

국방 통신기술과 감시기술 연구동향

임 중 수

백석대학교

I. 서 론

대용량의 정보를 초고속으로 전송하는 통신기술의 발달은 전장 감시, 자료 전송, 상황 분석 및 지휘 통제로 분리되어 수행되던 전장 운용 개념을 C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance)과 같은 실시간 통합 전장 운용 개념으로 전환하여 전구(global) 간의 전장 감시 및 지휘 통제를 실시간으로 수행하도록 발전되고 있다. 또한, 국방 통신 체계는 각종 센서 체계와 지휘 체계, 지휘 체계와 무기 체계, 센서 체계와 무기 체계를 네트워크로 연결하여 전장에서 수집된 정확한 정보를 실시간으로 지휘관 및 무기 체계에 전달하고, 지휘관의 명령을 네트워크를 통해서 실시간으로 센서 체계 및 무기 체계에 전달하는 NCW (Network Centric Warfare) 개념으로 발전되고 있다.

C4ISR의 골격에 해당하는 군사용 대형 전술 네트워크들은 합동전술정보분배체계(JTIDS: Joint Tactical Information Distribution System)로도 불리는 디지털전술정보링크(TADIL: Tactical Digital Information Link)와 군용전술데이터링크(ATDL: Army Tactical Data Link)등이 있으며, 이외에도 소형 또는 이동 터미널을 지원하는 단일채널 지상·공중 통신체계(SINCARS: Single Channel Ground and Air Radio System), 이동가입장비체계(MSE: Mobil Subscriber Equipment), 협동교전체계(CEC: Cooperative Engagement Capability)와 관련된 데이터 링크가 사용된다. [그림 1]은 방공체계(Air Defence System)에 사용되는 각종 통신 네트워크와 감시 체계를 도시하고 있다. E-3A와 E-2C에 탑재된 각종 센서들이 접근해오는 미사일과 항

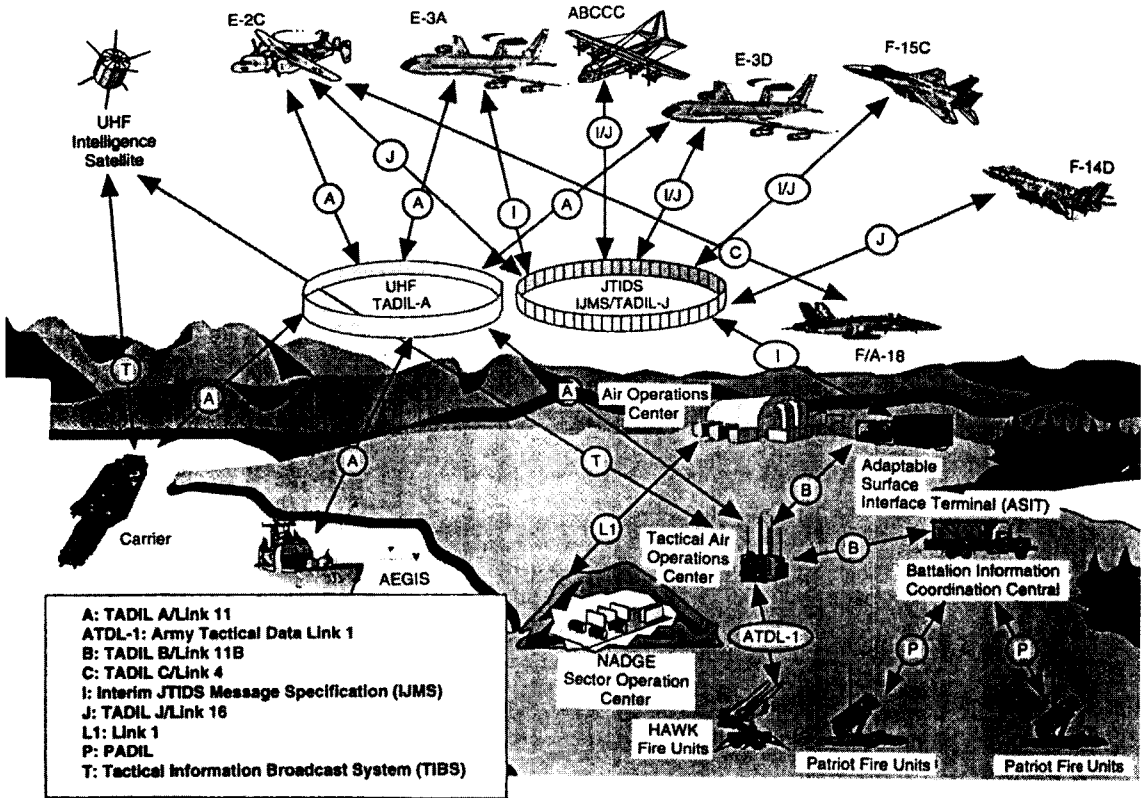
공기를 탐지하여 수집된 자료를 합동전술정보분배체계(JTIDS/TADIL-J)로 전송한다. JTIDS는 수집된 정보를 육해공군 지휘체계 및 무기체계로 제공하며, 육해공군 지휘체계는 전술정보분배체계(Tactical Information Broadcasting System), ATDL(Army Tactical Data Link), PADIL(Patriot Digital Information Link) 등을 이용하여 각종 무기 체계로 명령을 전달한다^{[1][2]}.

본 논문에서는 군방 통신 기술과 감시 기술의 발전 및 연구 방향에 대해서 기술하며, 국방 통신 기술은 합동전술정보분배체계(JTIDS)와 같은 대형 전술 데이터 링크, 각종 환경에서 발생하는 여러 종류의 통신 자료를 호환성있게 수신할 수 있는 합동전술레디오시스템(Joint Tactical Radio System), 광대역화되어 가는 군사용 위성통신 체계에 대해서 기술하고, 감시기술은 센서 융합, 감시용 무인기 사용, 센서의 고주파 하드웨어 공용 기술에 대해서 기술한다.

