

# 자차 송신기 신호 간섭회피 기능을 갖는 차량의 충돌방지 센서

최규남\*

Vehicle Collision Avoidance Sensor with Interference Immunity to Own Transmitted Signal

Kyoo-Nam Choi\*

요 약

저속 전기자동차에 사용되는 차량 간 충돌방지 센서의 간섭저감 방법에 대하여 연구하였다. 앞차에서 송신되는 기준신호를 수신하여 앞차와의 거리를 감지하는 차량 충돌방지용 거리센서는 뒤차를 향하여 발신되는 자차의 송신신호에 의해 간섭되는 것을 피하기 위하여 다양한 방법이 시도된 바 있다. 본 연구에서는 자차 송신신기에서 발신되는 신호에 의한 영향을 위상소거법을 사용하여 감소시켜  $-12\text{dB}$ 의 감쇄 비를 실현하였다. 본 연구에서 시도한 위상소거법은 종래의 시분할 송수신 방법에 비해 연속적인 감시가 가능한 장점이 있다.

ABSTRACT

Interference reduction method of vehicle collision avoidance sensor which is used for the low speed electric vehicle has been investigated. Various methods were attempted for the vehicle collision avoidance distance sensor, which received a transmitted signal from a front driving vehicle to measure the distance between two vehicles, to avoid interference by the own transmitter signal toward the rear following vehicle. In this study,  $-12\text{dB}$  of interference cancellation ratio was realized by using the phase cancellation method to the transmitted signal from the own vehicle. Proposed phase cancellation method is regarded to have the advantage of continuous monitoring in comparison to the conventional time sharing transmitting and receiving method.

키워드

자동차센서, 거리센서, 초장파센서  
Vehicle Sensor, Distance Sensor, VLF Sensor

## 1. 서론

저속 전기자동차의 점진적인 보급은 개방된 도로 및 케도에서 전기자동차 간 충돌사고위험을 증가시키고 있어 이에 대한 방법들이 연구 중이며 일부 적용되고 있다. 이러한 충돌사고를 사전에 감지하여 제동장치를 작동시켜 저속 전기자동차의 안전을 보장하는

충돌방지용 거리센서를 필요로 하였다.

거리측정은 측정 대상 물체의 길이, 폭, 넓이 등의 치수를 계량화하기 위한 기본적인 방법으로, 일상생활은 물론 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있다 [1][2]. 거리측정 센서는 광을 사용하는 방법, 초음파를 사용하는 방법, 전자기파를 사용하는 방법이 있다. 이중 광을 사용하는 거리측정 센서[3]-[5]는 빛을 매

\* 인천대학교 정보통신공학과(knchoi@incheon.ac.kr)

접수일자 : 2012. 12. 08

심사(수정)일자 : 2013. 02. 20

게재확정일자 : 2013. 03. 22

체로 하므로 빠르고 정밀한 측정이 가능하고 기계식과 달리 비접촉으로 측정이 가능하며 환경에 의한 영향이 비교적 적은 장점이 있다. 초음파 거리측정 센서 [6][7]는 저가로 구현할 수 있는 장점이 있으나 지향성이 약하여 주변 환경의 영향을 받는 단점이 있다. 반면에 본 연구에서 다루는 전자기파를 사용하는 방식 [8]-[10]은 전천후 측정이 가능하며 열악한 환경에서도 적용이 가능하여 자동차와 같이 다양한 환경에서도 견뎌야 하는 측정방식에 적합하다.

골프장에서 골프백을 운반하는 골프카트와 같이 지정된 궤도를 운행되는 전기자동차는 전방에서 주행하는 전기자동차로부터 송신되는 차간 거리를 측정할 수 있는 전자파 신호를 수신하지만, 동시에 자신의 차에서 후방에서 따라오는 전기자동차를 위하여 송신되는 거리센서용 전자파 신호가 간섭 신호원으로 작용하게 된다. 따라서 이러한 자기 차로부터 발신되는 송신신호에 대하여 간섭을 받지 않으면서 앞차와의 거리를 감지하는 방법이 필요하였다.

