정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제18권 제3호, 2013년 5월 (JBE Vol. 18, No. 3, May 2013)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2013.18.3.481>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

개인화기 조준 능력 향상 관점에서의 추적 기법의 성능평가

김 상 훈^{a)}, 윤 일 동^{b)*}

Evaluation of Tracking Performance: Focusing on Improvement of Aiming Ability for Individual Weapon

Sang Hoon Kim^{a)} and Il Dong Yun^{b)*}

요 약

본 논문에서는 실제 전장에서 전투수행 중인 병사의 개인화기 조준 능력 향상 관점에서 추적기법의 성능평가를 하였다. 실제 전장에서는 짧은 시간동안 전투를 하는 것뿐만 아니라 며칠에 걸쳐서 실시되는 경우도 있다. 이와 같이 장시간 지속되는 작전 중에서 다양한 요소에 의해서 지속적으로 병사의 신체능력이 감소된다. 이렇게 손실되는 신체능력을 보완하기 위하여 시각추적 기술을 화기의 조준경에 적용하여 적 병사 이동상황을 자동적으로 추적하고 이로 인해 감소된 조준능력을 향상시키기 위한 실험을 하였다. 최신영상 추적 기법들 중에서 최적의 것을 결정하기 위하여, 겹침 현상, 카메라 이동, 크기변화, 저대비 영상, 조명변화 등의 특징이 포함된 여러 실제 전장 영상으로 그 성능을 평가하였다. VTD (Visual Tracking Decomposition)[2]가 정확도에서 IVT (Incremental learning for robust Visual Tracking)[7]가 속도 평가에서 가장 우수하였으며 종합적으로는 MIL (Multiple Instance Learning)[1]이 가장 우수한 결과를 보여 주었다. 이러한 성능평가 결과는 시각추적기술이 적용된 조준경이 실제 전장에서 전투수행을 하면서 신체능력이 감소된 병사의 전투력을 보완할 가능성이 있다는 것을 보여 준다.

Abstract

In this paper, an investigation of weapon tracking performance is shown in regard to improving individual weapon performance of aiming objects. On the battlefield, a battle can last only a few hours, sometimes it can last several days until finished. In these long-lasting combats, a wide variety of factors will gradually lower the visual ability of soldiers. The experiments were focusing on enhancing the degraded aiming performance by applying visual tracking technology to roof mounted sights so as to track the movement of troops automatically. In order to select the optimal algorithm among the latest visual tracking techniques, performance of each algorithm was evaluated using the real combat images with characteristics of overlapping problems, camera's mobility, size changes, low contrast images, and illumination changes. The results show that VTD (Visual Tracking Decomposition)[2], IVT (Incremental learning for robust Visual Tracking)[7], and MIL (Multiple Instance Learning)[1] perform the best at accuracy, response speed, and total performance, respectively. The evaluation suggests that the roof mounted sights equipped with visual tracking technology are likely to improve the reduced aiming ability of forces.

Keyword : visual tracking algorithm, aiming ability, battlefield of situation, tracking performance evaluation, roof mounted sight

1. 서론

인간은 역사적으로 많은 전쟁과 전투를 치러 왔고, 전투 기술은 날이 갈수록 발전해가고 있다. 또한 세계 경제가 발전해 나감에 따라 사람들의 생활환경이 좋아지고 신체조건도 날이 갈수록 발달하고 있다. 그러나 전쟁이 일어나면 단기간의 짧은 전투가 발생할 수도 있지만 지속작전 또는 계속작전으로 인해 쉬지 않고 작전을 수행하는 경우가 전쟁의 대부분을 차지하고 이런 작전이 지속될수록 신체능력은 떨어지게 된다. 또한 실제 전장에서 작전을 수행 중인 병사는 다양한 외부환경에도 영향을 받는다. 뿐만 아니라 미래 전쟁은 핵무기, 생화학무기, 초정밀 무기 등의 대량살상 무기와 첨단무기를 활용하게 되고 이로 인해 더욱 치명적으로 위험한 상황에 처할 수 있으며 이에 대비하기 위해 다양한 작전 및 방호구 사용으로 더욱 활동에 장애를 받을 수 있다. 이런 작전 수행 중에 병사의 전투능력 손실을 보완하기 위하여 우리는 시각추적기술을 개인화기에 활용하는 방안을 생각해 보게 되었다. 최근에 발표되는 시각추적기술에 관한 논문들을 보면 연구실 환경 내에서 임의로 설정한 시나리오보다 실제세계에서 벌어지는 환경에서 실험하는 경우가 많고 그 결과에 대해 여러 논문이 발표되었다^{[1][2][3][4]}. 우리는 이러한 우수한 시각추적기술이 작전수행 중에 저하되는 병사의 어떤 능력을 보완할 수 있을지 알아보고 그 상황에 맞게 실제 전장 상황에 벌어지는 영상에 시각추적기술을 적용하여서 비교하고 성능평가를 해 보았다. 본 연구의 주요구성은 비교할 추적기법들의 특성, 실험 기준 및 결과, 결론의 순서로 되어있다.

