

고속열차 대상의 위성통신 및 방송 서비스 기술

신민수 | 곽창수 | 장대익 | 염인복 | 이호진
한국전자통신연구원

요약

최근에는 이동환경에서의 고속 위성통신 서비스에 대한 요구가 증가하고 있는 추세이며, 이러한 요구를 만족시키기 위해 유럽 및 북미지역에서는 지난 수년간 Ku대역을 활용한 고속이동체 대상의 이동형 위성통신 시스템 개발이 활발히 진행되고 있다.

하지만 기존의 이동형 위성통신 시스템은 수십 Kbps 정도의 전송속도를 제공하기 때문에 고속열차와 같이 다수의 그룹 사용자들을 대상으로 한 위성 인터넷 및 방송서비스 제공에 한계가 있다. 또한, 철도 운행구간에서 발생하는 N-LOS 환경에 대처하는 기술의 부재로 서비스 가용도가 크게 저하된다.

본 논문에서는 고속열차 승객을 대상으로 위성무선연동 전송기술을 이용하여 지상무선망과 동일한 수준의 끊임없는 인터넷 서비스 및 위성방송 서비스를 제공하기 위한 이동형 광대역 위성 접속 시스템에 대해 기술한다.

고속열차를 대상으로 이러한 서비스 제공을 위해서는 터널이나 역사(Railway Station)와 같은 N-LOS 환경에 대한 대처기술이 필요하며, LOS 환경에서도 철로상의 신호열화 현상에 대한 극복기술이 필요하다.

본 논문에서는 고속열차를 대상으로 한 이동형 위성통신 서비스에 대한 국내외 연구개발 동향 및 국제 표준화 동향에 대해 기술한다.

1. 서론

유럽 및 북미지역에서 주도적으로 고속이동체 대상의 위성인터넷 서비스 기술개발 및 시범서비스를 위한 여러 가지 프로젝트들이 진행 중에 있으며, 이를 통해 이동환경에서의 광대역 통신서비스에 대한 요구가 급증하고 있음을 알 수 있다. 또한, 이러한 서비스 기술개발을 위해 기존의 고정형 위성전송 서비스를 위해 제정된 DVB-S2[1]나 DVB-RCS[2]규격들을 이동형 서비스가 가능하도록 개정하기 위한 국제표준화 작업도 병행하여 진행되고 있다.

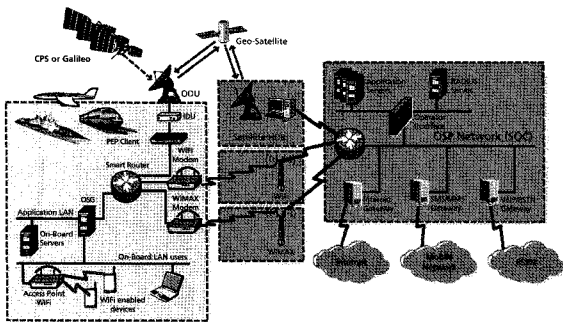
위성통신 시스템은 지상무선망과 달리 넓은 커버리지와 신규 네트워크 구축이 용이하기 때문에 짧은 시간 안에 서비스를 제공할 수 있다는 장점을 이용하여 효율적이면서도 경제적인 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 이유로 인해 차량, 선박, 비행기, 열차 등으로 이동중인 승객들을 대상으로 고속 인터넷 및 방송 서비스를 제공하기 위한 여러 개의 파일럿 프로젝트들 [3]이 수행되어 왔다. 더욱이 깡펠러나 Wi-Fi/Wibro와 같은 지상무선망과의 연동을 통해 서비스 지역을 확장하기 위한 기술들이 연구되고 있으며, 이러한 시도는 지상무선망 서비스나 위성망 서비스 모두에게 기술적 한계나 경제적 부담을 극복할 수 있는 좋은 대안이 될 것이다.

본 논문은 위와 같은 고속이동체를 대상으로 위성방송 및 인터넷 서비스를 제공하기 위한 이동형 위성통신 시스템에 대한 국내외 연구개발 동향 및 국제 표준화 동향에 대해 기술한다.

