

# 스텔스 전투기가 탐지되지 않는 원리

스텔스(stealth)라는 단어는 ‘훔치다’라는 뜻을 가진 ‘steal’의 명사형이다. 아마 전파를 훔친다는 뜻일 것이다. 지난 1999년 3월 24일 시작된 나토(NATO)의 유고연방군 공격에는 1대 값이 우리 돈으로 무려 2조 6천억원이나 되는 B-2 스텔스 폭격기가 동원되었다.

스텔스 전투기는 적 레이더의 추적을 피할 수 있게 만들어진 혁신적인 항공기인데, 그것이 레이더에 탐지되지 않는 원리는 다음과 같다. (1) 전자파를 흡수할 수 있는 특수 페인트 도포, (2) 열추적 장치를 피할 수 있는 위장 배출구 장착, (3) 동체표면을 각지게 만들어 레이더 반사파를 다른 방향으로 분산시키는 것이다.

특수 페인트는 전자파 흡수제로 큰 효과가 있는 페라이트(ferrite) 자성산화물 등을 도료에 섞어 만드는데 항공기나 미사일의 동체에 칠하면 레이더 영상에 나타나지 않게 된다.

잘 알려져 있는 바와 같이 레이더의 원리는 전자기 신호를 송신해서 목표물에 반사되어 돌아오는 신호를 처음에 송신한 것과 비교, 그 차이를 분석하는 것이다. 그런데 자

이런 후부터 대령이 재공하는 <알기쉬운 군사과학기술> 칼럼을 신선했다. 대령은 육사 32기로 U.S. Naval Postgraduate School에서 무기체계 석사학위, North Carolina State University에서 공학박사학위를 취득한 후 현재 육군 제3사관학교 기계공학과 교수로 재직중이다.

첨단기술이 무기체계에 적용되는데 군분을 자케히 들어다 보면 모두가 기본 과학 상식에 기초를 두고 발전한 형태이다. 이원호부터 일제되는 칼럼을 통해 첨단 군사과학 기술을 알기 쉽게 기술에 알맞은들이 무기체계의 작동원리를 이해하는데 도움이 되기를 바란다.

— 편집자 주 —



崔 潤 大

- 육군 제3사관학교 기계공학과 교수
- 육군 대령

성 도료는 레이더로부터 송신된 전자기파를 자신이 가지고 있는 자성으로 신호를 흡수하여 버리기 때문에 돌아간 신호의 강도가 목표물의 위치를 판정할 수 없을 만큼 약하다.

비행기를 추적하는 또 하나의 방법인 열 추적도 스텔스 전투기에 장착된 위장 배출구에 의해 교란되어 계속 추적해 내지 못한다. 이런 이유로 스텔스기를 “보이지 않는 전

전자파 흡수제를 도포하는 B-2



투기"라고도 불리는 것이다.

또한 기체의 많은 부분이 곡면이 아닌 수평면에 대한 각도가 작은 평면으로 이루어져 있어 전자기파가 주로 상하로 반사되고 레이더 쪽으로는 되돌아가지 않고, 엉뚱한 방향으로 돌아갈도록 설계되어 있어 레이더에 잘 잡히지 않으며 잡히더라도 바로 사라지게 된다.

스텔스기종은 1988년 11월 22일에 처음 공개되었으며, 걸프전쟁에서는 또 다른 스텔스 기종인 F-117A기가 그 진가를 발휘, 공포의 대상이 되었다. 앞으로 이 스텔스 기술은 공중 발사 순항 미사일(ALCM)에 이용되어 보이지 않는 미사일도 개발될 예정이다.

