

DVB 기술을 이용한 위성멀티미디어 서비스

이 갑 수*, 부 기 전*

(*한국통신 위성사업부)

최근들어 고성능 개인용 컴퓨터의 보급과 더불어 인터넷이용이 나날이 확대되고 있는 가운데 새로운 인터넷기반의 응용서비스가 속속 개발되어 일반인에게 소개되고 있다. 인터넷은 PSDN(Public Switched Data Network)을 이용한 텍스트 위주의 콘텐츠의 전송에서부터 최근 각광을 받고 있는 Real Audio/Player와 같은 실시간 멀티미디어 응용서비스에 이르기까지 발전을 거듭해 왔다. 시간이 지남에 따라 다양한 형태의 인터넷 트래픽은 폭발적으로 증가하고 있으며 이와같은 환경변화에 탄력적으로 대처하기 위해 ISDN, CaTV, xDSL, FDDI, ATM, 위성통신, B_VLL, wireless 인터넷 접속기술이 개발보급되고 있다. 최근 인터넷관련 산업의 급속한 성장으로 방송/통신/컴퓨터 영역구분이 애매해지고 광대역 가입자망의 필요성이 날로 증폭되고 있는 가운데 위성통신의 광역, 동보특성은 실시간 비디오/오디오와 같은 광대역 멀티미디어의 대중화실현을 위한 매력적인 통신수단으로써 각광받고 있다. 본고는 위성통신의 고유장점인 광역, 동보특성을 이용한 고속인터넷 시스템기술과 광대역실시간 멀티미디어 시스템기술에 대해 서술한다.

1. 서 론

TCP(Transmission Control Protocol)/IP(Internet Protocol)는 인터넷의 근간이 되는 통신프로토콜로 1970년대 초에 미. 국방성(Department of Defense)의 ARPA(Advanced Research Projects Agency)에서 미국내 연구소, 산업체, 대학교, 국방성에 광범위하게 분포되어 있는 컴퓨터를 연결하는 컴퓨터네트워킹에 대한 연구결과와 이를 상업화하려는 일부 산업체의 노력으로 1981년 RFC 791, RFC 793 등의 표준으로 채택되었다. 또한 1990년대 이후 개인용 컴퓨터의 급속한 보급과 마이크로소프트사의 Windows의 개발 및 이를 기반으로 한 MS Internet Explorer, Netscape와 같은 웹브라우저가 일반사용자의 호응을 얻어 인터넷사용이 급속하게 증가하였다. [1],[2]

초기의 텍스트형태의 저 트래픽이 주를 이루었던 인터넷은 음성, 데이터, 화상, 그래픽, 동영상과 같은 비교적 고 트래픽형태로 발전하고 있으며 네트워크형태도 점대점(Point to

Point)에서 점대다(Point to Multipoint), 다대다(Multipoint to Multipoint)등 다양한 구조로 발전하고 있다. 이용자에게 고속 멀티미디어서비스를 원활하게 제공하기 위해 우선 가입자와 웹소스까지 고속네트워크가 구축되어 있어야 한다. 그러나 기존 전화모뎀을 이용하여 인터넷에 접속하는 경우 수십 Kbps의 전송속도를 얻을 수 밖에 없는 한계에 도달하고 만다. 이와같이 급속한 네트워크 환경변화에 따라 상대적으로 광대역 네트워크구성이 용이하고 브로드캐스트특성을 갖는 위성을 이용한 고속인터넷 액세스망의 필요성이 구체화되었고 미국, 유럽과 일본 등 위성선진국을 중심으로 고속인터넷 시스템개발이 활발하게 진행되고 상용화되어 최근 일반대중에게 널리 보급되고 있다.

본고의 구성은 먼저 인터넷의 근간인 TCP표준이 위성망에서 어떻게 동작하는지를 살펴보고 최근 연구가 활발히 진행되어 상용화되고 있는 TCP/IP확장 프로토콜과 위성을 이용한 인터넷액세스망 구성을 설명하겠다. 다음으로 DVB(Digital Video Broadcasting)기술을 적용한 위성멀티미디어 시스템 기술과 무궁화 3호 Ka밴드 중계기를 이용한 양방향 멀티미디어 서비스모델을 간략히 설명한 후 결론을 맺고자 한다.

