

챔퍼 디스턴스를 이용한 위성영상 상의 북한군 자주포진지 매칭기법

김상훈, 이순영, †윤일동, 이상욱
 서울대학교 전기컴퓨터공학부, BK21 정보기술사업단
 †한국의국어대학교 디지털정보공학과
 hunyeob@diehard.snu.ac.kr, yxoon7@snu.ac.kr
 yun@hufs.ac.kr, sanguk@spl.snu.ac.kr

Matching algorithm for self-propellent artillery position on satellite image Using chamfer distance

Sanghun Kim, Soon-Young Lee, †Ildong Yun, Sanguk Lee
 Seoul National University, †Hankuk University of Foreign Studies

요약

본 논문에서는 챔퍼 디스턴스 매칭(chamfer distance matching)를 이용하여 위성 영상 상의 북한군 자주포진지(self-propellent artillery position)를 매칭하는 기법을 제안한다. 먼저 입력되는 위성 영상을 잡음 환경에 강인한 가우시안-라플라시안 연산자를 이용하여 에지(edge)를 추출한다. 추출된 에지 영상의 각 픽셀에 대해 가장 가까운 에지까지의 거리를 나타내는 거리 변환(distance transform) 영상을 생성한다. 템플릿 영상은 다양한 자주포진지 영상에서 샘플링된 영상으로 에지를 추출한 후 거리 변환을 거친다. 마지막으로 템플릿 영상을 입력된 거리 변환 영상에 윈도우 슬라이딩(window sliding)하여 최소값의 가지는 위치를 구한다. 제안 기법은 잡음에 강인한 가우시안-라플라시안 연산자를 사용하여 기상 조건에 의한 입력 영상의 편차에도 효율적인 매칭이 가능하다. 또한 에지 기반의 챔퍼 매칭을 이용하기 때문에 비 균일 조명 환경에서도 강인한 매칭이 이루어진다. 전산 모의 실험에서 제안 알고리즘은 입력 위성 영상 상의 자주포진지를 적은 계산량으로 신뢰있게 매칭함을 보여준다.

1. 서론

한 영상에 있는 물체를 또 다른 영상에서 찾는 물체 매칭(object matching)은 컴퓨터 비전과 영상 해석에서 매우 중요한 문제이다. 이것은 어떤 물체를 포함하는 영상에서 이 물체의 모델(model)을 정렬시켜야 하는 산업적 응용에서는 특히 유용하다.

물체정합은 크게 영상기반 정합과 특징기반 정합의 두 가지 방법으로 나눌 수 있다. 특징기반 정합은 영상 밝기 값을 직접 사용하는 대신 영상과 모델에서 추출한 에지, 코너(corner)등의 특징(feature)을 이용한다. 에지는 가장 중요한 저수준(low-level) 특징으로, 에지기반 정합은 전형적인 산업적 응용에서 나타날 수 있는 비 균일 조명환경에서 영상기반 정합보다 강건하다. 또한, 영상에서 추출된 에지는 영상에 비해 보다 간결한 표현방법이므로, 에지기반 정합은 영상기반 정합보다 처리시간에서 일반적으로 보다 효율적이다. 에지 기반 정합 기법 중 주목할 만한 것은 Barrow 등[1]에 의해 처음

제안되고, [2]에서 더욱 개선된 챔퍼 매칭 기법이다. 그 후, 많은 응용분야에서 활발히 적용되었다 [3-5].

지난 1994 년 3 월 19 일 북한이 언급한 “서울 불바다”발언 이 후 지속적으로 이루어지고 있는 북한의 위협의 증추에 있는 북한 전방에 배치된 장사정 자주포의 진지를 위성영상에서 찾기 위한 실험이 제시 되었다. 특히 지난 연평도 포격(延坪島砲擊)때의 상황이 또 다시 발생한다면, 정확한 북한군 포진지의 위치를 파악하여 타격하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 평소 북한군에 대한 위성영상 및 항공영상으로 북한군 자주포 진지 및 북한군 장사정 자주포(long-range self-propellent artillery)의 움직임을 보다 정확히 파악하여 좌표등의 위치정보를 업데이트(update) 하여야 하며, 상황 발생 시에도 신속하게 북한군 자주포 진지 변환 상황을 확인하여 좌표를 업데이트 하여야 한다.