오른쪽 사진은 미국의 록히드 항공사에서 제작, 시험 비행을 거쳐 1990년부터 실전 배치되고 있는 F-117A이다. 1990년 걸프전쟁에서 이라크의 대공 방어망을 뚫고 1천번이나 출격해 단 1대도 격추되지 않았지만 이번 코소보 공습

대공포화에 노출되는 위험이 있었다. 그러나 이번 유고 공습에 등장한 B-2 폭격기는 현대전쟁 사상 처음으로 인공위성의 도움을 받는 「지구좌표인식체계」(GPS:Global Positioning System)를 활용해 적 대공무기가 미치지 못하는 80km 밖에서 900kg이나 되는 폭탄을 유도하여 목표물을 명중시키고 있다. 참으로 첨단전쟁의 진수를 보



공중 급유를 받고 있는 F-117A 스텔스기

에서 1대가 격추되었다. F-117A 전투기는美 공군이 최초로 군사 작전에 투입한 스텔스기였다. 기체가 검게 보이는 이유는 레이더 흡수체(Radar Absorbing Material)가 도포되어 있어 입사하는 빛을 흡수하여 반사하지 않기 때문이다.

1991년 걸프전쟁 당시는 폭격기가 폭탄을 투하하기 위해서는 목표물에 10km까지 접근해야 했기 때문에 적

여주고 있다고 할 수 있다.

스텔스 기술을 응용하는 또 하나의 재미있는 예가 있다. 「매직비전」(Magic Vision)이라고 하는 '인공안개장치'인데 전투에 들어가기 앞서 인공 안개를 전장지역에 뿌리면 적군은 아군을 보지 못하지만 특수안경을 착용한 아군은 적군의 동태를 살필 수 있다.

이것의 동작원리는 인공안개의 조그만 물방울이 가시광선과 적외선을 흡수하거나 산란시켜버리기 때문에 특수안경이 없는 적군은 아군을 볼 수 없게 되는 것이다. 인공 안개장치는 작은 물방울을 가지고 가시광선이나 적외선을 흡수는 또 하나의 스텔스 기술인 것이다.



## 헬기 회전날개의 장점

이전의 항공기(날개가 회전하는 비행기)의 대표라고 할 수 있는 헬기는 날개가 고정되어 있는 고정익 항공기에 비하여 운용상 여러 가지 장점을 가지고 있다. 첫번째 장점은 활주로 없이도 자유롭게 이 착륙 할 수 있다는 점이고, 두번째 장점은 공중 정지, 후진, 측방향 이동 등 공중에서의 이동이 자유롭다는 것이다.

헬기가 자신의 무게를 이기고 공중에 뜨게 되는 힘인 「양력」은 주 날개(main rotor)의 회전에 의하여 얻는다. 다시 말하면 양력은 주 회전 날개가 공기속을 움직이기 때문에 생성된다. 양력이 발생할 조건은 날개 밑의 압력이

날개 윗 부분의 압력보다 커야 한다. 이를 위해서는 주 회전 날개에 각을 주거나, 날개를 오목하게 해 주어야 한다. 주 회전 날개의 형태에 따라 헬기를 분류하면 다음과 같다.

### \*단일 회전 날개식 헬기

가장 보편적인 헬기 형태로 이는 기관에 의해 구동되는 하나의 주 회전 날개에 의하여 양력을 얻는다. 따라서 주 회전 날개가 회전함에 따라 발생하는 반작용 토크를 상쇄시키기 위한 꼬리 회전 날개가 필수적으로 장치되어야 한다. 만일 꼬리 날개에 이상이 있으면 반작용 토크 때문에 헬기는 방향을 유지할 수 없게 되어 추락하고 만다.

AH-1슈퍼코브라





CH-47 시누크 헬기

회전날개의 형태에 따른 구분

회전날개 형태	대표적인 헬기	비 고
단일 회전날개식	UH-60(Black Hawk)	미 국
동축 역회전식	Ka-50(Hokum)	러 시 아
병 렬 식	MV-22(Osprey)	미 국
직 렬 식	CH-47(Chinook)	미 국

**\*동축역회전 날개식 헬기**

동심축에 연결된 2개의 주회전 날개가 서로 반대방향으로 회전함으로써 각 각에 의해 발생하는 반작용 토크가 서로 상쇄된다. 따라서 꼬리날개가 필요없게 되며 발생한 동력은 주 회전 날개만 회전시키면 되기 때문에 상대적으로 동력전달 효율이 커지게 된다.

