

# 고속열차기반의 위성인터넷 서비스 기술개발 동향

■ 신민수, 장대익, 이호진 / 한국전자통신연구원 광역무선기술연구부

## I. 서 론

유럽 및 북미지역에서 주도적으로 고속이동체 대상의 위성인터넷 서비스 기술개발 및 시범서비스를 위한 여러 가지 프로젝트들이 진행 중에 있으며, 이를 통해 이동환경에서의 광대역 통신서비스에 대한 요구가 급증하고 있음을 알 수 있다. 또한, 이러한 서비스 기술개발을 위해 기존의 고정형 위성전송 서비스를 위해 제정된 DVB-S2[1]나 DVB-RCS[2] 규격들을 이동형 서비스가 가능하도록 개정하기 위한 국제표준화 작업도 병행하여 진행되고 있다.

위성통신 시스템은 지상무선망과 달리 넓은 커버리지와 네트워크 구축이 용이하기 때문에 짧은 시간 안에 서비스를 제공할 수 있다는 장점을 이용하여

효율적이면서도 경제적인 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 이유로 인해 차량, 선박, 비행기, 열차 등으로 이동중인 승객들을 대상으로 고속 인터넷 및 방송 서비스를 제공하기 위한 여러 개의 파일럿 프로젝트들[3][4]이 수행되어 왔다. 더욱이 캡펄러나 Wi-Fi/Wibro와 같은 지상무선망과의 연동을 통해 서비스 지역을 확장하기 위한 기술들이 연구되고 있으며, 이러한 시도는 지상무선망 서비스나 위성망 서비스 모두에게 기술적 한계나 경제적 부담을 극복할 수 있는 좋은 대안이 될 것이다.

FIFTH 프로젝트[5][7]는 고속열차를 대상으로 위성을 이용하여 디지털 방송 및 인터넷 서비스를 제공하기 위한 많은 기초연구들을 수행해 왔다. 이 프로젝트에서는 철로상에서의 채널 모델링, 네트워

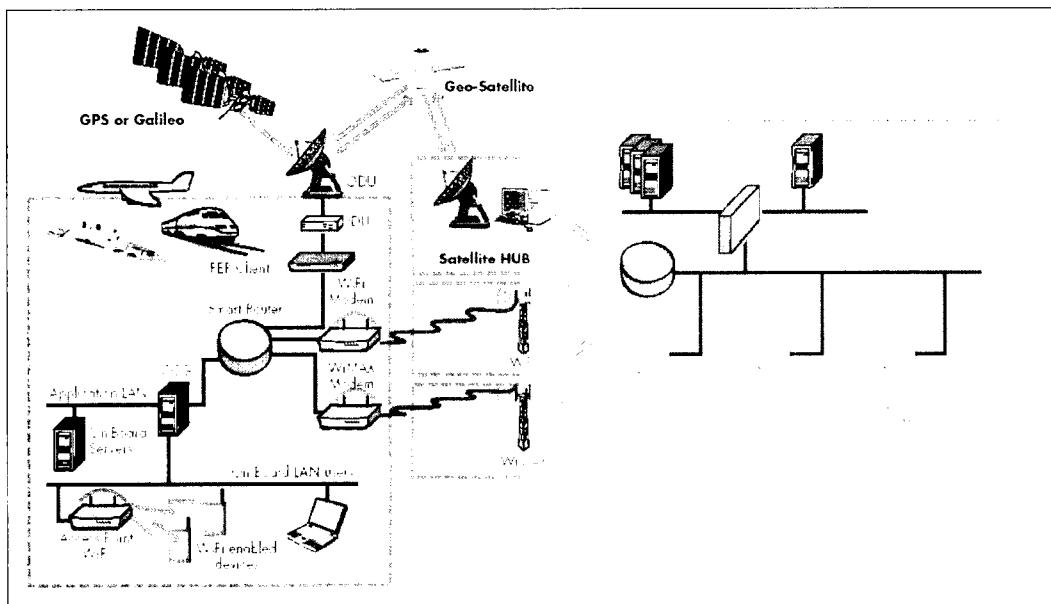
\* 본 연구는 방송통신위원회 및 정보통신연구진흥원의 IT성장동력기술개발 사업의 일환으로 수행하였음. [2006-S-020-03, 고속이동체 인터넷 위성무선연동 기술개발]

크 구조 분석, 서비스 시나리오 등의 연구가 주로 이루어졌다. 또한, SAET 프로젝트[3]에서는 FIFTH 프로젝트의 결과물을 토대로 유럽 지역의 고속열차를 대상으로 위성 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 시스템 설계 및 시제품 제작을 통해 파일럿 테스트를 진행해 왔다. 그 외에도 유럽의 ESA 주도하에 “Broadband on Trains”나 “iHST”와 같은 유수 프로젝트들이 진행 중에 있으며, 영국의 21NET, 스웨덴의 ICOMERA, 캐나다의 Pointshot Wireless와 같은 서비스 사업자들이 시범 서비스 또는 일부 상용 서비스를 제공하고 있다.

본 논문은 위와 같은 고속이동체를 대상으로 위성 방송 및 인터넷 서비스를 제공하기 위한 이동형 위성통신 시스템에 대한 국내외 연구개발 동향 및 시장 전망에 대해 기술한다.

## II. 이동형 위성통신 시스템

이동환경에서의 광대역 통신서비스에 대한 요구는 지상무선망 서비스 분야 뿐만 아니라 위성 서비스 분야에서도 마찬가지로 증가하고 있는 추세이다. 지상무선망 기술은 인구밀도가 높은 도심지역을 중심으로 효과적으로 적용될 수 있는 반면에 항공기나 선박, 열차와 같은 환경은 위성 전송 시스템을 통해 효율적인 서비스를 제공할 수 있는 분야이다. 항공기 시장에서는 주로 장시간 운행을 하는 대형 항공기를 주요 목표로 하며, 이를 항공기는 대부분 대륙간 이동 항로를 운행하기 때문에 전세계적인 커버리지를 요구한다. Connexion By Boeing사는 2004년부터 전세계 주요 항공사를 대상으로 Ku대역을 이용한 위성 인터넷 서비스를 제공한 바 있다(2007년 중반 경영상의 이유로 서비스가 중단됨). 또한, 상업적으



<그림 1> 광대역 이동 위성 통신 시스템 구조[3]

로 가장 가능성이 있는 분야로 열차 시장을 고려할 수 있다. 2006년도 기준으로 유럽지역에서만 800대 이상의 고속열차가 운행 중에 있으며, 비교적 장거리 운행을 하는 1,000대 이상의 통근 열차를 포함하면 실로 매력적인 시장이 될 수 있다[3]. 이를 반증하듯 이 유럽의 EU 및 ESA의 지원을 통해 활발한 연구개발이 이루어지고 있으며, 제한된 성능의 상용화 서비스가 제공되고 있다. 그 외에도 cruise 선이나 ferry 등을 대상으로 한 선박 분야에도 활용이 가능하다.

