

# 인터넷 액세스를 위한 고정위성업무의 스펙트럼 및 기술 연구 동향

## Analysis on Technique and Spectrum in Fixed Satellite Service for Internet Access

오대섭(D.S. Oh)

박종민(J.M. Park)

안도섭(D.S. Ahn)

광대역무선전송연구팀 연구원

광대역무선전송연구팀 선임연구원

광대역무선전송연구팀 책임연구원, 팀장

본 문서에서는 WRC-2003 회의에서 결정된 차기 회기동안 연구하여야 할 연구 의제 중 1.19 '글로벌 인터넷 액세스를 위한 고정위성업무의 스펙트럼 연구'에 대해 2004년 4월에 개최된 ITU-R WP4A에서 논의된 사항을 중심으로 위성 인터넷 액세스 서비스의 배경 및 연구 현황에 대해 기술하였다. 고도화되는 무선 통신 환경에서 지역간 국가간 디지털 격차를 해소하기 위하여 광대역 인터넷 액세스를 위한 위성 시스템은 좋은 해결책이 될 수 있다. 또한, 글로벌 환경에서 사용 가능하도록 적절한 주파수 대역을 찾는 일 또한 중요한 이슈가 될 것으로 예상되며, 이에 대하여 계획된 고정위성업무 주파수 대역에 대해 본 서비스의 활용 가능성에 대하여 기술하였다.

## I. 배경

많은 개발도상국가들은 지난 10년 동안 'global online community'의 참여를 위해 통신 인프라의 발전에 많은 노력을 기울여 왔다. 그러나, 이러한 발전에도 불구하고 '디지털 격차(digital divide)' 문제는 여전히 남아 있으며, 이러한 격차를 해결하는 문제는 더욱더 긴급하게 요구되고 있다.

적절한 가격의 위성 단말기를 통한 고속 인터넷 액세스 개념은 개발도상국가의 광대역 접속을 확대시키고, 떨어져 있는 지역이나 산재되어 있는 지역에서의 요구를 만족시킬 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 선진국 내에서도 지리적인 특성으로 인한 일부 지역에서도 중요한 시너지를 가져올 수 있다.

개발 도상국가의 많은 지역은 높은 인구에 비해 낮은 인구 밀도 및 소득, 제한된 지상 통신망을 가지고 있다. 선진국 또한 위와 유사한 사회적·경제적 상황을 가진 지리적인 지역이 존재한다. 유선 통신과 비교하여, 위성통신 기술은 적절한 가격 및 짧은

시간을 통해 모든 개발도상국 및 선진국의 일부 지역에 광대역 인터넷 서비스를 제공할 수 있다. 오늘날 양방향 고속 인터넷 액세스를 위한 향상된 기술을 가진 위성 서비스 계획들은 지상 통신망이 잘 발달된 지역에서 상보적인 관계로 발전할 수 있도록 시장에 초점을 맞추고 있다[1].

한편으로, 디지털 격차 문제는 선진국과 개발도상국간에서만 발생하는 문제가 아니라, 현재 지상 통신의 인프라에 의해 커버되지 못하는 지역의 디지털 격차는 여전히 중요한 이슈가 되고 있다.

무선통신분야의 국제 기구인 세계통신연합 전과분과(ITU-R)에서는 지난 2003년 전과통신 총회에서 '글로벌 광대역 위성 시스템을 위한 사용자 단말기(VSAT)의 기술, 운용 특성 및 스펙트럼 요구사항 분석'을 다루는 Question ITU-R 269/4를 승인하였다. 또한 2003년 개최된 세계전과통신회의(WRC-2003)에서는 아랍 지역 국가들의 제안으로 '글로벌 환경에서의 인터넷 접속을 위한 고정위성업무 주파수 검토'를 차기 WRC-2007 의제로 결정하였다.(의

제 1.19)

본 의제와 관련하여 담당 연구반인 ITU-R WP4A에서는 본 연구와 관련하여 다음과 같은 3가지의 카테고리를 나누어 수행하기로 하였다[2].

