

# NCW대비 군 위성통신 구조 분석

박우철\*, 차재룡\*\*, 김재현\*\*\*

## An Analysis of Satellite Communications System structure for NCW

Woo-Chul Park\*, Jae-Ryong Cha\*\*, Jae-Hyun Kim\*\*\*

### 요 약

본 미래 전쟁 양상은 정보화 시대의 도래와 함께 다른 분야와 마찬가지로 전쟁수행 여건에도 많은 변화를 가져왔다. 이에 따라 정보우위와 정보전이 중요시되고 네트워크 중심전(Network Centric Warfare) 등 새로운 전쟁수행 개념이 등장하게 되었다. 군 위성통신체계는 미래 NCW 전장환경에서 전장정보의 실시간 전송이 가능하며, 전장의 광역화, 자동화, 신속화 개념을 지원하고, 광역성, 이동성, 생존성 및 융통성이 보장된 전천후 핵심전략 통신체계이다. 이러한 군 위성통신시스템은 실시간 전장정보전송을 위한 광역 대용량 링크, 생존성, 이동간 통신을 제공하는 체계로 분류된다. 본 논문에서는 이러한 기능을 통합하여 지원하는 미군의 차세대 TSAT체계의 주요 운용개념과 핵심기술을 분석하였다. 분석 결과를 바탕으로 NCW 대비한 차세대 군 위성통신체계 상위 구조는 재밍이나 간섭 등의 채널환경에 최적으로 적응하여 서비스가 가능한 전송율, 항재밍 능력, 망 제어 및 망 관리 능력을 갖추어야 하며 고속 이동 차량, 초소형단말, 초고속 무인기 등의 다양한 플랫폼을 지원해야 하는 등 향상방안을 제안하고, 또한 이러한 체계 구조를 위한 소요기술로 적응형 다중안테나, 레이저 링크, 차세대 항재밍 waveform을 제안한다

**Key Words** : NCW(Network Centric Warfare), Satellite, TSAT(Transformational Satellite Communication System)

### ABSTRACT

As the information age comes out, the aspect of future war brings about the many changes in terms of war-fighting environment. Accordingly, information superiority and intelligence-centric warfare have been important and new war-fighting concept such as NCW(network centric warfare) have been turned up. This paper proposed all-weather core-strategy communications systems guaranteeing not only the real-time transmission of the information collected in a battlefield and expansion, automation, and rapidity of a battlefield but also broadband, mobility, survivability, and flexibility. The proposed military satellite communications system is classified into wideband mass capacity link, survivability, and the system supporting OTM(on the move) communication for the real-time transmission of battlefield information. This paper analyzed the essential operation concepts and core schemes of the U. S. Army's next generation system, TSAT(Transformational Satellite Communication System). Base on the analysis results, this paper proposed that the architecture of next generation military satellite communications systems for NCW have to provide the data rate, anti-jamming capability, network control and management capability which are optimally adaptable for the wireless channel environments such as jamming and interference and to support the variety of platforms like high-speed mobile vehicles, micromini devices, super-high speed unmanned aerial vehicles. Finally, this paper also proposed that next generation military satellite communications systems need the technologies such as the adaptable multi-antenna, laser link, and next-generation anti-jamming waveform.