2. 위성인터넷 시스템

2.1 확장TCP 프로토콜

TCP프로토콜은 신뢰성 있는 데이터통신을 보장하기 위해 점대점으로 흐름/에러제어를 수행하며 이를 위해 세그먼트 단위로 전송하고, 전송한 세그먼트에 대하여 수신측의 응답신호를 기다린다. 만일 정해진 시간 내 수신측으로부터 응답이 없을 경우 송신측에서는 패킷손실로 간주하고 재전송하게 된다. ARQ(Automatic Repeat reQuest)방식으로 통신하는 표준 TCP상에서 동작하는 응용서비스는 전송지연이 비교적 작은 지상네트워크 기반에서 설계되었으므로 지



상망을 경유하는 경우 문제가 없다. 그러나 위성전송환경 특히 정지궤도 위성은 적도상공 약 36,000Km에 위치하므로 전파지연에 따른 TCP효율의 저하가 불가피하다. 약 500msec의 왕복지연시간을 갖는 위성링크와 같은 전송환경에서 전송효율은 감소되며 트랜스포트 계층의 흐름제어와 에러제어를 위해 사용하는 윈도우크기의 한계로 인해 최대 수백 Kbps 전송속도를 넘지 못한다. 이때 전송효율은

$$\text{전송효율(Throughput)max} = (\text{TCP Window Size})_{\text{max}} / \text{Round Trip Time}$$

으로 정의되며, 표준 TCP 최대 윈도우크기를 64Kbytes로 가정하여 얻을 수 있는 최대 전송효율은 장비의 처리시간을 제외하더라도 1Mbps를 넘을 수가 없다. 위성환경과 같은 긴 지연시간과 광대역특성을 갖는 네트워크를 Long Fat Network(LFN)이라 하는데 LFN기반에서 동작하는 표준 TCP프로토콜은 아래 표와 같이 비효율적이어서 높은 전송효율을 얻기 불가능하다. [3] 따라서 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 최근에 LFN상에서 비효율성을 극복할 수 있는 일련의 새로운 TCP확장 프로토콜을 표준으로 제정하였다.

Table 1. Long Fat Network특성과 확장TCP 프로토콜

Limitations of standard TCP	TCP Extensions
Insufficient window size	Window scale option[RFC 1323]
Inability to provide reliability at high transfer rates due to sequence number wrapping	Protect Against Wrapped Sequence numbers(PAWS)[RFC 1323]
Inaccuracy of the round trip delay estimation	Time stamp option[RFC 2001]
Inefficient packet loss recovery	Selective ACK(SACK)[RFC 2018]

2.1.1 TCP Extension for High Performance (RFC 1323)

기존 TCP헤더의 윈도우크기 필드는 16비트로써 최대 윈도우크기가 64Kbytes에 해당하므로 약 500msec의 왕복지연시간(Round Trip Time)을 갖는 위성환경에서 효율은 지상망에 비해 상대적으로 낮을 수밖에 없다. 따라서 RFC 1323에서는 TCP헤더의 최대 윈도우크기 필드를 32비트로 확장하여 전송효율을 높이는 기법을 사용한다. 참고로 Table 2에서 지상/위성 혼합망의 경우 위성전송지연을 280msecs로 가정하고 윈도우크기와 지상망에서 지연시간을 달리하여 시뮬레이션한 최대 전송율을 나타낸다. [5],[6]

Table 2. TCP Performance for different window size & terrestrial delay (satellite delay: 280 msec, MSS: 1024Bytes, Application: FTP)

Window(KB) Delay(ms)	TCP Throughput(Kbps)				
	720	512	256	128	64
100	8775	8646	5258	2624	1298
200	8764	8305	4171	2089	1037
300	8495	6781	3408	1705	846.4

2.1.2 Selective ACKnowledgement Option (RFC 2018)

기존의 TCP는 연속 ARQ(Automatic Repeat reQuest)방식 중에서 Go-back-N기법을 이용하는데 Go-back-N 방식은 오류 확률이 적을 경우 신뢰성 있는 전송이 가능하다. 그러나 LFN 전송환경에서 세그먼트가 커지면 오류확률도 세그먼트 크기에 비례하므로 패킷손실은 시스템성능에 큰 영향을 미친다. 따라서 세그먼트가 클 경우 Go-back-N 방식보다 오류가 생긴 해당 세그먼트에서 해당되는 데이터그램만 골라 재전송 하는 Selective ARQ 방식이 유리하다.

