

차기 군 통신위성의 발전 방향

한상우 | 서종우
국방과학연구소

요약

현대의 전장은 적절한 사용자에게, 적절한 정보를, 적절한 시간에 전달하는 군 통신 환경이 전쟁의 승패를 좌우한다고 해도 과언이 아니다. 위성통신망은 지상망과 연계되어 전장에서의 중추 신경망 역할을 담당함으로써 현대전에 없어서는 안 될 핵심 통신망으로 자리매김 하고 있다. 이러한 이유로 선진국에서는 보다 발전된 기술을 적용하여 최근에는 군 통신위성을 발사하거나 계획 중에 있다.

본 고에서는 각국의 군 통신 위성 기술 발전 현황 및 적용 핵심기술에 대해 살펴보고 이를 바탕으로 차기 한국군의 군 통신 위성 발전 방향에 대해 살펴본다.

군용 위성통신망은 제밍, 물리적인 공격, 신호의 감지, 및 감청 등과 같은 적의 위협으로부터 생존성을 보장할 수 있는 통신수단을 제공할 수 있어야 한다. 이와 같은 생존성의 보장은 기존의 수동중계기(fully transparent transponder)를 사용하여 LPD(Low Probability of Detection)와 LPI(Low probability of Interception) 특성을 고려한 통신방식과는 다른 형태의 군용 위성통신체계를 요구하게 된다.

본 고에서는 각국의 군 통신 위성 기술 발전 현황을 크게 대용량, 이동성, 생존성으로 나누어 살펴보았으며, 이에 필요한 군 통신위성의 핵심기술에 대해 기술하였다. 분석된 결과를 통해 차기 한국군의 군 통신 위성 발전 방향에 대해 제시 하였다.

I. 서론

최근의 위성탐재 기술과 지상단말 기술의 발전으로 인해, 상용 이동통신의 편리성과 고속데이터 전송과 같은 다양한 서비스를 제공하기 위한 대용량 기술이 위성통신에서도 적용되고 있으며, 작전의 효율성을 높이기 위한 휴대용 초소형 handheld 단말을 지원할 수 있는 위성 탐재형 초대형 안테나 기술이 이용되고 있다.

이와 같은 위성통신의 발전 방향은 상용은 물론, 군용에서도 공통적으로 요구되는 사항이며 선진국의 경우 이러한 기술을 이용한 군 통신위성을 운용 중에 있다.

높은 통신효율만을 고려하여 개발되는 상용위성과는 달리

II. 본론

1. 선진국의 군 통신위성 개발 현황

군 위성통신체계는 냉전의 종결로 인하여 위협요소의 많은 부분이 감소되었지만 근본적인 위협요소에 대응하는 생존성 요구, 통신 용량의 증가, 연동성 및 신속한 망 재구성 능력의 요구, 대전자전 기능 및 신호보안 능력의 요구 등은 여전히 상존하고 있으므로 이런 요소에 대한 대응능력의 향상을 위해 발전하고 있다고 할 수 있다. 본 고에서는 미군의 군 위성통신체계에 대한 분석을 통해 한국군의 차기 군 위성통신체계의 발전방향에 대해 논하고자 한다.

미군의 군 위성통신체계에서는 지휘통제(C2; Command

and Control), 상황인식(SA; Situation Awareness) 및 정보분배를 위한 음성, 데이터, 영상, 방송 서비스제공을 주목적으로 위성을 운영하고 있다. 특히, 미 본토(전투력투사 지원기지)와 해외 전투지역간 각종 정보를 전송하는 기능을 수행하여 장거리 전송용으로 활용하며, 주요 운용목적은 광대역 고속 데이터 링크 지원, 군사이동통신지원 및 핵전쟁 대비 통신지원으로서 국방 정보체계국에서 관장하고 있다. 미군의 위성체계 구축은 현재, 중기, 장기로 구분되며, 위성운용에 따른 구분은 생존성을 강조한 Protected형, 대용량 정보 전송을 목적으로한 Wide-band형, 전술이동성을 강조한 Narrow-band형으로 구분하여 구축되어 있다. WGS(Wideband Global System), AEHF(Advanced Extremely High Frequency), MUOS(Mobile User Objective System)은 현재 위성체계를 대체하여 장기적으로 군 작전환경을 지원하는 개발진행 중인 체계이다. 표 1에 현재 진행 중인 미군의 위성통신체계 발전방향을 제시하고 있다.

