



추적명령 지연보상을 통한 표적추적 성능향상 방안 연구

김미정¹, 박가영², 강명호³

A Study on Target Tracking Performance Enhancement Using Lock-on Time Delay Compensation Method

Mi-Jeong Kim¹, Ka-Young Park² and Myung-Ho Kang³

Agency for Defense Development

ABSTRACT

If the EOIR equipment mounted on an unmanned aircraft transmits images and receives commands through a data link, there may be delays in data transmission depending on the transmission path of the data and the conditions of the ground equipment or wireless network. This increases the possibility of initial target LOCK-ON failure due to the difference between the time when the received image is viewed and the time when the image is taken. Therefore, this paper proposed a way to use frame indexes to synchronize with images, and to increase the success of target tracking by adding frame indexes to commands from the ground station.

초 록

무인 항공기에 탑재된 EOIR 장비가 데이터 링크를 통해 영상과 데이터를 송수신할 경우 데이터의 전송 경로와 지상 장비 및 무선 네트워크 상태에 따라 데이터 전송이 지연될 수 있다. 이로 인해 수신한 영상을 보는 시간과 촬영하는 시간이 다르기 때문에 초기 표적의 LOCK-ON 실패 가능성이 높아진다. 따라서 본 논문은 영상과 동기화된 프레임 인덱스를 도입하고, 지상에서 명령에 프레임 인덱스를 추가하여 전송함으로써 영상추적의 성공률을 높이는 방법을 제안하였다.

Key Words : UAV(무인항공기), EOIR(전자광학), Frame Index(프레임 번호), Image Synchronization(영상 동기화), Target Tracking(표적 추적)

1. 서 론

무인항공기에 탑재된 전자광학장비는 데이터링크를 통하여 명령과 영상데이터를 지상통제장치와 송수신한다. 이 때, 데이터의 송수신 경로, 무선망 및 지상통제장치의 상태에 따라 데이터 전송의 지연이 발생할 수 있다. 이와 같은 데이터 전송 지연은 지상통제장치에서 수신된 영상을 시현하는 시점과 무인

항공기에 탑재된 전자광학장비에서 영상을 처리하는 시점의 차이를 필연적으로 유발한다. 이로 인해, 무인항공기에 탑재되어 있는 전자광학장비에 의해 촬영된 영상이 무선링크를 통해 지상통제장치에 도달하고, 지상통제장치에서 운용자에게 해당 영상에서 표적을 포착하라는 명령을 무인항공기의 전자광학장비로 전달되는 과정에서 실제 표적이 최초 포착 지점으로부터 벗어날 가능성이 높다. 특히 상대속도가

† Received : February 12, 2019 Revised : April 19, 2019 Accepted : April 24, 2019

¹ Senior researcher, ² Junior researcher, ³ Principal researcher

¹ Corresponding author, E-mail : katz51@add.re.kr

© 2019 The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences

큰 경우 즉, 추적하고자 하는 표적의 속도 및 무인기의 비행속도가 빠른 경우나 무인항공기와 표적과의 거리가 가까울 경우에는 표적포착의 성공률이 저하되거나 표적의 중심을 포착 및 추적하지 못하는 상황이 발생할 가능성이 더 높다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 영상마다 프레임 인덱스를 붙여 전송하고 데이터 전송과정에서 이를 동기화하는 설계내용을 제안하였다. 또한 영상과 프레임 인덱스를 영상추적 명령에 반영하여 추적 알고리즘에서 이를 이용한 표적 선택이 가능하도록 하여 포착성공률을 높이고, 표적 중심을 포착 및 추적함으로써 전자광학장비의 추적성능을 향상시키는 방법에 대해 제안하였다.

II. 본 론

2.1 프레임 인덱스와 영상의 동기화

전자광학장비의 카메라에서는 영상을 생성할 때 영상과 동기화된 프레임 인덱스를 생성하여 메타정보에 추가한다[1]. 생성된 영상과 메타정보는 Fig. 1과 같은 전송경로로 지상통제장치에 전송된다.

