

# 국방 스텔스 기술 동향 및 전망

최창묵\*

\*해군사관학교 항해운용학과

## 목 차

I. 서 론

II. 스텔스 기술

III. 무기체계별 기술동향

IV. 전 망

## I. 서 론

첨단 과학기술은 혁명적 발전을 거듭하여 양자역학에 의해 핵무기를 출현시킨데 이어 정보기술의 발전을 통해 전쟁 수행 개념 및 전장 운영 방식의 변화까지도 이끌고 있다[1]. 이러한 변화 속에서 첨단 무기체계는 보다 멀리, 빠르게 그리고 향상된 수준으로 임무완수가 가능하도록 하고 있어, 이에 대한 대응책으로 스텔스 기술이 더욱 대두되고 있다.

국방 스텔스 기술이란 적의 탐지센서인 레이더나 적외선 탐지장비 등으로부터 아군의 생존을 보장하기 위해 신호의 크기를 차단 또는 축소하는 기술을 말한다[2]. 스텔스 기술을 적용하면, 적에게 노출되지 않을 뿐 아니라 일단 노출된 경우라도 탐지된 신호가 축소 또는 왜곡되어 적의 상황 판단을 어렵게 만들기 때문에 아군의 생존확률을 증대시킬 수 있다[3],[4].

본 글에서는 이러한 국방과학의 스텔스 기술을 분석하고, 세계적인 기술동향과 전망에 대하여 제시하고자 한다.

## II. 스텔스 기술

### 2.1 개요

스텔스 기술의 태동은 1930년대 중반으로 거슬러 올라가며, 네덜란드의 Naamlooze Vennootschap Machinerieen에서 2 GHz 대용 전파흡수체 연구가 시

작으로 알려지고 있다. 많은 과학기술 개발이 그렇듯이 전파흡수체도 군사적 이용을 목적으로 급속히 연구가 진행되어 왔다. 제2차 세계대전 중 1945년 독일의 잠수함이 연합군의 레이더로부터 탐지 억제를 위해 그림 1처럼 잠수함의 잠망경과 환기장치에 전파흡수체를 사용한 것이 첫 번째 스텔스 실용화의 예로 잘 알려져 있다[2].

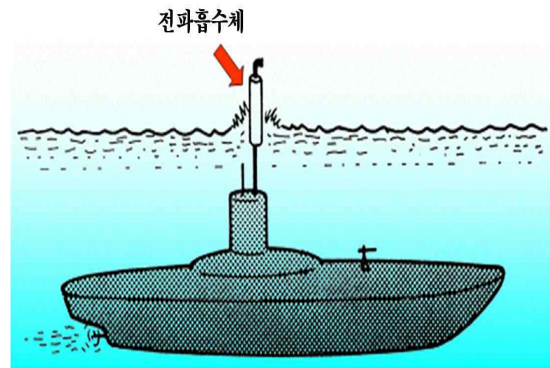


그림 1. 스텔스 최초 실용화의 예

스텔스 기술 중에서 주요 위협신호 분야는 레이더, 적외선, 음향신호 등이 있으며, 이 중에서 레이더 반사 단면적(RCS: Radar Cross Section)을 최소화시키는 것이 핵심 기술로 잘 알려져 있다.

### 2.2 레이더 스텔스

레이더 스텔스는 표적의 레이더 신호를 레이더 수

신기 방향으로 반사시키는 표적특성을 감소시키는 것이 핵심기술이다. 따라서 레이더 반사 단면적을 감소시키는 스텔스 기술은 두 가지 방법으로 플랫폼을 형상화하는 것과 전체적 또는 부분적으로 RAM(Radar Absorbing Material)을 이용하는 것이다[5].

그림 2는 레이더 스텔스 개념도 이다.

