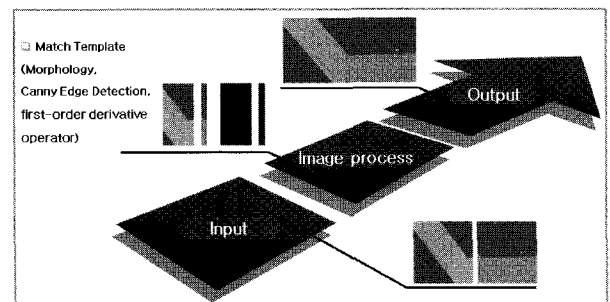


그림 1. 영상 정합의 전체 개요도.
Fig. 1. Whole abstract of matching images.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2009. 10. 12., 수정: 2009. 11. 25., 채택확정: 2009. 1. 15.

양한진: 군산대학교 전자정보공학부(hjyang228@kunsan.ac.kr)

주영훈: 군산대학교 제어로봇시스템공학과(yhjoo@kunsan.ac.kr)

※ 상기 논문은 제어 · 로봇 · 시스템학회 전북제주시부의 학술대회에서 초안이 발표되었습니다.

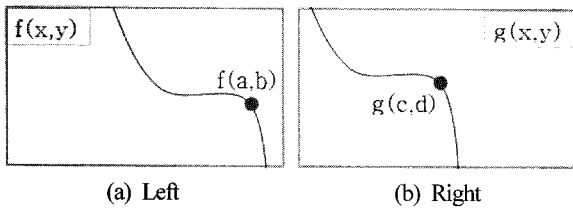


그림 2. 두 영상 간의 매칭점.
Fig. 2. Matching point between two images.

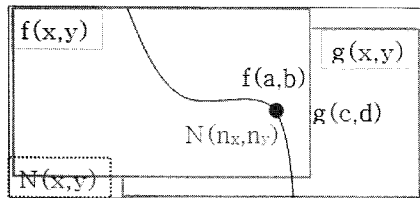


그림 3. 정합에 의한 새로운 좌표계.
Fig. 3. New system of coordinates by matching.

과 같다.
본 논문은 크게 두 단계로 구분하여 설명 할 수 있다. 첫 번째 단계는 모폴로지(morphology)와 캐니 에지(canny edge) 추출 방법에 의하여 윤곽선을 추출하는 단계로 두 이미지 간의 매칭 이전의 작업 단계이다. 두 번째 단계는 추출된 윤곽선 정보를 1차 미분에 의하여 두 이미지간의 유사도를 만족하는 정합점을 찾아내는 단계이다.

그림 2와 같이 각각의 영상의 좌표계 f와 g의 각각의 점 f(a, b)와 g(c, d)를 그림 3과 같은 새로운 좌표계 N의 점 N(n_x, n_y)으로 나타낸다.

III. 템플릿과 미분법에 의한 매칭

1. 매칭을 위한 템플릿 영상 처리

그림 4와 같이 두 영상 간의 적절한 오버랩(overlap)을 템플릿으로 설정하여 처리 데이터를 줄인다. 이미지의 윤곽선을 찾고자 템플릿 영상을 그레이화 하고, 잡음을 제거하기 위한 모폴로지 기법에 의하여 침식시킨다. 경계선만을 얻기 위하여 처리된 영상을 스무딩 시키고, 캐니 에지 추출 기법을 적용하여 경계선의 데이터만을 얻는다.

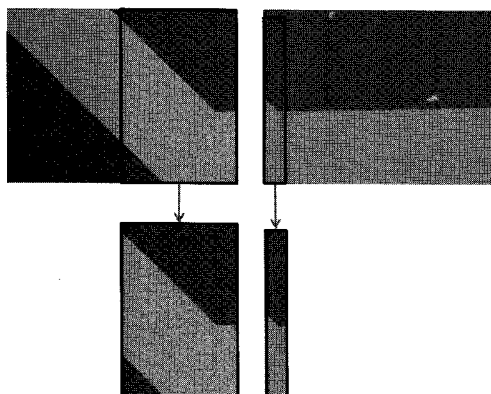


그림 4. 템플릿 영상.
Fig. 4. Template images.