II. 군 발전 방향

2-1 전술 데이터 링크

전술 데이터 링크의 기본 목적은 넓은 주파수에 걸친 여러 종류의 정보를 하나의 전투 구성요소로부터 다른 전투요소에 실시간으로 전달해 주는 것이다. 최신 국방 전송 데이터 링크의 가장 중요한 특징은 연결 노드(node)가 없는 것이며, 이것은 모든 사용자들이 별도의 교환기나 통신센터를 사용하지 않고, 누구에게나 자료를 직접 전송할 수 있도록 하여 데이터 링크의 한 요소가 파괴되어도 모든 다른 구성요소들은 계속 통신이 가능하도록 하는 것이다.



[그림 1] 방공체계용 네트워크 구성^[3]

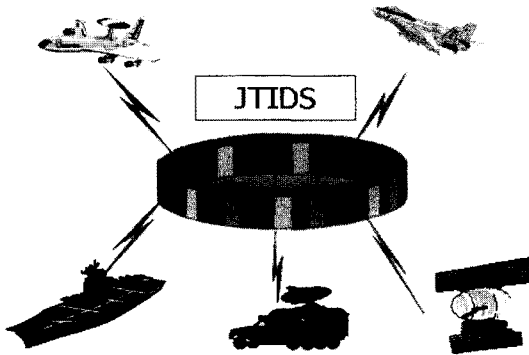
미군은 1950년대부터 지휘 통제용으로 데이터 링크를 개발해 왔으며, 합동전술정보분배체계(JTIDS or TADIL-J)는 현재 미국의 대표적인 전술 데이터 링크라고 할 수 있다. JTIDS는 대규모 군사 작전에서 자료 수집 요소, 전투 요소, 그리고 지휘 통제(Command and Control) 센터들 간에 상호 운용성을 가지도록 고용량이며 신뢰성 있고, 재밍으로부터 보호되며, 보안성이 확보되는 디지털 정보 분배를 제공하기 위해 개발되었다. JTIDS를 최초로 실용화한 것은 AWACS에서의 공군 전투기들을 통제하기 위한 것이었다^{[4],[5]}.

전술 데이터 링크 중에서 미 함함에서 표준으로 정한 TADIL-J는 JTIDS의 또 다른 이름이며, 미 해군이 사용하던 TADIL-A와 공군이 사용하던 TADIL-B

를 육해공군이 공동으로 사용할 수 있게하여 합동작전의 능력을 높이기 위해서 개발한 링크이다. NATO에서는 전술 데이터 링크를 "Link"라고 명명하고 있으며, TADIL과 Link의 관계는 TADIL-A가 Link-11, TADIL-B가 Link-11B, TADIL-J가 Link-16과 동일한 개념이다.

[그림 1]에서 L-밴드(960~1215 MHz) JTIDS는 주로 가시거리(LOS) 내에서 적절하게 장비를 구비한 사용자들 사이에 디지털 자료의 전송을 가능케 한다. 이는 시분할 다중접속(Time-Division Multiple Access) 포맷을 사용하고, 모든 사용자들은 어디에서나 공통 채널에 자료를 송신할 수 있다^[5].

TDMA 포맷하에서 각각의 사용자들은 12.8분 주

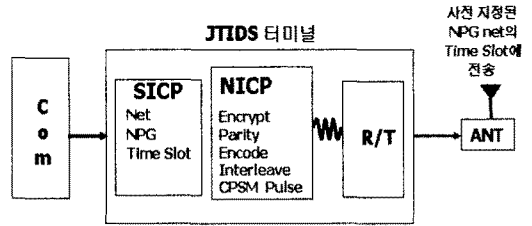


[그림 2] JTIDS 구성 개념도

기로 반복되어지는 시간 싸이클 중에서 하나 또는 여러 개의 시간 슬롯(time slot)을 할당받게 된다. 12.8분 주기는 64개의 12초 프레임으로 나뉘어진다. 각 12초 프레임은 1,536개의 시간 슬롯으로 나누어지는데, 각각은 7.8125 ms 동안 지속된다. 그리하여 JTIDS는 7.8125 ms 동안 지속되는 98,304개의 메시지 교환 시간 슬롯을 가지며, 약 8,000 개의 보고 자료를 10초 이내에 전송할 수 있다.

각 메시지 교환 슬롯은 개시자(preamble)을 동기화 시키면서 부터 시작되는데, 이것은 수신기가 사용자들을 위해 사전에 프로그램해둔 유사잡음(pseudo-noise) 디지털 코드에 동기될 수 있도록 해 주는 것이다. 다음으로 식별 대역(identification band)은 수신자로 하여금 송신자가 통신 대상자 인지를 결정할 수 있도록 해 준다. 그 다음은 기본 메시지 데이터를 운반하는 109개의 정보 패킷이 전송된다. 109개의 정보 패킷들은 6.4 μ s의 길이를 갖고 32 bit 데이터를 포함하고 있어서 200 ns의 기본 칩율(chip rate)이 된다. 이 데이터 율(data rate)을 지원하기 위해 필요한 RF 대역폭은 10 MHz이다. 메시지-대역 패킷 전송 후에 이어지는 보호대역(guard-band)은 다음 데이터 전송 전에 메시지-대역 패킷을 가시선(LOS) 거리 내에서 전파 가능하도록 하여 준다.