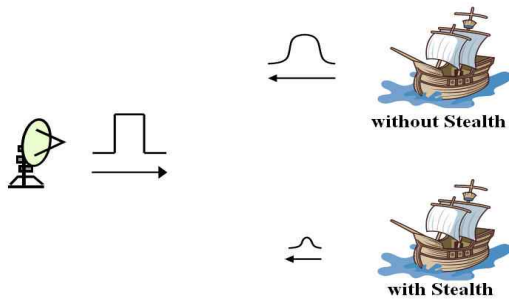


그림 2. 레이더 스텔스 개념

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[5],[6].

### 2.3 적외선 스텔스

적외선은 RF(Radio Frequency) 신호와는 달리 처리기술의 개발이 부진하여 사용이 제한되었다가 최근 들어 과학기술의 발달과 적외선이 지닌 여러 특성을 살려 다양한 분야에서 적외선이 활용이 증대되고 있으며, 군방 분야에서도 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.

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[7].

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

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

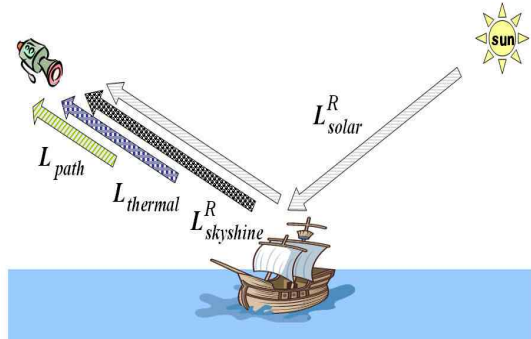


그림 3. 함정에서 방출되는 복사휘도

### 2.4 음향 스텔스

수중에서 음향신호는 주파수 영역이 광범위할 뿐만 아니라 원거리까지 전파되어 해군 무기체계에서 수중에서의 통신과 탐지/피탐지 분야 등에 이용되는 핵심 요소이다[8].

따라서 음향 스텔스 기술은 수동 탐지에 대비하기 위해 자함의 음향신호 발생을 제어하고, 상대의 능동 탐지에 대비하기 위해 탐지신호인 음향신호를 난반사시키거나 흡수하여 신호를 감소 또는 억제하는 기술을 말한다.

자함의 음향신호를 제어하는 방법은 각종 장비들의 소음 발생을 최소화하는 것으로 소음 발생이 큰 주 추진계통에 대해서 소음을 감소시키는 저소음 추진 기술이 적용되고 있으며, 각종 장비의 진동이나 소음들을 최대한 감소시키기 위해 진동차단 시스템이나 고

무를 이용하여 음향을 차폐하여 소음을 제거하는 기술이 적용되고 있다.

그리고 상대 능동탐지에 대비하기 위한 방법은 주로 사용 주파수 대역에 대한 흡수 재료에 의존하지만, 사용 주파수에 따른 재료의 두께 제한으로 많은 제약이 있다.

그림 4는 음향 스텔스의 개념도이다.

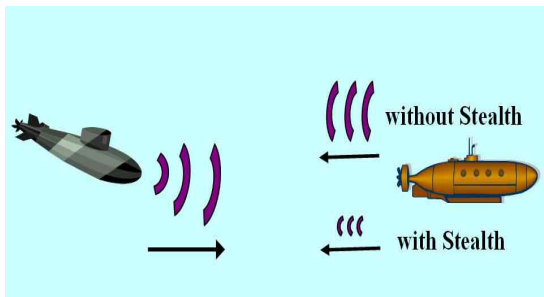


그림 4. 음향 스텔스 개념도

## 2.4 시각 스텔스

시각 스텔스는 플랫폼을 시각적 스펙트럼 범위 내에서 위장하고, 모든 윤곽과 형태를 은폐하기 위해 위장망 형태로 육군 중심으로 많이 발전하고 있는 추세이다.

육상에서는 작전지역에 따라 삼림 지대 또는 사막 등의 색채조합으로 시각적 스펙트럼에 가용하도록 개발하고 있으며, 해상에서는 작전 해역의 바다색을 고려하여 최적화 된 색채를 적용하고 있다[4].