\* 방위사업청(@) wcpark111@korea.com

논문번호 : 논문0901-01, 접수일자 : 2009년 5월 25일, 최종게재논문통보일자 : 2009년 6월 15일

## I. 서 론

위성통신체계는 미래 NCW 전장환경에서 전투요소 네트워크화 및 전장정보공유를 통한 전장가시화 및 정보우위를 위해, 실시간 전장영상, 지도, 차트, 기상데이터, 전장지휘 디지털 데이터 전송이 가능하며, 전장의 광역화, 자동화, 신속화 개념을 지원하고, 광역성, 이동성, 생존성 및 융통성이 보장된 전천후 핵심전략 통신체계로 운용된다. 이러한 군 위성통신시스템은 일반적으로 광대역(Wideband) 시스템, 링크보호(Protected) 시스템 및 협대역(Narrowband) 시스템으로 분류되며, 광대역 시스템은 실시간 전장정보전송을 위한 광역 대용량(Wide and Large Capacity)을, 링크 보호시스템은 항재밍(Anti-Jamming), 은닉성(Low Probability of Interception / Detection) 및 핵방호(Anti-Scintillation) 등 생존성(Survivability)을, 협대역 시스템은 소형단말로 음성이나 저속 데이터를 이동(Satellite on-the-Move)간에 제공하고 있다. 가장 많은 위성체계를 운용하는 미국의 경우 DSCS(Defense Satellite Communications System)를 시작으로 MILSTAR I 등 다양한 군 위성통신체계를 운용하여 왔다. 이러한 다수 통신위성체계를 운용하면서 고속 광대역, 고도 항재밍, 그리고 저속 이동서비스 등 주파수 대역에 특성화하여 그 목적을 다르게 시스템을 구축하였다. 그러나 1 조원대의 1 기 위성으로 40Mbps 급의 중계용량을 지원하는, 냉전의 마지막 산물이라 할 수 있는 MILSTAR I 구축을 기점으로 중계용량을 개선한 MILSTAR II 에서 보다 대용량 서비스가 가능한 MILSTAR III 즉 AEHF(Advanced EHF)로 방향을 전환하여 '10 년에 발사 운용 예정이다. 현재 공개되고 있는 미군의 군 통신위성체계 방향은 여기서 멈추지 않고 향후에는 휴대전화급의 위성단말이 운용 가능한 MUOS(Mobile User Objective System)체계와 고도 항재밍 능력을 유지하면서 대용량 중계가 가능한 TSAT (Transformation Satellite Communications System)이 기존의 위성체계를 대체할 계획인 것으로 알려져 있다.

본 논문에서는 차세대 TSAT 체계를 중심으로 주요 운용개념과 핵심기술을 분석하였다. 분석 결과 한국 군의 NCW 대비한 차세대 군

위성통신체계 상위 구조는 재밍이나 간섭 등의 채널환경에 최적으로 적응하여 서비스가 가능한 전송율, 항재밍 능력, 망 제어, 및 망 관리 능력을 가져야 하며 고속 이동 차량, 초소형단말, 초고속 무인기 등의 다양한 플랫폼을 지원해야 한다. 이러한 체계 구조를 위해 적응형 다중안테나, 레이저 링크, 차세대 항재밍 waveform 등의 기술이 소요기술로 예상된다.

## II. 위성통신체계 발전추세

### 1. 기능별 체계현황

#### 1.1 광대역(Wideband) 통신위성체계

현재 운용중인 고속 광대역 통신체계는 DSCS 시리즈의 세 번째인 DSCS III 로 5 개의 정지궤도 위성으로 전세계에 걸친 위성망을 구축하고 있으며, '03 년에 발사한 마지막 위성으로 '15 년까지는 운용이 가능할 것으로 예상된다. 이 위성은 5 개의 빔으로 위성당 100Mbps 의 통신용량을 가입자에게 T1, E1 급의 링크를 제공하여 왔다. 또 다른 위성체계는 미 해군의 현 UHF 대역 위성체계인 UFO(UHF Follow-On)에 탑재되어 소요 대용량 통신을 보완 운용중인 GBS(Global Broadcast Service)로 전 세계 주둔 기지에 UAV 영상, 지도, 기상, 군수, 공중 임무명령 등 데이터 및 멀티미디어 정보의 단방향 (One-Way) 유통 방송서비스를 제공한다. 지상 장비로는 방송 송신/관리장비와 전용 소형 수신장비로 구성된다. 이 위성체계는 '10 년경까지 서비스를 지속하다가 DSCS III 와 GBS 를 WGS(Wideband Global Satellite)가 대체하여 현재로는 '17 년 이후까지 광대역 서비스를 전담할 계획이다. WGS 는 위성간 레이저 링크로 전세계를 단일 망으로 구성하며 최대 2.2Gbps 통신용량으로 가입자에게 15Mbps 급 링크를 제공할 수 있다.

