

군 위성통신 차량용 이동 단말 발전 방향

유연상·고동국
LIG넥스원 C4I연구소 통신연구센터

I. 서론

1998년 미해군 제독 세브로스키(Cebrowski)에 의해 제안된 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare) 개념은 “전장의 여러 전투 요소를 연결하여 전장 상황을 공유하고 통합적 효율적 전투력을 만들어내는 개념”이다. 전 세계 군은 이 개념으로 군 전략·전술 통신망을 구축하고 있다.

우리 군도 NCW 구현의 중요성을 인식하고 틈새 없는 군 통신 네트워크를 구축하고 있다. 현재 우리 군의 통신 전략망은 마이크로 망과 같이 주로 고정 운용 방식이고, 전술망은 차량 탑재 운용 가능한 지상군 Spider 망과 같이 기동 운용 방식이다. 평시에는 전략망과 전술망 간 운용에 문제가 없으나, 전시에는 전술망의 활발한 이동으로 연동 운용이 단절될 수 있다^[1].

이 한계를 정지 궤도 36,000 km에 위치한 통신 위성을 활용하여 극복할 수 있다. 한반도 전역 어디에서나 통신 위성을 통하여 통신망을 구성할 수 있다. 위성통신망은 NCW 구현에 필수적인 요소이다. 우리 군은 2006년 8월 민군 겸용 위성인 무궁화 5호 위성 발사 성공과 더불어 2007년 12월부터 위성 단말을 배치하여 2008년 현재 군 위성 통신 체계를 실제로 운용하고 있다.

본 고에서는 우리 군의 실전 배치 운용중인 군 위성 통신 체계와 차량용 위성 단말을 소개하고자 한다. 또한, 미군의 이동 단말 개발 현황과 우리 군의 차기 이동 단말과 필요 기술을 제시하고자 한다.

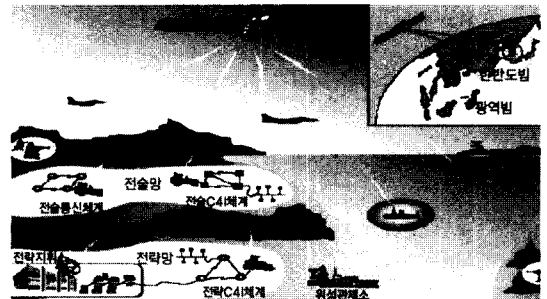
II. 차량용 위성 단말 개발

2-1 한국군 차량용 위성 단말

현용 군 위성 통신 체계는 민·군 통신 위성체, 지상관제소 및 각종 통신 목적과 용도에 따라 고정용, 차량용, 휴대용, 수상함용 및 수중함용 단말로 구성된 지상 위성 단말로 구성되며, X 대역과 Ka 대역 주파수를 사용한다. 최대 E1급 대용량 데이터를 전송할 수 있으며, 항재밍 통신 링크는 초당 수 천회 주파수 도약 능력을 보유하고 있다. [그림 1]은 군 위성 통신 체계 운용도이며, <표 1>은 위성 단말의 주요 제원과 특성이다^{[2][3]}.

고정용 단말은 전략 제대 건물에 설치되어 고정 운용된다. 차량용 단말 2종과 휴대용 단말은 이동후 고정 설치하여 운용한다. 수상함용과 수중함용 단말은 그 특성상 이동 중에도 통신망을 제공하는 OTM (On-the Move) 단말이다.

차량용 단말 2종은 각각 X 대역과 Ka 대역을 사용하여 군 위성 통신망을 제공한다. [그림 2] 및 [그림 3]