II. 본 론

1. 국내외 연구개발 동향

이동환경에서의 광대역 통신서비스에 대한 요구는 지상무선망 서비스 분야뿐만 아니라 위성 서비스 분야에서도 마찬가지로 증가하고 있는 추세이다. 지상무선망 기술은 인구밀도가 높은 도심지역을 중심으로 효과적으로 적용될 수 있는 반면에 항공기나 선박, 열차와 같은 환경은 위성 전송 시스템을 통해 효율적인 서비스를 제공할 수 있는 분야이다. 항공기 시장에서는 주로 장시간 운행을 하는 대형 항공기를 주요 목표로 하며, 이들 항공기는 대부분 대륙간 이동 항로를 운행하기 때문에 전세계적인 커버리지를 요구한다. 또한, 상업적으로 가장 가능성이 있는 분야로 열차 시장을 고려할 수 있다. 2006년도 기준으로 유럽지역에서만 800대 이상의 고속열차가 운행 중에 있으며, 비교적 장거리 운행을 하는 통근 열차가 1,000대 이상 운행되고 있기 때문에, 이동형 위성통신 분야에서는 가장 큰 시장이 될 수 있다[3]. 이를 반증하듯이 유럽의 EU 및 ESA의 지원을 통해 활발한 연구개발이 이루어지고 있으며, 제한된 성능의 상용화 서비스가 제공되고 있다. 그 외에도 cruise 선이나 ferry 등을 대상으로 한 선박 분야에도 활용이 가능하다.



(그림 1) 광대역 이동 위성 통신 시스템 구조

여러 가지 다양한 응용분야에 적용되는 광대역 이동형 위성통신 시스템의 일반적인 구조는 (그림 1)과 같다[3]. 열차나 선박 등의 이동체에 탑재되어 동작하는 on-board network과 운용사업자 네트워크(OSP Network)와의 기본적인

인 데이터 송수신 인터페이스는 위성망을 통해 연결되며, 터널이나 역사 등의 N-LOS 구간에서의 위성신호 차단문제를 WiFi/ WiMAX등의 지상 무선망과의 연동을 통해 해결하고자 하는 노력이 이루어지고 있다.

On-board Network에서의 smart router 에서 이러한 기능을 수행하며, 이동체의 현재 위치에 따른 채널 상태를 고려하여 최적의 무선 인터페이스를 결정하게 되며, 이를 통해 이동체 내의 승객들은 이동성에 무관하게 지속적인 서비스를 제공받을 수 있게 된다.

