
모의 사격 시스템에서 레이저 빔 인식을 위한 영상 처리 기법

오세창* · 한동일**

Image Processing Technique for Laser Beam Recognition in Shooting Simulation System

Se-Chang Oh* · Dong-Il Han**

요 약

모의 사격 시스템은 군사 훈련에 드는 많은 비용과 시간을 줄일 수 있음은 물론이고 사고의 위험을 배제할 수 있다. 특히 레이저를 이용한 모의 사격 시스템은 실탄을 사용한 훈련과 거의 유사한 환경을 제공할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 이러한 시스템을 구현하기 위해서는 레이저 빔을 인식하기 위한 효과적인 영상처리 기법의 개발이 필요하다.

본 연구에서 제안하는 방법은 인접한 두 영상에서 차 영상을 구하고 이 차 영상에서 빔을 배경과 구분하기 위해 쓰레쉬홀딩 방법을 적용하였다. 이때 쓰레쉬홀드 값은 배경을 이루는 점들의 밝기 분포가 정규분포를 이룬다는 가정 하에 결정한다. 이 결과에 잡음제거와 영역분리 과정을 거쳐서 빔의 영역을 정한다. 이 영상처리 방법의 계산 복잡도는 영상의 크기와 잡음제거를 위해 사용한 마스크의 크기를 곱한 값에 비례한다. 실험에서 제안한 방법은 93.3%의 정확도를 보였다. 또한 부정확한 결과가 나오는 경우에도 항상 빔을 포함하여 영역을 잡는 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

Shooting simulation systems not only reduce a great amount of expense and time for military exercises but also prevent accidents. In particular, the shooting simulation systems using laser beam have an advantage which is very similar to the shooting exercise that uses real bullets. However, real time technique for laser beam recognition in a target image is necessary.

The method proposed in this paper takes a difference image from two adjacent image frames. Then a thresholding is applied on this difference image to discriminate laser beam from background. To decide the threshold value the intensity distribution of background points is modeled assuming normal distribution. Then a noise reduction and a region segmentation are applied on the binary image to find the position of a laser beam. The time complexity of this process depends on the size of an image multiplied by the size of a mask used in the noise reduction process. The experimental result showed that the accuracy of the system was 93.3%. Even in the inaccurate cases the beam was always found in the resultant region.

키워드

모의사격, 레이저 빔, 영상처리, 패턴인식

* 세종사이버대학교 유비쿼터스컴퓨팅학과

접수일자 2008. 02. 25

** 세종대학교 컴퓨터공학부 (교신저자)

I. 서 론

군사 훈련장에서는 병사들의 사격 능력을 평가하고 향상시키기 위해서 많은 시간과 비용을 들여 실탄을 사용한 훈련을 실시하고 있다. 그러나 이러한 훈련은 비용과 시간의 부담은 물론이고 오발 사고의 위험을 감수해야 한다. 모의 사격 훈련은 이러한 부담을 줄이고 사고의 위험을 배제하기 위한 좋은 대안이다.

모의 사격 훈련 시스템에 대한 기존 연구는 주로 특허에서 찾을 수 있으며, 이와 관련된 연구 논문은 아직 거의 없다. 이는 이러한 연구 및 개발이 간단한 센서를 사용하는 초보적인 기술로부터 발전되어 왔기 때문이다. 기존 특허 자료를 살펴보면 지금까지 제안된 사격 훈련용 시스템은 크게 두 가지 유형으로 분류할 수 있다.

- 유형 1: 총구에 광 센서가 부착된 모형 총과 모니터 화면의 동기 신호를 이용해서 가상의 탄착점을 찾아주는 시스템
- 유형 2: 실제로 사용하는 총에 레이저를 장착하고, 이에서 발사된 빛을 표적지에서 감지하여 탄착점을 찾는 시스템