Table 3. SACK TCP Performance for different Queue size(satellite delay: 280msecs, window size: 720KB, MSS: 1024Bytes, Application: FTP)

Queue size(Packets)		300	600	900	1200
SACK	Throughput(kbps)	3422	4471	4536	8017
	Retransmission(%)	0.15	0.11	0.05	0.0007

2.1.3 Slow Start Option(RFC 2001)

오류확률이 낮은 구간에는 세그먼트 크기를 크게 하여 전송효율을 높이고 오류확률이 상대적으로 높은 구간에서는 오히려 세그먼트 크기를 작게 하는 것이 유리하다. 그러므로 데이터그램을 최초로 전송할 때 전송구간의 상태를 모르기 때문에 세그먼트 크기를 작게 하여 에러가 없으면 점차 세그먼트를 늘려 전송효율을 높이는 기법이다.

2.2 인터넷트래픽 구성

긴 지연시간을 갖는 위성환경 하에서 효율적인 위성인터넷시스템을 실현하기 위해 TCP/UDP 프로토콜상에서 지원하는 응용서비스의 종류와 인터넷 백본상에서 측정된 프로토콜에 따른 트래픽 분포특성을 Table 4에 도시하였다. 그리고 Table 5에서 알 수 있듯이 인터넷 백본 특정노드에서 측정된 트래픽의 60% 이상이 HTTP(HyperText Transfer Protocol), FTP(File Transfer Protocol), News와 같은 TCP 기반 응용프로토콜이다. [4]

Table 4. 인터넷 백본상에서 측정된 트래픽분포

Application Protocol	Packets/s	Flows/s	Flow duration(s)	Packets /Flow
TCP Mbone(IP in IP)	456	0.1	173	2307
TCP Ftp data	2018	2.2	118	525
TCP Telnet	803	4.2	114	114
TCP SNMP(Mail)	802	49.5	18	15
UDP DNS	929	216.6	15	4
TCP HTTP(Web)	6717	73.0	57	74
TCP POP(Mail)	9	0.4	27	21
TCP NNTP(News)	1096	0.7	177	627
UDP SNMP	43	6.1	18	6
TCP X-windows	111	0.2	161	276

TCP기반 주요 응용프로토콜의 트래픽은 이용자의 입장에서 전송하는 데이터와 수신받는 데이터의 비가 상대적으로 큰 차이가 있는 비대칭적인 특성을 갖음을 알 수 있다. 특히, HTTP는 15%, Mail은 6%, FTP의 경우 4%로써 이와 같은 비대칭특성을 고려한 저속 지상링크/고속 위성링크를 이용한 복합네트워크 구성을 함으로써 일반 지상망이 갖는 전송속도의 제한을 극복할 수 있음을 알 수 있다.

Table 5. TCP기반 주요 응용프로토콜의 트래픽특성

Protocol	%(Tx/Rx)	Min. Vol (Kbytes)	% Packets	% Flows	Duration(s)
TCP HTTP	15	20	40.21	17.9	56.5
TCP Mail	6	3	0.05	0.1	27.0
TCP FTP	4	180	12.83	2.3	156.8

3. 무궁화위성 멀티미디어시스템 기술

II장에서 위성환경에서 TCP효율을 높이기 위한 확장 프로토콜에 대해 살펴보았으며 주요 인터넷 응용서비스인 HTTP, FTP, SMTP(Simple Mail Transfer Protocol) 트래픽이 수신받는 데이터에 비해 송신하는 데이터의 양이 매우 작은 비대칭특성을 갖고 있음을 살펴보았다. 이러한 특성으로부터 저속 지상/고속 위성 혼합망을 통하여 전송효율을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다. [8],[9]

국내에서 서비스중인 위성인터넷은 한국통신 위성멀티미디어와 삼성 SDS의 DirecPC가 있다. 이들 시스템은 이용자에게 위성링크를 통해 단방향으로 고속의 인터넷서비스를 제공하며 정보요청은 지상망을 통하여 이루어지는 지상/위성의 비대칭 복합형시스템이다. 본 장에서는 고속인터넷, 다지점영상/오디오, 데이터전송 및 위성방송을 수신할 수 있는 한국통신 위성멀티미디어 시스템기술에 대해 살펴본다.

