

알기쉬운 군사과학 (XVIII)



崔潤大

- 육군 제3사관학교 교수
- 육군 대령, 공학 박사

76. 디지털 지도를 이용한 미사일 유도

결 프전쟁시 지표면을 따라 낮게 비행하여 목표지역에 도달. 목표물을 한치의 오차도 없이 명중시키던 붉은색의 괴물 '토마호크(Tomahawk)' 미사일을 매스컴을 통하여 본 적이 있을 것이다. 이 미사일은 어떤 원리로 지형 기복에 따라 일정한 고도를 유지하며 비행할 수 있을까?

토마호크와 같이 약 1,300km의 사거리를 비행기처럼 터보 팬(Turbo Fan) 엔진에 의하여 아음속으로 낮게 비행할 경우, 목표물까지 비행시간은 90분 정도 소요된다. 이 때문에 기존의 관성 유도방식으로 미사일을 유도한다면 오차가 너무 커진다(3km 정도일 것으로 추정).

따라서 소위 말하는 지형대조 기술(TERCOM: TERrain COntour Matching,

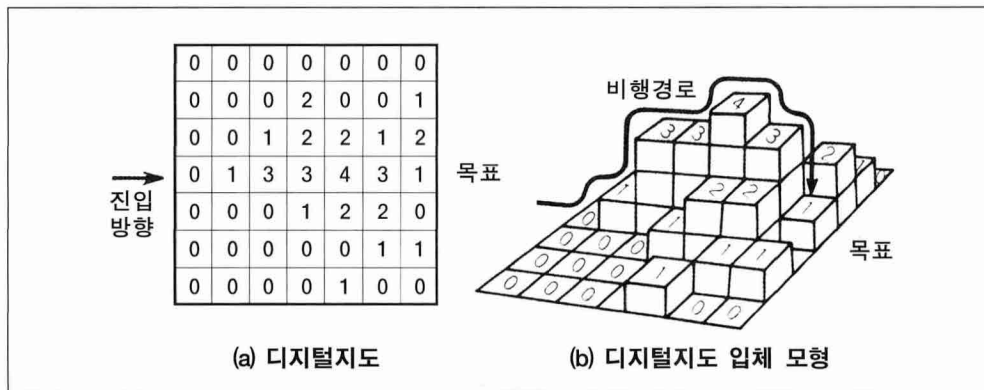
또는 지형조합 유도)이라는 유도방식을 적용하게 되는데, 이 경우 오차는 100m 이하로 정확해진다.

지형대조 기술에서는 미사일의 비행 경로를 미리 정하게 되는데, 이 때 미사일이 지나가게 될 경로상의 지형의 높이를 나타내는 특수한 지도 즉 디지털 지도를 미사일의 컴퓨터에 기억시킨다.

디지털 지도는 어느 지점의 기준 해수면으로부터 고도를 숫자로 표시한 지도이다. 예를 들면 어느 지점의 높이 5m를 1로 정하면 10m는 2, 15m는 3 물론 해면은 0으로 각각 표시한다.

이것을 실제 지형에 맞춰 지도를 만들면 P.73 위의 그림 (a)와 같이 된다. 그리고 미사일의 컴퓨터에 0-1-3-3-4-3-1이라

미사일 유도를 위한 디지털지도와 입체모형도



는 코스를 기억시키면 컴퓨터는 디지털 지도상에서 이 숫자 배열과 똑같은 경로를 찾아 비행하게 된다는 것이다. 이 경우는 그림 (b)의 화살표 방향으로 날아가 목표에 도달하게 된다.

그러면 비행 경로는 이렇게 결정된다 하더라도 미사일이 어떻게 기복이 있는 지형의 고도를 알아낼까? 미사일에는 기압고도계와 전파고도계라는 2가지 고도계가 탑재되어 있어 미사일이 일단 지형대조지역에 들어서면 기압고도계는 기준해면으로부터 미사일 자체의 높이를 측정하고 전파고도계는 지표면으로부터의 고도를 측정하여 이 두 고도의 차이로 지형의 높이를 알아내어 디지털 지도상의 고도와 대조한다.

현재 사용되고 있는 전파고도계는 50cm 정도의 오차로 1,000분의 1초라는 단시간에 고도 측정이 가능하게 되어 있다.

이렇게 해서 이 순항 미사일은 초저공으로 지면으로부터 일정고도를 유지하면서, 그것도 적의 레이더나 대공포 진지를 피해 험준한 계곡을 따라 수천km를 비행하여 목표에 정확하게 명중하게 된다.

