
잠수함의 비음향 스텔스 기법에 관한 연구

최창묵*

A Study on Non-acoustic Stealth Techniques of Submarine

Chang-Mook Choi*

본 논문은 해군해양연구소의 2012년도 국고 연구비 지원을 받아 연구되었음

요 약

잠수함이 가장 취약한 시기는 잠수함이 스노클이나 잠망경 운용을 위하여 잠망경 심도로 항해할 경우이며, 이때에는 비음향 탐지센서인 레이더와 광학, 사람에 의한 시각에 탐지될 확률이 매우 높다. 따라서 본 논문에서는 이러한 상황에서 탐지되는 취약성을 극복하고자 잠수함 마스트 및 잠망경 부분에 비음향 스텔스를 적용하고자 한다. 먼저 비음향 탐지센서에 대해서 조사하고, 그에 따른 스텔스 기법을 분야별 분석하여 최적화한 결과 다층형 구조로 선체표면부터 RAM layer, IR layer, Camouflage layer 구조로 각각 RAM layer는 자성재료인 페라이트계열로 3~5 mm, IR layer는 Ceramic 또는 Nickel 계열로 1~2 mm, Camouflage layer는 군청색 계열 페인팅을 제시하였다.

ABSTRACT

The submarines reach their weakest point when they sail on the surface to operate snorkel and periscope. At this period, however, there lies a high possibility that the submarines are detected by non-acoustic sensors such as radars, IR signatures, and human observations. In this paper, the non-acoustic stealth was adopted on the mast and periscope of submarines so as to overcome their vulnerability of being easily detected in this given situation. First of all, the non-acoustic detection sensors were investigated and the stealth methods were analyzed. And multi-layered structures consisting of RAM layer, IR layer, and Camouflage layer were proposed on the surface of the submarine. As a results, multi-layered structure was suggested with 3~5 mm of a magnetic material such as ferrite for RAM layer, 1~2 mm of ceramic or nickel for IR layer, and sea-blue paint for Camouflage layer.

키워드

비음향 탐지센서, 스텔스, 잠수함, RAM, IR

Key word

Non-acoustic sensor, Stealth, Submarine, RAM, IR

* 종신회원 : 해군사관학교(nav-sun@hanmail.net)

접수일자 : 2012. 06. 01

심사완료일자 : 2012. 06. 01

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.6.1330>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

미래전 발전 추세 중 하나인 비대칭전[1]은 취약점을 이용하여 강점을 약화시키고 심리적 영향을 주는데 주안을 두는 것이며 핵심전력으로 잠수함을 들 수 있다. 잠수함은 과거 2차 세계대전 시 U-Boat의 능력이 입증된 이후 전략적 측면에서 중요성이 대두되었으며, 최근 주변 강대국의 군사력 건설 동향만 보아도 중요성은 이루 말할 수가 없다[2].

현대전에서 대잠수함 작전을 수행하기 위해 사용되는 탐지기술은 음향 탐지방식과 비음향 탐지방식으로 구분 할 수 있다[3]. 음향 탐지방식의 센서는 소나가 운용되고 있으나 잠수함이 바다 속에서 임무 수행 중에는 탐지가 매우 어려우며, 그나마 잠수함이 취약한 시기는 스노클이나 잠망경 운용을 위하여 잠망경 심도로 항해할 경우이기 때문에 비음향 탐지방식의 센서에 탐지될 확률이 매우 높다.

비음향 탐지방식의 센서는 수상함과 항공기에서 가지고 있는 탐지레이더와 항공기 보유하고 있는 적외선 탐지장비, 항공기에서 보유한 자기 탐지장비, 수상함과 항공기의 당직자에 의한 시각을 들 수 있으며 그림 1과 같이 표현할 수 있다.

