



차기 군 위성체계의 다채널 가입자정합 구조 구현

곽성인*, 이성재**, 신관호***

Implementation of Multi-Channel Subscriber Registration Architecture for the Next Military Satellite System

Seong-In Kwak*, Sung-Jae Lee**, and Guan-Ho Shin***

본 연구는 국방과학연구소가 지원하는 군 위성통신 사업의 일환으로 수행되었습니다.

요 약

초기 군 위성 통신 시스템은 회선 교환 시스템으로 회선 교환 시스템은 고정적인 주파수 자원을 할당받게 되는 사용자가 물리적 회선을 연결하는 방식으로 운용되었다. 또한 최초 설치 이후에는 연결을 해제하지 않은 이상 다른 사용자와 운용이 불가능하다. 현재 개발중인 위성 체계인 차기 군 위성체계는 아나시스(ANASIS) 체계에서의 사전에 계획된 가입자정합 구조만 수동 설치하여 운용효율이 낮은 것으로 평가되는 단점을 보완하여 유연하고 합리적인 가입자정합구조로 이더넷 및 음성가입자 정합을 기본으로 수용하고, 확장된 운용자의 운용환경을 제공하기 위해 확장을 고려한 가입자정합구조 정합되는 서킷 데이터와 전군 통합 망 연동링크와 패킷 기반 분산 망 위성링크로 구성되어 있다. 위성체계 지상단말인 운반용 위성단말은 SCPS-TP를 사용하여 Header Compression, Window scaling 기술을 적용을 통해 정지궤도위성의 전파 지연 현상을 극복하였고 호환성 확보를 위해 기존 위성통신체계인 아나시스 위성 체계와의 가입자 연동기술을 구현하였다.

Abstract

ANASIS military satellite communication systems were circuit-switched systems, which were operated in such a way that users who were assigned fixed frequency resources connected physical circuits. In addition, after initial installation, you cannot operate with other users unless you disconnect. Next-generation satellite system, a satellite system currently under development, compensates for the disadvantage that operating efficiency is low by manually installing only the pre-planned subscriber matching structure in ANASIS system. It consists of circuit data, subscriber integrated network interworking link and packet-based distributed network satellite link matching subscriber matching structure considering expansion to provide subscriber matching by default and to provide expanded operator's operating environment. The satellite system, a ground terminal for transport, overcomes the propagation delay of geostationary orbit satellites by applying header compression and window scaling technology using SCPS-TP, and is an existing satellite communication system, ANASIS satellite, to ensure compatibility. implemented subscriber linkage technology with the system.

Keywords

flyaway satellite terminal, satellite communication, ANASIS

* 한화시스템 선임연구원(교신저자)
 - ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3350-3619>
 ** 국방과학연구소 책임연구원
 - ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3310-6170>
 *** 국방과학연구소 수석연구원
 - ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6363-1393>

• Received: Nov. 15, 2019, Revised: Dec. 16, 2019, Accepted: Dec. 19, 2019
 • Corresponding Author: Seong-In Kwak
 6F, 188, Pangyoeyeok-Ro, Bundang-Gu, Seongnam-Si, Gyeonggi-Do,
 13524, Korea
 Tel.: +82-31-8091-7411, Email: si.kwak@hanwha.com

1. 서 론

현재 군이 운용중인 아나시스 위성체계는 광역 네트워크 서비스를 지원함으로써 한반도 전 지역에서 운용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 고정된 위성 주파수를 대역으로 할당 받아 운용하므로 데이터 전송시간이 증가할수록 점유 회선시간이 길어져 망 전체 위성자원 효율성이 떨어진다는 서킷 데이터의 최대 단점을 가지고 있다.

ALL-IP 기반 기술을 적용하는 차기 군 위성 통신체계는 분산 망이 적용된 위성 통신 시스템을 구축하였다. 주파수 자원을 적재적소에 할당하고, 자원을 회수함으로써 효율적인 주파수 자원을 구축할 수 있다. 또한 패킷 기반통신이기 때문에 생존성 극대화, 유연한 망토폴로지 구축 및 운용 효율성을 극대화할 수 있다. 이러한 장점을 통해 군 운용환경에 적합한 사단망 구성 및 예하 군단 망 등의 구성이 가능할 수 있게 된다. 여러가지 전송 용량 및 단말 형태를 보유 하고있으며, 여러 단말을 상태관리 및 제어를 하는 망제어 시스템으로 구성된다[1].

차기 군 위성체계는 우주부(Satellite)와 지상부로 구성되고 있으며, 중심국과 단말로 나뉜다. 중심국에서는 주파수 자원을 할당하고, 단말은 할당 받은 주파수 자원을 위성망을 이용하여 서비스를 사용한다. 패킷 기반 분산된 위성 링크와 전군 통합 망 연동링크로 중심국에서 구성은 되어 있다. 지상부 단말중 운반용 단말은 패킷기반 분산 망 위성 링크를 위해 TCP 가속 기술 과 전군 통합 망 연동링크를 적용한 음성 호 연동기술이 적용하였다.

