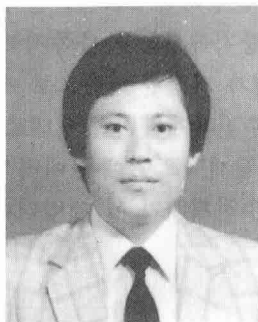


對艦 유도탄 방어의 현재와 미래 (2)



金 晷 基 國科研 선임연구원

정밀유도병기를 지향해야 할 우리 防産업계의 현실에 비추어볼때, 대함(對艦) 유도(誘導) 무기체계에 대한 자료가 빈약하였습니다 이에 기고(寄稿)를 받아 총 4편으로 구성, 연재(連載)합니다

- * 제1편(92/12월호) : 海上 유도탄戰
- * 제2편(93 / 1월호) : 대함 유도탄 위협과 탐지장비
- * 제3편(93 / 2월호) : 대함 유도탄 방어수단
- * 제4편(93 / 3월호) : 대함 유도탄 방어 전망 (편집자 주)

과거 • 대함유도탄의 특징

수상함에 대한 최대의 위협이었던 어뢰는 사정거리가 짧고, 특히 오늘날에는 대잠전(ASW)능력이 발전함에 따라 잠수함이 수상함에 접근하기 곤란하다는 제약 때문에 Harpoon이나 Exocet와 같은 유도탄을 캐니스터에 넣어 어뢰발사관으로 발사시키는 수중발사 대함유도탄(USM) 방식으로 대처되고 있습니다.

함정 공격의 주역이었던 항공기도 이제는 함정의 대함유도탄 및 대함 요격기의 방어 공백 지점인 안전한 위치에서 공대함유도탄을 발사하는 공격 양상을 갖게 되는 등 잠수함이나 항공기에 의한 함정 공격은 유도탄을 앞세운 대리전쟁 양상을 보이고 있습니다.

유도탄은 분명히 값싼 함정 공격 수단이나 함정은 일단 유도탄에 포착되면 그것의 공격으로부터 피할수 없는 상태에 이르며 끝내는 물에 떠 있는 관의 운명이 되어버립니다.

* 속 도

대함유도탄은 해면 저공비행시 제트 엔진 또는 로켓 엔진의 효율과 자세 제약등으로 인해 비행 속도는 주로 아음속 또는 준음속 입니다. 함정의 속도가 30노트이고 대함유도탄의 속도가 마하 0.9라면 속도 비율은 약 20배가 됩니다.

전투기와 유도탄을 비교하면 거의 같은 속도라 할수 있지만 이를 함정과 비교하면 그 차이는 현저한 것으로 함정은 자체의 속도로 대함유도탄에 대처하기는 곤란합니다.

* 3차원적 운동

함정은 수상에서 저속 2차원 운동을 하지만 대함유도탄은 여러가지 형태의 고속 3차원 운동을 선택할수 있어 공격에 있어 유리한 위치를 점유해 함정 방어망의 허를 찌릅니다.

* 레이더 탐지의 곤란성

함상에서 레이더를 운용할때 해상이 거울과 같이 잔잔하지 않는 한 파도에 의한 레이더 송신과 반사를 피할수 없습니다.

이와 같은 해면 반사는 레이더 스크로프상에 작은 점으로 나타나기 때문에 작은 표적은 난 반사 반향 신호, 즉 해면 잡음에 묻혀 탐지할 수 없습니다.

반면에 유도탄 레이더가 함정을 탐지하는 것은 전자 부품이 소형화됨에 따라 유도탄측이 유리하게 되었으며 함정측으로는 상대적으로 불리하게 되었습니다.

*** 적외선 탐지**

함정은 차가운 해면상에서 열기관을 내장하고 주간의 태양열을 받아 가열된 거대한 구조물이 되어, 유도탄의 적외선 탐지 장치로 쉽게 탐지 및 록크-온 될수 있는 표적이 되므로 수동탐지의 경우에도 유도탄측이 대단히 유리합니다.