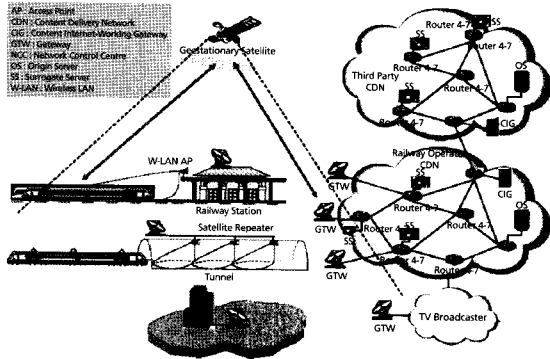
1.1 해외 기술개발 동향

많은 이동형 양방향 위성통신 시스템에서 채택하고 있는 DVB-S/S2 및 DVB-RCS 규격이 유럽의 표준화기구인 DVB를 통해 이루어지고 있는 관계로 연구개발은 유럽의 ESA나 EU의 주도하에 여러 프로젝트들이 수행되어 왔으며, 상용 서비스는 유럽과 북미지역에서 제한된 성능으로 제공되고 있다. EU 에서 주관하고 있는 FP5및 FP6프로그램을 통해 DVB-S 및 DVB-RCS기술을 이용하여 항공기, 선박, 열차에 적용할 수 있는 양방향 위성통신 시스템을 개발하고자 하는 노력이 2001년경부터 추진되고 있다. 여기에는 DVB-S기술을 열차에 적용하는 경우의 채널 영향분석을 주로 수행했던 FIFTH(2002~2003) 프로젝트와 항공기, 선박, 열차를 대상으로 한 DVB-RCS 기술의 이동화 연구를 수행한 MOWGLY (2005~2008) 프로젝트[10], 항공기를 대상으로 DVB기반의 위성무선 연동 기술개발을 목적으로 한 ANASTASIA (2005~2009)프로젝트 등이 있다. 또한, 영국의 21NET사는 Broadband on Trains 프로젝트 (2004~2006)를 통해 DVB-S 및 DVB-RCS기술을 이용하여 고속열차 대상의 위성인터넷 서비스를 위한 시스템 개발을 진행하였으며, Alcatel Alenia Space사가 주관이 되어 유럽의 고속열차를 대상으로 위성인터넷 서비스 제공을 위한 시제품 개발을 목표로 하는 SAET 프로젝트(2005~2008) 등이 진행되어 왔다. 본 절에서는 이러한 고속열차 기반의 위성인터넷 서비스를 위한 대표적인 해외 기술개발 사례에 대해 좀 더 상세히 기술한다.

1.1.1 FIFTH

FIFTH 프로젝트[4]는 고속열차 승객을 대상으로 인터넷 및 디지털 방송서비스를 포함한 멀티미디어 서비스를 제공할

수 있는 위성통신 시스템을 설계하고 검증하기 위한 목적으로 EU FP5 프로그램의 지원을 통해 2002년 9월부터 22개월 동안 수행되었다.



(그림 2) FIFTH 시스템 개념도

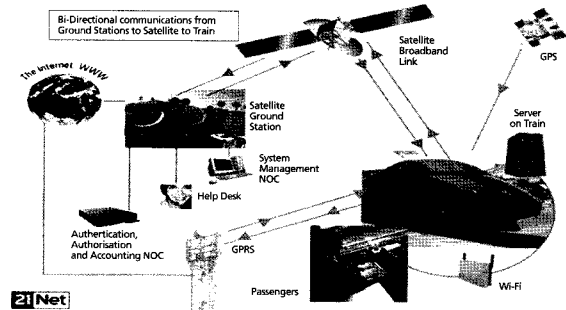
FIFTH 시스템은 (그림 2)에서와 같이 LOS 구간에서는 위성신호를 이용하여 서비스를 제공하며, 터널구간에서는 위성신호를 터널내부로 중계하기 위한 satellite local repeater를 사용하고 역사 구간에서는 위성망과 W-LAN을 연계하는 이기종 연동망을 구축하는 것을 기본사향으로 설계되었다.

FIFTH 시스템은 Trenitalia사의 ETR500 열차를 이용하여 시스템 검증시험을 실시하였으며, 이를 통해 열차에 탑재하기 위한 위성 단말과 안테나에 대한 구조적/역학적 규격에 대한 요구사항 및 안정성을 위한 제약사항 등을 제공하고 있다. 이러한 연구자료는 SUITED 프로젝트 및 SAET 프로젝트를 통한 고속열차 대상의 위성인터넷 시제품 개발에 많은 도움이 되었으며, 다음 절에 기술한 21NET 사의 Broadband on Trains 시스템 설계에 근간이 되었다.

1.1.2 Broadband on Trains(BoT)

“Broadband on Trains” 프로젝트는 ESA 주도의 ARTES 3 프로그램을 통해 수행되었으며, 영국의 21NET사가 주관이 되어 Sea-Tel, Siemens, Hispasat 등이 참여하여 2004년 3월에 시작하여 2006년 초에 완료되었다. “Broadband on Trains” 프로젝트는 Ku-band를 이용한 양방향 위성 시스템을 이용하여 열차를 대상으로 광대역 인터넷 접속 서비스를 제공하는 것이 목적으로, End-to-End 서비스 관점에서 시스템을 통합하여 business model 및 운용상의 제약사항들을

검증함으로써 상용화를 위한 준비단계를 완료하는 것이 주된 내용이다[5].