#### 1.2 항재밍(Protected) 통신위성체계

5 기의 MILSTAR 위성으로 구축된 미군의 항재밍 위성체계는 '14 년까지는 운용이 예상된다. 현재 운용되고 있는 위성은 MILSTAR 로 LDR(Low data Rate) 표준은 19.2kbp 급 192 채널을, MDR(Medium Data Rate) 표준은 T1 32 채널을

제공하여 총 40Mbps 급 통신용량의 규모이다. 이를 대체하기 위해 '10 년부터 운영 예정인 AEHF 는 HDR(High Data Rate) 표준이 가능하여 8Mbps 링크를 제공하여 총 400Mbps 통신용량이 가능하다. 항재밍 성능을 극대화 하기 위해 EHF 대역에서 2GHz 도약대역폭과 널링 안테나를 운용하는 것으로 알려져 있다.

1.3 소용량/이동(Narrowband) 통신위성체계

기존의 UHF 대역 위성체계를 대체하여 왔던 9 기의 미 해군 UFO 위성이 궤도에서 약 7,500 여 단말에 DAMA(Demand Assign Multiple Access) 방식으로 저속 통신을 지원하고 있으며, '10 년부터 MUOS 위성이 대체할 계획이다. MUOS 체계는 18m 급 대형 메쉬 안테나를 위성에 탑재하여 초소형 단말을 지원할 뿐만 아니라 주파수 재사용이 가능하여 82,000 대의 단말을 지원 가능한 통신용량을 제공한다.

2. 발전계획

미 국방부는 아래 표와 같이 급격히 증가하는 통신용량 수요에 대처하고 기존 위성체계를 대체하기 위해 AEHF, WGS 등을 추진하고 있다. 이러한 미군 통신위성 체계 현황을 요약하면 그림 1 과 같다.

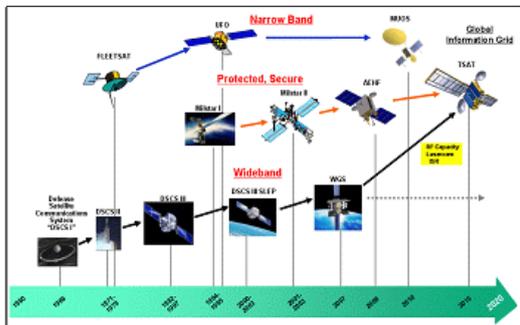


그림 1. 미 군통신위성 체계 현황 및 발전계획

그러나 극한적인 항재밍 능력 수요가 완화되고 위성 기술발전으로 고도 대전자전 능력을 가지면서 대용량 서비스가 단일 체계에서 가능해져 장기적으로는 이를 통합할 수 있는 TSAT 으로 대용량과 항재밍 통신을 모두 대체할 계획이다. '13 년부터 본격적으로 서비스를 시작하면

'15 년부터는 전체 중계용량의 50%이상을 수개의 TSAT 으로 지원 가능하여 아래 그림에서 알 수 있듯이 통신위성 운용 기수는 줄어들어도 중계 통신용량은 2 배 가까이 증가할 것으로 예상하고 있다.