이 중에 첫 번째 유형은 정확도가 높고 시스템 구성이 쉽다[1]. 그러나 적용 거리가 짧고, 화면 신호와 동기화된 특수 장치를 사용해야 하므로 실제 개인 화기를 사용하는 방법에 비해서 현실감이 많이 떨어진다. 반면에 두 번째 유형은 실제 개인 화기에 레이저를 장착하여 사용하므로 현실감을 유지할 수 있다. 이러한 유형 2의 방법은 레이저 빔의 감지 및 처리 방법에 따라 다시 세 가지 유형으로 나눌 수 있다. 첫 번째는 표적지 자체를 빛 감지 센서의 배열로 구성하는 방법이다[2, 3]. 이 방법은 햇빛에 의한 간섭이 있는 경우 적용이 쉽지 않으며, 일반적으로 조명이 통제된 환경에서 적용이 가능한 방법이다. 두 번째는 표적지가 반사한 빛을 개인 화기에 부착된 센서로 감지하는 방법이다[4, 5]. 이 방법도 역시 조명이 통제된 환경에서 적용이 가능한 방법이며, 정확도가 높지 않다. 세 번째는 표적지의 뒤에 카메라를 부착하여 이로부터 얻은 영상을 처리해서 탄착점을 인식하는 방법이다[6, 7, 8]. 이 방법에서는 질 높은 영상을 얻을 수 있어서 가장 정확도를 높일 수

있는 발전된 방법이다. 그러나 기존 연구는 전체 시스템에 대한 하드웨어 구성만을 제시한 특허이며, 탄착점 인식을 위한 영상처리 방법에 대해서는 다루고 있지 않다.

따라서 본 연구는 레이저를 이용한 모의 사격 훈련 시스템의 구현에 있어서 가장 핵심적인 요소인 레이저 빔 즉, 탄착점을 인식하기 위한 영상처리 방법을 개발하는데 그 목적이 있다. 따라서 시스템의 기본적인 기능은 표적지 뒤에 설치된 카메라를 통해서 얻은 영상을 처리하여 레이저 빔을 인식한다. 이를 통해서 레이저 빔이 표적 내부에 들어와 있는지를 판단함으로써 명중 여부를 판단하는 것이다.

본 논문의 2장에서는 본 연구에서 다루고자 하는 영상처리 문제를 정의하고, 3장에서는 제안하고자 하는 영상 처리 기법에 대해서 기술하고, 4장에서는 실험 결과에 대해 분석한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 의의, 실험 결과를 토대로 얻어진 결론, 그리고 향후 연구 방향을 정리한다.

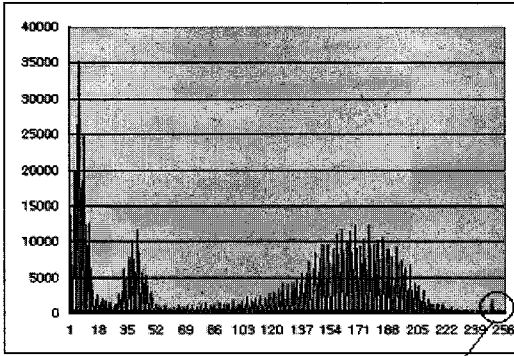
II. 문제의 정의

모의사격 시스템을 위한 영상처리 방법에서 중요한 문제 중 하나는 처리 속도를 높이는 일이다. 이는 개발하고자 하는 기술이 계산 자원이 PC에 비해 상대적으로 부족한 임베디드 시스템에서 적용 가능해야 하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 3 바이트 RGB 컬러 영상 대신 1 바이트 그레이 영상을 사용한다. 이는 메모리 사용량을 줄이고 속도를 높이기 위해서이다.

또한 효과적으로 레이저 빔을 인식하기 위해서는 하나의 영상에 대한 밝기 정보를 사용하기 보다는 연속된 두 개의 영상 간의 차이 정보를 사용하는 것이 필요하다. 이는 빔이 표적지에서 밝은 부분과 겹치거나, 빛이 강한 낮에 촬영한 영상에서 밝기 정보만 보면 빔이 거의 식별되지 않기 때문이다. 그림 1은 흐린 날에 촬영한 영상에서 히스토그램을 구한 결과로 빔의 밝기가 배경의 밝기와 구분이 가능할 정도로 차이가 나는 경우이다.