군 위성은 지상 36,000 Km 상공에서 지상부 단말 간 서비스를 지원하고 있는 정지궤도 위성이기 때문에 상대적으로 긴 RTT(Round Trip Time)가 발생할 수 있다. TCP 윈도우(Window) 상승속도를 늦추며 RTT는 TCP 혼잡윈도우(Congestion Window)를 발생시키기 때문에 같은 대역폭을 가지더라도 지상 단말과의 통신 보다 전송시간이 많이 필요하게 되므로 위성자원의 효율성을 저하시키는 결과가 발생한다[2]. 일반적으로 설계되었던 TCP 연결 분할 방식은 기존 위성 통신에서 TCP 성능 저하를 개선하기 위해 위성 망 구간과 지상 망 구역으로 분리되

여 최적화된 위성링크 파라미터를 적용함으로써 향상시킬 수 있는 TCP 성능에 비해 낮 PER(Packet Error Rate)이 높은 운용 환경에서는 상대적으로 낮은 성능을 보여주고 있다[3].

위성단말이 혼재되어 부대별 운용환경이 구축되므로 각 단말의 운용 부대에서 사용될 위성단말의 특성을 고려한 이기종 단말 간 연동 기술이 필요하고, 차기 군 위성체계는 전군 통합 망 연동링크로 구성되어 아나시스(ANASIS) 위성체계의 통신체계와 호환가능한 단말 확보가 필요하다. 그로인해 아나시스(ANASIS) 위성체계에서 적용되었던 단말 호 처리 시나리오(Call process)를 분석하여 음성 디지털 톤(Tone) 정보와 물리적 회선접지정보를 이용하여 음성가입자간 음성 호처리기술을 적용하여 이기종 단말과 인터페이스 호환성을 운반용 위성단말에서는 확보하였다[4].

해당 기능 시험을 위한 테스트베드는 우주부를 모사하고 운반용 위성단말과 시험구성품(PER meter, 파일 전송 PC 등)으로 지상부를 구성할 수 있는 국방과학연구소 위성모의중계기를 이용하였다. 음성통화시험은 통화감도와 지연여부를 시험하며, 10회 연속 call 시험으로 나눠 확인하였다.

본 논문의 2장에서는 운반용 위성단말에 적용할 가입자정합반의 설계, 다채널 정합구조의 기술연구 내용을 기술하고, 3장에서는 설계된 음성 가입자와 IP데이터 전송측정결과를 기술하였다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺었다.

II. 관련 연구

오늘날 모바일 기술 발달로 서킷 기반 기술에서 패킷 기반 기술로 점점 변화되고 있다[5]. 패킷 기반 기술은 인터넷의 영향으로 기업, 개인뿐만 아니라 사회 각 분야에 걸쳐 빠르게 확산되고 있다.

2.1 가입자정합반 설계

가입자정합반은 군 위성통신체계-II 체계개발 운반용 위성단말의 구성품으로써 음성가입자를 수용하고, 소요 군의 확장된 운용환경을 제공하기 위해 외부가입자 정합장치와 연동을 통해 저속링크 모델

과 연동할 수 있는 기능을 가진다.

가입자정합반의 저속기본링크를 이용하는 타합선 인터페이스를 제공하며, 최대 6개의 단말과 동시에 통화할 수 있어야 하고, 외부 연동은 저속기본링크의 2채널의 음성가입자를 수용하며, 음성가입자는 CB 모드를 운용할 수 있어야 한다.

시스템제어반과 연동하여 상태 및 제어신호의 송수신을 통해 외부가입자정합장치 및 단말의 구성품과 연동하여 음성 4채널 및 데이터의 처리가 가능해야 한다. 위성링크와의 연동을 위해 모뎀과 연동하여 저속링크 가입자의 음성을 송수신하며, 6채널 음성가입자의 수용이 가능해야 한다.

가입자정합반의 기능별 구성은 그림 1과 같이 제

어부, 로직부, 광통신부, 전원부, 클럭부로 구성되어 있으며, 전원부는 전원반에서 DC24V, DC5V, DC3.3V를 공급받아 제어부, 로직부, 광통신부, 클럭부에서 필요한 전원으로 변환하여 공급하는 역할을 한다.

제어부의 구성은 CPU부, VOCODER 정합부, USB 정합부, Echo canceller 정합부, E1 framer 정합부로 구성된다.

CPU부는 로직부, Echo Canceller, E1 framer를 제어 및 상태 감시하는 역할을 하며 UART 정합부를 통해 CONSOL 기능을 제공한다.