전쟁 중에 병사는 짧은 전투만 할 수도 있지만 지속작전 및 계속작전을 많이 수행한다. 지속작전과 계속작전에 관한 정의를 간략히 설명하면 지속작전(CONOPS: Continuous Operations)이란 일정 기간 동안 똑같은 수준으로 강도 높

게 계속 실시되는 전투로서 이러한 전투에 참가하는 장병들은 수면을 취할 기회를 가질 수는 있겠지만 수면은 짧은 시간동안 순간적으로 잠깐씩 취하는 형태의 작전을 말하며, 계속작전(SUSOPS: Sustained Operations)이란 부대 및 부대원들이 경계태세를 늦추지 않고 작전을 계속 실시함으로써 병사들은 단 몇 분의 수면조차도 취할 수 있는 기회가 주어지지 않는 작전을 말하며 따라서 지속작전에는 일련의 계속작전이 포함될 수 있다^[5].

지상전투에서의 지속작전은 과거보다 상당히 발전된 전쟁 개념으로 오늘날과 같이 야간, 악천후 및 다른 불량한 시도조건하에서도 효과적으로 이동을 할 수 있게 해주는 첨단기술로 무장한 거의 대부분 기계화된 지상전투부대에 의해 가능하게 되었다. 따라서 전투작전은 빠른 속도로 주·야 24시간 계속 강도 높게 실시될 수밖에 없다. 과거에는 육군이 전투를 중지할 수밖에 없었던 요인들 즉 어둠, 재 보급 그리고 재편성 소요 등은 기술의 발달에 따라 이제는 거의 모두 해소되었다. 육군은 이제 더 이상 중지 없이 전투를 계속 실시할 수 있는 충분한 잠재력을 가지고 있기 때문에 미래에는 야간작전이 더 일반화 될 것이다.

지속적인 전투는 병사들의 업무수행능력 저하를 가져오는 악 조건하에서 임무수행을 강요한다. 이러한 극한 상황들의 예는 정상 수면 방해, 육체적 피로, 수면부족, 공포 등이다. 이러한 악조건 하에서 계속되는 전투는 병사들을 탈진하게 하고, 따라서 병사들은 작전 시 요구되는 만큼 신속하게 또는 효과적으로 업무를 수행할 수 없게 된다. 심지어는 전투 초일 야간조차도, 정상적인 수면습관과 일상의 행위들이 임무수행을 방해한다. 또한 병사들은 피로와 소음, 방해받은 수면시간 및 생명에 대한 위협으로 인해 커다란 스트레스를 받게 된다. 병사들의 강한 결단력도 참고 견딜 수 있도록 하는 데는 필수적이지만, 악조건들이 상승효과를 나타내는 것을 상쇄시킬 수는 없다. 잘못된 결심을 포함한 지각능력 저하는 수면을 취하지 못한 최초 24 시간 중 또는 그 이후부터 시작 된다^[5].

