

# 유도무기체계 탐색기 기술에 관한 연구\*

이 영 옥\*\*

## 요 약

본 논문에서는 유도무기체계의 탐색기 기술에 대한 사항과 발전방향에 대해 연구하였다. 탐색기는 유도무기에 탑재되는 장치로서 호밍유도의 구현을 위해 표적을 찾고 확인하여 포착한 후 표적을 추적하며, 유도명령을 계산하는 데 필요한 표적의 방향 또는 위치 정보를 유도조종 장치에 제공하는 일련의 기능들을 수행한다. 따라서 탐색기는 유도무기의 체계 및 유도조종 성능을 결정하는 핵심장치 중의 하나이다. 탐색기는 전술 및 전력용 유도무기에 이르기까지 서로 다른 목표와 사양으로 개발되고 있으며 유도무기체계의 경제성, 운용성, 신뢰성과 명중률의 향상을 위해 설계 요구조건이 더욱 다양화되고 있다. 따라서 본 연구를 통해서 유도무기체계 탐색기의 특성 및 세부기술의 발전방향을 제시하였다.

## A Study on the Seeker Technology in Guided Weapon System

Young Uk Lee\*\*

### ABSTRACT

In this paper, a study on the seeker technology in guided weapon system development. Seeker is guided weapons mounted on the device that is targeted for implementation homing guided looking for confirmation of the target after picking up, tracking, command, induce calculations necessary to induce the target's direction or control device to provide location information to perform a series of features. Therefore, the Seeker is guided weapons systems and important device that determines the performance of one guided control. Explorer is a tactical and strategy guided weapons from different goals and specifications of weapons systems development and encourage economic efficiency, Interoperability, designed to improve the reliability and hit requirements and the more numerous. Therefore, this research through the Explorer's attributes and weapons systems encourage the development direction of the technical details of the offer.

Key words : Seeker

---

\* 본 연구는 2008년도 호원대학교 교내 연구비 지원에 의해 연구되었음.

\*\* 호원대학교 국방과학기술대학 지상무기학과

## 1. 서 론

최근 다각도로 급속히 발전하고 있는 과학기술이 문명의 패러다임이 바뀌고 있는 것을 느낄 수가 있다. 이러한 현상을 많은 과학자들은 과학기술의 혁명이라 하고 최근 100여년 간의 발전이 인류 발생 이후 1900년까지의 과학기술 발전을 능가하였다. 또, 기술혁명이 2년 내에 이루어지고 기술 반감기가 3~4년의 간격으로 대폭 단축되었으며 앞으로 이러한 추세가 계속될 경우 향후 50년 간의 과학기술 발전이 인류발생 이후 지금까지 축적된 모든 과학기술의 발전을 가저울 것으로 전망된다. 특히 통신기술, 우주항공기술, 나노(Nano)기술 등의 비약적인 발전과 더불어 인력 전쟁의 기본구도와 양식이 첨단화, 정밀화되면서 획기적으로 변화를 가져올 것이다. 따라서 본 연구에서는 쉽지는 변화 환경에 맞게 발전되어가는 군사용 무기체계중 유도무기체계의 탐색기 기술에 대해 연구의 초점을 맞추어 진행하였다.

유도무기용 탐색기는 호밍유도탄에 탑재되는 장치로서 호밍유도의 구현을 위해 표적을 찾고 확인하여 포착한 후 표적을 추적하며, 유도명령을 계산하는 데 필요한 표적의 방향 또는 위치 정보를 유도 조종장치에 제공하는 일련의 기능을 수행한다. 따라서 본 연구에서는 광학탐색기와 전파탐색기 기술에 대해 제시하고자 한다.

## 2. 광학탐색기 기술

### 2.1 구 분

탐색기는 유도탄의 종말 유도단계에서 표적지역을 탐색하고 표적을 식별, 포착, 추적하여 그 정보를 유도탄의 유도조종부에 전달하여 유도탄을 표적으로 유도하는 역할을 수행한다. 탐색기는 수중에서 음파를 사용하는 경우를 제외하면 결국 표

적에서 반사 또는 방출되는 전자기파(electromagnetic wave)를 감지하여 표적정보를 획득하게 되며, 감지 파장에 따라 마이크로파 탐색기, 밀리미터파 탐색기, 광학탐색기 등으로 구분할 수 있다.