3.1 MPEG-2/DVB 기술

무궁화위성 멀티미디어시스템은 MPEG-2/DVB 표준을 적용하여 영상물, 오디오, 인터넷데이터, 시스템데이터 등을 단일 스템스트림으로 묶어 광대역 위성링크로 방송함으로써 무궁화위성 빔내 위치하는 전국 어느 곳에서라도 75cm가량의 소형안테나와 위성수신단말기만 있으면 위성인터넷을 포함한 고속멀티미디어서비스를 이용할 수 있게 되었다.

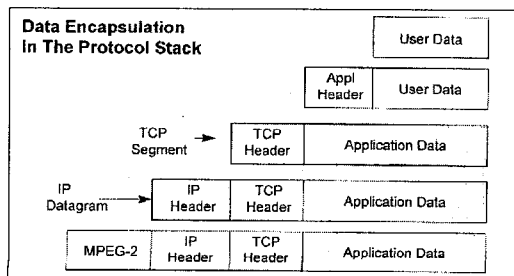


그림 1. IP데이터그램의 MPEG-2 인캡슐화

이는 위성의 고유한 특징인 광역, 동보성을 이용한 것으로 그림 1과 같이 응용데이터에 TCP/IP 헤더를 부가한 IP 데이터그램에 MPEG-2 헤더를 붙이고 트랜스포트 스트림으로 만들어 전송하고 수신측에서 MPEG-2 트랜스포트 스트림을 디캡슐하여 IP/TCP헤더를 벗겨 내고 응용 프로그램 헤더를 제거하여 응용데이터를 얻게 된다. 현재 어떠한 통신매체로도 단시일 내에 광대역 멀티미디어서비스 제공을 위한 전국망 구축은 현실적으로 어렵기 때문에 위성의 광역, 동보성과 DVB(Digital Video Broadcasting)기술을 접목한 위성멀티미디어는 매력적인 해법이라 할 수 있다. [5],[7]

3.2 고속위성인터넷 동작 및 구현

그림 2는 자체기술로 개발한 한국통신 위성멀티미디어 시스템 구성도이다. 긴 전파지연에 따른 전송효율 저하를 막고자 위성프락시(Proxy)서버를 두어 Round Trip Time이 서로 다른 위성구간과 지상구간으로 TCP 세션을 분리하여 전체 링크의 성능을 개선하였고 IETF의 확장 TCP표준 기법중에서 RFC 1323의 윈도우옵션을 적용하여 전송효율을 향상시켰다. 그림 3을 통해 무궁화 위성인터넷 시스템의 동작을 살펴본다. 먼저 사용자가 지상모뎀을 통하여 위성인터넷 접속을 요청하면 터미널서버는 인터넷서비스 가입자인지를 판별하여 맞을 경우 위성인터넷서버(Satellite Internet Server)에 접속하여 위성인터넷가입자인지 판별한다.

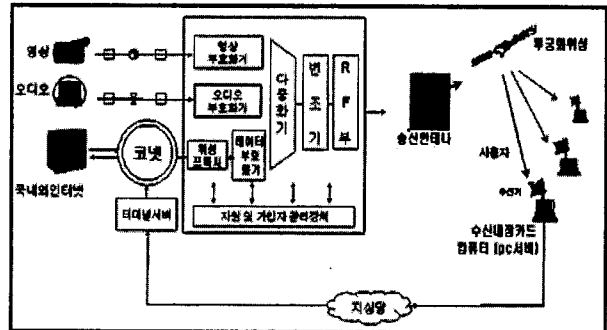


그림 2. 무궁화위성멀티미디어 시스템블럭도

정상 사용자는 가입자인증을 마친 후 위성인터넷 서비스를 위한 연결설정과 동적 IP Address를 할당받는다. 이용자가 요청한 웹정보가 위성프락시에 저장되어 있을 경우 해당정보를 위성멀티미디어 게이트웨이(Satellite Multimedia Gateway)로 전달하고 위성프락시에 저장되지 않은 정보라면 국내,외 인터넷사이트를 검색하여 위성프락시에서 중계받아 동일한 과정으로 위성멀티미디어게이트웨이에 전달한다. 이때 새로이 중계된 웹정보는 프락시서버의 캐시 메모리에 저장되고 이후 다시 검색요청이 있을 경우 인터넷서버에서 직접 위성게이트웨이로 전송된다.