전송과정 중 영상압축보드에서 H.264 압축을 위해 영상과 메타정보가 분리된다[2,3]. 영상압축보드(CTA)는 입력영상을 저장하기 위한 FPGA, 영상압축을 위한 DSP[4,5], 영상전송을 위한 ARM 소프트웨어로 구성되어 있다. 영상처리보드(ITA)를 통해 전달된 영상과 메타정보는 Fig. 2와 같이 영상압축보드의 FPGA 내부에서 3개의 VDMA 순환구조로 분리되어 저장된다. 기존에는 영상과 메타정보의 동기화를 고려하지 않고 SPI 통신을 통해 분리된 프레임 인덱스를 포함한 메타정보를 전송하였다. 그러나 본 논문에서는 추적명령 지연을 통해 발생하는 문제점을 해결하기 위해 압축된 영상과 프레임 인덱스의 동기화가 필요하였고, 이를 위해 Fig. 5와 같이 영상압축보드에서 GPIO 신호를 추가하였다. 영상압축을 위해 FPGA에

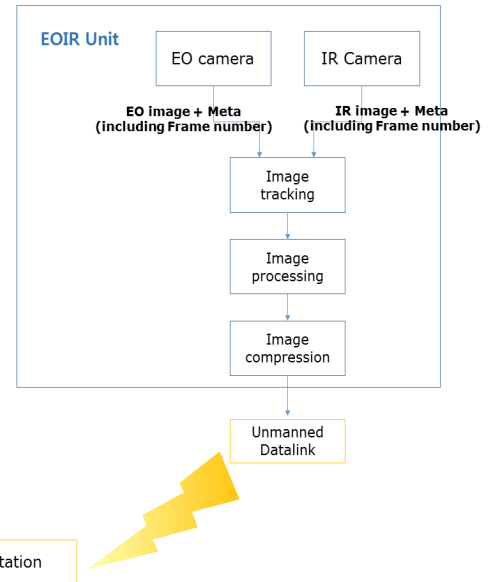


Fig. 1. Image transfer flow in UAV EOIR

서 DSP로 영상데이터가 전달될 때, GPIO 신호를 발생하여 SPI 버퍼에 분리저장되어 있는 메타정보가 ARM으로 전송되도록 하였다. 영상은 TI사에서 제공하는 library를 통해 압축이 진행되었다. 압축된 영상 데이터와 메타정보는 ARM에서 전송포맷에 맞게 변환되어 전달된다.

2.2 프레임 인덱스를 통한 영상추적

위에서 처리한 방법에 의해 지상통제장치에서는 프레임 인덱스와 동기화된 영상데이터를 전송받는다. Fig. 3과 같이 지상통제장치는 화면에 도시된 영상을 확인하고 영상추적 명령을 내린다.

이 때, 표적의 위치와 크기뿐만 아니라 도시된 영상의 프레임 인덱스 번호도 같이 전송한다. EOIR 장비에서는 지상통제장치로부터의 명령을 통해 버퍼에 저장된 과거영상으로부터 해당 프레임 인덱스 영상을 찾는다.