## 2.5 스텔스 효과

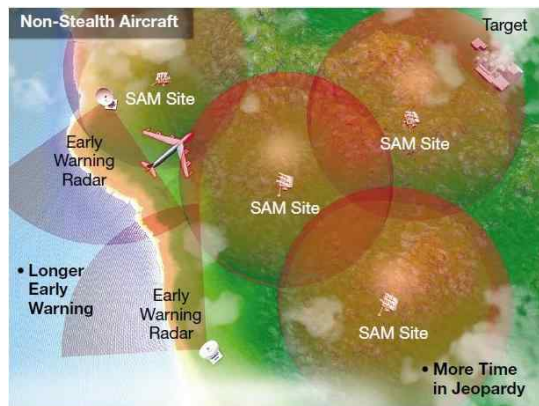
스텔스 효과는 적의 탐지센서로부터 노출되지 않도록 할 뿐만 아니라 노출이 되더라도 기존 탐지거리를 축소 또는 왜곡시켜 적의 상황판단을 어렵게 하고, 아군의 임무완수를 보다 가능하게 할 수 있다.

그림 5는 레이더 스텔스 측면에서 스텔스 효과로 레이더 반사 단면적이 어느 정도 축소되는지를 보여주는 것이다. 이러한 레이더 반사 단면적을 최소화하는 것은 레이더 탐지거리를 감소시키는 효과가 있다. 만약, 레이더 반사 단면적이 최초 값의 0.5배(50%)로 감소되면, 식(1)에서 나타나는 봐와 같이 탐지거리는 최초 값의 0.84배(84%)로 감소되는 효과가 있다.

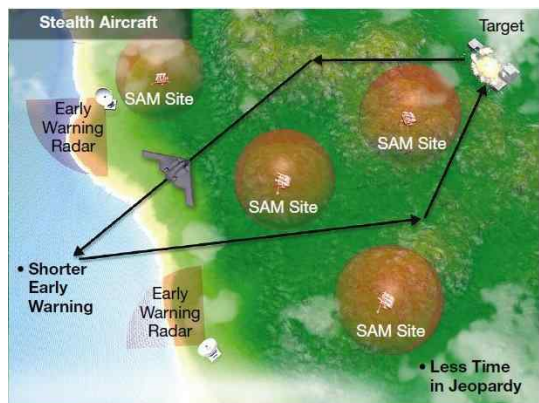
그림 6은 항공 무기체계인 전투기가 적 지역에 침입하여 대공 방공망을 피해 목표물을 공격하여 임무를 완수할 가능성을 스텔스 전과 스텔스 후로 도시한 그림이다[9].



그림 5. 스텔스효과에 따른 레이더 반사 단면적 변화



(a) 스텔스 전



(b) 스텔스 후

그림 6. 전투기가 적 진에서 임무 완수를 위한 스텔스 효과

(출처: Analogues of Stealth, p.11)

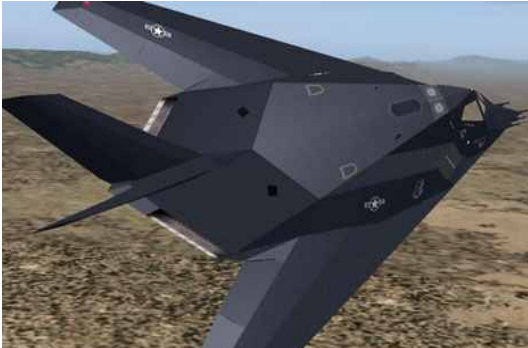
### III. 무기체계별 기술 동향

#### 3.1 항공 무기체계

항공 무기체계는 항공분야와 관련하여 공중 공간에서 전투에 사용하기 위한 목적이 있거나 운용이 공중 공간을 통해 이루어지는 무기체계를 말하며, 대표적인 무기체계가 항공기이다.

항공기는 임무에 따라 전투기, 수송기, 헬기 등으로 구분할 수 있으며, 공대공 또는 공대지 공격을 겸비한 전투기는 임무완수를 위해 스텔스화가 필수적이라 할 수 있다.