1.1 영상 잡음 제거 - Morphology 기법
2차원의 유클리디안(euclidean) 공간 Z²에서 f(s, t)는 그레이 레벨의 영상이고, g(x, y)는 평면 구조 요소라고 하면, 모폴로지의 침식은 식 (1)과 같다[7,8].

$$(f \ominus g)(s,t) = \min \left\{ \begin{array}{l} f(s+x,t+y) - g(x,y) \\ (s+x,t+y) \in D_f, (x,y) \in D_g \end{array} \right\} \quad (1)$$

1.2 영상의 에지 검출 - Canny Edge 검출 기법
영상 F(x, y)으로부터 가우시안 필터 G(x, y)을 컨벌루션(convolution)하여 얻은 평활화한 영상은 식 (2)과 같다.

$$S(x,y) = G(x,y) * F(x,y) \quad (2)$$

식 (3)과 같은 2차원 가우시안 함수를 이용하여 영상에서 노이즈를 제거한 후, 소벨 에지 연산자를 이용하여 에지를 검출한다.

$$G(x,y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

수평 방향 마스크를 M_x 라고 하고, 수직 방향 마스크를 M_y 라고 할때, 에지 연산자 마스크는 그림 6과 같다.

그림 6의 에지 연산자와 임의의 점(x,y)를 중심으로 형성된 3x3 마스크는 그림 7과 같다.

영상 S(x, y)의 수직과 수평방향의 미분을 각각 G_x(x, y), G_y(x, y)라 할때, 식 (4)은 M_x 마스크의 연산 결과이다.

$$G_x(x,y) = (f(x+1,y-1) + 2*f(x+1,y) + f(x+1,y+1)) - (f(x-1,y-1) + 2*f(x-1,y) + f(x-1,y+1)) \quad (4)$$

또한, 식 (5)은 M_y 마스크의 연산 결과이다.

$$G_y(x,y) = (f(x-1,y+1) + 2*f(x,y+1) + f(x+1,y+1)) - (f(x-1,y-1) + 2*f(x,y-1) + f(x+1,y-1)) \quad (5)$$

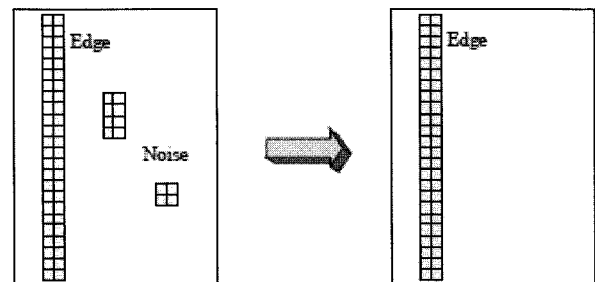


그림 5. 잡음 제거.
Fig. 5. Noise removal.

M_x			M_y		
-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

그림 6. 소벨 에지 연산자.
Fig. 6. Edge operations of sobel.

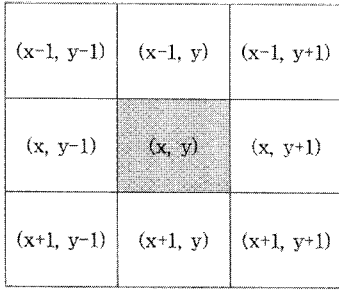


그림 7. 점(x,y)를 중심으로 형성된 3x3 마스크.
Fig. 7. 3x3 mask with a center pixel (x,y).

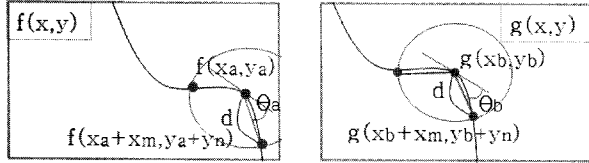


그림 8. 정합점 선별.
Fig. 8. Select matching points.