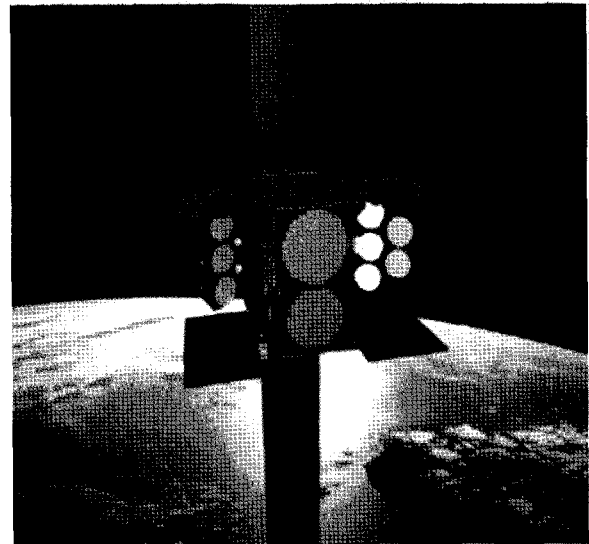
〈표 1〉 미국의 군 통신위성 발전방향

| 구분 | 현재(~2010) | 중기(2005-2020) | 장기(2012-2020) |
|---------|-----------|------------------------------|---------------|
| 생존성/항재밍 | MILSTAR | Advanced EHF | TSAT |
| 대용량 | DSCS | Wideband Global System/GBSII | |
| 이동성 | UFO | MUOS | |

1.1. 대용량 광역위성통신체계(WGS)

WGS 위성체계를 통한 군의 광대역 통신은 보장된 용량(assured capacity) 제공할 목적으로 개발되었다. 미군의 광대역 요구는 DSCS(Defense Satellite Communications System) 시스템이 지원하고 있으며, 일부는 상용시스템으로 지원하고 있다. WGS 위성이 모두 배치되면, 현재 DSCS로 제공중인 군 X대역(상향 8GHz, 하향7GHz) 통신용량과 GBS로 제공 중인 군 Ka대역(상향 30GHz, 하향 20GHz) 용량을 대체할 것이다. WGS 위성 1기당 전송용량이 2.4Gbps에 이를 것으로 전해진다. 이 용량만으로도 현재의 DSCS와 GBS 위성군 전체가 제공하는 용량을 초과한다. 이 처리용량은 X대역 빔 9개와 Ka대역 빔 10개로 나뉘어 진다. X대역빔 중 8개 빔은 송수신이 분리된 별도의 위상배열 안테나(Phased-array antenna)로 구성되며, 이 위상배열 안테나로 통신영역에 맞도록 빔의 모양을 만들고 조절할 수 있다. 나

머지 9번째 X대역 빔은 광역(Earth coverage) 빔을 제공한다. Ka대역 10개의 빔은 김발장치를 가진 접시형 안테나(gimbale dish antenna)로 구성되며, 편파(Polarization)를 역으로 바꿀 수 있는 3개의 빔을 포함하고 있다. 이러한 WGS위성의 형상은 다음 그림과 같다.