항공기는 많은 유효 모서리들을 갖고 있으며, 이러한 곳에 레이더 반사 단면적을 최소화하기 위해 형상화와 여분의 전파에너지를 제거 또는 최소화하기 위해 흡수골재나 전파흡수체, 전파흡수 페인트를 사용하고 있다. 또한 적외선 및 시각 스텔스를 추가하여 적의 탐지로부터 생존성을 향상시키고 있다.



(a) 미국의 F-117 나이트호크



(b) 미국의 F-22 랩터

그림 7. 스텔스화 되어 있는 최신 전투기 모습

세계 강대국의 전투기 중 스텔스화가 되어있는 대표적인 전투기는 미국의 F-117 나이트호크와 F-22 랩터이며, 그림 7과 같다.

1982년부터 2008년까지 미국의 주력 전투기로 사용되어온 F-117 나이트호크는 표면에 RAM을 코팅하고, 5개의 모서리 부분에 흡수골재를 부착하여 레이더 스텔스를 적용하였으며, 배기가스를 냉각시켜 배출함으로써 적외선 스텔스도 적용하였다[10].

F-117 나이트호크는 1991년 걸프전 당시 전체 항공 세력의 2% 밖에 안되는 출격으로 전체 전략목표물의 44% 이상을 무력화시킨 것으로 유명하다[11].

F-22 랩터는 F-117 보다 더욱 스텔스를 철저하게 적용하여 설계되어 항공기 형체를 전체적으로 형상화하였을 뿐만 아니라 RAM을 부착하여 레이더 반사파를 축소하였다. 또한 적외선 탐지를 고려하여 엔진 배기가스를 냉각시켜 배출함과 동시에 외관에서 관측되는 적외선 영상을 왜곡시켜 추적이 차단되도록 설계하였다. 또한 음향 스텔스 및 시각 스텔스까지 적용하여 탐지 가능한 모든 분야에 대해서 낮은 반사 신호를 보이도록 설계하였다[12].

F-22 랩터는 2006년 6월 알래스카에서 있었던 Northern Edge 훈련에서 시뮬레이션 결과 144:0의 격추율을 달성하여 차세대 스텔스 전투기로서 높은 명성을 얻은 바 있다[13].

#### 3.2 함정 무기체계

함정은 피탐 방지를 위해 스텔스 선체를 채택하는 추세이며, 우선 선체 경사각과 선체 상부구조에 스텔스 형상 또는 재질을 채택하여 레이더 반사 단면적을 축소시키는 한편, 배기가스 온도 감소장치 등을 설치하여 적외선 신호를 감소시키는 추세이다.

또한 대잠작전 수행 측면에서 수중 방사소음 감소를 위한 기술을 보편적으로 적용하고 있다.

최신에 군함들도 레이더 반사 단면적을 최소화시키기 위해 반사파를 산란시키고 무장이나 탐지센서, 안테나 등은 내부로 은폐하는 스텔스 형상으로 통합마스트를 적용하고, 그것에 부과하여 선체에 전파흡수체를 부착하여 전파에너지를 흡수시키는 스텔스 설계를 하고 있다.

그리고 적외선 신호 감소를 위해 연돌 분산 배치, 폐기관 수면상 설치, 능동 선체 살수장치 적용, 격실 단열

재 시공, 선체 온도센서 등을 적용시키고 있다.

또한 수중 방사소음 감소를 위해 수면하 선형 최적화, 기관 및 발전기 등 차음상자 설치, 흡음재 사용 등을 적용하고 있다.

그림 8은 스텔스화가 되어 있는 대표적인 최신 군함들의 모습이다.



(a) 프랑스 라파예트급 호위함



(b) 스웨덴 비스비급 초계함



(c) 미국의 줌웰트급 구축함

그림 8. 스텔스화가 되어 있는 대표적인 최신 군함의 모습

그림 8의 (a) 프랑스의 라파예급 호위함은 1996년 취역하였으며, 세계에서 최초로 스텔스 설계를 본격적으로 도입한 스텔스 전투함으로 선체는 경사설계와 더불어 적외선 방출을 억제하고 분산시키는 시스템을 탑재하고 있다. 스텔스 결과 레이더 반사 단면적 측면에서 신호강도를 60 %까지 감소시켜 3,000 톤급 함정을 1,200 톤급 함정으로 보이도록 하고 있다[12].

