

해양 상황인식 센서 개발동향

국방기술품질원 기술기획본부 기술정보센터

책임연구원 한 상 순 · 위촉연구원 김 효 경

개요

세계 각국의 해군은 해양의 상황인식력을 개선하기 위한 필요성을 더 인식하고 있으며 최근에 지상과 항공 분야에서 많이 통용되고 있으나 정보, 감시, 정찰(ISR)이란 용어의 해상 환경에서의 사용은 미미한 편이다.

따라서 해양에서의 상황 인식력 향상을 위한 새로운 기술과 개발동향에 대해 살펴보고자 한다.

ISR은 다년간 해군작전의 일상적인 부분으로 여겨져 왔던 포괄적인 전술 영상을 생성하기 위해 센서 데이터를 수집하고 교환하는 영역이라고 할 수도 있다.

감시레이더, 전자지원책 (ESM: Electronic Support Measures)과 전자광학/적외선(EO/IR) 장치 등의 통합 센서나 함정의 헬리콥터, 무인기와 데이터링크 피드와 같은 비통합 공급원으로부터 받은 정보를 통해 영상을 편집할 수 있다.

따라서 해양지역에서의 ISR은 상황인식, 지시기와 경보 등의 일반적인 범주보다는 훨씬 넓은 편이다.

형세의 변화

냉전시대 이후 현대의 해군 작전 유형에서 나타나는 현저한 변화 중 주목할 만한 두 가지 경향 중 첫째는 해양으로부터 현재 통상 연안이라고 하는 지상에서 근접한 지역에 대한 지역으로 관심이 변화하였다는 것이고, 둘째는 해양 안보, 대량살상무기 확산방지와 대(對)해적 작전 등의 중요성이 커짐에 따라 해양 접촉 대상과 비대칭적 위협의 탐지, 분류와 식별 등에 보다 많은 강조를 두고 있다는 점이다.

각국 해군은 최첨단 기술에 의한 해안포대나



그림 1. 네덜란드 해군의 해수면 영상추적 장면

전투기/지상공격기에서 발사한 대함 순항미사일 공격에 대해 계속해서 경계해야 하며 ‘하위기술(low-tech)’의 위협도 상당하여 단거리 미사일, 로켓이나 기관총을 장착한 고속 연안 공격정(FIAC: Fast Inshore Attack Craft)들은 주요 수상전투함을 침몰시킬 수는 없으나 계속해서 선박 운항을 저지하고, 활동공간을 차단하는 등 주요 임무목표를 방해하며 선박의 센서 및 통신장비를 훼손시킬 수도 있다. 제트스키와 같은 소형정에서도 RPG를 장착하여 운용할 수 있어 ‘자살 보트’ 위협으로 간주될 수도 있다.

해상 감지

해상과 클러터 배경 환경에서 고속 연안공격정(FIAC)과 같은 소형 표적에 대한 탐지의 필요성으로 인해 최근 들어 소형 표적의 탐지와 추적이라는 특정 과제에 대처하도록 설계된 여러 가지의 신형 센서 솔루션이 개발되었다. 영국의 Kelvin Hughes사는 레이더 탐지 범위 내의 항해와 전술적 감시 모두의 니즈를 충족시키는 신형 SharpEye 레이더를 개발하였으며, 반도체 송/수신 기술, 펄스 압축과 펄스 도플러 처리기술을 활용함에 있어 동급 중 최초라고 알려져 있다.

2006년, 시장에 처음으로 도입된 I-밴드 계열의 이 체계는 근접전에서 상황인식력 개선을 모색하고 있는 해군을 목표로 하고 있다. 실제로, 이 업체는 현대의 비대칭적 위협의 특징으로 선박이 부두를 출항하는 순간 전쟁이 시작된다고 주장하고 있다.

