

표적 가림 예측에 의한 기억추적 알고리즘 개발 및 구현

Design of Autocoast Tracking Algorithm by the Prediction of Target Occlusion and its On-Based Implementation

김 소 현* 장 광 일* 권 강 훈** 정 진 현**
 Sohyun Kim Gwang-Il Jang Kang Hoon Kwon Jin Hyun Jung

Abstract

In this paper, the Autocoast algorithm is proposed for EOTS to overcome the target occlusion status. Coast mode, one of tracking modes, is to maintain the servo slew rate with the tracking rate right before the loss of track. The Autocoast algorithm makes decision of entering coast mode by the prediction of target occlusion and tries to refind target after the coast time. This algorithm composes of 3 steps, the first step is the prediction process of the occlusion by target-like background, the second one is the check process of the occlusion happened after background intensity variation, and the last one is the process of refinding target. The result of computer simulation, test under laboratory, and real test with EOTS shows the applicability for the automatic video tracking system.

Keywords : EOTS(전자광학추적장비)

1. 서론

전자광학추적장비에 사용되는 영상추적이란 영상센서에서 출력되는 영상정보를 이용하여 표적변위를 산출하고 이를 구동기에 전달함으로써 대상표적을 지속적으로 화면의 중심에 자동으로 유지시키는 것을 말한다. 영상추적 기술은 사격통제 기능의 자동화 및 정밀정찰등을 가능하게 해준다.

종래의 영상추적 기술은 중심추적 방식과 상관추적

방식을 상호 보완적으로 선택할 수 있는 복합형 추적 기술^[1]로서 이는 초기 표적 포착(Lock-on) 과정이 수동으로 이루어진다는 점과 표적 가림 발생시의 대응 기능을 갖추고 있지 못한 점으로 인하여 사격통제용으로로서의 운용성이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 기존 영상 추적 기술을 사격통제장치에 적용하기 위하여는 위협 표적에 보다 신속히 대응할 수 있는 자동탐지(ATD : Automatic Target Detection)^[2] 그리고 배경에 의한 표적 가림 현상을 극복하기 위한 기억추적(Coast Tracking) 등 보다 추적 운용성이 배가된 영상추적기술을 필요로 한다. 이러한 유형의 영상추적기술은 표적 환경의 변화에 적응해간다는 점에서 적응형 영상추적기(Adaptive Image Tracker)^[3]로 일컬어진다. 이와 같은 적응형 영상추적기의 개발은 고속으로 기동하는 표적

† 2009년 2월 25일 접수~2009년 4월 17일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

** 삼성탈레스(STC)

책임저자 : 김소현(virgo@hanmail.net)

에 대한 신속 대응력 및 운용 자동화로 사용자의 편리성을 증대시키는 효과를 기대할 수 있다.

본 논문에서는 사격통제장치용 전자광학 추적장비의 적응형 영상추적기 개발을 위하여 소요 기술의 하나인 표적 가림 예측을 통한 기억추적 알고리즘을 제안하였고 이에 대한 모사, 시스템 구현 및 실효적 시험을 통해 타당성을 입증하였다.

2. 기억추적 알고리즘

영상추적기는 영상센서로부터 획득한 영상정보를 이용하여 표적의 위치를 산출하고 화면 중심으로부터의 변위에 해당하는 추적오차를 서보제어기에 제공하고 서보제어기에서 변위만큼 모터를 구동함으로써 표적을 화면의 중심에 지속적으로 유지시키는 역할을 한다. 기존의 영상추적기에서는 추적오차를 정확하게 산출하기 위한 여러 가지 영상처리 기법이 주로 연구되어 왔으나 감시정찰 범주를 뛰어넘어 사격통제장치에 적용하기 위해서는 추적성능과 더불어 운용성이 배가된 추적기능이 요구되고 있으며 그 중 하나가 기억추적 기능이다.