그러나 이렇게 빔을 식별할 수 있을 정도로 뚜렷하게 구분되는 빛의 분포가 낮에 촬영한 영상에서는 일반적으로 나타나지 않는다. 반면에 연속된 두 영상의 차 영상

을 사용하면 아무리 빛이 강한 낮에 촬영하더라도 빔의 흔적이 남는다. 따라서 눈으로는 식별이 안 될 정도로 밝은 빛에 빔이 묻히는 경우에도 빔의 식별이 가능하다. 차영상을 사용하는 방법은 움직임을 감지하는 문제에 적용되어 왔다[9]. 레이저 빔을 감지하는 문제도 빔이 갑자기 나타나는 것을 영상의 변화로 보고 같은 방법으로 접근할 수 있다.



laser beam

그림 1. 밝기 히스토그램 상에 나타난 레이저 빔
Fig. 1 Laser Beam Found on the Intensity Histogram

본 연구에서 해결하고자 하는 레이저 빔 인식의 문제는 다음과 같이 표현할 수 있다. 먼저 동영상을 정지 영상들의 시퀀스로 보면 $\{I_1, I_2, \dots, I_M\}$ 과 같이 표현된다. 여기에서 하나의 영상은 그레이 영상이며 다음과 같이 표현된다.

$$I(x,y) \in G \tag{1}$$

이 때 밝기 정보는 1 바이트로 표현되므로, G 는 0~255 범위의 정수 값들의 집합이다. 또한 (x,y) 는 2차원 영상에서 한 점의 좌표 값이다. 이 때 우리는 연속된 두 영상의 차 영상인 D_i 에서 빔을 찾고자 한다. D_i 는 다음과 같이 표현된다.

$$D_i = I_i - I_{i-1} \tag{2}$$

따라서 이 연구의 목표는 주변 환경에 영향을 받지 않고 D_i 로부터 빔을 이루는 점들의 집합 B_i 를 구하는 것이다. 물론 B_i 는 D_i 의 부분 집합이다.

III. 레이저 빔 인식을 위한 영상처리 기법

레이저 빔 인식을 위해서는 배경과 빔을 분리해야 한다. 이를 위해 쓰레쉬홀딩 (thresholding) 방법이 사용되는데, 일반적으로 쓰레쉬홀딩의 결과에는 다소 잡음이 포함되어 있다. 이러한 잡음을 줄이기 위해서 잡음 감축 (noise reduction) 과정이 필요한데, 이 과정에서도 제거되지 않는 잡음과 빔을 분리하기 위해서 최종적으로 분할 (segmentation) 과정이 필요하다. 따라서 영상처리 과정은 그림 2와 같이 쓰레쉬홀딩, 잡음 감축, 분할의 순서로 진행된다.

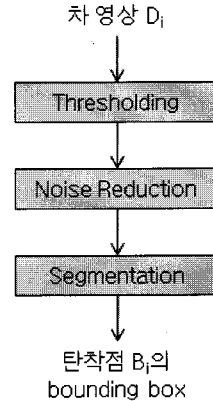


그림 2. 레이저 빔 인식을 위한 영상처리 과정
Fig. 2 Image Processing for Laser Beam Recognition

본 장에서는 이러한 영상처리의 각 단계별로 주요 쟁점과 이를 해결하기 위한 방법에 대하여 다루고자 한다.

3.1 차 영상의 쓰레쉬홀딩

대략 1 lux 내외로 조도가 낮은 밤에 표적지를 촬영한 경우에는 차 영상에서 빔이 뚜렷하게 구분된다. 그러나 조도가 20,000 lux 이상인 낮에 촬영한 영상에서 차 영상을 구해보면 전반적으로 값이 작아서 아무 것도 보이지 않게 된다. 이때 차 영상의 각 픽셀에 일정한 값을 곱해서 신호를 증폭하면 차 영상을 볼 수 있다. 그러나 본질적으로 빔의 밝기가 배경에서 나타나는 잡음에 비해서 큰 차이가 없기 때문에 빔을 배경 잡음과 구분하기가 어렵다.

차 영상 D_i 에서 배경과 빔을 구분하기 위해서 사용할 수 있는 가장 기본적인 방법은 바로 쓰레쉬홀딩 방법이다. 이 방법은 배경 잡음과 빔을 구분하기 위한 최적의 밝기 값을 찾아서 쓰레쉬홀드 값으로 놓고, 이보다 밝은 점을 빔에 포함된 점으로 보는 것이다. 이를 위해 영상에서 밝기 값에 대한 히스토그램을 구해서 값의 분포를 보고 배경과 빔에 해당하는 두 분포의 중간 지점에서 쓰레쉬홀드 값을 정하면 된다.