역으로 유도탄을 탐지할 경우 주간은 태양 광선에 의해 산란되는 해면 클러터와 같은 배경 잡음, 유도탄 추진기관에서의 분사 신호(blast signature)가 탐지하는 측에서 보면 정후면에 숨겨져 탐지가 곤란합니다.

최근 수상함의 최대위협이 대함유도탄으로 바뀌고 있다. 사진은 Harpoon 유도탄



더구나 대함유도탄의 고체연료는 함정에 접근할때 이미 소진되어 관성 항법으로 비행하기 때문에 열방사가 현저하게 저하되어 탐지가 곤란합니다.

*** ESM 탐지**

Stark호 피탄 상황에서 언급한 바와 같이 함정 전투 상황하에서는 Exocet 유도탄을 탑재한 Mirage 전투기의 레이더 록크-온 신호는 탐지하였으나 Exocet 자체에 탑재된 능동레이더 유도 신호는 탐지하지 못하였습니다.

이와 같은 레이더 탐색기를 장착한 유도탄의 레이더는 표적으로부터 5마일 또는 그보다 더 가까운 거리에 와서야 작동하기 때문에 ESM에 의한 탐지도 신빙성이 있는 것은 아닙니다.

또한 능동호밍 유도탄이 아닌 수동호밍 유도탄의 경우, 적외선, TV 또는 레이저등 전자 광학과 영역에서 수동 형태의 탐색기를 갖는 유도탄에 대해 ESM 탐지란 거의 기대할수 없는 것입니다. 유도탄의 전파고도계도 분명히 레이더의 일종이기 때문에 ESM 탐지의 가능성을 부인할수 없습니다.

그러나 비행 고도가 낮기 때문에 고도 탐지 레이더의 출력이 낮고 밑으로 지향되어 있으며 고대역 주파수를 이용하므로 대기중 손실이 많아 ESM 장비로 유도탄의 고도 감지 전파를 탐지한 사례는 전혀 없습니다.

• 대함유도탄의 공격 방법

대함유도탄이 함정을 공격할때 비행 탄도는 초저고도(sea skimming), 팝업(pop-up) 및 하이다이빙(hig diving)등 3가지 형태의 탄도로 구분할수 있습니다. 특히 대함유도탄 중에는 AS-4 Kitchen이나 AS-6 King Fish와 같은 고고도 및 저고도 탄도중 어느 하나를 선택할수 있는 형태도 있습니다.

*** 초저고도 유도탄**

대함유도탄의 탄도중 가장 많이 이용되는 탄도는 초저고도 비행 탄도로써 함정 레이더의 불감 지대(fade zone)에 의한 탐지 능력 저하와 해면 클러터로 인해 탐지 성능이 저하되는 취약점을 이용한 탄도입니다.

초저고도 비행 유도탄은 저고도, 즉 레이더 지평선 밑을 비행함으로써 함정 레이더 탐지를 피하고 있습니다. 예를 들면 함정 레이더의 높이가 수면상 90피트, 유도탄의 비행고도가 10 피트일 때 레이더가 유도탄을 탐지할수 있는 최대 거리는 16마일이 됩니다.

유도탄의 속도를 아음속이라 가정하면 유도탄이 비행하는데 소요되는 시간은 2분입니다. 초저고도 비행 탄도를 변형시킨 것으로는 일단 수십m 이내로 표적에 접근하면 약 30m 정도 상승한 후 자연낙하 탄도를 갖는 유도탄도 있는데 대표적인 것이 Harpoon입니다.

이것은 표적과 근접한 거리에서 근접방어 무기체계의 요격으로 유도장치가 파괴되어도 자연낙하 탄도를 따라 반드시 표적에 명중한다는 치밀한 계산에 의해 설계된 기동법입니다.

* 팝업 유도탄

1970년대부터 실전 배치된 USM은 잠수함이 잠항중에 발사할수 있는 유도탄으로 표적으로부터 10마일 정도로 접근한 후 수동소나로 탐지한 표적 방위각을 유도탄에 입력시켜 발사합니다. 함정은 근접한 거리에서 유도탄이 돌연히 출현하기 때문에 충분한 대응 시간을 갖지 못하므로 요격할 기회를 잃게 됩니다. 반면 잠수함은 은밀성을 유지하면서 어뢰보다 먼 거리에서 공격할수 있습니다.