기억추적은 자동추적중인 표적이 일시적으로 장애물에 가리거나 사격시의 포엽 등에 의해 추적 상실이 발생할 경우 이전의 추적 이력을 이용하여 표적의 이동 속도 및 방향을 유지하는 기능을 말한다. 정상추적 중 급격한 변화가 발생하게 되어 추적 유지율이 나쁘거나 배경정보 추정에 의해 표적 가림 발생이 예측되면 기억추적 상태로 변환된다. 여기서 기억 추적이란 표적 가림 발생시 이전의 기억된 추적 속도로 표적의 이동 경로를 예측하여 시선을 이동하다가 표적이 다시 나타나면 자동으로 이를 재포착하는 기능을 말한다. Fig. 1 과 같이 예측된 기억추적 수행 시간이 경과되면 재포착을 시도하며 이때 추적 유효성이 좋으면 정상추적으로 되돌아간다. 미리 설정된 재포착 시간이 초과되더라도 정상추적 상태로 되돌아가지 못하면 초기 상태인 자동추적 대기 상태로 천이된다^[4].

기억추적은 표적의 가림 시점을 판단하는 방법에 따라 자동 기억추적, 강제 기억추적, 포사격 기억추적 등으로 분류할 수 있다. 자동 기억추적은 표적의 가림 판단을 소프트웨어적으로 자동 수행하는 것을 말하며 일반적으로 표적 가림이 해소된 이후 표적의 재포착도 자동으로 수행하게 된다. 강제 기억추적은 표적의 이

동 방향에 장애물이 나타나는 경우 운용자가 판단하여 수동으로 선택하는 것을 말하며 재포착 또한 운용자의 선택에 의해 수행된다. 포사격 기억추적은 사격시의 포엽이나 진동 영향에 의해 정상적인 표적 추적이 불가능한 경우를 극복하기 위하여 포 사격 신호에 의해 기억추적으로 전환하는 것으로써 강제 기억추적과 유사하며 미리 설정된 포엽 등의 현상이 사라지는 시간이 경과된 후 자동추적으로 전환된다.

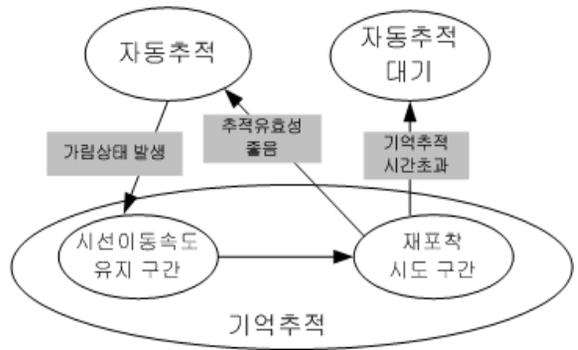


Fig. 1. 기억추적 상태 천이도

동 자동 기억추적 알고리즘은 소프트웨어적으로 배경 영상 정보 변화를 추정함으로써 표적 가림이 발생할 수 있는 경우를 미리 예측 판단하여 대처하는 방법이다. 즉, 배경 영상이 표적을 가릴 것으로 추정되는 시점을 판단함으로써 자동 추적에 의한 시선 이동 대신 추적상실이 발생하기 직전의 이동 속도 및 방향을 유지함으로써 표적 가림에서 벗어날 때 추적창이 표적의 위치에 유지되어 재포착을 용이하게 하는 방법이다.

자동 기억추적 시간(Coast Time)은 가림 물체를 벗어 나는 동안의 시선 이동 속도 유지 기간(Blind Time)과 이후 자동 추적을 재개하기 위한 재포착 시도 기간(Refind Time)으로 이루어지며, 자동 기억 추적 로직은 자동 추적에서 기억 추적으로 전환되는 시점을 판단하는 가림 점검 로직과 재포착 상태를 판단하는 표적 재포착 로직으로 구성된다.