유사 잡음 또는 대역 확산(spread-spectrum) 코딩은



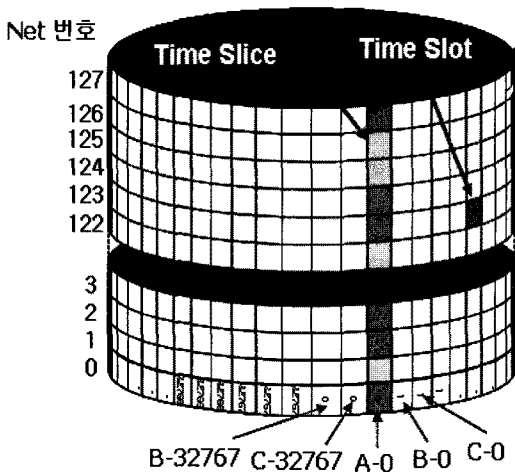
[그림 3] JTIDS 터미널 구성도

JTIDS에 통신 보안 기능을 제공하는데, 송신기 코드와 비동기된 수신기는 특정 사용자에 대한 코드 지식을 가지고 있지 않으므로 송신자가 보내는 특정 메시지 패킷을 동기화할 수 없게 된다. 대역 확산은 매우 중요하지만 10 MHz의 대역폭 확산(spread-spectrum) 송신은 가용한 전체 대역폭 255 MHz의 일부분에만 적용되므로 협대역 재밍(spot jamming)의 영향을 받을 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 51개의 도약(agile) 송신 주파수가 255 MHz의 대역을 커버하기 위해 사용된다. JTIDS 송신 주파수는 30 MHz 정도의 최소 점프 간격으로 임의의 순서대로 미리 정해진 프로그램에 따라 도약을 한다. 이것은 재머로 하여금 재밍 에너지를 전체 대역에 걸쳐 분산시키게 하여 JTIDS 수신기가 상당한 처리 이득을 확보할 수 있도록 해준다.

JTIDS 송신의 신뢰도를 증가시키는 다른 방법은 리드-솔로몬(Read-Solomon) 코드를 사용하는 것인데, 이것은 메시지의 한 부분이 분실되거나 오류가 있다 하더라도, 메시지를 재구성 할 수 있게 해 준다. AWACS의 시험 중 평균 오류율(error rate)은 0.6%를 경험하였는데, 1~12%의 오류율은 AWACS의 급선회 중에 나타났다. JTIDS의 특징은 모든 사용자가 하나의 공통 채널에서 송신한다는 것이며, 가능한 실시간에 데이터를 교환할 수 있게 하는 것이다. JTIDS는 이론상으로 98,304명의 사용자를 위한 시간 슬롯이 가능하지만, 실제 사용자수는 수백명에서 최대 2,000명까지 가능하다. 일반적으로 AWACS는 시간 슬롯의

약 10%까지 사용하며, 전투기는 단지 몇 개의 시간 슬롯만을 사용할 것으로 예상된다. 전투기용 JTIDS의 송신 출력은 100~500 w 정도 요구되는데, AWACS 용은 1 kw 정도가 요구된다. 분산형시 분할 다중 접속(Distributed Time-Division Multiple Access) 구조의 발달은 동시에 송·수신 할 수 있도록 하고, 용량을 증가시키고 보호 간격(guard interval)을 제거하였다.

JTIDS는 직접 시퀀스 확산(direct sequence)과 주파수 도약의 결합을 통해서 56.7 kHz의 정보 데이터율을 가진 255 MHz의 대역 확산(spread-spectrum) 대역폭을 얻을 수 있다. 이것은 광대역 잡음 재머에 대하여 36.5 dB의 처리 이득을 의미한다. 추가로, 순방향 오류 교정 리드-솔로몬 코드(forward error-correcting Reed-Solomon code)는 31-bit 코드내 최대 8개 오류가 발생할 수 있는 메시지의 정보 내용을 복원할 수 있게 한다. 이러한 특성은 JTIDS가 전통적 잡음 재밍에 대한 높은 저항성을 가지도록 해준다. 한국에서는 현재 해군과 공군이 각각 Link-11/IB, Link-16 등을 사용하고 있으나, 각 군별 지휘 통제 체계 및 무기 체계별 요구 사항을 만족시키기 위해서 합동 전술 데이터 링크 체계를 개발할 예정이다⁶⁾.



[그림 4] JTIDS의 다중 네트워크 구성

2-2 JTRS 프로그램

JTRS(Joint Tactical Radio System)는 현재 미국 국방부에서 진행되고 있는 소프트웨어 라디오(Software Defined Radio) 구조에 관련된 프로그램의 일종으로서, 육해공군이 사용해 온 아날로그 통신망을 디지털로 전환, 통합 네트워크를 구축하는 것을 목적으로 F-22, F-35 등 최신 전투기나 항공모함에 장착되는 교신 시스템에서부터 일선 군인과의 통신 네트워크를 모두 디지털화하는 것이다. JTRS 시스템은 SPEAKeasy 및 PMCS(programmable Modular communication Systems)를 기반으로 하고 있으며, 일반적인 상용 통신 시스템과 호환이 되는 군용 소프트웨어 라디오로 사용할 수 있는 프로그램이다. JTRS가 추구하는 소프트웨어 라디오의 특징은 다음과 같다^{7),8)}.

- 1) 동작 주파수 : 2 MHz~2 GHz
- 2) 다양한 군용 무선 통신 프로토콜을 수용 가능
- 3) 현존하는 시스템과 겸용 가능
- 4) 새로운 무선 통신 기술 접목이 용이
- 5) 다른 환경하의 이종 시스템들에 속한 다른 파형구성 처리 객체들간의 상호 연동 가능
- 6) COTS 활용 용이

JTRS는 운용 환경에 따라서 Airborne, Maritime, vehicular, dismounted, hand-held 환경 도메인을 개별적으로 지원할 수 있는 일종의 소프트웨어 라디오로 구성되며, 이러한 JTRS 시스템들은 그 형태가 상이하여도 기본적인 골격 구조는 다른 환경하에서 사용되는 시스템과 상호 연동이 가능해야 한다. JTRS 소프트웨어는 객체 지향적인 형태를 갖고 있으며, 하나의 중심 클래스와 5개의 환경 도메인에 해당하는 주변 클래스로 구성되어 있다. 중심 클래스 구조는 미국방부 산하 JTRS 프로그램에 의해서 정의된 SCA(Software Communication Architecture)라는 무선 통신 아키텍처를 적용함으로써 서로 다른 표준과 기술을 지원할 수 있도록 하고, 하드웨어 중심이었던 라디오 개념

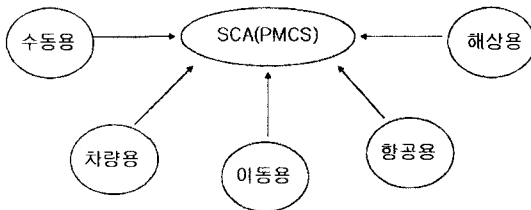
을 소프트웨어 중심의 라디오 개념으로 변화시켰다.