게이트웨이에 전송된 영상, 데이터, 오디오와 같은 멀티미디어데이터와 CAS(Conditional Access System)정보와 같은 시스템데이터를 각각의 MPEG-2 트랜스포트 스트림으로

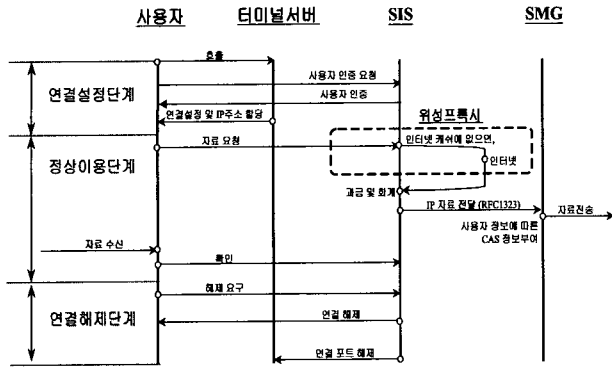


그림 3. 위성인터넷서비스 데이터흐름도

로 변환한 후 ReMultiplex시켜 단일 MPEG-2 트랜스포트 스트림으로 만들어 위성으로 송신한다. 연결설정에서 해제 과정에 대한 데이터 흐름도를 그림 3에 나타냈다.

한편 특정 사용자그룹(Closed User Group)에 속한 가입자 관리를 위하여 RMS(Resource & Subscriber Management System)을 구축하여 이를 DVB(Digital Video Broadcasting)호환방식의 CAS와 연계하여 권한이 부여된 개인 혹은 단체만이 특정 프로그램을 수신할 수 있도록 설계하였다. 수신측에선 요청한 정보를 정상적으로 수신하면 ACK신호를 지상망을 통해 위성인터넷서버에 전송하며 이후에 요청되는 자료 수신과정도 동일하게 이루어진다. 사용자가 인터넷 이용을 종결하고 연결을 해제하고자 할 경우 위성인터넷서버에 연결해제 요청을 하면 이 정보를 수신한 인터넷서버가 연결을 해제한 후 터미널서버와 연결포트를 해제한다.

3.3 위성멀티미디어 수신카드

위성멀티미디어 수신카드는 디지털 위성방송 및 디지털 데이터 등을 위성안테나를 통해 수신할 수 있으며 위성으로부터 수신된 단일 전송스트림의 처리를 위한 신호흐름은 그림 4와 같다.

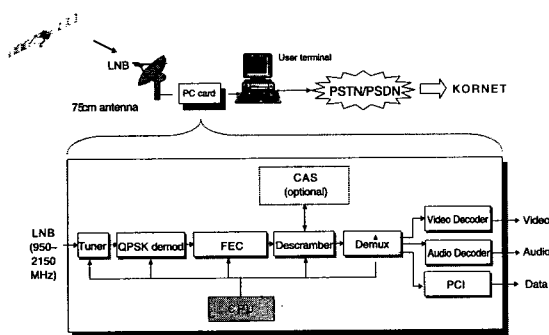


그림 4. 위성 수신데이터 흐름도

우선 안테나로부터 12GHz Ku대역의 수신 RF캐리어를 LNB(Low Noise Block Downconverter)에서 동조시켜 위성수신카드로 전달해 주고 QPSK(Quaternary Phase Shift