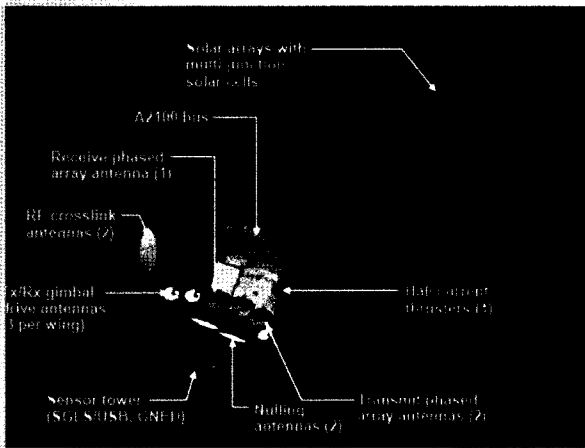
(그림 1) WGS 위성체 형상

이와 같이 매우 유연한 탑재체의 핵심은 디지털 부채널 역다중화기(또는 디지털 신호처리기)이다. 이 부채널 역다중화기가 통신용량을 각각 2.6MHz로 이루어진 1,872개의 부채널로 나누고, 이 부채널을 교차하여 내보낸다. 각각의 신호는 한 주파수 대역에서 다른 주파수대역으로 교차될 수 있고, 어떤 상향링크이든 어느 하향링크 통신영역으로도 연결될 수 있다. 또한, 한 통신영역 안에 있는 어떤 상향링크 신호도 어느 하향링크로 연결되거나 혹은 모든 하향링크 통신영역으로 연결될 수 있다. WGS 프로그램을 구현하기 위해 최소한 3개의 정지궤도 위성과 관련 지상관제 소프트웨어를 요구하고 있으며, 3개까지의 추가위성을 옵션으로 하고 있다. 탑재체는 상용 위성체 버스 내에 통합된다. 각 위성의 발사중량은 대략 5,900kg이며, 소비전력은 10kW 이상이다.

1.2. AEHF

5기의 MILSTAR 위성으로 구축된 미군의 항재밍 위성체계

는 '14년까지는 운용이 예상된다. 현재 운용되고 있는 위성은 MILSTAR로 LDR(Low data Rate) 표준은 19.2kbps급 192채널을, MDR(Medium Data Rate) 표준은 T1 32채널을 제공하여 총 40Mbps급 통신용량의 규모이다. 이를 대체하기 위해 '2010년부터 운영 예정인 AEHF는 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.



(그림 2) AEHF 위성체 형상

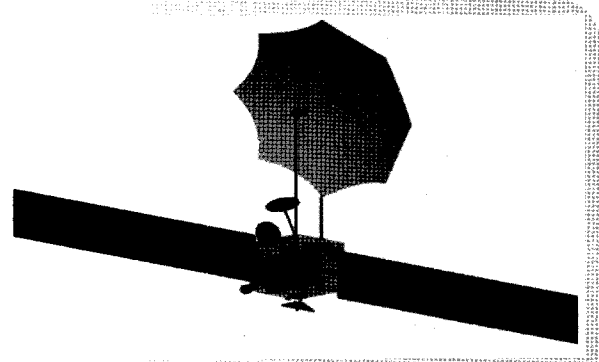
1.3. MUOS

MUOS(Mobile User Objective System)는 휴대 가능한 초소형 handheld 단말부터 기존의 UHF 이동용 단말 등을 지원하기 위한 차세대 미군의 UHF 대역 위성체계이다. 2010년부터 운용 예정이며 운용 위성수는 6개로, 채널/빔/대역/위성 간에 full스위칭을 제공하므로써, 서비스에 대한 유동성을 증가 시켰다. 데이터 속도는 75bps~64kbps의 소용량을 지원하는 이동성을 증대하기 위한 서비스이다.

초소형 handheld 단말을 지원하기 위해서 16 x 18m의 전개형 위상배열 안테나를 탑재한 위성체는 다음 그림과 같은 형상을 갖는다.

1.4. TSAT

TSAT의 기본 개념은 우주부문에서의 위성체간 직접 중계를 구현하여 중계노드의 역할을 수행하는 것이다. 즉, 지상



(그림 3) MUOS 위성체 형상

노드의 운영개념을 위성노드 운영개념으로 변환을 의미하며, 증가하는 정보교환 요구량을 충족하기 위해 레이저 통신을 이용하고 있다. '18년부터 운용 예정인 차세대 미군 통신위성체계 TSAT은 정지궤도 위성 5기가 상호간에는 10Gbps급 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)은 극지방의 전략링크를 제공하며, 핵 공격에 견디어 무중단 서비스를 제공하는 전략적인 임무를 수행하도록 한다. TSAT은 상호 연결성, 용량, 상호 운용성, 가용도, 보안 및 데이터 속도를 전폭적으로 개선하여 28.5Gbps로 지상, 항공 및 우주공간의 광범위한 가입자를 지원한다. 예를 들면, 지상 자동차 TSAT사용자는 1 피트 안테나로 1.5Mbps를 연결할 수 있고 더 작은 안테나로 고속 데이터 연결로 전장 이동간 통신(BCOTM:battle command on the move)이 가능하게 한다.



