

경량화된 Mean-Shift 영상 분할 및 형태 특징을 이용한 객체 탐지 방법

김정석[○], 김대연^{*}

[○]국방과학연구소,

^{*}국방과학연구소

e-mail: {bluesky, daeyeon}@add.re.kr^{○*}

Target Detection Method using Lightweight Mean Shift Segmentation and Shape Features

Jeong-Seok Kim[○], Dae-Yeon Kim^{*}

[○]Agency for Defense Development,

^{*}Agency for Defense Development

● 요약 ●

Mean-Shift 영상 분할은 객체 검출을 위한 영상 전처리 방법으로써, 영상 처리 및 패턴 인식 분야에서 널리 사용되는 방법이다. 영상 분할은 영역 기반과 에지 기반 방식으로 나누어지며 대표적으로 FCM, Quickshift, Felzenszwalb, SLIC 알고리즘 등이 있다. 언급한 영상 분할 방법들은 Mean-Shift 영상 분할에 비해서 빠른 속도로 실행시킬 수 있지만, 형태적 특징이 훼손되고 하나의 객체가 여러 세그멘테이션으로 분할된다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 소형 객체를 탐지하기 위한 고속화된 Mean-Shift 영상 분할과 객체의 형태적 특징을 이용하여 객체를 탐지하는 방법을 제안한다. 하드웨어 리소스가 제한된 신호처리에 제안하는 알고리즘을 수행하기 위하여 Mean-Shift 영상 분할에서 필터링 과정을 고속화 하였고, 적외선 영상 내 영상 전처리 수행을 통해 잡음 제거 후 Mean-Shift 영상 분할 방법을 수행함으로써, 객체의 형태적 특징을 잘 살려서 영상 분할을 할 수 있도록 하였다. 또한 각 세그멘테이션의 크기, 너비, 높이, 밝기 정보와 형태적 특징점을 이용한 객체 탐지 방법을 제안한다.

키워드: 영상 분할(Segmentation), 탐지(Detection),
형태 특징(Shape Feature), 영상 전처리(Image Preprocessing)

I. Introduction

영상 내 객체 검출은 컴퓨터 비전, 그래픽 분야에서 많이 다루어지는 주제이다. 객체 검출을 위해 자주 쓰이는 방법으로는 영상 분할이 있는데, 영상 기반의 탐지, 인지, 추적 등을 위한 특징 혹은 형상을 추출하는 방법으로 이용된다.[1] 영상 분할은 입력된 영상으로부터 물체에 해당하는 영역을 추출하는 과정으로써 영상해석을 위해서 필수적인 단계이며, 현재까지 많은 영상 분할 방법이 제안되어왔다. 기존의 영상 분할 방법은 크게 영역 기반의 방법과 에지 기반의 방법 두 가지로 분류된다.[2]

영역기반 방법은 동일한 영역 내의 인접 화소의 명암도, 컬러, 텍스처 등은 특성이 유사하다는 것을 기반으로 하여 공간적으로 인접된 영역을 그룹화하는 방법이다. 에지 기반은 검출된 에지를

사용하여 연결성과 동질성을 만족하는 영역들을 분할하는 방법이다.[3] 본 논문에서는 영역기반의 영상 분할 방법인 Mean-shift 영상 분할 방법을 사용하였다. Mean-Shift 영상 분할은 데이터 분포의 Peak 또는 무게중심을 찾는 방법으로서, 영상의 특정 공간을 분석하여 확률적으로 가장 높은 밀도를 가지는 영역으로 클러스터링 하는 방법으로, 다른 클러스터링 방법들에 비해 상대적으로 만족스러운 결과를 가져온다.[4] 다만, 영상 분할 시 특징 원도우의 크기가 작을 경우 과분할 되는 단점도 있고, 큰 연산량을 요구하므로 신호처리에 있어서 실시간으로 영상 분할을 수행하는 것에는 한계가 있다. 이를 해결하기 위해 성능은 유지하면서 영상 분할을 고속화하기 위한 Quickshift, SLIC, Meanshift++와 같은 알고리즘들이 연구되었다. 하지만 위의

영상 분할 방법들은 Mean-Shift 영상 분할 방법에 비해 빠른 속도를 자랑하긴 하지만, 객체의 형태적 특징이 훼손되고 객체를 여러 세그멘테이션으로 분할한다는 단점이 여전히 존재한다. 위의 단점을 해결하고 정확한 객체 검출을 위하여 본 논문에서는 경량화된 Mean-Shift 영상 분할 및 형태 특징을 이용한 객체 탐지 방법에 대해 제안한다.