로직부는 시스템제어반 정합부, 음성가입자 정합부, 외부가입자정합장치 정합부, Echo canceller 정합부, 모뎀 정합부로 구성된다

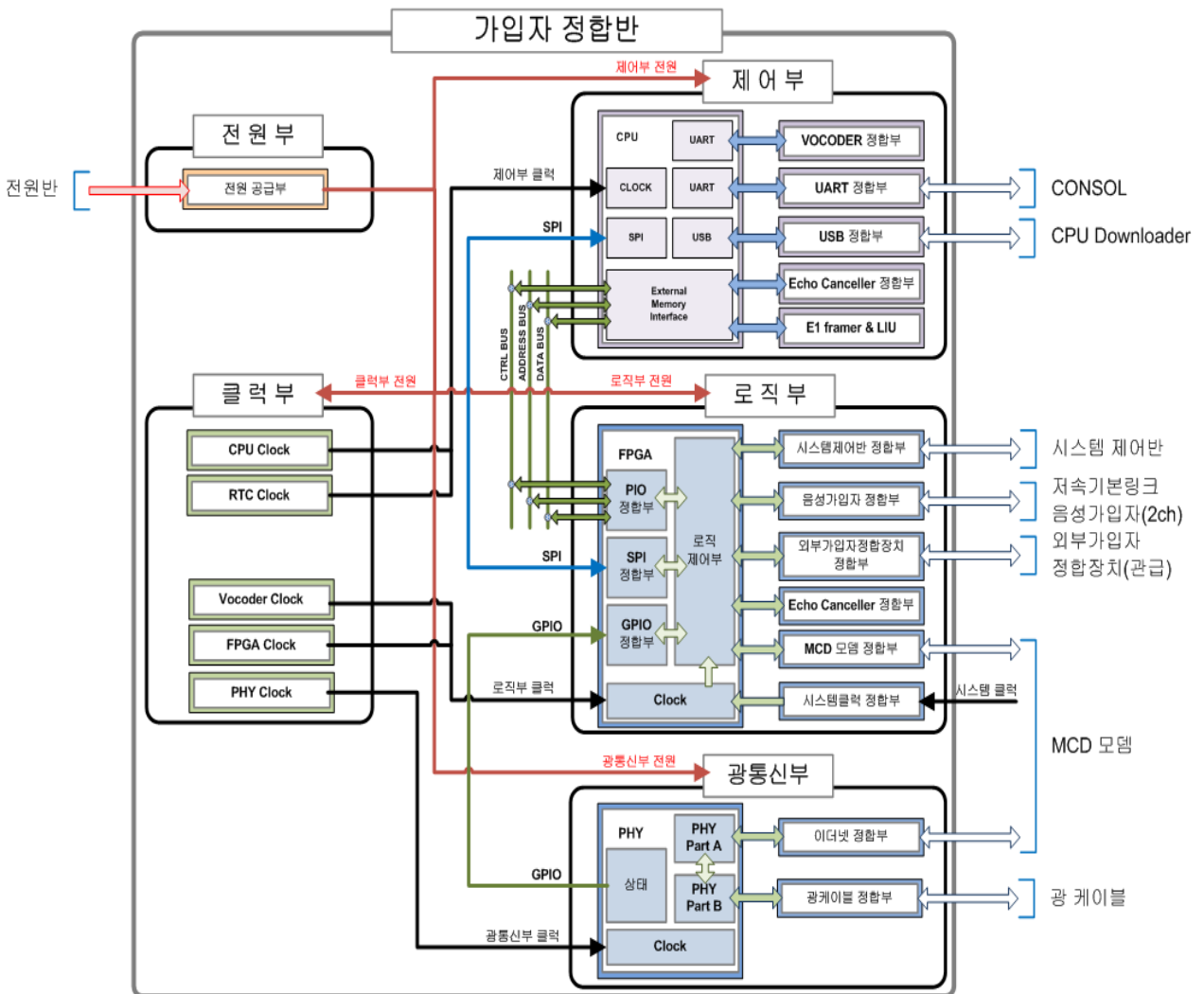


그림 1. 가입자정합반 블록 구조
Fig. 1. Subscriber unit architectures

클럭부는 제어부에 필요한 CPU 클럭, RTC 클럭을 공급하고, 로직부에 필요한 Vocoder 클럭, FPGA 클럭을 공급하며, 광통신부에 필요한 PHY 클럭을 공급한다.

모뎀 및 외부/내부 음성가입자 TDM 통신의 동기화를 위해 시스템 클럭을 모뎀으로부터 공급받아 운용한다.

2.2 다채널 정합구조의 기술연구

가입자정합반의 다채널 정합구조는 그림 2와 같이 FPGA 기반의 스위칭 채널구조로 설계하였다. 외부정합은 저속기본링크의 음성가입자와 연동되는 CB 정합부, 외부가입자 정합장치와 연동하는 E1정합부 및 모뎀과 연동하는 TDM 정합부, 주제어반의 제어신호 송수신 및 상태 전송을 위한 Local BUS 정합부로 구성된다.

가입자정합반의 내부정합은 제어부의 제어신호

송수신 및 상태 전송을 위한 PIO 정합부, Echo Canceller 정합부, Vocoder 정합부 등으로 구성된다.

제어부에서는 SLIC, Echo Canceller, Vocoder 등 주요부품의 제어를 담당하며, 음성 및 트래픽 데이터 처리는 로직부에서 해당 인터페이스 및 통신규격에 맞추어 통신하는 역할을 수행한다.

로직부의 제어 및 상태의 송수신은 제어부에서 Local BUS인 Address[23:0], data[15:0], Chipselect, RD/WR 등의 신호로 통신하며, 로직부의 메모리맵을 통해 데이터를 송수신할 수 있도록 인터페이스를 구성한다.

운용자의 운용환경에 따라 확장 운용 필요 시 외부가입자정합장치와의 연동을 통해 운용채널을 확장할 수 있으며, E1 Framer 연동을 최대 6채널을 수용하여 제어신호는 Local BUS 인터페이스를 적용하여 FPGA와 E1 Framer간 음성신호 전달은 그림 3과 같이 2.048MHz의 TDM 통신을 통해 적용된다.