여기서, 식 (6)은 (x,y)픽셀의 에지 크기를 나타내고,

$$E_m(x,y) = \sqrt{G_x^2(x,y) + G_y^2(x,y)} \quad (6)$$

식 (7)은 (x,y)픽셀의 에지 방향을 나타낸다[4-6].

$$D(x,y) = \tan^{-1} \frac{G_y}{G_x} \quad (7)$$

2. 제안하는 1차 미분법에 의한 정합점 선별

에지 추출에 의한 윤곽선 데이터는 그림 8과 같이 기울기의 일치와 일정거리의 윤곽점 유무를 판별하여 정합점으로 선정한다[10].

우선, 그림 9와 식 (8)을 통하여 2중 에지선 검출을 제외시킨다.

$$\begin{aligned}
 G_1(x,y) &= (f(x-1,y-1) + f(x-1,y) \\
 &\quad + f(x,y-1) + f(x,y))/4 - f(x,y) \\
 G_2(x,y) &= (f(x-1,y) + f(x-1,y+1) \\
 &\quad + f(x,y) + f(x,y+1))/4 - f(x,y) \\
 G_3(x,y) &= (f(x,y-1) + f(x,y) \\
 &\quad + f(x+1,y-1) + f(x+1,y))/4 - f(x,y) \\
 G_4(x,y) &= (f(x,y) + f(x,y+1) \\
 &\quad + f(x+1,y) + f(x+1,y+1))/4 - f(x,y) \\
 G_T(x,y) &= G_1(x,y) + G_2(x,y) + G_3(x,y) + G_4(x,y) \\
 H(x,y) &= \begin{cases} 1 & \text{if } G_T(x,y) \leq 1 \\ 0 & \text{if } G_T(x,y) > 1 \end{cases}
 \end{aligned} \quad (8)$$

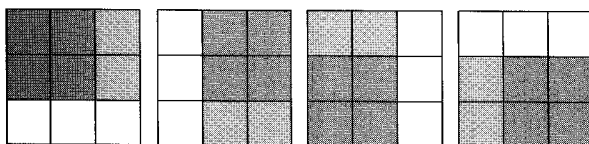


그림 9. 이중 에지선의 예.
Fig. 9. Example of dual edge-lines.

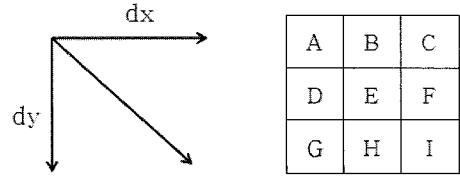


그림 10. 픽셀 단위 미분.
Fig. 10. Differentiation in pixels.

추출된 윤곽선 데이터 중 임의의 한 점 f(xa, ya)는 식 (9)과 같이 미분화한다.

$$\Delta f = \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} \quad (9)$$

식 (9)는 그림 10과 식 (10)에 의하여 미분화 된다.

$$\begin{aligned}
 Dx &= (F+E)/2 - (E+D)/2 = (F-D)/2 \\
 Dy &= (H+E)/2 - (E+B)/2 = (H-B)/2 \\
 Gradient &= (|F-D| + |H-B|)/2
 \end{aligned} \quad (10)$$

식 (11)과 같이 미분된 f(xa, ya)의 값이 다른 영상의 좌표 g(xb, yb)에서 미분값이 같은 좌표 g(xb, yb)를 찾는다.

$$f'(x_a, y_a) = g'(x_b, y_b) \quad (11)$$

선별된 좌표 f(xa, ya)는 식 (12)와 같이 $\Theta_a = \Theta_b$ 일때, 일정한 거리 d 만큼의 좌표 f(xa+xm, ya+yn)와 같다.

$$f(x_a + x_m, y_a + y_n) = g(x_b + x_m, y_b + y_n) \quad (12)$$

IV. 실험 및 결과 고찰

본 실험은 WSI (White-light Scanning Interferometer) 방식의 광학 장비를 이용하였다. WSI는 비 접촉식 3차원 측정 방식으로 백색광의 간섭 무늬를 통해 영상의 상대적 높이차를 측정하는 방식이다. 간섭 대물렌즈를 광축 방향으로 미소 간격(수십 nm) 이동하여 간섭 신호가 가장 강하게 나타나는 대물렌즈의 위치를 측정 점의 높이 값으로 선정하고 간섭 무늬를 분석함으로써 화면상의 모든 점의 상대위치를 계산하여 측정물의 형상을 검출한다. 본 실험에서는 위 장비를 통해 그림 11의 (640*480) 크기 이미지를 얻는다.