(그림 4) TSAT 위성체 형상

2. 군 통신위성 핵심기술

II-1 장에서 제시한 바와 같이 선진 군 통신위성 체계에 요구되는 서비스는 크게 대용량, 생존성, 이동성이 있다. 아래 <표 2>에 각 요구 서비스별 소요되는 핵심 기술에 대해 정리하였다.

<표 2> 서비스에 따른 탑재체 구현 기술

| 서비스 | 구현 기술 |
|-----------------|---------------------------|
| 대용량 (고속 광대역) | - 에러 정정 - 대역/채널간 스위칭 |
| 생존성(항재밍) | - 위성내 도약 신호처리 - 널링 안테나 |
| 이동성 (초소형 단말 지원) | - 초대형 안테나 탑재 |

대용량 통신 서비스를 제공하기 위한 고속 광대역용 통신 위성의 경우, 에러정정 및 대역/채널간 스위칭 기술을 구현하여 실현 가능하며, 적의 재밍신호에 대한 생존성 향상에 필요한 항재밍 성능을 위해서는 도약신호 처리기술 및 널링 안테나 탑재를 통해 가능하다.

또한, 작전의 효율성을 위해 휴대 가능한 초소형 handheld 을 지원하기 위한 이동성 증대를 위해서는 초대형 안테나를 위성체에 탑재하므로써 서비스가 가능하게 된다.

본 고에서는 이러한 통신위성의 핵심 소요 기술 중 OBP (On Board Processing) 기술, 널링 안테나 기술, 전개형 초대형 안테나 기술에 대해 보다 자세히 설명하고자 한다.

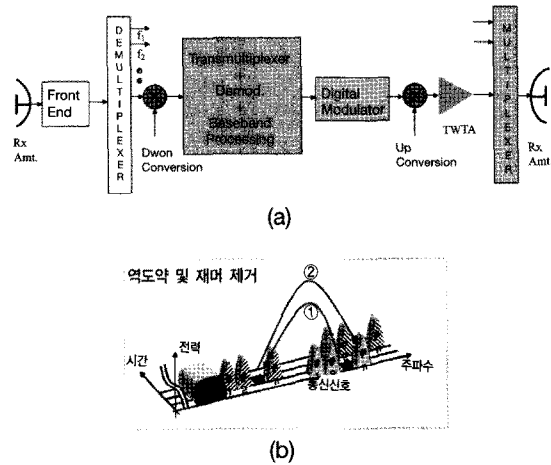
2.1. OBP 기술

고밀도 반도체 소자와 초고속 프로세서가 가능해지면서 수백개의 송수신기를 위성내에 탑재하려는 추세에 있다. 즉, 주파수 변환기와 신호 증폭기를 이용한 단순한 중계기가 아니라 위성의 목적에 맞도록 지상에서 송신된 신호를 처리하는 위성이 차세대 위성이라 할 수 있다. 현재 구현되는 OBP형 탑재체는 구현 방법에 따라 다음과 같이 구분된다.

- IF Switching: IF(Intermediate Frequency) 에서의 신호 스위칭 기술,
- Full OBP: baseband에서의 On Board Processing과 신호 스위칭 기술

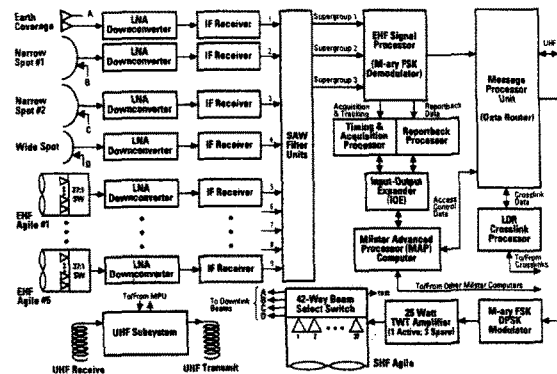
이러한 OBP형 탑재체는 다음 (그림 5)의 (a)와 같으며 내

부 신호처리 레벨에 따라 위의 두가지 방식으로 구분하게 된다. 군사 통신 위성에는 생존성 증대를 위해 다음 (그림 5)의 (b)와 같은 주파수 도약에 대한 신호처리가 별도로 구성되어 있다.