국내에서도 SDR에 대한 관심이 크게 증대되어 국방과학연구소와 방위산업체를 중심으로 TMMR(Tactical Multiband Multimode Radio), TDR(Tactical Data Radio), TDL(Tactical Data Link) 프로그램을 통해서 소형 데이터 링크용 무전기와 고속 데이터/음성 동시 통신용 SDR 무전기를 개발했으며, 전파연구소에서는 SDR Regulatory 관련 업무를 수행하고, 한국정보통신기술협회(TTA)에서는 SDR의 표준화 활동을 진행 중이다^[9].

SCA 구조의 구성은 PMCS(programmable Modular Communication Architecture)의 SWRM(Software Reference Model)에서 파생되었으며, 이것을 RF 응용, Modem 응용, Internetwork 응용, INFSEC 응용, System Control 응용, HMI 응용을 기반으로 설계되고 있다.

2-3 군용 위성통신

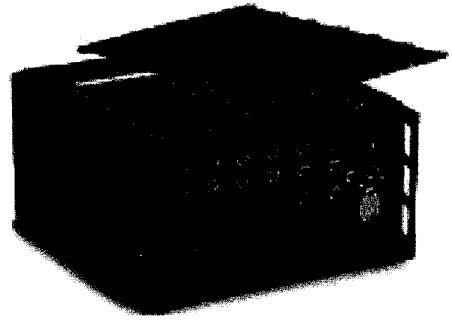
현대전은 전장이 전역화(global)되고 또한 동시 다



[그림 5] SCA구조의 구성과 특징

RF 응용	Modem 응용	Inter Network 응용	INFOSEC 응용	Black Side Process 응용	System Control 응용	HMI 응용
API	API	API	API	API	API	API
OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS
EEL	EEL	EEL	EEL	EEL	EEL	EEL
Interconnect Physical Layer						

[그림 6] PMCS SWRS의 구조^[10]



[그림 7] ITT사의 4채널 JTRS(ITT사 제공)

발적으로 전투가 수행되기 때문에 전구적인 광대역 통신 네트워크 구성이 필요하며, 군사위성통신을 이용한 전역통신네트워크가 매우 필요하다. 군사용 통신위성은 1965년 러시아가 몰니아(Molniya) 위성을 발사하면서 시작되었으며, 미국도 1966년에 DSCS I 군사용 통신위성을 발사하였다. 그 이후 영국, 프랑스, 일본 등 많은 나라에서 군사용 통신위성을 발사하였으며, 1984년 프랑스가 SYRACUSE I 민군 겸용 통신위성을 발사한 이후 많은 나라가 민군 겸용 통신위성을 발사하고 있다. 우리나라도 2006년 8월 태평양에서 민군 겸용 통신위성인 무궁화 위성 5호를 발사해서 현재 운용 중에 있다.

군사용통신(MILSATCOM) 네트워크는 UHF(250~400 MHz), SHF(7~8 GHz), EHF(20~44 GHz)에서 운용된다. 또한, 이 대역들은 상업 목적으로 활발히 사용되고 있다. UHF 대역은 항공기, 소형 선박, 그리고 지상의 소형 운송 수단과 같은 이동 단말국과 호환이 될 수 있는 장점을 가지고 있으나, 전자보호(EP) 기능 향상에 제한적이어서 점차 높은 주파수 대역을 사용하는 경향이 있으며, 높은 주파수 대역을 데이터 링크에 사용하는 경우에는 넓은 데이터 전송 대역폭과 방향 제어 가능한 지향성 좁은 안테나 빔을 사용할 수 있어서 데이터 전송량 및 전자보호(EP) 기능 향상에 매우 유리하다.

MILSTAR는 1994년에 미국에서 발사한 현재 사용

중인 대표적인 군사용 통신위성이다. MILSTAR는 EHF (44 GHz)와 UHF(300 MHz)의 상향 링크와 SHF (20 GHz)와 UHF(250 MHz)의 하향 링크 그리고 60 GHz의 인공위성간의 교차 링크(cross link)를 사용한다. EHF에서 작동은 도중에 차단이나 적에게 탐지될 확률을 낮게 해주며, 1도 정도의 상향 링크 빔 폭은 10,000 km 고도에서 폭이 250 m 이하가 되고, 수신 터미널은 적의 감청소로부터 4.8 km 위치에서도 작동할 수 있다^[11].

블록(block) I 설계는 초당 75 bits에서 2.4 kbits까지의 비율로 소통하기 위해 100개의 채널을 제공한다. 이 신호는 암호화되고 2 GHz 대역폭에 걸쳐 초당 수천 번 도약을 한다. 블록(block) II 설계는 인공위성마다 동시에 적어도 600명의 사용자를 수용할 수 있는 초당 1.544 Mbits 비율의 TI 링크를 제공한다. 이 장비의 설계에는 재머를 무효화(null)시킬 수 있는 2개의 스팟(spot) 안테나가 포함되어 있으며, 3개의 인공위성을 지구 정지 궤도(36,000 km)에서 운용하기 때문에 양극 지방을 제외한 전 지구를 커버할 수 있다.

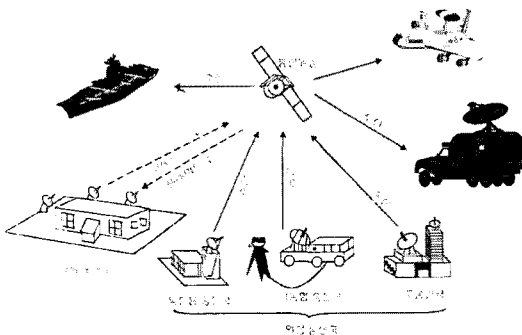
저궤도(Low Elevation Orbit) 위성을 이용할 경우에는 정지 궤도(Geometrical Orbit)에서 필요한 것보다 더 많은 인공위성을 필요로 하지만, 안테나 크기가 작고 에너지가 적게 드는 이점이 있으므로 많은 위성을 필요로 하는 단점을 보완한다. 정지 궤도(GEO) 위성은 높은 고도에서 동작하므로 대화식 통신시에

혼란 및 비효율성을 야기하는 상당한 시간 지연이 발생하는 경향이 있다. 따라서 정지 궤도 위성은 영상 전송에 유리하고, 반면에 저궤도 위성은 음성 통신에 유리하게 사용된다.