### 2.2 주요 기능

광학탐색기는 광파, 즉 자외선(UV : 0.4~0.01 $\mu$ m), 가시광선(VIS : 0.4~0.75 $\mu$ m), 적외선(IR 0.75~1,000 $\mu$ m) 영역의 전자기파를 이용하여 표적정보를 획득하는 탐색기를 총칭한다. 광학탐색기는 표적 광파의 발생원에 따라 탐색기 자체가 광원이 되는 능동형(active), 표적 자체가 광원이 되는 수동형(passive), 탐색기도 아니고 표적도 아닌 제 3의 물체인 반능동형(semi-active)으로 나눌 수 있다.

반능동형에서는 대부분의 경우 태양 또는 레이저 조사장치(designator)를 광원으로 사용한다. 태양 반사를 이용하는 경우는 태양의 스펙트럼 분포에 따라 가시광선과 1 $\mu$ m 이하의 파장을 가지는 근적외선(NIR) 대역이 선택된다. 레이저 파장 대역은 소형 고출력 레이저 발전기 제작이 가능한 근적외선 대역이 많이 사용된다. 능동형에서도 다양한 광원을 고려할 수 있으나 실용성을 감안하면 여러 종류의 레이저로 국한되며 같은 이유로 근적외선 대역이 선호된다.

수동형에서 중요하게 고려되어야 하는 표적 자체의 복사 스펙트럼은 주로 표적의 표면온도에 의해 결정된다. 상온에서 수백도 $^{\circ}$ C 범위의 온도에서는 주로 중적외선(MWIR : 3~5 $\mu$ m)과 원적외선(LWIR : 8~14 $\mu$ m) 대역의 빛이 방출되며 온도가 더욱 높아짐에 따라 근적외선, 가시광선, 자외선의 차례로 짧은 파장의 빛이 방출된다. 따라서 수동형에서는 대부분의 경우 중적외선과 원적외선 대역이 사용된다. 제트 엔진의 노즐과 같이 온도가 높은 표적을 대상으로 하는 경우 2~3 $\mu$ m의 근적외선이 사용될 수 있으며, 가시광선이나 자외선의 경우는 온도가 극히 높은 경우, 예를 들어 기만용으로 방출되

는 플레어 등을 감지하기 위한 등의 특수한 목적으로 사용될 뿐이다.

### 2.3 주요기능의 적용

이상에서 개략적으로 설명한 내용을 토대로 광학 스펙트럼의 이용 형태를 정리하면 다음과 같다. 자외선 대역은 휴대용 대공유도무기인 스텔링어 RMP 등 소수의 유도무기가 대방해방책(IRCCM) 목적으로 사용되나 표적 복사 특성, 대기 투과 특성, 광학 소재 등의 제한 조건에 의해 일반화되기 어렵다. 가시광선은 주로 태양을 광원으로 하여 작동하는 TV 카메라를 이용하여 영상추적을 하는 탐색기가 사용하는 대역이다. 이 대역은 파장이 짧으므로 분해능이 우수하고 값싸고 다양한 광학 소재, 성능이 우수한 검출기 등에 의해 정보가 풍부한 고분해능 영상을 쉽게 획득할 수 있는 장점이 있으나, 정보 획득이 태양 상태에 전적으로 의존된다는 단점이 있다. 가시광선 영역은 CCD 소자, CMOS 소자 등 광 검출소자의 발전이 진행되고 있으나 전체적으로 보면 성숙된 분야로 볼 수 있고 적외선 영역은 다음과 같은 다양한 방식으로 사용된다.

#### 2.3.1 근적외선 영상 추적 방식

근적외선은 가시광선 영역과 마찬가지로 태양 빛을 이용하는 영상 획득이 가능하다. 근적외선 영상 추적은 가시광선 영역과 특성이 유사하다.

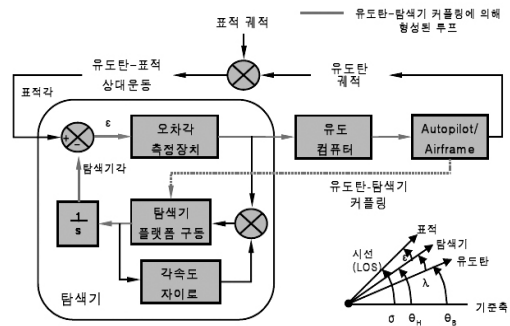
#### 2.3.2 반능동(semi-active) 레이저 · 능동(active) 레이저 추적 방식

외부 또는 탐색기 자체에서 방출되는 레이저 빛이 표적에서 반사되는 것을 이용하여 추적하는 방식이다.