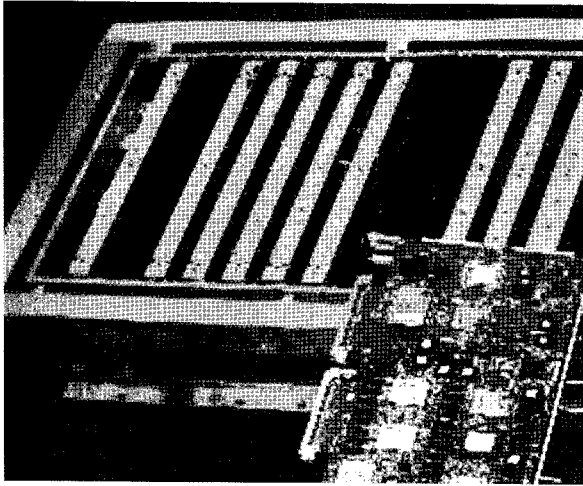


(그림 5) OBP 탑재체 및 도약 신호방식 구성도

군사 통신 위성을 선도하고 있는 미군의 차세대 위성은 모두 위성에서 재거나 간섭신호를 제거하면서 데이터 에러 정정이 가능한 Full OBP방식을 채택하고 있으며, 대표적으로 현재 운용되고 있는 MILSTAR의 후속 버전인 AEHF (Advanced EHF) 위성이다. AEHF 위성의 탑재체 신호처리기의 구조가 알려지지는 않았지만, 현재 운용되고 있는 MILSTAR의 LDR(Low Data Rate) 탑재체 등과 유사할 것으로 판단되며 이는 다음 (그림 6)의 (a)와 같이 주파수 도약을



(a) 구성도

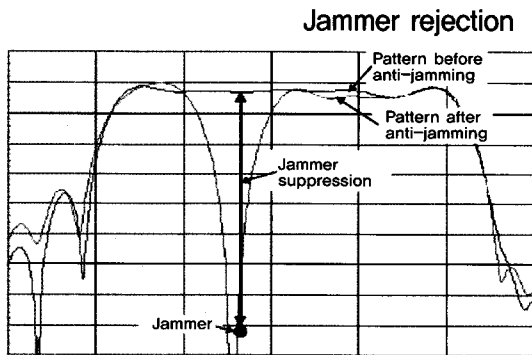


(b) 실물 사진
(그림 6) AEHF 위성의 OBP 구성도 및 사진

포함한 여러 신호처리를 거친 후 지상으로 송신되는 구조를 갖고 있다. (그림 6)의 (b)는 Northrop Grumman 社에서 제작된 AEHF 위성의 탑재형 신호처리기 실물이다.

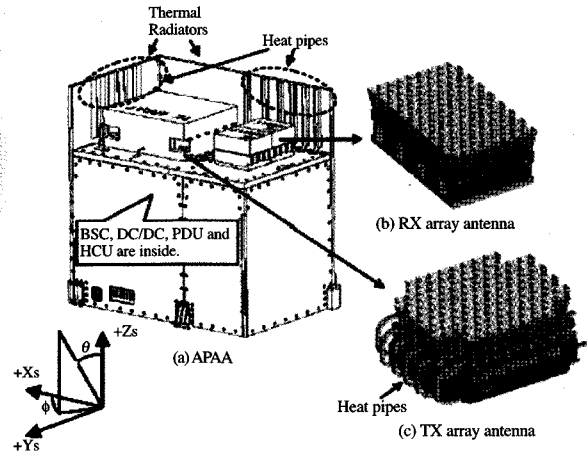
2.2. 널링 안테나 기술

널링 안테나는 사용자 신호와 재머 신호간의 공간적 분리 특성을 이용하여 재머에 대한 영향을 줄이는 것을 목적으로 한다. 간단한 예로 스폿(spot) 빔 영역 바깥에 위치한 재머는 위성 수신 안테나의 이득을 얻지 못하므로 상대적으로 재머 전력은 약 20 - 30dB 감쇄되어 위성 수신단에 입력된다. (그림 7)에 널링 안테나를 이용할 경우 재밍 신호의 제거 효과를 그래프로 나타내고 있다.