순항 미사일은 속도가 음속보다 느리다는 단점은 있으나 반면에 소형(길이 4.2m, 지름 53cm)이어서 레이더 반사면이 적고 또한 초저공으로 날기 때문에 레이더에 잘 잡히지 않으며 설사 잡힌다 하더라도 격추가 매우 어렵다는 장점이 있다.

참고로 토마호크 미사일의 발사과정을 보면 다음과 같다. ① 발사되어 일정 고도에 이르기까지는 로켓 부스터(Rocket Booster)의 힘으로 추진된다. ② 일정 고도에 도달하면 날개가 펴지고 연소가 끝난 부스터가 분리된다. ③ 부스터 분리와 함께 터보 팬 엔진이 작동하는데, 이때부터 미사일은 고도를 낮추어 지형 기복에 따라 일정한 고도를 유지하며 순항하게 된다.

토마호크(Tomahawk)는 '북미 지역에 살던 인디언이 사용하던 큰 도끼'라는 뜻이 있다. 미국의 여러 무기에는 이처럼 인디언과 관련된 이름들이 많이 있는데, 예를 들면 헬기 중 코만치(Comanche), 아파치(Apache), 치누크(Chinook) 등도 모두 인디언 부족의 이름이다. 아마도 그 옛날 인디언들이 용맹스럽게 싸웠기 때문에 붙여진 이름일 것이다.

77. 지구좌표인식체계(GPS) 구성 및 활용

지 구좌표인식체계(GPS: Global Positioning System)란 인공위성으로부터 송신되는 전파를 수신하여 현재의 위치를 알 수 있는 위치 측정체계이다. GPS 사용자들이 수신하는 위치에 관한 정보는 美 국방성에서 구축한 인공위성으로부터 송출되는 것이다.

이 위성들은 위치(위도·경도·해발고도)와 시간에 관한 정보를 부호화하여 24시간 내내 지상에 내려보내고 있으며 우리 나라 상공에도 항상 7~8개의 위성이 통과하고 있다.

GPS는 1993년에 운용을 시작하였으며, 1995년부터는 WGS-84(World Geodetic

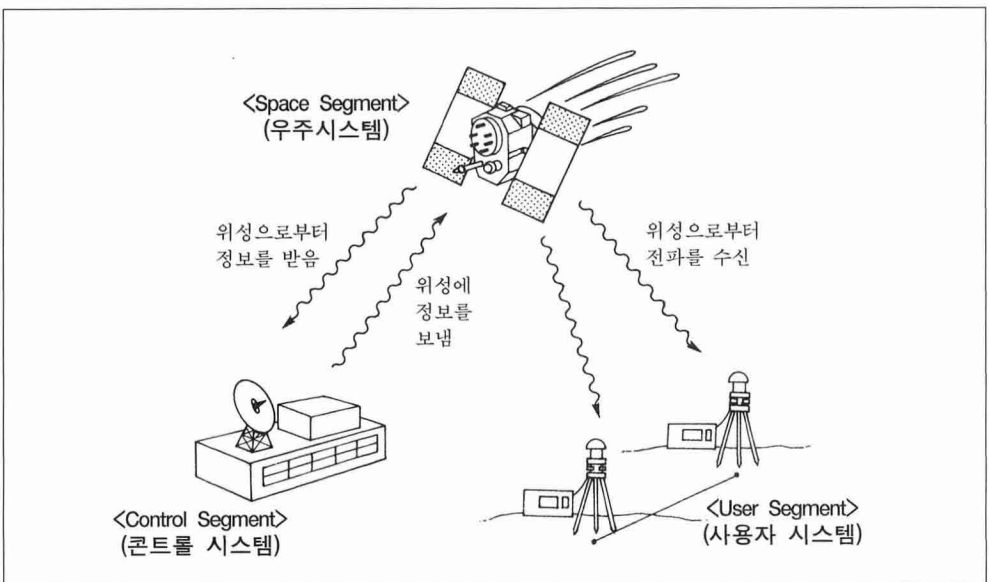
System of 1984)라는 세계적인 공통 좌표계를 사용하고 있다. 사용하는 주파수는 극초단파 영역인 L밴드의 L1(1,575.42MHz)과 L2(1,227.6MHz) 대역이다.

제공되는 서비스는 표준측정서비스(SPS:Standard Positioning System)와 정밀측정서비스로 나뉘어 지는데, 전자의 해상도는 약 100m 정도로 민수용이고 2003년까지 무료 제공된다.