저궤도(LEO) 위성은 일반적으로 700~1,400 km의 고도에서 밴 알렌 방사대(Van Allen radiation belts) 이하에서 운영한다. 단일 인공위성의 커버 범위는 좁으므로, 중단 없이 커버하기 위해서 많은 위성이 필요하다. 게다가 우주선들은 지구의 표면에 가깝게 있기 때문에 이들은 높은 궤도 위성보다 더 빠르게 통과한다. 하나의 통화(call)를 지속적으로 유지하기 위하여 저궤도 위성들은 복잡한 위성 교차 링크(cross link)나 지점을 연결하는 수백 개의 지면 교차 링크를 사용하여야 한다. 그러나 1999년 이후 저궤도 위성은 경제적인 문제 등 여러 가지 문제가 발생하여 현재는 별로 사용하지 않는다^[12].

군사 위성 통신 시스템은 상업용 통신 시스템과 마찬가지로 지구 궤도 상공에서 통신을 중계하는 우주 부분(Space Segment)인 위성체와 다양한 서비스를 받고자 하는 지상 부분(Earth Segment)의 지상 단말, 그리고 위성의 제어를 담당하는 위성제어 부분으로 구성되어 있다.

우주 부분(Space Segment)의 위성체는 통신을 수행하고 중계 기능을 담당하는 탑재체(payload)와 탑재체를 싣고 통신 시스템을 관리하는 버스(bus)로 구성된다. 탑재체의 기능은 지상에서 송신된 미약한 통신 신호를 저잡음 증폭기(LNA)로 증폭하고, RF 신호를 IF 또는 기저대역 신호로 바꾸어 복조/재변조 과정을 거쳐, IF 신호를 RF 신호로 변경하여 지상으로 신호를 재전송한다. 탑재체 구성은 신호를 송수신하는 안테나와 수신된 신호를 증폭하는 저잡음 증폭기(LNA), 상하향 링크(link)의 주파수 변환기, 고출력 증폭에 의한 증폭 후 다시 지상으로 전송하는 증계기(Transponder or Repeater)로 구성되어 있다. 버스는 위성체에 필요한 전력 발생 및 공급을 하고 위성의



[그림 8] 통신위성 운용 개념도

자세 유지, 탑재체 보호를 담당한다. 버스는 위성 상태를 평가하고 지상으로부터의 명령(command)을 수신하는 원격계측/명령수신/거리측정(TC&R: Telemetry, Command & Ranging) 부분, 전원 공급용 태양 전지판, 전력 제어를 위한 전원 부분, 위성체 자세 제어를 위한 자세 제어 장치 부분, 핵심 부품의 일정 온도를 유지하기 위한 열 제어 부분 및 구조 부분으로 구성된다. 지상 부분(Earth Segment)은 위성 발사 순간부터 수명이 다 할 때까지 위성을 관리 감독하는 위성 관제소, 그리고 육해공군별 전시 및 평시 작전을 수행하기 위한 지상 단말로 구성된다¹⁴⁾.

2-3-1 위성체

2-3-1-1 버스

위성체 버스는 우주 상공에서 통신을 담당하는 통신 중계기 및 시스템이 장착되는 구조물과 위성의 자세 제어, 원격 신호 측정 및 전송 그리고 지상의 명령 신호를 수신하는 원격계측/명령수신/거리측정(TC&R: Telemetry, Command & Ranging), 열 제어 부분, 전력 공급 부분, 궤도 수정 제어 부분, 위치 제어 추진 부분 등에 필요한 모든 설비들을 포함하고 있다. 위성체 버스는 항상 위성체의 상태를 파악하기 위해 필요한 위성 파라미터들을 측정하고, 측정 데이터를 지상 관제소로 보내어 지상 관제소에서 위성체 상태를 관리하고 임무 감시를 수행할 수 있게 하며, 위성체가 궤도 이탈이나 다른 징후를 보일 경우 위성 관제소에서 보내는 명령을 항상 수신할 수 있도록 하는 통신 링크가 있다. 이런 명령 수신 및 정보 교환을 위한 통신 링크는 위성체 제어를 위한 전용 링크를 갖는 경우와 위성 서비스 제공을 위한 통신 채널의 일부를 이용하는 두 가지 구성이 가능하다.

2-3-1-2 탑재체

위성체 내부에 실리는 탑재체는 지상의 신호를 수신한 후 일련의 신호 처리 과정을 거쳐 다시 지상에 수

신 신호를 전송하는 역할을 하며 크게 주파수 변환 및 신호 증폭을 담당하는 중계기와 RF 신호를 송수신하는 안테나로 분리한다. 중계기는 다시 상향 링크를 거쳐 감쇠가 된 미약한 수신 신호를 저잡음 증폭(LNA)하고 전송 주파수를 변환하는 중계기 수신부와 수신 신호의 상호변조 특성을 약화하기 위한 채널별 분리 결합 및 고출력 증폭(HPA)하는 중계기 송신부로 분리될 수 있다. 위성체에서 사용되는 안테나 시스템은 주로 파라보라 안테나(Parabolic Antenna)를 사용하여 신호를 송수신하며, 분류 목적에 따라 여러 안테나로 분리가 가능하다.

위성 통신용 중계기는 수신부와 송신부로 구성된다. 수신부는 입력 신호 중 중계기 주파수 대역 신호만을 검출하기 위한 입력 광대역 필터, 수신된 신호를 잡음이 적게 섞이면서 증폭하기 위한 저잡음 증폭기 그리고 상향 신호의 주파수를 국부 발진기 주파수에 맞추어 전송 주파수를 바꿔 하향 링크로 전송하는 주파수 변환기로 구성된다. 입력 광대역 필터는 중계기 신호를 선별 수신하고 그 외의 신호는 약 80 dB 이상 억압시키며 중계기 송신부에서 누설되는 신호를 차단하여 수신부를 보호하며 대역내 주파수 응답 및 대역외 신호 억압 특성이 우수한 체비체프계열 필터가 사용된다. 저잡음 증폭기는 신호의 저잡음 증폭을 위해 낮은 온도 잡음과 선형성을 가져야 하며, 초기에는 터널 다이오드가 사용되었으나 그 후 BJT, GaAs FET 등이 사용되었고, 최근에는 잡음지수가 낮고 선형성이 좋은 HEMT소자가 주로 사용된다.