**\*병렬 날개식 헬기**

2개의 회전 날개를 좌우로 배치한 것으로 2개의 날개가 서로 반대 방향으로 회전한다. 따라서 반작용 토크는 서로 상쇄되며 가로(좌우) 안정성

이 좋다. 현대의 헬기는 이러한 병렬 날개식 방법으로 설계하려는 경향이 있지만, 구조가 복잡해진다 단점도 있다.

**\*직렬 날개식 헬기**

2개의 회전 날개를 동체 앞뒤에 배치한 것으로 회전 날개의 회전 방향을 서로 반대로 하였기 때문에 세로(앞뒤) 안정성이 좋고 대형화에 적합하다. 잘 알려진 CH-47(시누크) 헬기가 바로 여기에 속한다.

이 헬기는 무거운 물체를 운반하기에 적합하도록 설계되었다.

## 유도무기의 구성 및 동작원리

유도무기는 화포와 달리 발사후 목표에 명중될 때까지 계속적으로 비행경로(탄도)를 수정할 수 있는 장점이 있다. P.79 아래 그림은 유도무기의 개략적인 구성을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것처럼 유도무기의 주요 구성부는 (1) 목표 타격시 직접 피해 효과를 줄 수 있는 탄두, (2) 탄두를 목표에 유도하기 위한 유도장치, (3) 노즐과 날개를 움직여 비행경로를 수정하기 위한 액추에이터(actuator), (4) 유도무기에 추진력을 제공하는 로켓모터, (5) 노즐과 날개 등으로 구성되어 있다.

이들 유도무기에 적용되는 유도방식은 크게 지령유도(Command Guidance), 호밍유도(Homing Guidance), 항법유도(Navigational Guidance)가 있다. 일반적으로 유도방식에 따라 유도무기를 분류하면 P.79 표와 같다.

여기서는 지면관계상 지령유도에 대해서만

설명하겠다. 지령유도란 유도탄 외부에서 유도신호를 산출하여 유도탄에 지령하면, 탄이 지령에 따라 움직이게 하는 유도방법이다.

이 방식은 최초 레이더에 의하여 목표와 유도탄의 위치를 추적하고, 컴퓨터로 유도탄과 목표의 위치편차(유도신호)를 산출하여 유도탄에 지령하는 방식이다.

이 방식에서는 주요장치가 유도탄 외부에 설치되기 때문에 다른 유도방식에 비해 유도탄 자체의 구조가 간단하고 가격도 싸다. 반면, 외부장치들은 복잡하고 동시 다표적 대응 능력이 약하고 원거리 표적에 대하여 정확도가 떨어지는 단점이 있다.

지령유도를 다시 세분하면 표에서 보는 것처럼 비 시선 지령유도(command off the line of sight)와 시선 지령유도(command to the line of sight), 빔 편승(beam riding) 유도, 미사

ADATS 대공미사일



유도방식에 따른 무기 분류

유 도 방 식		적용 유도무기
지령유도	비 시선 지령유도	Nike-Hercules
	시선 지령유도	TOW
	빔 편승 유도	ADATS
	TVM 유도	Patriot
호밍유도	능 동	AMRAAM
	반 능 동	Sparrow
	수 동	Sidewinder
항법유도	관 성	Scud
	지 측	Tomahawk
	천 측	Trident