일반적으로 차 영상에 대해서 히스토그램을 구해보면 그림 3과 같은 모습을 보인다. 즉, 대부분의 픽셀은 배경에 해당되고, 히스토그램 상에서 이에 대한 분포는 $\mu = 0$ 인 정규분포의 오른쪽 반에 해당하는 부분만 나타난다. 반면에 빔에 포함되는 픽셀은 극히 소수이므로 쉽게 눈에 띄지 않는다.

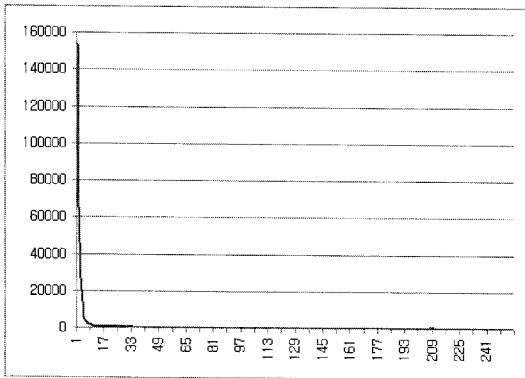


그림 3. 차 영상의 히스토그램
Fig. 3 Histogram of Difference Image

따라서 빔에 해당하는 분포를 보기 위해서는 히스토그램에서 세로축 값의 범위를 한정함으로써 아래쪽을 확대해 보아야 한다.

그림 4는 밤에 촬영한 영상에 대한 히스토그램에서 세로축의 아래 부분만을 확대해 본 결과로, 배경과 빔에 대한 분포가 쉽게 구분된다. 같은 방법으로 낮에 촬영한 영상에 대한 히스토그램에서 세로축의 아래 부분만을 확대해서 보면 그림 4와 같이 두 분포가 뚜렷하게 구분되지는 않지만 오른쪽 끝에 정규분포 값보다 큰 값이 나타나기 때문에 어느 정도 구분이 가능하다.

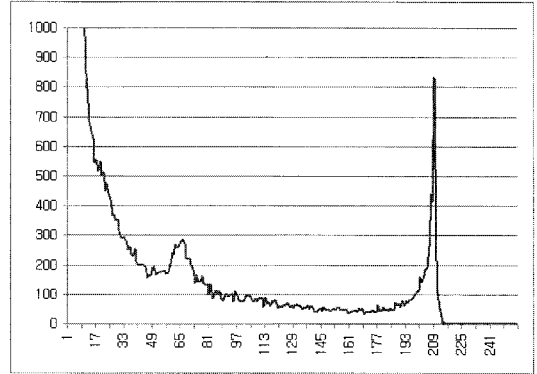


그림 4. 히스토그램 상에서 배경과 레이저 빔의 구분
Fig. 4 Discrimination between Background and Beam on Histogram

본 연구에서는 차 영상에 대한 히스토그램에서 발견할 수 있는 이러한 특성을 이용해서 쓰레쉬홀드 값을 결정한다. 즉, 히스토그램 상에서 배경의 분포 $f(x)$ 를 $\mu = 0$ 인 정규분포의 오른쪽 반으로 보면, 다음과 같은 식으로 σ 를 구할 수 있다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{\sum x^2 \cdot f(x)}{\sum f(x)}} \quad (3)$$

이 때 $k \cdot \sigma$ 를 쓰레쉬홀드 값으로 정하면 된다. 여기에서 상수 k 값은 배경과 빔을 나눌 수 있도록 실험의 해를 정해야 하는데, 실제로 3.2 정도가 적당한 것으로 나타났다.

이 과정의 계산 복잡도는 히스토그램을 구하는데 $O(n)$ (n 은 영상에 포함된 픽셀 수), 히스토그램에서 쓰레쉬홀드 정하는데 $O(g)$ (g 는 그레이 레벨 수로, 여기에서는 256)이다. 따라서 전체적으로 $O(n+g)$ 이다.

3.2 잡음 감축

쓰레쉬홀딩에 의해서 얻어진 이진 영상에는 배경에서 발생한 잡음이 다소 포함되어 있다. 이러한 잡음은 표적 주변에 조도가 높을수록 더 많이 발생한다. 다행스러운 점은 일반적으로 이러한 잡음이 빔의 크기에 비해 작다는 사실이다. 따라서 잡음을 빔과 구분하는 것이 대부분의 경우 가능하다.