(그림 3) Broadband on Train 시스템 구조

21NET사의 “Broadband on Train” 시스템은 (그림 3)과 같이 양방향 위성링크 및 GPRS/Wi-Fi 망을 이용하여 객차내부의 열차 승객들에게 무선랜 서비스를 제공한다.

21NET 시스템은 2004년 6월과 7월에 스페인 RENFE사의 AVE열차를 이용하여 기술적 가능성을 점검하기 위한 pilot test 를 수행하였으며, 2005년 4월부터 8개월간 Thalys 열차를 이용하여 Paris-Brussels 구간의 모든 승객을 대상으로 시범서비스를 제공하였다. 이러한 노력으로 2007년 9월 프랑스의 대표적인 열차 회사인 Thalys는 21NET, Nokia Siemens Networks, Telenet으로 구성된 컨소시엄을 자사의 고속열차에 대한 광대역 인터넷 서비스 제공 사업자로 선정하였으며, 2008년 6월부터 Paris-Brussels-Amsterdam-Colonge 구간에서 하향 2Mbps/상향 0.5Mbps속도의 상용서비스를 제공하고 있다.

위에서 기술한 FIFTH 프로젝트 및 21NET사의 “Broadband on Trains” 시스템 외에도 스페인의 Indra Espacio사에서 iHST 프로젝트를 통해 CDMA 기술을 이용하여 고속열차 대상의 양방향 위성 통신시스템을 개발중에 있으며, Thales Alenia Space Italy사에서는 Trenitalia(Italy) 열차를 대상으로 자체규격의 위성인터넷 시스템을 시험중에 있으며, Normad Digital사는 영국의 QinetiQ Rail사와 함께 위성망과 무선망을 연동한 방식으로 동일한 서비스를 제공하기 위해 기술개발을 진행중에 있다. 또한, 열차 운행 전구간에 대해 무선망만을 통해 운용되는 T-mobile 서비스도 상용서비스를 위해 준비중에 있다. 스웨덴의 ICOMERA 사에서는 포워

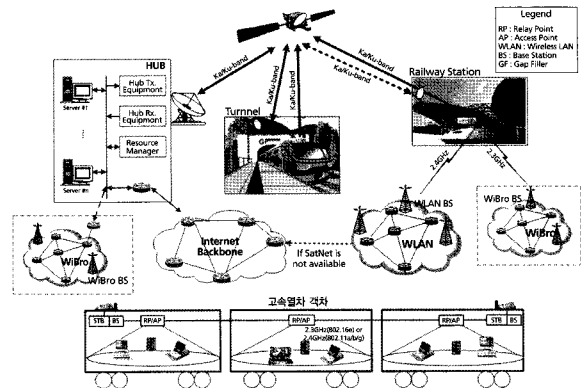
드링크만 위성을 이용하고, 리턴링크는 4개의 3G 셀룰라망을 이용하는 Hybrid access system을 이용하여 상용서비스를 제공하고 있다.

1.2 국내 기술개발 동향

국내에서의 위성통신 지구국 기술개발은 한국전자통신연구원(ETRI)의 주도하에 대부분 진행 되고 있다. 국내 최초로 국제표준과 호환되는 DVB-S/RCS기반의 고정형 VSAT 시스템을 개발하기 위한 BSAN(2000~2002)프로젝트를 수행하였으며, BSAN 시스템은 고정형 단말을 이용하여 이동하지 않는 사용자 그룹을 대상으로 위성인터넷 서비스를 제공하기 위한 기술로서, 중동지역과 같이 신규 통신 네트워크를 구축하기 어려운 지역에서 많은 수요가 제기되고 있다. 또한, 이동환경에서의 신호간섭을 최소화 하기 위해 CDMA 기술을 적용한 MSIA(2001~2003)시스템, 선박을 대상으로 광대역 이동형 위성인터넷 서비스를 제공하기 위한 MoBISAT(2003~2005)시스템을 개발한 바 있으며, 최근에는 고속열차 승객을 대상으로 광대역 위성 인터넷 서비스를 제공하기 위한 XpeedSAT(2006~2008)시스템을 개발 완료하였다. 본 절에서는 고속열차 운행시와 같이 다양한 통신환경에서도 끊임없는 인터넷 서비스를 제공하기 위해 고도의 위성통신 전송기술뿐만 아니라 위성신호 중계기술 및 이기종의 지상무선망과의 연동기술이 적용된 XpeedSAT 시스템에 대해 기술한다.