후자는 정확도가 20m 정도로서 군사용으로 사용되며 비인가된 사용을 막기 위해 P코드라 불리는 암호체계를 사용한다.

GPS체계는 아래 그림에서 보는 바와 같이 우주(space)시스템, 컨트롤(control)

GPS를 구성하는 3가지 시스템



시스템, 사용자(user)시스템으로 구성되어 있다.

우주시스템은 지상 2만km 상공을 선회하는 24개의 인공위성(6개 궤도, 각각의 궤도에 4개씩)으로 구성되어 있으며, 이들로부터 위치, 속도, 시간 정보를 담은 전파가 계속 송신된다.

컨트롤 시스템은 위성을 감시하면서 궤도 데이터와 시각 데이터를 우주시스템에 보낸다. 24개 위성들의 시간을 정확하게 일치시키는 일이 매우 중요한데 컨트롤 시스템에서 이 일을 담당한다. 컨트롤 시스템의 주 통제소는 콜로라도주 펠콘 공군기지 내에 있다. 한편, 사용자 시스템은 위성에서 보내 온 전파를 수신해 사용자의 위치, 속도, 시간을 측정하고 두 점 사이의 거리도 계산한다.

이러한 GPS를 사용할 경우 장점은 다음과 같다.

첫째, 자동차, 항공기, 선박 등 이동체에 탑재가 용이하다. GPS를 이동체에 탑재하면 그들의 위치를 즉시 알 수 있기 때문에 이동체의 위치추적에 폭넓게 활용된다. 전국을 누비고 다니는 고속버스가 이 체계를 갖춘다면 매우 활용도가 높을 것이다.

둘째, 측량을 간편하게 할 수 있다. 즉, 거리측정을 위해서 휴대용 GPS를 이용하면 두 지점이 간편하고 신속하게 측정된다. 또한 두 지점이 서로 가시구간일 필요도 없다.

셋째, 지구 전역이 서비스 영역이다.

24개의 위성이 극지를 포함한 지구 전체를 담당하므로 지구상 어디에서나 위치 측정이 가능하다.

넷째, 측정된 위치자료의 On-Line처리가 가능하다. 즉, 측정된 자료를 바로 컴퓨터로 전송하여 지도제작 등에 활용할 수 있다.

현재 이러한 GPS 기술은 민수용 자동차의 자동항법장치 등에 응용되고 있으며 GPS 기술이야말로 군수기술이 민간기술로 이전된(Spin Off라고 함) 대표적인 사례라고 할 수 있다. 그들중 가장 활발히 사용되고 있는 항법장치는 미국 쉘컴사에서 서비스중인 '옴니트랙'이다.

이 장치는 GPS에 양방향 무선데이터 통신을 보완한 것인데 주로 화물운송회사에서 활용한다. 이를 이용하면 차량의 위치와 이동경로를 한눈에 알 수 있으며 교통체증시에도 운행효율을 향상시킬 수 있다.

현재 반도체를 비롯한 전반적인 기술향상으로 GPS수신기는 소형, 고성능화되어 항공기 또는 선박의 위치 확인뿐만 아니라 측량, 항공기 관제, 지도제작, 시간 측정, 응급구조 등 광범위한 분야에 응용되고 있다. 최근에는 레저용 GPS수신기도 개발되어 이를 휴대하고 등산하면 아무리 깊은 산 속이라도 길을 잃을 염려가 없다.

이 GPS수신기는 미국, 일본, 유럽 등의 민간 기업에 의해 활발히 개발, 시판되고 있으며 레저용 수신기의 경우 그 가격이 수 십만원대의 제품이 공급되는 등 대중화가 이루어고 있다.

이 시스템의 한 가지 단점은 차량에서 수신할 수 있는 위성의 수가 4개보다 적은 도심의 빌딩 사이나 언덕, 터널, 고가차도 및 숲속 등 전파 수신사정이 나쁜 장소에서 정밀도가 떨어진다는 점이다.

78. GPS로 위치 결정시 4개의 위성이 필요한 이유

지 구좌표인식체계(GPS)로 지상에 있는 물체의 위치를 알아내기 위해서 4개 이상의 위성이 필요한 이유는 무엇일까?