SharpEye의 주요 특징 중의 하나는 저전력 RF 아키텍처이다. 전 세대의 항해 레이더가 해수면이나 해수면 가까이에 있는 물체를 탐지하는

짧은 고출력 펄스(통상적으로 25~30kW)의 극초단파 에너지를 사용하는 반면, SharpEye는 최대 13%의 Duty Ratio를 가지면서 순간 최대출력이 겨우 200W밖에 되지 않는 저전력의 반도체 송/수신기가 특징으로 이와 같이 높은 Duty Ratio는 송신기 설계와 수신기의 펄스 압축기술로 가능해졌고, 1,000:1의 펄스 압축률이 더해지는 경우 200kW로 전송된 최대 출력에 상당하는 것이라고 한다. 또다른 차별 점은 상대적 표적 속도의 방사방향의 성분을 결정하는 도플러 처리기술을 사용하고 있다는 것이다. 펄스열에서 수신된 신호는 응집하여 통합된 협대역 필터에서 처리되어 특정 속도 대역으로 분해된다.

이 기술을 사용한 레이더는 해상 클러터와 우천 상황에서 소형표적 추출에 상당한 개선을 이루었고 서로 다른 방사방향의 속도 성분을 통해 표적과 잡음을 분리한다.

단거리, 중거리 및 장거리 탐지 요구사항을 충족시키기 위해 정의된 순서대로 transceiver는 전송 펄스 프레임을 생성해 낸다. 이 프레임은 단파인 0.1μs의 게이트 지속파와 약 20MHz의 Sweep 대역폭에서 비선형 주파수 변조 chirp를 포함하는 중파 및 장파로 구성된다. 펄스 길이와 코딩의 이 같은 조합은 펄스 내의 각각의 전송이 다르다는 것을 의미하고 이로 인해 펄스압축이 가능하다.

수신된 신호는 처리되어 표적의 유무를 탐지하기 위해 다양한 장애요인(일정한 오경보율)과 비교된다. 도플러는 디스플레이 처리기가 추적을 시작하기 전에 표적을 추적하는 데 사용된다. 표적 거리, 크기와 속도 등은 모두 transceiver에서 결정된다.

Kelvin Hughes사는 SharpEye가 파도가 높거나 악천후 상황에서 작은 레이더 반사면적의 표적을 탐지함으로써 일반적으로 30dB 영역에 대한 서브클러터 시정을 개선시켰으며, 일반적으로 해상조건 5에서 6km 거리에 있는 고속 단정(RIB: Rigid Inflatable Boat) 크기의 표적 탐지가 가능하다고 한다. 재래식 항법 레이더로는 탐지가 불가능할 것이라고 업체는 전했다.

간섭성(Coherent) 솔루션

덴마크 Terma사는 개선된 항법 지원과 상황인식력을 위해 점증하고 있는 시장 수요를 충족시킬 목적으로 완전한 간섭형 소프트웨어 구동 I-밴드 체계인 신규 개발의 SCANTER 6000 레이더를 통해 시장 참여를 추진하고 있다. 2001과 4100 체계에 대한 경험을 토대로 한 SCANTER 6000은 기존 제품의 여러 가지 특징 중 특히 신호처리 알고리즘의 특징을 포함하면서 동시에 새로운 저전압/저온의 200W급 반도체 송신기 아키텍처와 혁신적인 이중채널 처리 체인을 도입하고 있다.

Terma사는 SCANTER 6000이 국제해사기구(IMO: International Maritime Organisation) 기준에 준하는 항해, 지상 감시, 수색과 구조, 헬기 관제, 저고도 공역 감시, 단거리 상황인식 등 감시체계의 다양한 니즈를 충족시킨다고 한다.

프로세싱 기술은 간섭형(도플러) 이동표적 지시(MTI: Moving Target Indication) 처리, 펄스 압축과 주파수와 시간 다양성 등을 지원하는 데 사용된다.

고속의 샘플링은 중간 주파수에서 이루어지며

디지털 방식의 도플러 변환에 근간을 둔 신호의 모든 후속 처리, 필터링, 펄스 압축과 MTI 프로세싱 등으로 형성된다. 지속적 오경보율 기술과 지능적인 잡음 감소 Five Step Video Passing 기술은 후속 처리가 불필요한 고해상의 레이더 영상을 제공하며, 신호처리 체인은 5가지 보완 기법을 수신된 신호에 적용하고 있는데, 이 기법은 다음과 같다.