이러한 간섭을 방지하기 위하여 뒤차를 위해 발신하는 자차 송신기로부터 송신 신호가 발신될 때는 앞차에서 발신되는 거리신호에 대한 수신을 멈추고, 반대로 자차 송신기로부터 송신 신호가 발신되지 않을 때만 앞차에서 발신되는 거리신호에 대한 수신을 하여 자차 송신기 신호에 대한 간섭을 회피하는 시분할 송수신 방법이 사용된 바 있다. 그러나 이러한 방식은 자차 송신기로 신호가 발신될 때는 거리 감지를 할 수 없으므로 연속적인 충돌방지 기능을 수행할 수 없는 단점이 있었다. 이렇게 기존의 간섭을 회피하는 방식 [11]-[14]들은 송신과 수신시 시분할 방법을 이용하거나 병행하여 코드를 인식하여 감지하는 방식이었고 연속감시방식에는 적용할 수 없었다.

본 논문에서는 이러한 지정된 트랙을 운행하는 저속 전기자동차 간의 거리를 무선 전자파를 사용하여 자신의 전동차에서 발신되는 송신신호의 간섭을 받지 않고 연속적이면서 동시에 고감도로 측정할 수 있는 방식에 대하여 연구하였다.

## II. 충돌방지센서

그림 1과 같이 앞차의 송신기(TX)에서 발신되는

신호를 뒤차의 수신기(RX)가 수신하여 차간거리를 측정하는 충돌방지센서는 500kHz 이상의 중파(MF)대역 이상의 전자파를 사용하는 경우 거리감지 센서는 외부 기기에 전자파 장애를 야기하므로 근거리전자장(NF: Near Field)을 적용하는 20kHz에서 200kHz에 걸친 초장파(VLF) 주파수 대역이 차간 거리를 감지하는데 일반적으로 사용된다. 근거리전자장을 사용하는 거리 감지방식은 전자기파의 전달효율이 낮아 수신시 신호대잡음(S/N)비가 낮으므로 고감도 수신방식을 구현할 필요가 있다.

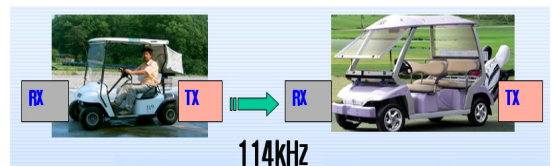


그림 1. 충돌방지센서 장착 개념도  
Fig. 1 Concept of collision avoidance sensor mounting

### 2.1. 안테나

전자파는 그림 2에 보이는 것과 같이 안테나에서 3파장( $3\lambda$ )에 해당하는 거리까지는 비방사 근거리전자장에 해당하여 안테나에서 전달되는 에너지가 거리가 멀어지면 매우 급격하게 감소한다. 이후 방사 근거리전자장 (radiative near field) 영역에서는 진폭에 약간의 변화는 있지만 동일한 에너지로 전파되게 된다. 그림 2에서  $\lambda$ 는 전자파의 파장을, D는 안테나의 최장방향의 지름을 각각 나타낸다.

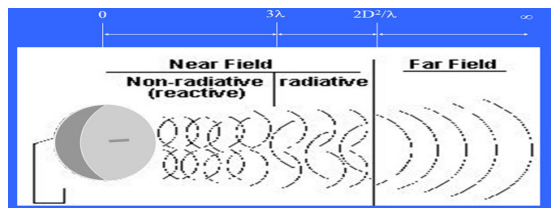


그림 2. 거리와 전자파의 방사 관계  
Fig. 2 Relationship between distance and electromagnetic wave radiation

이후 원거리전자장(Far Field) 영역에서는 전자파는 방향에 관계없이 거리의 제곱에 반비례하는 전계 강도로 감소하게 된다. 안테나에서 거리 R 떨어진 지

점의 전력밀도  $P_D$ 는 송신전력을  $P_t$ , 안테나 이득을  $G_t$ 라고 하면 다음 식 (1)과 같이 나타내어진다.

$$P_D = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \quad (1)$$

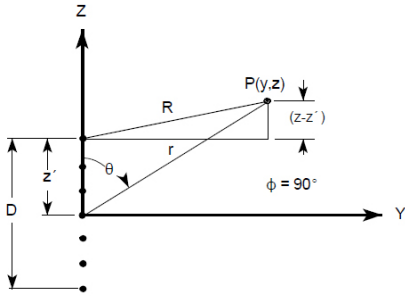


그림 3. 근거리전자장에서의 안테나로부터의 거리  
Fig. 3 Distance from antenna in near field radiation