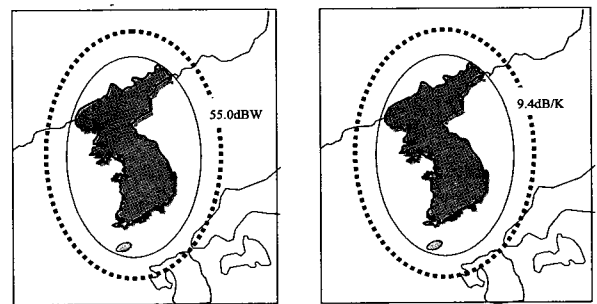
Keying)복조 후 에리정정 과정을 거친다. 다음으로 수신카드의 DVB Descrambler에서 위성게이트웨이의 제한수신 시스템(CAS)장비를 통해 Scramble된 데이터를 수신하여 정상 데이터를 복구해 내고 디멀티플렉서를 거쳐 영상, 오디오, 데이터로 분리해 낸다. 사용자는 가입한 서비스의 종류에 따라 비디오와 오디오 데이터를 정상적으로 복구할 수 있는 권한이 주어진다.

4. Ka밴드 양방향위성멀티미디어 시스템

초기 위성통신은 6/4GHz의 C밴드 대역을 주로 이용하였으나 한정된 궤도와 위성통신 수요의 증가에 따라 Ku밴드 이용이 보편화되었고 1990년대 Ka밴드를 이용한 일련의 거대 위성시스템이 소개되고 있다. 1995년 미국 FCC와 1996년 ITU에 공식 등록신청된 Ka밴드 위성시스템은 정지궤도 296여개, 비정지궤도 995여개에 달하고 있으며 이 중에서 Teledesic, Spaceway, Astrolink 등을 포함한 상당수의 위성시스템이 2000년대 초 개인가입자를 대상으로 글로벌 광대역 멀티미디어 위성서비스를 제공할 예정이다. [10]

Table 6. 무궁화 3호위성 Ka밴드 중계기사항

시스템 파라미터	사 양
중계기 수	운용 3기/예비2기
대역폭	200MHz/중계기(총 600MHz)
사용편파	상향: 우선회 원형편파(RHCP) 하향: 좌선회 원형편파(LHCP)
중계기 EIRP	55.0dBW @EOC
위성 G/T	typical 9.4dB/K @EOC
빔 중심점	128E, 37.75N(강원도 홍천부근)
중계기 포화전력밀도	nominal -86.0dBW/m ² @EOC
사용 주파수	상향: 30.085GHz ~ 30.885GHz 하향: 20.355GHz ~ 21.155GHz



a)무궁화3호 Ka밴드 EIRP패턴 b)무궁화3호 Ka밴드 G/T패턴

그림 5. 무궁화 3호위성 Ka밴드 빔커버리지

현재 한국통신은 Ku밴드 무궁화위성을 이용하여 위성인터넷 상용서비스를 제공하고 있으며 1999년 8월에 발사하는 무궁화 3호위성의 Ka밴드 중계기를 이용한 양방향인터넷, 멀티미디어 등 광대역서비스를 계획하고 있다. 무궁화 3

호 위성시스템은 1, 2호위성의 통신용중계기 용량인 Ku밴드 36MHz 통신용중계기 24기와 27MHz 방송용 중계기 6기를 탑재하며 남북교류확대에 따른 통신수요확대에 신속히 대처하기 위하여 Ka밴드 200MHz 통신용중계기 3기도 탑재된다. 현재 Ka밴드 중계기를 이용한 멀티미디어서비스는 주파수대역에 따른 심한 강우감쇄, 고가의 가입자단말기와 같은 단점도 있다.

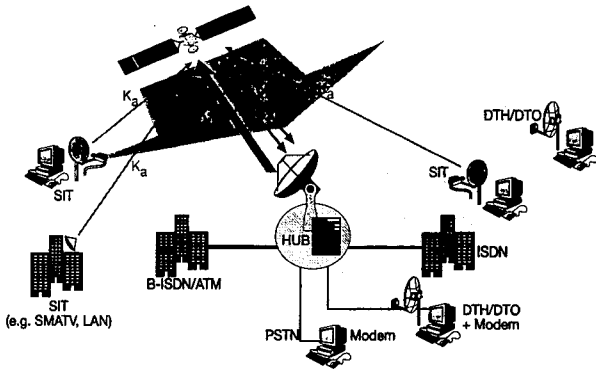


그림 6. Ka/Ku이중밴드 위성망 개념도

그러나 안테나의 소형화가 가능하고 위성원격교육, 초고속인터넷접속, 원격의료와 같이 광대역 멀티미디어정보를 상/하향 모두 위성링크로 전송하는 양방향특성의 광대역멀티미디어서비스 수용에 유리하다. 서비스 초기단계에서 그림 6과 같은 Ka/Ku이중밴드를 이용한 위성망 형태로 양방향 고속멀티미디어서비스를 계획하고 있다.