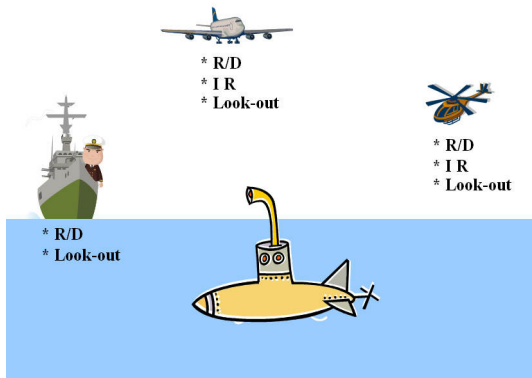


그림 1. 대잠수함전의 비음향 탐지센서
Fig. 1 Non-acoustic sensors for ASW

따라서 본 논문에서는 잠수함 측면에서 스노클이나 잠망경 운용 시 탐지되는 취약성을 극복하고자 잠수함 마스트 및 잠망경 부분에 비음향 스텔스를 적용하고자 한다. 먼저 비음향 탐지 센서에 따른 각각 스텔스 기법을

분석하고 각각의 스텔스 기법을 최적화한 방안을 제시하고자 한다.

II. 비음향 스텔스 기술

2.1. 개요

국방과학의 스텔스 기술이란 적의 탐지센서인 레이더나 적외선탐지장비 등으로부터 아군의 생존을 보장하기 위해 신호의 크기를 차단 또는 축소하는 기술을 말한다[4]. 스텔스 기술을 적용하면 적에게 노출되지 않을 뿐 아니라, 일단 노출된 경우라도 탐지된 신호가 축소 또는 왜곡되어 적의 상황 판단을 어렵게 만들기 때문에 아군의 생존확률을 증대시킨다[5].

스텔스 기술 중 잠수함의 비음향 스텔스 기술은 크게 레이더 스텔스, 적외선 스텔스, 시각 스텔스 등으로 나눌 수 있다.

2.2. 레이더 스텔스

레이더 스텔스는 표적의 레이더 신호를 레이더 수신기 방향으로 반사시키는 표적특성을 감소시키는 것이 핵심기술이다. 따라서 레이더 반사 단면적(RCS: Radar Cross Section)을 감소시키는 스텔스 기술은 두 가지 방법으로 플랫폼을 형상화하는 것과 전체적 또는 부분적으로 RAM(Radar Absorbing Material)을 이용하는 것이다[6]. 그림 2는 레이더 스텔스 개념도 이다.

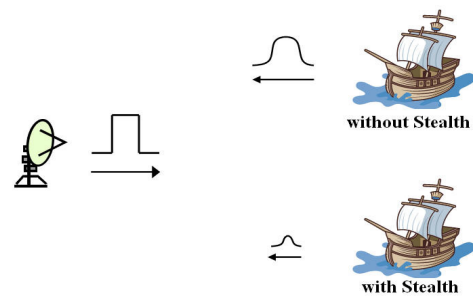


그림 2. 레이더 스텔스 개념
Fig. 2 Concept of radar stealth

스텔스를 통해 레이더 반사 단면적을 축소시키면 식(1)과 같이 4곱근에 비례하여 탐지거리 R을 축소시킬 수 있다.

$$R = \sqrt[4]{\frac{P_t G A_e \sigma}{(4\pi)^2 S_{\min}}} \quad (1)$$

여기서, P_t 는 레이더 송신 출력, G 는 안테나 이득, A_e 는 수신안테나 유효면적, S_{\min} 은 최소탐지신호를 나타낸다[6],[7].

2.3. 적외선 스텔스

적외선은 RF(Radio Frequency) 신호와는 달리 처리기술의 개발이 부진하여 사용이 제안되었다가 최근 들어 과학기술의 발달과 적외선이 지닌 여러 특성을 살려 다양한 분야에서 적외선이 활용이 증대되고 있으며, 군방 분야에 있어 야시경에서 첨단 유도무기까지 사용이 증대되고 있다.

적외선 스텔스 기술은 물체의 표면 특성을 변화시켜서 주변 배경과 물체로부터 나오는 적외선 복사휘도의 차이가 최소가 되도록 하는 기술을 말한다.