근거리 전자장에서는 그림 3에서와 같이 길이 D의 안테나가 Z축 방향으로 위치하고 전자파가 Y축 방향으로 방사된다면 송신기 안테나에서 물체 P까지의 거리 R은 이항전개하면 다음 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$R = \sqrt{r'^2 + [-2(rcos\theta)z'] + (z')^2} \quad (2)$$

$$= r - z' \cos\theta + \frac{(z')^2 \sin^2\theta}{2r} + ..$$

특히 충돌방지 센서에 사용되는 1과장 미만의 매우 짧은 거리에서는 안테나에서 방사되는 에너지가 물체에서 흡수된 후 다시 송신기에 귀환되어 돌아와 송신기의 부하는 증가하고 안테나의 임피던스는 감소하여 송신기 측에서는 외부에서 전력이 흡수되는 것과 같은 영향을 미쳐 결과적으로 정재파비(VSWR)와 방사 패턴에 영향을 주게 된다. 본 연구에서 사용되는 충돌방지 센서와 같이 안테나의 크기가 전자파의 파장에 비하여 매우 적은 단안테나(short antenna)의 경우는 특정 시점에서는 안테나 내부의 어느 지점에서나 전하량이 거의 동일하며 안테나의 크기는 전파의 특성에 별다른 영향을 주지 않는다. 또한 근거리전자장에서는 전기장과 자기장 상호간의 연관성이 적으며 각각 다른 독립적인 극성을 갖게 되며 안테나에 흐르는 전류와 안테나의 인덕턴스와 안테나와 물체 간에 형

성된 용량의 영향으로 거리가 멀어지면 전력밀도가 급격하게 감소하게 된다.

## 2.2. 수신기

근거리 전자장에서 수신되는 전자파는 거리가 조금만 떨어져도 전력밀도가 급격히 감소되어 수신할 수 없게 된다. 따라서 잡음영역에서도 신호를 복구할 수 있는 수신법이 요구된다. 송신기로부터 발신되는 신호에는 주파수, 진폭, 위상의 3가지 지문이 있으며 이 중 1차적으로 주파수를 선택적으로 수신하여 주변 잡음에 의한 영향을 감쇄시키고 다음으로 그림 4와 같은 위상의 변화량을 측정하여 거리 정보를 검출하게 된다. 여기서 앞서로부터 송신되어 수신하는 신호의 전력밀도가 차차 내 송신기에서 발신되는 신호보다 약하여 간섭을 받게 되므로 차차 송신기 신호 간섭회피 기능이 필요하게 된다.

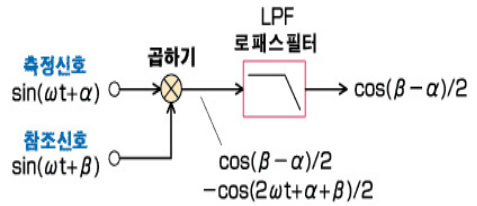


그림 4. 위상감지 개념도  
Fig. 4 Concept of phase detection

## 2.3. 차차 송신기 신호 간섭회피 방식

위상 감지 방식에서는 그림 5에서와 같이 측정신호와 참조신호 간에 90도 위상차가 발생하면 신호가 소거되므로 이를 이용하여 차차 송신기 신호를 소거하는 방식을 구현한다.

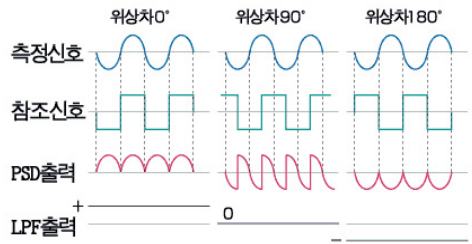


그림 5. 위상감지 방식에서 위상차 관계  
Fig. 5 Relation between phase difference in PSD

아래 그림 6에서 송신기에서 발진된 정현파 신호를 증폭한 후 한편은 전력증폭기(PA)로 보내 안테나를 통해 뒤에 오는 차량을 위해 송신하고 다른 한편은 위상을 조정하여 수신기내 가산기(⊕)에 참조신호로 보낸다.