[그림 1] 군 위성 통신 체계 운용 개념도

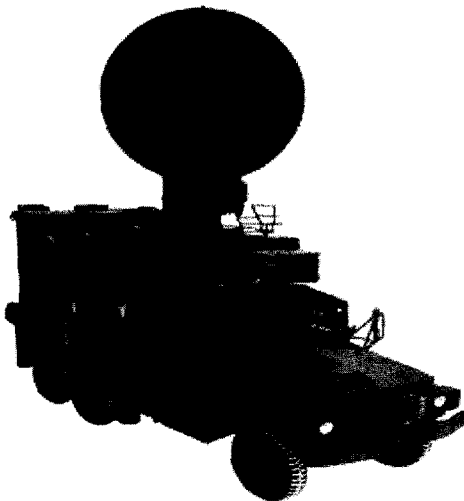
<표 1> 군 위성 통신 체계용 단말

단말	제원/특성	비고
고정용 단말	용량: 20개 E1급, 15개 음성 회선 주파수: X, Ka 대역	전략계대 고정 설치 운용
차량용 단말 (SHF)	용량: 2개 E1급, 4개 음성 회선 주파수: X 대역	군단/사단급 계대에서 이동 후 고정 운용
차량용 단말 (EHF)	용량: 2개 E1급 주파수: Ka 대역	
휴대용 단말	용량: 1개 음성회선 주파수: X 대역	특전부대에서 병사 1명이 휴대 및 설치/고정 운용
수상함용 단말	용량: 256 kbps, 2개 음성 회선 주파수: X 대역	함정 탑재하여 이동간 통신 운용
수중함용 단말	용량: 1개 음성 회선, 1개 수신 링크 주파수: X 대역	육상/해상 지휘소와 수중함 간 지휘/보고 통신 운용
공통	전술 통신 체계 장비와 연동 운용 항재밍 능력 보유	

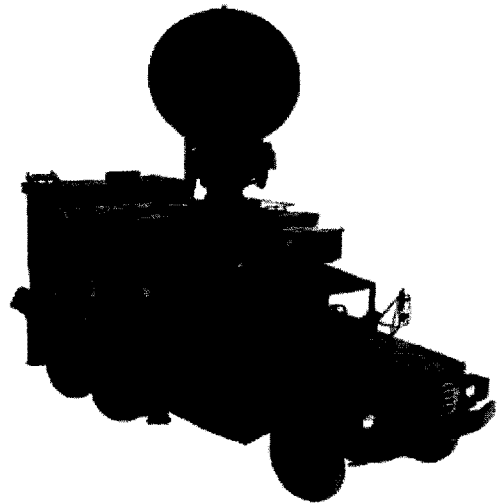
같이 2.5톤 군용 차량에 탑재되어 원하는 위치에 이동하여 고정 설치하여 운용된다.

차량용 단말은 Auto-tracking으로 통신위성의 비콘 신호를 수신하여 그 비콘 신호가 최대가 되는 위치로 안테나를 구동한다. 현재 차량의 위치 좌표는 GPS

수신기를 통하여 획득하고 단말의 방위각과 경사도는 전자 compass와 tilt 센서로 획득한다. 안테나의 현재 방위각과 고각 위치는 synchro 센서로 감지한다. 이런 각종 정보를 사용하여 안테나의 방위각과 안각을 계산하여 자동 추적(auto-tracking)을 수행한다.



