

레이저 기술의 군사적 응용

머리말

레이저는 밝기(brightness), 단색성(monochromaticity), 방향성(directionality), 결맞음(coherence) 등의 4대 고유한 특성 때문에 과학 및 산업분야에서 다양하게 응용되고 있다. 특히, 레이저기술의 군사적 응용은 이러한 특성들 중에서 밝기와 방향성 등의 두 특성에 근거를 두고 있다. 즉, 레이저는 광원의 밝기가 매우 높고 방향성이 좋기 때문에 먼 거리에 높은 출력과 에너지를 집속하여 보낼 수 있으므로 정보의 원격탐지/전달 분야와 군사표적의 손상/파괴 분야에서 광범위하게 응용되고 있다.

먼 거리에 위치한 군사표적까지의 거리를 측정하기 위한 레이저 거리측정기(laser range finder)가 레이저 기술의 군사적 응용의 효시로서, 레이저가 발명 된지 불과 2년 후인 1962년에 개발되었으며, 1969년에는 미 육군의 M60A1 전차에 장착되어 전차 탄의 명중률을 향상시키는

군사적인 측면에서 적군에 대한 정보를 안전하고 신속하게 확보하고 전달하는 것은 전투의 승패를 결정하는 중요한 요인이 된다. 레이저를 이용하면 먼 거리에서 정보의 탐지 및 전달을 빛의 속도로 매우 빠르게 할 수 있다. 정보의 탐지/전달 분야에서는 일률(power)은 높으나 에너지가 낮은 펄스 레이저들이 주로 응용되고 있다. 출력은 백만 와트 이상으로 매우 높지만 펄스폭이 천만분의 일초 이하이기 때문에 에너지는 1J 이하로 매우 낮다. 현재, 정보의 원격탐지/전달을 위한 군용 레이저 장비들이 다양하게 개발되어 장갑차, 전차, 함정, 헬기 및 전투기 등의 여러 무기체계에 장착되어 광범위하게 사용되고 있다.

군사표적 손상/파괴에는 수백에서 수백만 와트 범위의 일률과 높은 에너지를 가진 연속파동 레이저가 주로 응용되고 있으며, 전자광학센서(electro-optic sensor) 손상, 지뢰 제거, 인공위성 파괴, 미사일 방어용 레이저 무기 등으로 상당히 다양하게 추진되고 있다. 미사일 방어 레이저 무

특집 ■ 레이저 50주년특집 - 레이저의 발전과 응용

레이저 기술의 군사적 응용

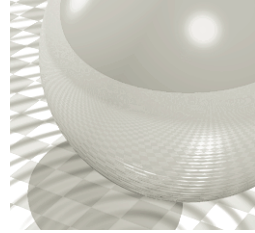
Laser Technology Military Applications

김재기*

데 큰 역할을 하였다. 그 후 여러 무기체계의 사격통제에 필요한 레이저 거리측정기는 물론, 항공기에서 투하된 폭탄을 지상의 목표지점으로 정확하게 유도시키는데 사용되는 레이저 조사기(laser designator), 소형 물체의 탐지가 가능한 고분해능 영상 레이저 레이더(imaging laser radar), 적외선 레이저빔을 이용하여 유도탄 유도를 방해하는 지향성 적외선 방해장치(Directional Infrared Counter Measure) 등이 개발되어 사용되고 있으며, 링 레이저 자이로가 개발되어 군용 항공기 및 장거리 유도탄 항법장치에도 활용되고 있다.

기의 개발 가능성은 미국에서 1966년부터 검토되기 시작했으며, 1971년 미 해군에서 추진되었던 대함 미사일 방어용 기체역학 이산화탄소 레이저(gas-dynamic CO₂ laser) 연구가 무기개발의 출발점이라고 할 수 있다. 그 이후 레이저 무기에 관련하여 여러 종류의 레이저 발전기술들이 개발되어 왔으며, 1983년 미국과 소련 양국의 냉전시대에 레이건 행정부가 소련의 대규모 탄도 미사일 공격에 대비하여 전략방어기구(SDI : Strategic Defense Initiative) 계획을 발표하면서 레이저 무기개발이 본격적으로 추진되기 시작하였다. 1989년까지 막대한 연구비가 투자되어 실용

* 전북대학교 광전자정보기술연구소



적이지는 못하지만 가능성을 입증하는 정도의 미사일 요격용 레이저 무기인 MIRACL/SLBD(Mid-Infrared Advanced Chemical Laser/Sea Lite Beam Director)가 개발되어 마하 2 이상으로 비행하는 미사일 격추에 성공하였다.¹⁴ 그 이후 구소련의 붕괴로 미소 양국의 냉전이 종식되면서, 미국은 SDI 임무를 대폭적으로 축소하고 새로운 탄도 미사일 방어기구(BMDO : Ballistic Missile Defense Organization)를 발족시켜 미 육군의 우주 미사일 사령부 등과 연합을 통해서 레이저 무기개발을 지속적으로 추진하고 있다.

정보의 원격 탐지 및 전달 분야

1. 레이저 거리측정(Laser Range Finding)

장갑차, 전차, 함정, 전투용 헬기, 전투기 등의 모든 군용 차량이나 선박, 항공기 등에는 적을 공격하기 위한 각종 총이나 포가 설치되어 있다. 총이나 포 사격에서 표적에 명중시키기 위해서는 정확한 탄도 예측이 필요하다. 탄도를 결정하는 요소로는 표적거리, 지형상태, 대기조건 등이 있는데, 그 중에서 표적거리가 가장 중요한 요소이다. 서부영화를 보면 결투장면에서 총을 단 수십 분의 일초라도 빠르게 뽑아서 쏘는 자가 승자가 된다. 전투에서 이와 마찬가지로 누가 먼저 탄도를 예측하여 총이나 포를 먼저 발사하느냐가 승패의 관건이 된다. 과거의 거리측정에 삼각측량의 원리를 이용한 광학거리측정기(optical range finder)를 사용하였는데 수 킬로미터의 거리를 측정할 경우 오차가 수 십미터 정도로 매우 크며, 거리측정에 수 초 정도의 시간이 걸렸다. 이에 반하여 레이저 거리측정기는 측정거리와 관계없이 측정 오차가 5미터로 일정하며, 거리 측정에 소요되는 시간도 1초 이하로 매우 작다. 따라서 1960년대 말부터 세계 각국은 경쟁적으로 신속하게 레이저 거리측정기를 개발하여 육해공의 여러 무기체계에 장착을 추진하였으며, 최근에는 탄도 산출이 필요한 모든 무기체계에 장착하고 있다.

