

논문 2009-6-26

# 수도사업장 감시제어를 위한 무선통신망 도입 신뢰성검증 연구

## Study on Verification Evaluation of Wireless Network Introduction for Waterworks Supervisory and Control

이안규\*, 박은철\*, 이동훈\*, 홍성택\*\*, 김 남\*\*\*

An-Kyu Lee, Eun-Chul Park, Dong-Hoon Lee, Sung-Taek Hong, Nam Kim

요 약 본 논문에서는 지방상수도에서 운영되고 있는 유선망을 무선랜방식의 Wi-Fi망으로 시범도입 하였고 현장 실 증시험을 통해 신뢰성을 검증하였다. 도입된 무선통신망은 기존 유선통신망에 비해서 비용절감 및 고장점 감소를 통 해 정성적 및 정량적으로 효과가 있음이 알 수있었다. 이번 연구로 기존의 광역상수도과 현재 위수탁 운영 중인 지 방상수도 운영관리의 고도화를 위해 무선통신망이 도입 가능함을 입증할 수 있었다.

**Abstract** In this paper, we verified the reliability through local examination by introducing a wired network that is operated at the local waterworks to wireless LAN based Wi-Fi network. The adopted wireless network compared to the existing wired network through saving cost and reducing breakdown points have been proven to be effective qualitatively and quantitatively. This study proved that wireless networks could be introduced for the advancement of operations management of existing metropolitan water supply and the local waterworks that are operating currently.

**Key Words :** Wi-Fi, wireless network, block system, Waterworks.

### I. 서 론

우리나라의 수도서비스는 일반상수도과 공업용수도, 전용수도로 구분된다. 일반상수도는 지방자치단체가 공급주체가 되는 지방상수도과 간이상수도 그리고 국가에서 공급하는 광역상수도로 구분되는데, 광역상수도 사업은 한국수자원공사에 위탁되어 있다.

지방상수도 사업의 경영주체는 원칙적으로 지방자치단체이며 수도의 계획 및 수도시설의 정비·확충, 요금체계 설정 등 상수공급에 관한 모든 업무를 전담한다. 상수

도의 공급에 있어서 국가는 수도에 관한 종합적인 계획 수립과 시책장구 그리고 수도사업자에 대한 기술 및 재정적 지원의 역할을 한다. 광역상수도의 경영주체는 한국수자원공사이며 국가에서 수립한 계획에 따라 사업시행 및 경영·시설관리를 담당한다[1].

산업사회의 발달과 더불어 물 수요량이 급격하게 증가함에 따라 수돗물의 안정적인 공급과 효율적인 이용이 보다 절실하게 요구되고 있다. 이와 같은 요구에 부응하기 위해서는 블록별 배수구역을 대·중·소블록으로 분할하여 유량 및 수압을 감시할 수 있는 블록시스템을 구축함으로써, 상시 또는 지속적인 유량 및 수압 감시를 통하여 누수발생여부 인지를 쉽게 하며, 블록별 공급량 및 소비량, 누수량 등의 측정과 분석을 용이하게 할 수 있다. 또한, 구축된 블록시스템의 유량 및 수압 데이터를 실시

\*정회원, 순천향대학교 컴퓨터학부

\*\*정회원, K-water

\*\*\*정회원, 충북대학교

접수일자 2009.10.17, 수정일자 2009.11.15

간 취득함으로써 블록별 야간최소유량 및 급변하는 수압 변화를 중앙조정실에서 능동적으로 대처할 수 있다[3].

이러한 블록감시의 원리 및 처리기술에 대한 선행연구를 바탕으로 블록시스템과 연계하여 단계별 관망 시설 개선 및 IT기반의 무선통신망 도입을 통한 통합운영 등의 선진운영기법 도입으로 지방상수도 운영의 표준모형을 정립하고자 한다[5].

따라서 본 연구에서는 논산지방상수도 소블럭을 대상으로 현재 운영되고 있는 통신망의 여러 문제점을 개별 비교 검토하여, 신규로 도입되는 무선통신망의 특성과 장단점을 확인하고 현장 실증시험을 통하여 안정적인 통신속도 측정이 가능함을 확인하고자 한다.