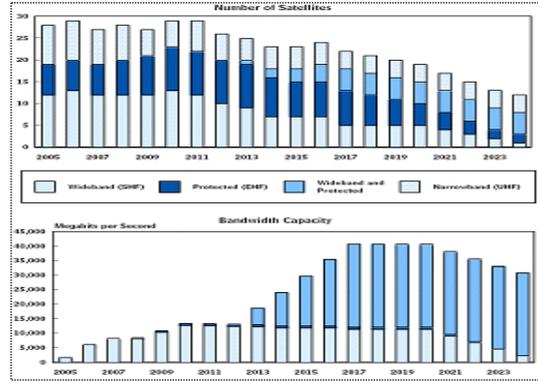


그림 2. 미 군위성통신체계 위성 수와 중계용량(DOD 자료 CBO(Congressional Budget Office)예상)

III. NCW 대비 위성체계

1. TSAT체계

1.1 TSAT 개요

TSAT 은 5 기 위성으로 구성하여 통신용량을 10~40Gbps 까지 인터넷과 같은 획기적인 통신방식을 전세계에 분포된 가입자에게 제공하면서 저탐지 및 항재밍 능력을 이동중인 단말에게도 제공을 목표로 하는 차세대 미군위성통신체계이다. 구축이 완료되면 전세계에 분포된 우주/항공 정보감시정찰(AISR / SISR : Air and Space Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) 장비간 실시간 무중단으로 연결하며, 전장에 전개된 이동 정보정찰감시(ISR) 장비와 참모나 지휘관 및 전투원간에 실시간 정보 교류를 가능하게 하여 실질적인 NCW(network-centric warfare)를 가능하게 한다.

이러한 특징으로 TSAT 은 광대역 및 항재밍 군 통신위성 분야의 혁명이 될 것이며, 신개념의 항공기나 위성의 ISR 장비간 레이저 통신과 RF 웨이브 폼 및 인터넷과 같은 패킷 스위칭 등의 기술로 기존의 위성체계보다 월등한 데이터 속도를 제공할 뿐만 아니라 보다 높은 항재밍 데이터

속도는 극비 정보의 송수신 시간을 획기적으로 단축할 것이다. 적용된 기술은 단일/다중 접속 레이저 통신과 패킷 교환, 패킷 암호화/복호화, 이동간 통신 안테나, 동적 대역폭 및 자원 재분배, 항재밍 대역효율 변조기법 등이 있다.

비용이 \$12~\$18 billion 으로 예상되는 TSAT 프로그램은 아래 그림과 같이 다섯 개의 위성과 위성관제를 위한 위성운용센터(TSOC : TSAT satellite operations centers), 망 관리 및 지상 게이트웨이를 제공하는 임무 운용시스템(TMOS : TSAT Mission Operations System)로 구성된다.

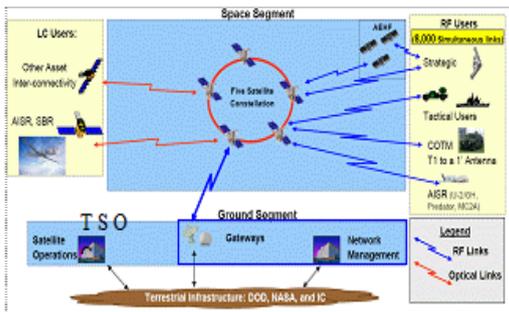


그림 3. TSAT 체계 구성도

1.2 TSAT 통신위성

TSAT 정지궤도 위성은 5 개로 구성되어 상호 간에는 10Gbps 급 레이저통신으로 단일 위성처럼 연결되어 있다. 또한 X/Ka/EHF 대역으로는 45 Mbps 전송가능하며 재밍 환경에 대응 가능하다. 특히 TSAT 위성 일원으로 극궤도 위성(APS: Advanced Polar System)는 극지방의 전략링크를 제공하며, 핵 공격에 견디어 무중단 서비스를 제공하는 전략적인 임무를 수행하도록 한다. TSAT 은 상호 연결성, 용량, 상호 운용성, 가용도, 보안 및 데이터 속도를 전폭적으로 개선하여 28.5Gbps 로 지상, 항공 및 우주공간의 광범위한 가입자를 지원할 것이다. 예를 들면, 지상 자동차 TSAT 사용자는 1 피트 안테나로 1.5Mbps 를 연결할 수 있고 더 작은 안테나로 고속 데이터 연결로 전장 이동간 통신(BCOTM:battle command on the move)이 가능하게 한다. 통신위성의 기술 및 특징을 요약하면 다음과 같다.