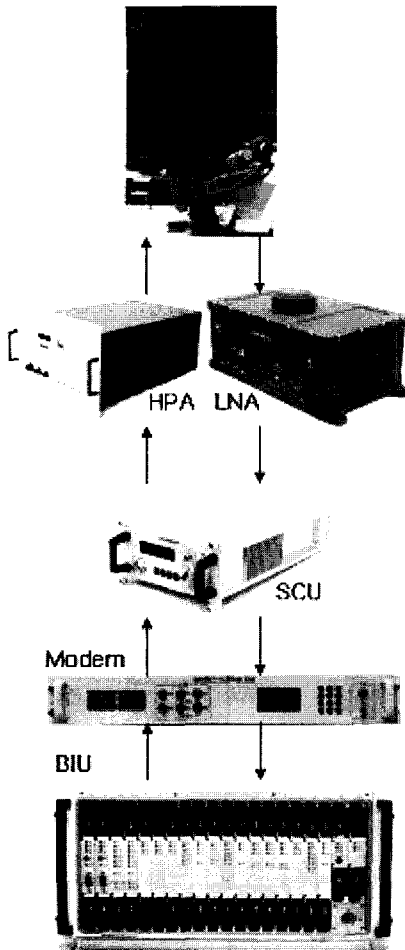
[그림 2] 차량용 SHF 단말



[그림 3] 차량용 EHF 단말

차량용 SHF 단말의 주요 구성은 [그림 4]와 같다. HPA(High Power Amplifier)는 장치를 이중화하고 LNA(Low Noise Amplifier)는 내부 증폭 모듈을 이중화하였다. 가입자 신호는 BIU(Baseband Interface Unit)에서 다중화되어 Modem에 입력된다. Modem은 이 신호를 변조한 후 L 대역으로 상향 변환하여 SCU(SHF Converter Unit)에 전달한다.

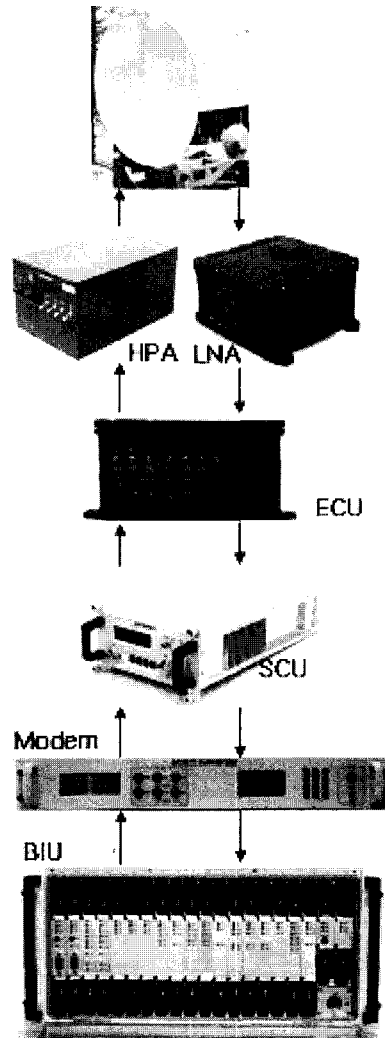
SCU는 L 대역 신호를 X 대역 신호로 상향 변환하여 HPA에 전달하고, HPA는 이 신호를 고출력으로 증폭한다. 안테나를 통해 통신위성으로 방사된다.



[그림 4] 차량용 SHF 단말 주요 구성

안테나를 통해 입력된 X 대역 신호는 LNA를 통해 저잡음 증폭된다. 이 증폭신호는 SCU에서 L 대역으로 하향 변환된 후, Modem에 입력된다. Modem은 복조한 후 BIU로 전송한다. BIU는 역다중화하여 가입자에 신호를 전달한다.

차량용 EHF 단말은 X 대역을 Ka 대역으로 변환하는 ECU(EHF Converter Unit)가 추가되고, 안테나는 1.8 m이다.



[그림 5] 차량용 EHF 단말 주요 구성

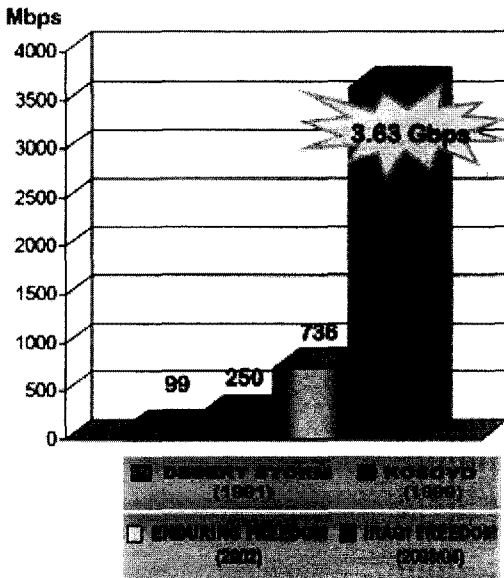
2-2 미군 차량용 위성 단말

미군은 전 세계에서 신속한 작전 수행을 위해 군용과 민용 통신위성을 활용한 전략-전술망을 구축해 왔다. [그림 6]에서 보듯이 2003년 이라크에서 위성 사용량이 기하급수적으로 증가했다. 앞으로도 계속 증가할 것으로 보인다^[4].