1. 세계적인 고속 인터넷 서비스를 위한 스펙트럼 요구사항은 무엇인가?
2. 고속 인터넷 서비스를 위한 단, 중, 장기적 관점에서의 가능한 주파수 분배 대역은 무엇인가?
3. 간단하고 대량생산 가능한 수신기(VSAT)의 기술적, 운용적 특성들은 무엇인가?

본 고에서는 위의 세 가지 질문에 대하여 기술하고 있다.

## II. 스펙트럼 요구사항

현재의 위성 통신 상황으로 볼 때, 운용중이거나 향후 몇 년 내에 운용계획을 가지고 있는 시스템들은 글로벌 광대역 서비스에 대한 요구를 만족시킬 수 있을 것으로 예상된다. 더욱이, 대부분의 위성 운용 사업자들은 이미 고속 인터넷 프로그램을 계획하고 있으며, 이러한 요구를 만족시키기 위해 더욱더 네트워크 구성에 박차를 가하고 있다.

이러한 시스템의 수행에 요구되는 스펙트럼을 예측하기 위한 기초적인 분석은 다음과 같다.

최종 사용자의 실제적인 필요에 최적으로 부합되는 몇몇 서비스가 있는 상황에서, 위성을 통한 광대역 인터넷은 다른 광대역 기술과 같이 적절한 서비스 품질을 제공하기 위한 다양한 지연, 지연 변화량, 지연 손실 레벨을 만족하는 수많은 서비스를 제공한다. 글로벌 광대역 위성 시스템에 의해 제공되는

응용들은 다음과 같은 범주에 속한다.

- 실시간 서비스(real time service)
- 스트리밍 및 웹 서핑에 연관된 비 실시간 서비스
- 이메일, 웹 서비스와 같은 전통적인 인터넷 트래픽

사실상, 시스템 및 기술, 사용자 단말기를 개발하는 사람들을 포함한, 모든 주요 위성사업자 및 제조사들은 특정 고속 인터넷 액세스를 위한 장비를 구입하거나, 구입을 시도하고 있다. 차세대 위성 기술에 대한 투자 또한 구체화 되고 있으며, 예를 들면, DVB-S2(the second generation of DVB 위성 서비스), TIA-1008 또는 regenerative transponder (ETSI RSM-A)와 같은 기술들이 곧 출현하게 된다.

<표 1>은 사업자에 의해 제공되는 초기 서비스 배치에 대한 예이다. 이를 바탕으로 다음과 같은 사항을 예측할 수 있다.

- 주택에서 사용되는 전형적인 서비스는 최대 256kbps 스트림의 비트 속도를 기본으로 한다.
- 주택에서 사용되는 비트 속도의 최소 품질은 32kbps이다.
- 하나의 일반적인 위성 트랜스폰더(33MHz)는 위성의 footprint 내에서 6,000 내지 12,000명의 광대역 사용자(profile 1)를 수용할 수 있다.
- 하나의 일반적인 위성 트랜스폰더(33MHz)는 위성의 footprint 내에서 3,000 내지 6,000의 광대역 사용자(profile 3)를 수용할 수 있다.
- 선진국에서 지상통신기술을 사용하지 않는 광대역 사용자 그룹(이론적으로)을 만족시키기 위해선, 전체 40%의 광대역 이용 가구와 전체 광대역 이용자의 5%가 위성을 이용한다고 가정하

<표 1> 일반적인 상업 서비스

Service Offering		Profile 1	Profile 2	Profile 3	Profile 4
Maximum speed(kbps)	Forward	256	512	1024	2048
	Return	64	128	256	512
Typical speed on return and forward paths (as percentage of maximum speed)		60%	60%	60%	60%
Guaranteed minimum access speed(kbps)	Forward	64	64	128	256
	Return	32	32	64	128