자동 기억추적 처리 과정에 대한 로직 흐름도(Flow Chart)는 Fig. 2와 같다. 운용자에 의해 자동 기억추적이 활성화되면 기억추적 대기 상태에서 벗어나 자동 기억추적 처리를 수행하게 된다. 이때, 정상추적 또는 재포착 시도 기간이면 입력 영상을 획득하고 가림 점검 혹은 재포착을 위한 탐색 영역을 설정하고 기억 추적으로의 전환 시점 판단을 위한 가림 점검 혹은

표적 재포착을 수행하게 된다.

영상정보 분석을 통한 가림 경보가 발효된 상태에서 시선 이동 속도 유지기간 경과 후 표적 재포착을 수행하며 재포착이 완료된 상태이면 화면 추적을 시작한다.

정상 추적 상태에서는 기억추적으로 전환되는 시점을 판단하기 위한 가림 점검 로직을 수행하며, 재포착이 완료되면 자동 기억추적 완료 상태를 시스템 운용기에 알려준다.

기억추적으로의 전환시점을 판단하는 가림 점검 방법은 2가지로 이루어지는데 첫째는 표적의 이동 방향에 표적과 유사한 밝기의 배경이 분포하여 추적 상실이 발생할 가능성이 높은 경우를 예측하는 표적 유사 밝기 가림 점검과 둘째는 표적 밝기와의 유사성에 상관없이 배경 정보의 변화가 발생된 상태에서 표적이 배경에 가려짐으로써 표적 크기가 작아지는 경우를 판단하는 배경 변화 가림 점검이다.

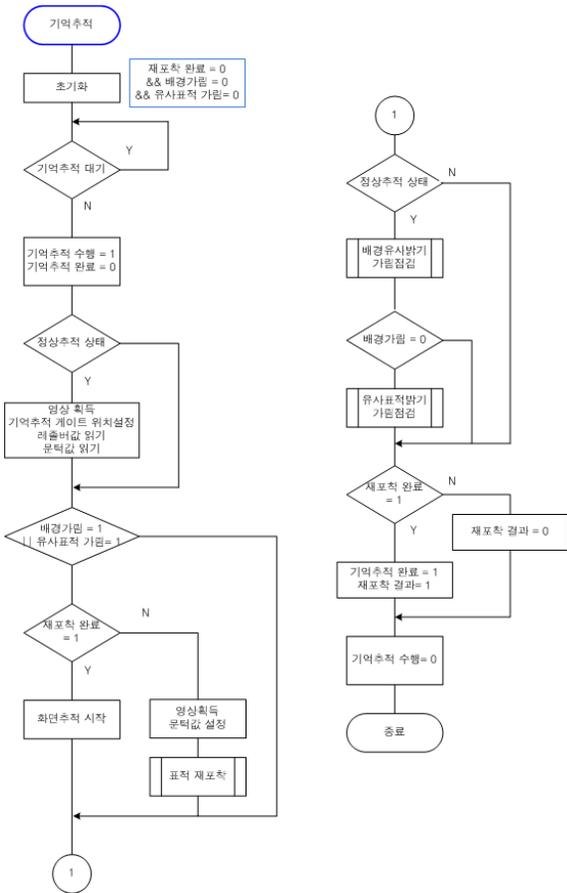


Fig. 2. 자동기억추적 로직 흐름도

가. 표적 유사 밝기 가림 점검

표적 유사밝기 가림 점검은 Fig. 3과 같이 표적 유사 밝기 후보군 관측, 관측된 표적 유사 밝기 가림 후보군의 변화 추이를 관리하는 표적 유사 밝기 가림 후보군 이력 관리 그리고 가림 후보군이 추적중인 표적이 이동함에 따라 표적 방향으로 접근하여 표적과 겹치게 되는가를 판단하는 표적 유사 밝기 가림 경보의 3단계 처리과정으로 이루어진다.