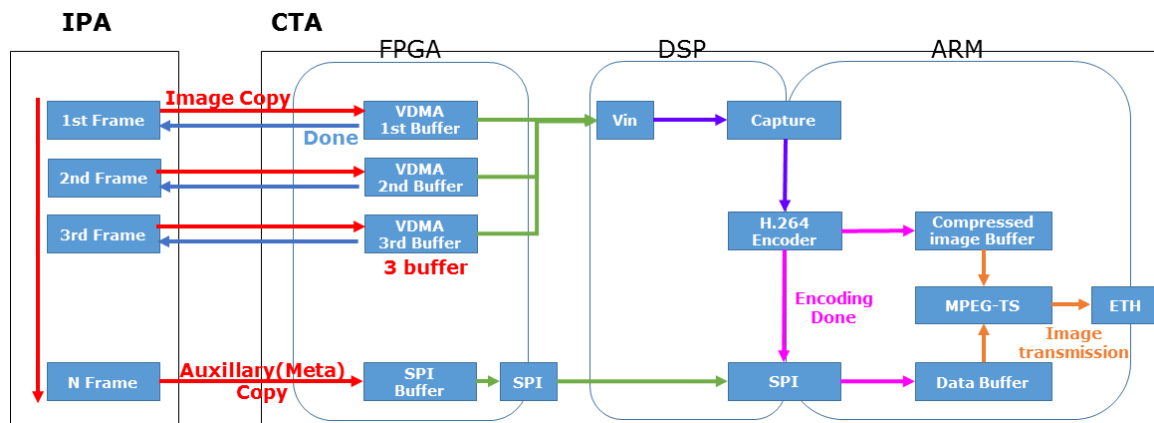


Fig. 2. Frame index synchronization in CTA board

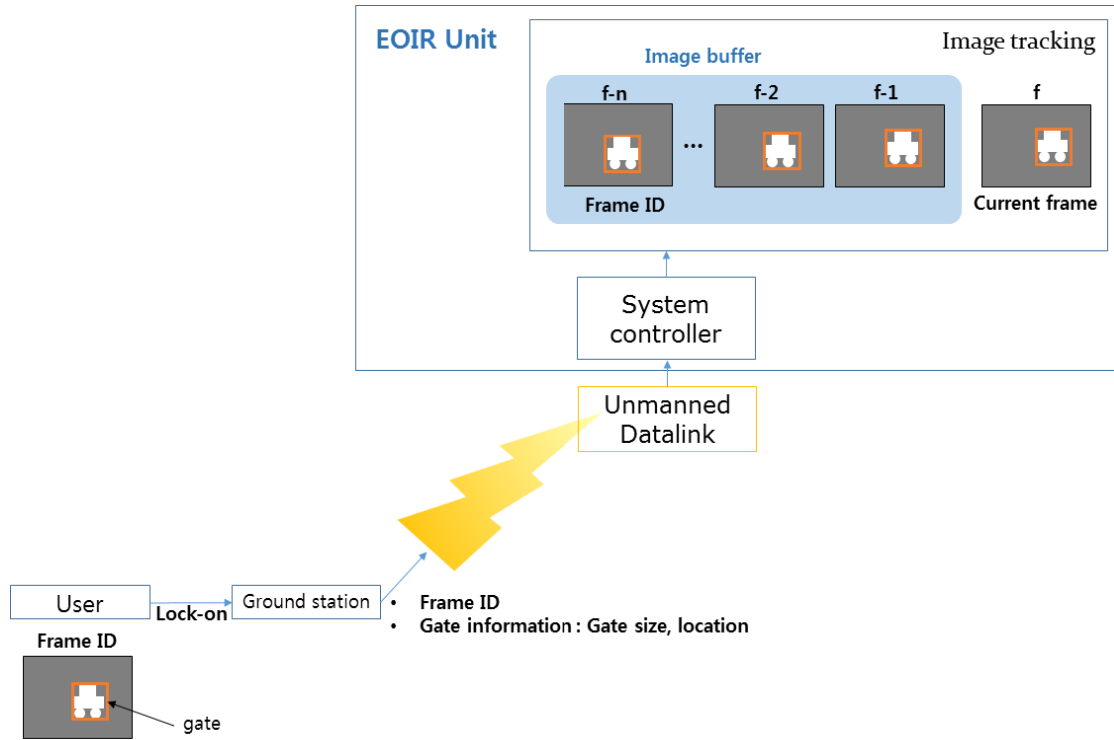


Fig. 3. Target tracking command flow

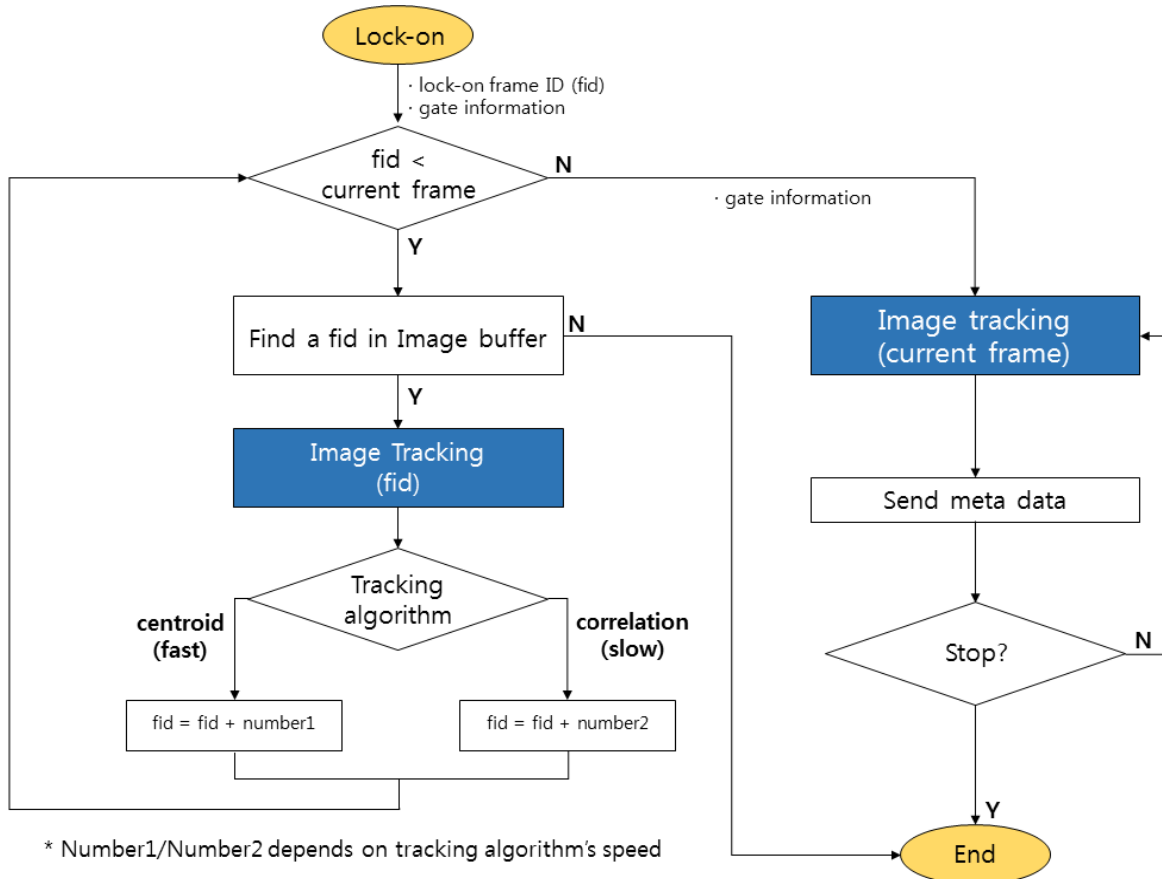


Fig. 4. Frame index synchronization in CTA board

프레임 인덱스를 이용한 영상추적 Flow는 Fig. 4와 같다. 영상추적보드의 버퍼 내부에 수신된 프레임 인덱스의 영상이 없는 경우, 현재 촬영 중인 영상에서 표적위치에 표적을 산정하여 추적을 시작한다. 영상이 존재하는 경우에는 프레임 인덱스의 영상에서 추적을 시작한다. 추적알고리즘은 지상통제장치에서 표적의 특성을 통해 요구한 알고리즘으로 선정하여 진행된다[6-9]. 내부에서 추적 중인 프레임 인덱스가 촬영 중인 현재 프레임 인덱스에 도달했을 때, 정상추적 상태로 추적결과를 지상통제장치에 전송하여 도시하기 시작한다. 