## II. 블록시스템 개요

블록이란 상수관망을 구조화하여 단일 유입점을 두어 유량의 행방을 단일화할 수 있는 상수관망 구조로서 그림 1과 같은 블록시스템은 일본 니카타시(新潟市)에서 1964년의 대지진 이후에 이를 복구하기 위하여 적용된 배수관 배수관망조직법을 말한다. 당시에는 재해에 강한 배수시스템의 건설이 주 목적이었지만, 이러한 방법이 배수시스템의 유지관리에도 효율적으로 대처할 수 있다는 것이 증명되면서 일본에서 널리 보급되기 시작하였다.

배수관망의 블록화는 초기에는 복구하기 쉬운 배수관망을 형성한다는 것에 주안점을 두었으나, 최근에는 이에 부가하여 유지관리를 효율적이면서 용이하게 할 수 있는 관망의 형성을 목표로 하고 있다[2][10].

현재에는 이 개념이 우리나라에서도 어느 정도 잘 알려져 있고, 일부의 도시에서 이 개념에 의해 기존 배수관망의 재정비를 진행 중에 있다. 그러나 대부분의 도시는 아직도 기존의 배수관망조직을 그대로 유지하고 있기 때문에 일부 개선되어야 할 점이 있는 것으로 평가되고 있다.



그림 2. 상수도 블록 감시제어시스템  
Fig. 2. Block monitoring and control system

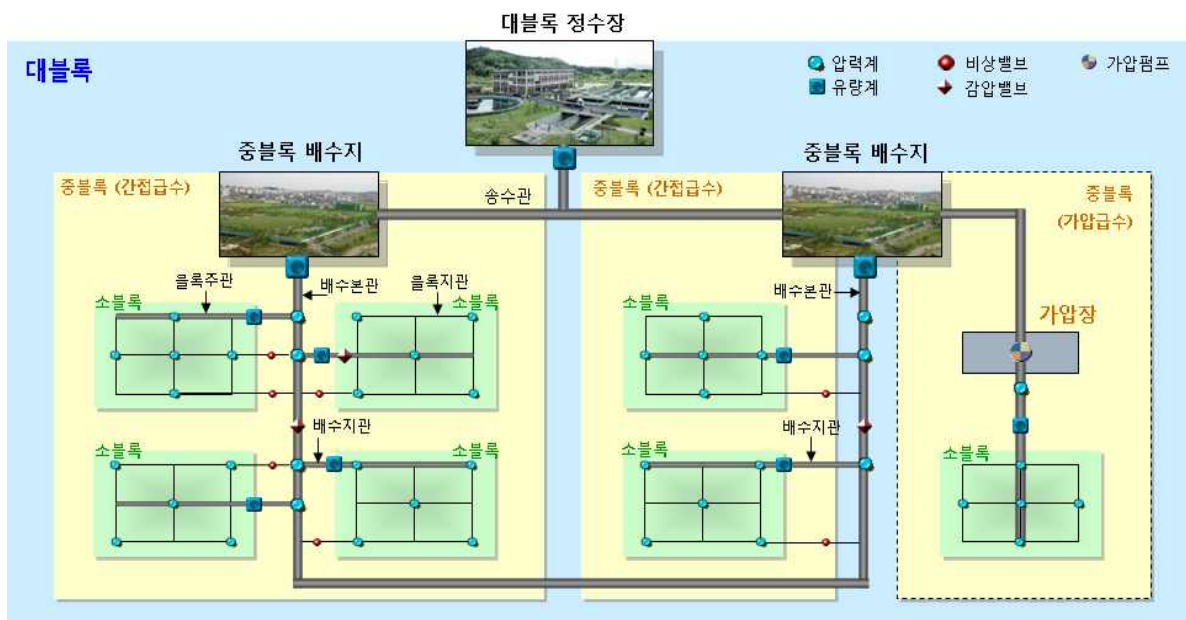


그림 1. 블록시스템  
Fig. 1. Block system

배수관망의 블록화는 여러 가지 장점들을 가지고 있다고 알려져 있으나, 이는 블록시스템이 가지고 있는 소기의 목적을 달성할 수 있도록 배수관망이 구성되어 있을 때의 이점이다. 블록시스템의 구축 목적은 첫째, 수량 배분이 용이하며 둘째, 관부설 계획 및 설계에 용이하며 셋째, 배수 및 유지관리 효율에 용이하며 넷째, 비상시 대응성 향상 및 피해를 최소화할 수 있는데 있다. 이러한 블록시스템은 그림 2와 같이 감시제어시스템과 연계되어 상수도블록 통합운영센터에서 상수관망의 감시제어, 누수탐지가 가능하여 상수도 설비운영의 의사결정에 있어 효율성을 높이고 있다[4][9][11].