[그림 7]에서 보는 바와 같이 2004년까지는 민간

<표 2> 차량용 단말 주요 특성

구분	SHF 단말	EHF 단말	
운용	OTP	OTP	
사용 주파수	X 대역	Ka 대역	
안테나	크기	2.4 m	1.8 m
	무게	200 kg 이하	165 kg 이하
전송용량	최대 2E1 음성 4회선	최대 2E1	
장비 공용화	X대역 하단 장비 공통 사용 (SCU, Modem, BIU 등)		

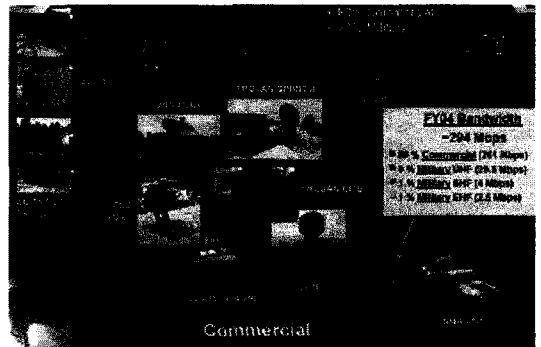


[그림 6] 해외 작전중 위성통신 사용량

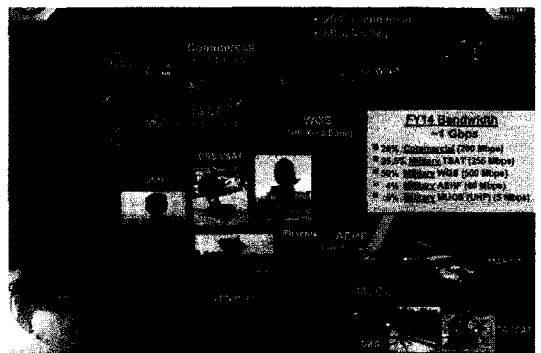
위성의 비중이 89 % 수준으로 높다. OTM 단말의 증가 등 위성 통신 사용 요구가 증가함에 따라, 2014년까지 군용 위성 비중을 80 % 수준을 목표로 개발을 추진하고 있다.

또한, 사용하는 위성 주파수는 UHF, X, Ku와 Ka 대역 등 다양하다. 작전 수행 중에 위성통신망은 단일 대역으로 고정되지 않고, 여러 대역으로 구축된다. 이를 위해서 하나의 단말로 다수의 위성망을 구성할 수 있는 다대역 이동형 위성 단말이 필요하다^[5].

L3사에서 개발 운용중인 AN/TSC-161 QDHT(Quad-Band Dual Hub Satellite Terminal)은 동시에 안테나 3대를 운용할 수 있다. <표 3>은 2.4 m 안테나 서브시스템의 특성을 나타낸다^[6].



[그림 7] 미군의 위성사용 현황(2004년)



[그림 8] 미군의 위성사용 예측(2014년)

<표 3> QDHT 안테나의 주요 특성

Para.	C	X	Ku	Ka	Units
F_Tx	5.850~6.425	7.90~8.40	14.00~14.50	30.0~31.0	GHz
F_Rx	3.625~4.200	7.25~7.75	10.95~12.75	20.2~21.2	GHz
G_Tx	40.6	42.8	47.7	53.7	dBi
G_Rx	36.3	42.8	46.0	50.5	dBi
G/T	16	21.7	25	26	dB/°K