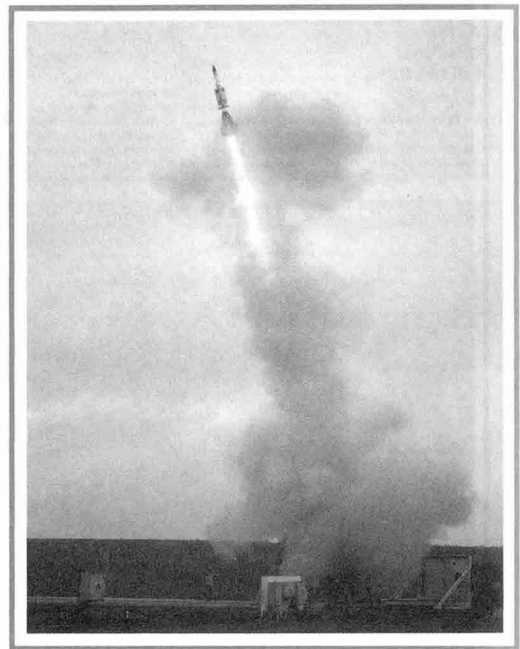
일 경우 추적(TVM: track via missile guidance) 유도 등이 있다.

비 시선 유도방식은 발사대에서 측정된 유도탄 및 목표의 위치정보를 이용하여 예상 명중점을 설정하고 이를 기준으로 유도신호를 계산하여 유도탄에 송신하는 방식이다. 이 방식은 나이키-허큘리스와 같은 지대공 유도무기에 널리 채택되고 있다.

시선 유도 방식은 사수에 의하여 목표와 유도탄이 추적되고, 발사대에서 계산된 유도신호를 탄에 보내어 유도하는 방법인데 TOW같은 대전차유도탄에 적용된다.

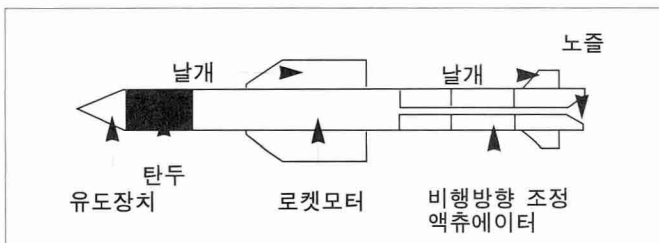
빔 편승 방식은 지상 레이더 빔이 목표를 지향하고 있으면 유도탄 내부의 수신장치가 빔 중앙으로 부터 유도탄과의 편차를 감지하여 유도탄을 빔 중앙으로 유도하는 방식이다.