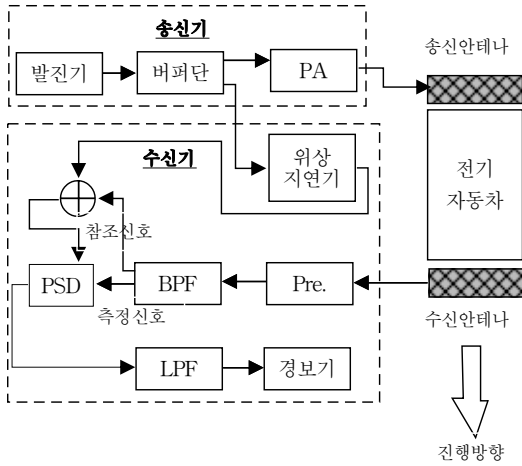


그림 6. 자차 송신기 신호 회피기능 거리센서 개념도  
Fig. 6 Concept of distance sensor with interference cancelling capability from transmitter signal of own vehicle

수신기에서는 안테나에서 수신된 신호를 전단증폭기(Pre.)에서 증폭한 후 대역통과필터(BPF)를 통과시켜 송신주파수만을 걸러내고 그 출력을 한편은 가산기에 참조신호로 보내고 다른 한편으로는 위상감지기(PSD)에 측정신호로 보낸다. 수신기의 대역통과필터를 통과한 신호에는 앞차로부터 수신된 거리정보 신호와 자차 송신기에서 간섭되어 들어온 2개의 신호들이 존재하게 된다. 이 때 위상감지기(PSD)기는 다른 한편으로 가산기에서 더해진 2개의 참조신호를 받게 되는데, 이 중 수신기의 대역통과필터에서 출력되는 참조신호는 앞차로부터 수신된 거리정보 신호와 자차 송신기에서 간섭되어 들어온 2개의 신호들이 혼합되어 있으며, 송신기의 버퍼단에서 오는 참조신호는 자차 송신기 신호를 감지하는데 사용된다. 이때 수신기의 위상지연기를 조정하여 자차 송신기에서 오는 참조신호와 수신기의 대역통과필터를 통해서 오는 자차 송신기 신호가 90도 위상차를 갖도록 수신기의 위상지연기를 조정하면 자차 송신기로부터의 간섭신호를 소거할

수 있게 된다. 이렇게 자차 송신기로부터의 간섭신호가 소거된 앞차로부터 수신된 거리정보 신호를 위상감지기(PSD)에서 검파하고 저역통과필터(LPF)를 통과하게 되면 앞차와의 거리에 비례한 직류전압 출력을 얻게 된다.

### III. 실험

114kHz 주파수를 발신하는 송신기를 제작하고 이를 수신할 수 있는 위상감지 방식 수신기를 제작하였다. 수신기는 자차 송신기로부터의 간섭신호를 소거할 수 있도록 자차 송신기 신호 간섭회피 기능을 부가하였다.

#### 3.1. 안테나

안테나는 측면에서 들어오는 주변 전자파 잡음에 대한 감도를 낮추고 전방에서 주행하는 차량에 대한 선택도를 높이기 위하여 그림 7과 같은  $L=90\mu\text{H}$ ,  $Q$ 값은 7을 갖는 평면 구조의 루프 안테나를 제작하였다.

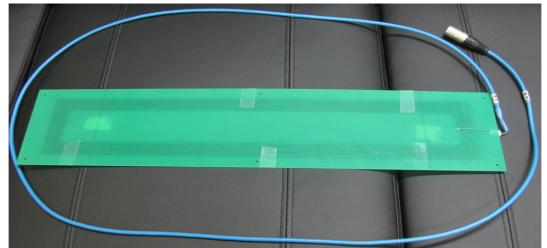


그림 7. 충돌방지 센서에 사용된 평면 루프안테나  
Fig. 7 Planar loop antenna used for collision avoidance sensor

루프안테나의 구조는 560mm x 101mm의 크기로 권선회수는 11회를 갖는 구조로 PCB 위에 구현하였다.

#### 3.2. 송신기

그림 8과 같이 제작된 송신기는 주변잡음의 영향을 줄이기 위하여 114kHz의 정현파 형태의 반송파를 200Hz로 변조하여 송출하는 방식을 사용하였다. 반송파는 주변 온도변화에 의한 주파수변화량을 최소화하기 위하여 디지털신호합성기(DDS) 방식을 사용하였다. 또한 전력증폭기(PA)는 외부 영향을 최소화하기

위하여 2개의 전력증폭기(PA)를 사용하여 평형브리지 구동방식으로 안테나와 매칭 시켰다. 이렇게 시작된 송신기의 외관을 그림 9(a)에 보이고 있다.