먼저 객체와 배경 분리를 할 수 있도록 영상전처리를 통해 영상 내 잡음 제거와 고속화된 필터링 작업을 수행한다. 그 후 영상 전체에 대한 픽셀 평균값을 이용하여 영상 분할을 위한 색상 대역폭 임계값을 산출하고, Mean-Shift 영상 분할을 수행한다. 영상 분할 된 각 세그멘테이션에 대해 너비, 높이, 볼륨값을 이용하여 객체 형태적 특징과 부합하는 세그멘테이션을 Feature Map에 추가한다. 그리고 탐지 알고리즘을 통해 Feature Map에 추가된 각 객체의 형태적 특징을 확인하여 가장 탐지 조건에 부합하고, 반복적으로 검출되는 객체를 최종 탐지 결과로 확정한다.

II. Object Detection method using Image Processing and Mean-Shift Segmentation

본 논문은 크게 영상 전처리 기술, Mean-Shift 영상 분할 기술과 객체 형태 특징 분석 기술을 이용하여 객체 탐지를 수행한다. 제안된 방법은 아래 그림 1과 같은 순서로 객체 탐지를 수행한다.

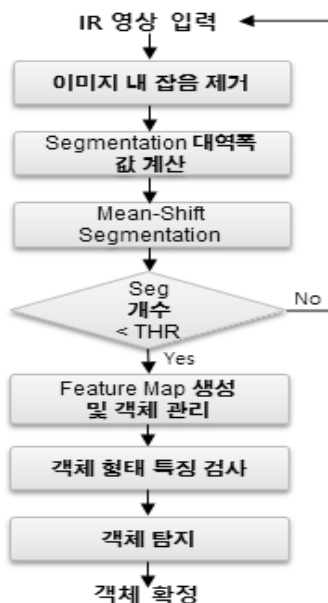


Fig. 1. 객체 탐지 순서도

1. Image Processing & Mean-Shift Segmentation

영상 전처리 모듈은 640x480 사이즈의 영상에 평균필터를 이용하여 고주파 신호를 제거한 영상을 만들고 베드픽셀과 시간적 노이즈를 제거하기 위해 평균필터를 한번 더 수행한다. 잡음 제거 후에는 영상 분할을 수행 하는데, 영상 분할은 크게 세단계로 수행된다.

- Filtering (Mode Searching)
- Merge Similar Regions (Mode clustering)
- Merge Small Regions

위 세단계에서 Filtering 과정이 제일 큰 연산량을 필요로 하며, 본 논문에서는 기존의 Filtering 방법 대신 Meanshift++의 Grid Cell Binning 방식[5]을 이용하여 해상도를 조금 낮추고 비슷한 색상끼리 묶어주는 과정을 수행 하였다.



Fig. 2. 영상 전처리 결과

위 과정을 통해 그림 2처럼 인접한 픽셀들 간에 비슷한 밝기 값을 가질 수 있도록 필터링 하였다. 영상 분할 모듈은 영상 전처리 후에 영상 내 비슷한 대역폭의 색상이 연속적으로 연결된 모든 픽셀에 대하여 같은 라벨로 묶어주고 작은 영역들을 병합하는 작업을 수행한다. 연속한 색상의 병합에서 대역폭(bandwidth) 선택이 가장 중요하며, 대역폭 선택을 위하여 영상의 평균 밝기 값과 최대값을 보고 아래 식1과 같이 대역폭 값을 자동 산출 할 수 있도록 하였다. p_{ij} 는 픽셀 밝기값, $m \times n$ 은 이미지 사이즈, p_{max} 는 가장 밝은 픽셀 값을 뜻한다.