예를 들어 10마일 거리에서 잠수함이 SS-N-7을 발사하였다면 유도탄의 비행시간은 1분 미만이며, 이 1분의 시간으로 함정이 취할수 있는 대응조치는 거의 없는게 사실입니다.

* 하이 다이빙 유도탄

하이 다이빙 유도탄은 항공기에서 일단 발사되면 5만 피트 이상의 고공으로 상승하고 표적 바로 위에서 급강하하는 탄도입니다. 이때의 유도탄 속도는 마하 1~2 정도가 되며 함정의 대응 시간 부족, 그리고 감지기와 무기체계의 허점을 노려 공격하는 탄도입니다.

위에서 언급한 바와 같이 유도탄은 종류, 탄도등이 다양함으로 이를 탐지하여야 하는 함정의 입장은 매우 불리합니다.

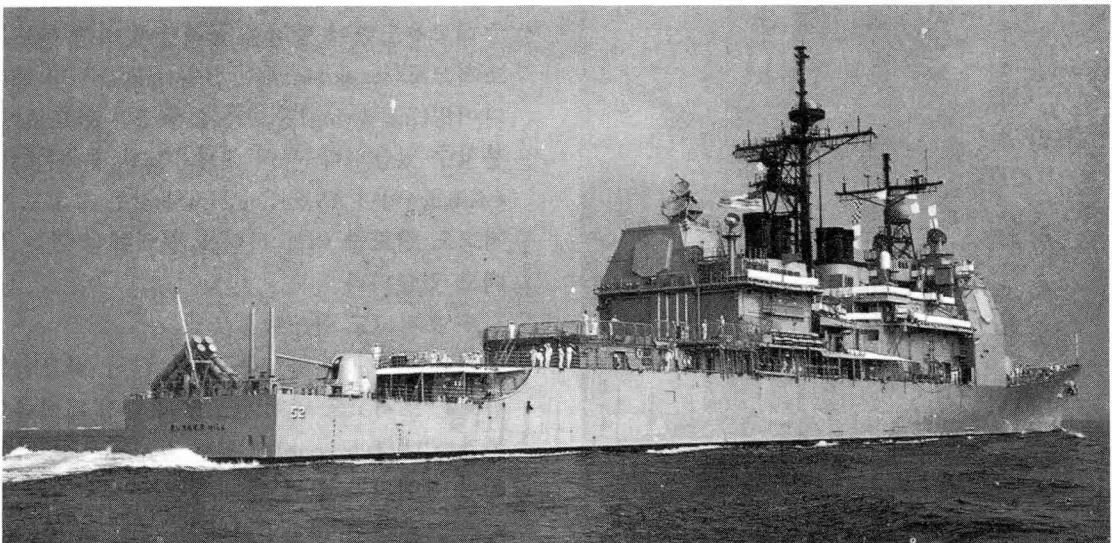
함정이 갖는 유일한 장점은 무기체계를 더 보강할수 있는 극히 작은 공간적 여유가 있다는 것 뿐입니다. 이러한 제한된 여유를 어떻게 활용할 것인가 앞으로의 대함유도탄 방어의 돌파구가 될 것으로 기대해 봅니다.

대함유도탄 방어수단

• 탐지 장비

* 레 이 다

유도탄을 탐지하기 위해 가장 많이 이용되는 장비는 레이더입니다.



이것을 이용해 유도탄을 탐지할때 발생하는 제약은 유도탄의 레이더 반사면적이 작다는 것을 들수 있습니다. 대함유도탄 탐지용 레이더를 점방어 레이더(point defense radar)라고는 하지만 정의 자체도 그렇게 명확한 것은 아닙니다. 고속 및 저고도로 접근하는 작은 표적을 해상 잡음 환경속에서 탐지하려면 다음과 같은 기술이 적용된 레이더여야 할 것입니다.