1.2.1 XpeedSAT 시스템

ETRI에서는 최근에 고속열차 승객들을 대상으로 디지털 위성방송 및 인터넷 서비스를 제공하기 위한 XpeedSAT 시스템을 개발 완료하였다. XpeedSAT 시스템을 통해 고속열차에 탑승한 승객들은 LOS구간에서는 위성을 통해 직접 서비스를 제공받게 되며, 도심지역이나 터널, 역사(railway station) 등의 N-LOS구간에서는 갭필러를 이용한 위성중계망이나 Wi-Fi/Wibro와 같은 지상무선망을 통해 서비스에 접속하게 된다. 따라서, 승객들은 위성망과 지상무선망과의 연동망을 통해 이동 중에도 끊임없는 서비스를 제공받게 된다. (그림 4)는 XpeedSAT 시스템의 구조와 서비스 개념도를 보이고 있다.



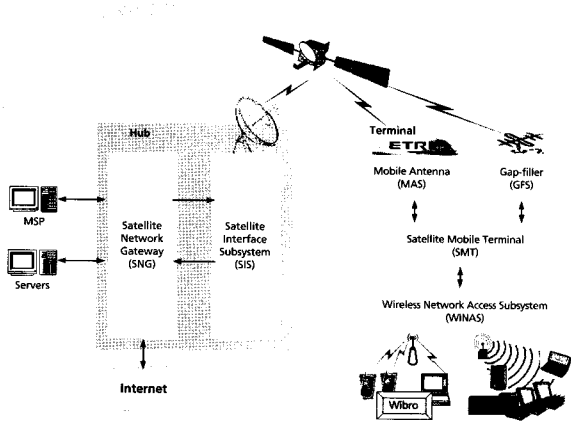
(그림 4) XpeedSAT 시스템 개념도

XpeedSAT 시스템은 고속열차내의 그룹사용자들을 대상으로 광대역 인터넷 접속서비스를 제공하기 위해 포워드링크 전송을 위해서는 DVB-S2 기술을 사용하며, 리턴링크 전송을 위해서는 DVB-RCS 기술을 적용한다. 열차의 운행구간 중에 LOS구간에서는 위성신호를 직접 수신하여 이동형 위성인터넷 서비스를 제공한다.

(그림 5)는 중심국(Hub)과 단말국(Terminal), 위성신호중계국(Gapfiller)으로 구성된 XpeedSAT 시스템 구조를 보이고 있다. 중심국은 위성망 게이트웨이(SNG)와 위성전송 RF 시스템(SIS)으로 구성되며, 단말국은 이동환경에서 위성신호 수신을 위한 이동 위성 안테나(MAS)와 단말국 터미널(SMT), 지상무선망과의 연동을 위한 WINAS로 구성된다. SNG와 SMT는 LOS환경에서의 위성전송 기능을 담당하며, 갭필러(GFS)와 WINAS는 N-LOS환경에서의 서비스 제공을 위해 사용된다.