이때, 내부적으로 추적하는 프레임 간격인 Number1/ Number2는 추적알고리즘의 속도와 지연정도에 따라 설정된다. IR 영상에서 배경이 복잡하지 않고 크기 변화가 큰 경우 표적의 밝기를 이용한 중심추적, 그 외 대부분의 지상 표적은 표적의 모양을 이용한 상관추적이 유리하다. 중심추적의 경우 주로 실행속도가 빠르므로 복잡한 타 알고리즘에 비해 작은 Number1 설정이 가능하다.

2.3 영상과 메타정보의 동기화 시험

영상압축보드 내부에서 프레임 인덱스와 영상의 동기화를 확인하기 위해 Fig. 5와 같이 입출력을 설정하였다. 입력영상은 Fig. 6의 오른쪽 그림과 같이 1500프레임의 영상의 상단에 숫자를 입혀 눈으로 확인이 가능하도록 하였다. 만들어진 영상은 10분 동안 압축되어 SSD에 저장되도록 하였다. 저장된 파일은 프로그램을 통해서 영상과 프레임 인덱스를 분리하여 일치여부를 확인하였다.

기존의 방법을 이용하여 영상을 저장하는 경우, Fig. 6과 같이 1029번 영상의 프레임 인덱스가 1031로 나타나 영상과 메타정보의 불일치가 발생하였다. 불일치의 원인은 영상압축보드 내부에서의 영상과 프레임의 불일치로 입력영상의 Frame rate와 출력쪽의 Frame rate가 동기화 되지 않아 발생하였다. 따라서 영상입력의 PCIe Command 레지스터의 flag bit

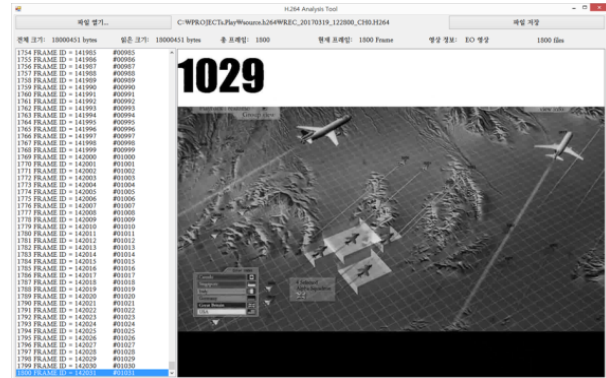


Fig. 6. Test image and result example 1

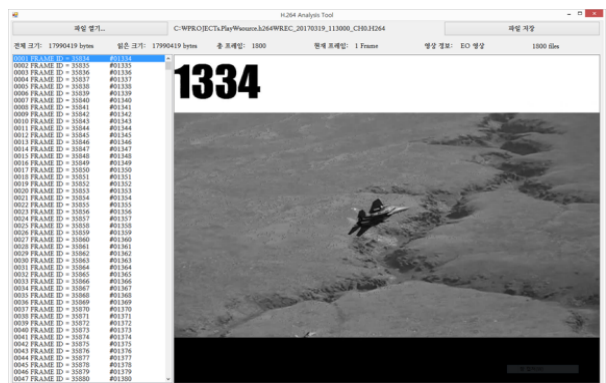


Fig. 7. Test image and result example 2

인 Frame sync.를 체크하여 Frame Sync.를 발생하고, 이를 영상출력의 Video timing을 만드는 VTC (Video Timing Controller)의 Fsync_in 입력핀에 연결하여 영상입출력의 Frame Sync.를 맞추어 해결하였다. 또한 GPIO 신호를 추가하여 영상과 동기화되어 이동하도록 하였다.