- 면, 국가 내 2%의 가정에 서비스가 요구된다.
- 스페인과 같은 나라의 경우, 위성 광대역 서비스 사용자의 수(전체 광대역 사용자의 5%로 가정)는 252,000 가구로 추정된다.
  - 유럽의 경우, 2005년까지 2,900만 가구 이상의 광대역 서비스가 예측되며, 이 중 730만 가구는 케이블이나 DSL과 같은 지상 통신을 이용하지 않는다. 이 수요에 대한 일부는 현존하는 위성으로 커버할 수 있다.
  - 동일한 현황을 EU 전체에 적용할 경우(25개국), 2004년 5월 현재, 15,700만 가구 중 광대역 위성 인터넷 액세스를 요구하는 가구 수는 314만 가구로 추정된다. 또 다른 예측은 2006년에 450만 가구 이상이 위성 광대역 인터넷 액세스를 필요로 할 것으로 추정된다.
  - 요약해 보면, 실제 광대역 요구를 만족시키기 위해서는 유럽의 경우 523~1046개의 위성 트랜스폰더(33MHz 등가 대역폭)가 필요하다.
  - 이상의 분석은 효율적인 편파 재사용 기술을 사용하여 5개의 궤도위치로부터 서비스를 받는 가정 하에서 1.7GHz 대역에서의 최소 스펙트럼 요구사항을 나타내고 있다. 이런 광대역 접촉에 대한 요구가 증가한다면, 이런 증가를 수용하기 위해, 보다 더 효율적인 스펙트럼 사용 기술이 개발될 것이다. 물론 이러한 요구를 만족하기 위한 많은 시도가 현재 여러 지역에서 이루어지고 있다[3].

### III. 적절한 주파수 대역

초기 글로벌 광대역 위성 시스템의 배치는 이미 개발된 공개되거나, 상용화된 기술과 기존 인프라 용량을 이용해서 수행될 수 있다. 단기간의 경우 광대역 서비스에 대한 요구를 만족시킬 만한 용량을 현재의 위성 사업자들은 가지고 있다. 위성 네트워크는 서비스를 제공하기까지 설계 및 제조에 긴 시간을 요구한다. 그러므로, 추가되는 위성 용량은 처음의 계획 후 몇 년의 시간을 필요로 한다. 이러한

상황으로 인하여 사용자 요구를 만족시키기 위해 필요한 스펙트럼 자원을 예측하는 일은 필수적이다.

일반적으로, 위성 시스템은 배치에 있어 지상 시스템보다 더 많은 시간이 걸린다. 게다가 스펙트럼 사용은 위성시스템에 필요한 큰 투자를 위해 미리 획득되어야 한다. 그리고, 새로운 대역에서 우주 시스템 구축에 필요한 투자를 확보하는 것은 네트워크가 사용될 때 커버 지역 전체에서 이 대역이 이용될 수 있다는 확실함을 요구한다.

FS와 공유하지 않아도 되는 대역을 일부 포함하는 몇 FSS 대역은 WRC-03에서 18~30GHz 대역 내 HDFSS의 사용을 위해 분배되었다. 제 1지역을 예를 들면, 이들 대역은 대략 총 1.5GHz 대역폭을 가진다.

글로벌 광대역 위성 시스템은 어떤 부분에서 다음과 같은 특징을 가지는 고밀도 응용(HDFSS)과 유사한 성질을 가진다.

- 유연하고 빠른 배치
- 주파수 재사용
- 작은 안테나 크기
- 저비용의 단말기

대형 시장에 대한 글로벌 광대역 위성 시스템은 작고, 저비용, 그리고 구축이 쉬운 지구국들을 요구한다. 또한 이러한 타입의 단말기들은 주파수 대역이 다른 서비스, 특별히 타 서비스 역시 고밀도의 분포를 가지는 서비스에 분배되는 경우 조정의 어려움을 예상할 수 있다. 글로벌 광대역 위성 서비스와 HDFSS 서비스가 사용하는 주파수 대역의 일부는 이미 전세계 많은 부분에서 지상 서비스에 의해 사용되고 있다.