- 시차화(동일 주파수 대역에서 작동하는 다른 레이더의 2번째 에코와 간섭을 제거)
- 잡음 감소(4가지 상관계수 중 3가지로 클러터와 잡음을 억제)
- 적응 민감도 제어(선택적인 클러터와 우천에 대한 검출 한계를 방위와 거리 모두에서 자동으로 조절함으로써 클러터를 억제)
- Sweep-to-sweep 통합(신호 대 잡음비와 신호 대 클러터비를 감소)
- 주파수 다양성(표적의 변동을 줄이기 위해 복수의 분리된 주파수 대역에서 표적을 방사하면서 안테나 편향을 활용하여 최대 10dB까지의 클러터에 대한 시/공간적인 비상관화 처리(de-correlation) 발생)

도플러 처리 단독으로는 해표면 채널에서 필요한 성능을 획득하지 못하고 그 대신 이 업체의 접근법은 클러터 간의 가시성을 제공하는 첨단 scan-to-scan 연관기법을 구현해 왔고 추후 Sub-clutter visibility가 가능한 MTI 처리로의 급격한 전환이 이어졌다. 연관기법과 적응형 MTI 필터링의 결합을 통해 우천 시나 높은 해상 상태에서 현저하게 향상된 성능을 제공한다고 알려져 있으며, SCANTER 6000은 1.5~6m 정도의 소형 고이득 안테나로 업데이트율은 6~60rpm이다.

고정 설치

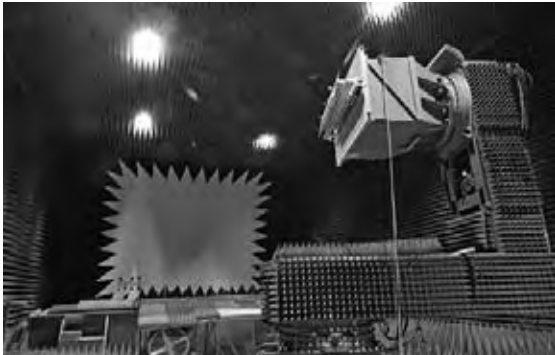


그림 2. 네덜란드 Thales사의 신형 SEASTAR 레이더

네덜란드의 Thales사는 고정식 외장의 SEASTAR X-밴드(NATO I/J-밴드) 능동위상 배열 레이더를 개발하고 있다. 이 장치는 통합 센서/통신 마스트인 I- Mast의 한 부분으로 되어 있으나, 기존 장치에 대한 단독형의 성능개조용으로도 이용 가능하다.

SEASTAR는 기뢰, 잠망경, 수영자와 소형정 등을 비롯해 가장 중요시되는 해면 표적을 자동으로 탐지하고 추적하는 데 적합하다. 이 장치는 서로 다른 업데이트 속도를 가진 3가지 동시탐색 방식으로 운용할 수 있어 단거리, 중거리 및 장거리 감시를 위한 최적의 스캔을 자동적으로 적용할 수 있다. 보다 더 독창적인 특징은 해상 클러스터에서 소형 표적 추출에 사용되는 실시간 잡음 측정기와 결합된 첨단 Scan-to-scan 연관 기법이다.

Thales사는 80m 거리에서부터 레이더 수평선까지의 360° 전방위의 해면 감시 능력을 보유한 SEASTAR를 개발하였다. 레이더 기능이 완전 자동 모드이므로 특별한 모드 설정이 불필요하고, 개선된 빔 조향과 버스트 스케줄링(Burst Scheduling) 알고리즘은 클러스터와 극심한 해상 조건하에서도 소형 표적을 추출하기 위해 고도의

도플러 해상도와 최상의 업데이트 속도를 모두 보장한다고 한다.

더욱 선명한 영상



그림 3. 프랑스의 La Fayette급 호위함에 장착된 VIGISCAN 체계

이 외에도 스캐닝이나 Staring 기법을 사용하는 파노라믹 감시체계의 채택이 증가하는 등 주목할 만한 추세와 더불어 EO/IR 기술이 향상되고 있다. 탐지 중 단거리 상황인식력을 강화하고 선박 입출항 시 안보를 더욱 향상 시키기 위해 설계되었다.