표 1은 영국 육군인사문제 연구소에서 실험한 자료로서 이런 지속작전 수행을 하는 병사의 저하된 임무수행 능력을 보여 준다^[5]. 정상적인 병사의 능력을 100 으로 보았을 때 수면부족 시간이 24 시간 지속되었을 때 급속사격능력

a) 서울대학교 전기공학부 (Electrical Eng., Seoul Nat'l University)

b) 한국외국어대학교 (Hankuk University of Foreign Studies)

* Corresponding Author : 윤일동(II Dong Yun)

E-mail: yun@hufs.ac.kr

Tel: +82-31-330-4260

Manuscript received January 28, 2013 Revised March 29, 2013

Accepted May 6, 2013

표 1. 전투 피로정도에 따른 임무의 성공률 저하
Table 1. Decrease of mission completion ratio due to battle fatigue

수면부족시간 (시간)	급속사격 (%)	표적탐지 (%)
24	71	82
36	64	71
72	56	41

은 71%가 되고 표적탐지능력은 82%가 된다. 이 후로 수면 부족 시간이 늘어날수록 이 능력치는 지속적으로 떨어져 72 시간이 지속되었을 때 급속사격은 56%가 되고 표적탐지능력은 41%까지 떨어진다.

장래의 전쟁에서 핵, 생물학 및 화학무기의 위협은 병사들의 혼란과 불확실성 및 스트레스를 극대화 할 것이며 전투원의 이동, 사격, 통신 및 작전지속 능력을 결정적으로 방해하게 될 것이다. 핵 및 화학작전 상황에서의 제병협동 작전(CANE: Combined Arms in a Nuclear/Chemical Environment) 평가보고서 제 1 단계에서는 화생방 작전상황하에서의 임무는 여러 측면에서 영향을 받는다고 말하고 있다. 몇 가지 예를 들어보면 “전투의 강도가 떨어진다,” “사격 명중률은 방어 시 20% 공격 시 40%가 각각 감소한다,” “우군 사격에 의한 사상자가 증가한다,” “정확한 목표탐지가 훨씬 곤란해진다,” “무선에 의한 사격시간이 지연된다,” 등이 있다⁵⁾.

이렇게 실제 전장에서 작전수행을 하는 병사는 여러 요소에 의해 영향을 받고 전투능력이 떨어지게 된다. 특히 표적탐지능력과 사격능력이 떨어지고 사격 명중률이 떨어질 뿐만 아니라 우군 사격에 의한 사상자까지 증가한다. 이런 비효율적인 전투는 과거 전쟁기록에서도 볼 수 있다. 표 2는 국방일보에 게재되었던 자료로서 비효율적인 과거전투 기록을 보여 준다⁶⁾. 세계 1 차 대전 때에는 1 명의 사상자

표 2. 전투의 비효율성에 관한 과거기록
Table 2. Inefficiency of battle in past wars

전쟁명	1 명의 사상자를 내기 위해 필요한 탄약수
제 1 차 세계대전	7,000
제 2 차 세계대전	25,000
베트남 전쟁	50,000

를 내는데 7,000 발의 탄약이 소요되었고 세계 2 차 대전 때는 25,000 발, 베트남 전쟁 때에는 무려 50,000 발을 사용하여 1 명의 사상자를 냈다.

이렇게 실제 전장에서 작전 수행을 하는 병사는 여러 요소에 의해 영향을 받고 신체능력이 저하된다. 저하된 신체능력은 임무수행능력을 저하시키고 비효율적인 전투를 수행하게 하고 비효율적인 사격을 하게 한다. 그래서 우리는 시각추적기술을 탑재한 조준경이 개발 가능하다면 자동으로 적을 찾고 추적하여 저하된 신체능력을 보완하고 보다 효율적인 전투를 수행할 수 있다고 보고 개인화기 조준능력 향상관점에서 시각추적기술의 성능평가를 하였다.

II. 실험 영상 및 비교할 추적 기법들의 특성

시각추적기술이 개인화기 조준경에 탑재되어 지속작전 수행으로 인해 저하된 병사의 표적탐지 및 조준사격능력을 보완하려면 실제 전투상황에서 우수한 성능을 보이는지 알아보아야 한다. 실제 전투상황에서는 위장으로 인해 주변 색과 비슷한 장면이 많을 것이고 공수부대의 공중침투 및 저공비행하는 비행기에 대한 사격에서는 매우 작고 빠른 물체를 잘 추적해야한다. 이밖에도 카메라의 움직임, 폭발로 인한 불길 속에서의 병사이동 등의 상황에서도 잘 작동하여야한다. 이러한 이유로 기존의 시각추적기술의 성능평가 때 사용되는 일반적인 영상들이 아닌 실제 전투상황 영상을 선정하여 실험을 했고 그 영상들의 목록과 내용은 아래와 같다.