글로벌 광대역 위성 응용을 위한 적절한 주파수 대역 분배는 현재 응용의 기술 또는 보다 효율적인 주파수 사용 응용으로 진화될 수 있음을 예측하여, 중/장기적 시나리오를 고려하여야 한다. 우선적으로, 글로벌 광대역 위성 응용에 사용 가능한 HDFSS 응용에 이용할 수 있는 주파수 대역의 분배를 생각할 수 있다. 이것은 이러한 응용의 미래 배치가 현재 사용중인, 그리고 상위 주파수 대역에 집중적인 사

용을 요구한다. 그러나, 이러한 이용의 단/중기적 수행은 전세계적으로 이미 사용하고 있는 위성 용량을 기반으로 한다. 14/11~12GHz 뿐만 아니라 6/4GHz 대역에서 위성 사업자들에 의해 거대한 투자가 이루어져 왔다.

실용적인 관점에서, 단기적 글로벌 광대역 위성 시스템의 수행을 위한 최적의 후보 주파수 대역은 다른 위성통신 응용에 사용되지 않는 이용 가능한 용량에 의존한다. 이런 이용 가능한 용량 내에서 저렴한 사용자 터미널의 배치를 위해 가장 단순한 주파수 세그먼트를 분배할 필요가 있다.

따라서, 다음의 사항을 고려할 필요가 있다.

- 터미널 디자인에 있어 단순함을 목적으로 고려한, 인터넷 위성 응용에 사용 가능한 FSS 주파수 대역의 결정. 이것은 실용적이고 단/중기적 접근을 의미한다. 즉, 6/4GHz와 14/11~12GHz의 광범위한 사용
- 디지털 격차를 해소하기 위한 글로벌 광대역 위성 응용의 저렴한 액세스를 위한 적절한 해결책의 목적을 만족시키기 위해 이미 분배되거나 이용 가능한 HDFSS 주파수 대역의 사용을 장려. 이것은 앞으로의 인프라를 의미한다. 일부 지역에 대해 18~30GHz 대역은 중/장기적 관점에서 해결책이 될 수 있다.
- 장기적인 관점에서, 추가 주파수 분배를 고려할 수 있다.

○ 단/중기적 관점에서의 주파수 대역 연구

위성을 이용한 고속 데이터 레이트를 가지는 인터넷 접속 가능성에 대한 초기 연구는 지금까지 진행되어 왔다. 이 경우, 제안된 주파수대역은 11/14GHz 대역이다.

광대역 인터넷 액세스를 제공하기에 고정위성업무는 다른 위성 통신보다 더 적합하다고 여겨진다. 개별 최종 사용자간 상호 접속에 필요한 요구사항들은 방송위성업무와 같은 위성 응용에 필요한 것들과는 다르다. MSS(이동위성업무) 역시 주로 양방향 통신을 위해 개발되었지만, 이 서비스에 분배된 스펙트럼의 총량은 FSS의 경우보다 상당히 작다. 따

라서 광대역 응용의 요구사항을 만족하기가 쉽지 않다. 앞에서 언급한 '단기간'의 경우는 현재 개발되고 널리 배치된 위성 기술이 사용되고 있는 대역을 사용한다고 가정하면, 현재 시점에서 6~4GHz 및 14~11GHz 대역의 고정위성업무 주파수 대역에서만 가능하다.

만약 개발도상국에서 적절한 가격으로 고속 데이터 접속을 제공하는 것이 목적이라고 하면, 현재의 목표를 위해 4/6GHz 대역의 광범위한 사용은 고려되지 않는다. 왜냐하면 저비용의 터미널은 넓은 빔을 사용하는 위성이 운용되는 이러한 주파수 대역에서 충분한 이득을 가지기 어려운 매우 작은 안테나 사용을 의미하기 때문이다. 게다가, 4/6GHz 대역은 이미 많은 서비스가 제공되고 있으며, spot-beam 위성이 사용되고 있다 하더라도 넓은 빔폭에 대해 작은 안테나 지구국이 인접 FSS 위성과 다른 기존의 업무와 주파수를 공유하기가 어렵다.