#### 2.3.3 열적외선 추적 방식

열적외선은 물체 구성입자의 열운동에 의해 물

체 자체에서 방출하는 적외선이다. 물체의 온도가 높은 경우는 자외선 또는 가시광선 영역에서도 방출하게 되나, 유도무기의 표적이 되는 대부분의 물체는 주로 중적외선, 또는 원적외선 대역의 적외선을 방출하며, 대부분의 탐색기는 이 대역을 사용한다. 표적 자체에서 방출되는 빛을 이용하므로 “발사 후 망각” 형태의 유도탄이 가능하며, 유도탄 또는 발사체계의 존재가 검출되지 않는 은밀성을 달성할 수 있다. 일반적으로 적외선 탐색기라 하면 이 방식의 탐색기를 의미하기도 하며, 단소자(single element) 검출기에 기반하여 레티클, 십자형 검출기 등 여러 가지 독특한 방식으로 표적의 위치정보를 추출하는 방식과 적외선 영상을 획득하여 영상정보로부터 표적정보를 추출하는 영상 방식(IIR : imaging infrared)으로 대별된다.



(그림 1) 광학 탐색기 적용 무기체계 개념도

(그림 1)은 탐색기가 적용된 유도무기의 개략 구성을 보이고 있다. 탐색기는 표적 시선축(line-of-sight axis)과 탐색기 시축 간의 각, 즉 오차각을 측정하여 이를 감소시키는 방향으로 탐색기를 구동하는 추적루프를 형성하는 한편, 이 정보를 유도 컴퓨터로 제공하여 유도에 사용하도록 한다. 이 과정에서 탐색기 시축이 외란에 의해 흔들리면 오차각을 정확히 측정할 수 없으므로 플랫폼을 안정화시키는 장치가 필요하다. 동체에 탑재된 탐색기로서는 동체 운동에 의한 외란이 가장 중요한

요인이 되므로 탐색기를 동체와 격리하여 안정화 시켜야 한다.

### 2.4 향후 발전추세

고온의 표적을 대상으로 하는 대공 분야는 비교적 단순한 구조의 적외선 탐색기가 적용 가능하여 다른 분야에 비해 먼저 1950년대부터 실용화되기 시작하였으며, 이후 여러 나라에서 다양한 무기체계를 개발해 왔다. 근래에는 발전된 2차원 검출기 기술에 의하여 영상 정보를 이용하는 방향으로 발전하고 있으며, 중간단계 유도과 종말단계의 적외선 탐색기 결합을 통한 중장거리 유도무기에의 적용 및 대탄도탄 유도무기로 확장되고 있는 추세이다.

#### 2.4.1 공대공 분야



(그림 2) 공대공 유도탄

공대공 분야에서는 고속 기동화 하는 유도무기 체계의 발전과 맞맞추어 90° 이상의 매우 큰 시각과 높은 추적 각속도를 달성하는 구조, 초고속 비행 시의 공력 가열 및 입자의 충격을 견디는 돔 소재 적용 등의 추세가 두드러진다.

#### 2.4.2 대지·대함 분야

대지·대함 분야는 배경이 복잡하고 배경과 대상 표적의 온도 차이가 작아 표적 검출이 어려우며, 따라서 온도분해능과 해상도가 좋은 적외선 영상이 필요하다. 이러한 이유로 이 분야는 공대공

유도무기에 비해 비교적 발달이 늦어 미국의 적외선 Maverick(AGM-65D) 및 이와 동일한 탐색기를 이용하는 다른 체계(AGM-130, SLAM 등), 소련의 AS-4(Kitchen), 이스라엘의 Popeye(AGM-142), 노르웨이의 펭귄 등 소수만이 개발되어 왔다.