본 연구에서는 잡음 제거를 위해서 형태학적 개방 (morphological opening) 연산을 사용했다. 이 연산은 다 음과 같이 수학적 형태학 (mathematical morphology) 에 서 사용하는 침식 (erosion) 연산과 팽창 (dilation) 연산을 차례로 적용하는 연산이다[10].

$$B' = (B \ominus M) \oplus M \quad (4)$$

여기에서 B는 쓰레쉬홀딩 과정에서 얻은 차 영상에 대한 이진화된 영상이고, M은 형태학 연산에 쓰이는 작 은 마스크이다. 또한 $B \ominus M$ 는 $\{z | (M)_z \subseteq B\}$ 로 침식 연산을 의미하고, $B \oplus M$ 는 $\{z | (\hat{M})_z \cap B \neq \emptyset\}$ 로 팽 창연산을 의미한다.

이 형태학적 개방 연산의 한계는 크기가 마스크 M 보 다 작은 잡음만 제거된다는 점이다. 따라서 마스크 M 보 다 큰 잡음이 있다면 이 과정에서 제거되지 않고 남아있 게 된다.

이는 결국 차 영상 B에 포함된 모든 픽셀에 대해서 M 을 가지고 마스크링 하는 과정이므로 계산 복잡도는 $O(n \cdot m)$ (n은 영상에 포함된 픽셀 수, m은 마스크 영상에 포 함된 픽셀 수로 $m \ll n$)이다.

3.3 빔의 분할

영상에서 빔 영역을 분할하는 방법에는 에지 검출부 터 형태학적인 방법까지 다양한 방법이 적용 될 수 있다. 그러나 이 문제에서는 픽셀 단위의 정확도가 요구되기 보다는, 계산 자원을 적게 소모하고 빠른 시간 안에 처리 가 가능한 방법이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 잡음이 남아 있는 이진 영상에 서 빔의 범위를 정하기 위해서 투영 방법을 사용했다. 여 기에서 적용된 알고리즘은 다음과 같다.

- Step 1. 탐색 범위를 주어진 이진 영상 B'의 전체 범위로 초기화
- Step 2. 주어진 이진 영상 B'을 탐색 범위 안에서 x 축과 y 축으로 각각 투영
- Step 3. 각 축에서 투영된 값의 최대값 계산
- Step 4. 최대값에 상수 c를 곱한 값을 기준으로 이보다 값이 큰 부분만 포함되도록 탐색의 범위를 조정

Step 5. 탐색 범위가 Step 4에서 수정되었으면 Step 2로 이동

이 알고리즘에 의해서 최종적으로 얻어진 탐색 범위를 빔의 바운딩 박스로 간주한다.

이 과정의 계산 복잡도는 $O(w \cdot k)$ (w는 영상의 너비, k는 투영의 반복회수로 일반적으로 5회 미만)이다. 따 라서 전체적인 영상처리 과정의 계산 복잡도는 $O(n \cdot m)$ 이다.

IV. 실험 결과 및 분석

4.1 실험 환경

실험에 사용한 장비는 출력이 1mW인 가시광선 레이 저와 표적지 뒤에 설치된 PP-DEB-005라는 카메라 모듈 이다. 이 카메라 모듈은 640x480 크기의 RGB 이미지를 초당 30 프레임의 속도로 생성한다.

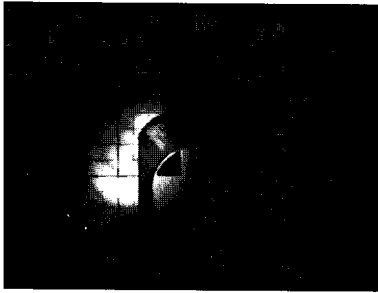
이 카메라 모듈을 사용해서 밤과 낮에 각각 15번씩 25m의 거리에서 발사 실험을 하여 총 30개의 동영상 을 얻었다. 촬영 당시 표적지 주변의 조도는 밤에는 1~1.5 lux이었고, 낮에는 20000~40000 lux이었다. 실험에 사용 된 데이터는 각 동영상에서 빔이 나타나기 시작하는 프 레임을 전후로 각각 2 프레임을 포함하여 총 5장의 정지 영상을 추출하고 이를 256-레벨 그레이 영상으로 변환 한 것이다. 따라서 실험에 사용한 정지 영상은 총 150장 이다.