유사한 맥락으로, 앞 절에서의 분석은 11/14GHz 대역에 대해서도 역시 적용된다. 다만, 지구국 안테나 크기는 4/6GHz의 경우보다 제약이 덜하다. 왜냐하면 이득은 더 높고, spot-beam 운용이 더 일반화되어 있다. 그러나 4/6GHz 대역과 마찬가지로, 비계획 대역에서의 11/14GHz 대역에는 몇 년 동안 많은 수의 서비스가 사용되어 왔으며 따라서 주파수 공유가 문제가 된다.

광대역 인터넷 접속 요구사항의 범위가 만족되는지 평가하기 위하여 주파수 대역의 케도/스펙트럼 자원이 얼마나 기존의 위성시스템에 의해 사용중인지 또는, 다른 FSS 응용에 곧 사용될 것인지에 대한 정도를 결정하는 것이 요구된다. 이러한 결정에는 상당한 노력이 요구되며, 주파수와 GSO arc 등에 의해 변하기 쉽다. 현재의 그리고 계획된 FSS 주파수 대역의 사용에 대한 몇몇 아이디어는 ITU-R의 전파사무국에서 관리하는 SNS 데이터 베이스에서 찾을 수 있다. 본 고에서는 모든 지역에서 FSS로 분배된 500MHz 대역에 대해 전파사무국에 접수되고 2004년 2월까지 사전 공표된 GSO/FSS 네트워크 filing(파일링)의 수를 <표 2>에 나타내고 있다.

<표 2> FSS 대역에서 주파수 할당의 비교

FSS allocation	Bandwidth	Transmission direction	Main purpose	Number of frequency assignment records
10.7~10.95GHz 11.2~11.45GHz	500MHz	Space-to-earth	RR Appendix 30B FSS allotment plan	377
12.75~13.25GHz	500MHz	Earth-to-space		151
10.95~11.2GHz 11.45~11.7GHz	500MHz	Space-to-earth	General FSS commercial applications	12,369
14.0~14.5GHz	500MHz	Earth-to-space		16,442

<표 2>의 오른쪽 칼럼의 수는 현재 존재하는 시스템 및 조정되고 곧 서비스를 시작하는 시스템뿐만 아니라, 아직 조정중이거나 조정을 시작하지 않은 사전 공표된 시스템을 다 포함한 수이다. 이 표를 통해 다음과 같은 사항을 알 수 있다.

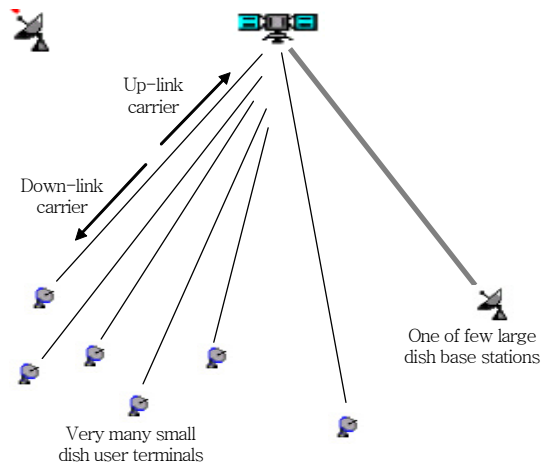
- 11/14GHz 대역의 비계획된 주요 글로벌 FSS 주파수 분배는 현재 계획 대역의 FSS(allotment plan)보다 훨씬 더 많이 사용되고 있다.
- 저비용 터미널 장비를 위해, 위성 및 지구국 기술은 이미 개발되고 사용되었다. 이것은 11/14GHz FSS 분배의 경우이다.