■ 주요 기술

- Advanced antennas, waveforms, laser cross-links
- Routers that allow more bandwidth, accesses
- Speed to mobile users

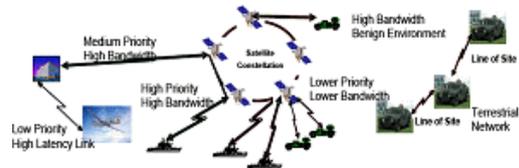
■ 주요 특징

- Protected XDR+ (Processed EHF), Processed X Band (동시 가입자 약 8,000)
- RF crosslink to AEHF
- Laser Communcation (2.5G ~ 10Gbps, 20 ~ 50 ISR 항공기등 가입자)
- IP Ver 6.0

1.3 TSAT 위성망

TSAT 의 네트워크는 TSAT 임무 운용 체계(TMOS ; Mission Operations System)을 통해서 관리된다. TMOS 는 TSAT 체계의 장기 운용 계획 및 작전 계획 기능의 운용 관리 분야와 TSAT 망의 운용과 구성을 실시간 관리하는 망 운용 부분으로 구성된다. TMOS 은 또한 GIG(Global Information Grid)로의 지상망 연동을 제공하며, AEHF 을 포함한 다른 기존 MILSATCOM 체계를 관리하게 된다.

TMOS 의 기본 망 관리개념은 계획된 망관리를 적용(아래 그림 a)한 후에는 단말의 임무와 우선순위, 요청내용, 망 현황, 기상/재밍등의 외적 환경등을 항시 모니터링하다가 필요한 망 요소를 자동으로 재구성하는(아래 그림 b) 것이다.



(a) 최초 망구성(우선순위와 전송율)



(b) 망 감시결과 반영 자동 망 재구성 결과 (우선순위와 전송율)

그림 4. TMOS 망 감시/관리 개념

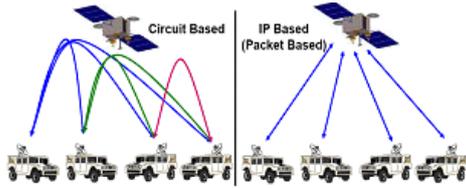


그림 5. TSAT의 IP 근간 망 교환 개념

또한 제한된 단대단 접속이 아닌 TSAT 인터넷 프로토콜 (IP)은 수천의 가입자를 연결하며 우주/항공 정보 감시, 및 정찰(SISR, AISR) 플랫폼에 고속 데이터 접속이 가능하게 한다. 이러한 개념은 그림 5에서 비교하였다.

단대단이나 단대다중 링크 구성으로 이중 홉이나 각 단말로의 별도 링크가 필요했던 기존 망 교환 방식보다 IP 교환방식은 가입자 누구나 모두에게 full mesh 연결이 가능하여 2~8 배의 회선 사용 효율이 증가하고 망 융통성이 증가하게 된다.

1.4. TSAT 위성단말

TSAT 은 기존의 EHF, X, 및 Ka 대역 모두의 단말을 지원할 것이며, 레이저 통신을 지원하기 때문에 증가된 통신용량과 더 작고 이동성이 향상된 단말이 가능하게 할 것이다. 특히 항공기 탑재 레이저 통신 단말은 공대우주, 공대공 통신으로 최소 1.2Gbps 급으로 제공하며 플랫폼으로는 Global Hawk(무인기), U-2(정찰기), E-3(항공 경보통제 시스템), E-8(합동 지상 감시 플랫폼), E-10(다중 임무 C2 항공기) 및 Smart Tanker 이 포함될 것이다. 운용 단말유형과 특징은 표 1 과 같다.