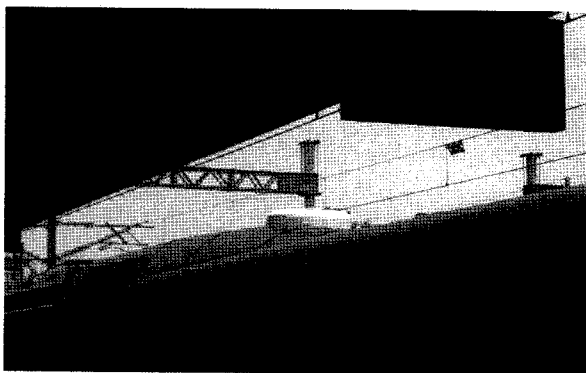
포워드링크 전송기술에는 철도 운행환경에 적응하기 위해 추가적인 C/N마진 확보를 위한 MPE-FEC 기법과 인접채널 간섭완화를 위한 대역확산기법이 적용된다. 또한, LOS구간과 터널구간에서의 신호연계를 위해서 SMT에는 이동형 추적 안테나와 갭필러 장치가 동시에 연결되어, LOS환경에서는 위성신호를 수신하고, 터널진입구간에서 갭필러신호로 데이터 손실없이 천이하는 기능을 수행한다. 역사구간에서는 WLAN이나 Wibro와 같은 지상무선망이 구축되어 있을 가능성이 크기 때문에 역사진출입구간에서는 위성신호와 지상무선망 신호간의 이기종망 간 핸드오버 기능이 요구된다. WINAS에서는 역사 구간에서는 지상무선망을 통해 데이

터 송수신을 수행하고, 위성신호가 포착되면 SMT를 통해 위성망에 접속하도록 한다.



(그림 5) XpeedSAT 시스템 구성도

열차에 탑재되어 운용되는 이동형 추적 안테나는 300Km/h 속도로 이동하는 경우에도 정확하게 위성신호를 추적해야 하며, 터널 및 급전시설 등을 고려하여 열차 상부에 설치되어야 하기 때문에 안테나 크기에 많은 제약이 받게 된다. XpeedSAT 시스템을 위해 개발된 이동형 추적 안테나는 Ku/Ka대역을 동시에 사용할 수 있으며, 고속열차 탑재를 위해 높이를 45cm로 제한하여 개발되었다. (그림 6)은 한국형 고속열차 시험 차량인 G7열차에 탑재하여 현차시험을 수행한 모습이다.



(그림 6) G7에 탑재한 이동형 추적 안테나

XpeedSAT 시스템에서는 위와 같이 LOS환경 및 N-LOS환경에서 예상되는 문제점들에 대한 대처방안을 제공함으로써

써, 열차 운행 전구간에 걸쳐서 끊김없는 인터넷 서비스를 제공할 수 있도록 개발되었다.

2. 국제 표준화 동향

현재까지 많은 위성통신 시스템의 리턴링크 기술로 사용되어 온 DVB-RCS 규격은 2000년 DVB 산하의 TM-RCS에서 제정되었다. 그 후로 수 차례의 개정이 진행되어 왔으며, 2006년 11월부터는 mobility에 대한 고려사항들을 논의하기 위해 RCS+M(Mobile)이라는 이름하에 표준화가 진행되어 왔다. 최근 들어서는 변화하는 다양한 기술 및 시장환경에 적응하기 위한 새로운 형태의 기술규격이 제정되어야 한다는 의견이 제기되면서 2008년 4월 CM-RCS가 결성되어 차세대 리턴링크 기술에 대한 시장성 조사 및 서비스 요구사항을 정의하게 되었다. 2000년 제정된 1차 버전의 DVB-RCS 규격에 대해 현재 진행되고 있는 표준화 규격은 DVB-RCS NG(Next Generation)로 불린다.

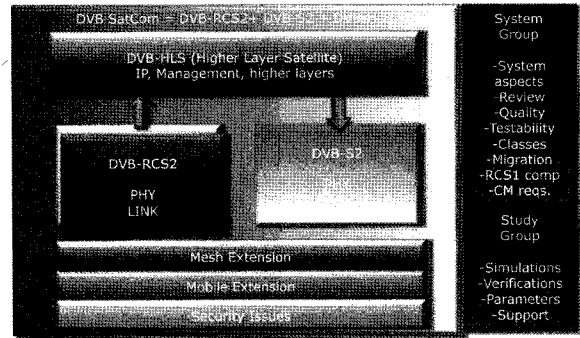
DVB-RCS NG 규격은 양방향 IP기반의 위성통신 기술을 정의하게 되며, 순방향링크 기술로는 DVB-S2규격의 PHY/MAC기술을 사용하는 것으로 규정하고 있으며, 2가지 측면으로 기술적인 진전을 추진하고 있다.