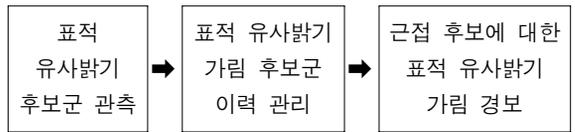


Fig. 3. 표적 유사 밝기 가림 경보의 처리 과정

표적 유사 밝기 후보군 관측 단계에서 연산 시간을 줄이고 효과적으로 유사 표적 영역을 찾아내기 위하여 단일 화소당 표적과 배경을 분류하지 않고 추적창의 크기를 감안한 셀 단위로 탐색 영역으로 분할한 후 셀 단위로 표적과 배경을 분류한다. 표적 유사밝기 영역을 탐지하는 범위 즉 탐색 영역 설정은 표적의 이동 속도 및 방향을 고려하여 셀 단위의 정수배가 되도록 설정한다. 표적 유사밝기 영역 탐지는 추적중인 표적의 표적과 배경분류 이진화시에 사용한 문턱값을 이용하여 셀단위 영역에서의 샘플 화소가 표적으로 분류되는 비율이 50% 이상 표적 밝기로 분류될 경우 유사 표적 밝기 셀로서 분류된다. 이렇게 분류된 표적 셀들을 표적 유사밝기 셀 그룹화를 통하여 8 방향 연결도를 확인하여 서로 연결된 표적 셀들을 한 개의 영역으로 그룹화하여 그룹 당 번호를 표시(Labeling)한다. 그룹화된 영역이 추적창 영역과 겹치는가를 확인하여 추적창과 겹치는 그룹은 현재 추적중인 표적 영역으로 간주하여 추적창 영역을 확대하며, 겹치지 않는 그룹들에 대해서 추적창 영역 크기의 1/8 이상인 경우만을 관측된 표적 유사 밝기 가림 후보군(Candidate)으로 등록한다. 가림 후보군에 대해서는 추적창 중심으로부터의 거리가 가장 가까운 셀의 위치를 해당 그룹의 위치로 관리하고 해당 셀의 추적창 중심으로부터의 상대 위치를 해당 그룹의 최소 거리로 명한다. 이로부터 표적의 이동 속도 즉 추적창 이동 속도를 감안하여 가림 후보군이 프레임당 이동할 수 있는 거리를 유효거리로 설정하여, 이후 프레임별로 가림 후보군의 변화 추이를 관리하는데 사용한다. 즉, 현 프레임의 가림 후보군

이 이전 프레임의 어떤 가림 후보군과 동일한 그룹인가를 매칭시키는 판단에 활용한다.

표적 유사탐기 가림 후보군이 관측되면 이러한 후보군들과 추적중인 표적간의 거리와 위치는 알 수 있지만 이전 프레임에서 어디에 위치해있던 후보군인지 간단히 알 수 없다. 따라서 현재 관측된 후보군과 이전 프레임에서 존재했던 후보군과의 매칭이 이루어져야 하는데 표적 유사탐기 가림 후보군 이력 관리 단계에서 이 역할이 수행된다. 매칭하는 과정은 관측된 후보군과 이전 프레임에서 존재했던 후보군과의 거리가 가장 가까운 것을 선택하여 유효거리내에 있는지 확인함으로써 이루어진다. 후보군 이력 관리를 수행하는데 있어서 주요한 인자는 관측된 후보군 정보와 이전 후보군의 이력 그리고 관측된 후보군이 이전 후보군의 유효 거리 이내에 존재하는가 여부이다. 후보군의 이력관리는 1) 관측된 후보군은 있지만 이전 관리 후보군이 없을 때 2) 관측된 후보군이 없지만 이전 후보군이 있을 때 3) 관측된 후보군도 있고 이전 후보군도 있을 때의 3가지 경우로 분류하여 수행된다.