본 논문에서는 가우시안-라플라시안 연산자를 이용하여 에지를 추출하고, 이 에지를 기반으로 챔퍼 매칭의 거리변환(distance transform)을 시행하여 거리변환

영상을 만들어 낸다. 그 다음 거리변환 영상을 이용하여 템플릿 이미지(template image)와 입력영상과의 에지거리 값이 최소가 되는 점을 찾아내어 매칭을 한다. 이 기법은 잡음에 덜 민감한 가우시안-라플라시안 연산자를 사용하여 기상 조건 및 측정 시간에 따른 변화(그림자) 등의 잡음에 덜 민감하게 하였다. 또한 에지기반으로 하는 챔퍼 매칭을 이용하여 비 균일 조명환경에서 강하며 처리시간에서 효율적이다.

2. 제안하는 기법

2.1 가우시안-라플라시안 연산자

가우시안-라플라시안 연산자(Laplacian of Gaussian (LOG))는 라플라시안(Laplacian) 연산자와 달리 잡음에 덜 민감하다[7-8]. LOG 에지 디텍션은 라플라시안을 적용하기 전에 가우시안 스무딩(Gaussian smoothing)을 수행하는 것이다. 라플라시안과 가우시안 연산은 다음과 같은 형태의 마스크를 이용하여 수행된다.

$$LOG(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left[1 - \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2} \right] e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

가우시안 스무딩함수에 기반한 에지검출은 영상의 잡음을 줄인다. 또한 이것은 잘못 검출되는 에지의 수를 줄이면서 에지의 굵기는 더 넓게 만든다. 이것은 기상조건 및 지형조건, 취득 영상 기기에 따른 변화, 계절 변화, 측정 시간에 따른 변화(그림자) 등에 영향을 받는 위성 및 항공영상을 기상 조건 및 측정 시간에 따른 변화(그림자) 등의 잡음에 강인한 특징을 갖는다.

2.2 챔퍼 디스턴스 매칭

H. G. Barrow 가 제안한 챔퍼 디스턴스 매칭(chamfer distance matching)은 모수적(parametric) 에지특징 비교 방법이다[1-5]. 일반적으로 챔퍼 디스턴스 매칭은 객체 모델을 객체의 외각선과 가장 비슷한 에지영상으로 정합시키는 방법으로 활용된다. 이유는 객체의 외각선은 모수를 변경시키면서 타겟 에지영상과 가장 유사한 모양을 만들어 낼 수 있기 때문이다.

챔퍼 디스턴스 매칭은 거리변환 영상을 만들고 템플릿 영상을 윈도우 슬라이딩시켜 에지간의 거리 합을 구하여 매칭을 한다. 이때 거리변환 영상은 템플릿 영상과 에지간의 거리를 구하기 위해 필요하다.

1D 에서의 거리변환의 알고리즘은 다음과 같으며 그림 1 은 알고리즘의 진행상황을 그림으로 대략적으로 나타낸 것이다.

에지 거리변환 영상에서 에지 픽셀들의 값은 0 이며 나머지 픽셀들의 값은 에지로부터 멀어질수록 1 씩 증가한다. 왼쪽에서 오른쪽으로 이동을 하면서 1 씩 증가를 했으면, 오른쪽에서 왼쪽으로 이동하면서 1 씩 증가 시키되, 기존의 숫자와 변환시키는 수가 다를 경우 변환시키는 수로 기존의 수를 바꾼다. 이런 식으로 상,하도 반복 하면 2D 이미지의 거리변환 영상이 만들어지게 된다. 그림

Two pass O(n) algorithm for 1D L1 norm (for simplicity just distance)

1. **Initialize** : For all j
D[j] ← 1p [j]
2. **Forward** : For j from 1 up to n-1
D[j] ← min(D[j],D[j-1]+1)
3. **Backward** : For j from n-2 down to 0
D[j] ← min(D[j],D[j+1]+1)