TVM 유도방식은 목표를 감지할 수 있는 센서



Aster 15미사일의 발사시험 장면

유도무기의 구성도

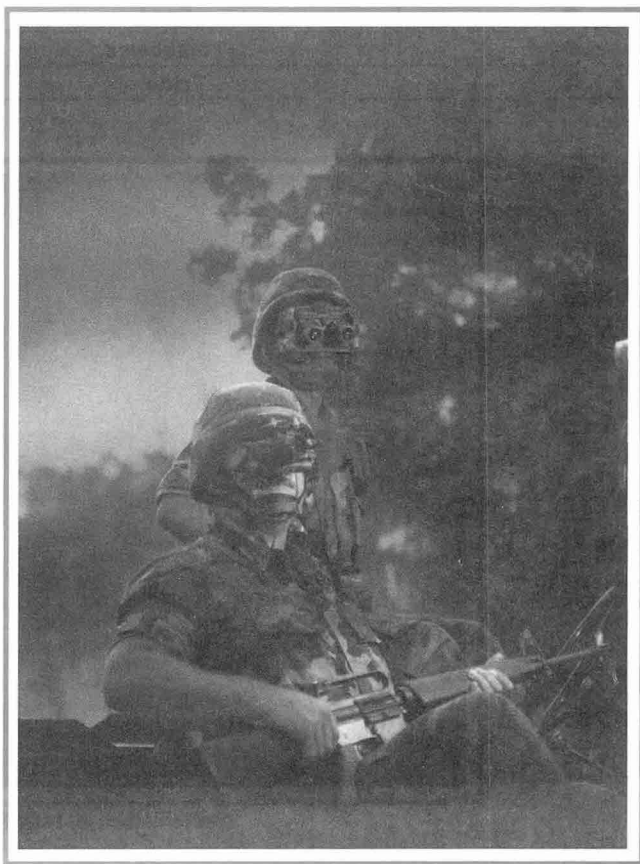


가 유도탄 내부에 설치되어 있어 감지한 목표의 위치를 지상 통제소로 송신하면 지상 통제소에서 유도탄과 목표와의 편차를 계산하여 유도탄에 재 송신하는 방식이다. 패트리엇 미사일이 이 방식을 적용한다.

## 전장감시장비의 탐지거리 및 해상도

스펙트럼(spectrum)이란 “보다”(to look)라는 뜻의 라틴어 ‘spectare’에서 유래한 말이다. 이는 파동과 같이 어떤 근원으로부터

(또는 진동수) 분류로 장파, 단파, 레이더파, 적외선(IR:infrared), 가시광선, 자외선(UV:ultra violet), X선 및 감마선(γ선 :Gamma-ray) 등으로 분류될 수 있다.



여기서는 전자기파의 파장이 큰 것부터 작은 것까지 순서대로(왼쪽에서 오른쪽으로) 배열하였다.

전자기파의 파장이 4,000Å인 보라색에서 7,500Å인 빨간색 사이에 있을 때 가시광선이라 하며, 이들은 육안으로 볼 수 있다. 여기서 1Å(Angstrom)이란  $10^{-10}$ m를 의미하는 길이의 단위이다. 파장이 7,500Å 이상일 때 이 전자기파는 사람의 눈에 보이지 않게 되고 적외선이라 부르며 우리가 열로 느낄 수 있다.

예를 들면 비행기의 엔진에서는 파장이 40,000Å의 적외선이 나오고, 사람의 몸에서는 약 99,000Å인 적외선이 방출되고 있다. 결국 뜨거운 물체일수록 짧은 파장의 전자기파가 방출된다.

텔레비전을 켜거나 채널을 바꿀 때 사용하는 리모콘이나, 호텔의 자동문도 모두 적외선을 이용한 것들이다.

발생되어 나오는 연구 대상을 그 특성을 결정하는 파장(또는 진동수)의 크기에 따라 순서대로 볼 수 있도록 배열해 놓은 것을 말한다.

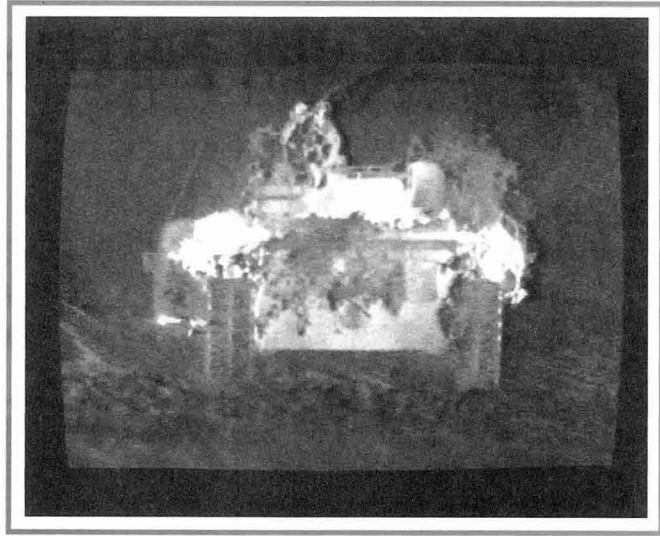
첨단 무기체계중 전장 감시 장비들은 어떤 형태이든 전자기파 스펙트럼의 일부분을 이용한다. 전자기파 스펙트럼은 전자기파의 파장

파장이 4000Å보다 짧은 쪽으로 보라색 다음에 바닷가에 많이 내리 쬐는 자외선이 있으며, 파장이 더욱 짧은 것으로 X선과 γ선이 있다. X선은 외과에서 뼈 사진을 찍을 때 이용되며 γ선은 원자핵 반응에 의하여 발생되는

방사선의 일종이다. X선과  $\gamma$ 선은 투과력이 강하고 많은 에너지를 가지고 있다.