표 1. TSAT 위성단말 특성

링크종류	주파수	단말		
		플랫폼	안테나 크기	전송속도(Mbps)
XDR+ (eXtended Data Rate+)	EHF (44-20GHz)	차량 (on-the-move)	30cm	1(uplink)/48(downlink)
		항공기	60cm	16-192
		수상함	1.2m	8-192
X-XDR+	X (8-7GHz)	차량	60cm	5-170
		수상함	1.2m	30/60
Ka-XDR+	Ka (20-30GHz)	항공기	60cm	13-192
		무인기 (Global Hawk)	1.2m (400W)	320-384

최초 TSAT 단말은 기존의 통신위성 단말 위주에서 탈피한 다양한 플랫폼을 이용하게 되며, 단말 배치는 7,000~8,000 대 급으로 예상되며, 특히 장기적으로는 2'~5'의 소형 단말 위주로 구성될 것으로 예상된다.

2. 차세대 군위성통신 구조

2.1 소요기술

NCW 에 대비한 유사체계 구조를 차세대 한국 군 위성통신체계로 적용하였을 때 핵심 소요 기술은 고속 이동 차량/장갑차, UAV/수송기등 다양한 이동 플랫폼에 탑재 가능한 이동빔/빔성형 안테나, 주파수 도약 방식으로 항재밍 능력이 우수하면서도 링크 상황을 실시간으로 모니터링 하여 변조/코딩 방식을 가변 하면서 8Mbps 이상의 데이터 전송이 가능한 위성탑재 항재밍 waveform, 다수의 위성망을 연결하거나 UAV/저궤도 관측 위성 등 EO/IR 센서의 데이터링크 중계를 위한 Gbps 급 레이저 링크, 그리고 모든 연결 자산들이 IP 기반 패킷으로 교환하며 자동으로 망 관리를 해주는 위성 라우팅 기술 등이 차세대 위성통신의 핵심 소요 될 것으로 예상된다.

2.2 차세대 위성통신 구조

전세계가 유무선의 인터넷으로 연결되어 언제 어디서나 인터넷으로 음성, 영상통화를 비롯한 다양한 서비스를 제공하듯이 차세대 위성통신은 IP 를 근간으로 전장에 분포된 센서나 슈터 등의 자산에서부터 HQ 의 지휘관으로 다양한 데이터를 연결하는 추세로 발전하고 있다. 이러한 구조는 NCW 의 핵심이라 할 수 있으며, 기존의 회선교환, 고정주파수할당, 고정통신 위주의 위성통신 구조를 위성중심 패킷교환, 프레임단위 환경적응 동적 자원할당, 이동 플랫폼으로 구성되는 망의 구조로 진화하는 것이다. 패킷교환 및 동적 자원할당은 물리적 공격이 불가능 하다 할 수 있는 통신위성에서 구현되어 통신위성 중심의 망 구조를 이루며, 기존의 차량이나 수상, 수중, 개인병사의 통신계 중심의 플랫폼에서 무인기, 정찰기, 수송기등 다양한 공중 플랫폼과 탱크, 전투장갑차 등의 다양한 전투 플랫폼까지 지원하는 구조가 될 것이다. 이러한 네트워크의 중심역할을 하기

위해서는 소요되는 빔성형 안테나, 항재밍 waveform, 위성탐재 라우팅 등의 기술이 필수로 확보되어야 하며, 선결되어야 한다.