위성통신의 최대 제약사항 중 하나는 신호의 직진성으로 인해 위성과의 LOS(Line-of-Sight)를 확보해야 한다는 점이다. 이러한 관점에서 봤을 때, 열차를 대상으로 한 위성통신 서비스 제공 기술은 선박이나 항공기 분야에 적용되는 기술들을 기본적으로 포함하면서, 그와 동시에 여러 가지 채널열화 환경을 극복할 수 있는 고성능 전송기술 및 터널이나 역사(railway station) 등의 N-LOS(Non-LOS) 환경을 해결하기 위한 이기종망간의 연동기술이 추가되어야 한다.

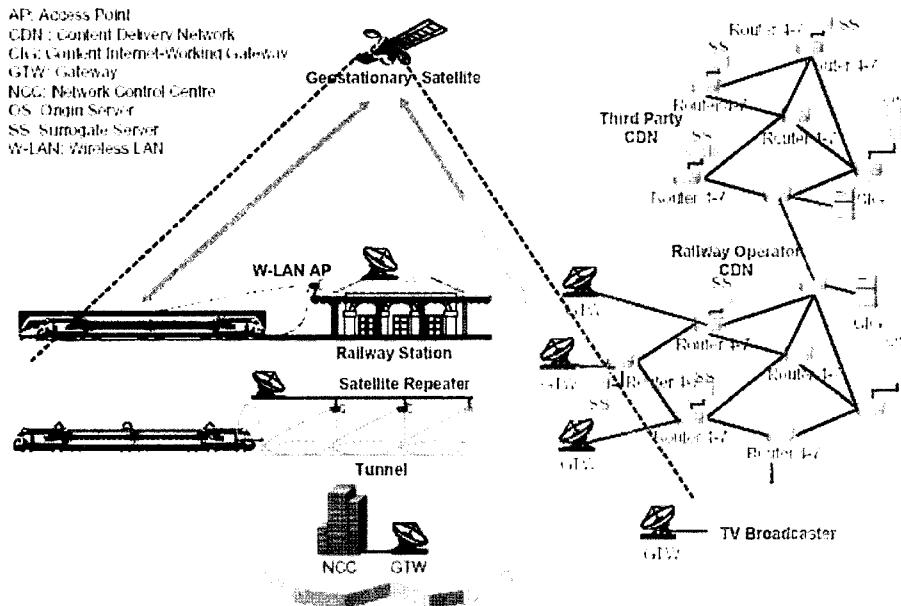
여러 가지 다양한 응용분야에 적용되는 광대역 이동 위성통신 시스템의 일반적인 구조는 <그림 1>과 같다. 왼쪽 블록은 열차나 선박 등의 이동체에 탑재되어 동작하는 on-board network이다. 여러 가지 네트워크 인터페이스 중에서 1차적인 데이터 송수신 인터페이스로 위성망을 사용한다. 이를 위해 현재 개발 중인 대부분의 양방향 위성통신 시스템에서는 포워드링크 전송 기술로 DVB-S 또는 DVB-S2 규격을 채택하고 있으며, 리턴링크 전송기술로 SCPC나 DVB-RCS 규격을 사용하고 있다. 또한, 열차를 대상으로 하여 위성 인터넷 서비스를 제공하기 위해서는 터널이나 역사 등의 N-LOS 구간에서의 위성신호 차단문제를 WiFi/WIMAX 등의 지상무선망과의 연동을 통해 해결하고자 하는 노력이 이루어지고 있다. On-board Network에서의 smart router에서 이러한

기능을 수행하며, 이동체의 현재 위치에 따른 채널 상태를 고려하여 최적의 무선 인터페이스를 결정하게 되며, 이를 통해 이동체 내의 승객들은 이동성에 무관하게 지속적인 서비스를 제공받을 수 있게 된다.

### III. 고속열차기반의 위성인터넷 서비스 개발 동향

#### 1. 해외 기술개발 동향

이동형 양방향 위성통신 시스템에서는 대부분 DVB-S/S2 및 DVB-RCS 규격을 채택하고 있고, 이러한 국제 표준들이 유럽의 표준화기구인 DVB를 통해 이루어지고 있는 관계로 연구개발은 유럽의 ESA나 EU의 주도하에 여러 프로젝트들이 수행되어 왔으며, 상용 서비스는 유럽과 북미지역에서 제한된 성능으로 제공되고 있다. EU에서 주관하고 있는 FP5(5<sup>th</sup> Framework Programme)와 FP6(6<sup>th</sup> Framework Programme)을 통해 DVB-S 및 DVB-RCS기술을 이용하여 항공기, 선박, 열차에 적용할 수 있는 양방향 위성통신 시스템을 개발하고자 하는 노력이 2001년경부터 추진되고 있다. 여기에는 DVB-S기술을 열차에 적용하는 경우의 채널 영향분석을 주로 수행했던 FIFTH(2002~2003) 프로젝트와 항공기, 선박, 열차를 대상으로 한 DVB-RCS 기술의 이동화 연구를 수행한 MOWGLY(2005~2008) 프로젝트[10], 항공기를 대상으로 DVB기반의 위성 무선 연동 기술개발을 목적으로 한 ANASTASIA(2005~2009)프로젝트들이 있다. 또한, ESA 주관의 ARTES 1, 3, 4 프로그램에 의해서 같은 목적으로 유사한 파일럿 프로젝트들이 수행되어 왔다. 영국의 21NET사는 Broadband on



&lt;그림 2&gt; FIFTH 시스템 개념도

Trains 프로젝트(2004~2006)를 통해 DVB-S 및 DVB-RCS기술을 이용하여 고속열차 대상의 위성 인터넷 서비스를 위한 시스템 개발을 진행하고 있으며, Alcatel Alenia Space사가 주관이 되어 유럽의 고속열차를 대상으로 위성인터넷 서비스 제공을 위한 시제품 개발을 목표로 하는 SAET 프로젝트(2005~2008) 등이 진행되고 있다. 본 절에서는 이러한 고속열차 기반의 위성인터넷 서비스를 위한 대표적인 해외 기술개발 사례에 대해 기술한다.