전자기파 스펙트럼에서 진동수와 파장은 서로 반비례하기 때문에 파장이 길면 진동수는 낮고 파장이 짧으면 진동수는 높다.

일반적으로 대기 중에서는 이용하는 전자기파의 파장이 길수록 감시거리가 길어진다는 특성이 있다. 마치 방송에서 긴 파장을 사용하는 AM방송이 짧은 파장을 사용하는 FM방송보다 먼거리에서 수



야시장비를 통해 관측되는 전자

전장 감시장비별 이용 진동수 범위

구분 \ 감시장비	상용방송	TV/FM	레이더	열상장비	광학장비
주파수 대역	방송파	단파	마이크로파	적외선	가시광선
파 장	1km ~ 100m	10m ~ 1m	1cm ~ 1mm	1mm ~ 0.7 $\mu$	0.7 $\mu$ ~ 0.4 $\mu$
진 동 수	~ 1MHz	300MHz	~ 30GHz	~ 300GHz	~ 4 × 10 <sup>14</sup> Hz
전천후성	←				
해상도(정확도)	→				
EP 능력	→				

신될 수 있는 것과 같은 원리이다.

전장감시장비별 진동수 이용 범위는 위의 표와 같다. 이러한 진동수 범위를 주파수 대역이라고 하는데, 주파수 대역은 방송파, 단파, 마이크로파, 적외선, 가시광선 등으로 구분되며 상용 AM방송은 방송파, TV나 FM방송은 단파, 레이더는 마이크로파, 열상장비는 적외선, 광학 장비는 가시광선 대역을 사용하고 있다. 1 $\mu$ m(micro meter)는 길이의 단위로써 10<sup>-6</sup>m이다. 머리카락 1개의 두께가 바로 1 $\mu$ m이다.

전장감시 장비들의 주요 특성중 전천후성은 파장이 긴 쪽으로 갈수록 좋아져서 약천후시에

비교적 성능이 양호하다. 예를들어 파장이 긴 전자기파를 이용하는 레이더는 파장이 짧은 전자기파를 이용하는 열상장비에 비해 비교적 기상의 영향을 덜 받는다. 반대로 해상도(정확도)와 전자보호(EP: Electronic Protection) 능력은 파장이 짧을수록 양호하다.

해상도란 장비가 영상을 식별할 수 있는 능력을 말하는데 통상 숫자로 나타내며, 숫자가 작을수록 장비의 성능이 좋다. 예를들어 어떤 광학장비의 해상도가 30cm라고 한다면 그 장비로는 30cm 이상 되는 물체는 식별할 수 있지만 그 이하는 식별할 수 없다는 뜻이다.



## 고속으로 비행 중인 탄자의 속도 측정법

K-2 소총탄은 총구속도가 약 1,000m/s 로 음속의 3배에 가까운 매우 빠른 속도로 비행한다. 이처럼 고속으로 비행하는 탄자의 속도는 어떻게 측정할까? 원리는 매우 간단하다. 일정한 거리만큼 떨어져 있는 두 지점을 탄자가 비행하는데 걸린 시간을 측정하고, 그 두 지점 사이의 거리를 탄자가 비행하는데 걸린 시간으로 나누면 된다.