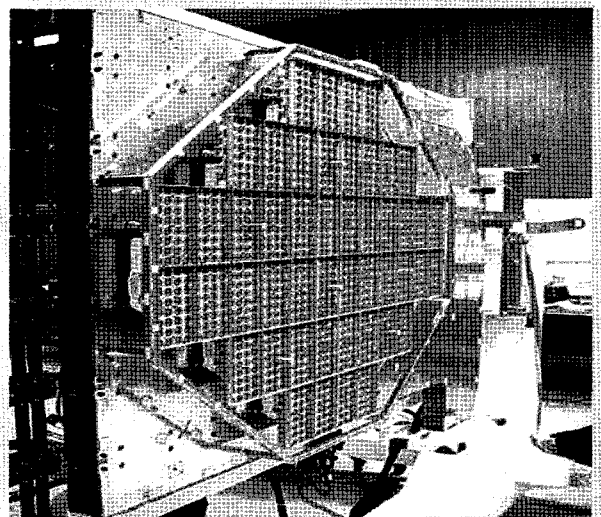


(그림 7) 안테나 널링의 효과

널링 안테나의 방사소자 구조로는 크게 다중 피드혼 위상 배열 안테나와 평판형 다중 위상배열 안테나로 분류할 수 있으며 그 구조는 (그림 8)과 같다.



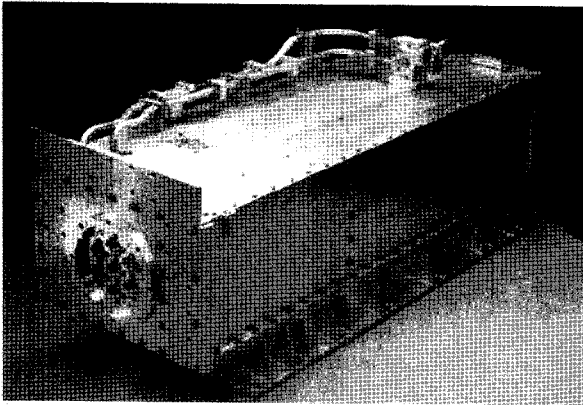
(a) 다중 피드혼 위상배열 안테나



(b) 평판형 다중 위상배열 안테나
(그림 8) 널링 안테나의 방사소자별 분류

미국과 유럽에서 최근 발사된 위성이나 계획중인 DSCS III, MILSTAR II, AEHF, TSAT(미국)과 Syracuse III(프), Skynet 5(영) 등은 모두 위성에 수신된 간섭 제거를 목적으로 이러한 안테나를 탑재했거나, 개발 중에 있다. (그림 9)는 최고의 생존성을 자랑하는 AEHF(미) 위성의 빔 형성기를

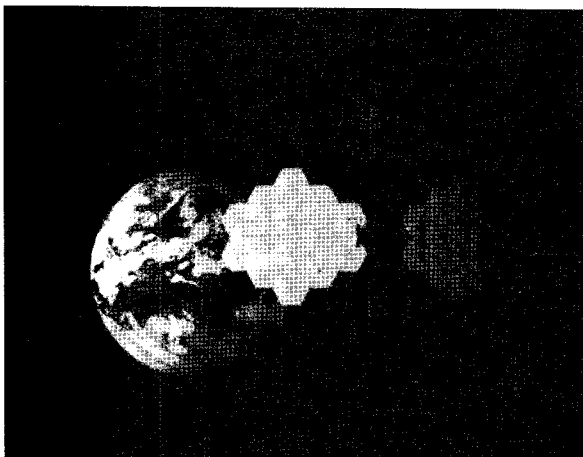
나타내고 있다.