- 1) DVB-RCS(1st Gen)규격의 PHY/MAC 계층 및 IP packet encapsulation 기술을 업그레이드한 차세대 양방향 위성 전송 시스템(DVB-RCS 2nd Gen)규격 정의
- 2) 기존의 DVB-RCS(1st Gen)기술 범위를 확장 하여 일반적으로 사용되는 IP기반의 프로토콜이나 응용분야 등을 공통적으로 지원할 수 있는 규격 정의

CM-RCS에서는 DVB-RCS NG 기술의 가능한 응용분야들을 여러 개의 market segment로 구분하고, 각 market segment 에서 요구되는 서비스 요구사항을 제시하였으며, TM-RCS에서는 이러한 요구사항을 만족하기 위해 2단계의 표준화 진행계획을 수립하였다. 현재는 5월 4일 마감일정으로 하여, fixed star/meshed networks를 대상으로 한 1단계 작업에 대한 기술조사(CFT: Call for Technologies)가 진행되고 있다. DVB-RCS NG 에서는 기존의 DVB-RCS 규격에서 하위의 OSI 계층(PHY/MAC)만을 정의하던 것을 확장하여 전체 OSI 계층에 대한 기술을 정의하기 위해 아래와 같이 기술 조사 분야를 정하고 해당하는 신규 기술에 대한 제안을 접수 중이다.

〈표 1〉 DVB-RCS NG에서의 후보 대상기술 분류

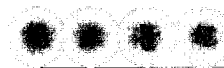
Tech. Area	Aspects	Example of Technology Proposals
Section A		
Physical Layer	Coding	Turbo-Phi, 3D Turbo, LDPC
	Modulation	BPSK, QPSK, 8PSK, M-APSK/M-QAM, CPM, ACM, SRRC with low roll-off factor
	Framing	Pilot symbol insertion, Enhanced Framing
	Advanced Techniques	Co-/Adjacent-channel interference cancellation
Lower Link Layer (MAC)	Access Scheme	Enhanced Random Access Channel integrated with DAMA
		Continuous carrier integrated with DAMA
	IP Encapsulation	GS profile with GSE encapsulation
Transport of Return Link Signalling	Optimized Signalling	
Section B		
Upper Link Layer	Virtual Satellite Networks	MPLS, VLAN (IEEE 802.1Q), VPN
	Differentiated QoS & Bandwidth Management	Request classes, QoS mapping
	Support for TRANSEC	Hooks for TRANSEC
IP and Upper Layers	Header Compression	ROHC
	Performance Enhancing Proxy	TCP acceleration, web caching
	IP QoS Differentiation	Diffserv
	Support for COMSEC	COMSEC and PEP integrated solution
Mgmt and Cntr	FCAPS	Interfaces towards terrestrial broadband networks
		Service management interfaces
		Management protocols
		SW download protocols
		C2P
	Installation Procedures	Plug&Play Tools Terminal configuration



(그림 7) DVB SatCom Work Structure

III. 결 론

본고에서는 고속이동체를 대상으로 한 광대역 이동형 위성통신 서비스에 대한 국내외 연구개발 동향 및 국제 표준화 동향에 대해 기술하였다. 위성통신 분야에서 이동성을 고려한 기술 및 서비스 개발에 대한 요구는 계속해서 증가할 것으로 예상되며, multisport-beam satellite 이나 meshed network 환경에서의 실제적인 운용기술들이 필요할 것으로 논의되고 있다. DVB TM-RCS NG에서는 고효율의 위성전송 기술 뿐만 아니라 기존의 IP기반 서비스를 그대로 수용하기 위한 상위계층 프로토콜에 대한 연구도 함께 진행되기 때문에, 위성망 특성으로 인한 서비스 품질 저하에 대한 현실적인 대처 방안들이 연구될 수 있을 것으로 기대된다.