5. 결 론

초고속망이 전국적으로 구축되면 방송을 포함한 지금까지 알려진 거의 모든 멀티미디어 통신서비스를 제공할 수 있는 기반이 조성된다. 이와 같은 초고속 정보기반구축을 위한 접근방식은 각 나라마다 다르나 대체로 가입자에게 광파이버가 공급된다는 가정에 의한 것이다. 현 시점에서 볼 때 초고속 가입자망 구축을 위한 초기 시설투자 비용이 막대하여 조속한 시일내에 B-ISDN서비스 제공은 어려우며 따라서 단계적인 망진화가 예상된다. 안타깝게도 가까운 장래에 어떠한 단일 통신매체도 전국을 커버할 수 있는 초고속가입자망 구축의 실현성은 희박하므로 다양한 응용서비스 특성에 적합한 PSTN, PSDN, CaTV, Wireless network, 위성링크가 접목되어 저 통신비용, 저 시설구축비용, 고품질 서비스의 실현을 위하여 이중망간 연동이 일반적인 추세이다.

즉, B-ISDN의 최종목표가 물리적인 초고속망의 구축이 아니라 응용서비스 중심의 통합서비스를 실현하는 정보인프라 구축인 점을 상기하면 초창기에 이중네트워크 접목을 통한 효율성 있는 가입자망의 실현성이 매우 높다 할 것이다.

특히 최근 인터넷 산업의 급속한 성장으로 방송/통신/컴퓨터 영역구분이 애매해지고 초고속 가입자망의 필요성이

날로 증대되고 있는 가운데 위성의 고유한 장점인 광역 동보특성을 이용한 초고속 멀티미디어서비스의 대중화는 정보사회로 진입하는데 중요한 역할을 수행하리라 기대한다.

참고문헌

- [1] J. postel et al, "Transmission Control Protocol-protocol specification: RFC 793.", IETF, Sep., 1981.
- [2] V. Jacobson, R. Braden and D. Borman, "TCP Extensions for High Performance: RFC 1323.", IETF, May, 1992.
- [3] T. V. Lakshman and U. Madhow, "The Performance of TCP/IP for networks with high bandwidth delay products and random loss", IEEE/ACM Transactions on networking, June, 1997.
- [4] P. Newman, T. Lyon and G. Minshall, "Flow Switching: To Switch or Not to Switch", NSF Workshop on Internet Statistics, Measurement and Analysis, Feb., 1996.
- [5] Nihal K. G. Samaraweera and Godered Fairhurst, "High speed Internet Access Using Satellite based DVB Networks", 1998.
- [6] M. Allman, C. Hayes, H. Krause and S. Ostermann, "TCP Performance over Satellite Links", 5th ICTS, 1997.
- [7] V. G. Bharadwaj, J. S. Baras and N. P. Butts, "Internet Service via Broadband Satellite Networks", 1998.
- [8] P. J. Brown, "A Global Solution: IP over Satellite", Via Satellite, Oct., 1998.
- [9] M. Allman, "Improving TCP Performance Over Satellite Channels", Ohio University, June, 1997.
- [10] M. Williamson, "Settling New Territory-Ka Band update", Via Satellite, March, 1999.

저 자 소 개



이갑수 (李甲洙)

1967년 5월 8일생. 1993년 충북대 전자공학과 졸업. 1995년 충북대 전자공학과 졸업. 1995년-현재 한국통신 위성사업단 위성기술팀 시스템개발 2부 전임연구원.



부기진 (夫基珍)

1960년 1월 4일생. 1983년 한양대 전자공학과 졸업. 1985년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1993년 한국통신 위성사업단. 1997년 펜실바니아 주립대학 전기과 졸업(공학박). 1997년-현재 한국통신 위성사업단 위성기술팀 시스템개발 2부장.