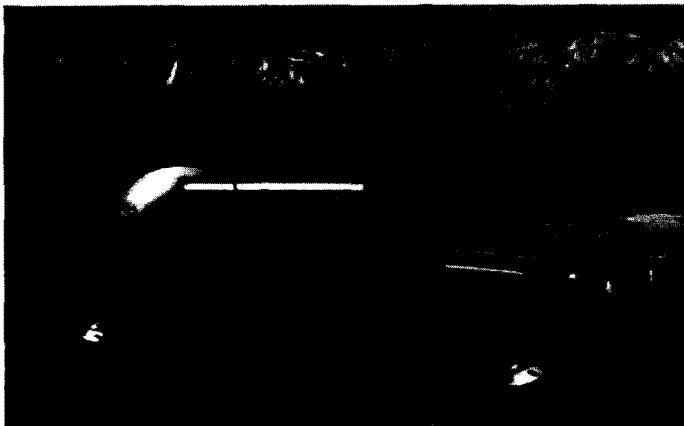


[그림 9] L3의 다대역 단말 QDHT

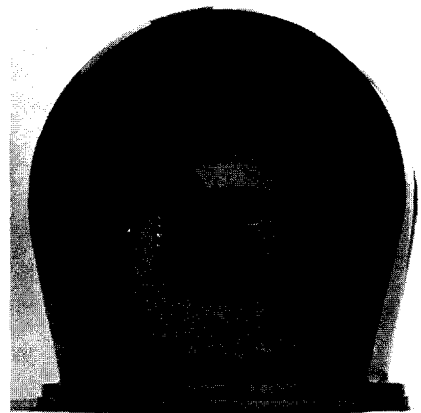
SWE-DISH/Saab사의 OTM 단말은 이동 중에도 0.9 m 안테나의 4축을 실시간으로 제어하며, 위성을 안

<표 4> SWE-DISH 안테나 특성

Para.	Spec.	Units
F_Tx	13.75~14.50	GHz
F_Rx	10.95~12.75	GHz
Size	1.25	m
Weight	120	kg
Stabilization	4	axis
Az. range	360 continuous	degrees[°]
El. range	-10~120	degrees[°]
G/T	20.8	dB/°K



(a) 차량 장착 형상



(b) 안테나 형상

[그림 10] SWE-DISH의 OTM 단말

정적으로 추적한다. GPS 수신기와 관성 항법 시스템 (Rate Gyro 포함)이 내장되어 있으며, 이동 중에 0.1° rms 이하로 안정화 수준을 유지한다.

레이돔을 포함한 안테나 무게는 120 kg이다. LNB는 안테나에 장착되어 있지만 HPA와 Up Converter는 RF부에 장착되어 있다^[7].

Ⅲ. 차량용 단말 개발 방향

한국군의 미래 전장 환경도 고정된 장소에서의 제한된 용량의 정보 교환뿐만 아니라, 이동성과 광대역성을 요구하고 있다. 이동 중 양방향 위성통신을 위해 이동 탑재형 위성통신 기술과 실시간 안테나 자동 추적 기술이 필요하다. 미군의 QDHT 처럼, 다대역을 서비스할 수 있는 단말도 요구된다.

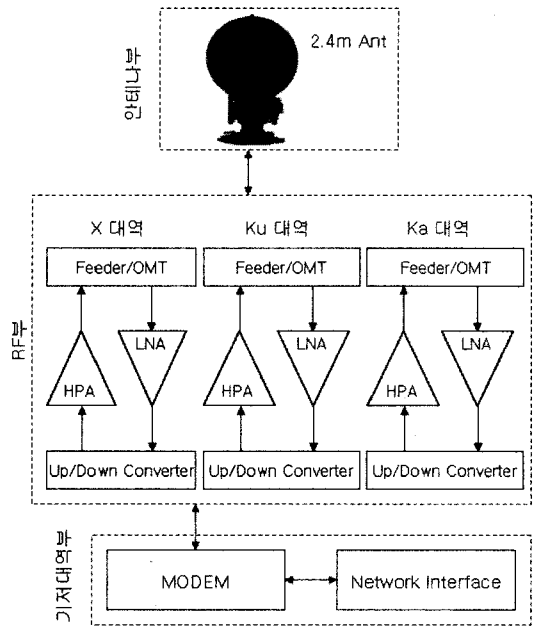
3-1 다대역 OTP 단말

3-1-1 안테나부

안테나는 중심 급전 방식의 파라볼릭 안테나로, 다대역(X, Ku, Ka)를 만족하도록 설계해야 한다. [그림 11]에서는 Feeder와 OMT를 RF부에 포함시켰다. 다대역을 만족하는 Feeder/OMT 설계는 어려울 것으로 판단된다. 사용 주파수 대역에 맞게 교환 설치하여 운용해야 하는 제한은 있다.