— 펄스 압축

주파수 변조 또는 위상 변조된 펄스를 발사해 표적으로부터 반사된 반사파를 신호처리 기법으로 적분해서 짧은 펄스 반사파처럼 처리하여 신호 대 잡음 비율이 높은 레이더로 만들어 해상 잡음을 일반 잡음처럼 걸러낼수 있습니다.

이같은 기법은 원래 광대역 백색 잡음 제거용으로 개발된 신호처리 기법이지만 레이더 신호에 인위적 잡음을 혼합하는 ECM 배재 기능에 적용이 가능하므로 ECCM 방법으로 많이 이용됩니다.

— 송신 전력 증대

레이더 설계상 유효한 방법이나 송신관 냉각 문제, 안테나 및 마이크로파 전송 계통 및 고주파 부위의 고전압 내성 등의 설계상의 부담, 장비의 대형화와 중량 및 가격 상승 등의 문제점을 초래합니다.

— 저잡음 증폭

수신기의 감도를 높이기 위해 잡음 지수가 낮은 증폭기 등을 이용합니다.

— 안테나 이득 증대

안테나 이득을 증대시킨다는 것은 불필요한 측대엽(Sidelobe)을 억제시킨다는 것으로 송신 전력의 효율을 향상시키고 방해 전파도 배제시킬수 있으며, 또한 ECCM 측면에서도 유리합니다.

— 안테나 회전수 설정

표적에 레이더 비임을 조사하였을때 10개 정도의 반향 펄스가 수신되면 이것을 표적으로 인정합니다. 이것을 펄스 적분이라고 하는데 필요한 시간동안 표적에 레이더 비임을 보내야 합니다.

고속으로 비행하는 유도탄을 추적하려면 거의 연속으로 비임을 보내야만 합니다. 이와 같은 이용 배반적인 문제를 해결하기 위해 출현한 것이 이지스 전투시스템의 AN/SPY-1 계열의 고정식 3차원 위상 배열 레이더입니다.

— 안테나 안정

함정용 2차원 탐지레이더는 부채를 세로로 세운 것 같은 팬 비임(fan beam)으로 이러한 레이더가 마스트 상단부에 부착되어 함정이 파도에 흔들리면 비임의 위치도 변해 표적을 간헐적으로 포착합니다.

이러한 결과로 인해 스크로프상의 표적은 점멸하며 이를 방지하기 위해서 함정 자이로로부터 계속적으로 절대 수평에 대한 제원을 받아 안테나 구동장치를 안정시키고 그 위에 안테나를 설치하는 방법이 있습니다.

또다른 방법은 전자적인 것으로 먼저 컴퓨터로 정지 좌표를 구해 이 정보로 정지형 또는 회전형 페이로드 어레이 안테나의 비임 방향을 제어하는 방법입니다.

이와 같은 방법으로 안테나를 안정시키기 위해서는 레이더 시스템의 중량과 체적이 증가합니다. 이에 대한 절충안으로 함정의 롤링만 보정하는 방법 또는 파라볼라 안테나 급전구(Parabola Antenna Feed Horn)를 여러개로 분할해서 안테나 비임의 동요를 보상하는 방법도 있습니다.

— 이동 표적 지시

유도탄의 고속화로 인해 발생하는 도플러 주파수를 검출하는 간단한 방법으로서 오늘날 많은 탐지레이더에 적용되고 있는 기법인 이동 표적 검출 및 지시(MTI)기법이 있습니다.

MTI와 유사한 효과를 갖는 펄스 도플러 방식도 있는데 이러한 것은 항공기 탐재용 또는 유도탄 탐재용으로 많이 사용되며, 특정 표적 추적에 적합한 기법으로 해상 잡음 제거에도 매우 유용합니다.

— 주파수 선정

레이더에서 방사된 전파가 공간으로 전파될 때에는 별다른 문제가 없습니다.