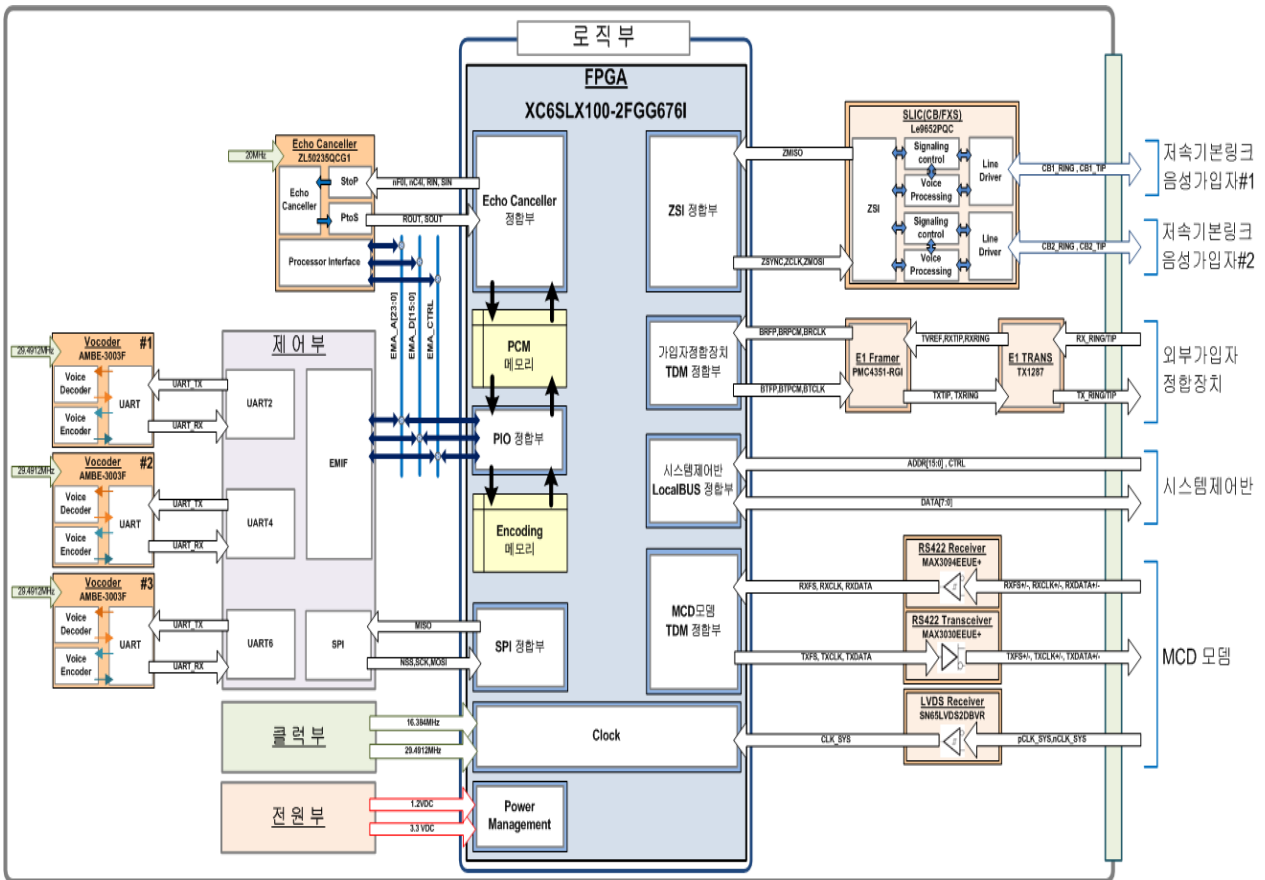


그림 2. 가입자정합반의 로직 블록도
Fig. 2. Subscriber unit logic part architectures

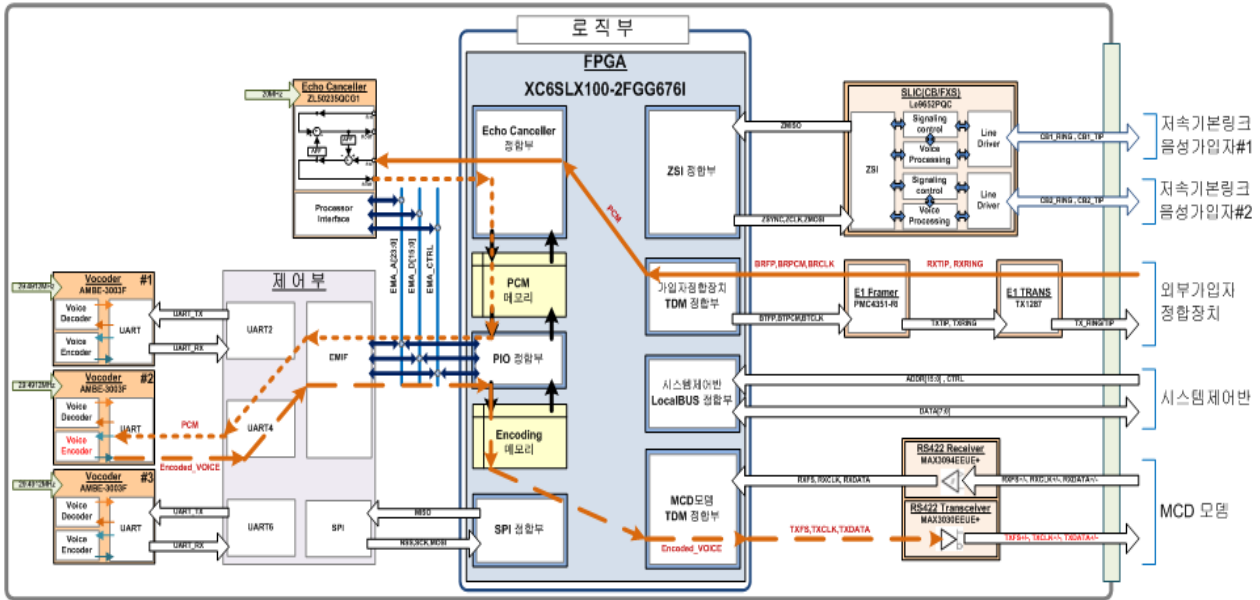


그림 3. 가입자정합반과 외부가입자정합장치 TDM 인터페이스 (Up_Link)
 Fig. 3. Subscriber unit to terminal TDM interface (Up link)

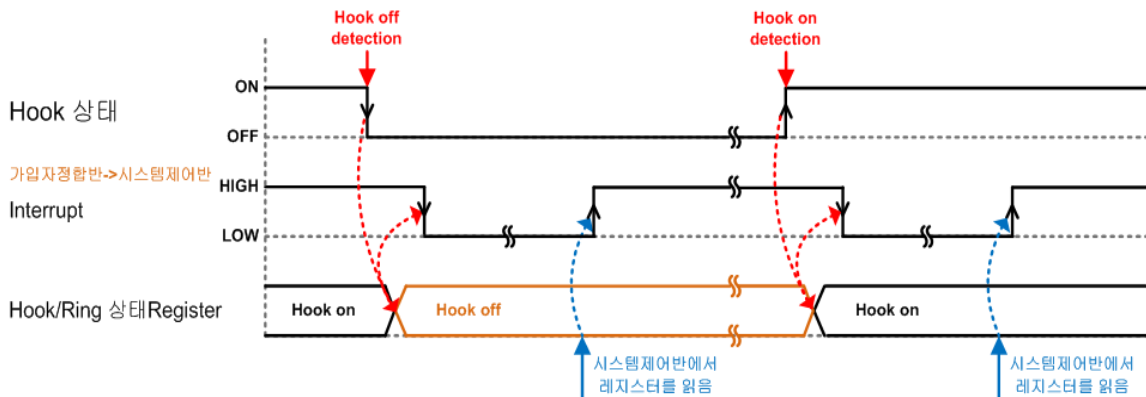


그림 4. 음성가입자 Hook On/Off 상태전달 방식
 Fig. 4. Voice subscriber hook on/off interface

음성정합 시 Time slot Data 구성 중 16bits의 데이터 중 MSB를 기준으로 음성 정보는 아래와 같이 적용된다.

- bit #0~#7 : A-law PCM 데이터를 전송
- bit #8 : Hook 정보(ON or OFF)를 전송
- bit #9 : Ring 정보(ON or OFF)를 전송
- bit #10 : DTMF Detect 여부 전송
- bit #11~#14 : Detect된 DTMF 정보를 전송