- Coming : 병사들이 언덕위에서 아래로 내려오는 영상. 카메라 이동이 조금 있으며 병사들의 전투복이 주변색과 비슷하고 바람에 움직이는 갈대들이 병사들의 하체를 부분적으로 가렸다가 보이게 한다.
- Airborne : 공수부대원들이 강하하는 것을 아래서 바라본 영상.
- Rush : 병사들과 장갑차가 돌진하는 것을 건물 위에서 바라본 영상.
- March : 숲 속에 매복해서 멀리 떨어진 병사들이 부대

이동을 하고 있는 것을 보는 영상.

- Flame : 야간에 전투로 인한 불길 속을 이동하고 있는 병사를 보는 영상.
- Plane : 저공 비행을 하고 있는 비행기를 밑에서 바라본 영상.

이렇게 6 개의 실제 전투영상에 실험을 하였지만 Coming 에 있는 카메라 이동은 조금 부족하였기 때문에 위의 영상에는 카메라 이동에 대한 충분한 성능평가가 이루어지지 않았다고 판단하여 카메라 이동에 대한 성능을 측정하기 위해 김연아의 피겨스케이팅 영상을 추가로 실험하였다. 표 3은 각 영상의 특징 요소들을 정리하여 보여 준다.

표 3. 추적 실험에 사용된 영상 목록

Table 3. The sequences used in the tracking experiments

영상	주요 도전요소
Coming	부분 겹침, 카메라이동, 배경 어수선풀, 크기변화
Airborne	작은 물체
Rush	빠른 이동, 저대비, 작은 물체
March	작은 물체, 저대비
Flame	저대비, 배경 어수선풀
Skating	카메라 이동, 조명변화, 포즈변화, 물체 겹침
Plane	작은 물체, 빠른 이동, 크기변화

정확도 측정을 위한 영상선정 이후 실험을 할 시각추적 기술들을 선정하였다. 이는 최근에 발표된 논문들 중에서 선정하였으며, 초기에는 MIL^[1], VTD^[2], VTS^[3], MTT^[4] 그리고 최근에 나온 논문 중 가장 많은 참고문헌을 기록하고 있고 가장 널리 비교되고 있는 IVT^[7]가 고려되었으나 VTS와 MTT는 속도 측면에서 현저하게 떨어져 배제하고 IVT, MIL, VTD 기법을 대상으로 실험하였다.

각 알고리즘을 간략히 설명하면 IVT는 표적을 추적하는 것과 동시에 개선된 부분 공간 외형 모델을 점차적으로 업데이트하고 이로 인해 얻어지는 새로운 외형 모델을 이용하여 연속적으로 추적한다. 이런 부분 공간 업데이트를 보다 효율적으로 하기 위해 주성분 분석기법을 이용한 것이 이 기법의 핵심이다. 이런 일련의 과정을 간략히 정리하면

현재의 고유 벡터 베이스에서 표적의 가능한 위치들을 찾고 최대사후확률(maximum a posteriori probability)로 최대 우도(maximum likelihood)를 찾아 표적위치를 찾는다. 이후 다시 주성분을 업데이트하고 위의 순서를 반복한다.

MIL은 구별을 나타내는 외형모델을 업데이트 하면서 추적을 하는 알고리즘이다. 그림 1 을 보면 가장 좌측의 그림은 전통적인 구분기로 표적에 해당하는 이미지 패치(image patch) x_1 에는 가중치 1 을 주고 표적이 아닌 이미지 패치에는 가중치 0 을 부여하여 업데이트하는데 여기에서는 표적이 맞는 이미지 패치가 1 개이므로 정확성이 떨어진다. 다음으로 중간 그림의 전통적인 분류기는 여러 개의 이미지 패치를 이용하여 표적이 맞는지 아닌지를 구분하여 분류기를 업데이트 한다. 가장 우측의 것은 표적이 옳다는 표시가 된 이미지패치들을 하나로 묶어서 업데이트 하는 것으로 이것이 MIL 분류기이다. 이 분류기를 이용하여 다음 프레임(Frame)에서 표적을 찾고 이를 연속적으로 업데이트 하면서 또 다음 프레임에서 표적을 찾는 방식으로 추적한다.