각종 탐지 장비의 정확도 비교

탐지 방식	각 종 파 라 미 터			
	위 치		속 도	
	각 도	거 리	방위 변화	각도 변화
레이다	크기를 제약받는 함정의 안테나로는 정확도가 충분하지 못함	극히 정확함	불충분	극히 정확함 (도플러 이용)
ESM	크기를 제약받는 함정의 안테나로는 정확도가 충분하지 못함	교차방위로서는 가능하나 정확도 불충분	불충분	불가능
레이저 Radar	극히 정확함	극히 정확함	극히 정확함	극히 정확함
적외선 탐지 장비	극히 정확함	교차방위로서는 가능하나 정확도 불충분	Focal Plan식은 충분 FLIR식은 불충분	불가능
텔레비전	극히 정확함	교차방위로서는 가능하나 정확도 불충분	충분	불가능
견시 (야시장비포함)	정확 (Compass 이용)	교차방위로서는 가능하나 정확도 불충분	충분 (Compass 이용)	불가능

레이다 비임의 하단부가 해면에 닿으면 해면 반사파가 생기며 이것은 표적으로 지향되어 전파되는 직접파와는 반대 위상을 가지므로써 직접파를 간섭해 레이다 불감 영역을 만듭니다.

이와 같은 현상은 주파수에 따라 그 영향이 다르며 초저고도 비행 유도탄을 탐지하기 위해서는 가능한한 비임을 해면 가까이로 방사해야 하지만 주파수가 높으면 지구 곡면을 따라 휘어지지않는 특성이 있습니다.

* ESM

레이다는 자체적으로 전파를 방사해 표적의 위치를 찾는 능동 센서인 반면에 ESM은 에너지를 외부로 방출하지 않고 표적을 탐지할수 있는 수동 센서입니다.

레이다가 표적을 탐지하기 위해 전파를 방출하고 그 방향 신호를 수신해서 표적의 위치 (거리 및 방위각)을 알아내는데 비해, ESM은 표적이 방출하는 신호를 수신해서 표적의 방위각을 탐지하고 수신한 신호를 분석해 표적을 식별(함종 또는 기종) 할수 있습니다.

레이다가 전파를 방출하여 표적을 탐지하는데는 전파가 왕복 경로를 갖는데 비해 ESM은 편도 경로만으로도 가능하기 때문에 일반적으로 ESM은 레이다 보다 먼거리에 있는 표적을 탐지할수 있습니다.

ESM의 표적 탐지 거리가 레이다에 비해 우위성을 갖는다는 것은 실전을 통해 입증된 것이지만 이에 대항하는 ECM도 신호의 편도 경로를 가지므로 ESM이 갖는 거리의 우위성을 공유하고 있습니다.

ESM과 ECM 장치를 구조상으로 일체화시켜 전파 탐지, 방해 기만장치들을 복합시킨 경우가 많습니다. ESM은 레이다 경보장치와 전자정보 수집 장치로 나눌수 있지만 이를 복합한 것도 많이 있습니다.

* 적외선 탐지 장비

유도탄의 스텔스(Stealths)화에 의해 레이다 탐지 능력은 저하시킬수 있으나, 유도탄 속도 증가에 따른 공기와의 마찰열 증가와 추진제의 고에너지화로 인해 최후까지 남아있는 적외선 발생량은 증가됩니다.

이러한 적외선을 탐지하기 위한 기술은 아직까지 초보적인 단계에 있으나 점차적으로 상당히 발전할 것으로 예측됩니다. 열방사체에 대해 온도에 따른 방사에너지의 파장은 온도가 높아지면 파장은 짧아지고 온도가 낮아지면 파장은 길어집니다. 유도탄이 표적 근처에 도달해 추진제가 모두 연소되어 관성만으로 표적에 호밍하는 유도탄은 8~12μm 대역의 적외선으로 유도탄을 포착해야 합니다.

또다른 특징은 태양에 의해 발생하는 적외선 난반사로서 함정 구조물과 해상의 파두(波頭)에 의한 것이 있습니다.

이것은 레이더의 해상 클러터와 같은 것입니다. 적외선 탐지 장치는 표적의 신호와 잡음을 구별할수 있는 능력을 보유해야 하는데 이것 역시 어려운 과제로 남아있습니다.