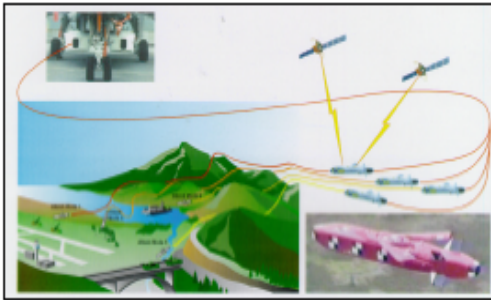


(그림 3) 대전차 유도무기

그러나 최근 발달한 검출기 배열 기술에 의하여 적용 체계가 폭발적으로 늘고 있으며, 대전차 유도무기(Javelin, MACAM, Polyphem 등), 유도포탄·폭탄(PGMM, JDAM 등)과 같은 새로운 분야로 확장되고 있는 추세이다.

또한 탑재 컴퓨터 및 자동인식 소프트웨어의 발달에 따라 “발사 후 표적 고착(LOAL : lockon after launch)” 방식이 가능하게 되어, 관성유도와 같은 중간 단계(mid-course) 유도기법 및 데이터링크 기술을 결합함으로써 적외선 탐색기의 한계를 벗어난 장거리 유도무기의 개발로 이어지고 있다. Storm Shadow/Scalp, KEPD 350, JASSM 등을 예로 들 수 있다.

(그림 4)는 이러한 유도무기체계의 운용 개념을 보이고 있다. 이러한 모드를 가능하게 하기 위해서는 표적에 대한 정확한 정보가 무엇보다도 중요하며, 탐색기로서는 주어진 표적정보와 얻어진 영상을 비교 분석하여 표적을 자동 인식하는 기능을 보유해야 하고, 탐색기를 정확히 지향할 수 있는 기능 등이 매우 중요하다.



(그림 4) 정밀타격 유도무기 운용개념

### 3. 전파탐색기 기술

#### 3.1 동작방식

탐색기는 유도탄의 종말 유도단계에서 표적지역을 탐색하고 표적을 식별, 포착, 추적하여 그 결과를 유도탄의 유도조종부에 전달하여 유도탄을 표적으로 유도하는 역할을 수행한다.

탐색기의 동작 방식은 능동형, 반 능동형, 수동형으로 구분할 수 있다.

##### 3.1.1 능동형

능동형은 탐색기자체에 송신기를 내장하여 탐색기가 표적으로 에너지를 보내고 표적에서 반사되어 오는 에너지를 추적하는 방식이다. 이 방식을 사용할 경우의 장점은 유도탄이 발사대로부터 완전히 독립되어 운용될 수 있다는 점이다. 그러나 송신기, 수신기가 탐색기에 동시에 탑재되어야 하므로 그 구조가 매우 복잡하고 비싸지는 단점이 있다. 또한 표적 주변에서 발생하는 반사파들에 의해 탐색기에 들어오는 정보가 매우 복잡해지는 경향이 있다. 탐색기에서 송신되는 전자파 등은 적의 ESM(Electronic Support Measurement) 장비에 노출되기 쉬우므로 이에 의해 유도탄의 위치가 노출되는 단점도 있다.

##### 3.1.2 반 능동형

반 능동형은 탐색기와 분리되어진 레이더 등의 조사장치(illuminator)에 의해 표적을 조사하고 탐색기는 표적으로부터의 반사파를 추적하는 방식으로서, 표적이 선별적으로 조사되므로 비교적 깨끗한 표적신호를 추적할 수 있다. 또한 값비싼 송신장치가 탐색기와 분리되어 있으므로 소모성인 탐색기의 가격이 저렴해지는 장점도 있다. 그러나 조사를 수행하는 병사, 함정, 비행기 등은 유도탄 비행 중 많은 시간을 표적을 지향하고 조사하여야 하므로 그 발사 위치가 노출되어 적의 공격대상이 되기 쉽다. 또한 조사를 유지해야 한다는 조건에 의해 함정 등의 기동성이 제한되기 쉬우므로 적의 공격에 취약할 수 있다. 지구의 곡률 반경에 의해 20~30km 정도로 사거리 제한을 받는 단점도 있다. 레이저를 이용하는 유도탄, 유도포탄·폭탄 등은 거의 반 능동형 방식이다.

##### 3.1.3 수동형

수동형은 표적 자체에서 발생하는 에너지를 이용하는 방식으로서, 능동형과 마찬가지로 자율적으로 운용할 수 있는 장점이 있으나 표적의 특성 및 주변 조건에 민감한 단점이 있다. 표적의 열에너지에 의해 발생하는 적외선, 밀리미터파 등을 이용하는 경우와 레이더, 재머 등에서 방출되는 마이크로파를 이용하는 것이 이 부류에 속한다. 태양에서 발생하는 가시광선을 이용하는 경우는 개념적으로 반 능동형에 속하나, 운용 측면에서 보면 수동형에 가깝다.