(그림 9) AEHF(미) 위성의 빔 형성기

2.3. 전개형 초대형 안테나 기술

상용위성은 물론 군 통신위성의 경우, 작전의 효율성을 위해 휴대 가능한 초소형 handheld을 지원하기 위한 초대형 안테나를 위성에 탑재하는 추세에 있다. 상용에서는 L대역에서 주파수 재사용을 통한 대용량의 통신이 가능한 12m 크기의 안테나를 탑재한 Thuraya와 9m의 Inmarsat IV가 서비스를 시작하였으며 일본에서도 실험위성인 ETS-VIII (JAXA)을 개발 현재 운용중에 있다. 군용에서는 앞서 (그림 3)에서 설명하였듯이 UHF대역에서 18m급의 안테나를 장착하여 안테나 널링효과와 함께 초소형 단말 운용을 계획하고 있다. (그림 10)은 일본의 실험위성인 ETS-VIII의 형상을 나타



(그림 10) ETS-VIII (JAXA)

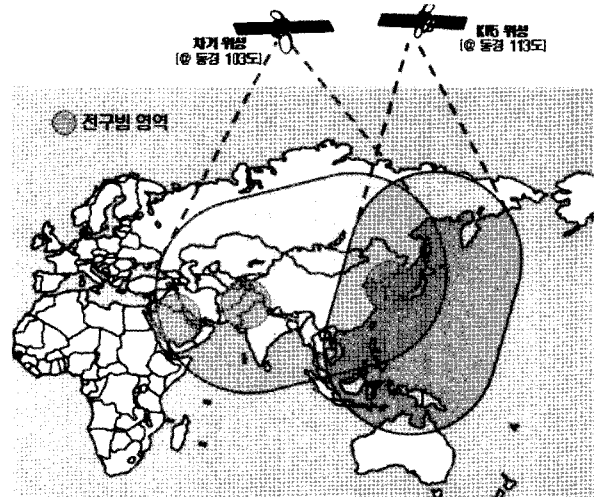
내고 있다.

3. 한국 군 통신위성의 발전방향

II-1, II-2장에서 언급된 내용을 바탕으로 현재 운용중인 무궁화 5호 위성과 연계하여 우리 군에서 장차전에 대비할 수 있는 차기 군 통신위성의 방향을 제시해 본다면 다음과 같다.

(1) 통신영역확장 및 빔연결 융통성 확대

한반도 전역은 물론 주변국 군사전략 수행 및 해상교통로 보호를 위하여 수행될 제반 군작전 지원에 필요한 통신영역을 커버할 수 있는 광역 통신망을 구축 함은 물론, 작전 지역에 따른 빔간 연결성을 보다 융통성 있게 운용해야 한다.

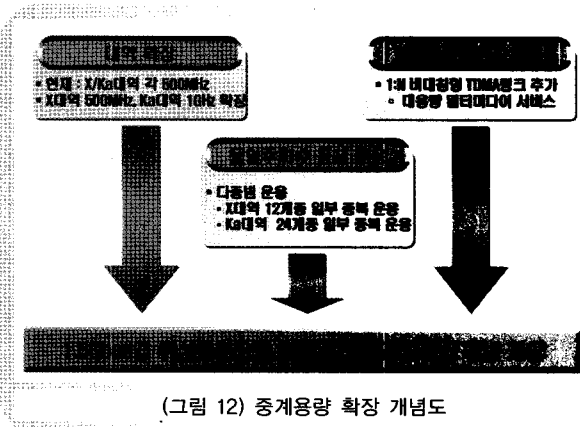


(그림 11) 통신영역 확장 개념도

(2) 중계용량 확장

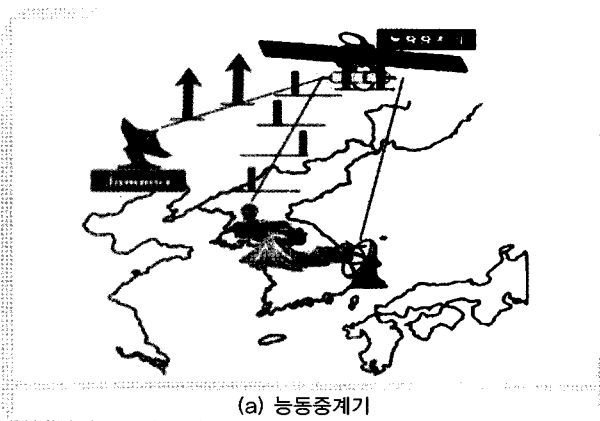
현재 운용되고 있는 군 통신위성인 무궁화 5호의 통신용량인 0.5Gbps급에서 차기 군 위성통신체계에서 요구되는 1.5Gbps급으로의 통신용량 확대를 통해 다양한 통신서비스를 제공할 수 있어야 한다.