* 레이저

레이더는 주로 마이크로파 영역을 이용한 장비임에 반해 레이저 레이더(Ladar : Laser Radar)는 3mm~100nm까지의 자외선 영역 파장(적외선, 가시 광선 대역 포함)을 이용한 폭넓은 전자파 스펙트럼을 이용하는 장비로서 적외선 및 가시 광선 대역을 이용하므로 레이저 발진기도 소형·경량이 될수 있어 함정에 쉽게 탑재될수 있습니다.

Ladar의 장점으로는 예리한 비임을 이용하므로 표적 각도의 탐지 정확도와 각도 분해능력이 높으며 해상 잡음이 거의 없는 표적 신호를 얻을수 있습니다.

그러나 전파 손실과 Thermal Blooming과 같은 결점도 가지고 있습니다.

가시 광선과 적외선은 안개나 스모그에 의한 전파 감쇄가 현저하며 전반적으로 비나 눈에 의한 감쇄는 극심합니다.

* 텔레비전

텔레비전은 가끔 함정 외부 상황을 감시하기 위해 이용되며 야간 별 또는 달빛, 박명시 표적을 탐지할수 있는 LLLTV(Low Light Level TV)도 많이 사용되고 있습니다.

텔레비전 시스템의 특징은 영상 화면내의 표적 식별이 용이하며 ECCM 기능이 우수하고 소형 및 경량으로 설치가 용이하므로 NATO 해군의 소형 함정 사격통제장치로 많이 이용되고 있습니다.

* 見 視

사람의 눈은 고도화된 컴퓨터인 두뇌에 직접 연결된 지능적 센서로써 사실상 고대로부터 사용되어 왔으며 인간의 눈은 역사 이래 가장 신뢰성이 높은 시스템입니다.

Eilat호나 Sheffield호가 유도탄에 피탄되기 직전 유도탄을 발견한 최초의 감지기는 견시 근무자의 눈이었습니다. 그러나 야간이나 악천 후시에는 그 효능이 급격하게 감쇄하는 등의 여러가지 제약을 받습니다.

쾌청한 날 주간에는 높은 산의 경우 30마일, 대형 선박은 12마일, 소형의 초저고도 비행 유도탄은 1.5마일 정도에서 탐지할수 있지만 구름이나 광학적 지평선(레이더 지평선 보다 약 30% 짧음)에 의해 시계가 제한됩니다.

야간 견시 보조수단으로는 야시 장비(Night Vision)가 있습니다. 이것은 적외선을 이용한 열상장비 원리와는 다른 광증폭 원리를 이용한 것입니다.

* 감시위성

오늘날의 방위를 논함에 있어 인공위성은 빼놓을수 없는 주요 요소입니다. 이와 같은 많은 위성중에서도 적외선을 이용해서 적의 유도탄 발사를 감지하는 Big Bird, 적의 배치 상황을 알아내는 사진 위성 등은 대함유도탄 방어수단으로 없어서는 안될 장비였습니다.

이러한 위성 활동에 의해서 Patriot 유도탄이 Scud-B 유도탄을 요격하는데 80초의 시간 여유를 얻었다고 합니다. 해상에서는 해양 조사 위성이 해상 감시 기능도 겸비하기 때문에 이것도 센서의 일부로 인정해야 합니다. 소련의 EOR-SAT(ESM 해양정찰위성)도 수상함 레이더를 감시하는데 유용한 장비일 것입니다.

* 대잠전 센서

잠수함에서 발사되는 팝-업 유도탄 위협에 대처하려면 유도탄을 탑재한 잠수함의 접근을 원천적으로 막아야하며 이러한 노력이 바로 ASW(Anti Submarine Warfare)입니다.

잠수함은 대함유도탄을 발사하기전 수면 위의 공중 상황을 알수 없기 때문에 적 항공기의 유무를 판단하기 위해 마스트를 해면상에 올려 ESM 활동을 할 것입니다.

이와 같은 경계 활동을 하지 않을 경우 유도탄 발사 순간 적기에 포착되어 잠수함 생존에 위협을 받게 됩니다. (다음호에 계속)