### 1) FIFTH[4]

FIFTH 프로젝트는 고속열차 승객을 대상으로 인터넷 및 디지털 방송서비스를 포함한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 위성통신 시스템을 설계하고 검증하기 위한 목적으로 EU FP5 프로그램의 지원을 통해 2002년 9월부터 22개월 동안 수행되었다.

FIFTH 시스템은 <그림 2>에서와 같이 LO S구간에서는 위성신호를 이용하여 서비스를 제공하며, 터널구간에서는 위성신호를 터널내부로 직접 중계하기 위한 satellite local repeater를 사용하고 역사구간에서는 위성망과 W-LAN을 연계하는 이기종 연동망을 구축하는 것을 기본사항으로 설계되었다.

FIFTH 시스템의 주요 시스템 제원 및 파라미터

&lt;표 1&gt; FIFTH 시스템 파라미터

Item	parameters	remarks
Access techniques	FW	TDM
	RTN	SCPC
Link Availability	overall	99.8%
	Up-link	99.9%
	Down-link	99.7%
Data rate	FW	16Mbps
	RTN	0.5Mbps
Satellite(ref.)		Atlantic Bird 1 (Ku)

&lt;표 2&gt; 서비스 제공 시나리오

scenario	Type of Environment	Access Segment	Remark
A	Open/rural and suburban areas	Satellite system	Satellite in visibility
B	B1 Railway tunnels	Extended segment based on a local satellite repeater(i.e. concatenation of the satellite segment and the repeater)	Satellite non-visibility conditions with long duration fading
	B2 Urban areas	Extended segment based on a satellite repeater	
	B3 Railway stations	Extended segment based on a W-LAN and/or a W-LAN "hot spot" segment(i.e. concatenation of the satellite segment and the W-LAN)	

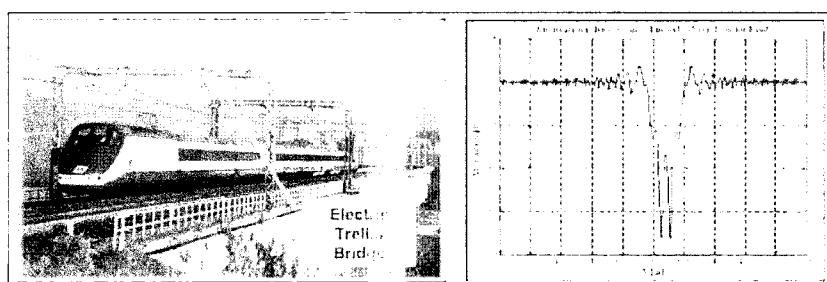
는 <표 1>과 같다.

FIFTH 시스템에서는 <표 2>와 같이 고속열차 운행구간에서 위성의 가시성에 따라 2가지 시나리오로 구분하여 수행되었다.

시나리오 A 에서는 교외지역으로 위성에 대한 LOS를 확보할 수 있는 구간에 적용되는 시나리오로서, 열차 선로구간에 설치되어 있는 전원공급 시설로 인한 위성 신호 열화에 대한 연구가 필요하다. 이를 위해 FIFTH 프로젝트에서는 <그림 3>과 같이 실측치를 기반으로 한 모델링을 통해 이 구간에서 약 0.5m 의 구간 동안 약 15dB 정도의 짙지만 주기적이고 깊은 폐이딩이 발생하는 것으로 발표하고 있다. 이러한 구간에서의 신호열화 극복방안으로 같은

객차 또는 열차의 처음과 끝에 2개의 안테나를 설치하여 운영하는 공간 다이버시티(Space Diversity) 기법과 channel encoding 후에 적용되는 channel interleaver 기술, DVB-S 시스템 외부에 interleaver 와 error correction code 를 추가하는 방안 등이 연구되었다[7].

시나리오 B는 터널이나 역사, 도심구간과 같이 위성과의 LOS를 확보하지 못하는 지역에 적용된다. FIFTH 시스템에서는 이러한 지역을 위해서 위성신호를 연계하기 위해 extended segment 를 정의하고 있다. 터널지역에 대해서는 위성망과 위성신호를 직접 중계하는 캡필러(satellite local repeater) 망을 연동하는 single-segment access network 을 구성하



&lt;그림 3&gt; 열차선로에서의 위성신호 모델

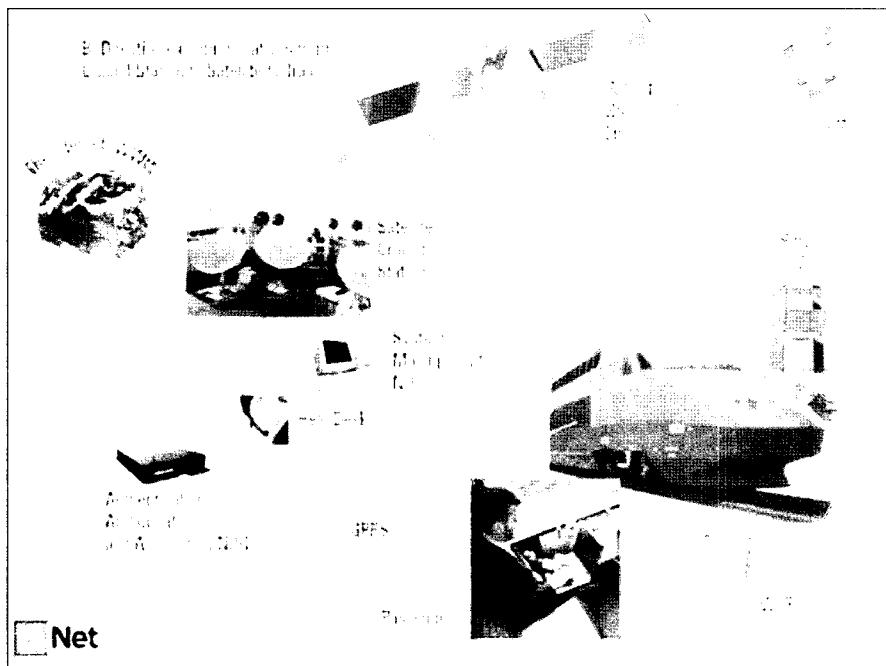
는 방식을 제안하고 있으며, 역사 지역에서는 위성망과 W-LAN 망을 연동하는 mixed-segment access network 을 구성하는 방식을 제안하고 있다. satellite local repeater나 W-LAN AP 는 열차에 장착된 Mobile Terminal 에 대해 access network 을 제공함과 동시에 고정된 satellite terminal 과 직접 연결되어서 최종 사용자 데이터는 위성을 통해서 송수신 된다. 객차 내에 설치되는 사용자망은 Wired LAN 이나 Wireless LAN 을 이용하여 구성된다.