표적 유사 탐기 가림 경보는 이전 관리 후보군의 표적에 대한 접근 정도로 판단하며 재포착을 위한 표적 면적, 추적창의 크기, 추적창 영역의 밝기 이산을 산출하여 16 프레임의 이력을 관리한다. 우선 이전 관리 후보군 각각의 평균 속도를 산출하여 표적과의 실제 거리와 4 프레임 이동 후의 이동 거리 합이 기준 화소 이내인가를 확인한다. 이와 같은 근접 거리 조건 이내인 이전 관리 후보에 대해서 표적 유사탐기 가림 경보를 1로 설정한다. 표적 유사탐기 가림 경보가 0일때는 프레임 누적수를 1 증가시킨 후 관측된 후보군과 이전 관리 후보군의 모든 정보를 초기화한 후 표적 유사탐기 가림 점검 과정을 종료한다.

나. 배경 변화 가림 점검

배경 변화 가림 점검은 배경 영상의 밝기 변화가 감지된 후 표적 밝기와는 다른 물체에 의해 가림이 발생하거나 혹은 추적 불가 상황이 발생하는 경우를 판단하는 것으로서 Fig. 4와 같이 경계창 영역에 누적된 평균 밝기 통계 허용치 초과 여부를 점검하는 경계창 오염 점검, 배경창 영역에 누적된 평균 밝기 통계 허용치 초과 여부를 점검하는 배경창 오염 점검, 추적 이동 속도를 감안한 경계창 오염과 배경창 오염의 발생시간이 순차적 연관성을 가질 경우 사전 배경 가림 정보를 1로 설정하는 오염 발생 동기성 점검, 그리고 최

종적으로 배경에 가려져서 추적창이 축소되거나 추적 상실 가능성이 높다고 판단되는 경우 배경 가림 정보를 발효하는 배경 가림 경보 판단의 3단계 처리과정으로 이루어진다.

경계창 및 배경창 오염 점검은 경계창 및 배경창의 평균 밝기를 16 프레임 누적하여 누적된 평균 밝기와 표준 편차로부터 평균 밝기의 허용 오차 범위를 초과하면 경계창 오염 혹은 배경창 오염을 1로 설정한다.

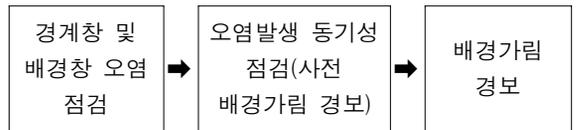


Fig. 4. 배경 변화 가림 경보의 처리 과정

경계창 및 배경창 오염 점검은 경계창 및 배경창의 평균 밝기를 16 프레임 누적하여 누적된 평균 밝기와 표준 편차로부터 평균 밝기의 허용 오차 범위를 초과하면 경계창 오염 혹은 배경창 오염을 1로 설정한다.

오염 발생 동기성 점검은 경계창 오염이 발생한 후 배경창 오염이 발생했을 때 발생시간의 차이가 추적 방향 및 속도를 감안하여 경계창 영역과 배경창 영역의 위치 차와 동기성이 인정될 때 사전 배경가림 정보를 1로 설정한다.

사전 배경가림 정보가 1로 설정된 상태에서 배경창 오염이 발생한 후 추적창 크기가 작아질 때 발생시간의 차이가 추적 방향 및 속도를 감안하여 배경창 영역의 위치와 추적창 영역의 위치 차와 동기성이 인정될 때 배경가림 추적창 축소를 1로 설정한다.

또한 사전 배경가림 정보가 1로 설정된 상태에서 추적방향의 배경창 영역 내 표적 화소수가 설정 비율을 초과하면 표적화소수 초과를 1로 설정한다.

배경가림 정보는 배경가림 추적창 축소 혹은 표적 화소수 초과가 어느 하나라도 발생하면 1로 설정되고 배경 변화 가림 점검 과정이 종료된다. 배경가림 경보 혹은 앞절에서의 표적이림 경보 중 어느 하나라도 발생하면 기억추적으로 전환된다.