- bit #15 : Reserved

가입자정합장치를 통해 Hook on/off 감지설계 채터링 및 Dial pluse 등의 감지 회로를 적용하여 주는 표 1과 같이 테이블로 제어반으로 Local BUS(를

통해 Interrupt를 통해 상태를 알리 채널정보를 읽음으로서 전달되는 구조를 그림 4와 같이 적용하였다.

표 1. 가입자정합장치 DTMF 테이블
 Table 1. Subscriber terminal DTMF table

DTMF Tone	DTMF transmission data Bit(11:14)	DTMF Tone	DTMF transmission data Bit(11:14)
1	0x1	9	0x9
2	0x2	0	0x0
3	0x3	A	0xA
4	0x4	B	0xB
5	0x5	C	0x1C
6	0x6	D	0xD
7	0x7	*	0xE
8	0x8	#	0xF

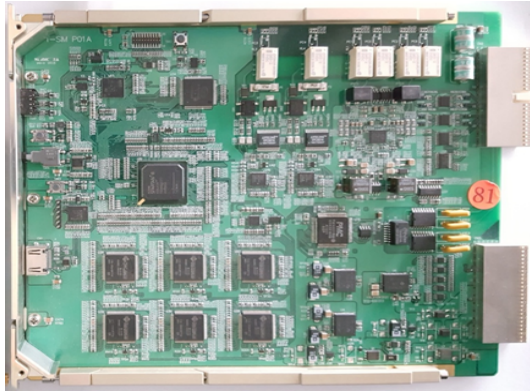


그림 5. 가입자정합반 개발형상
Fig. 5. Structure unit shape

또한 음성전화기를 통해 입력되는 DTMP 신호 FPGA를 통해 Digit하여 주제어반으로 Local BUS를 통해 전달될 수 구조를 적용하였다.