레이저 거리측정기의 원리는 매우 단순하다.¹⁵ 시간 펄스 폭이 매우 짧은 레이저광을 표적으로 보내고, 표적 표면에서 반사되어 되돌아 올 때까지 시간이 측정되면, 표적거리는 이 시간 값과 빛의 속도로부터 산출된다. 포병용 레이저 거리측정기는 개인 휴대용으로 관측용 쌍안경 구조로

되어 있다. 구조는 그림1에서와 같이 레이저 송신기(laser transmitter), 조준광학계(sighting optics), 검출기/신호처리회로, 전원 공급기 등의 주요 부품으로 되어 있다. 레이저 송신기는 소형 레이저와 송신광학계로 구성되어 있다. 송신광학계는 광속확대기(beam expander) 기능을 가지고 있으며 레이저부터 나오는 레이저광의 폭을 4배로 확대하여 표적으로 보내준다. 광을 멀리 보내는 경우 광폭을 넓혀 보내는 것이 광 발산을 줄이는데 보다 효율적이기 때문이다. 조준광학계로 표적을 조준하여 레이저를 발사하면 송신광학계를 통해 나간 레이저광은 표적에서 반사되고 다시 조준광학계에 의하여 집광되어 검출기로 보내진다. 즉, 조준광학계는 표적조준뿐만 아니라 표적에서 반사된 레이저광을 수신하는 수신광학계의 기능도 수행한다. 이러한 구조를 가진 장비를 이축(bi-axis) 레이저 거리측정기라고 하는데, 최근에는 송신광학계와 조준광학계가 하나로 된 일축(uni-axis) 레이저 거리 측정기가 개발되어 주로 사용되고 있다. 신호처리회로에는 매우 짧은 시간을 정밀하게 측정할 수 있는 시계(clock)와 계산기로 구성되어 있어, 레이저가 발사된 순간부터 표적에서 반사되어 검출기에 들어 올 때까지의 시간이 측정되고 계산기에 의해서 자동적으로 거리가 산출된다. 이 거리 값에 해당하는 전기적 신호가 탄도계산 컴퓨터에 직접 입력되거나, 또는 망원경에 내장된 표시판에 보내어져 사용자가 눈으로 거리를 직접 읽을 수 있게 되어있다.

일반적으로 무기체계의 사격통제에 사용되는 레이저 거리측정기는 정지상태나 이동속도가 느린 표적의 거리측정과 항공기와 같은 이동속도가 매우 빠른 표적의 거리측정이 있다. 전자는 포병용, 전차용으로 최대측정거리가 10km 이고 1초에 1회 정도 거리측정이 가능하다. 후자는 대공사격통제용, 항공기용으로 최대측정거리가 20km이며 1초에 10~20회 정도 거리측정이 가능하다. 이러한 레이저 거리측정기에는 1960년대 말부터 1970년대 초반까지는 루비 레이저가 응용되었으나, 광 파장이 가시영역이어서 야간에 적에게 노출될 위험성이 높았다. 그 이후 사람 눈에 보이지 않는 근적외선 영역의 광 파장을 갖는 네오디뮴 야그(Nd:YAG) 레이저가 개발되어 1980년대까지 사용되었다. 그러나 Nd:YAG 레이저광은 10^{-5} J/cm^2 정도의 미약한 에너지일지라도 눈의 망막을 손상시킬 수 있어 야근끼리 편을 나누어 수행하는 훈련에 큰 제약과 주고 있다. 1980년대부터는 훈련 시 병사의 눈에 손상을 줄 염려가 없

레이저 기술의 군사적 응용

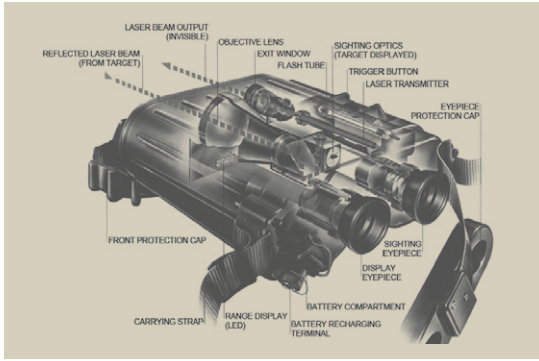


그림 1. 휴대용 레이저 거리측정기

는 시각보호(eye safe) 레이저에 대한 관심이 높아져 많은 연구가 착수되었다. 시각보호 레이저로서 파장이 $1.54\mu\text{m}$ 인 라만 이동 네오디뮴 야그(Raman shifted Nd:YAG) 레이저와 어비움(Erbium) 레이저, OPO(Optical Parametric Oscillator) 레이저, 파장이 $10.6\mu\text{m}$ 인 이산화탄소 레이저 등이 있다. 현재, 다양한 시각보호 레이저가 군용장비 환경을 만족하는 수준으로 개발되어 모든 무기체계의 레이저 거리측정기에 응용되고 있다.