그림 1. 외형모델을 분류기에서 업데이트하는 모습^[1]

Fig. 1. Updating a discriminative appearance model in classifiers^[1]

마지막으로 그림 2에서 도시된 VTD는 샘플링(Sampling) 기반으로 추적한다. 실제 영상은 자세변화, 조명변화 등의 관측모델들과 급하게 또는 부드럽게 움직이는 동작모델들이 혼합되어 있다. VTD는 이런 혼합되어 있는 관측모델을 r 개로 동작모델을 s 개로 각각 나누는 다음 이런 각각의

그림 2. VTD 알고리즘 표적추적 과정^[4]

Fig. 2. The tracking process of VTD algorithm^[2]

관측모델과 동작모델을 정합하여 $r \times s$ 개의 기본추적기를 만든다. 이렇게 만들어진 $r \times s$ 개의 기본추적기를 마코프 체인 몬테 칼로(Markov Chain Monte Carlo, MCMC) 기법을 이용하여 샘플링 기반의 추적한다.

III. 실험기준 및 결과

본 절에서는 추적기의 성능 평가기준을 설명하고 이를 이용한 실험 결과를 제시한다. 추적하기 위한 표적은 조준경의 십자망선 중간(총구에서 가장 가까운 표적)에서 가장 가까운 표적을 자동 탐지한다고 가정하였다. 성능 평가는 위의 영상에 각 알고리즘을 적용하여 얻어지는 정확성과 실제로 개인화기 조준경에 탑재하여 사용하기 위해서는 속도도 중요하기 때문에 추적 속도, 이 두 가지 부분의 점수 합산으로 평가 한다.

정확성 부분의 세부점수로는 Airborne, Plane과 같은 영상은 실제 전장에서 조준사격을 하지 않고 사거리와 비행기의 속도를 고려하여 대공화망을 구성하여 사격하는 경우가 대부분이며, Skating은 카메라의 이동상황을 실험하기 위한 것이므로 이 세 종류의 영상에 대해서는 표 4와 같이 10 점 만점의 각 순위별로 점수를 정하였다. 반면에 Coming, Flame, Rush, March와 같은 영상은 실제 전장에서 전투 시 조준사격을 하는 상황이므로 15 점 만점의 추적

오차를 픽셀 단위를 평가하는 표 5 와 같이 적용하였다.

세부 성능 평가 기준은 실제 손으로 그린 표적의 중심에서 각 알고리즘의 결과의 중심 사이의 픽셀(Pixel)간의 평균 차이의 정도에 따라 차등 점수를 주었으며, 원거리표적의 경우에는 근거리표적보다 중력, 온도, 압력, 바람 등의 영향을 크게 받기 때문에 탄도오차가 크게 난다^[8]. 즉 원거리표적에 사격 시 더욱 정밀한 사격을 필요로 하므로 원거리표적은 3 픽셀 차이 단위로 점수를 주었고 근거리 표적은 5 픽셀 단위로 점수를 주었다. 이는 표 5 에서 볼 수 있으며 일정 차이 이상은 군사적으로 효용가치가 없으므로 0 점 처리 하였다.

표 4. 순위 기반의 추적 정확성 평가표

Table 4. Tracking accuracy performance evaluation in ranking

영상	1위	2위	3위
Airborne, Plane, Skating	10	8	6

표 5. 픽셀 오차 기반의 정확성 평가표

Table 5. Tracking accuracy performance evaluation in pixel errors

평균픽셀에러	점수	평균픽셀에러	점수
0~5	15	0~3	15
6~10	12	4~6	12
11~15	9	7~9	9
16~20	6	10~12	6
21이상	0	13이상	0

< Coming, Flame >

< Rush, March >

추적 속도 성능의 평가는 조준경에 탑재되는 CPU 및 RAM이 어느 정도 성능인가에 영향을 많이 받는다. 하지만 현재 상황에서는 어느 정도까지 고성능 CPU 및 RAM을 소형화 할 수 있는지 알 수 없으므로 앞으로 출시될 갤럭시 S4 정도의 예상 CPU 및 RAM 보다 약간 더 성능이 좋은 기준으로 실험을 하였으며 군사용임을 감안하여 표 6과 같이 속도 성능에 상대적으로 높은 기준으로 평가 하였다. 구체적으로는 초당 26 프레임 이상 시 30 점 만점, 이후 5 프레임 단위로 차등 점수를 주었다.