이러한 이유로, 미국을 비롯한 몇몇 나라들은 현재 FSS로 분배된 주파수 대역(계획 또는 비계획 대역)은 글로벌 광대역 응용으로 적합하다는 의견을 가지고 있다. 그러나, 아랍지역을 중심으로 하는 일부 국가들은 계획 대역은 비계획 대역의 어떠한 일차 업무에 대해서도 완전히 보호되어야 함을 주장하며, 계획 대역에서의 인터넷 액세스를 위한 FSS 주파수 분배에 대해 부정적인 의견을 가지고 있다.

#### IV. 사용자 터미널의 기술적 특성

ITU-R WP4A에서는 위성통신 시스템의 효율적인 스펙트럼의 이용 측면에서 연구를 진행하고 있으며, 글로벌 광대역 위성 네트워크와 다른 네트워크 간의 상호 접속에 대한 요구사항, 환경에 관련된 아키텍처 및 기술적 파라미터에 대한 연구는 ITU-R WP4B에서 수행될 것으로 보인다.

그러나, ITU-R WP4A에서는 적절한 링크 파라미터의 개발 역시 중요한 부분임을 인식하고, 위성



(그림 1) 링크 파라미터 계산 시나리오

인터넷 사용자 단말기를 위한 일반적인 링크 파라미터에 대한 초기 연구결과를 다음과 같이 제시하였다.

사용자 지구국이 VSAT를 기반으로 하고 있더라도, 위성을 이용해서 통신하고, 인터넷과 연결되는 지구국은 큰 안테나를 가진다고 가정할 수 있다. 이러한 지구국을 편의상 '관문국(gateway station)'이라고 하고, 이러한 경우의 시나리오는 (그림 1)과 같이 주어진다. 이 경우 사용자 단말기의 업/다운 링크 시 기술적 제약이 최소화 된다. 그리고, 사용자 단말기에 비해 관문국의 수가 적으므로 보다 경제적으로 사용할 수 있다.

일반적인 방법으로, 사용자 단말기의 업링크, 다운링크 전격 budget은 (1)과 같다[4].

$$\begin{aligned}
 (C/N)_{UP} &= P_{ET} + G_{ET} - 20\text{Log}(4\pi d/\lambda_{UP}) \\
 &\quad - M_{UP} + G_{SR} - 10\text{Log}(kT_s B)\text{dB}, \quad (1) \\
 (C/N)_{Down} &= P_{ST} + G_{ST} - 20\text{Log}(4\pi d/\lambda_{Down}) \\
 &\quad - M_{Down} + G_{ER} - 10\text{Log}(kT_e B)\text{dB}
 \end{aligned}$$

C/N은 링크가 불가능하게 되는 반송파 대 잡음

비율이다.

FSS 네트워크의 경우, 복조 및 복호 후 비트에러율(BER)이  $10^{-6}$ 이 되는 값을 C/N으로 종종 간주한다. Rate 3/4 forward error-correction coding을 가지는 QPSK 변조를 가정할 경우, 일반적인 복호기의 출력은 위의 BER 값에 대해 C/N은 약 8.5dB 값을 가진다.

'Transparent' 트랜스폰더의 경우 위성과 관문국 간의 링크에 의한 약간의 감소(약 0.5dB)를 허용할 필요가 있으며, 따라서 (1)의  $(C/N)_{UP}$ 과  $(C/N)_{Down}$  값은 최소 9.0dB가 되어야 한다. 만일 위성이 on-board processing 타입일 경우 이러한 허용은 필요하지 않으나, 현재의 계산은 약간 엄격하게 적용되고 있다. 마지막으로 가정된 주파수 재사용으로 인한  $C/I=16.5dB$ 를 적용하기 위해  $(C/N)_{UP}$ 과  $(C/N)_{Down}$ 의 값은 (2)와 같이 구해진다.

$$-10\text{Log}[10^{-0.1(9)} - 10^{-0.1(16.5)}] = 9.85\text{dB} \quad (2)$$

$P_{ET}$ 는 사용자 단말기로 공급되는 전력으로, 캐리어 대역폭 내에서 dBW로 표시된다. 주요 전력을 이용할 수 없는 곳에서 동작하는 사용자 단말기의 운용을 위해 적절한  $P_{ET}$  값이 필요하다(아래 참조).