III. 측정결과

차기 군 위성 통신에 적용할 저속링크 PAMA 망 링크를 설정하였으며, 운반용 위성단말 간 IP패킷데이터 전송 및 음성통화를 위한 시스템을 구성하였다.

시험방법은 실 위성통신 환경을 모사하기 위해 Ka대역의 단말시험장치를 적용하여 2세트의 운반용 위성단말을 P-to-P 구성으로 링크를 설정하여 시험하였으며, 모의 중계기환경도 위성 중계기와 동일한

성능을 보유한 구성으로 시험을 하였다. 음성전화기 연동을 통한 통화 품질, IP데이터를 전송하면서 통신품질도 확인하였다. 시험구성은 그림 6과 같이 적용하였다.

3.1 음성전화 기능 확인

운반용 위성단말 2세트를 단말시험장치를 적용하여 설치하였으며, P-to-P모드로 구성하고 운반용 위성단말의 음성포트(TIP/RING)에 음성전화기를 각각 연결한다. 발신 측 단말에서 수신측 단말로 호 처리를 수행하여 음성통화를 하였다. 운반용 위성단말에 적용된 전화기의 전송속도는 가입자정합반의 Vocoder 압축을 통해 2.4Kbps이다.

운반용 위성단말 음성 통화를 위한 호 처리는 그림 7과 같이 단말의 가입자정합반을 통하여 유입되는 Hook On/Off 및 DTMF 정보를 가지고 Calling Request가 이뤄지고, 위성링크모뎀(B)에서 발신요청 메시지가 수신되면 할당 받은 자원 메시지를 위성 망 제어기(C)에 요청한다(1). 망 제어기는 망의 주파 자원에 통화자원을 할당하고 그 정보를 위성 모뎀(B, D)으로 각각 송신(2)한다. 모뎀은 수신된 설정정보를 이용하여 모뎀 간의 링크상태를 동기(Sync) 모드로 전환하여 암호화 비문전환 절차를 수행한다(3).

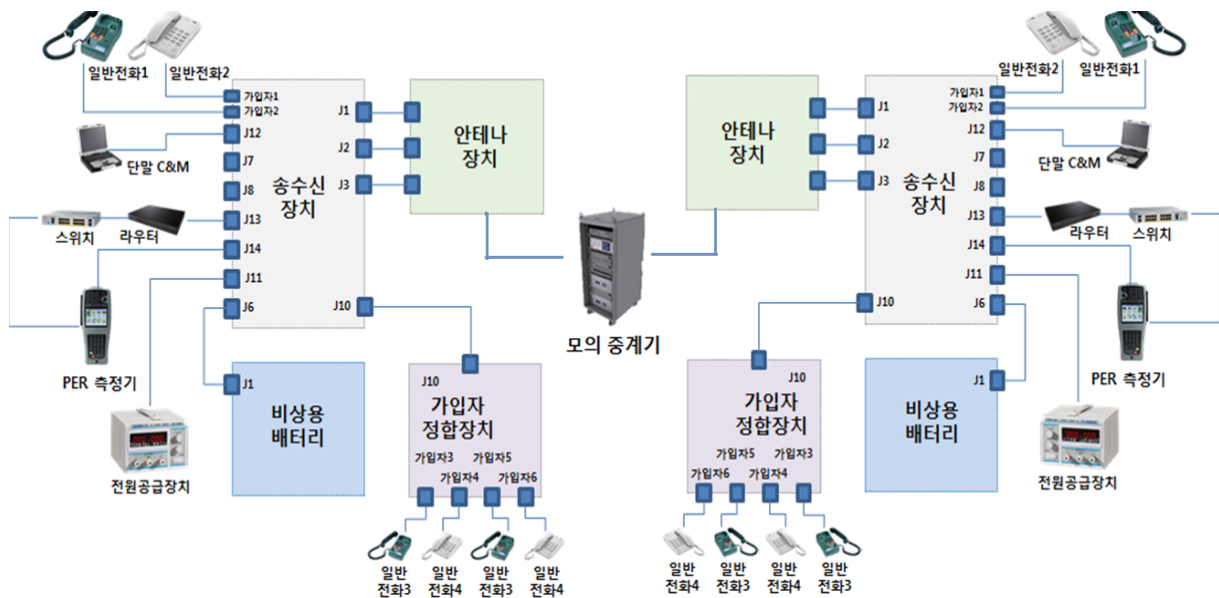


그림 6. 운반용 위성단말 P-to-P 시험 구성
Fig. 6. Test configuration of flyaway satellite terminal P-to-P