우리는 우수한 성능의 시각추적기술 3 개를 7 개의 실험 영상에 적용하여 정확성 평가 실험을 하였다. 여기에 사용

된 시각추적기술은 공정한 평가를 위하여 각 저자가 제공한 소스코드 (Source Code)를 이용하여 실험하였으며 [9][10][11] 결과 비교는 사람이 직접 보고 손으로 그린 결과와 실험하여 나온 결과의 중앙점의 평균 픽셀 차이로 하였다.

표 6. 추적 속도 성능 평가표

Table 6. Performance Scorecard in tracking speed

프레임/초	점수
260이상	30
20~25	25
16~20	20
11~15	15
1~5	10

표 7 은 7 개의 영상에 적용한 각 시각추적기술의 성능 결과를 보여 준다. 표의 빨간색 부분은 각 영상별 가장 성능이 좋았던 알고리즘의 결과이며 파란색 부분은 두 번째 좋았던 알고리즘의 결과를 표시한다. 결과를 보면 한 눈에 알 수 있듯이 VTD가 대체적으로 가장 좋은 결과를 보여 줬다. 7 개 부분 중 5 개 부분에서 가장 우수했고 나머지 두 개 부분도 두 번째로 좋은 결과를 보여 줬다. MIL 또한 대체적으로 좋은 결과를 보여 줬으나 VTD보다는 부족하였고 IVT는 Coming부분에서만 좋은 결과를 보여 줬다.

표 7. 추적 정확성 성능 비교

Table 7. Comparison of tracking accuracy

	IVT	MIL	VTD
Coming	6	42	16
Airborne	표류	3	7
Rush	17	6	3
March	7	2	2
Flame	20	9	7
Skating	표류	85	7
Plane	표류	11	5

IVT는 일반적인 영상에는 괜찮은 기법이지만 잡음이 많은 영상에는 약하고 모든 외형모델을 업데이트 하여 사용하므로 오랜 시간이 갈수록 약하며 빠른 속도로 이동하는 표적을 쉽게 놓쳐 표류하는 경우가 많았다.

MIL은 대체적으로 우수한 성능을 보였으나 비슷한 표적이 주변에 겹칠 때 겹치는 물체 방향으로 조금 따라가면서 픽셀 오차가 상승하는 모습을 보여 줬다. 이는 Coming, Rush, Flame등의 영상에서 나타났었는데 그림 4 는 Rush 영상에서의 이런 결과를 보여 준다. 좌측 그래프는 각 프레임별 3 개의 알고리즘의 픽셀에러를 보여 준다. 자주색 그래프가 MIL의 결과이며 70번째 프레임 근처에서 갑자기 오차가 상승하는 모습을 볼 수 있다. 이 장면을 분석해보면

그림 3 . IVT 성능 평가 중 표류하는 장면

Fig. 3. Visual drift in the performance evaluation of IVT

병사가 좌우로 이동하면서 앞으로 달려가고 앞에 있던 트럭과 겹칠 때 트럭에서 다른 병사가 뛰어내려 두 병사가 겹치면서 다른 병사 방향으로 추적하면서 발생한 결과이다. 그림 5 는 Flame 영상에서의 결과이며 55번째 프레임 근처에서 좌측으로 이동하는 병사 뒤쪽으로 희미하게 우

측으로 이동하는 병사가 겹칠 때 박스가 살짝 우측으로 이동하면서 오차가 커지는 것을 볼 수 있다. 마지막으로 VTD는 정확성 부분에서는 대체적으로 우수한 성능을 보여 줬다.

정확성 측면에서는 VTD가 가장 좋은 성능을 보여 줬지

(a) 각 알고리즘별 프레임변화에 따른 픽셀에러

(b) 70프레임 주변에서의 MIL 알고리즘 추적변화

(c) 70프레임 주변에서의 VTD 알고리즘 추적변화

그림 4. Rush 영상에서 추적결과

Fig. 4. Tracking result in Rush Sequence

만 속도 부분에서는 차이를 보였다. 속도부분은 Quad Core2.4GHz CPU와 4GB RAM의 상황에서 실험을 하였으며 IVT가 26 frame/sec, MIL이 25 frame/sec, VTD가 1 frame/sec의 성능을 각각 보였다. 이러한 결과를 바탕으로

정확성 부분 7 개 영상에 대한 점수와 속도 평가 점수를 합한 종합적인 성능평가를 했을 때 표 9에서 볼 수 있듯이 개인화기 조준경 탑재에는 MIL이 가장 적합한 알고리즘으로 볼 수 있었다.