다. 재포착 판단

가림 물체를 벗어나는 동안의 시선 이동 속도 유지 시간(Blind Time) 이후 자동 추적을 재개하기 위해 시도되는 재포착 판단은 Fig. 5와 같이 표적 유사 탐기 가림 점검에서의 표적 유사탐기 후보군 관측과 유사한

과정인 재포착 표적 후보 탐지, 표적 유사 밝기 가림 경보시 설정된 표적 조건에 대한 충족성을 점검하는 과정인 재포착 표적 조건 확인의 2단계로 이루어진다.

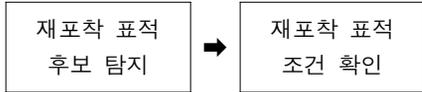


Fig. 5. 재포착 판단 처리 과정

먼저 재포착 표적 후보 탐지는 전반적으로 표적 유사 밝기 가림 점검 과정과 유사하며 표적 유사 밝기 가림 경보시 설정된 문턱값을 기준으로 셀 단위 영역에서의 샘플 화소가 표적으로 분류되는 비율이 50% 이상 표적 밝기로 분류될 경우 유사 표적 밝기 셀로 분류한다. 이때 셀 단위 및 재포착 표적 후보 탐색 영역은 표적의 크기 및 이동 속도를 고려하여 설정된다. 이렇게 분류된 표적 셀들을 표적 유사 밝기 셀 그룹화를 통하여 8 방향 연결도를 확인하여 서로 연결된 표적 셀들을 한 개의 영역으로 그룹화하여 그룹 당 번호를 표시(Labelling)한다.

재포착 표적 조건 확인은 1차적으로 재포착 표적 후보 탐지에서 도출한 표적 후보군들에 대해 표적 조건을 충족하는지 여부를 점검하여 2개의 후보를 재포착 후보로 선정한 후, 2차적으로 재포착을 위해 표적 유사 밝기 가림 경보시 기록된 표적 면적, 추적창 크기, 추적창 영역의 밝기 이산 등에 근접한 후보를 1순위로 선정하여 다른 후보는 2순위로 재포착 획득창의 위치를 설정한다. 한편 표적 후보 탐지에서 도출한 표적 후보군이 많을 때는 재포착 후보가 하나도 없는 것으로 간주한다. 재포착 후보가 없으면 다음 프레임에서 연속해서 재포착을 시도하며 기 설정된 재포착 시도 기간(Refind Time) 동안 재포착이 이루어지지 않으면 재포착을 중단한다.

3. 모사 및 시험

앞단원에서 설계한 기억추적 알고리즘의 검증을 위하여 컴퓨터 모사를 실시하였다. 모사용 기억추적 프로그램은 Matlab을 이용하여 구현하였으며 알고리즘 및 입력 설정 파라미터의 분석을 위하여 추적창과 탐색/배경창의 밝기 분포, 이진화 결과 및 표적 위치 정보 등을 모사 환경물에 전시하였다. 입력 영상은 실장

비를 이용하여 기 획득한 영상을 사용하였으며 이때 표적의 실제 이동을 측정할 수 없으므로 서보의 움직임값을 외부에서 입력할 수 있도록 하였다.

표적을 정상 추적하는 중 배경에 의한 가림이 발생하여 기억추적을 수행하는 일련의 모사과정에서 추적창과 탐색 영역 내의 밝기 이진화 결과를 그림으로 표시하고 가림 설정 및 재포착 판단에 필요한 정보를 수치화하여 나타냄으로써 중간 산출 수치 분석을 통하여 적합한 밝기 문턱값을 설정하였다.

컴퓨터 모사를 통해 확인된 알고리즘을 TMS320C6415에서 수행할 수 있도록 C코드로 재구현하여 실장비에 적용하였다. 실험실에서의 환경 모사 시험을 마친 후 적용체계인 함에 탑재된 실장비에 적용하여 기회표적인 선박을 대상으로 추적과 기억추적을 번갈아 수차례 시험한 결과 대함 및 대공표적의 추적을 위한 영상 추적 시스템에의 운용 적합성을 확인할 수 있었다.