FIFTH 시스템은 Trenitalia사의 ETR500 열차를 이용하여 시스템 검증시험을 실시하였으며, 이를 통해 열차에 탑재하기 위한 위성 단말과 안테나에 대한 구조적/역학적 규격에 대한 요구사항 및 안정성을 위한 제약사항 등을 제공하고 있다. 이러한 연구 자료는 SUITED 프로젝트 및 SAET 프로젝트를 통

한 고속열차 대상의 위성인터넷 시제품 개발에 많은 도움이 되었으며, 다음 절에 기술한 21NET 사의 Broadband on Trains 시스템 설계에 근간이 되었다.

## 2) Broadband on Trains(BoT)

“Broadband on Trains” 프로젝트는 ESA 주도의 ARTES 3 프로그램을 통해 수행되었으며, 영국의 21NET사가 주관이 되어 Sea-Tel, Siemens, Hispasat 등이 참여하여 2004년 3월에 시작하여 2006년 초에 완료되었다. “Broadband on Trains” 프로젝트는 Ku-band를 이용한 양방향 위성 시스템을 이용하여 열차를 대상으로 광대역 인터넷 접속 서비스를 제공하는 것이 목적으로, End-to-End 서비스 관점에서 시스템을 통합하여 business model 및 운용상의 제약사항들을 검증함으로써 상용화를



<그림 4> Broadband on Train 시스템 구조[8]

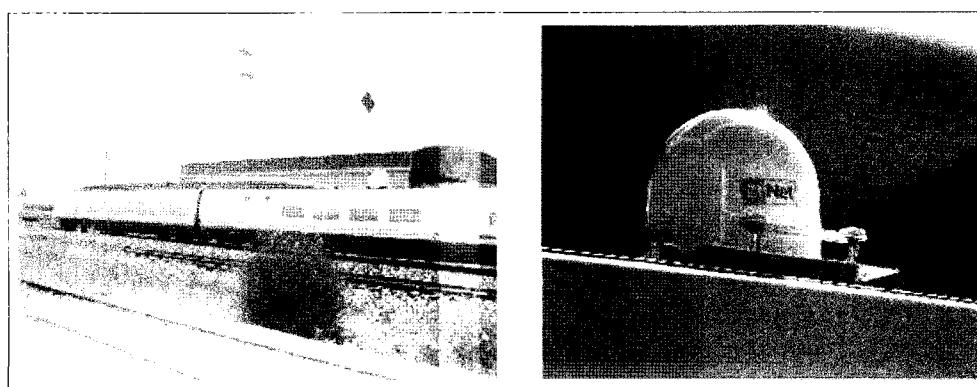
위한 준비단계를 완료하는 것이 주된 내용이다[8].

21NET사의 “Broadband on Train” 시스템은 <그림 4>와 같이 열차와 Hub Earth Station(Satellite Ground Station)은 Ku-band를 사용한 양방향 위성 링크로 연결되며, Hub Earth Station은 인터넷 백본과 연결된다. 또한, 역사나 터널구간에서는 GPRS 망이나 Wi-Fi 망을 통해 외부 인터넷망에 접속하게 된다. 객차내부에서는 Wi-Fi를 통해 사용자 분배 망을 구축하고, 열차 승객은 무선랜이 장착된 노트북이나 PDA를 통해 서비스를 받을 수 있게 된다.

21NET 시스템은 2004년 6월과 7월에 스페인 RENFE사의 AVE열차를 이용하여 기술적 가능성을 점검하기 위한 pilot test를 수행하였으며, 이것은 고속열차를 대상으로 양방향 위성시스템을 이용한 최초의 위성 인터넷 서비스 시연이 되었다. 이 시험에는 On-roof Antenna system, Antenna controller, satellite modem, Wi-Fi in-train distribution system 등이 포함되었으며 포워드링크 전송기술로는 DVB-S 규격을, 리턴링크 전송기술로는 자체규격의 SCPC 방식을 사용하였다. 시험은 320Km/h로 이동하는 고속열차에 10명의 사용자가 최대의

시스템 용량을 사용하는 환경을 고려하기 위해 Downlink 4Mbps 와 Uplink 2Mbps 의 위성링크를 유지한 상태에서 이루어졌다. 본 시험은 고속열차를 대상으로 한 초기모델이지만 위성구간에서는 대부분의 사용자들이 끊김없는 인터넷 서비스를 받을 수 있었으며, 위성 시스템의 기계적인 설치 문제와 터널문제를 최소화하기 위한 고속의 안테나 재포착 알고리즘 및 On-board Cache system에 대한 필요성이 제기되었다[9].

21NET사는 위의 1차시험에 이어 2005년 4월부터 8개월간 Thalys 열차를 이용하여 Paris–Brussels 구간의 모든 승객을 대상으로 시범서비스를 제공하였다. 이외에도 21NET사는 SCNF 등의 다른 열차 사업자를 통해 DVB-S/RCS 기술을 사용하여 열차 환경에서 MF-TDMA 기술의 적용 가능성을 계속해서 시험해 왔다. 이러한 노력으로 2007년 9월 프랑스의 대표적인 열차회사인 Thalys는 21NET, Nokia Siemens Networks, Telenet으로 구성된 콘소시엄을 자사의 고속열차에 대한 광대역 인터넷 서비스 제공 사업자로 선정하였으며, 2008년 6월부터 Paris–Brussels–Amsterdam–Colonge



<그림 5> Technical Pilot Trials with Renfe AVE[9]

구간에서 하향 2Mbps/상향 0.5Mbps 속도의 상용 서비스를 제공하고 있다.