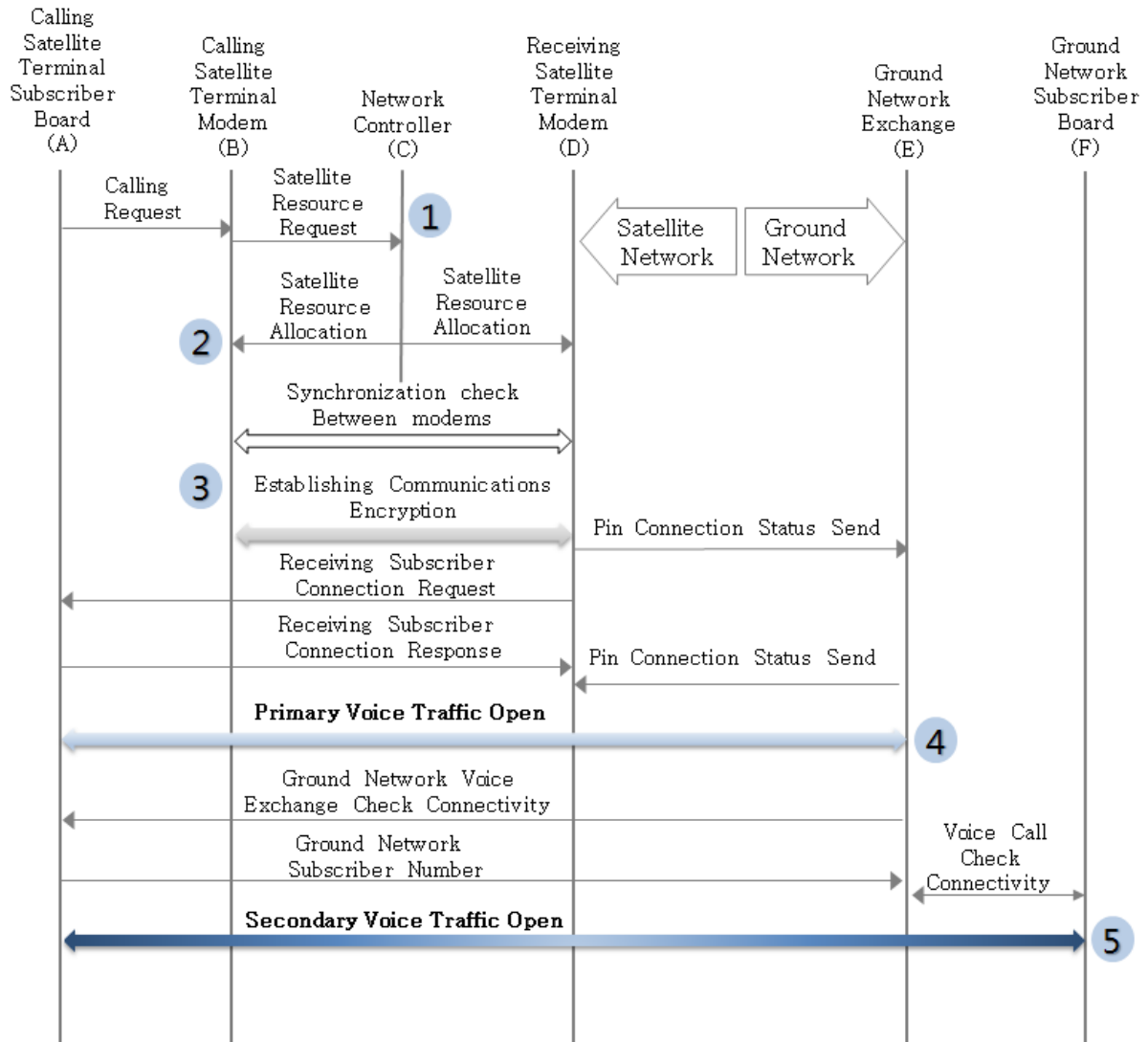


그림 7. 지상망 연동 호 시나리오
Fig. 7. Ground network interactive call scenario

수신측 위성모뎀(㉑)과 망 교환기(㉒)는 통화로 설정을 위해 음성전화기의 Hook on/off 접지정보를 서로 교환하며 1차 음성 트래픽통신을 수행한다(④). 발신가입자(㉓)는 지상망 교환기(㉒)에 연동된 가입자 정보를 확인하기 위해 가입자 착신번호를 디지털 시그널로 혼합하여 송신하고 수신된 통화 정보를 확인하여 지상망 가입자는 2차 음성 트래픽 통신을 수행하여 지상망과 위성단말 가입자간의 통화가 이루어진다(⑤)[1].

위 지상망 연동 호 시나리오를 적용하여 그림 8 과 같이 1채널 음성통화시험을 수행하였으며, 운반용 위성단말은 전군 통합 망 연동링크를 위해 다채널 통화가 가능하도록 구현하였다.



그림 8. 음성전화 시험결과
Fig. 8. Result of video calls and voice calls

3.2 IP 데이터 전송 기능 확인

운반용 위성단말 2세트를 Ka 대역의 단말시험장치를 적용하여 구성하고, P-to-P 모드로 설정하여 송수신장치의 저속가입자 이더넷 포트에 PER(Packet Error Rate)미터기를 각각 연결한다[6]. 착신 측 단말에서 수신측 단말로 호 처리를 진행하여 PER모드로 각 단말을 변경한다. 운반용 위성단말의 저속링크의 경우 채널별 64Kbps IP 패킷 데이터를 전송할 수 있다. 그림 9는 최대 전송속도 시험결과이다.



그림 9. IP 데이터 전송 결과
Fig. 9. IP data transmission results

운반용단말 이더넷 포트에 PER 미터기를 각각 연결하고 전송속도를 64Kbps 6채널을 설정 후 데이터를 10분 동안 전송 후 Error Free 결과를 확인하였다.