2. 레이저 유도(Laser Guidance)

레이저광은 방향성이 매우 좋기 때문에 잘 퍼지지 않아 수 10km의 거리에서도 작은 광폭을 유지하기 때문에 표적 지시에 활용할 수 있다. 즉, 멀리 떨어져 있는 적 전차나 장갑차와 같은 표적 표면의 일부분에 레이저광을 비추는 것이 가능하며, 이와 같이 표적 표면에 만들어진 레이저 반점(spot)을 이용하여 미사일이나 폭탄, 포탄 등을 유도비행시킬 수 있다. 이러한 유도방식을 반능동 레이저 유도(semi-active laser guidance)라고 한다. 이와는 달리 표적을 지시한 레이저광을 따라서 비행하도록 유도시키는 방식이 있는데 레이저 빔 라이더(laser beam rider)라고 한다.

반능동 레이저 유도방식은 미국에 의하여 최초로 개발되었으며 월남전에 사용되어 매우 큰 성과를 얻었다. 당시, 전략적으로 매우 중요한 교량이 하나 있었는데 깊은 계곡에 위치하여 있었으며 교량의 주위는 높은 산들이 첩첩하게 쌓여 있었다. 미군은 이 다리를 폭파하기 위해서 많은 폭격기를 동원하여 여러 차례 폭격을 통해 수 백발의 폭탄을 투하하였지만, 다리 폭파는 실패하고 많은 폭격기만 상실하였을 뿐이다. 폭이 좁은 교량 폭격 시 폭탄 명중률을

높이기 위해서는 고속으로 급강하하여 근접투하를 해야 한다. 그러나 베트남 측에서는 이 다리가 전략적으로 매우 중요하기 때문에 주변의 산 정상에 다수의 대공포를 설치해놓고 있었으므로, 급강하하여 근접해온 폭격기의 대부분을 격추시켜버렸다. 반능동 레이저 유도방식을 사용하면 적의 대공포로부터 멀리 떨어져 안전한 거리에서 폭탄을 투하하여 정밀하게 유도하여 좁은 표적 명중이 가능하다. 당시, 반능동 레이저 유도장치를 장착한 미군 폭격기가 단 1회 출격하여 2발의 폭탄을 투하함으로써 다리 폭파에 성공하여 세계를 경악에 잠기게 하였다.

반능동 레이저 유도에는 그림 2에서와 같이 폭탄의 탐색기(seeker)와 레이저 조사기(laser designator)가 사용된다. 탐색기는 탄에 장착된 전자광학센서(electro-optic sensor)로 사람의 눈과 같은 역할을 한다. 레이저 조사기에 의해서 레이저광이 표적에 조사되면, 헬기의 표면에 형성된 레이저 반점(laser spot)에서 레이저광이 사방으로 산란되므로, 먼 거리에서 발사된 탄의 탐색기는 레이저 반점을 볼 수 있으며, 캄캄한 밤에 등불을 향해 날아가는 불나비처럼 탄을 유도비행하게 하여준다. 탐색기의 검출기는 사람 눈의 망막과 같은 역할을 하며 영상신호를 전기신호로 변환하여 주는데 그림 2에서와 같이 4구간으로 나뉘어져 있어 레이저 반점의 영상위치에 의하여 탄의 비행방향이 파악될 수 있도록 하여준다. 표적 조사에 사용되는 레이저 조사기는 파장 $10.6\mu\text{m}$ 의 Nd:YAG 레이저를 이용하는데, 출력은 수 100mW이며 초당 10~20회 정도로 발사된다.

반능동 레이저 유도는 정지상태의 표적에 효과적이지만 표적이 움직이는 경우 레이저 반점이 형성되는 표적 표면이 수시로 변화되고, 또한 표적표면과 탐색기의 시선이 이루는 각이 변하기 때문에 탐색기에 수신되는 산란광의 세기가 심하게 변화되어 탄의 유도가 곤란한 상황이 발생할

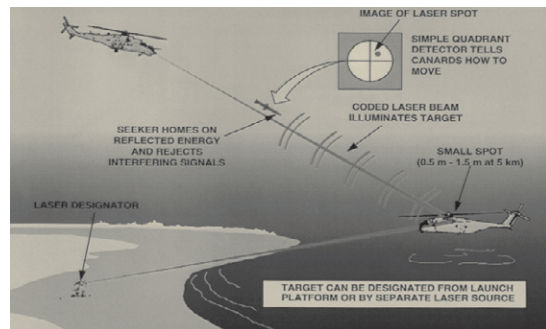


그림 2. 반능동 레이저 유도에 사용되는 레이저 조사기 및 탐색기

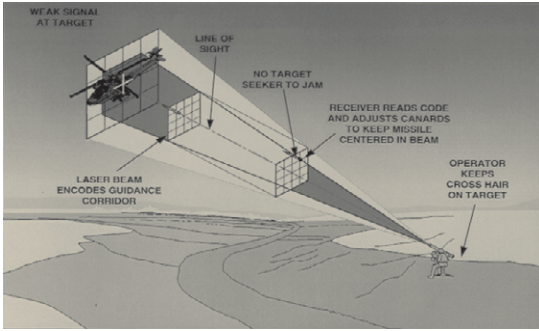
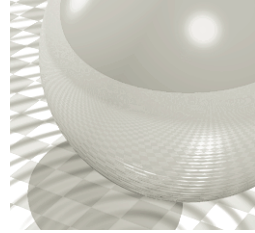


그림 3. 레이저 빔 라이더(Laser Beam Rider)

수 있다. 이러한 문제점을 극복하여 이동표적 공격에 매우 효과적인 방식이 있는데 레이저 빔 라이더라고 한다. 레이저 빔 라이더는 그림3에서와 같이 레이저광으로 표적을 지시하여, 탄이 표적 표면상의 레이저 반점을 추적하게 하는 것이 아니라 지시된 레이저광을 따라서 비행하도록 유도하여 준다. 따라서 레이저 지시기에서 발생된 레이저광은 레이저 반점이 멀리 떨어져 있는 표적의 크기보다 더 크게 퍼지게 되어 있으며, 레이저 광의 단면에 위치정보가 코딩되어 있다. 또한 탐색기도 반능동 레이저 유도방식과는 달리 유도탄의 후미에 붙어 있어 조사기에서 발사되는 레이저광을 직접 감지하여 위치를 파악하도록 되어 있다. 이와 같이 레이저 빔 라이더에서는 표적을 지시하여 주는 레이저광을 직접 사용하기 때문에 높은 레이저 출력이 필요하지 않고 이동표적의 공격에도 매우 효과적이다.