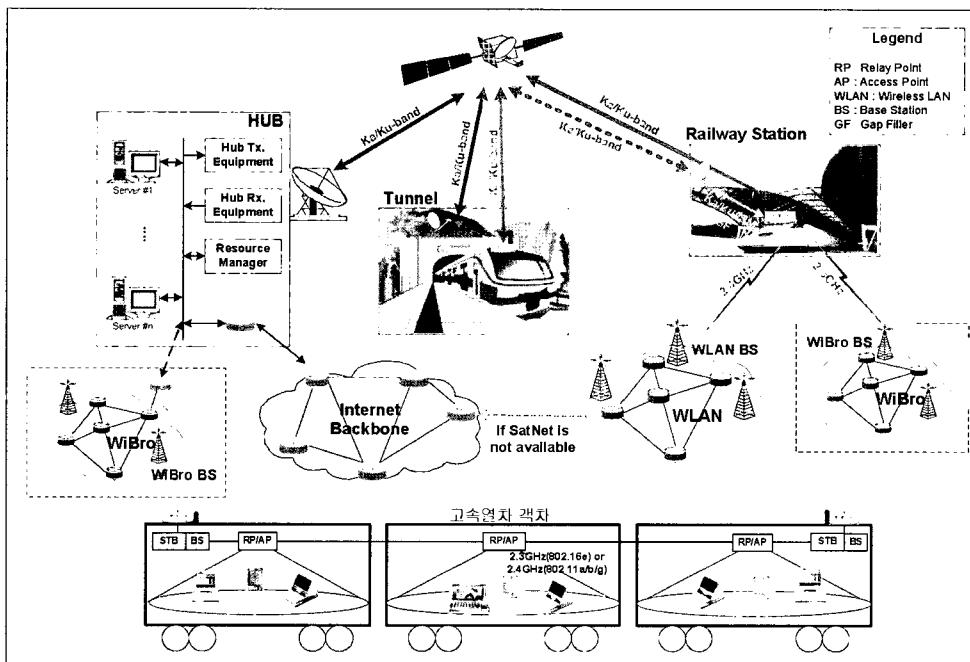
위에서 기술한 FIFTH 프로젝트 및 21NET사의 “Broadband on Trains” 시스템 외에도 스페인의 Indra Espacio사에서 iHST 프로젝트를 통해 CDMA 기술을 이용하여 고속열차 대상의 양방향 위성통신 시스템을 개발중에 있으며, Thales Alenia Space Italy사에서는 Trenitalia(Italy) 열차를 대상으로 자체규격의 위성인터넷 시스템을 시험중에 있으며, Normad Digital사는 영국의 QinetiQ Rail사와 함께 위성망과 무선망을 연동한 방식으로 동일한 서비스를 제공하기 위해 기술개발을 진행중에 있다. 또한, 열차 운행 전구간에 대해 무선망만을 통해 운용되는 T-mobile 서비스도 상용서비스를 위해 준비중에 있다. 스웨덴의 ICOMERA 사에서는 포워드링크만

위성을 이용하고, 리턴링크는 4개의 3G 셀룰라망을 이용하는 Hybrid access system을 이용하여 상용 서비스를 제공하고 있다.

## 2. 국내 기술개발 동향

### 1) XpeedSAT 시스템

국내에서는 ETRI에서 고속이동체 승객들을 대상으로 디지털 위성방송 및 인터넷 서비스를 제공하기 위해 XpeedSAT 시스템(2006.3~2009.2)을 개발중에 있다. XpeedSAT 시스템은 고속열차 승객들을 대상으로 광대역 위성인터넷 서비스 및 디지털 위성방송 서비스를 제공하기 위한 이동형 위성 접속 시스템이다. 고속열차에 탑승한 승객들은 LOS구간



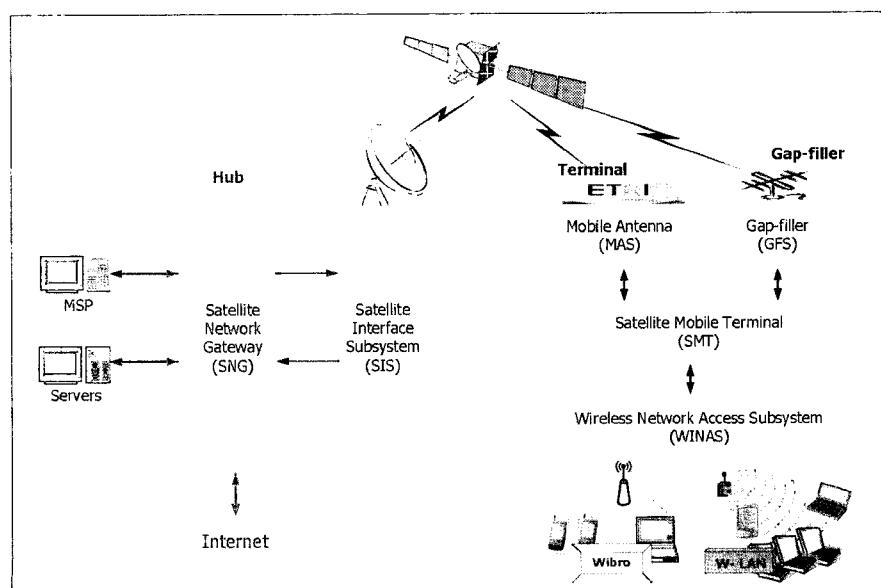
〈그림 6〉 XpeedSAT 시스템 개념도

에서는 위성을 통해 직접 서비스를 제공받게 되며, 도심지역이나 터널, 역사(railway station) 등의 N-LOS 구간에서는 캡필러를 이용한 위성중계망이나 Wi-Fi/Wibro와 같은 지상무선망을 통해 서비스에 접속하게 된다. 따라서, 승객들은 위성망과 지상무선망과의 연동망을 통해 이동 중에도 끊김없는 서비스를 제공받게 된다. <그림 6>은 XpeedSAT 시스템의 구조와 서비스 개념도를 보이고 있다.