### III. 무선통신망

본 연구에서 도입하고자 하는 IT 신기술인 무선랜은 무선 네트워크를 하이파이 오디오처럼 편리하게 쓰게 한다는 뜻에서 와이파이(Wi-Fi)라고도 부른다. 무선접속장치가 설치된 곳을 중심으로 일정 거리 이내에서 PDA나 노트북 컴퓨터를 통해 초고속 인터넷을 이용할 수 있으며, 무선주파수를 이용하므로 전화선이나 전용선이 필요 없으나 PDA나 노트북 컴퓨터에는 무선랜카드가 장착되어 있어야 한다.

IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11.x는 좁은 지역을 위한 컴퓨터 무선 네트워크에 사용되는 기술이며, IEEE의 LAN/MAN(Local Area Network/Metropolitan Area Network) 표준 위원회의 11번째 워킹 그룹에서 개발된 표준 기술을 의미하며, 현재 주로 쓰이는 유선 LAN 형태인 이더넷의 단점을 보완하기 위해 고안된 기술로, 이더넷 네트워크의 말단에 위치해 필요 없는 배선 작업과 유지관리 비용을 최소화하기 위해 널리 쓰이고 있다. 보통 폐쇄되지 않은 넓은 공간에 하나의 핫스팟을 설치하며, 외부 WAN과 백본 스위치, 각 사무실 핫스팟 사이를 이더넷 네트워크로 연결하고, 핫스팟부터 각 사무실의 컴퓨터는 무선으로 연결함으로써 사무실내에 케이블을 번거롭게 설치하고 유지보수를 하지 않아도 되는 장점이 있다. 무선통신망 구축 초기에는 전파 도달거리가 10m에 불과했으나 2000년대에 들어와서는 도달거리가 50~200m 정도까지 대폭 늘어났다. 전송속도가 4~11Mbps로 대용량의 멀티미디어 정보도 주고받을 수 있으며, 장시간 사용해도 사용료가

저렴하고, 이동성과 보안성까지 갖추고 있다[6][7][8]. 수도사업장에 적용되는 무선통신망 구성도는 그림 3과 같다.

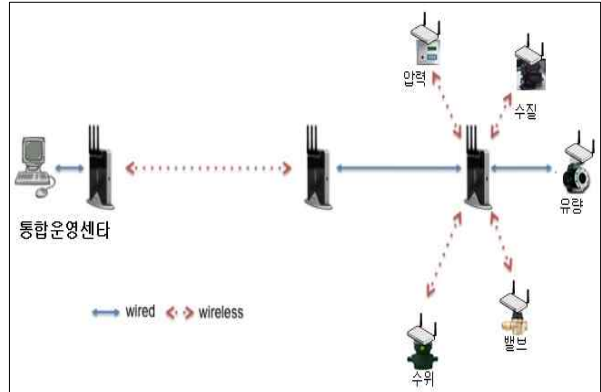


그림 3. 무선통신망 구성도  
Fig. 3. Wireless communication network

### IV. 무선망 기반 시스템 구축

#### 4.1 적용사업장

논산지방상수도는 한구수자원공사와 논산시가 위·수탁 체결하여 운영하는 최초의 지방상수도 시설이며, '04년 인수 후 고객 콜센터를 중심으로 상시 고객민원 처리체계 정립과 유수율 제고 및 지방상수도 경영개선을 위한 단계별 관망 시설개선과 IT기반의 시설현대화를 통한 통합운영 등의 선진운영기법 도입으로 지방상수도 운영의 표준모형을 정립하고 있는 지방상수도의 메카이다.

논산지방상수도는 현재 표 1의 논산지방상수도 사업장 현황과 같이 16개의 사업장에서 펌프, 밸브 설비와 수량, 수압 및 수질현황 등을 센터 중앙조정실에서 원격 통합운영 관리하고 있으며 유수율 제고를 위한 22개소 소블록의 수량 및 수압정보도 감시하고 있다.