약 10분 단위의 시험을 1시간 이상 수행하여 영상과 프레임 인덱스의 일치여부를 재확인하였다. 그 결과 Fig. 7과 같이 1334번 영상의 프레임 인덱스가

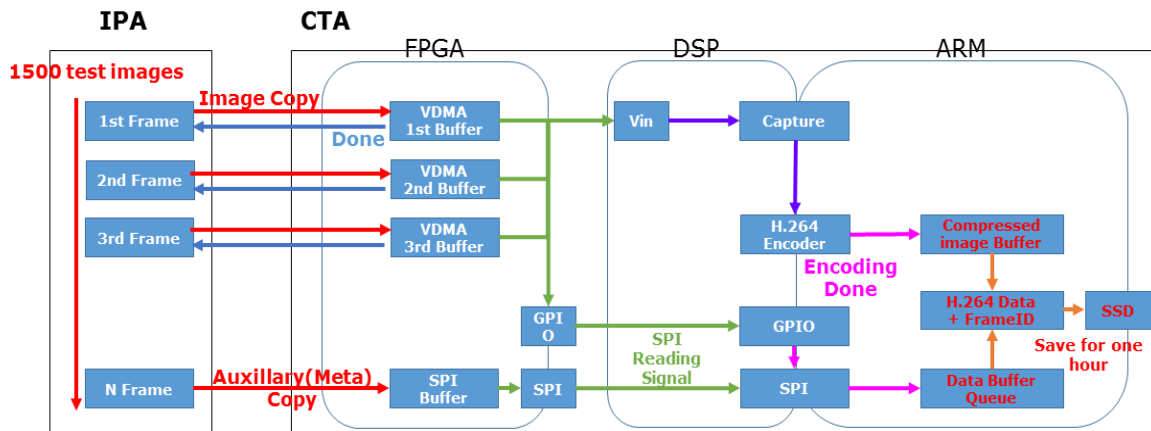


Fig. 5. Simulation structure for synchronization between an Image and a frame index

1334로 나타나 프레임 인덱스의 중복이나 빠짐 현상 없이 일치함을 확인할 수 있었다. 따라서 영상과 프레임 인덱스가 분리되는 영상압축보드에서 출력데이터의 동기화가 되었음이 확인되었다. 그러나 영상압축보드에서 영상과 프레임 인덱스의 동기화가 이루어졌더라도 프레임 인덱스가 사용되지 않는다면, 무선링크를 통해 데이터가 전달되고 지상통제장치에서 압축을 풀어 데이터를 전시하는 과정에서 각종 지연 요소가 발생하여 명령을 요청하게 된 근거영상이 무엇이었는지 식별하기 어렵다. 따라서 지상통제장치에서 근거영상을 프레임 인덱스로 나타내어 명령을 요청한다면, 탑재장비의 임무수행의 정확도가 향상될 것이다.

2.4 프레임 인덱스를 이용한 영상추적 시험

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능에 대한 검증 위해 추적명령 지연보상 알고리즘을 실제 장비에 적용 후 실 비행시험을 통해 이동 표적을 포착 및 추적하는 시험을 수행하였다. 다운링크와 업링크 각각의 프레임 딜레이는 측정하기 어려우나, 영상추적장치에서 인지되는 최종 프레임 딜레이를 기준으로 시험하였다. 표적 포착 시 지상통제장치로부터 전달받은 프레임 인덱스와 전자광학장비에서 처리하고 있는 현재 프레임에 대한 인덱스와 차이는 대부분 8~13프레임 차이를 보였다.