주파수 변환기는 상향 링크 전송 주파수를 하향 링크 전송 주파수로 바꾸는 것으로서 주파수 혼합기와 국부 발진기로 구성된다. 주파수 혼합기는 다이오드나 MESFET의 비선형성을 이용해 2개 입력 신호의 주파수에 대한 합과 차의 성분을 발생시키며, 국부 발진기는 약 10^{-6} 이하의 안정도를 갖는 MESFET 발진기나 HEMT소자를 사용하며, 주파수 안정도를 더 높이기 위해 PLL을 추가로 부차하기도 한다. 주파수 혼

합기와 국부 발진기를 거친 신호는 필요한 주파수 대역만을 통과시키는 대역 통과 필터(BPF)를 사용해 사용 주파수를 선택한 후 송신부로 전송된다.

중계기 송신부는 입력력 멀티플렉서, 자동 출력 제어 증폭기, 채널 이득 조절 증폭기, 고출력 증폭기(HPA) 및 선형화기, 고조파 억압 필터, 등화기(equalizer) 등 여러 부분으로 구성되어 있으며, 통신 품질을 위해 송신부는 상호 변조(intermodulation)가 발생하지 않도록 설계되어야 한다. 입력 멀티플렉서는 중계기 수신부에서 입력된 신호를 선택성 필터에 의해 채널별 주파수대로 분리하여 채널당 공통 증폭되는 신호수를 감소시켜 상호 변조 잡음을 줄이고 다중 경로 신호를 감쇠시켜 왜곡을 줄인다. 입력 멀티플렉서를 거친 신호들은 자동 출력 제어 증폭기(Automatic Level Control)에 의해 일정 출력이 유지되어 신호 레벨 변동을 보상한다. 그 후 통신 채널 이득의 장기간에 걸친 변화를 보상하기 위해 각 채널의 이득을 조절하여 고출력 증폭기에 일정 레벨로 공급하는 채널 이득 조절 증폭기가 사용되며 보상된 신호들은 고출력 증폭기에 의해 증폭된다. 고출력 증폭기는 주로 고이득, 고효율, 고출력, 광대역 특성을 지니는 진행파관 증폭기(Traveling Wave Tube Amplifier)나 MPM (Microwave Power Module)이 많이 사용되며, 최근에는 소형 양질의 선형성을 지니며 EMSFET 소자를 사용한 SSPA(Solid State Power Amplifier)도 사용되고 있다.

위성체에서 신호의 자유 공간 방사 및 수신을 담당하는 위성 안테나는 통신 주파수, 안테나 이득, 통신범위, 서비스 종류, 목적 등을 고려하여 방사되는 빔의 영역에 따라 전역(global) 빔, 관심 지역(zone) 빔, 특정 지역(spot) 빔 안테나 등으로 구분된다. 대부분 정지 궤도에 있는 미국의 군사위성은 넓은 지역의 통신을 담당하기 위해 서비스의 범위가 넓은 전역 빔이나 관심 지역 빔 등을 많이 사용하고 또한, 자국내 통신을 위한 경우 협 지역을 대상으로 하는 서비스를 목적으로 하는 특정 지역 빔을 사용한다. 또한, 빔의

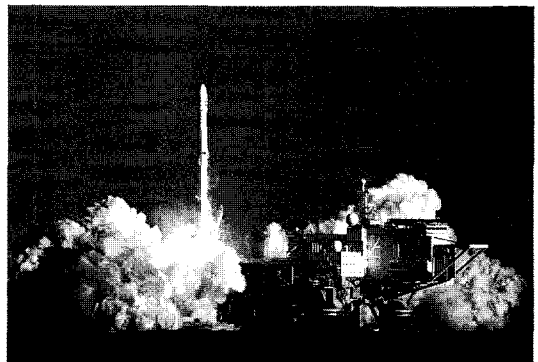
형태에 따라 안테나를 분류하면 단일(single beam), 성형(shaped beam), 다중(multi beam) 안테나, 이동 가능(steerable beam) 빔으로 구분할 수 있다.

2-3-2 지상 체계 위성 관제 부분

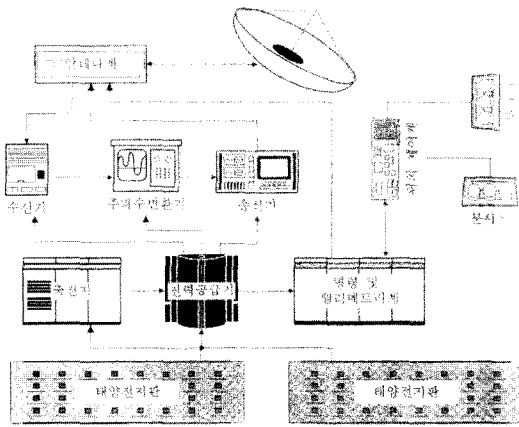
위성 통신 체계 구성 요소 중 지상 체계는 우주 궤도상 위성체를 관리 감독하는 위성 관제 시스템과 지상에서 위성을 통해 통신 서비스를 제공 받는 위성 단말로 구성되어 있다. 위성 관제소는 지상에서 위성 상태 및 궤도 주회 및 자세 등 위성에 관한 전반적인 파라미터들을 계산하고 감시한 후 측정 정보에 따라 원격으로 위성에 명령을 보내어 위성을 제어하는 업무를 담당하며, 주로 위성 원격 측정(telemetry), 추적(tracking), 그리고 명령(command) 등의 TT&C 업무를 수행한다. 위성 관제소는 위성 발사 순간 제어 및 위성이 수명이 다할 때까지 관리 감독을 수행하는 것 외에 위성 수명이 다한 후 궤도 밖으로 이탈시키는 것 또한 담당하고 있다. 위성 관제 시스템의 구성은 관제소(TT&C), 위성 제어 센터(SCC), 감시 시스템(Communication System Monitoring)과 위성 궤도내 시험(IOT: In-Orbit Test)로 구성된다.