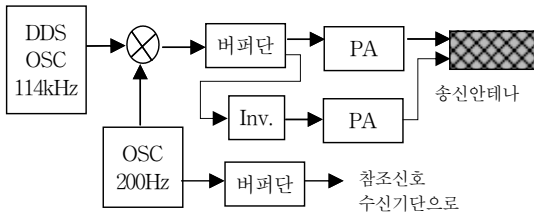


그림 8. 송신기 회로 블록도  
Fig. 8 Block diagram of transmitter circuit



그림 9. 충돌방지 센서 ; (a) 송신기, (b) 수신기  
Fig. 9 Collision avoidance Sensor ; (a) Transmitter, (b) Receiver

### 3.3. 수신기

수신기도 역시 외부에서 유입되는 잡음의 영향을 최소화하기 위하여 안테나에서 수신된 변조파 신호를 전단증폭기(Pre.)에서 증폭한 후 반송파 신호를 114kHz 대역통과필터(BPF)를 통해 걸러내고 포락선을 검파하여 200Hz 신호를 추출한다. 이렇게 추출된 신호는 그림 6의 위상감지기(PSD)와 가산기(⊕)에 인가되어 2.3절에 설명된 방식으로 자차 송신기로 부터의 간섭신호를 상쇄시키고 앞차로 부터의 거리정보 신호만을 수신할 수 있게 된다. 이렇게 시작된 수신기의 외관을 그림 9(b)에 보이고 있다.

## IV. 결 과

충돌방지 센서의 수신기에서 114kHz 대역통과필터(BPF)를 통과한 후의 변조파 파형을 그림 10(a) 및 10(b)의 상단에 나타내고 하단에는 수신기의 저역통과필터(LPF)를 통과한 후의 직류 출력 파형을 나타내

었다. 거리변화에 따라 직류 출력전압이 3.4V에서 2V로 잡음 없이 변화됨을 알 수 있다.

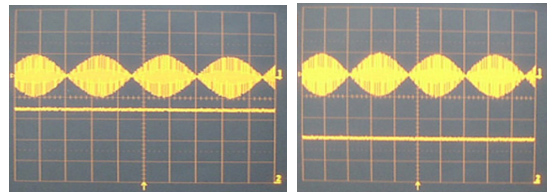


그림 10. 수신기에서의 파형 ; (a)근거리, (b)원거리  
Fig. 10 Receiver waveform ; (a) Near point, (b) Far point

송신안테나와 수신안테나 간의 거리를 변화시키면서 수신기에서의 직류 출력전압을 그림 11과 같이 측정하였다. 거리변화에 따라 출력전압이 비례하여 증감함을 알 수 있다.

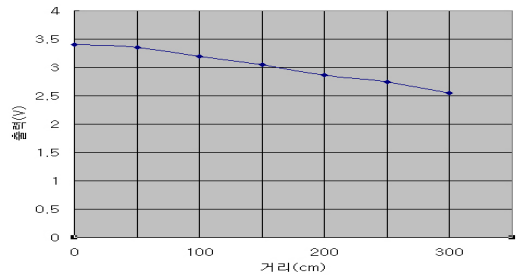


그림 11. 센서의 거리와 출력전압 특성  
Fig. 11 Characteristics of distance versus output voltage

자차수신기에서 자차송신기로 부터의 참조신호의 위상을 지연시키면서 자차송신기로 부터의 간섭신호에 대한 감쇄율을 측정하였다. 이 때 앞차에서 발신되는 거리측정용 송신신호가 없는 상태에서 측정하였다. 측정결과는 최대 위상소거시의 출력전압 0.22V는 최소위상소거시의 출력전압 3.6V와 비교하여 -12dB의 감쇄가 가능함을 보여주었다.