또한 가압장 및 배수지 16개소 및 소블록 22개소를 감시제어하기 위하여 논산지방상수도 통신망 현황과 같이 전체 24회선의 통신망을 상시 운영 중에 있다.

표 1. 논산지방상수도 사업장 현황  
Table 1. Non-san waterworks

구분	가압장	배수지	소블록	관로
개소	9개소	7개소	22개소	-
규모	32,640m <sup>3</sup> /일	17,358m <sup>3</sup>	-	534km
대상	8개소	6개소	18개소	

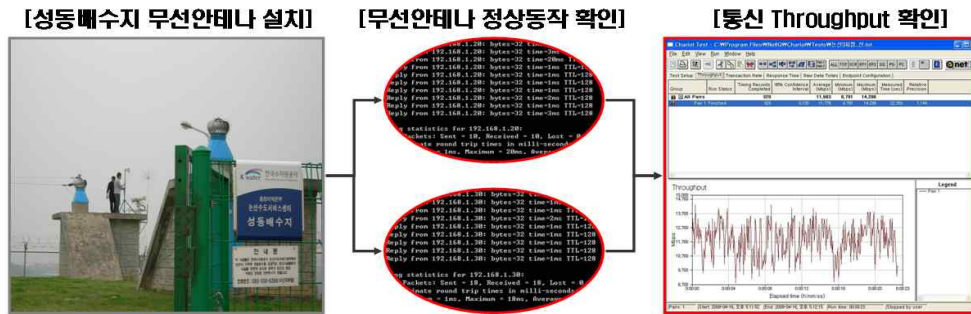


그림 4. 현장 실증실험  
Fig. 4. Site actual experiment

4.2 도입검토

무선랜 방식의 Wi-Fi를 통신망으로 도입하기 위해서 아래와 같이 5가지 사항을 고려하였다. 첫째로 우리공사에서 운영 중인 무선통신망과 도입하고자 하는 IT 신기술인 무선랜 방식의(Wi-Fi)의 성능을 표 2 에서 비교 검토한 결과, 도입하고자 하는 무선랜 방식(Wi-Fi)이 성능 및 경제성 등에서 우월한 것으로 검토되었다.

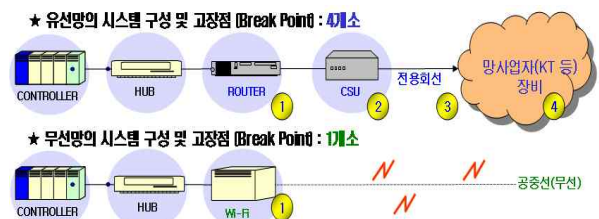


그림 5. 유, 무선통신망 고장점 분석  
Fig. 5. wire and wireless communication network break point analysis

표 2. 무선통신망 비교  
Table 2. Wireless communication comparison

구분	VHF/UHF	CDMA	V-SAT	무선랜 (Wi-Fi)
중심주파수	152.85MHz	800MHz	1.4GHz	2.4/5.0GHz
채널대역폭	9.6kbps	57.6kbps	19.2kbps	10Mbps
인허가사항	2년 주기	없음	2년주기	없음
인터페이스	직렬통신	직렬통신	직렬통신 이더넷	이더넷
용도	우량국 수위국	백업망	백업망	주 통신망
통신 방식	반이중	전이중	전이중	전이중

두 번째로 시범도입 하고자 하는 무선통신망의 성능을 검토하기 위해 논산지방상수도 배수지간에 현장실증 시험을 그림 4와 같이 실시하였다. 실시결과 안정적으로 통신이 개통되었으며 무엇보다도 통신속도가 최소 3.2Mbps에서 최대 14.2Mbps로 측정되어 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

세 번째로 유선통신망과 무선통신망의 고장점을 비교해 보았다. 그림 5에서와 같이 유선통신망은 무선통신망에 비하여 고장점이 3개소 이상 많았으며 이는 고장이 생길 확률이 그만큼 높다는 것이며 유선통신망 선로구간 및 장비의 고장 시에는 우리공사 자체적으로 대처할 수 없는 어려움이 있다.

네 번째로 유, 무선통신망 경제성 및 활용성 등을 검토하였으며 먼저 표 3 에서와 같이 경제성을 비교 검토결과 무선통신망의 망사용료 면제에 따라 유선망에 비해 무선망 도입시 경제적인 것으로 검토되었다.