그림 11의 입력 데이터는 실제 그림 12와 같이 높이 값을 RGB 값으로 갖는 3차원의 광학 영상이다. 본 데이터는 측정 장비의 3축 조절기와 기울어짐(tilt) 보정 기능으로 회전 및 기울어짐에 강인한 특성을 갖는다.

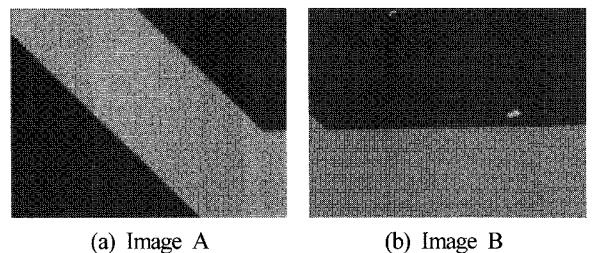
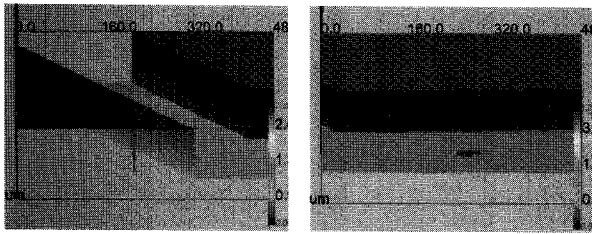


그림 11. 입력 영상.
Fig. 11. Input images.

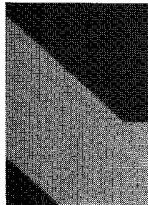


(a) Image A

(b) Image B

그림 12. 입력 데이터의 3차원 영상.

Fig. 12. 3D images of input data.



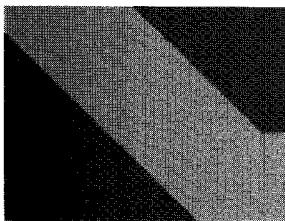
(a) Image A



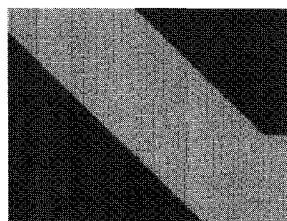
(b) Image B

그림 13. 템플릿 영상.

Fig. 13. Template images.



(a) Gray



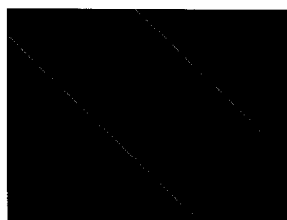
(b) Morphology

그림 14. 모폴로지에 의한 잡음 제거.

Fig. 14. Noise removal by morphology.



(a) Binary



(b) Canny

그림 15. 캐니 에지 추출.

Fig. 15. Canny edge detection.

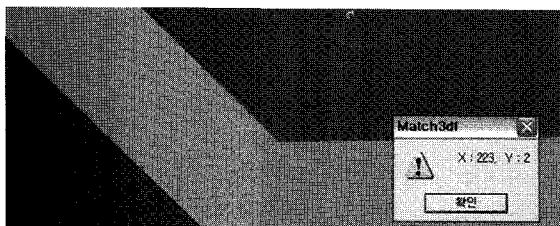


그림 16. 결과 영상.

Fig. 16. Result image.

그림 13과 같이 입력 영상에서 (320*480) 과 (60*450) 크기의 템플릿을 결정한다.

각각의 템플릿 영상은 잡음을 제거하기 위하여 그림 14와 같이 모폴로지 기법에 적용된다. 또한, 이진화를 거쳐 윤곽선을 추출하는데, 본 실험에서는 그림 15와 같이 캐니 에지 추출에 의한 윤곽선을 추출한다. 캐니 에지 추출을 위하여 가우시안 스무딩 기법을 거친다.