프랑스의 HGH Systemes사가 개발한 VIGISCAN IR 스캐닝 센서는 8~12 μ m 주파수대에서 288×4회의 냉각식 MCT(Mercury Cadmium Telluride) 화합물을 사용하는 360°의 전방위 실시간 감시기능을 제공하기 위해 60rpm으로 회전하는 통합 선형검출기를 지연 시키며, 회전식 센서헤드는 조준선 정렬을 위해 수직 $\pm 20^\circ$ 로 조정이 가능하다.

노트북이나 PC를 이용하여 Gigabit Ethernet 링크를 통해 통제하고, 지시기 소프트웨어(Windows 운영체제)는 360° 전방위의 저해상도 스트리밍창과 파노라믹 환형의 전경(Annular View)

에 통합된다. 사용자는 영상 속의 관심 영역을 신속하게 선택할 수 있고 이 영상은 즉시 고해상도로 전시된다. 프랑스 해군은 대(對)해적과 해상안보 임무 시 감시 및 상황인식력 강화를 위한 긴급운용 요구조건을 충족시키고자 자국의 La Fayette급 호위함 5척 성능개조용으로 VIGISCAN 체계를 구입했다.

다중 센서

선박 Fitting의 제약조건을 극복하고 연속적인 전방향 감시를 제공하도록 상용 IR/TV 기술이 응집되어 있는 다중 센서 헤드를 사용함으로써 네덜란드 탈레스사는 자사의 Gatekeeper 시스템으로 Staring 접근방법을 채택했다. 이 시스템은 통합 마스트 구조의 일부로 장착하고자 설계되었지만 동시에 기존 선박에 대한 개조용으로도 적합하다.

Gatekeeper는 기본 설정에서 최대 4개의 센서 헤드, 프로세싱 플랫폼과 선택적인 사용자 콘솔 등으로 이루어져 있다. 각각의 헤드는 120° 범위를 탐지하는 3개의 비냉각식 장파장대역의 IR 카메라와 3개의 컬러 TV 카메라로 구성되어 있다.

IR 카메라로 생성된 영상은 오경보율을 낮추고 자동탐지와 추적의 개선된 알고리즘을 위한 입력자료로 활용된다. 고해상도 TV 카메라는 주간 식별능력을 향상시킨다. 5Hz의 높은 업데이트 속도로 반응시간이 신속하게 되어 선박에 매우 근접한 탐지를 가능케 한다.

파노라믹 감시체계

독일의 Diehl BGT Defence사는 잠재적인

비대칭 위협을 자동으로 조기에 탐지하기 위해 SIMONE 파노라믹 감시체계를 개발하였으며, 독일 해군의 신형 F125 호위함에 최초로 장착되어 운용될 예정이다. 이 체계는 고각 50°로 선박의 360° 전방향에 대한 IR 감시능력을 제공하고 함정의 안정화 센서로부터 나온 데이터로 SIMONE 영상을 안정화한다. 탐지거리는 선체에서부터 수 km까지이며, 이 체계의 소프트웨어는 완전 자동으로 비대칭 위협 유형을 인지하고, 1,000개 이상의 물체를 실시간으로 인식하고 우선순위를 선정하여 추적을 실시하며, 경보를 생성한다고 업체는 주장하고 있다.

각각의 센서는 8~12 μ m 파장대역에서 작동하는 640×512 pixel의 비냉각식 Microbolometer 검출기에 기반을 두고 있으며, 1개의 센서 모듈이 고각 50°와 방위각 40°를 탐지할 수 있고 5개의 센서 모듈은 고각 50°와 방위각 196° 탐지가 가능하다. 이 센서는 특별하게 코팅된 고성능 IR 광학장비이다.

F125 호위함에서 전투정보실이나 선박의 전투체계 데이터버스에 접속된 개인 노트북 내 HMI(Human-Machine Interface)인 SIMONE으로 된 운용자 단말기기는 함정의 함교에 위치하게 될 것이다. HMI에는 SIMONE 파노라마 영상과 다기능 콘솔상의 데이터 기록을 비롯한 그 밖의 기능을 작동시키는 소프트웨어가 내장될 것이다. 전투정보실 운용자는 표적을 자세히 조사하기 위해 SIMONE HMI를 통해 EO 센서를 조준할 수 있게 될 것이다.

참고자료

DIGITAL BATTLESPACE (2010. 11~12월)