III. 결 론



(3) 생존성 강화

지능화/기동화 되고 있는 적의 전파방해에 대비하여 대전 자전 능력이 강화된 통신위성을 개발해야 한다. 따라서 군 차기 위성은 대역확산 방식을 이용한 통신기술을 이용하고 빔성형 안테나 및 널링 안테나 등을 이용한 대전자전 능력을 구비하여야 한다.



본 고에서는 선진국인 미국의 군 통신위성의 발전 추세 및 핵심기술에 대한 분석을 통해 차기 한국 군 통신위성의 발전 방향을 제시하였다. 제시된 차기 군 통신위성의 발전 방향은 통신영역확장 및 빔 연결 융통성 확대, 중계용량 확장, 생존성 강화이다. 우리 군도 차기 위성에서는 이론에 근거한 성능/규격 도출은 물론, 주변국의 위협분석, 운용개념, 비용 및 현 기술 수준 등을 우선적으로 고려한 연구를 통해 차기 위성의 구조/규격을 도출하여 추진하는 것이 효율적일 것으로 판단되며, 향후 이에 대한 지속적인 연구 발전이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] Joint terminal Engineering Office, "EHF SATCOM At a Glance," Feb. 2001.
- [2] Charles P. Vick, Sara D. Berman, and Christina Lindborg, "DSCS-3," April 1998, http://www.fas.org/spp/military/program/com/dscs_3.htm
- [3] Gunter Dirk Krebs, "Milstar-1,2,3," Sep. 2005, http://space.skyrocket.de/doc_sdat/milstar-1.htm
- [4] Bryann Scurry, "Mobile User Objective System," June 2005, <http://enterprise.spawar.navy.mil/getfile.cfm?contentId=541>
- [5] Roger J. Rush "Success factors for Broadband Satellite Systems", Seventh Ka-Band Utilization Conference, Taromina, Italy, October, 2001.
- [6] E. Wiswell, Z. Stroll, A. Baluch, J. Freitag, H.J. Morgan, "Gen*Star Results Applicable to Ka-Band", Proc. of the Fifth Ka-Band Utilization Conference, Taromina, Italy, October 18-20, 1999.
- [7] Massih Hamidi, Eric Wiswell, Alan Cherrette, Oliver Saunders, Hau Ho "TRW's Broadband Communication Payloads at C and Ku Frequency Bands", 2002 IEEE

Aerospace Conference, Bigsky, Montana, USA March 9-16, 2002.

- [8] 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.
- [9] Mark Bever, Eric Wiswell, Kenton Ho, and Stuart Linsky, "TRW Broadband Payloads for Emerging Markets" PTC Conference Hawaii, USA, February, 2002.
- [10] Akira Akaishi, Masaaki Iguchi, Kenichi Hariu, Masaaki Shimada Shimada, Tomonori Kuroda and Masanobu Yajima "Ka-Band Active Phased Array Antenna for WINDS Satellite" 25th AIAA International Communication Satellite Systems Conference (ICSSC 2007), April 10-13, 2007
- [11] NCW 환경에서 차세대 통신위성의 대전자전 소요기술 분석 김도선, 김기근, 서종우, '11차 통신전자 학술대회 논문지 (07.09.18)

약 력



한 상 우

1988년 숭실대학교 산업공학 학사
1991년 숭실대학교 산업공학 석사
2005년 아주대학교 시스템공학 박사 수료
1992 - 현재 국방과학연구소
관심분야 : Requirement Analysis, Risk Analysis



서 종 우

2000년 충남대학교 전파공학 학사
2002년 충남대학교 전파공학 석사
2002년 - 현재 국방과학연구소
관심분야 : 군 통신위성 탑재체, 널링 안테나, 위성통신용 RF모듈 및 안테나