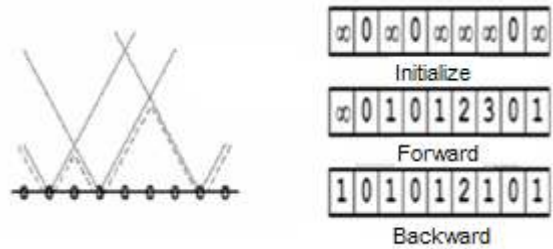


그림 1. 챔퍼 매칭의 거리변환

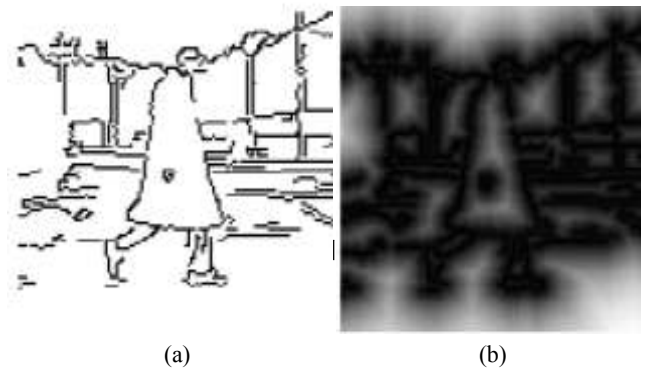


그림 2. (a) 에지영상 (b) 거리변환 영상

2 (a)는 에지영상 그림 2 (b)는 이 과정을 거친 거리변환 영상을 나타낸다.

입력영상으로 만든 거리변환 영상에는 에지와 의 거리 정보가 저장되어 있으므로 템플릿영상을 윈도우 슬라이딩하여 에지들 간의 거리 값이 최소인 픽셀의 좌표를 찾는다. 템플릿 매칭(template matching)을 하는데 있어서 챔퍼매칭은 저수준 특징인 에지를 이용하여 정합을 하므로 비균일 조명환경에서 영상기반 정합보다 강건하다. 특징기반 매칭 중에서도 거리변환을 이용하여 템플릿 이미지와 입력영상의 에지간의 거리를 이용하기 때문에 특별한 특징이 없는 템플릿 이미지 일지라도 매칭하기 쉽고 계산량도 매우 적다.

3. 실험 결과

제안하는 방법의 성능을 확인하기 위해 구글에서 구한 북한 지역에 자주포 진지가 포함된 위성영상을 이용하였고, 템플릿은 총 6개가 이용되었다. 템플릿은 입력영상의 진지 영상을 잘라 다른 표준편차를 부여하여 만들

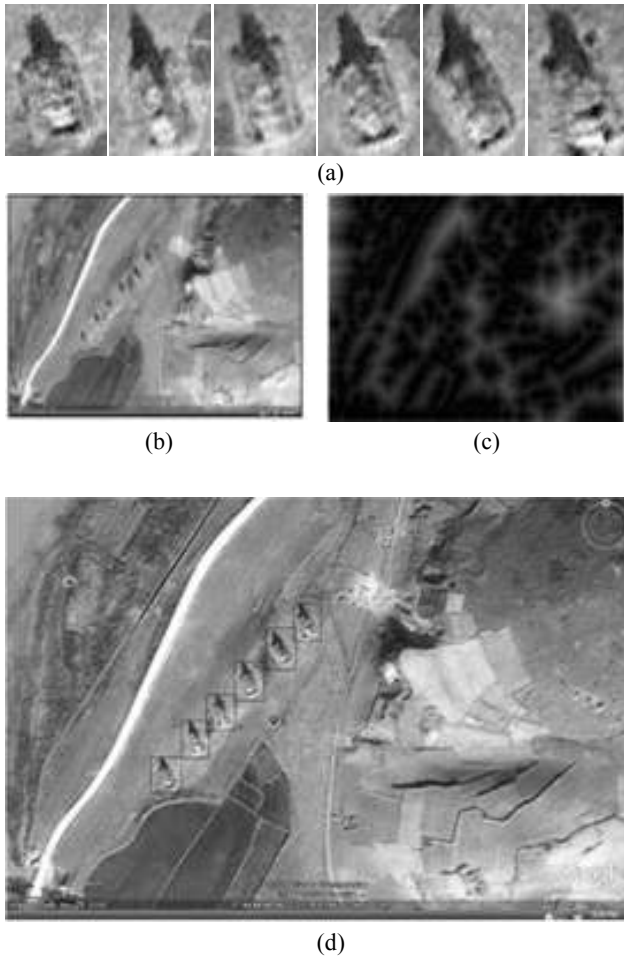


그림 3. 실험결과 : (a) 에지 추출 전 템플릿 영상 (b) 가우시안 스무딩 영상 (c) 거리변환 영상 (d) 매칭 결과

Data No.	X좌표	Y좌표
1	422	237
2	363	288
3	320	328
4	267	374
5	213	424
6	174	470

표 1. 매칭 결과 구해진 각 픽셀좌표.