$$Bandwidth = ((\sum p_{ij} / m \times n + p_{max}) / 10) / 2 \quad (1)$$



Fig. 3. 영상 분할 결과

2. Feature Map Creation

Feature Map 생성 모듈은 객체와의 직거리 정보를 이용하여 객체의 너비, 높이, 볼륨값 등을 계산한다. 획득된 세그멘테이션 중 너비, 높이, 볼륨 값이 탐지하고자 하는 객체의 특징 조건에 부합하는 세그멘테이션들만 아래 그림 4처럼 Feature Map에 추가하여 객체 후보를 최소화할 수 있도록 하였다.



Fig. 4. 특징 지도 생성

3. Detection Method of using Feature Map

객체 형태 특징 검사 모듈은 직거리에 따라 계산된 객체의 높이, 너비, 좌우 대칭 값, 여백 공간, 밝기 값 등의 조건과 부합되는 객체를 Feature Map에서 찾고, 객체 탐지 모듈로 넘기는 역할을 수행한다.

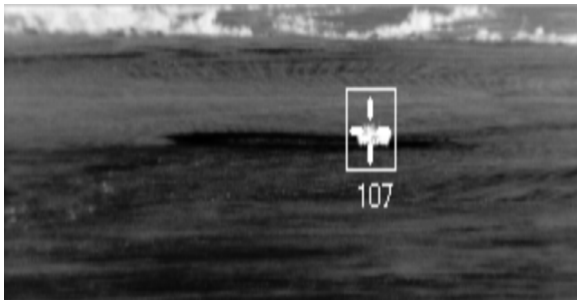


Fig. 5. 탐지/추적 결과

객체 탐지 모듈은 영상확대율이 높은 경우 객체가 영상에서 급격하게 움직이지 않을 것이기 때문에 일정 영역 안에 객체 후보가 지속적으로 나타나는가를 확인하고 일정 횟수 이상 누적이 되면 위 그림 5처럼 최종 탐지 결과로 확정한다.

III. Experiments

제안하는 방법의 성능을 평가하기 위하여 기존의 Mean-Shift 알고리즘과 본 논문에서 제안하는 알고리즘과의 영상 분할 수행 시간 측정, 객체 탐지율, 하나의 객체를 하나의 세그멘테이션으로 분리해 낼 수 있는지를 측정하는 실험을 하였다.

1. Time Measurement of the Proposed method

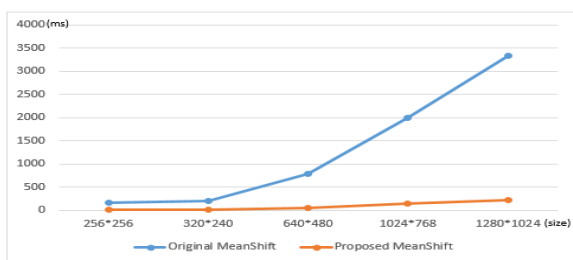


Fig. 6. 알고리즘 수행시간

기존의 Mean-shift 알고리즘과 제안하는 알고리즘간의 영상 사이즈 별 세그멘테이션 완료 시간을 측정 하였다. 위 그림 6과 같이 제안하는 알고리즘의 수행 속도가 더 빠르다는 것을 확인 할 수 있었고, 영상 사이즈가 커지면 커질수록 제안하는 알고리즘과 기존의 알고리즘간의 속도 차이가 극대화 되는 것을 확인 할 수 있었다. 본 논문의 주 타겟 영상 사이즈인 640x480 영상에서는 약 733.07ms 정도의 속도 개선을 확인 할 수 있었다.

2. Segmentation performance measurement

하나의 객체를 몇 개의 세그멘테이션으로 분리하는가를 측정해 보았다. 하나의 객체를 미소영역으로 과분할 하지 않고 하나의 세그멘테이션으로 분리해 내는 것을 성능이 좋다고 판단 하였고, 중요한 팩터인 대역폭 사이즈는 적절한 값(hr:12)으로 동일하게 설정하여 비교 하였다.