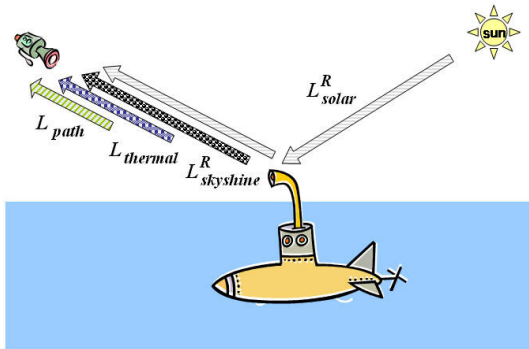


그림 3. 잠수함에서 방출되는 복사휘도
Fig. 3 Emitted radiance from a submarine

원거리에 위치하고 있는 적외선 센서로 들어오는 복사휘도는 그림 3과 같이 물체로부터 방출되는 성분, 태양복사 및 대기복사에너지가 물체 표면에서 반사되는 성분, 물체에 도달되지 않고 대기에서 산란되는 성분의 합으로서 식 (2)과 같이 나타낼 수 있다[8].

$$L = L_{thermal} + L_{solar/lunar}^R + L_{skyshine}^R + L_{path} \quad (2)$$

여기서, $L_{thermal}$ 은 물체 자체에서 방출되는 복사휘

도, $L_{solar/lunar}^R$ 는 태양(달) 분광복사조도가 물체 표면에서 반사되는 복사휘도, $L_{skyshine}^R$ 는 대기분광복사조도가 물체 표면에서 반사되는 복사휘도, L_{path} 는 물체에 도달되지 않고 대기 중에 산란된 복사휘도를 말한다.

따라서 적외선 스텔스는 무기체계 표면에 적외선 흡수 재료를 코팅하여 복사휘도를 통제하는 것이다. 현재 별다른 무게 증가 없이 복사되는 적외선 강도를 1/10 수준까지 줄일 수 있는 적외선 흡수재료 코팅기술이 개발되어 있다. 이 적외선 흡수재료 코팅은 적외선이 무기체계 표면에서 복사되는 것을 억제함과 동시에 태양광에 의한 적외선 반사도 줄일 수 있도록 설계되어 있다[5].

2.4. 시각 스텔스

시각 스텔스는 플랫폼을 시각적 스펙트럼 범위 내에서 위장하고 모든 윤곽과 형태를 은폐하기 위해 위장망 형태로 육군 중심으로 많이 발전하고 있는 추세이며, 육상에서는 작전지역에 따라 삼림 지대 또는 사막 등의 색채조합으로 시각적 스펙트럼에 가용하도록 개발하고 있다. 해상에서의 잠수함은 흔히 수면 위의 감시와 정보 수집 임무를 수행하기 위해 잠망경 심도까지 부상해야 하기 때문에 시각적 탐지 위험이 증대되고 있다.

잠수함은 역사적으로 어두운 색상으로 칠해졌으나 세계의 각 해양별로 상이한 광 산란 비율이 있다는 사실을 인식하면서 해양과 선체의 색깔 차이를 감소시켜 위장효과를 증대시킬 수 있다[9].

위장하고자 하는 주위의 바다 색깔은 바닷물을 투과하는 빛의 파장에 영향을 받는다. 빛의 파장에 따른 상대적인 흡수에 의해 바닷물의 색깔이 결정되며 보통 수심 10m 이내에서 대부분의 빛은 흡수된다.

햇빛은 스펙트럼을 통해서보면 무지개 색으로 나타나며 여러 가지 색깔 중에서 파장이 긴 빨간색이 가장 빨리 흡수되고(수심 5m이내) 파란색이 가장 늦게 흡수된다. 이때 가장 늦게 흡수되어 바다 깊은 곳까지 도달하는 파란색이 작은 미립자에 의해 반사되면서 바다는 파란색을 띠게 된다[10]. 일반적인 바다색은 청록과 파랑을 섞은 색이므로 이에 가까운 색으로 위장을 할 경우 생존 확률이 높아질 수 있다.