었다. 우선 입력 영상을 가우시안-라플라시안 연산자를 이용하여 에지를 추출하고 에지영상을 만든다. 그림3 (a)는 에지 추출 전 템플릿 영상 그림3 (b)는 입력영상에 가우시안 스무딩을 한 영상이다.

에지영상을 이용하여 챔퍼 매칭의 거리변환을 시행하여 거리변환 영상을 만들어 낸다. 이 거리변환 영상과 6개의 템플릿 영상을 윈도우 슬라이딩 시켜 에지간의 거리가 최소인 픽셀좌표를 구하고 이 좌표를 이용하여 입력 영상에 매칭결과를 나타낸다. 그림3 (c)는 챔퍼 매칭의 거리변환을 시행하여 만든 거리변환 영상을 나타내며 그

림3 (d)는 매칭 결과 영상이다. 표 1은 구해진 각 픽셀 좌표를 나타낸다. 이것은 수동으로 구한 값과 유사하다.

4. 결 론

본 논문에서는 챔퍼디스턴스를 이용한 위성영상 상의 북한군 자주포진지 매칭기법을 제안하였다. 북한 지역 위성영상 상의 자주포진지를 매칭하였고 매칭 과정에서 각 자주포 진지에 해당되는 픽셀 좌표도 구하였다.

제안하는 기법은 에지 추출을 할 때 가우시안-라플라시안 연산자를 이용하여 기상 조건 및 측정 시간에 따른 변화(그림자) 등의 잡음에 덜 민감하게 하였고 표준편차를 조절하여 적절한 에지를 추출할 수 있게 하였다.

또한 영상기반의 정합보다 비 균일조명환경에서 강한 챔퍼 매칭 즉 특징 기반의 정합을 이용하여 강인하게 하였으며, 계산속도도 영상기반 매칭보다 빨라 영상에서 매칭 좌표를 구하여 실제 군사 좌표로 변환 할 수 있다.

하지만 제안하는 기법은 픽셀 좌표를 구하였지만 실제 이용되기 위해서는 실제 포격을 할 수 있는 군사 지도상의 좌표로 변환 시킬 수 있는 과정과 연동이 되어야 신속히 변환 될 수 있다. 입력 되는 다양한 자주포 진지의 모양을 충족 시킬 수 있는 템플릿 영상 입력 방법과 주변 에지들에 영향을 적게 받는 방법을 개선 시키면 향상된 결과를 얻을 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] H.G. Barrow, J.M. Tenenbaum, R.C. Bolles, and H.C. Wolf, "Parametric correspondence and chamfer matching: Two new techniques for image matching," in *Proc. 5th Int. Joint Conf. Artif. Intell.*, 1977, pp.659-663.
- [2] G. Borgefors, "Hierarchical Chamfer Matching: A Parametric Edge Matching Algorithm," *IEEE PAMI*, vol. 10, No. 6, pp.849-865, 1988.
- [3] D. Chetverikov and Y. Khenokh, "Matching for Shape Defect Detection," *LNCS 1689*, pp. 367-374, 1999.
- [4] D. Gavila, "Pedestrian detection from a moving vehicle," in *Proc. ECCV*, October 2000, pp.37-49.
- [5] A. Thayananthan, B. Stenger, P.H.S. Torr, and R. Cipolla, "Shape context and chamfer matching in cluttered scenes," in *Proc. CVPR*, June 2003, pp.127-135.
- [6] C. Tomasi and R. Manduchi, "Bilateral Filtering for Gray and Color Images," in *Proc. ICCV*, October 1998, pp.839-846
- [7] E. C. Hildreth, "The detection of intensity changes by computer and biological vision system," *Computer Vision Graphics and Image Processing*, vol. 22, pp. 1-27, April 1983.
- [8] A. Huertas and G. Medioni, "Detection of intensity changes with subpixel accuracy using Laplacian-Gaussian masks," *IEEE PAMI.*, vol. PAMI-8, no. 5, pp. 651-664, September 1986.