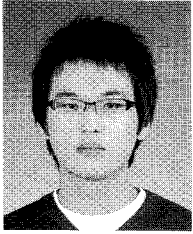
추출된 윤곽선 정보는 제안된 1차 미분법에 의하여 선별되어 정합점으로 선정된다. 거리 d는 9 픽셀(Pixel)로 설정한다. 선별된 정합점에 의한 최종 결과는 그림 16과 같다.

V. 결론

본 논문에서는 비접촉식 미세 측정 광학기에 의해 측정된 영상을 에지 추출 기법과 미분법에 의해 보다 정밀하고 신속하게 정합하는 기법을 제안하였다. 각각의 영상으로부터 중첩을 포함한 일정부분을 템플릿으로 결정하였고, 미분법을 통하여 정합점을 검출함으로써 영상을 연속화 하였다. 마지막으로, 제안된 방법은 실험을 통하여 그 응용 가능성을 증명하였다.

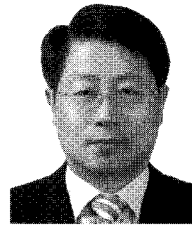
참고문헌

- [1] 한광수, “고속 고정도 영상 정렬 알고리즘”, 한국정보과학회논문지, 제26권 제1호, pp.609-611, Apr. 1999.
- [2] L. G. Brown, “A survey of image registration techniques,” ACM Computing Surveys, vol. 24, no. 4, Jan. 1992.
- [3] 김수겸, 박중순, 최정희, “에지의 구조적 영역정보를 이용한 에지검출,” 한국마린엔지니어링학회지, 제24권 제2호, pp. 232-239, Mar. 2000.
- [4] 김승희, 남시병, 임해진, “실시간 영상처리를 위한 향상된 영역 경계 검출,” 한국컴퓨터정보학회논문지, 제14권 제1호, pp. 99-106, Jan. 2009.
- [5] 서석태, 정혜천, 이인근, 권순학, “영역의 분할정도에 기반한 에지 검출 기법,” 퍼지 및 지능시스템학회논문지, 제17권 제7호, pp. 939-944, Dec. 2007.
- [6] 임동훈, “웹 상에서 통계적 에지검출기 개발 및 구현,” 한국컴퓨터정보학회논문지, 제10권 제4호, pp. 133-141, Sep. 2005.
- [7] Z. Li, Y. Yang, and W. Jiang, “Multi-scale morphologic tracking approach for edge detection,” *IEEE 4th Inter. Conf. on Image and Graphics*, pp. 358-362, Aug. 2007.
- [8] S. S. Wilson, “Vector morphology and iconic neural networks,” *IEEE trans. on System, Man, and Cybernetics*, vol. 19, no. 6, pp. 254-255, Nov. 1989.
- [9] P. Bao, L. Zhang, and X. Wu, “Canny edge detection enhancement by scale multiplication,” *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 27, no. 9, Sep. 2005.
- [10] D. Sherman and S. Peleg, “Stereo by incremental matching of contours,” *IEEE trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 12, no. 11, Nov. 1990.



양 한 진

2009년 군산대 전자정보공학부 졸업.
2009년~현재 군산대학교 전자정보공학부 석사과정. 관심분야는 지능형 로봇, Vision system, 지능시스템, 신경회로망.



주 영 훈

1982년, 1984년, 1995년 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사, 공학석사, 공학박사). 1986년~1995년 (주)삼성전자 자동화연구소 책임연구원. 1998년 2월~1999년 1월 미국 휴스턴대학 전기 및 컴퓨터공학과 박사후박사과정. 1995년~현재까지 군산대학교 제어 · 로봇 · 시스템공학과 정교수. 현재 군산대학교 Post BK21 사업팀장. 2009년 현재 한국지능시스템학회 회장. International Journal of Control, Automation, Systems (IJCAS) Editor. 관심분야는 지능형로봇, 인간-로봇 상호작용, 지능 제어, 감정 인식, 네트워크 기반 제어기설계 등.