XpeedSAT 시스템은 고속열차내의 그룹사용자들을 대상으로 광대역 인터넷 접속서비스를 제공하기 위해 포워드링크 전송을 위해서는 DVB-S2 기술을 사용하며, 리턴링크 전송을 위해서는 DVB-RCS 기술을 적용한다. 열차의 운행구간 중에 LOS 구간에서는 위성신호를 직접 수신하여 이동형 위성인터넷 서비스를 제공한다. 하지만, DVB-S2/RCS 규격은 이동형 서비스를 위해 제정된 기술이 아니기 때문에 철도 운행환경에서 예상되는 short deep

fading channel과 같은 이동환경에 적합한 기술들이 추가적으로 적용되어야 한다. 또한, LOS를 확보하지 못하는 터널이나 역사, 도심구간에 대해서도 연속적인 서비스를 제공하기 위해서는 캡필러 또는 무선망과의 연동기술이 사용되어야 한다. 이를 위해 터널구간에서는 Ka/Ku대역의 위성신호를 ISM 대역으로 주파수 변환한 신호를 터널 내외부에 중계하며, 역사나 도심구간에서는 W-LAN 또는 Wibro와 같은 지상망과 연동하여 서비스를 제공하게 된다.

<그림 7>은 중심국(Hub)과 단말국(Terminal), 위성신호중계국(Gapfiller)으로 구성된 XpeedSAT 시스템 구조를 보이고 있다. 중심국은 위성망 케이트웨이(SNG)와 위성전송 RF시스템(SIS)으로 구성되며, 단말국은 이동환경에서 위성신호 수신을 위한 이동 위성 안테나(MAS)와 단말국 터미널(SMT), 지상무선망과의 연동을 위한 WINAS로 구성된다. SNG와 SMT는 LOS환경에서의 위성전송 기능을



<그림 7> XpeedSAT 시스템 구성도

담당하며, 캡필러(GFS)와 WiNAS는 N-LOS환경에서의 서비스 제공을 위해 사용된다.

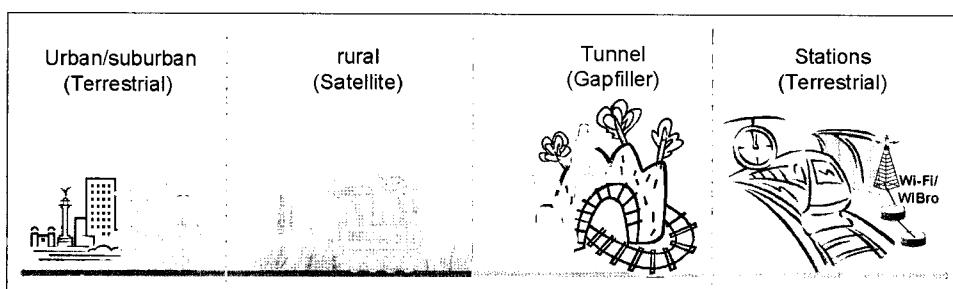
XpeedSAT 시스템에서 제공하는 서비스 시나리오는 여러 가지 운용환경에 따라 구분된다. <그림 8>은 열차가 운행하면서 터미널이 동작하는 환경에 따라 서비스 영역을 구분한 그림이다. 각 서비스 영역은 해당 영역에서 가장 효과적인 서비스 제공 수단이 무엇인지에 따라, 그리고 채널환경이 급변하여 동일한 수단으로 끊김없는 서비스 제공이 불가능한 지역에 따라 구분된다.

<그림 8>에서와 같이 서비스 영역은 도심구간, 교외구간, 터널, 역사구간으로 구분되며, 각 구간의 특징 및 적용되는 서비스 기술은 <표 3>과 같다. 교외구간에 해당하는 Open/rural area에서는 위성과의 LOS를 확보할 수 있을 것으로 판단되기 때문에 위성망을 통해 서비스를 제공한다. 이 구간에서는 파워 아치(Power Arches) 등의 전력공급시설로 인한 주기적이고 짧은 시간 동안 발생하는 15dB 가량의 신호 페이딩[5]에 대한 극복방안이 고려되어야 한다. 또한 DVB-S2 규격에서는 이동환경에서 예상되는 인접 위성과의 신호 간섭문제를 해결하기 위한 기법들을 고려하고 있다.

XspeedSAT 시스템에서는 이러한 목적으로 포워

드링크 전송기술에 MPE-FEC 및 GSE-FEC기법과 대역확산 기법이 적용된다. MPE-FEC기법은 이동 채널에서 C/N 성능을 향상시키기 위해 유럽의 이동 멀티미디어 전송 규격인 DVB-H에서 개발된 기술이다. GSE encapsulation 기법은 DVB-S2 규격에서 GS 스트림을 전송하기 위해 고안된 방식으로 MPE 방식에 비해 오버헤드를 줄임으로써 데이터 전송 효율을 극대화한 방식이다. XspeedSAT에서 MPE-FEC 및 GSE-FEC기술은 선로상의 파워아치로 인해 주기적이고 짧은 순간 동안에 나타나는 deep fading을 보상하기 위해 C/N 마진을 확보하기 위한 목적으로 사용된다. GSE-FEC 기법은 철도 채널환경[5]에서 BBFrame error rate 이 10% 이상인 경우에도 대부분의 MODCOD에 대해 모든 IP 패킷들을 복원할 수 있는 성능을 보이고 있다[13]. 또한, 대역 확산 기술은 이동환경에서의 간섭을 최소화하기 위해서 사용된다. 이 외에도 안테나 다이버시티 기법을 추가적으로 적용하여 파워아치로 인한 deep short fading을 보상하게 된다. 리턴링크 전송을 위해서도 동일한 목적으로 MPE-FEC 기법이 사용된다.

교외지역을 제외한 터널과 역사, 도심구간에서는 N-LOS환경이 나타날 것으로 예상된다. 따라서, 이러한 상황에서의 끊김없는 서비스 제공을 위한 시나



<그림 8> 서비스 영역 정의

&lt;표 3&gt; 서비스 영역별 적용 기술

Scenario	Service Area	Applied Technology	Considerations
NLOS	Open/rural areas	Satellite network	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fading due to power supply facilities like power arches</li> <li>- signal interference between adjacent transponders</li> <li>- heterogeneous handover from/to gapfiller or terrestrial network</li> </ul>
	Railway tunnels	Gapfiller network	<ul style="list-style-type: none"> <li>- additional propagation delay which is different according to the tunnel length</li> <li>- radio propagation characteristics inside tunnel</li> <li>- heterogeneous handover from/to satellite network</li> </ul>
	Urban areas	Terrestrial network (e.g., W-LAN/Wibro)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- heterogeneous handover from/to satellite network</li> </ul>
	Railway stations	Terrestrial network (e.g., W-LAN/Wibro)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- heterogeneous handover from/to satellite network</li> </ul>

리오가 요구되며, 터널구간에서는 캡필러를 이용한 위성신호 중계망과, 역사구간에서는 Wi-Fi 또는 Wibro망과 같은 지상무선망과의 연동을 통해 N-LOS환경에 대처하도록 설계되었다. 또한, 도심구간에서는 지상무선망과의 연동을 통한 서비스 제공이 비용 및 적용 가능성 측면에서 바람직한 방법이 된다.