## V. 결 론

지정된 궤도를 운행되는 전기자동차에 사용되는 충

돌방지 센서를 구현하였다. 전방에서 주행하는 전기자동차로부터 송신되는 차간 거리를 측정할 수 있는 전자파 신호를 수신할 때, 자신의 차의 후방에서 따라오는 전기자동차를 위하여 송신되는 거리센서용 전자파 신호에 의한 간섭을 동시에 받게 되므로 이러한 자기차로부터 발신되는 송신신호에 의하여 간섭을 받지 않도록 위상소거법을 사용하여 -12dB의 감쇄가 가능함을 도출하였다. 또한 자차송신기로 부터의 간섭신호를 위상소거법을 사용하여 감쇄시킨 후, 송신기 안테나와 수신기 안테나 간의 거리를 변화시키면서 0-3m 구간에서 측정한 결과 거리에 비례하는 직류 출력전압을 얻을 수 있음을 보여주었다. 골프카트의 자동운행에 사용될 수 있는 충돌방지 센서로의 응용이 기대된다.

**감사의 글**

본 논문은 2012년도 인천대학교 자체연구비 지원에 의하여 수행되었음.

**참고 문헌**

[1] 노성우, 고낙용, 김태균, "위치추정, 충돌회피, 동작계획이 융합된 이동로봇의 자율주행 기술구현", 한국전자통신학회논문지, 6권, 1호, pp. 148-156, 2011.

[2] 배영철, 김천석, 김이곤, 조의주, 박종배, "산업용 레이저 거리 계측기 개발", 한국전자통신학회논문지, 2권, 4호, pp. 228-235, 2007.

[3] K. Konolige, J. Augenbraun, N. Donaldson, C. Fiebig, P. Shah, "Low-cost laser distance sensor", IEEE Int'l Conf. on Robotics and Automation, 2008. ICRA 2008. pp. 3002-3008, 2008.

[4] J. Tiedeke, P. Schabel, E. Rille, "Vehicle distance sensor using a segmented IR laser beam", IEEE 40th Vehicular Technology Conference, pp. 107-112, 1990.

[5] 최규남, "가시광선 영역에서의 선면 감지 센서", 한국전자통신학회논문지, 7권, 2호, pp. 303-308, 2012.

[6] R. Przybyla, A. Flynn, V. Jain, S. Shelton, A. Guedes, I. Izyumin, D. Horsley, B. Boser, "Micromechanical ultrasonic distance sensor

with >1 meter range", 16th Int'l Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Conf. (TRANSDUCERS), pp. 2070-2073, 2011.

[7] 서동진, 노성우, 고낙용, "두 개의 거리 센서를 이용한 차륜형 로봇의 이동물체 추종제어", 한국전자통신학회논문지, 6권, 5호, pp. 765-773, 2011.

[8] T. Fujimoto, M. Mizuno, K. Kanayama, "Electromagnetic-induction vehicle sensor detecting the gradient of magnetic flux", IEEE 40th Vehicular Technology Conference, pp. 86-91, 1990.

[9] L. Zhiwei, "Research on automobile intelligent anti-collision system", Second Int'l Conf. on Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), pp. 4309-4312, 2011.

[10] 김태진, 이영철, 김선호, "도플러 효과를 이용한 마이크로파 센서의 구현", 한국전자통신학회논문지, 4권, 2호, pp. 75-81, 2009.

[11] 박찬호, 김용호, "DS/SS 통신에서 선형 BISP 알고리즘을 이용한 간섭제어", 한국전자통신학회논문지, 2권, 4호, pp. 209-214, 2007.

[12] 김성민, 황석승, "간섭제거를 위한 TPMS 빔형성 기술의 복잡도 비교", 한국전자통신학회논문지, 7권, 6호, pp. 1327-1335, 2012.

[13] 황석승, 김성민, 박철, "Beamforming을 이용한 TPMS 간섭제어", 한국전자통신학회논문지, 6권, 2호, pp. 180-185, 2011.

[14] 김성권, "Monte-Carlo 기반의 간섭분석에 관한 연구", 한국전자통신학회논문지, 3권, 2호, pp. 58-64, 2008.

**저자 소개**



**최규남(Kyoo-Nam Choi)**

1976년 서울대학교 졸업(공학사)  
 1989년 Texas A&M University 전자공학  
 학과 졸업(공학석사)  
 1992년 Texas A&M University 전자공  
 학과 졸업(공학박사)  
 1992~1994년 LG전자기술원 연구실장  
 2000~2002년 미국 CEMDAS연구소 연구원  
 1994~2010년 인천전문대학 정보통신과 교수  
 2010년~현재 인천대학교 정보통신공학과 교수  
 ※ 관심분야 : 광통신시스템, 센서시스템