#### IV. 결 론

세계 군 통신위성체계는 NCW 개념과 더불어 큰 방향 전환이 진행되고 있다. 강력한 경쟁자였던 광케이블에 밀리는 상용의 통신환경과는 다르게 군 위성 분야에서는 위성탐재 기술과 단말 기술의 발전으로 상용 이동통신의 편리성과 고속데이터 서비스를 전장환경에서 언제 어디서나 가능한 개념으로 진화하고 있다. 이러한 대표적인 군 위성체계는 미군이 계획중인 TSAT 체계가 있으며, NCW 하에서 군 통신소요의 절대적인 부분을 위성통신이 지원 할 수 있을 것으로 예상된다. 본 논문에서는 이러한 TSAT 체계의 주요 운용개념과 핵심기술을 분석하였다. 분석 결과를 바탕으로 NCW 대비한 차세대 군 위성통신체계 상위 구조는 재밍이나 간섭 등의 채널환경에 최적으로 적응하여 서비스가 가능한 전송율, 항재밍 능력, 망 제어, 및 망 관리 능력을 가져야 하며 고속 이동 차량, 초소형단말, 초고속 무인기 등의 다양한 플랫폼을 지원해야 함을 제안하였다. 또한 이러한 체계 구조를 위해 적응형 다중안테나, 레이저 링크, 차세대 항재밍 waveform 등의 기술이 소요 기술로 예상됨을 분석결과로 제시하였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Douglas Holtz-Eakin, (2005), The Long-Term Implications of Current Plans for Investment in Major Unclassified Military Space Programs, CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE
- [2] Maj Steve Whitney, (2006), Military Satellite Communications: Bridging to the Future, 2006 DoD Commercial SATCOM Workshop
- [3] Joint terminal Engineering Office, "EHF SATCOM At a Glance," Feb. 2001.
- [4] Roger J. Rush "Success factors for Broadband Satellite Systems", Seventh Ka-Band Utilization Conference, Taromina, Italy, October, 2001.
- [5] S. Mishima, L. Moy-Yee, G. Yee-Madera, E.

Yousefi , "Broadband Packet Switch Processor," Seventh Ka-Band Utilization Conference, Santa Margherita, Italy, September 26-28, 2001.

- [6] US eyes 'transformational' communications, Jane's INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW - MAY 01, 2003

#### 저자

박 우 철(Woo -Chul Park )

정회원



1987 년 2 월 : 건국대학교  
전자공학과 졸업  
1992 년 2 월 : 고려대학교  
전자통신학과 석사  
2006 년 4 월~현재 : 방위사  
업청 위성통신팀장  
2007 년 03 월~현재 아주대  
NCW 과 박사과정

1986 년 12 월~1994 년 02 월:Litton 연구소(책임)  
1994 년 03 월~1996 년 08 월: AirTouch 연구소  
1996 년 08 월~2005 년 12 월:AirMedia 연구소장

<관심분야> 위성통신, 무선이동통신(Ad-hoc)

차 재 룡(Jae-Ryong Cha)



2004 년 2 월 : 아주대학교  
전자공학부 학사  
2006 년 2 월 : 아주대학교  
전자공학과 석사  
2006 년 3 월~현재 : 아주대  
학교 정보통신대학  
전자공학부 박사과정

<관심분야> RFID, MAC 프로토콜, Sensor Network, IEEE 802.11/15

김 재 현(Jae-Hyun Kim)



1991 년 2 월 : 한양대학교  
전자계산학과 졸업  
1993 년 2 월 한양대학교  
전자계산학과 공학석사  
1996 년 8 월 한양대학교  
전자계산학과 공학박사  
1996 년 8 월~1997 년 4 월 :  
한양대학교 공학기술  
연구소 연구원

1997 년 7 월~1998 년 6 월 : UCLA 전기과  
Postdoc 연구원

1998 년 7 월~1998 년 9 월 : IRI Corp. CA,  
USA

1998 년 11 월~2002 년 2 월 : Bell Labs,  
Lucent Tech.

2003 년 3 월~현재 : 아주대학교 정보통신대학  
전자공학부 부교수

<관심분야> : 무선 인터넷 QoS, MAC 프로토콜,  
IEEE 802.11/15/16/20