2-3-3 지상 체계 단말 부분

군용 위성 단말은 각 군별 요구 서비스와 통신 용량,



[그림 9] 민군 겸용 위성통신 무궁화 위성 발사 장면



[그림 10] 통신위성 중계기 구성도

<표 1> 주요 군사용 통신위성

발사 년도	국가	위성명칭	특징
1965	러시아	MOLNIYA	최초 군사통신 위성
1966	미국	DSCS 1	미국 최초 군사통신위성
1969	영국	SKYNET 11	영국 최초 군사통신위성
1972	미국	DSCS II	스팟 안테나 사용
1982	미국	DSCS III	다중빔 간섭제거 안테나
1984	프랑스	SYRACUSE	민군공용
1992	일본	SUPERBIRD	민군공용
1992	스페인	HISPASAT	민군공용
1994	브라질	BRASILSAT	군사위성
2006	한국	무궁화 5	민군공용

설치 장소 및 형태에 따라 일반적으로 고정용, 이동설치용 휴대용, 함정용, 항공기용 등으로 분류되고 있다. 위성 단말의 통신 시스템은 안테나부, 고출력 송신부, 저잡음 수신부, 변복조부, 대전자전부, 지체대역부 등으로 크게 구분된다.

Ⅲ. 감시 분야 발전 방향

군 통신 기술과 밀접한 관계를 가지고 있는 감시 기술의 발달은 여러 측면에서 기술할 수 있으나, 본 논문에서는 군사용 감시 체계의 최근 기술 동향에

대해서만 기술하고자 하며, 세부적인 최신 레이더 기술이나 안테나 기술은 참고문헌들을 참고하기 바란다. 가장 중요한 감시 체계 중의 하나인 레이더 기술은 능동 배열 안테나 기술과 GaAs, GaN 소자 기술, 다중처리 소프트웨어 기술을 바탕으로 매우 발전했으며, 최근의 국방 레이더 체계 및 부체계의 주요 발전 추세는 다음과 같다^[13].

1) 체계 기술

- 단순 기능에서 다기능/ 다목적 기능
- 하드웨어형에서 소프트웨어형
- 저피탐 기술
- 지능화된 대전자전 및 NCTR 기술

2) 안테나 기술

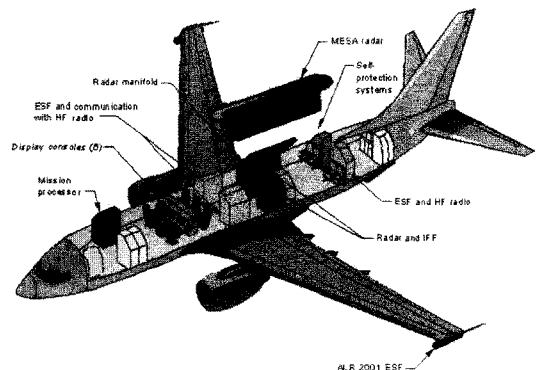
- 능동 완전 위상 배열 안테나
- 단일 빔에서 다중 빔, 적응 빔
- 저부엽, 형상 적응 배열, 디지털 빔 형성

3) 송/수신기 기술

- 튜브형에서 반도체 송수신기
- 초경량/고기능 송수신기 모듈화
- 고속/초광대역/고안정 주파수 합성기

4) 신호처리/통제기 기술

- 하드웨어 교체없이 소프트웨어에 의한 성능 개선
- 고속/병렬 신호처리 기술 및 고집적/고 신뢰화



[그림 11] MESA 레이더를 탑재한 조기경보기

- 상용 부품 사용
- 고속/저고도 표적 등 다양한 표적 탐지/대응
- 사격 정보 추출 및 정보 전달 체계 연동

세계 각국에서는 인명 피해가 없고, 설계 규모를 다양하게 할 수 있는 무인기(Unmanned Aircraft System)를 이용한 감시 체계를 개발하고 있다. 미국 노스롭 그루만사의 그로벌 호크와 GA-ASI사의 프레데터는 이미 개발 도어 사용중이며, 프랑스 Silmach사가 개발하는 전장 6 cm의 초소형 무인기 “Libellule”, 이탈리아 Alenia사의 “Sky-X”, 이스라엘의 초소형급 “Mosquito”와 같은 소형 UAV와 길이가 이스라엘이 개발 중인 총 길이가 35 m에 달하는 대형 무인기 “Eitan” 등

많은 UAV가 개발되어 정밀 근접 감시에 활용될 예정이다^{[14],[15]}.

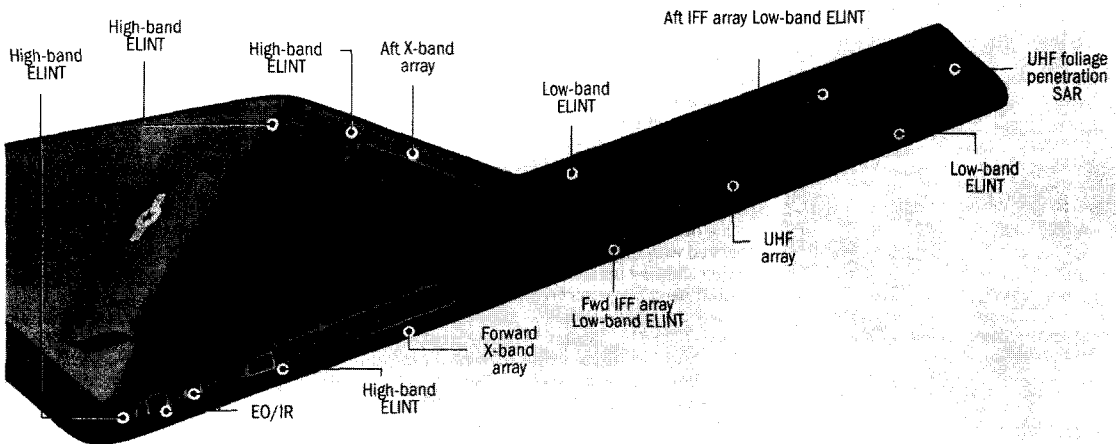
무기 체계가 다양화되고 스텔스화, 저피탐화되면서 표적의 탐지 및 식별이 점점 어려워지고 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위해서 동일 감시 플랫폼에 설치된 센서 융합에 의한 감시 정확도 향상 및 조기 경보 기능을 향상시키고 있다. 레이더, 전자전, 적외선 센서, 광학 센서, IFF 등을 융합하는 센서 융합 기술과 레이더, 전자전(ESM/ECM) 및 통신 기능의 하드웨어를 공동으로 사용하는 Multifunction RF System이 전투기 무장 체계를 중심으로 연구되고 있다^[16].