#### 3.2 동작방식의 적용

대공·대함 유도탄용으로 광범위하게 쓰이는 전자파탐색기의 경우 장거리에서는 주로능동형이 사용되며 단거리에서는 능동형 또는 반 능동형이 사용된다. 종말유도단계에서의 탐색기 사용을 고려할 때는 사용 파장대역도 고려하여야 한다. 마

이크로파 대역은 일반적으로 안개, 비 등의 투과 특성이 우수하여 전천후로 활용할 수 있으며 주야간 관계없이 사용할 수 있는 이상적인 특성을 지니고 있다. 그러나 마이크로파 탐색기는 빔 폭에 의해 표적 분해능이 결정되며 빔 폭은 사용 주파수 및 유도탄의 구경, 즉 안테나의 크기에 따라 결정되므로 일반적으로 수 도(degree)에 해당하는 빔 폭을 갖는다. 이에 의해 표적 분해능이 제한될 수밖에 없으며 따라서 공격 가치가 높은 표적을 선택하기가 어렵고 또한 비교적 적의 전자적 교란에 약하다. 반면 적외선 대역은 주야간 작동이 가능하지만 전천후로 사용할 수 없다는 제한점이 있으나 표적 분해능이 뛰어나며 표적의 취약지역을 선별적으로 공격할 수 있는 장점이 있다. 밀리미터파 탐색기는 마이크로파와 적외선 탐색기 성능의 중간 특성을 가지고 있다.

### 3.3 향후 발전추세

마이크로파, 밀리미터파 탐색기의 개발이 완료된 상태이며 나아가 SAR 탐색기, 다중 모드 탐색기의 개발을 추진하고 있다. 마이크로파 탐색기의 경우 레이돔형상에 맞는 형상적용 위상배열 안테나의 구현을 통해 김발이 없이 사용할 수 있는 탐색기를 연구 중에 있으며 RF MEMS 기술의 발전에 힘입어 저가 탐색기를 시도하고 있다. 밀리미터 탐색기의 경우는 송신기의 출력증가 및 MMIC의 개발을 통한 가격 절감을 추진하고 있다. 유럽에서 탐색기 기술이 뛰어난 프랑스의 경우 미국과 같은 추세로 개발을 추진하고 있으나 SAR 탐색기의 개발에 대해서는 알려져 있지 않다. 러시아는 DSP 등의 전자 부품에 있어서 미국에 비해 1~2세대 뒤져 있으므로 탐색기의 기능화 및 자율화면에서 유럽이나 미국에 비해 뒤떨어지리라 추측된다. 마이크로파 탐색기의 경우는 서구와는 달리 Multi-Beam Klystron이라는 독자적인 송신기술을 개발하여 활용하고 있다.

## 4. 탐색기분야 기술동향

### 4.1 과학기술 발전추세

탐색기 기술의 발전은 과학기술의 발전과 같이 이루어지고 있다. 특히 전자기술의 발전 즉 전자소자용 신소재의 개발, 신소재를 이용한 고집적회로 및 소자, 이에 따른 신호처리 기술의 발전과 신호 검출용 신소재의 개발로 탐색기 개발기술의 발전은 가속화되고 있다.

#### 4.1.1 컴퓨터기술 발전

고도의 컴퓨터기술 발전에 의한 탐색기의 인공지능화로 표적의 탐색, 식별, 인식 및 포착 등을 탐색기 스스로 행하여 표적의 위치신호를 도출함으로써 유도탄은 자율유도가 가능하고 사격후 망각(Fire and Forget)과 중기 및 종말유도를 분리 적용하는 복합유도가 가능하여 유도탄의 사거리 연장도 가능하게 된다.

#### 4.1.2 전자공학의 발전

고도의 극소 전자공학의 발전으로 탐색기가 복잡한 다기능을 수행하면서 하드웨어는 소형화 및 높은 신뢰도를 이룩하게 되어 유도탄의 속도 등의 기능 향상을 이룩하게 된다.