4.2 영상 처리의 각 단계별 실험 결과

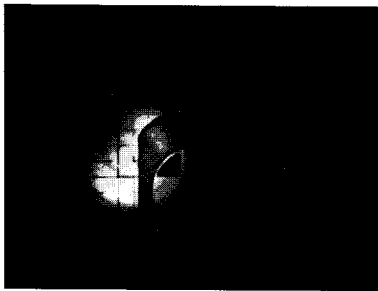
1) 쓰레쉬홀딩

본 실험에서는 레이저 빔에 포함되는 점들을 배경으 로부터 분리하기 위해서 $3.2 \cdot \sigma$ 를 쓰레쉬홀드 값으로 정하였다. 여기에서 3.2는 반복 실험을 통해서 경험적으 로 정한 수치이다.

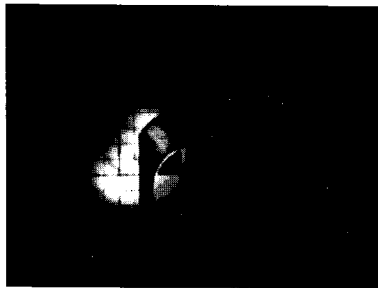
그림 5는 표적지 주변의 조도가 1.26 lux인 밤에 촬영 한 예로서, RGB 영상을 그레이 영상으로 변환하고, 이 로부터 차 영상을 얻은 후 쓰레쉬홀딩한 결과를 보여 준다.



(a)



(b)



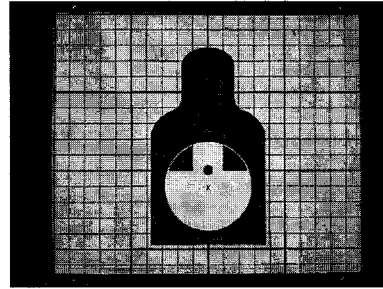
(c)

그림 5. 어두운 영상에 대한 쓰레쉬홀딩 결과
(a) RGB 영상 (b) 이전 프레임과의 차 영상
(c) 쓰레쉬홀딩 결과

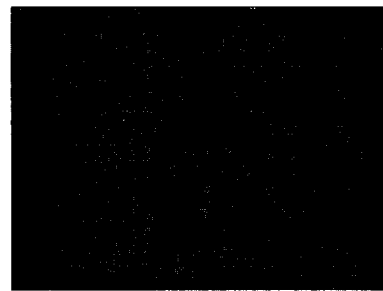
Fig. 5 Thresholding Result for Dark Image
(a) RGB Image (b) Difference between Current and Previous Frame (c) Thresholding Result

그림을 보면 원본 영상에서도 쉽게 빔을 확인할 수 있다. 여기에서 차 영상을 구해보면 배경의 표적지의 무늬가 사라진다. 또한 이 차 영상을 쓰레쉬홀딩하면 빔만 뚜렷하게 남는다.

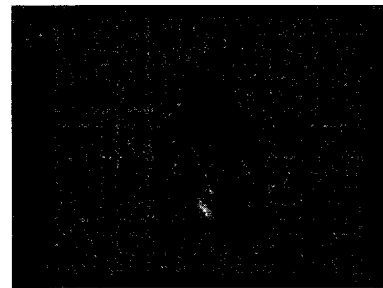
그림 6은 표적지 주변의 조도가 40,000 lux인 낮에 촬영한 예로서, RGB 영상을 그레이 영상으로 변환하고, 이로부터 차 영상을 얻은 후 쓰레쉬홀딩한 결과를 보여준다.



(a)



(b)



(c)

그림 6. 밝은 영상에 대한 쓰레쉬홀딩 결과
(a) RGB 영상 (b) 이전 프레임과의 차 영상
(c) 쓰레쉬홀딩 결과

Fig. 6 Thresholding Result for Bright Image
(a) RGB Image (b) Difference between Current and Previous Frame (c) Thresholding Result

이 그림을 보면 원본 영상에서는 눈으로 빔을 확인할 수 없다. 그러나 차 영상을 구해보면 어느 정도 빔의 윤곽이 나타난다. 이 차 영상을 쓰레쉬홀딩하면 잡음이 많이 남지만 빔이 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다.