$G_{ET}$ 는 사용자 단말기 안테나의 주빔 송신 이득이며 단위는 dBi로 나타낸다. 65%의 효율을 가진다고 하면, 이득은 (3)과 같이 계산된다.

$$G = 18.53 + 20\text{Log}(\text{안테나 직경(m)} - \text{주파수 대역(GHz)}) \quad (3)$$

일반적으로 밀집된 FSS 주파수 대역에서의 지구국 안테나의 최소 크기는 90cm를 사용한다. 위성 인터넷 응용을 위한 적절한 안테나 크기는 추가적인 연구가 필요하다.

현재 본 분석을 위해, 60cm급의 안테나를 지구국에 사용한다고 하면 (3)을 이용한  $G_{ET}$ 는 (4)와 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} &36.2\text{dBi at } 12.75\text{GHz}, \\ &37.0\text{dBi at } 14\text{GHz} \end{aligned} \quad (4)$$

d는 위성과 사용자 단말기간 최대 경로 거리를 의미하며 m으로 나타낸다. 이것은 최소 운용 양각

(e)에 좌우되며 따라서 (5)와 같이 주어진다.

$$40583714\text{m}(11/14\text{GHz}, e = 10^\circ) \quad (5)$$

$\lambda$ 는 최소파장(m)을 의미한다. 본 분석에서는 0.0262(11.45GHz), 0.0256(11.7GHz), 0.0226(13.25GHz) 및 0.0207(14.5GHz)가 된다.

M은 강우 감쇄로 인한 단기간 성능 저하에 필요한 마진 값을 의미하며 dB로 표시한다. 기존 분석 값에 따르면, 대부분 기후의 최소 99%에 대한 성능 저하에 대해 (6)의 값이면 충분한 경로 간주되고 있다.

$$M_{UP} = 4.5\text{dB} \quad M_{Down} = 3.5\text{dB} \quad (6)$$

$G_{SR}$ 과  $G_{ST}$ 는 사용자 단말기 송수신 방향에 대한 각각의 위성 송수신 빔 이득값(dBi)이다. 여기서는 (7)과 같이 정의한다.

$$G_{SR} = G_{ST} = 39\text{dBi} \quad (7)$$

$T_S$ 는 상향링크 잡음온도이다. 위성 수신기의 잡음 지수는 높은 주파수에 대해 높게 나오는 경향이 있다. 외부 간섭에 대한 영향을 고려하여, 일반적인 값은 (8)과 같다.

$$T_S = 800\text{K} \quad (8)$$

$T_E$ 는 하향링크 잡음온도이다. 이것 역시 주파수에 따라 증가하는 경향이 있으며, 위에서 주어진 최소 양각에서의 일반적인 값은 (9)와 같다.

$$T_E = 200\text{K} \quad (9)$$

B는 캐리어 대역폭이다. 현재, 512kb/s의 인터넷 접속을 '광대역' 이라고 일반적으로 말할 수 있다. 그러나, 가까운 미래에 이보다 더 빠른 속도의 서비스가 일반화 될 것은 쉽게 예측할 수 있다. 그러므로, 2Mb/s의 사용자 속도를 본 분석의 목적으로 가정한다. 지금까지 인터넷 액세스는 사용자로부터 적은 양의 데이터를 사용하거나, 상대적으로 많은 수의 사용자를 포함하려는 경향이 있어 왔다. 그러나 앞으로는 높은 데이터 속도를 원하는 사용자들이 늘어날 것이다. 따라서, 본 분석에서는 각 방향으로 2Mb/s를 지원하는 캐리어를 기반으로 하고 있다. 3/4rate FEC를 가진 QPSK 변조의 가정을 위해,

1/2 cosine roll-off filtering과 10% inter-carrier 보호대역을 허용할 경우 적절한 값 B는 1.6MHz가 된다.