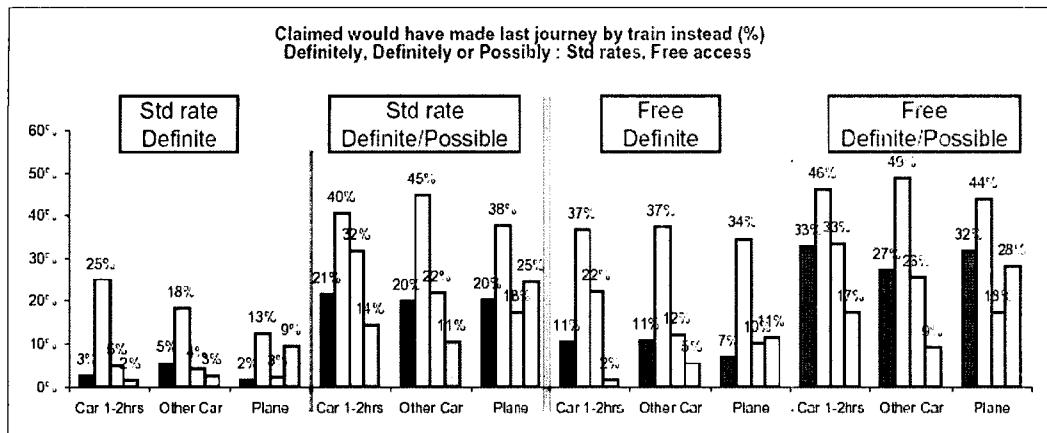
이러한 여러 가지 서비스 영역에서의 중단없는 서비스 제공이 가능하기 위해서는 단말국에서 서로 다른 망간의 핸드오버를 정교하게 수행할 수 있는 서비스 시나리오가 요구된다. 열차가 위성망을 통해 서비스를 받고 있는 중에 터널구간에 진입하게 되면 캡필러 중계망으로 핸드오버를 할 수 있어야 한다. 이를 위해서 위성단말국(SMT)에서는 위성신호와 캡필러 신호 수신을 위해 각각의 수신 인터페이스를 갖는다(실제로는 안테나 다이버시티가 적용되어 3개의 수신 인터페이스를 갖는다). 각 수신 인터페이스에서는 이동형 DVB-S2 수신 기능을 개별적으로 수행하며, 위성망과 캡필러망간의 전송지연 시간 차이를 해결하기 위해 네트워크 패킷 기반의 동기기법이 적용된다. 시뮬레이션을 통해 80Mbps 전송속도를 가정한 경우에 40us 정도의 전송지연에 대해 패킷 단위로 끊기지 않고 위성망에서 캡필러망으로의 천이가 이루어지는 것

을 확인했다. 이것은 고속열차 터널 중에 국내 최대길이인 10Km를 충분히 수용할 수 있는 성능이다. 또한, 위성망을 통해 서비스를 제공받고 있는 중에 역사구간이나 도심지구간에 진입하는 경우에는 지상무선망으로 핸드오버가 되어야 한다. 이를 위해 <그림 7>의 WINAS에서 지상무선망 신호를 감지하게 되면 해당 지상무선망으로의 초기 접속을 수행한 후에 MIPv4에 의한 핸드오버를 수행하게 된다. 핸드오버 시그널링이 완료된 후에 위성망으로의 데이터 전송을 중단하고 지상무선망을 통해 데이터를 전송하게 된다.

XpeedSAT 시스템에서는 위와 같이 LOS환경 및 N-LOS환경에서 예상되는 문제점들에 대한 대처방안을 제공함으로써, 열차 운행 전구간에 걸쳐서 끊김 없는 인터넷 서비스를 제공할 수 있도록 개발되었다.

## IV. 경제적 파급효과

2006년 4월 5차 TOF 회의에서 발표된 고속열차 대상의 위성인터넷 시장조사 자료[14]에 의하면, 승용차나 비행기 등 다른 교통수단을 이용하는 일반 사용자들이 열차에 인터넷 서비스가 제공되는 경우



&lt;그림 9&gt; 고속열차 대상의 인터넷 서비스 제공사 승객 추가 유치 비율[14]

**Exhibit 4.10 Global Next-Gen Broadband Mobile Satellite Market-In-service Units, Wholesale Revenues and Retail Revenues**

Year	In-service Units (000's)	% Growth	Wholesale Revenues (\$millions)		Retail Revenues (\$millions)		% Growth
			% Growth		% Growth		
2003	4.1	--	\$ 27.8	--	\$ 63.9	--	-
2004	5.8	41.7%	\$ 57.8	107.8%	\$ 96.0	34.6%	
2005	10.7	84.0%	\$ 84.8	46.9%	\$ 148.5	63.4%	
2006	16.5	53.8%	\$ 126.7	49.4%	\$ 221.1	57.4%	
2007	23.7	44.0%	\$ 182.1	43.7%	\$ 374.2	69.2%	
2008	32.7	37.7%	\$ 256.5	41.9%	\$ 611.0	63.3%	
2009	46.2	41.4%	\$ 373.6	44.5%	\$ 951.2	55.7%	
2010	57.8	25.2%	\$ 528.2	41.4%	\$ 1,296.4	36.3%	
Cum			\$ 1,639.6		\$ 3,744.3		
CAGR	45.9%		52.3%		53.7%		
<i>All numbers are rounded</i>							

Source: NSR

&lt;그림 10&gt; 차세대 이동 위성 광대역 시장 규모

에 열차로 이동수단을 바꿀 것인지에 대한 조사 결과 스페인의 경우에는 40%의 사용자들이 고속열차를 이용하겠다는 응답을 한 것으로 나타났다. 이로 인해 고속열차 사업자들은 66%~100%의 추가적인 수입이 예상되며, EU 25개국에 대해 5년간 추가 수입은 35억 유로가 될 것으로 전망하고 있다.