(a) 각 알고리즘별 프레임변화에 따른 픽셀에러

(b) 55프레임 주변에서의 MIL 알고리즘 추적변화

(c) 55프레임 주변에서의 VTD 알고리즘 추적변화

그림 5. Flame 영상에서 추적결과

Fig. 5. Tracking result in Flame Sequence

표 8. 최종 추적 성능평가결과

Table 8. Final evaluation of tracking performance

알고리즘	정확도							속도	총점	추천 우선순위
	Airborne	Plane	Skating	Coming	Flame	Rush	March			
IVT	6	6	6	12	6	0	9	30	75	3
MIL	10	8	8	0	12	12	15	25	90	1
VTD	8	10	10	6	12	15	15	10	89	2

IV. 결 론

우리는 본 논문에서 지속작전으로 표적탐지능력과 급속 사격능력이 떨어져 비효율적인 전투를 수행할 수 있는 병사의 신체능력을 보완하기 위하여 최근 제안된 시각추적기술을 개인화기 조준경에 탑재하는 경우를 가정하고 적합한 시각추적 알고리즘들의 성능을 평가해 보았다. 평가 결과는 MIL, VTD, IVT 순서로 적합하다는 결과가 나왔다. 앞으로 MIL 기반의 기법은 정확성 부분에서 좀 더 보완이 된다면 실제 개인화기 조준능력 향상을 시킬 수 있는 조준경 개발에 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] B. Babenko, M. Yang, and S. Belongie. Visual tracking with online multiple instance learning. Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2009.
- [2] J. Kwon and K. Lee, "Visual tracking decomposition," Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1269-1276, 2010.
- [3] Junseok Kwon and Kyoung Mu Lee. Tracking by sampling trackers. Proceedings of International Conference on Computer Vision, pages 1195-1202, 2011.
- [4] Tianzhu Zhang, Bernard Ghanem, Si Liu, Narendra Ahuja. Robust visual tracking via multi-task sparse learning. Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2012
- [5] U.S. Army. FM 22-9 Soldier Performance In Continuous Operations. 1991
- [6] Defense Daily. "Vietnam War and the advent of M16 Rifle" 2008. 9. 9. in Korean
- [7] D. Ross, J. Lim, R.-S. Lin, and M.-H. Yang. Incremental learning for robust visual tracking. IJCV, 77(1): 125-141, May 2008.
- [8] Weapons data center of Defense Acquisition Program Administration. in Korean
- [9] <http://www.cs.toronto.edu/~dross/ivt/>
- [10] <http://vision.ucsd.edu/~bbabenko/data/>
- [11] <http://cv.snu.ac.kr/research/~vtd/>
- [12] G. H. Golub and C.F. Van Loan. Matrix Computations. The Johns Hopkins University Press, 1996.
- [13] P. Hall, D. Marshall, and R. Martin. Incremental eigenanalysis for classification. Proceedings of British Machine Vision Conference, pages 286-295, 1998.
- [14] A. Levy and M. Lindenbaum. Sequential Karhunen-Loeve basis extraction and its application to images. IEEE Transactions on Image Processing, 9(8):1371-1374, 2000.
- [15] M. Brand. Incremental singular value decomposition of uncertain data with missing values. In A. Heyden, G. Sparr, M. Nielsen, and P. Johansen, editors, Proceedings of the Seventh European Conference on Computer Vision, LNCS 2350 pages 707-720. Springer Verlag, 2002.
- [16] P. Hall, D. Marshall, and R. Martin. Adding and subtracting eigenspaces with eigenvalue decomposition and singular value decomposition. Image and Vision Computing, 20(13-14): 1009-1016, 2002.
- [17] J. Lim, D. Ross, R.-S. Lin, and M.-H. Yang. Incremental learning for visual tracking. In L. Saul, Y. Weiss, and L. Bottou, editors, Advances in Neural Information Processing Systems, pages 793-800. MIT Press, 2005.
- [18] R.-S. Lin, D. Ross, J. Lin, and M.-H. Yang. Adaptive discriminative generative model and its applications. In L. Saul, Y. Weiss, and L. Bottou, editors, Advances in Neural Information Processing Systems, pages 801-808. MIT Press, 2005.
- [19] M. Isard and A. Blake. Contour tracking by stochastic propagation of conditional density. In B. Buxton and R. Cipolla, editors, Proceedings of the Fourth European Conference on Computer Vision, LNCS 1064, pages 343-356. Springer Verlag, 1996.
- [20] B. North and A. Blake. Learning dynamical models using expectation-maximization. Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision, pages 384-389, 1998.
- [21] M. E. Tipping and C. M. Bishop. Probabilistic principal component analysis. Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 61(3): 611-622, 1999.
- [22] S. Roweis. EM algorithms for PCA and SPCA. In M. I. Jordan, M. J. Kearns, and S. A. Solla, editors, Advances in Neural Information