Fig. 6은 이동중인 선박의 밝은 부분을 추적(좌상)하던 중 어둡고 큰 선박이 표적 앞으로 지나가 가림이 발생하게 되어 배경 가림 정보에 의하여 영상추적을 중지하고 기억추적 상태로 전환(우상), 서보 구동에 의한 기억추적상태가 지속되던 중 표적이 가림상태를 벗어나 다시 출현하게 되어 재포착을 실시하는 과정(좌하) 및 재포착 결과 표적 조건이 충족되어 정상추적(우하)을 지속하게 되는 과정을 보여주고 있다.



Fig. 6. 정상추적(좌상), 기억추적(우상), 표적재포착(좌하), 추적개시(우하)

Fig. 7은 이동중인 표적이 함구조물에 의하여 시야에 가려지는 경우로서 정상추적 상태(좌상), 밝은 장애물에

의하여 표적이 가려져 영상추적을 중지하고 기억추적으로 전환되는 상태(우상), 가림상태를 벗어나 재포착이 수행된 결과(좌하), 재포착 결과(우하)를 보여주고 있다.

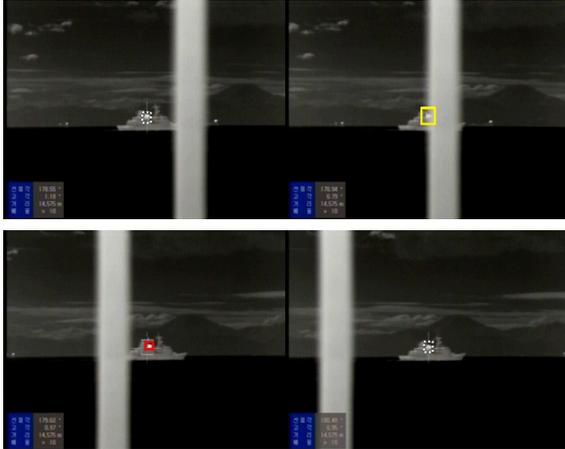


Fig. 7. 정상추적(좌상), 기억추적(우상), 표적재포착(좌하), 추적개시(우하)

4. 결론

본 논문에서는 적응형 영상추적기 개발의 일환으로 표적 가림현상을 극복하기 위한 기억추적 기능 구현을 위하여 표적의 가림 판단 및 재포착 알고리즘을 설계

하고 모사 및 시험 결과를 제시하였다. 제시한 알고리즘은 센서로부터 획득한 영상 정보를 기반으로 표적과 유사한 밝기의 물체를 검색하여 가림 가능성을 점검하는 과정과 표적 주변 배경의 밝기 변화를 관측함으로써 배경에 의한 가림을 점검하는 과정 및 가림 상황이 종료된 후 표적이 나타났을 때 재포착 기능을 수행하는 세가지 단계로 구성되어 있다.

알고리즘에 대한 컴퓨터 모사 후 시스템의 영상처리 기관에 실시간 구현 하였으며 실제 운용환경에서의 시험 결과 대함 및 대공표적의 추적을 위한 영상추적 시스템에의 운용 적합성을 확인할 수 있었다.

Reference

- [1] 강재열, 장광일, “표적획득 추적기술 연구(II)-복합 영상추적기 구현”, 국방과학연구소, KTRC-417-000232, 2000. 2.
- [2] 김소현, 장광일, “표적자동탐지 알고리즘의 구현 및 체계 적용”, 국방과학연구소, ADDR-417-070974, 2007. 9
- [3] 장광일, 김소현 “적응형 영상추적기 개념 및 초기 단계 자동탐지 모사”, 국방기술연구, 2003 하권.
- [4] 장광일, 김소현, “표적획득 추적기술 연구-영상추적기 개선”, 국방과학연구소, TDEC-409-041272, 2004. 12.