3. 레이저 레이더(Laser Radar)

레이저 레이더는 기본 개념이 레이더와 동일하나, 마이크로파 대신에 광파인 레이저를 사용한다. 광파는 마이크로파보다 파장이 훨씬 짧기 때문에 레이저 레이더의 분해능은 마이크로파를 사용하는 레이더보다 훨씬 높다. 또한 좁은 레이저빔 폭을 사용하기 때문에 은밀하면서 적으로부터 방해받을 가능성도 매우 낮다. 물체의 3차원적 모양, 거리, 속도 등의 표적정보를 동시에 얻을 수 있으므로 자동표적탐지(automatic target detection)에 적합하다. 레이저 레이더에 의하여 획득또한 송수신부의 크기가 작기 때문에 시스템의 크기도 작아 헬기나 전투기 같은 소형의 무기체계에도 응용성이 높다.

동작의 기본원리는 마이크로파 레이더와 동일하며, 레이저 빔을 표적에 보내어 반사된 레이저빔을 광학 수신기로

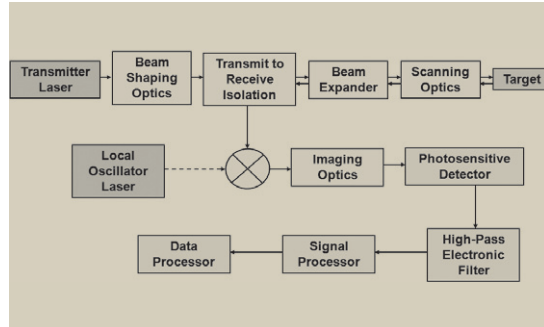


그림 4. 일반적인 레이저 레이더의 계통도



그림 5. 미 공군의 프레데터 무인항공기(위) 및 3차원 영상 레이저 레이더(아래)

수집한다. 표적거리는 앞에서 설명한 레이저 거리측정기와 같이 레이저 빔의 왕복시간을 측정하여 측정하고, 표적 속도는 반사된 빛의 도플러 이동을 측정하여 얻는다. 또는 2개 이상의 표적거리를 측정하여 거리변화율로부터 얻을 수도 있다. 일반적인 레이저 레이더가 그림 4에 있는데, 국부발진기 레이저(local oscillator laser)는 주파수가 다른 두 빔을 헤테로다인 시키는 결맞음탐지(coherent detection) 방식에서는 사용되나, 반사된 빛의 세기만을 탐지하는 직접탐지(direct detection) 방식에서는 사용되지 않는다.

송신기 레이저에서 생성된 광 신호는 빔 성형 광학계에 의해 빔의 직경과 발산이 시스템에 적합하게 맞추어지고, 송신 레이저는 투과시키고 표적에서 반사된 빔을 모두 반사시키는 송수신 빔 분리기(transmit to receive isolator)

레이저 기술의 군사적 응용

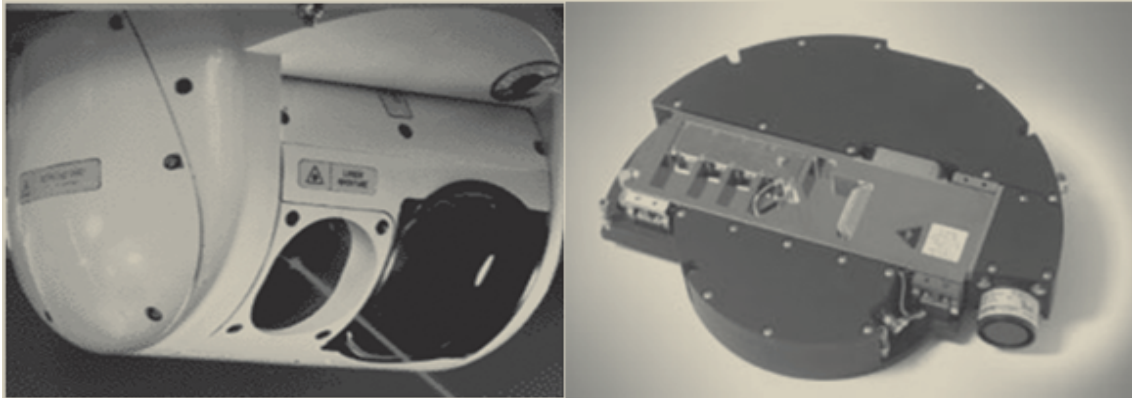


그림 6. 지향성 적외선 방해장치 AN/AAQ-24(왼쪽), 중적외선 Viper 레이저(오른쪽)

를 지나 빔 확대기에 의해 빔 폭이 확대된 후, 주사광학계에 의하여 표적으로 보내어진다. 표적에서 반사된 레이저 빔은 주사광학계와 빔 확대기에 의해 모아져서 광 혼합기를 지나게 되는데, 결맞음 탐지 방식인 경우에는 국부발진기 레이저부터 나온 신호와 헤테로다인 된 후에, 직접탐지 방식인 경우에는 광 혼합기를 거치지 않고 영상광학계를 거쳐 검출기로 들어간다. 입력된 광 신호는 검출기에 의해 전기신호로 바뀌고, 고역 필터와 신호처리기 및 데이터처리기를 통해 필요한 영상정보의 형태로 재현된다.