한 프레임 당 영상 내 표적의 이동량 계산을 위해 설정한 조건은 다음과 같다. 프레임 속도 30frame/sec, 영상의 해상도 1280×1024 pixels, 시계(FOV)는 영상추적에 용이한 협시계(1.56°×1.25°)를 기준으로 계산하였다. 개발 중인 전자광학 장비는 전방운동보상(Forward Motion Compensation, FMC)을 적용하여 한 곳을 지향할 수 있으므로 항공기의 속도는 고려 대상에서 제외하였다. 항공기와 표적 간 경사거리에 따른 영상 내 표적의 이동량이 Fig. 8에 나타나 있다. 이동표적의 속도는 40, 80, 120km/h로 각각 다른 색상으로 나타내었다.

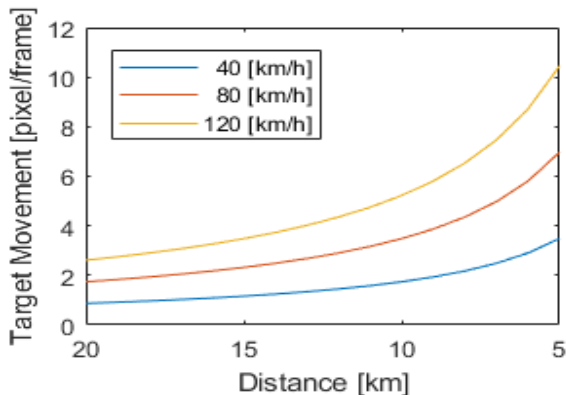


Fig. 8. Target movement per frame

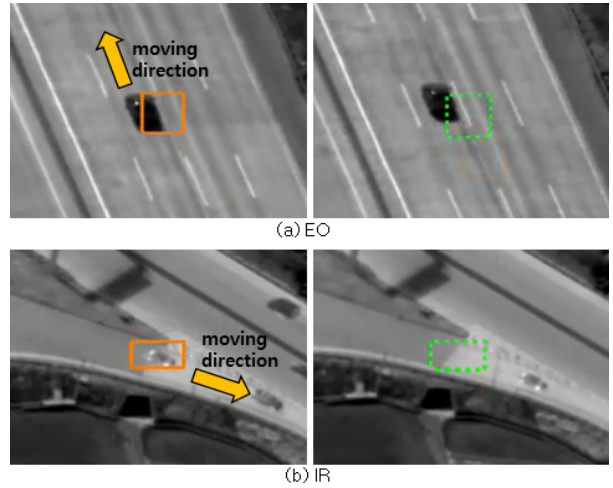


Fig. 9. Lock-on test without time delay compensation

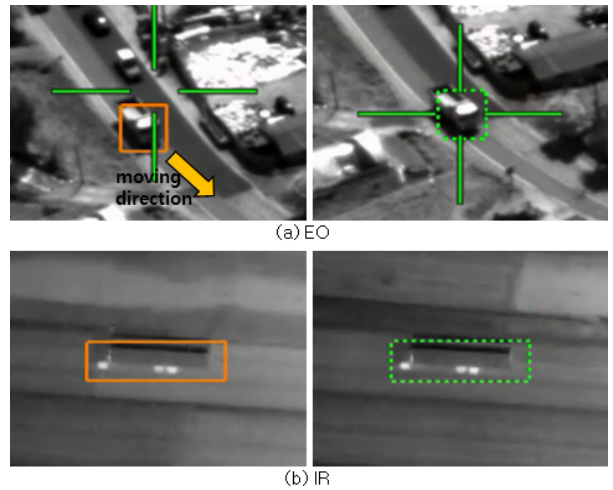


Fig. 10. Lock-on test with time delay compensation

Figure 8에서 확인할 수 있듯, 항공기와 표적 간 경사거리가 7km일 때 80km/h 속도로 이동 중인 표적은 영상에서 한 프레임 당 약 5픽셀씩 변화하게 된다. 지연이 10프레임 발생했다고 가정했을 때, 지상통제장치에서 시연되는 영상을 기준으로 포착 시 전자광학장비에서 인지하고 있는 영상기준으로 50픽셀이 떨어진 위치에 표적이 위치하여 표적 탐색영역에서 벗어나 표적 포착이 불가하게 된다.