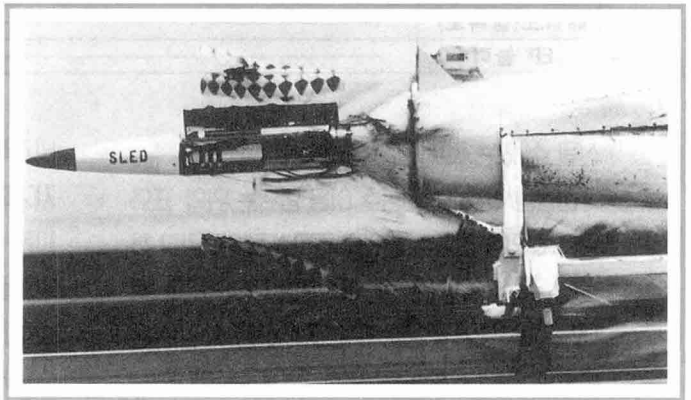
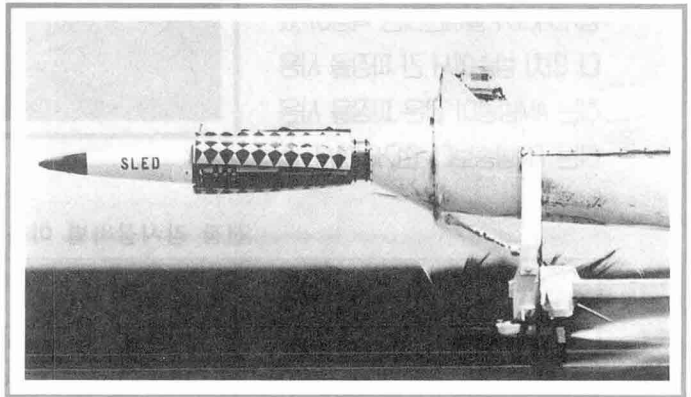
실험실에서는 통상 두 지점간의 거리를 약 1m 정도 띄우게 되는데, 이 때 탄자가 두 지점을 통과하는 시간은 보통 1/1,000초 정도로 매우 짧다. 따라서 속도를 정확하게 측정하려면 짧은 시간을 오차없이 측정하는 기술이 필요하다. 이렇게 짧은 시간은 우리들이 흔히 사용하는 「스톱워치」로는 측정할 수 없다.

1/1,000초 정도의 짧은 시간을 오차없이 측정하기 위해서 탄자가 두 지점을 통과할 때 전류의 단락에 의하여 신호를 감지하는 전기회로 스크린이 이용된다. 전기회로 스크린에는 전기회로가 P.83 그림처럼 꼬불꼬불하게 은으로 칠해져(silver painting)있으며, 전류는 은칠을 통해서 흐른다.

시간 측정은 탄자가 첫번째 스크린을 통과할 때, 탄자에 의하여 전기회로가 단락되면서 측정이 시작되고 두번째 스크린을 통과할 때

또다시 전기회로가 단락되어 측정이 멈추게 된다. 이렇게 하면 탄자가 두 스크린 사이를 비행하는데 걸린 시간이 측정된다.

이러한 방법으로 매우 짧은 시간을 측정하



는 장치를 「크로노그래프」라고 한다. 이 장치의 구성은 P.83의 그림과 같이 (1) 정밀한 모터에 의하여 회전하는 원기둥 형태로 된 드럼(drum), (2) 앞서 설명한 전기회로 스크린, (3) 전기회로가 탄자에 의하여 단락될 때 회전하