〈표 5〉 차량용 단말 개발 방향

구분	현재	2010년대
운용 방식	OTP	OTP & OTM
망 구성	Mesh	Hub-Spoke / Mesh
제공 대역	단일 대역 (X or Ka)	다대역 (X, Ku, Ka)
용량	500 Mbps	1 Gbps 이상
전송능력	4 Mbps	8 Mbps
서비스	음성/데이터 위주	음성/데이터, 멀티미디어



[그림 11] 다대역 OTP 단말 기능도

주파수가 높아지고 안테나 크기가 커질수록 안테나의 3 dB 빔 폭은 작아지므로, 위성 추적은 더욱 정밀해야 한다.

$$\theta_{3dB} = 70(c/fD) \quad (\text{degrees}) \quad (1)$$

식 (1)에 의해 계산된 3 dB 빔 폭과 추적 정확도는 <표 6>과 같다. 고정 운용시 추적정확도는 3 dB 빔 폭의 1/10 수준이다.

다대역 OTP 단말의 위성 추적 시스템은 Ka 대역의 기준을 만족하도록 설계해야 한다. 현 차량용 단

〈표 6〉 2.4 m 안테나 3 dB 빔폭

구분	X 대역	Ku 대역	Ka 대역
3 dB 빔폭(송신)	1.04~1.11	0.60~0.63	0.28~0.29
3 dB 빔폭(수신)	1.13~1.21	0.69~0.80	0.41~0.43
지향 정확도	0.21	0.12	0.06
추적 정확도	0.10	0.06	0.03

말에서 적용한 tracking 기술과 관성 항법 장치를 이용한 tracking 기술을 통합하여 자동 추적(Auto-tracking) 기술을 개발해야 한다.

3-1-2 RF부

RF부는 그 주파수 특성상 공용 설계가 어려워, 각 대역별로 별도의 장치들이 필요하다. 주요 장비의 이중화까지 고려하면 각 장치는 소형화하고 경량화 되어야 한다. Up/Down Converter는 주파수 별 모듈화 설계로 공용화할 수 있다. MODEM 연동 부분에는 자동 절체 장치를 두거나, 수동으로 절체하는 방안이 있다.

3-1-3 기저대역부

MODEM은 RF부와 L 대역으로 연동하도록 설계하여 각 대역에 공통 사용할 수 있다.

Network Interface Unit은 LAN 인터페이스로 단말 내부 장비의 상태 감시와 제어를 수행한다. 또한, 외부 가입자의 음성과 LAN/Router 연동으로 Hub 역할을 수행할 수 있다.

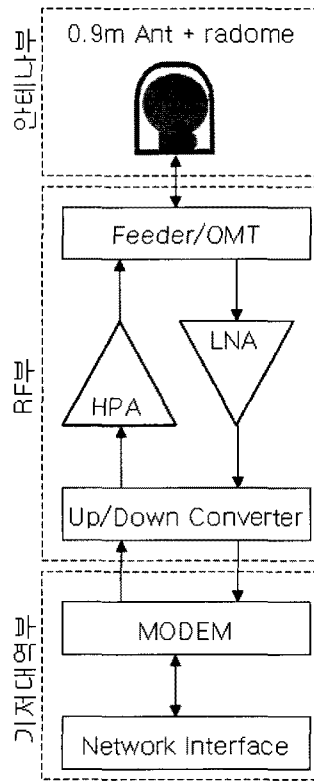
[그림 11]에는 없지만, 위성 비콘 신호를 수신하는 비콘 수신 장치는 L 대역 연동으로 설계하여 각 대역에서 공통으로 사용한다. 기준 클럭 발생 장치는 GPS에 연동하여 기준 클럭을 단말 내부 구성장비에 공급한다.