Figures 9, 10에서 추적명령 지연보상을 적용하기 전·후 포착 예시를 보여주고 있다. 포착 전 탐색창은 주황색, 포착 후 추적 중인 추적창은 녹색으로 표시된다. 일반적인 이동표적을 포착하는 시험 결과가 Fig. 10(a)에 나타나 있는데, 지상통제장치 기준으로 탐색창과 표적 중심의 위치가 일치할 때 포착명령을 송신하지만 추적명령 지연으로 인해 표적의 중심을 포착하지 못하고 이동방향의 반대 방향인 표적의 후방 부분을 추적하는 것을 알 수 있다. Fig. 9(b)의 경우 영상 내 표적의 이동량이 커, 실제 장비에서는 이

미 표적이 지나간 후 포착 명령을 받아 도로를 포착한 상황을 보여주고 있다.

반면 추적명령 지연보상 방법을 적용한 후에는 사용자가 표적을 포착한 위치와 유사하게 포착 및 추적이 되는 것을 Fig. 10에서 확인할 수 있다

III. 결 론

무인항공기 등 원격으로 통제되는 전자광학장비에 개발에 있어 표적 촬영시점과 지상통제장치에서 시현하는 시점이 상이하어 영상추적 알고리즘의 표적에 대한 포착 및 추적 성공확률이 낮아진다. 또한, 포착이 되더라도 표적 중심이 포착되지 않아 사용자가 추적창을 표적 중심으로 이동시키는 추가적인 작업이 요구된다. 이러한 문제를 해소하기 위해 본 논문에서는 영상과 프레임 인덱스를 동기화하고, 영상 시현시점의 프레임 인덱스를 활용하여 표적에 대한 초기 포착 성공률을 향상시키는 방안에 대해 제안하였으며, 실제 비행 시험을 통해 제안한 설계 및 알고리즘의 성능 및 운용적인 측면에서 유용성을 입증하였다. 이는 무인항공기 등 원격으로 통제되는 플랫폼에 장착된 전자광학장비의 임무 성공률을 높여 전자광학장비의 활용성을 한층 더 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

References

1) Furht, B., Smoliar, S. W., and Zhang, H., "Video and image processing in multimedia systems," Springer Science & Business Media, Vol. 326, 2012.

2) Richardson, I. E. G., "H. 264 and MPEG-4 video compression: video coding for next-generation multimedia," John Wiley & Sons, 2004.

3) Wiegand, T., Sullivan, G. J., Bjontegaard, G., and Luthra, A., "Overview of the H. 264/AVC video coding standard," IEEE Transactions on circuits and systems for video technology 13.7, 2003, pp.560~576.

4) Xue, D. Z., "The Design of Intelligent Video System Based on DM8168," Advanced Materials Research. Vol. 850, 2014.

5) Zhiquan, H., and Bin, Y., "Video Processing Method Based on Multi-core DSP Processor DM8168," Microcontrollers & Embedded Systems 8, 2014.

6) Saifuddin Saif, A. F. M., Prabuwo, A. S., Mahayuddin, Z. R., and Himawan T, H., "A review of machine vision based on moving objects: object detection from UAV aerial images," International Journal of Advancements in Computing Technology 5.15, 2013, p.57.

7) Zhang, S., and Karim, M. A., "Automatic target tracking for unmanned aerial vehicle video annotation," Optical Engineering, 43.8, 2004, pp.1867~1874.

8) Henriques, J. F., Caseiro, R., Martins, P., and Batista, J., "High-speed tracking with kernelized correlation filters," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on 37.3, 2015, pp.583~596.

9) Henriques, J. F., Caseiro, R., Martins, P., and Batista, J., "Exploiting the circulant structure of tracking-by-detection with kernels," Computer Vision-ECCV 2012, 2012, pp.702~715.