미국 및 이스라엘 등 세계 각국에서 헬기의 이착륙 시 또는 낮은 고도에서 안전 비행을 위해 송전탑이나 송전선 등 소형물체 탐지를 탐지할 수 있는 영상 레이저 레이더가 개발되었다. 이 시스템들에는 사람 눈에 안전한 파장을 가진 이산화탄소 레이저, 광섬유 레이저(파장 1.55 μm)가 사용되고 있다. 또한 미 공군은 프레데터(predator)라는 무인항공기의 유도장치로 사용하기 위해 3차원 레이저 레이더를 개발하였는데 그림 5에서 볼 수 있다.

5. 지향성 적외선 방해장치(Directional Infrared Countermeasure)

유도탄으로부터 항공기를 보호하기 위해 적외선을 전체 공간으로 폭 넓게 보내는 일반적인 적외선 방해장치와 달리 유도탄의 센서 부분에 적외선을 집중시킨다. 초기에는 높은 밝기를 가진 제논 아크램프가 사용되었으나, 레이저로 대체되고 있는 단계에 있다. 여기에 사용되는 레이저는 유도탄 센서의 항공기로부터 방출되는 적외선 추적을 방

해하는 데에 적합한 중적외선 영역에 속하는데, 광파라메트릭 발진기, 광섬유 레이저, quantum cascade laser 등이 응용되고 있다. 최에는 미국에서 보병휴대용 대공유도탄으로부터 항공기를 보호하기 위하여 지향성 적외선 방해장치 AN/AAQ-24 시스템이 개발되었는데 그림 6과 같다. 이 시스템은 Viper라고 부르는 중적외선 다중대역 레이저를 사용하고 있다.

군사표적파괴 분야

1. 전자광학센서 손상 및 지뢰제거

항공기를 요격하는 유도탄은 유도방식에 따라 여러 종류가 있지만, 명중률이 높은 발사 후 망각형(Fire & Forget System) 유도탄은 보통 마이크로웨이브 영역이나 적외선 영역의 탐색기를 사용한다. 특히, 적외선 탐색기는 소형화 측면에서 유리하기 때문에 전투기에서 발사되는 공대공 유도탄은 대부분 적외선 탐색기를 사용하고 있으며, 적외선 점광원을 추적하거나 적외선 영상을 추적하도록 되어 있다. 이러한 적외선 탐색기는 매우 민감하기 때문에 밝은 빛에 매우 취약하다. 밝기 및 방향성이 매우 좋은 레이저광이 이러한 탐색기에 비추이면, 탐색기의 검출기나 전자회로는 마비되거나 손상된다.

이와 같은 적외선 대항책(IRCM : Infrared Countermeasure)에 응용되는 레이저는 광 발산(divergence)이 작고 빛의 세기가 높은 중적외선 영역으로 결맞음(coherence)이 좋아야 한다. 근래에 개발된 레이저

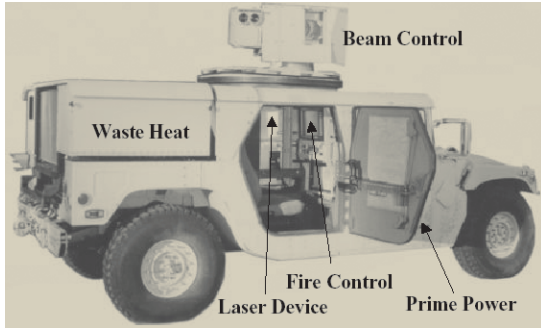
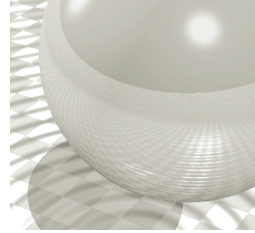


그림 7. 레이저를 이용한 지뢰제거장비 ZEUS

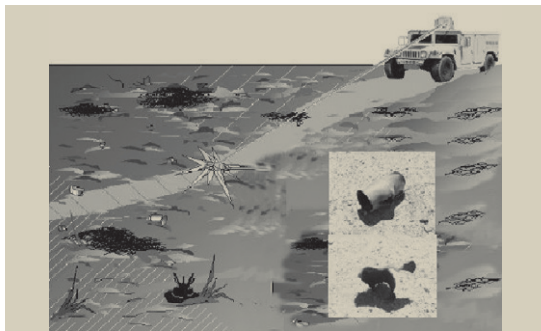


그림 8. 지뢰제거장비 ZEUS의 운용개념

광원들은 대향책에 사용하기에 충분한 빛의 세기를 갖고 있지만, 중적외선 영역으로 파장변환 효율이 낮다. 또한 크기, 무게, 입력 전력 등이 너무 커 전술 고정익 항공기나 소형 회전익 항공기에 설치 불가능하다. 그러나 반도체 레이저를 이용하면 매우 높은 효율, 높은 밝기, 경량화, 간결한 포장(packaging) 등이 가능하다. 미국에서는 1990년대 후반부터 약 10여 년간의 연구개발기간을 통해 IRCM에 응용 가능한 중적외선 파장영역의 레이저 다이오드 배열(laser diode array) 기술개발을 추진하고 있다.

지뢰 제거를 위한 레이저 응용장비가 미 육군에 의해 개발되었는데 지상지뢰(surface-laid mine) 제거뿐만 아니라 포탄, 박격포탄, 유탄, 폭탄 등의 불발탄 처리도 가능하다. 이 장비는 ZEUS라고 하는데 그림 7과 같이 기동성이 높은 차량에 고출력 레이저를 탑재시켜 그림5에서와 같이 250m 정도의 거리에 있는 지상지뢰의 표면을 폭발물이 연소될 때까지 가열시킨다. 여기에 응용되는 레이저는 출력 500W의 연속파동 네오디뮴야그(Nd:YAG) 레이저가 응용되었으나, 그 후 사거리 300m 이상을 목표로 출력 1 kW Nd:GGG 레이저가 응용되고 있다. 레이저 다이오드에

의해서 광펌핑(optical pumping)되는 Nd:GGG 레이저는 열수용성(heat capacity)이 있어 열 렌즈 효과가 발생되지 않으므로 높은 출력 발생 시에도 좋은 효율을 얻을 수 있다.