IV. 결 론

현대전은 C4ISR을 기반으로 통합 전장 개념으로 발전되고 있으며, 군 통신 체계는 각종 센서 체계와 지휘 체계, 지휘 체계와 무기 체계, 센서 체계와 무기 체계를 네트워크로 연결하여 전장에서 수집된 정확한 정보를 실시간으로 지휘관 및 무기 체계에 전달하는 네트워크 개념으로 발전되고 있다. 이러한 군의 요구 사항을 충족하기 위해 국방 통신 기술은 JTIDS와 JTRS, 군사용 위성통신 체계가 연구 개발되고 있으



[그림 12] Hermes 900 중고도용 UAV[IAF 자료]



[그림 13] 항공기용 통합센서 구성[Northrop Grumman 자료]

<표 2> C4ISR 체계의 안테나부 공용 개념

구분	주파수 (GHz)	안테나 형태	안테나 수량	안테나 이득(dBi)	안테나 개구면(cm ²)	범위 (Sterad)	안테나 그룹					% Usage
							A	B	C	D	E	
레이더(송신)	8~12	AESA	3	25~35	~4000	3π+	•					50~100
레이더(수신)	8~12	AESA	3	25~35	~4000	3π+	•					50~100
ESM	2~20	ESA	4	0~35	~4000	4π	•	•				100
ECM	2~20	AESA	4	0~35	4000	3π+	•	•				1
Missile data link	~10	AESA	4	0~35	4000	3π+	•					1
Line of sight link	~10	AESA	4	0~35	4000	3π+	•					1
Radar alt	~4	Fixed	1	~10	~100	π/4	•					1
SAT comms	8~9	AESA	1	~20	~100	2π	•					1
RWR	2~20	Fixed	4	0+	~40	4π		•				100
IFF interrogator	~1	Fixed	2	~12	~2000	2π		•	•			1
IFF transponder	~1	Fixed	2	0+	~100	4π				•		100
JTIDS	~1	Fixed	2	0+	~100	4π				•		100
GPS	~1	Fixed	1	3+	~200	2π				•		100
Comms(송신)	VHF/UHF	Fixed	2	0+	Na	4π					•	1
Comms(수신)	VHF/UHF	Fixed	2	0+	Na	4π					•	100
Nav aids	VHF/UHF	Fixed	2	0+	Na	2π					•	100

주) A: 다중평면 AESA, B/C: 다중 고정형 안테나, D/E: 다중 고정 안테나

며, 국방 감시 체계는 능동 배열 안테나 기술과 반도체 소자 기술, 다중 처리 소프트웨어 기술 등을 바탕으로 다기능 레이더, 센서 융합, 무인기 사용, 공통 하드웨어 통합 기술을 연구 개발하는 추세이다.

참 고 문 헌

[1] Joint Command and Control Warfare Staff Officers Course, Armed Forces Staff College, Jan. 1995.
 [2] Joint Doctrine for Military Deception, Joint Pub 3-58, Jun. 1994.
 [3] J. Carney, C. Corsetti, "Operational effectiveness through interoperability", *First International Symposium on Command Control Research Technology*,

posium on Command Control Research Technology, National Defence University, Jun. 1995.

[4] 김병산 외, 최신 무선통신 원리와 재밍기법, 공군전투발전단, 2005년 2월.
 [5] D. C. Schleher, *Electronic Warfare in the Information Age*, Artech House, 1999.
 [6] 김승춘 외 1, 한국형 합동전술 데이터링크 체계 개발동향, 국방과학기술정보, 국방기술품질원, 2008년 4월.
 [7] "Mission Need Statement for Joint Tactical Radio (JTR)", Tech Rep., U.S. Army, Aug. 1997.
 [8] "Operational Requirements Document(ORD) for Joint Tactical Radio(JTR)", Tech Rep., U.S. Army, 1998.
 [9] 홍수운, SDR 소개 및 발전추세, 국방과학 기술

정보, 국방기술품질원, 2007년 9월.

[10] "Software Communications Architecture Specification," Tech Rep., MSRC-5000 SCA, Version 2.0, U.S. Army, 2000.

[11] 하왕규 외, 최신 전자전 이론과 실제, 공군 전투 발전단, 2003년 12월.

[12] <http://www.add.re.kr/>

[13] 김정환, "레이더 기술발전 추세 및 개발방향", 제

1회 국방레이더 기술 워크샵, 국방과학연구소, 2008년 6월.

[14] Jane's defense weekly, Feb. 2007.

[15] "New sensor technologies will shape future UAVs", *C4ISR Journal*, 2008년 7월.

[16] 강희창, 전자전 기술의 발전추세, 2008 전자전 단기강좌, 한국전자과학회, 2008년 3월.

≡ 필자소개 ≡

임 중 수



1978년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1987년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)

1994년 3월: Dept. of EE, Auburn University (공학박사)

1994년 1월~2003년 2월: 국방과학연구

소 책임연구원/전자탐지팀장

2003년 3월~현재: 백석대학교 정보통신학부 교수

2007년 1월~현재: 정보전자연구회 위원장

[주 관심분야] 전자파 수치 해석, 초고주파 시스템, 전자전, C4ISR