전원은 차량 전원으로는 부족하여 별도 장치로 전원을 공급해야 한다. 현용 차량용 단말처럼 발전기를 트레일러에 장착하여 견인하거나, 차량에 직접 장착하는 방안을 고려 중이다. 이를 위해서는 내부 구성 장비의 경량화와 소형화도 병행되어야 한다.

3-2 소형 OTM 단말

소형 OTM 단말은 이동중에도 위성 통신이 가능해야 한다. 소형/경량화 설계가 필수적이다.

안테나는 중심 급전 방식의 Ka 대역 0.9 m 파라볼



[그림 12] OTM 기능도

릭 안테나를 고려 중이다. Feeder/OMT와 LNA는 RF부에 포함되어 있지만, 안테나에 장착하여 손실을 최소화해야 한다. 또한, LNA와 Down Converter를 LNB (Low Noise Block)로 통합 설계할 수도 있다. HPA와 Up Converter는 신호 손실을 최소화하는 방안으로 장착 위치를 선택해야 한다.

<표 7>의 추적 정확도는 고정 운용 시의 규격이다.

<표 7> 0.9 m 안테나 3 dB 빔폭

구분	Ka 대역	비고
3 dB 빔폭(송신)	0.75~0.78	
3 dB 빔폭(수신)	1.10~1.16	
지향 정확도	0.15	=빔폭/5
추적 정확도	0.08	=빔폭/10

이동 운용 중에는 주변 환경에 따라 간헐적인 링크 단절이 발생한다. 이동 중 도로의 불규칙한 외란(속도 방지턱, 도로 파손 등)으로 인한 지향 편차가 발생한다. 외란에 빠른 응답으로 위성을 항상 지향해야 한다. 위성 추적 시스템은 GPS 수신기와 관성 항법 시스템으로 구성된다. 시뮬레이션을 통한 추적 알고리즘을 개발하고 시제를 제작한 후 차량에 장착하여 성능을 검증할 계획이다.

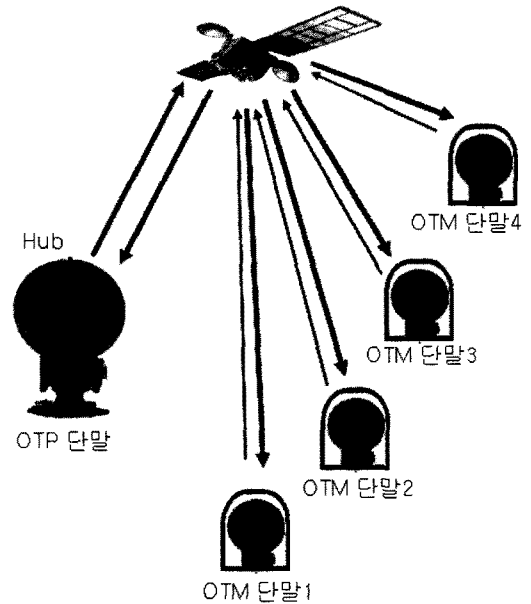
정밀 추적을 하더라도 주행 도로의 사정에 따라 간헐적으로 링크가 단절될 수 있다. 도로 주변의 나무, 건물, 전봇대 등 지형 지물의 방해로 인해 신호를 수신하지 못하게 된다. 이를 보상하기 위한 재추적, 재전송 및 재동기 같은 망 동기 기능이 병행 연구되어야 한다.

3-3 네트워크 구성

기존 군 위성통신 체계는 Mesh 구조만 지원했다. 그러나, 향후 네트워크 구성은 Hub-Spoke 구조와 Mesh 구조 모두 지원 가능해야 한다. 상용 위성 방송 서비스는 유럽형 DVB-S2/RCS 표준이 실용화되어 있고, 이동체를 위한 연구도 활발히 진행되고 있다. 이에 본 고에서는 Hub-Spoke 망에 대해서 고려한다([그림 13] 참조).