표 3. 유, 무선통신망 비용비교  
Table 3. Wire and wireless communication cost comparison

유선통신망			무선통신망		
구분	수량	금액	구분	수량	금액
라우터	1 set	2,000천원	무선브리지	1 set	4,000천원
CSU	1 set	600천원	안테나 폴	1 set	500천원
HUB	1 set	500천원			
공사비	1 식	1,000천원	공사비	1 식	1,000천원
망사용료	1회선 (196k)	2,233천원	망 사용료	-	-
<b>계</b>		<b>6,333천원</b>	<b>계</b>		<b>5,500천원</b>

또한 무선통신망은 유선통신망에 비하여 케이블 등에 의한 제약이 없어 가시거리에 있는 어느 곳 이든지 자유롭게 통신망을 구성할 수 있는 장점이 있어 활용성이 매우 높은 편이다.

마지막으로 무선통신망 적용에 따른 보안성 부분을

검토하였다. 먼저 무선통신망은 유선통신망에 비하여 누구나 접속할 수 있어 보안성이 취약한 점을 내포하고 있으나, 유선통신망에 비하여 고주파를 사용하는 특성상 1.0GHz의 발진기를 확보하기 어렵고 동종이상의 장비가 아니면 송/수신이 불가능하며 지향성안테나 사용으로 전파 송/수신 지역이 협소해지므로 전송시 자체 128bit 이상의 암호화된 데이터로 인해 데이터 해킹이 원천적으로 불가능한 것으로 검토되었다.

또한 방화벽 및 VPN 장비로 내·외부 통신망을 완전히 분리하여 안정적인 통신망을 구축할 수 있었다. 그리고 현재 운영되는 있는 감시제어망과도 무선망을 분리시켜 무선통신망으로 침입한 해커 등이 지방상수도 가압장 및 배수지 설비에 대한 제어가 불가능하도록 시스템을 구성하여 안정성을 확보할 수 있었다.

#### 4.3 시범도입

무선통신망의 시범구축은 그림 6의 소블록 감시시스템 구성도와 같이 논산지방상수도의 소블록 시스템에 도입되었다. 현재 구축된 시스템에 의거 중앙조정실에서는 NS블록 8개소와 KG블록 3개소의 유량 및 수압 데이터를 소블록 감시 MMI 화면을 통해 실시간 취득하여 관망 감시를 실시하고 있는 중이며 블록별 야간최소유량 및 급변하는 수압변화도 감시가능하여 능동적으로 대처하고 있다.

#### 4.4 효과분석

수도사업장에 시범구축한 무선통신망의 효과를 정량적 및 정성적으로 분석해본 결과는 아래와 같다.

먼저 정량적 효과로는 '08~'09년 논산지방상수도 소블록 22개소 중 원격감시가 필요한 13개소에 대한 무선통신망 도입 적용으로 기존의 유선망 대체를 통해 통신비가 년 간 7백만원(소블록 13회선 x 6만원/월 x 12개월) 절감 되었으며, 이는 논산지방상수도의 운영기간 25년을 적용 시 175백만원 통신비 즉 운영관리비를 절감하여 논산지방상수도 재무건전성 확보에 일조를 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 사업장 감시제어 회선품질이 기존 192kbps에서 최소 3.2Mbps 이상으로 향상되었고 이는 보안성 검증 후에는 지방상수도뿐만 아니라 광역상수도의 감시제어망까지 확대 적용 할 수 있을 것으로 예상된다.

정성적 효과로는 기존 유선망이 낙뢰 등 자연적 현상에 취약한 반면 무선망 도입시 안정적으로 사업장 운영이 가능하며 자체 기술에 의한 무선망 도입으로 IT기술과 융합된 운영관리 선진화를 통해 기술력을 확보함에 따라 향후 유비쿼터스 체계의 지방상수도 설비운영 고도화의 기본 토대가 될 것으로 판단된다.