ZEUS에는 고출력 레이저뿐만 아니라 여러 종류의 지뢰 탐지장치 및 표적 조준용 전자광학센서 등이 탑재되어 있다(그림 7의 Beam Control). 지뢰인 표적이 포착되면 전자광학센서의 줌 카메라를 이용하여 표적영상을 확대하여 정확한 조준점을 선택한다. 레이저는 파장이 적외선 영역이기 때문에 줌 카메라로 볼 수 없으므로 직접 레이저를 조준할 수 없다. 따라서 별도의 눈에 보이는 녹색 레이저로 표적을 지시하면 사격통제장치(Fire Control System)에 의해 표적좌표가 자동적으로 계산되고, 표적 파괴용 고출력 적외선 레이저가 이 좌표에 조사되도록 되어있다. 레이저는 지뢰의 폭약이 연소 온도 이상으로 가열될 때까지 연속적으로 조사된다.

2. 고에너지 레이저 무기(High Energy Laser Weapon)

고에너지 레이저 무기는 강력한 레이저광을 이용하여 군사표적에 막대한 에너지를 빛의 속도로 보낸다. 레이저광이 표적에 수초 동안 조사되면 표적물질은 에너지를 흡수하여 녹거나 증발함으로써 손상을 받거나 파괴된다. 레이저 무기의 특성은 에너지 전달이 빛에 의하여 이루어지기 때문에 전달속도가 빛 속도인 초속 30만km로서 매우 빠르다는 것과 전달 에너지가 중력의 영향을 받지 않고 직진하므로 일반 무기들처럼 별도의 탄도계산이나 유도장치가 필요 없다는 것이다. 따라서 고에너지 레이저 무기는 항공기, 로켓, 미사일 등과 같은 매우 빠른 군사표적을 요격하기에 적합하다.

고에너지 레이저 무기 개발은 지난 30여 년간 서구 선진

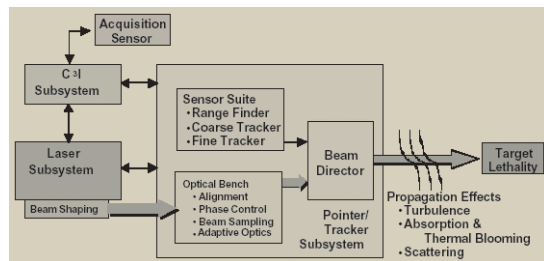


그림 9. 고에너지 레이저 무기 구조 및 핵심기술

레이저 기술의 군사적 응용

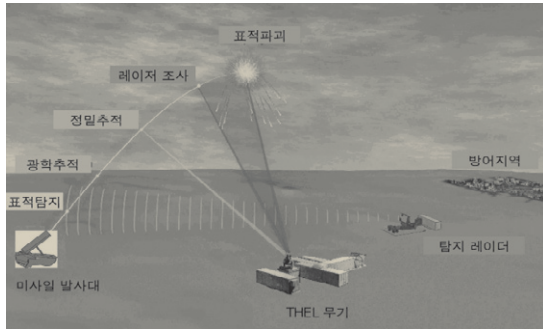


그림 10. THEL 무기 운용개념

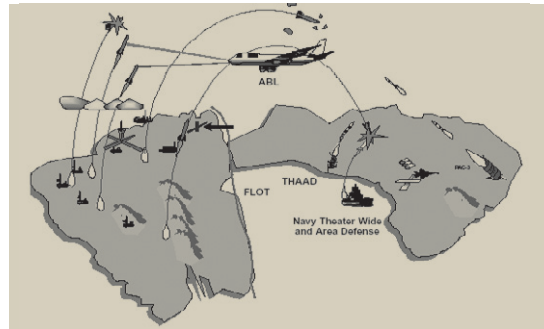


그림 11. 항공기 탑재 레이저 무기(ABL)의 운용개념

국을 중심으로 하여 많은 연구 및 다양한 기술개발이 추진되었으나, 미국을 제외한 다른 나라들은 무기에 응용할 수준의 레이저 출력을 얻지 못하고 있는 실정이다. 현재 미국에서 개발추진 중인 레이저 무기는 4종류로 분류된다. 지역 방어를 목적으로 지상에 설치된 지상설치 레이저(GBL : Ground Based Laser), 부스터 단계의 탄도 미사일 요격을 위한 항공기 탑재 레이저(ABL : Air-Borne Laser), 부스터단계 및 비행중간단계의 탄도 미사일 요격을 위한 우주설치 레이저(SBL : Space Based Laser), 함정자체방어(SSD : Ship Self-Defence)를 위한 함정탑재 고에너지 레이저 무기 등이 있다. 고에너지 레이저 무기의 구조는 종류에 따라 약간의 차이가 있지만 공통적인 구조는 그림 9와 같다.¹³⁾ 지휘/통제/통신/정보 부체계(C₃I : Command, Control, Communication, Intelligence Subsystem)는 획득센서(acquisition sensor)에 의해 탐지된 표적 정보를 입력 받은 후, 탑재된 센서들을 이용하여 거리측정 및 표적 추적을 수행시키고, 동시에 레이저를 발진시키며, 빔 조준장치(Beam Director)를 이용하여 표적에 레이저광을 조사시킨다.