이스라엘 해군은 잠수함 전체를 아쿠아 그린 색상으로 칠한 반면, 영국 해군은 기하학적 배열의 청색과 청색

/검정 색상으로 시험한 바 있으며, 독일은 지중해와 발틱 해에서 색상의 위장효과에 대한 여러 분석연구를 통해 갈색이 녹색보다 약간 이점이 있으나 지중해에서는 전통적인 검정색이 전반적으로 가장 좋은 위장의 상징인 것으로 나타났다고 한다[9].

III. 비음향 스텔스 적용

잠항 중인 잠수함이 수면위의 감시와 정보수집, 연료 충전 등을 위해 잠망경심도까지 부상해야 할 경우, 레이더나 적외선 센서, 견시에 의해 노출되는 것을 억제하기 위해 각각의 레이더 스텔스, 적외선 스텔스, 시각 스텔스를 적용하는 것이다.

먼저, 레이더 스텔스는 대부분 사용 주파수 대역인 X-Band에 맞추어 그림 4와 같이 전파흡수능 약 20dB 정도의 RAM을 적용[11]하는 것이다.

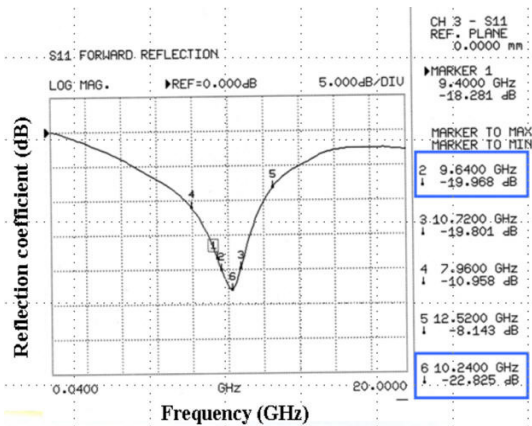


그림 4. X-band 용 RAM 특성
Fig. 4 Characteristic of a X-band RAM

두 번째로는 적외선 스텔스를 적용하기 위해 주변 환경과 거의 동일한 복사휘도가 될 수 있도록 설계하는 것이다. 이는 바닷물에서 반사되는 복사휘도인 0.67에 가까운 재료를 사용하여 시트로 제작하는 것이다. 표 1은 적외선 스텔스 적용 가능한 재료의 복사휘도[12]를 나타낸 것이다.

세 번째는 견시에 의한 시각탐지 억제를 위해 동해, 서해, 남해의 바다색깔을 고려하여 가장 유사한 바다색

을 적용하는 것이다.

그림 5는 위성에서 촬영한 한반도 영상으로 해양위성 센터 영상자료이다[13]. 그림에서 보듯이 한반도 지역의 연안은 청록색, 외해는 군청색을 이용하는 것이 가장 효과적일 것이다.

표 1. IR 스텔스 적용 가능한 재료의 복사휘도
Table. 1 Radiance of a material for IR stealth

구 분	복사휘도
Water	0.67
Aluminum Paints	0.27 ~ 0.67
Alumina Material	0.45 ~ 0.69
Ceramic Coating	0.67 ~ 0.73
Sandstone	0.67
Nickel Oxide	0.59 ~ 0.86



그림 5. 한반도 위성사진
Fig. 5 Satellite image in the korea peninsula

따라서 잠수함 비음향 스텔스는 앞의 3가지를 동시 적용하여 노출되는 선체구조에 그림 6과 같이 다층 시트로 적용하여 ① RAM layer는 자성재료로 3 ~ 5 mm, ② IR layer는 Ceramic 또는 Nickel 계열로 1 ~ 2 mm, ③ 시각 스텔스 layer는 군청색 계열 페인팅이 가장 효과적일 것이다.