또한 위성 구간의 비트 효율 특성 및 긴 전파 지연특성을 시험하기 위해 모의 중계기를 이용한 PER 시험도 진행하였다. 단말시험장치 및 모의 중계기를 사용한 시험결과에서 별 차이가 없는 것으로 확인하였다[7][8]. 위성통신시스템에서의 지상부 구성은 유연하게 적용가능한 가입자 정합구조가 중요한 반면 위성 구간은 효율적인 주파수 자원이 가장 중요한 항목인데 패킷 데이터 특성상 IP데이터 시험결과에서 볼 수 있듯이 적은 데이터도 긴 전송 시간을 가지게 된다. 따라서 IP 가속 능력이 차기 군 위성통신에서 망 효율성 증대를 위한 가장 주요 기능이라는 것을 알 수 있었다.

IV. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 위성단말시스템에서의 가입자정합 구조의 다중화기능을 통해 매트릭스 스위칭 구조를 적용함으로써 채널의 유연하고 합리적인 가입자 정합구조를 기술하였다. 이러한 확장성을 고려한 가입자정합구조는 운용자의 확장된 운용 편의성을 증대 시킴으로써 전장 상황을 신속하게 통제할 수 있는 네트워크 중심전에 활용되어 군 작전수행능력을 배가시킬 수 있을 것으로 예상된다.

위 기술이 적용된 가입자정합구조는 현재 운반용 위성단말 적용되어 한반도 전역에서 지휘통제업무를 수행할 수 있도록 전군 통합 망 연동링크의 이기종간 음성 통신 기능을 보유하며 전파 지연 현상을 극복하기 위해 여러 환경에서 많은 실험을 통해 기능검증을 진행하고 있다. 추후 성공적인 전력화에 이바지 하여 차기 군 위성체계에서 적극 활용하여 군 작전수행능력을 배가시킬 수 있을 것으로 예상된다.

References

[1] Kyung-Ho Lee, Seong-Jae Lee, and Joung-Chul Ahn, "Implementation of Voice and Data

interworking System for Next Generation Military Satellite System", Journal of KIIT, Vol. 15, No. 11, pp. 139-147, Apr. 2017.

- [2] M. Allman, C. Hayes, H. Kruse, and S. Osterman, "TCP performance over satellite links", in Proc. 5th Int. Conf. Telecommun. Syst., pp. 456-469, Mar. 1997.
- [3] M. Luglio, C. Roseti, and F. Zampognaro, "Performance evaluation of TCP-based applications over DVB-RCS DAMA schemes", Int. J. Satellite Commun. Netw., Vol. 27, No. 3, pp. 163-191, Mar. 2009.
- [4] Hong-jun Noh, Kwang-chun Go, Kyu-hwan Lee, Jae-hyun Kim, Jae-sung Lim, and Ye-jin Song, "Resource Allocation and IP Networking for Next Generation Military Satellite Communications System", Journal of the Korean institute of Communications and Information Sciences, Vol. 38C, No. 11, pp. 939-954, Nov. 2013.
- [5] Deok-Woo Lee, Seong-Jae Lee, and Won-Sang Yoon, "Implementation of IP Packet Data Transmission System for the Next Military Satellite Flyaway Satellite Terminal", Journal of KIIT, Vol. 14, No. 4, pp. 51-59, Apr. 30, 2016
- [6] S. Erl and T. de Cola, "DVB-RCS2/S2 testbed: A distributed testbed for next-generation satellite system design and validation", 2014 7th Advanced Satellite Multimedia Systems Conference and the 13th Signal Processing for Space Communications Workshop (ASMS/SPSC), Livorno, pp. 382-389, Sep. 2014.
- [7] Z. Gao, Q. Guo, and Z. Na, "routing algorithm for LEO satellite IP networks", J. Syst. Eng. Electron, Vol. 22, No. 6, pp. 917-925, Dec. 2011.
- [8] K. C. Go and J. H. Kim, "Design of routing scenarios for terrestrial network interworking with satellite network", in Proc. Int. Conf. Space, Aero. and Navi. Electron. (ICSANE 2012), Incheon, Korea, pp. 207-210, Oct. 2012.

저자소개

곽 성 인 (Seong-In Kwak)



2006년 2월 : 동양대학교
정보통신공학부(공학사)
2007년 6월 ~ 2009년 4월 :
우리별텔레콤 기술연구소
2014년 2월 : 경북대학교
전자전기컴퓨터학과(공학석사)
2010년 11월 ~ 현재 : 한화시스템

선임연구원

관심분야 : 위성통신시스템 기저대역 하드웨어설계,
디지털 회로설계

이 성 재 (Sung-Jae Lee)



1994년 2월 : 충남대학교
전자공학과(공학사)
1996년 2월 : 충남대학교
전자공학과(공학석사)
1996년 1월 ~ 현재 : 국방과학
연구소 책임연구원

관심분야 : 위성통신 시스템 설계,
RF 시스템 설계, 위성 시험장 시스템 설계

신 관 호 (Guan-Ho Shin)



1981년 2월 : 한양대학교
전자공학과(공학사)
1998년 2월 : 충북대학교
정보통신공학과(공학석사)
1991년 ~ 현재 : 국방과학연구소
수석연구원

관심분야 : 위성통신 시스템 설계,
신호처리, 고주파부 설계기술