또한, 효과적인 표준화 진행을 위해 (그림 7)과 같이 TM-RCS내에 System Group과 Study Group을 두어 진행일정에 따른 업무 성격에 따라 이중화된 구조로 진행을 하게 된다.

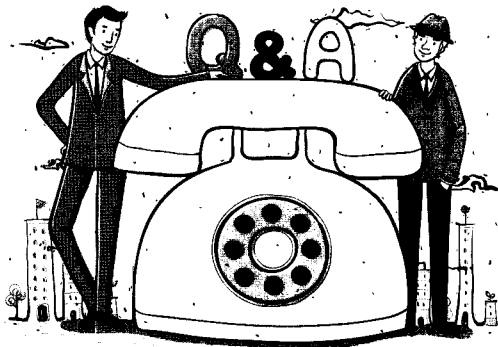
현재까지는 제안된 내용에 대한 검토 및 DVB-RCS NG의 전체 시스템 구조 정의를 병행하고 있는 단계이며, 1차 CfT가 마감이 되면 구체적인 기술적 성능분석이 진행될 예정이다.

[1] ETSI EN 302 307 v1.1.2(2006-06), "Digital Video Broadcasting(DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications".

[2] ETSI EN 301 790 v1.5.1(2009-01), "Digital Video Broadcasting(DVB);Interaction Channel for Satellite

Distribution Systems”.

- [3] G. Matarazzo, et al., “IP ON THE MOVE FOR AIRCRAFT, TRAINS AND BOATS”, *Alcatel Telecommunications Review*, 2006.2Q,
- [4] P. Conforto, R. Mura, L. Secondiani, and S. Scalise, “Multimedia service provision in mobility : the FIFTH solutions for the railroad environment”, *Proc. of 9th Ka and Broadband Communications Conference*, Ischia, Italy, Nov. 2003.
- [5] Fermin Alvarez Lopez, “Broadband on Trains - ESA Initiative”, *4th Train Operators Forum Meeting*, February 2006
- [6] Kevin Choi, “MOWGLY(Mobile Wideband Global Link Systems) - Aeronautical, Train and Maritime High-speed Satellite Services,” *Int'l Workshop and Demonstration of Satellite Internet Systems*, vol.1, pp.44-49, 2005



약 력



신 민 수

1998년 한국항공대학교 학사
 2000년 한국항공대학교 석사
 2000년 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임연구원
 관심분야: 위성통신시스템, 네트워크설계, MAC, 디지털 위성방송



곽 창 수

1996년 연세대학교 공학사
 1998년 한국과학기술원 공학석사
 1998년 ~ 2000년 삼성항공산업 대리
 2000년 ~ 현재 한국전자통신연구원 산업연구원
 관심분야: 구조설계 및 해석, 대형안테나



장 대 익

1985년 한양대학교 학사
 1989년 한양대학교 석사
 1999년 충남대학교 박사
 1990년 ~ 현재 한국전자통신연구원 위성방송융합연구팀 팀장
 1991년 ~ 1993년 캐나다 MPR Telech 연구소 VSAT팀 연구원
 2005년 ~ 현재 과학기술연합대학원대학교(UST) 이동통신 및 디지털방송공학전공 교수
 관심분야: 위성통신시스템, 위성방송, 디지털통신, 디지털 번복조동



엄 인 복

1990년 한양대학교 공학사
 2004년 충남대학교 공학석사
 2007년 충남대학교 공학박사
 1990년 ~ 현재 한국전자통신연구원 팀장, 책임연구원
 관심분야: 위성통신공학, 초고주파 회로, 밀리미터파 통신



이 호 진

1981년: 서울대학교 학사
 1983년: 서울대학교 석사
 1990년: 서울대학교 박사
 1983년 ~ 현재: 한국전자통신연구원 위성무선융합연구부장
 2002년 ~ 현재: 한국통신학회 위성통신연구회 위원장
 <관심분야> DVB-RCS 시스템 기반의 양방향 위성멀티미디어 시스템 개발, 위성무선융합