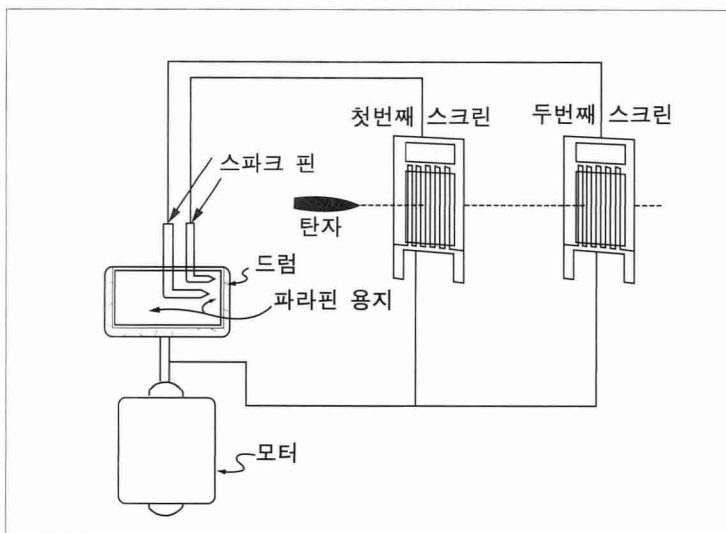
회전하는 드럼을 이용한 탄자속도 측정장치

는 드럼 위에 스파크 자국을 낼 수 있는 스파크 핀으로 되어 있다. 드럼은 계산의 편리성을 위하여 통상 원둘레가 정확하게 100cm로 되어 있으며 드럼 밖에는 노금이 매겨진 파라핀 용지가 부착되어 있다.

오른쪽 그림과 같이 탄자가 두 개의 스크린을 통과할 때 전기회로가 단락되면, 드럼 위의 파라핀 용지에 스파크가 일어나

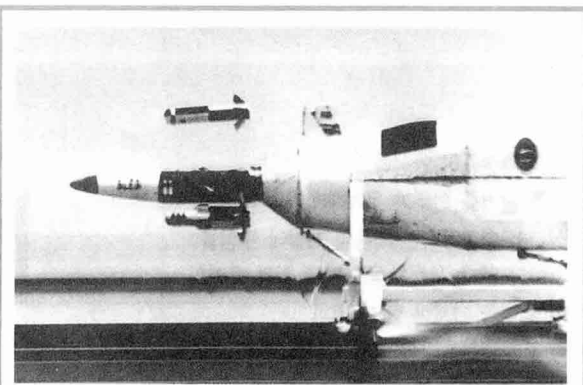
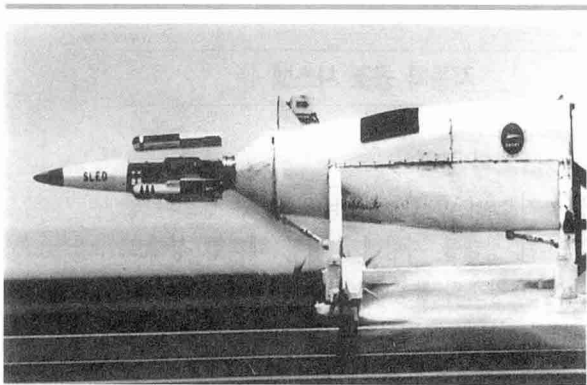
는 것이 기록되고 두 스파크 지점간의 거리를 측정하면, 이를 드럼의 회전속도로 환산하여 스파크가 일어난 시간 간격이 측정된다.

실험실에서 탄자속도를 측정하는 예를 한가지 들어보겠다. 원둘레가 정확히 100cm인 원기둥 형



속도는 얼마인가? 두 스크린 사이의 거리는 1m 떨어져 있다고 해보자.

이 문제는 결국 “시간으로 1분(60초)이 길이 6,000m로 환산된다면 길이 10cm(0.1m)는 시간으로 몇 초인가?”라는 문제와 같다. 계산해 보면 10cm



태로 된 드럼이 6,000rpm(1분 동안에 6,000회전)으로 회전하고 있다. 비행하는 탄자에 의하여 전기회로 스크린의 회로가 단락되어 드럼 위에 2개의 스파크 자국을 남기게 되었다. 이때 두 개의 스파크 자국간의 거리가 10cm로 측정되었다. 탄자의

는 0.001초로 환산된다. 따라서 스크린 사이의 거리 1m를 두 스크린 사이를 비행하는데 소요된 시간, 0.001초로 나누면 탄자속도는 1,000m/s가 된다.

얼마나 멋진 아이디어인가? 짧은 시간을 측정하는 방법중에는 이런 방법도 있구나.