그림 8의 (b) 스웨덴의 비스비급 초계함은 레이더, 음향, 적외선, 시각 탐지에 강하도록 설계되어 표면에 CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)로 구성하고, 표면 앵글은 최소화하여 탐지되는 거리를 감소시켰다 [14].

그림 8의 (c) 미국의 차세대 줌웰트급 구축함은 21세기 미래해전 양상 변화에 맞추어 첨단 기술력을 총동원하여 개발 건조하고 있는 신형 구축함으로 2014년 취역을 목표로 개발되고 있다. 선체는 복합재료로 전파흡수체를 적용하였으며, 수면상 선체의 함교 및 레이더, 통신기용 안테나를 모두 선내 내장하고 통합 마스트를 구현하여 형상화하였다. 음향 스텔스를 위해 모든 장비와 프로펠러 시스템의 진동을 축소하였으며, IPS(Integrated Power System)을 적용하여 전기추진방식을 도입, 함정을 전기력으로 운용하도록 할 예정이다[10].

### 3.3 기동 무기체계

기동 무기체계는 전차나 장갑차 등을 말하며, 세계 대전을 거치면서 대구경의 화력과 장갑에 의한 방호력, 그리고 신속한 기동력을 이점으로 발달하여 왔다.

이러한 기동 무기체계를 탐지, 식별하는 목적으로 사용되는 탐지체계는 주파수 대역이 밀리미터파 영역까지 확대되고, 적외선 영역까지 복합적으로 장착된 탐지체계가 개발 중이다.

따라서 이러한 탐지체계에 대하여 전장에서 생존성 증대, 임무수행 및 전술적인 이점을 확보하기 위해 스텔스가 적용된 위장체계가 사용되고 있으며, 미국이나 이스라엘과 같은 국가에서는 더욱 우수한 성능의 위장체계를 지속 개발 중이다.

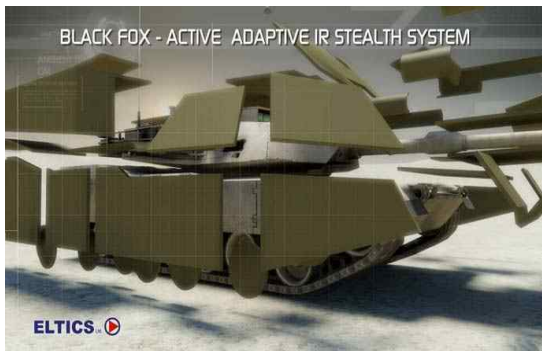
그림 9 (a) 미국의 SAAB BARRACUDA 사가 개발한 ULCANS(Ultra Lightweight CAMouflage Net System)는 색채조합으로 시각 스텔스로 음폐가 가능하

며, 적외선, 레이더 스텔스도 적용되어 있다[15].

그림 9 (b) 이스라엘 ELTICS 사의 Black Fox는 패널 뒤의 주변 배경온도를 측정하여 그에 맞는 열을 발산하도록 조작되는 열 위장장치를 가지고 있다[16].

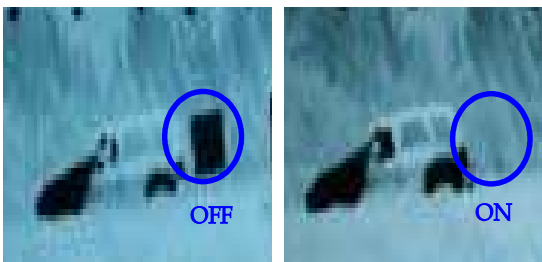


(a) SAAB BARRACUDA사의 ULCANS



(b) ELTICS사의 Black Fox

그림 9. 스텔스화된 최신에 기동 무기체계 모습  
(출처: ULCANS 및 Black Fox 소개 자료)



(a) 스텔스 전

(b) 스텔스 후

그림 10. 육상 기동 무기체계의 스텔스 효과  
(출처: <http://defense-update.com>)

그림 10은 ELTICS 사의 Black Fox의 열 위장 실험 결과를 보여주는 것으로 스텔스를 작동하지 않았을 때에는 탐지되지만, 스텔스를 작동하였을 때에는 탐지되지 않았다[17].