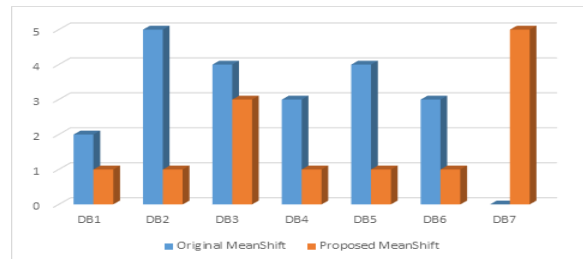


Fig. 7. 영상 분할 능력 비교

위 그림 7과 같이 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 하나의 객체를 과분할하지 않고 객체의 형태를 유지 할 수 있도록 최소한으로 영상 분할하는 것을 확인 할 수 있었으며, 하나의 세그멘테이션으로 분할하여 탐지율 향상에 도움을 주는 케이스들을 다수 확인 할 수 있었다.

3. Detection rate of the Proposed method

제안하는 알고리즘과 기존의 Mean-shift 알고리즘을 사용했을 때의 객체 탐지율을 아래 그림 8과 같이 비교하였다. 제안하는 알고리즘이 객체의 형태를 보다 정확하게 유지하면서 세그멘테이션 할 수 있으므로, 기존 방식보다 더 높은 탐지율을 확인 할 수 있었다.

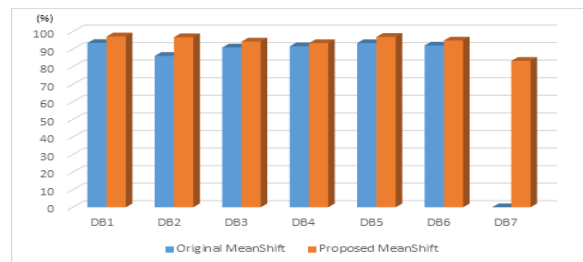


Fig. 8. 객체 탐지율 비교

위 실험을 바탕으로 각각의 평균을 비교하면 제안하는 알고리즘이 평균 15.6% 정도 탐지율이 더 높은 것을 확인 할 수 있다.

IV. Conclusions

본 논문에서는 영상 전처리와 Mean-Shift 영상 분할, 객체의 형태적 특징을 이용한 객체 탐지 방법을 제안하였다. 고속화된 Mean-Shift 영상 분할 방식을 사용하여 640x480 영상을 기준으로 기존 Mean-Shift 알고리즘 보다 733.07ms 시간을 단축함으로써 신호처리에 실시간성을 보장 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 목표로 하는 객체의 SENSIAC DB 7개를 가지고 실험 하였을 때, 기존 대비 평균 약 15.6% 탐지율 향상을 확인함으로써 제안하는 방식이 효용성이 있음을 확인 할 수 있었다.

향후에는 본 연구를 바탕으로 실시간 신호처리에 포팅 할 예정이며 영상 전처리는 FPGA에 구현을 하고, CPU에서는 Mean-Shift 영상 분할과 객체 형태 특징 분석을 수행하여 실시간성과 탐지 성능을 확인 할 예정이다.

REFERENCES

- [1] Dongwon Yang, et all “A Study on Image Segmentation Method Based on Histogram for Small Target Detection” Journal of Korea Multimedia Society, pp.1305-1318, 2012
- [2] JeongHwan Kim, et all “A Setting of Initial Cluster Centers and Color Image Segmentation Using Superpixels and Fuzzy C-Means(FCM) Algorithm” Journal of Korea Multimedia Society, pp.761-769, 2012
- [3] Nae-Joung Kwak, et all “An Edge Preserving Color Image Segmentation Using Mean Shift Algorithm and Region Merging Method” The journal of the Korea Contents Association, pp. 19-27, 2006.
- [4] Seondo Gang, et all “Color Image Segmentation by Statistical Approach” Proceedings of the Korean Operations and Management Science Society Conference, pp1677-1683, 2006
- [5] Jenifer Jang, et all “MeanShift++:Extremely Fast Mode-Seeking with Application to Segmentation and Object Tracking” Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), pp4100-4111, 2021