Hub-Spoke 망은 DAMA(Demand Assigned Multiple Access) 방식의 TDMA 망 구성이 적합하다. Hub 단말의 상향 링크는 TDM, Spoke 단말의 상향 링크는 TDMA 방식을 적용한다. Hub 단말은 하나의 송신기와 다수의 수신기로 구성된다. Hub 단말은 다대역 OTP 단말이 수행하고, Spoke 단말은 소형 OTM 단말이 수행한다.

소형 OTM 단말이 이동 중에 주변 환경으로 인한 불규칙한 단절이 발생한다. 이를 보상하는 절차가 필요하다. 먼저 Hub 단말은 동기용 Burst 신호를 특정 Time Slot에 실어 전 OTM 단말에 제공한다. OTM 단말은 이 동기 신호의 상태를 모니터링하여 수신 감



[그림 13] Hub-Spoke 망

도 이하이면 송신을 중단한다. 수신 감도가 정상으로 회복되면 재전송한다. 이 절차 이외에도 다음과 같은 망 동기 절차가 필요하다.

- 초기 동기 절차: Hub 상향 링크와 Spoke 상향 링크의 타이밍 동기 획득 절차로, 이 절차 동안에 망에 가입을 요청하고, Hub로부터 초기 Logon 정보를 수신하는 절차
- 동기 유지 절차: 위성 링크 사용을 마치기까지 동기를 유지시키는 절차
- 재동기 절차: 이동 중에 링크가 단절될 경우 다시 타이밍 동기를 획득하는 절차

IV. 결 론

본 고에서는 현용 군 위성통신용 차량용 단말을 소개하고 내부 구성을 설명하였다. 또한, 미군의 위성통신 사용 현황과 운용중인 OTP 단말과 OTM 단말의 특성을 소개하였다.

미래 한국군의 차량용 단말의 개발 시에 고려해야 할 요소를 도출하였다. 특히, 이동형 다대역 OTP 단말과 소형 OTM 단말의 구성을 분석하였다. 그리고 DAMA 방식의 TDMA 망 구성과 동기 방식을 간략히 설명하였다.

향후, 차량용 SHF/EHF 단말 개발 경험을 바탕으로 제시된 이동형 다대역 OTP 단말과 소형 OTM 단말의 세부 규격을 도출해야 한다. 특히 소형 OTM 단말의 위성 추적 시스템은 시뮬레이션을 통해 추적 알고리즘을 개발하고 시제를 제작한 후 차량에 장착하여 성능을 검증하기 위한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 윤형노, "선진국 군 전략-전술 통신망 간 연동개

념 및 시사점", 週刊國防論壇, 2005년 5월.

- [2] 유성권, "무궁화위성 5호 발사에 즈음한 군 위성 통신 소개", 합참, 제26호, p. 103, 2006년 1월.
- [3] 한성우, "군 위성통신 발전방향", 국방과학기술 플러스, vol. 47, 2007년 11월.
- [4] Jeff Sorenson, "SATCOM in Support of the Warfighter", MILCOM 2007, pp. 5-7, Oct. 2007.
- [5] G. Comparetto, B. Hall, "Multi-band integrated satellite terminal(MIST) - A Key to future SOTM for the Army", IEEE MILCOM 2001, Aug. 2001.
- [6] Datasheet, "AN/TSC-161 QDHT Tactical HMMWV mounted Hub/GMF SATCOM terminal", www.l-3.com.com
- [7] Datasheet, "SWE-DISH® SOTM SATCOM-ON-THE-MOVE Terminals", www.swe-dish.com

≡ 필자소개 ≡

유 연 상



1992년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
 1997년 7월: 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
 1997년~현재: LIG 넥스원 책임연구원
 [주 관심분야] 이동통신형 위성단말, TDMA 모뎀

고 동 국



1986년 9월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년~2003년: 금성정밀/LG이노텍 책임연구원
 2003년~현재: LIG 넥스원 수석연구원/팀장
 [주 관심분야] 이동통신형 위성단말, JTDLs 데이터 링크, MUAV 위성 데이터 링크