GBL의 한 예로 군사요충지역 방어를 목적으로 단거리 유도탄 및 무유도 로켓, 순항 유도탄(cruise missile), 소형 항공기 등의 점표적(point target) 요격을 위하여 미국과 이스라엘이 공동으로 개발한 THEL(Tactical High Energy Laser)을 들 수 있다.¹⁴⁾ THEL의 운용개념은 그림 10과 같이 레이더 및 전자광학센서를 이용하여 진입해 오는 유도탄을 탐지 추적하고 조준하여 표적이 무력화되거나 파괴될 때까지 레이저광을 계속해서 조사한다. THEL은 사거리가 수 km 내외로서 레이저광 발생장치, 매우 빠른 소형 표적의 주야간 탐지가 가능한 표적탐지장치(target detection system), 표적을 조준하여 레이저광을 조사시켜

주는 빔 조준장치(beam director) 등으로 구성되어 있다. 빔 조준장치는 빠르게 이동하는 표적 표면의 일부에 레이저광이 일정시간 동안 조사될 수 있도록 표적을 추적하면서 조준을 유지시켜주는 표적추적장치(target tracking system)와 레이저광을 표적 표면상의 한 점으로 집속하여 조사시켜주는 광집속장치(beam collimator)로 구성되어 있다. 또한 표적추적장치는 표적영상을 이용하여 추적하는 광학추적장치와 레이저 조사를 위하여 표적 표면의 한 점을 정밀하게 추적할 수 있게 하여주는 정밀추적장치로 구성되어 있다. 레이저광 발생장치로는 연속파동으로 발진되는 출력 400kW 불화중수소(D_F) 화학 레이저가 사용되고 있다. 이 레이저는 삼중불화질소(NF₃), 연료 기체, 헬륨 등의 화학반응에 의하여 얻어진 불소원자와 중수소 기체(D₂)를 다시 화학반응 시켜 얻어진 들뜬상태의 DF분자를 이용하여 레이저광을 발생시키며, 파장은 3.8 μ m로 중적외선이다. THEL은 7대의 트레일러에 의하여 운반 가능하므로, 설치 장소를 변경할 수 있다. 또 다른 한 예는 다른 정찰 위상의 영상센서를 손상시키거나 파괴시키기 위하여 개발되고 있는 GBL ASAT(anti-satellite)로 직경 3.5m 초대구경 광학계를 이용하여 레이저광을 조준 및 발사한다. 또한 출력 8MW 산소요오드 화학 레이저(COIL : Chemical Oxygen Iodine Laser)가 사용된다. 따라서 그 크기가 매우 막대하기 때문에 이동이 전혀 불가능하다.

ABL은 보잉 747-400 항공기에 출력 3mw 산소요오드 화학 레이저(COIL : Chemical Oxygen Iodine Laser)를 탑재한 것으로 300-600km 사거리에서 부스터 단계의 탄도미사일을 요격한다.¹⁵⁾ ABL은 그림 11에서와 같이 40,000ft 고도에서 머물면서 적국으로부터 발사된 탄도미사일이 42초 후 구름층을 뚫고 나오면 10초 이내로 조준/추적을 완료하고 레이저광을 발사하여 8초 이내로 요격을 완수한다.

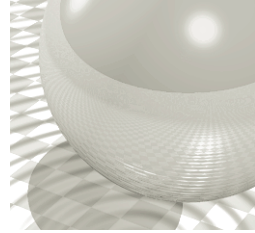


그림 12. 항공기 탑재 레이저 무기(ABL)

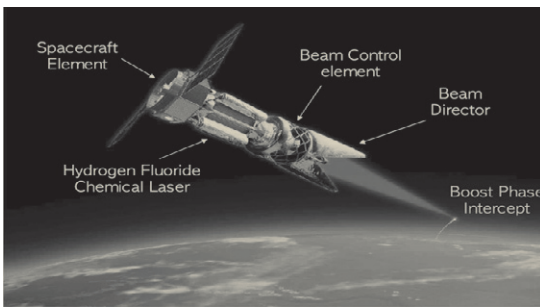


그림 13. 우주설치 레이저 무기(SBL)

ABL은 미사일 탐지장치로 6개의 적외선 탐색추적장치(Infrared Search and Tracking System)가 장착되어 있어 부스트 단계 미사일추진기관으로부터 방출되는 적외선 복사를 감지하여 미사일을 탐지하고 레이저 거리측정기로 거리를 측정한 후, 그림 12에서와 같이 조명 레이저(illuminator laser)를 발사하여 조준점을 결정하고 항공기 머리부분에 위치한 선회포탑(turret)을 이용하여 직경 5 feet의 표적파괴 레이저광을 발사한다. 미사일의 연료탱크 표면에 직경 12.5인치 크기의 레이저 반점(spot)이 형성된다. 이 부분은 레이저광 에너지를 흡수하여 온도가 급격히 상승되고, 연료탱크의 높은 내부압력에 의하여 이부분에 파손이 발생되면서 구멍이 뚫어지게 되면, 미사일은 추진 능력을 상실하게 된다. ABL에 사용되고 있는 COIL은 파장 1.3 μm 의 적외선 레이저로 화학반응에 의해 생성된 들뜬 상태의 산소분자와 요오드분자의 공명 에너지 전달(resonant energy transfer)에 의해서 레이저광이 발생된다.

우주에 설치되어 700~1300km의 고도에서 운용되는 SBL은 위성에 고에너지 레이저를 탑재시켜 부스트 단계의 탄도 미사일을 요격하는 무기이다.¹⁸⁾ SBL은 우주에 떠 있어 적으로부터 공격을 받을 가능성이 거의 없으므로 적

국에 매우 가까이 근접할 수 있다. 또한 발사된 레이저광이 대기층을 지나가는 거리가 작기 때문에 ABL과는 달리 기상조건의 영향을 훨씬 덜 받는다. SBL에는 파장 2.5 μm , 출력 5MW의 불화수소(HF) 화학 레이저가 응용될 예정인데, 삼중불화질소(NF₃), 중수소, 헬륨 기체 등의 화학반응으로부터 얻어진 불소원자(F)와 수소를 다시 화학 반응시켜 얻어진 불화수소를 이용하여 레이저광을 발생시킨다. SSD는 원거리에서 대함 유도탄의 센서에 손상을 가하는 soft-kill 개념과 근거리에서 유도탄 동체에 손상을 가하는 hard-kill 개념으로 추진되고 있다.¹⁷⁾ 현재, 해양에서 대기 투과성이 우수한 파장을 선택하여 발진시킬 수 있는 자유 전자 레이저(free electron laser)가 무기에 응용 가능한 레이저로 선정되어, 출력증대 및 소형화를 위한 기술개발이 추진되고 있다.