2) 잡음 감축

이 단계에서는 쓰레쉬홀딩 결과에서 남아 있는 많은 잡음을 제거하고자 한다. 이를 위해 형태학적 개방 연산

을 적용하는데, 이 때 마스크 M 은 크기가 14×14 인 정사각형을 사용한다. 그림 7은 앞 단계에서 각각 밤과 낮에 촬영한 영상을 쓰레쉬홀딩한 결과에서 형태학적 개방 연산을 적용한 결과이다.

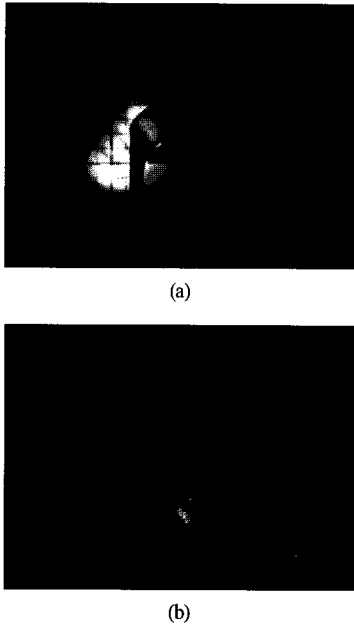


그림 7. 잡음 감축 결과
(a) 조도 1.26 lux의 경우 (b) 조도 40,000 lux의 경우
Fig. 7 Noise Reduction Result
(a) Case of 1.26 lux (b) Case of 40,000 lux

결과를 보면 밤에 촬영한 영상의 경우 본래 잡음이 거의 없었으므로 이 단계가 큰 의미가 없지만, 낮에 촬영한 영상의 경우 대부분의 잡음을 제거하는 것을 볼 수 있다.

3) 분할

이 단계는 잡음 감축 단계에서 제거되지 않은 큰 잡음이 존재한다는 가정 하에서 빔의 바운딩 박스를 구하는 과정이다. 여기에서는 영상을 x, y 축으로 각각 투영한 뒤 가장 큰 값을 구해 여기에 $1/6$ 을 곱한 값을 기준치로 적용하였다.

그림 8은 앞에서 살펴본 예에서 분할을 적용한 결과이다.

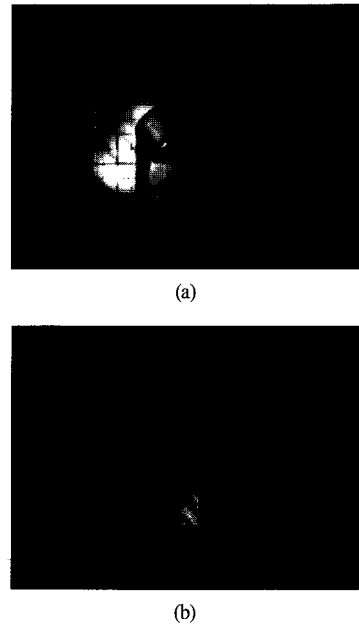


그림 8. 분할 결과
(a) 조도 1.26 lux의 경우 (b) 조도 40,000 lux의 경우
Fig. 8 Segmentation Result
(a) Case of 1.26 lux (b) Case of 40,000 lux

결과를 보면 대체적으로 (a)의 경우와 같이 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 낮에 촬영한 영상의 경우 (b)와 같이 빔 부근에 비교적 큰 잡음이 나타나 다소 부정확한 분할 결과를 보이는 경우도 발생했다.

4.3 시스템의 인식 성능

실험 결과 총 30개의 레이저 빔 가운데 정확한 결과를 보인 경우가 28개이고, 2개의 빔에 대해서는 그림 8 (b)와 같이 주변의 잡음을 포함하여 빔의 바운딩 박스를 잡는 결과를 나타냈다. 따라서 93.3%의 처리율을 보였다.

V. 결론

본 연구에서는 레이저를 사용하는 모의 사격 시스템에 적용하기 위한 영상처리 방법을 제안하였다. 이 방법은 임베디드 시스템에서도 적용할 수 있도록 가급적 메모리를 적게 사용하고 빠른 알고리즘을 고안하는데 주안점을 두었다.