지구를 돌고 있는 24개의 GPS 위성은 특정 주파수의 극초단파 신호를 주기적으로 송출하는데 그 신호에는 각 위성의 위치, 속도, 시간(신호를 발생한 순간의 시간)이 부호화되어 있다. 이 신호를 받은 지상의 사용자(user)는 신호에 포함된 정보를 이용하여 자신의 위치와 표준시간을 계산해 내야 한다. 이를 위해 통상 사용자 수신기 내에는 전파를 수신 할 수 있는 안테나와 계산용 칩이 내장되어 있다.

예를 들어 어떤 특정 GPS위성으로부터 지상 사용자가 신호를 받았다고 하자. 사용자는 신호에 포함된 발신 시간과 자신이 신호를 수신한 시간과의 차이를 계산하면 그 신호가 위성에서 자신에게 오는데 소요된 시간을 알 수 있다. 여기에 신호가 전달되는 속도(빛의 속도=초당 30만km)를 곱하면 위성과의 거리(거리)를 알 수 있다.

그러나 이것만으로는 사용자의 위치를 정확히 결정할 수 없다. 왜냐하면 그 위성으로부터 같은 거리에 있는 점(사용자)은 무수히 많기 때문이다. 기하학적으로 그런 점들의 집합은 하나의 구면을 이룬다.

이상적인 경우 즉, 순수 기하학의 측면에서 볼 때, 서로 다른 위치에 있는 3개의 위성으로부터 특정한 거리(ρ_1, ρ_2, ρ_3)에 있는 지구상의 점은 유일하게 결정된다. 엄밀히 말하자면, 3개의 구면이 교차하는 점은 2개이지만 그 중 하나는 지구로부터 멀리 떨어진 우주 공간상에 생기므로 고려하지 않는다.

그러나 실제 상황에서는 매우 중대한 오차 요인이 항상 존재하는데 그것은 사용자의 시간과 위성의 시간이 정확히 맞추어져(Synchronized) 있지 않다는 것이다. 물론 초정밀 원자 시계를 사용하는 위성들끼리의 시간은 표준시간에 정확히 맞추어져 있다.

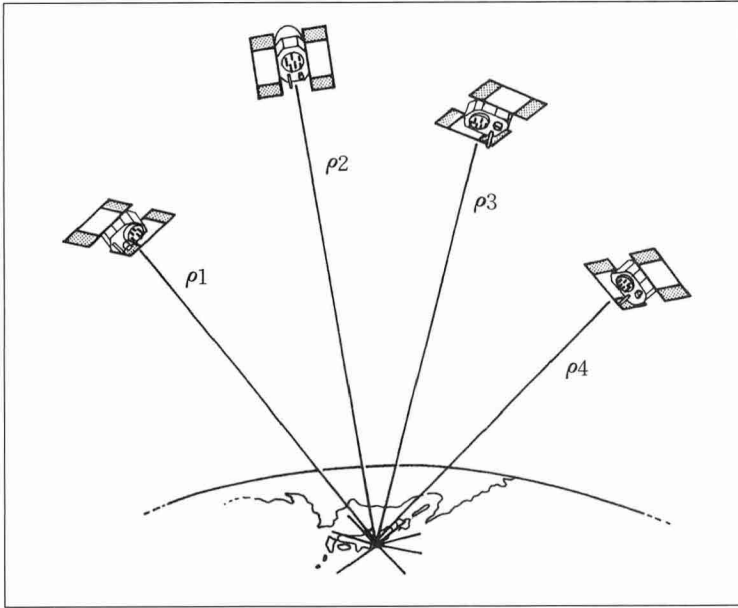
그러나 사용자 수신기 시계의 오차 때문에 발생하는 거리는 시간오차(Δt)에 광속도를 곱한 것 만큼 차이가 생기게 된다. 이렇게 잘못 산출된 거리(R')와 실제 거리(R) 사이에는 다음 관계식이 성립된다.

$$R' = R + c\Delta t$$

$$= [(x_u - x_i)^2 + (y_u - y_i)^2 + (z_u - z_i)^2]^{1/2} + c(t_u - t_i)$$

여기서 c 는 광속도이고 x_i, y_i, z_i, t_i 는 i 번째 GPS위성의 공간좌표와 시간 데이터로서 위성 신호에 포함되어 있다. x_u, y_u, z_u, t_u 는 미지수로서 우리가 알고자 하는 사용자(user)의 공간좌표와 시간을 각각 나타낸다. 즉, 미지수가 4개

4개의 GPS 위성으로 한 점의 좌표를 결정하는 원리



이므로 최소한 4개의 연립 방정식이 필요하다.