맺는말

레이저 기술의 군사적 응용은 레이저 출현 시기부터 세계 각국에서 매우 광범위하게 적극적으로 추진되었다. 군사적 응용성이 높은 레이저는 주로 고출력 레이저로 군사 정보의 원격 탐지/전달분야에 응용을 위해 지난 30년간 광범위하게 연구개발이 추진되었으며, 현재에는 더 이상 새로운 장비가 출현하지 않을 정도로 다양한 응용장비가 개발되어 여러 무기체계에 활용되고 있다. 또한, 고에너지 레이저를 이용하여 포탄, 폭탄, 유도탄, 항공기, 인공위성 등을 직접 파괴할 수 있는 레이저 무기에 관련된 많은 연구 및 기술개발이 수행되고 있다.

고에너지 레이저 기술개발 및 응용은 미국에 의해서 주도적으로 추진되고 있는데, 고에너지 레이저 무기를 미래 전쟁에서 혁신적 역할을 수행할 무기로 간주하고 무기 및 관련기술을 개발하기 위한 기본계획을 수립하여 장기적으로 추진하고 있다.¹⁸⁾ 그 내용을 보면 GBL, ABL, SBL, SSD 등의 무기개발뿐만 아니라 소형항공기 탑재가 가능한 새로운 개념의 첨단전술레이저(ATL : Advanced Tactical Laser), 동체 표면이 레이저 다이오드로 구성된 전술 고에너지 레이저 전투기(Foto-Fighter), 차량 1대 정도 크기로 기동성이 높은 지상용 전술 고에너지 레이저 무기 등의 개발도 포함되어 있다. 또한 이 무기들과 관련된 핵심기술들의 장기적이고 단계적인 개발계획이 수립되어 있는데, 연료의 재생이 가능한 EC-COIL(Electro-

레이저 기술의 군사적 응용

Chemical Chemical Oxygen Iodine Laser)나 기체의 배출 없이 발전이 가능한 SES(Sealed Exhaust System) COIL, 열렌즈 효과가 발생되지 않아 높은 출력을 얻을 수 있으며 소형화가 가능한 열수용 고체레이저(SSHCL : Solid State Heat Capacity Laser) 등의 기술개발도 포함되어 있다.

국내 최초 레이저 기술의 군사적 응용은 레이저 거리측정기 개발을 필두로 전차용 Nd-YAG 레이저 거리측정기, 포병용 및 전차용으로 시각보호 기능이 있는 라만 이동 Nd-YAG 레이저 거리측정기 등이 성공적으로 개발되었다. 이와 같이 거리측정기 분야에서는 상당 기간동안 여러 연구개발을 통해서 보유기술이 거의 세계적 수준에 도달되었다고 할 수 있다. 그러나 연구 인력의 부족 및 제한된 연구개발투자로 타 분야 응용은 거의 전무한 실정이다. 최근에 고에너지 레이저 무기용 DF 레이저, COIL 등의 화학 레이저에 대한 연구가 수행된 바 있으나, 초보적 단계로서 무기체계 응용을 위해서는 보다 방대한 연구인력 투입과 막대한 연구비 투자에 의한 장기적 세부기술개발추진이 필요하다. 그러나 이와 같은 미국식 기술개발추진방식은 우리나라의 여건에 적합하지 않은 것 같으며, 국내 연구수준 및 경제적 능력을 고려한 현실적 방안으로 연구개발 분야의 선택적 집중이 필요하다고 판단된다. 현재 미국에서 개발 중인 지뢰제거장비 ZEUS는 고에너지 무기체계와 유사한 개념이며 최첨단기술인 열수용성 고체레이저(SSHCL) 기술뿐만 아니라, 무기체계 구현에 필수적인 빔 제어(Beam Control)기술 등이 필요하다. 또한 매설지뢰는 국제협약에 의하여 금지되었으므로 미래 전에서는 포탄, 폭탄, 항공기 등을 이용하여 필요시 일정지역에 순간적으로

뿌려지는 지상지뢰가 주로 사용될 것이 분명하다. 따라서 지상지뢰제거를 위한 ZEUS와 유사한 개념의 레이저 응용장비 개발을 추진한다면, 적은 비용으로 단기적으로는 군에 절대적으로 필요한 무기체계 조변, 장기적으로는 먼 훗날의 미래무기체계인 고에너지 레이저 무기 개발에 필요한 세부기술기반 확보 등, 일석이조를 동시에 얻을 수 있을 것이다.

참고문헌

- (1) Anderberg & Bengt, Laser Weapons(Plenum Press, 1992), Chap.5
- (2) Stanley Robinson, Active Electro Optical Systems(SPIE Optical Engineering Press, Washington USA, 1993), Chap. 2.
- (3) Stanley Robinson, Emerging Systems and Technologies(SPIE Optical Engineering Press, Washington USA, 1993), Chap. 5.
- (4) "Tactical High Energy Lasers(THEL) August 2002", Electro Optical Forecast, EO12347, 3rd Quater, 1-8(2002).
- (5) "Air-born Laser(YAL-1A) July 2000", Electro Optical Forecast, EO12335, 1st Quater, 1-11(2001).
- (6) "Spaced-Based Laser August 1999", Electro Optical Forecast, EO12339, 2nd Quater, 1-10(2000).
- (7) Fang Qiwan, "Menace of Anti-ship Missiles and Ship-born Laser Weapons", NICD-ID(RS)T-0337-96, 1-17(1996).
- (8) Donald C. Latham, Defence Science Board Task Force on High Energy Laser Weapon System Applications(Office of the Under Secretary of Defence for Acquisition, Technology, and Logistics, Washington, 2001), Chap.1-Chap.5.