제안하는 영상처리 방법은 레이저 빔 즉, 탄착점을 인식하기 위해서 차 영상을 구하고 이를 쓰레쉬홀딩 한다. 쓰레쉬홀드 값을 정하기 위해 배경에 해당하는 점들의 밝기 분포가 정규분포를 이룬다고 가정하였다. 쓰레쉬홀딩의 결과 남아있는 잡음을 제거하기 위한 잡음 감축 과정에서는 형태학적 개방 연산을 적용했다. 분할 과정에서는 앞에서 제거되지 않는 큰 잡음과 빔을 구분하여, 빔의 바운딩 박스를 정하기 위해서 투영 방법을 반복적으로 적용했다. 본 논문에서 제안하는 영상처리 방법의 계산 복잡도는 $O(n \cdot m)$ 로 영상의 크기와 형태학적 개방 연산에 사용되는 마스크의 크기에 종속적이다.

실험 결과 30개의 빔에 대해서 93.3%가 정확한 결과를 보였으며, 6.7%가 빔과 가깝게 위치한 잡음을 포함해서 바운딩 박스를 잡는 다소 부정확한 결과를 보였다. 이러한 결과는 빔 고유의 특성을 고려하지 않고 투영이라는 단순한 방법에 의해 분할을 했기 때문으로 보인다. 따라서 빔이 원의 일부라는 특성을 이용하여 영역을 잡는다면 보다 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

실제로 모의 사격에 이 시스템을 적용하기 위해서는 정지화상이 아닌 동영상에서 프레임 영상들을 연속적으로 뽑아서 처리하기 위한 방법이 필요하다. 이 때 발생하는 문제는 하나의 빔이 여러 프레임에 걸쳐서 나타난다는 점이다. 이 때 인접한 두 프레임 만을 비교하면 빔이 움직이지 않는 시점에서는 빔을 놓치게 된다. 차후에는 이러한 문제에 대해서도 연구가 필요하다.

또한 레이저의 종류와 표적지의 재질 등을 변화시켜 보면서 보다 다양한 데이터를 대상으로 실험해 보는 것도 필요하다.

참고문헌

- [1] 박원우, “적외선을 이용한 가상 사격장에서의 가상 탄착점 위치를 찾는 방법”, KR Patent 10-0388945-0000, 2003-06-12.
- [2] 김길홍, “사격훈련시스템”, KR Patent 20-0197122-0000, 2000-07-10.
- [3] 정경희, 이창훈, “행렬식 수광 소자를 이용한 전자식 사격 훈련 시스템”, KR Patent 10-0648625-0000, 2006-11-15.
- [4] 김성길, “레이저 축소 사격 표적기”, KR Patent 10-0403921-0000, 2003-10-20.
- [5] 임창균, 이태국, 서효방, “영상처리기반 탄착점 추출에 관한 연구,” 한국인터넷정보학회 춘계학술발표대회, 제 9권, 제 1호, pp. 411-414, 2008년 5월.
- [6] 김맹수, “레이저 사격 훈련 시스템”, KR Patent 20-0206981-0000, 2000-10-05.
- [7] 윤옥선, “증강 현실을 이용한 사격 훈련 시뮬레이션 시스템 및 그 방법”, KR Patent 10-2000-0012160, 2000-03-06.
- [8] John Clark, Kendir Tansel, Shechter Motti, “Firearm laser training system and method facilitating fire arm training with various targets and visual feedback of simulated projectile impact locations”, KR Patent 10-0674629-0000, 2007-01-19.
- [9] Meijering, E. H. et al., “Restrospective Motion Correction in Digital Substraction Angiography: A Review,” IEEE Trans. Medical Imaging, vol.18, no. 1, pp. 2-21, 1999.
- [10] Serra, J., “Image Analysis and Mathematical Morphology,” Academic Press, New York, 1982.

저자소개

오세창(Se-Chang Oh)



1988 연세대학교 이학사
1990 한국과학기술원 공학석사
1997 한국과학기술원 공학박사
1995~1998 LG전자 선임연구원

2004~현재 세종사이버대학교 유비쿼터스학부 조교수
※ 관심분야: 패턴인식/영상처리/복잡계 이론

한동일(Dong-II Han)



1988 고려대학교 공학사
1990 한국과학기술원 공학석사
1995 한국과학기술원 공학박사
1995~1998 LG전자 선임연구원

1999~2002 LG전자 책임연구원
2003~현재 세종대학교 컴퓨터공학부 부교수
※ 관심분야: 영상처리/컴퓨터비전/디지털 TV/Soc