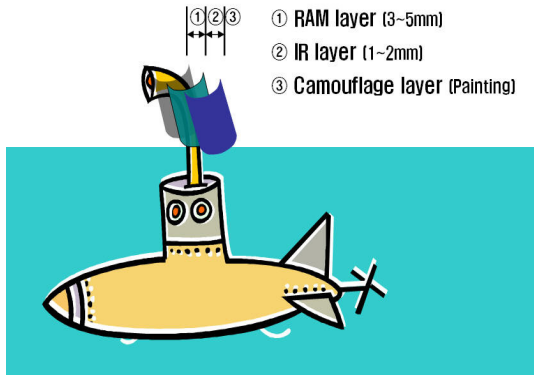


그림 6. 잠수함의 비음향 스텔스 형상
Fig. 6 The shape of non-acoustic stealth for a submarine

IV. 결 론

본 논문에서는 현대 해전에서 핵심전력이라고 할 수 있는 잠수함이 스노클 및 잠망경 운용을 보다 효율적으로 운용하기 위해 비음향 대감탐지센서로부터 노출되지 않는 스텔스 기법을 그림 5와 같이 다층형 구조(RAM + IR Marial + Paint)로 X-band 전파흡수능 20dB 이상, 복사휘도 0.65 ~ 0.70, 외형색은 군청색으로 페인팅을 제안하였다.

향후 앞서 제시한 잠수함의 비음향 스텔스 적용에 대하여 보다 구체적인 최적화 설계를 통해 실제작하고 특성을 분석하여 실사용 가능한 다층시트를 개발하고자 한다.

참고문헌

- [1] 권태영, 노훈, 21세기 군사혁신과 미래전, 법문사, 2008.
- [2] 최창목, "잠수함 스텔스에 관한 연구," 한국해양정보통신학회 추계학술대회 논문집, 제15권, 제2호, pp. 716-718, 2011년 10월.
- [3] 주성렬외 2명, 수중무기체계, 해군사관학교, 2011.
- [4] 최창목, "새로운 산업쓰레기 전자파를 흡수하라," D&D FOCUS, pp. 138-142, 2010년 1월.
- [5] 김근홍, "스텔스 기술과 전파흡수재료," 물리학과 첨단기술, pp. 51-55, 2006년 1-2월.
- [6] 최창목, 임봉택, 고희섭, "RF 스텔스 효과를 위한 밀리미터 RAM 개발," 한국정보통신학회논문지, 제13권, 제6호, pp. 1241-1246, 2009년 6월.
- [7] Eugene F. Knott et. al., *RADAR CROSS SECTION*, 2nd ed., Scitech, 2004.
- [8] 최준혁외 3, "과장별 BRDF 데이터를 이용한 평판의 적외선 복사휘도 특성 분석," 한국항공우주학회지, 제38권, 제6호, pp. 577-585, 2010년 6월.
- [9] 한상순, 김효경, "최신 무기체계 위장기술 현황 분석," 국방기술품질원 최신해외무기 개발 동향, 제7호, 2011년 4월.
- [10] 해양수산부, *바다는 왜 파란가요?*, 해양수산부, 1998.
- [11] Dong Il Kim, Chang Mook Choi, "A Study on the Electromagnetic Wave Absorbers," The 6-th Asia-Pacific Engineer. Res. Forum on Microwaves & Electromag. theory, Shanghai, China, pp. 244-248, Aug. 2006.
- [12] OMEGA, *TRANSACTIONS in Measurement and Control*, vol.1, 1998.
- [13] 해양위성센터 <http://kordi.re.kr/>

저자소개

최창목(Chang-Mook Choi)



1996년 해군사관학교
기계공학과 (공학사)
2001년 군사과학대학원
해양공학과 (공학석사)

2008년 한국해양대학교 전파공학과 (공학박사)
2003년~현재 해군사관학교 교수

※ 관심분야: 전파/위성항법, 전파흡수체 개발