K는 볼츠만 상수로 (10)과 같다.

$$10\text{Log}(k) = -228.6\text{dB}[W/(K\cdot\text{Hz})] \quad (10)$$

(9), (10)에 대해 정의된 값들을 대입하여 구하면  $P_{ET}$  와  $P_{ST}$  값을 구할 수 있다. 계산된 이 값들은 M dB의 페이딩이 존재하는 다른 한 끝단에서  $10^{-6}$ 의 BER에 대응되는 링크의 한 끝단에서의 입력 전력이다. 이것은 non-faded 조건에서 이용가능 임계값으로 볼 수 있다. 즉, 대부분의 경우 BER 성능은  $10^{-9}$  보다 더 좋아야 한다. 동일한 조건에서 BER이  $10^{-9}$ 일 경우, BER이  $10^{-6}$ 일 경우보다 C/N 값이 2.5dB 더 높아야 한다. 위에서 주어진 M의 값이 2.5dB를 초과하므로, 대부분의 시간에서 계산된  $P_{ET}$ 와  $P_{ST}$ 의 값이 지속적으로 유지된다면 송신 양 방향의 BER은  $10^{-9}$  보다 상당히 좋을 것으로 여겨진다. 그러나, 만일 상향링크 전력 제어가 수행된다면 위와는 다른 결론이 발생한다. 따라서, un-faded 조건에서 최소 송신 전력은  $(P_{ET} - M_{UP} + 2.5)\text{dB}$  보다 커야 한다는 사실은 중요하다.

Up-link:

$$P_{ET} = 8.3\text{dBW}(6.8\text{watts}),$$

$$P_{ET} - M_{UP} + 2.5 = 6.3\text{dBW}(4.3\text{watts});$$

Down-link:

$$P_{ST} = 7.3\text{dBW}(5.4\text{watts}); \quad (11)$$

## V. 결론

본 문에서는 저비용 위성 단말기를 이용하여 고

속 인터넷 위성 서비스를 제공하기 위한 시작점에서 고려하여야 할 부분들을 살펴 보았다.

WRC-2003 이후 초기 연구 단계여서 보다 세부적인, 그리고 시스템 특성에 대한 연구가 이루어지지 않은 단계이지만, 인터넷 액세스를 위한 위성 통신이 디지털 격차문제를 최소화하는 데에 확실히 기여할 수 있다고 여겨진다. 위성 기반의 시스템은 유비쿼터스 광대역 인터넷 액세스를 촉진하는 데에 뛰어난 메커니즘을 가지고 있다고 말할 수 있다.

그러나, 글로벌 인터넷 액세스를 위한 위성 서비스의 주파수 분배는 국내 주파수 분배 문제와 직결되는 사항으로, 국내 주파수 분배 계획에 대한 분석을 통해 향후 글로벌 인터넷 액세스 위성 시스템의 연구에 동참하여 국내 주파수 자원 보호 및 신규 위성 서비스 도입에 대한 보다 활발한 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] ITU, <http://www.itu.int>
- [2] ITU-R, WP4A DOC. 4A/TEMP/29, "Global Broadband Systems for Internet Applications Elements for the Chairman's Report," 2004.
- [3] ITU-R WP4A DOC. 4A/41, "Development of an ITU-R Recommendation on Spectrum Requirements and Technical and Operational Characteristics of User Terminals for Global Broadband Satellite Systems," 2004.
- [4] ITU-R WP4A DOC. 4A/37, "Global Broadband Internet Access Using USATS in FSS Bands at 11/14 GHz," 2004.