위의 그림에서 보는 것처럼 4개의 잘못된 산출된 거리(의사거리) $R' = \rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$ 를 측정하면 위 연립 방정식을 풀어 사용자의 위치(x_u, y_u, z_u) 뿐만 아니라 사용자의 표준시간(t_u)까지도 정확히 알게 된다.

현재 운용되는 GPS는 특별한 지형 지물의 장애가 없는 한 사용자는 최소 5개의 위성으로부터 신호를 받을 수 있도록 배치되어 있다.

이해를 돕기 위해 GPS 수신기로 사용자의 위치를 결정하는 예를 들어 보자. 만일 0분 0초에 위성이 자신의 위치와 시간 데이터를 송신했는데, 수신자가 0분 0.1초에 이 신호를 수신했다면 신호가 날아오는데 소요된 시간은 0.1초이고 거리는 $30\text{만km/초} \times 0.1\text{초} = 3\text{만km}$ 가

된다. 매우 간단하다. 그러나 현실은 항상 어렵고 복잡하다.

문제를 복잡하게 만드는 이유는 이미 언급한 바와 같이 위성의 시계와 수신자의 시계가 일치하지 않는다는 점이다. 만일 수신자의 시계가 위성의 시계보다 0.01초 빨랐다면 실제로 전파가 위성으로부터 날

아오는데 걸린 시간은 0.09초이고 실제 거리도 2만 7천km가 된다.

그렇다면 수신자가 자신의 시간과 위성의 시간과의 차이가 얼마인지 어떻게 알 수 있을까? 모든 GPS 위성은 앞서 설명한대로 오차가 수백만 분의 1도 안 되는 매우 정확한 원자시계로 표준시간을 똑같이 맞추어 놓았다.

그리고 지상통제소에서 이를 주기적으로 보정한다. 물론 사용자 시계도 정밀한 원자시계를 사용하면 좋겠지만 값이 비싸진다.

따라서 이 문제를 해결하는 간단한 방법은 위성시간과 사용자 시간과의 차이를 미지수로 놓고 다른 한 개의 추가적인 위성(4번째 위성)으로부터 신호를 받아 미지수가 4개 포함된 방정식을 풀면 된다. 이것이 바로 위치 결정시 4개의 위성이 필요한 이유이다.

79. 현대 전장에서 무인항공기 운용

필자는 최근 포항공과대학에 설치된 '포항방사광가속기'라는 거대한 시설의 견학 기회를 가졌다. 방사광 가속기에서 나오는 파장이 매우 짧고 투과력이 강력한 방사광(光)을 이용하면 머리카락 굵기 정도의 틱니바퀴도 제작할 수 있다고 한다.

특히, 가속기 현관에 진열된 품목중 방사광 기술을 이용하여 제작한 잠자리 크기의 헬기가 필자의 눈에 띄었는데, 만일 이것을 무인항공기(RPV: Remotly Piloted Vehicle) 형태로 운용한다면 상대방이 이를 포착하기는 쉽지 않겠다는 생각이 들었다.

전장감시용 무인항공기(RPV)는 일반적으로 전선 후방에서 발진되며, 지상 통제소의 무선조종을 받아 비행하면서 전방을 사진 촬영하도록 되어 있다. 복귀 후에는 빠른시간 내에 필름을 현상하여 정보를 얻는데, 현재는 무선 중계 카메라를 장착한 RPV로부터 실시간으로 정보가 제공되기도 한다.

최근에는 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)라는 것이 개발되고 있는데, 이것이 RPV와 다른 점은 UAV는 인공지능을 가지고 있어서 지상 통제소의 조종을 받지 않고 자율비행(Auto Pilot)을 한다는 점이다.

RPV를 운용하는 가장 큰 장점은 이것의 크기가 작아 적 레이더에 포착되지 않

는다는 점이다. 그리고 RPV는 공중공간에서 운용되기 때문에 지상에 설치된 여러 가지 센서들이 얻지 못하는 유용한 정보를 추가적으로 얻을 수 있다는 장점도 있다.

RPV가 전장에 등장한 것은 1982년의 레바논전쟁시 이스라엘군이 전장감시를 위해 사용한 것이 최초로 알려져 있다. 따라서 이스라엘군은 전통적으로 무인항공기 분야에서 독자적인 기술을 축적하고 있다.