#### 4.1.3 Sensor의 기술 발전

표적신호의 검출을 위한 센스의 신소재 및 다소자 기술의 발전으로 일반적인 초고주파 및 적외선 표적신호에서 밀리미터파, 원적외선 및 자외선 영역의 신호를 검출할 수 있는 기술로 발전하게 되었다. 그리하여 탐색기는 표적이 보유한 고유 신호를 검출하게 되어 고성능 수동형 탐색기를 개발할 수 있게 되며, 표적의 대응책(ECM)에 대한 반대응책(ECCM)의 방법이 강화된다.

## 4.2 탐색기 성능 및 기능향상 요구사항

과학기술의 발전으로 유도탄을 대항하기 위한 대상 표적의 기술도 발전하고 있어 유도탄도 표적의 대항책에 대한 반대대항책의 보유가 필요하다. 이를 분야별 구분 정리하면 다음과 같다.

전천후 기상조건에서 원거리 표적의 탐지가 가능한 탐색기의 성능이 요구되어 이를 적외선 영상, 능동형 초고주파, 밀리미터파 탐색기 분야에서 기술을 개발하고 있다.

### 4.2.1 주요 요구사항

첫째, 유도탄 사용자의 운용의 편의성 및 사격 후 사격위치 노출 등에 따른 사수의 생존성 보호를 위한 사격후 망각(Fire and Forget)이 가능한 수동형 및 능동형 탐색기가 요구된다. 둘째, 표적의 전자/광학 대응책에 대항하기 위한 반전자/반광학 대응책 능력의 증대가 요구되어 인공지능화 기술의 발전이 필요하다. 셋째, 유도탄의 작전능력 향상을 위한 유도탄의 기동성 및 속도향상과 복합 유도를 위하여 탐색기의 소형화와 동일 유도탄 체계에서 표적에 따라 적용되는 탐색기를 교환 사용할 수 있는 탐색기 모듈화가 요구된다.

## 5. 결 론

본 논문에서 연구한 바와 같이 유도무기에 사용되는 탐색기는 여러 가지 기술이 종합된 복합기술로 이루어진 정밀한 장치로서 그 소요기술 분야는 전 과학기술 분야에 걸쳐있으며, 독자적인 유도무기체계의 연구개발과 직결된 탐색기의 개발기술의 확보는 필수적인 목표라 하겠다. 탐색기 연구를 위한 기술자료 및 관련 부품을 선진국으로부터 획득 하는 데 많은 어려움이 있고 선진국의 기술보호정책에 따른 관련 자료의 획득과 주요부품의 수출통제 등이 더욱 강화될 것으로 판단되어 국산화 개발의 필요성이 더 가속화 된다. 현재 국내에서는 단소자 적외선 탐색기의 개발에 필요한 기술은

상당히 확보되어 있으나 적외선 검광 전자소재 및 검광기의 개발, 정밀 가공기술의 발전, 신호처리의 신이론과 미소 전자회로 및 소자의 개발 등에 대한 연구가 더 필요하며 추후 영상 탐색기, 고주파와 밀리미터파 탐색기 개발을 위한 관련된 기술 등에 대한 연구가 더욱 필요하다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. Dietrick Lamade II et al., "Microwave Tube Industry Stewardship and the Application of Solid State Technology", NDIA Systems Engineering Conference, 2002.
- [2] Boeing Electron Dynamic Devices, Inc., "Military TWT History", [http://www.boeing.com/ids/edd/mtwt\\_history.html](http://www.boeing.com/ids/edd/mtwt_history.html).
- [3] Frank A. Olson, "Microwave Solid-State Power Amplifier Performance : Present and Future", Microwave Journal, pp. 24-46, Feb. 1995.
- [4] 이재현, "MMIC 기술동향 및 설계 기술", 2002년 2월 전자공학회지, 제29권, 제2호, pp. 25-34.
- [5] 유영근, 염인복, 임종식, 엄만석, 강성춘, "Ka-대역 위성중계기용 저잡음 증폭기 모듈 개발", 1998년도 대한전자공학회 추계종합학술대회 논문집, 제21권, 제2호, pp. 323-326, 1998.



### 이 영 옥

1992년 육군3사관학교 기계공학과 (공학사)

1998년 아주대학교 기계공학과(공학석사)

2008년 충남대학교 메카트로닉스 공학과 박사수료

2005년~2008년 대덕대학 특수무기과 교수

2008년~현재 호원대학교 국방과학기술 대학 교수