또한, 열차를 대상으로 한 위성기반 무선 인터넷 서비스 시장은 미국, 유럽 등지에서 4억 2천만 달러

규모가 될 것으로 예상되며, 차세대 이동 위성광대역 시장규모는 2010년경 약 13억불 규모의 시장이 형성될 것으로 전망하고 있다[15].

## V. 결론

본 논문에서는 최근 위성통신 시스템 분야에서 많

은 연구가 되고 있는 이동형 양방향 위성통신 시스템에 대해 소개하였고, 그 중에서 고속열차를 대상으로 위성 인터넷 서비스를 제공하기 위한 기술의 국내외 연구개발 동향에 대해 기술하였다. 유럽 지역에서는 EU와 ESA의 적극적인 지원을 통해 다양한 연구개발 프로젝트가 수행되어 왔으며, 이를 통해 일부 지역에서는 상용화 서비스를 제공하고 있는 상태이다. 현재로서는 해결해야 할 사항들이 남아 있지만, 각국의 열차 사업자들이 2005년부터 TOF를 구성하여 새로운 서비스 도입에 대한 논의 및 고속열차에 적용하기 위한 요구사항 도출, 비즈

니스 모델 정립 등에 적극적으로 참여하고 있으며, 지리적 여건상 국내에 비해 터널 구간이 많지 않은 점 등으로 인해 수년 안에 안정적인 상용 서비스 제공이 가능할 것으로 예상된다. 국내에서도 ETRI에서 추진중인 XpeedSAT 시스템은 2008년 하반기에 KTX를 대상으로 한 pilot test를 준비하고 있으며, 이를 통해 이동중에도 지상망과 동일한 수준의 인터넷 서비스를 제공받을 수 있으며, Wibro 등의 전국 서비스 확대에도 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

#### Abbreviation

ANASTASIA	Airborne New Advanced Satellite Techniques and Technologies in a System Integrated Approach
ARTES	Advanced Research in Telecommunications Systems
ESA	European Space Agency
EU	European Union
FIFTH	Fast Internet for Fast Trains Hosts
FP	Framework Programme
GSE	Generic Stream Encapsulation
iHST	Satellite Internet access for High Speed Trains
MOWGLY	Mobile Wideband Global Link Systems
MPE	Multi-Protocol Encapsulation
SAET	Satellite Access for European Train
SCPC	Single Channel per Carrier
SUITED	Multi-segment System for Broadband Ubiquitous Access to Internet services and Demonstrator
TOF	Train Operators Forum

#### 참고문헌

- [1] ETSI EN 302 307 v1.1.2(2006-06), "Digital Video Broadcasting(DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications".
- [2] ETSI EN 301 790 v1.4.1(2005-09), "Digital Video Broadcasting(DVB);Interaction Channel for Satellite Distribution Systems".
- [3] G. Matarazzo, et al., "IP ON THE MOVE FOR AIRCRAFT, TRAINS AND BOATS", Alcatel Telecommunications Review, 2006.2Q,
- [4] P. Conforto, "Always-on Connection for Train Passengers : Internet and Digital TV via Satellite-based Systems", 61th IEEE Vehicular Technology Conference, May, 2005

- [5] P. Conforto, R. Mura, L. Secondiani, and S. Scalise, "Multimedia service provision in mobility : the FIFTH solutions for the railroad environment", Proc. of 9th Ka and Broadband Communications Conference, Ischia, Italy, Nov. 2003.
- [6] P. Conforto, "Fast Internet for Fast Trains Hosts", DVB-S2 meeting, Geneva, Jun. 2004
- [7] S. Scalise, R. Mura, and V. Mignone, "Air Interfaces for Satellite Based Digital TV Broadcasting in the Railway Environment", IEEE Transactions on Broadcasting, vol.52, No.2, June 2006
- [8] Fermin Alvarez Lopez, "Broadband to Trains – ARTES 3 Project", ASMS-TF WG3, ESTEC, April 2005
- [9] Fermin Alvarez Lopez, "Broadband on Trains – ESA Initiative", 4th Train Operators Forum Meeting, February 2006
- [10] Kevin Choi, "MOWGLY(Mobile Wideband Global Link Systems) – Aeronautical, Train and Maritime High-speed Satellite Services," Int'l Workshop and Demonstration of Satellite Internet Systems, vol.1, pp.44–49, 2005
- [11] 21NET services, [www.21net.com](http://www.21net.com)
- [12] ESA Telecommunications website, <http://telecom.esa.int/telecom/>
- [13] Stefano Cilni, et al., "Advanced Fade Countermeasures for DVB-S2 Systems in Railway Scenarios", EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, vol. 2007, January 2007
- [14] Sandro Scalise, "WP 2200 Market Survey", 5th Train Operators Forum Meeting, April 2006
- [15] NSR, "Mobile Satellite Services – From Legacy Platforms to Next-Generation Services", 2nd Edition, February 2006

## 필자 소개

### 신민수



- 1998년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 졸업
- 2000년 8월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 석사
- 2000년 8월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 근무
- 주관심분야 : 위성통신시스템, 네트워크설계, 디지털 위성방송

### 장대익



- 1985년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 학사
- 1989년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 석사
- 1999년 2월 : 충남대학교 전자공학과 박사
- 1990년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 광대역무선멀티미디어연구팀 팀장
- 1991년 ~ 1993년 캐나다 MPR Teltech 연구소 VSAT팀 연구원
- 2005년 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교(UST) 이동통신 및 디지털방송공학전공 교수
- 주관심분야 : 위성통신시스템, 위성방송, 디지털통신, 디지털 변복조등

### 이호진



- 1981년 2월 : 서울대학교 전자공학과 학사
- 1983년 2월 : 서울대학교 전자공학과 석사
- 1990년 2월 : 서울대학교 전자공학과 박사
- 1983년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 광역무선기술연구부장
- 2002년 ~ 현재 : 한국통신학회 위성통신연구회 위원장
- 주관심분야 : DVB-RCS 시스템 기반의 양방향 위성멀티미디어 시스템 개발, 위성무선융합