#### IV. 전 망

미래전은 군사과학기술의 발달로 다양한 타격수단에 의한 장거리 정밀교전이 보편화되고, 정찰·감시 기능 및 지휘통제기능과 연계한 타격복합체계로 운용되며, 전쟁수행개념도 기존의 플랫폼중심 작전환경에서 다양한 작전요소들이 상호 연결되는 네트워크중심 작전환경으로 변화하고 있다.

따라서 이러한 변화 속에서 점점 정교해지는 탐지센서, 다기능·다차원의 탐지센서를 피해 생존성 향상을 위해 적으로부터 탐지되는 것을 최소화할 수 있는 스텔스 능력은 플랫폼이 더욱 은폐되고, 투명화 되는 개념으로 발전할 것이다.

기존의 스텔스 기술은 국방 무기체계인 항공기, 함정, 육상 기동체계가 적의 레이더, 적외선, 음향, 시각 등의 모노스테틱 개념의 탐지센서에 대처하는 형상화 및 흡수재료 사용 등의 수동형 기술이었다면, 미래에는 종래의 재료 개념을 배제하고, 고주파 집적회로 개념을 도입한 새로운 첨단 재료를 임피던스 개념으로 적용하여 멀티스테틱 탐지센서에 인공적으로 대처하는 능동형 기술이 될 것이다.

또한, 컴퓨터와 모든 기술이 융합되어 유비쿼터스 개념으로 컴퓨터 제어가 가능한 통합 스텔스 체계로 발전하게 될 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 권태영, 노훈, 21세기 군사혁신과 미래전, 범문사, 2008.
- [2] 최창목, “새로운 산업쓰레기 전자파를 흡수하라”, D&D FOCUS, pp. 138-142, 2010년 1월.
- [3] 김근홍, “스텔스 기술과 전파 흡수 재료”, 물리학과 첨단기술, pp. 51-55, 2006년 1-2월.
- [4] 최창목, “잠수함의 비음향 스텔스 기법에 관한

연구”, 한국정보통신학회논문지, 제16권, 제6호, pp. 1330-1334, 2012년 6월.

[5] 최창묵, 임봉택, 고평섭, “RF 스텔스 효과를 위한 밀리미터 RAM 개발”, 한국해양정보통신학회논문지, 제13권, 제6호, pp. 1241-1246, 2009년 6월.

[6] Eugene F. Knott et. al., *RADAR CROSS SECTION*, 2nd ed., Scitech, 2004.

[7] 최준혁외 3, “과장별 BRDF 데이터를 이용한 평판의 적외선 복사휘도 특성 분석”, 한국항공우주학회지, 제38권, 제6호, pp. 577-585, 2010년 6월.

[8] 전재진, “음향 스텔스 기술의 개발동향 및 적용사례”, 국방과학기술정보, 제19호, pp. 94-102, 2009년 11-12월.

[9] Robert P. Haffa, et al., “ANALOGUES of STEALTH”, June 2002.

[10] <http://www.fas.org>.

[11] <http://www.wpafb.af.mil>.

[12] <http://www.en.wikipedia.org>.

[13] <http://airforcetimes.com>.

[14] <http://www.kockums.se>.

[15] SAAB, ULCANS.

[16] ELTICS, Black Fox.

[17] <http://defense-update.com>.

저자소개



최창묵(Chang-Mook Choi)

1996년 해군사관학교 기계공학과 (공학사)

2001년 군사과학대학원 해양공학과 (공학석사)

2008년 한국해양대학교 전파공학과 (공학박사)

2008년~현재 해군사관학교 교수

※관심분야 : 전파/위성항법, 전파흡수체 개발