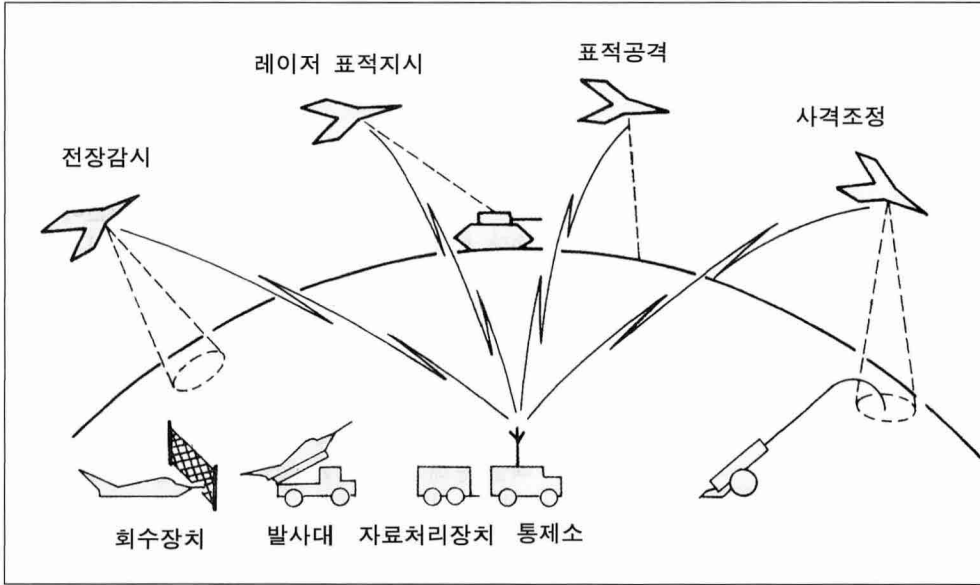
이스라엘의 스카우트(Scout) 무인항공기, 미국과 이스라엘의 합작품인 파이어니어(Pioneer) 무인항공기는 잘 알려진 기종이다.

RPV 체계는 P.79 위의 그림에서 보는 것처럼 ①항공기 자체, ②발사대, ③통제소, ④자료처리장치, ⑤항공기 회수장치로 구성되어 있다.

RPV는 적의 육안관측이나 레이더 또는 열상장비로부터 탐지되지 않도록 설계되어 진다. 따라서 RPV는 소형으로 제작되며, 작은 동력장치가 부착되어 열방출이 적어 적외선 탐지장치에도 포착되지 않는다.

최근 전자공학 기술의 발달에 힘입어 전자장비들이 소형화되기 때문에 소형 RPV 제작이 가능해지고 있는 것이다. 실제로 2m 정도의 동체에 카메라를 장착하여 3000m 상공을 비행하며, 60~70km의

무인항공기 체계의 구성



전장을 감시하는 일이 가능한 것으로 알려져 있다.

RPV의 임무는 위의 그림에 도시한 바와 같이 영상자료를 수집하여 전장을 감시하고, 레이저를 이용하여 표적을 지시하고, 폭탄을 탑재하여 표적을 공격하며, 포병부대와 협조하여 사격의 조정도 할 수 있는 등 매우 다양하다. RPV가 이와 같은 다양한 임무를 수행하기 위해서는 효과적인 지휘, 통제, 통신 대책이 수립되어야 한다.

특히 현대판 '가미가제(神風)'로 불리는 이스라엘제 하피(Harpy)는 적의 대공 레이더에 접근해 4~6시간 동안 공중에 떠 있다가, 적의 레이더가 작동하는 순간 안테나에서 송출되는 전자파를 추적하여 파괴하는 첨단무기이다.

지난해 서해 연평해전에서 우리 함정을 위협했던 북한의 실크림 미사일 발사대

등 전자파가 나오는 곳이면 어디든 정밀 타격한다.

미군은 최근 참새나 곤충 등과 같은 외형에 크기도 수cm 정도인 RPV를 개발한 바 있다. 여기에 무게 50~300g의 고성능 카메라를 장착하여, 병사 한명이 조종한다면 비용 대 효과면에서 매우 유용한 무기체계가 된다.

이러한 무기는 건물이 밀집된 지역에서의 시가전이나 대테러작전에 크게 활용될 것으로 기대된다.

지금까지 군사관련 과학상식을 최윤대 박사님의 글을 통해 '99년 6월 이후 17회에 걸쳐 매달 3~5편씩을 소개해 왔다. 독자들의 이해를 돕기 위해 이번 호부터 번호를 붙여 정리하기로 한다.

- 편집자 주 -