### V. 결론

본 연구는 지방상수도에서 운영되고 있는 통신망의 여러 문제점을 비교 검토하여 신규로 도입되는 무선통신망의 특성과 장단점을 확인하고 현장 실증시험을 통해 신뢰성을 검증하였다. 도입된 무선통신망은 기존 유선통신망에 비해서 정량적 및 정성적으로 효과가 있음이 입증되었다. 시범적용된 논산지방상수도는 '08년~'09년 소블록 13개소에 무선통신망 도입으로 년 7백만원으로 25년간 175백만원을 절감할 수 있는 토대를 마련하였고 타

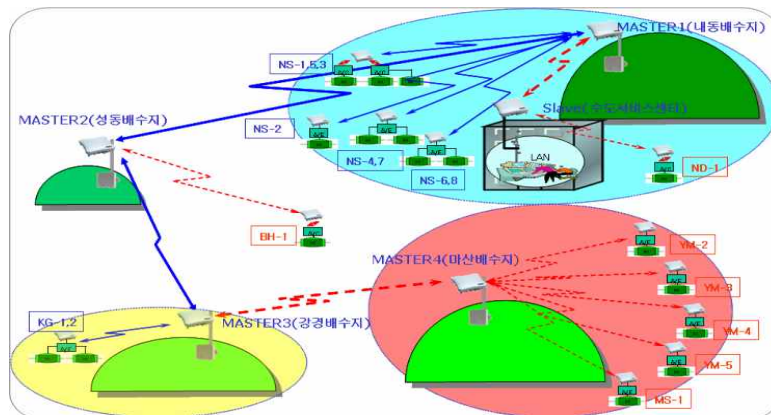


그림 6. 소블록 감시제어시스템  
Fig. 6. Small block monitoring and control system

지방상수도 및 광역상수도에 확대 적용함으로써 우리공사 전체의 통신비 절감과 기존의 유선통신에 국한 되었던 감시제어시스템의 유·무선 통합시스템으로 진화되는 기초 실험 데이터를 제공할 수 있었다. 또한 유선망보다 고장점을 감소시켜 낙뢰 등의 자연 재해에서 안정적인 운영가능함을 알 수 있었고, IT기술과 융합된 운영관리 선진화 기술력을 확보할 수 있었다. 이번 연구로 기존의 광역상수도 와 현재 위·수탁 운영 중인 지방상수도 운영관리 고도화를 위해 무선통신망 도입이 가능함을 입증할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- [1] 환경부, 상수도시설기준, 한국상하수도협회, 2004
- [2] 한국수자원공사(2007) 급배수관망 블록시스템 구축 및 관리 가이드
- [3] 한국수자원공사(2005) 관망정비 업무매뉴얼
- [4] 환경부(2007) 상수도 관망진단 매뉴얼
- [5] 한국수자원공사(2008) 수도계측제어설비 설계지침
- [6] 김진영(2007), 무선통신 시스템 구현, 인터뷰전
- [7] 강영국(2006), 무선통신 기기와 시스템, 차송
- [8] WILLIAM Webb(2007) Wireless Communications: the Future, Wiley
- [9] Gregory J. Kirmeyer et al. (2000) Guidance Manual for Maintaining Distribution System Water Quality, AWWARF.
- [10] John Morrison et al. (2007) DMA Management Guidance Notes, Efficient operation and management, water loss task force, IWA.
- [11] Thornton J. (2002) Water Loss Control Manual, 1st edition, McGraw-Hill. New York, NY.

### 저자 소개

이 안 규(정회원)



- 충북대학교 공학박사수료(정보통신)
- 1996년~현재 : 한국수자원공사 재직

<주관심분야 : RFID/USN 기술, 이동 무선통신, 통합운영, 원격감시제어>

박 은 철(정회원)



- 충남대학교 공학석사(정보통신)
- 1996년~현재 : 한국수자원공사 재직

<주관심분야 : RFID/USN 기술, 이동 무선통신, 통합운영, 원격감시제어>

이 동 훈(정회원)



- 포항공과대학교 공학석사(전기전자)
- 2004년~현재 : 한국수자원공사 재직

<주관심분야 : RFID/USN 기술, 이동 무선통신>

홍 성 택(정회원)



- 충북대학교 공학박사수료(전파공학)
- 1996년~현재 : K-water연구원 재직

<주관심분야 : 전자회로설계, 위성통신망, 원격감시제어, 센서응용>

김 남(정회원)



- 연세대학교 공학박사(광전자공학)
- 1989년~현재 : 충북대학교 교수
- 2000년~2001년 : 미국 Caltech 방문교수
- 2005년~현재 : 충북 BIT 사업단장

<주관심분야 : 전자파해석, 디지털이동통신, EMI/EMC 전자파 인체영향>