- Processing Systems 10, pages 626-632. MIT Press, 1997.
- [23] M. J. Black and A. D. Jepson. Eigentracking: Robust matching and tracking of articulated objects using view-based representation. In B. Buxton and R. Cipolla, editors, Proceedings of the Fourth European Conference on Computer Vision, LNCS 1064, pages 329-342. Springer Verlag, 1996.
 - [24] P. Viola and M. Jones. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision, volume 1, pages 511-518, 2001.
 - [25] P. Dllar, Z. Tu, H. Tao, and S. Belongie. Feature mining for image classification. Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision, June 2007.
 - [26] J. Wang, X. Chen, and W. Gao. Online selecting discriminative tracking features using particle filter. Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision, volume 2, pages 1037-1042, 2005.
 - [27] T. G. Dietterich, R. H. Lathrop, and L. T. Perez. Solving the multiple instance problem with axis parallel rectangles. Artificial Intelligence, pages 31-71, 1997.
 - [28] S. Andrews, I. Tsochantaridis, and T. Hofmann. Support vector machines for multiple-instance learning. Proceedings of Annual Conference on Neural Information Processing Systems, pages 577-584, 2003.
 - [29] P. Viola, J. C. Platt, and C. Zhang. Multiple instance boosting for object detection. Proceedings of Annual Conference on Neural Information Processing Systems, pages 1417-1426, 2005.
 - [30] J. Friedman, Greedy function approximation: A gradient boosting machine. The Annals of Statistics, 29(5):1189-1232, 2001.
 - [31] N. C. Oza. Online Ensemble Learning. Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley, 2001.
 - [32] H. Grabner, M. Grabner, and H. Bischof. Real-time tracking via online boosting. Proceedings of British Machine Vision Conference, pages 47-56, 2006.
 - [33] J. Friedman, T. Hastie, and R. Tibshirani. Additive logistic regression: a statistical view of boosting. The Annals of Statistics, 28(2): 337-407, 2000.
 - [34] H. Ling and K. Okade. Diffusion distance for histogram comparison. Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision, 2006
 - [35] A. d'Aspremont, L. El Ghaoui, M. Jordan, and G. Lanckriet. A direct formulation for sparse PCA using semidefinite programming. SIAM Review, 49(3). 2007.
 - [36] J. Corander, M Ekdahl, and T. Koski. Parallel interacting MCMC for learning of topologies of graphical models. Data Min. Knowl. Discov., 17(3), 2007

— 저 자 소 개 —

김 상 훈

- 2008년 2월 : 육군사관학교 졸업
- 2011년 3월 ~ 현재 : 서울대학교 전기공학부 석사과정
- 2013년 3월 ~ 현재 : 정보학교 위성사업단
- 주관심분야 : 영상기반 추적 시스템

윤 일 동

- 1989년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 학사
- 1991년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 석사
- 1996년 8월 : 서울대학교 제어계측공학과 박사
- 1996년 2월 ~ 1997년 2월 : 대우전자 선임연구원
- 1997년 3월 ~ 현재 : 한국외국어대학교 교수
- 주관심분야 : 의료영상처리, 컴퓨터 비전