

우리별 1/2호 위성의 축적 및 전송 탑재물

이 영 로

충남 산업대학교 전자계산과

정 태 진 · 이 서 립 · 성 단 근

한국과학기술원 인공위성연구센터

STORED-AND-FORWARD PACKET COMMUNICATION PAYLOAD OF KITSAT 1/2 MICROSATELLITES

Young-Ro Lee

Department of Computer Science, Chungnam Sanup University

Tae-Jin Chung, Seo-Rim Lee and Dan Keun Sung

Satellite Technology Research Center, KAIST

(Received March 20, 1996; Accepted May 4, 1996)

요 약

본 논문은 우리별 1, 2호 위성에 탑재된 축적 및 전송 시스템의 구조와 프로토콜을 기술하며 위성을 이용한 서비스의 품질인 login 성공율과 거절율, 우리별 위성의 최대 정보 전송율(throughput), 그리고 지상 사용자들의 평균 채널시간에 대하여 분석한다.

ABSTRACT

In this paper, we describe the architecture and protocol of stored-and-forward packet communication payload of KITSAT 1/2 microsattellites and then analyze this payload in terms of the probabilities of login success and login refusal, and maximum throughput as quality of service parameters.

1. 서 론

오늘날 인류 사회는 정보화 사회라고 할만큼 정보교환과 처리는 중요한 문제가 되었으며, 이런 정보를 먼 곳에 신속하고 자유롭게 교환할 수 있도록 하기 위해 여러가지 방법들이 등장하고 있다. 인공위성의 응용은 컴퓨터와 통신기술의 발달로 인하여 고도화되고 기능이 다양해

저서 여러 면에서 인류의 생활을 편리하게 만들어 주고 있다. 70-80년대의 위성기술의 상업적인 이용은 주로 정지궤도를 이용한 통신위성이 중심이 되었지만, 현재는 여러가지 다양한 서비스를 제공하기 위해 비정지궤도를 이용하기도 한다(박찬왕 등 1992).

우주기술은 여러 분야의 첨단기술들이 모여진 큰 규모의 시스템이기 때문에 과거 수십년간 미국과 구 소련과 같은 선진 강대국들에 의해 독점되었고, 또 선진국의 힘을 과시하는 상징과 국가기술의 척도가 되었으므로 프랑스, 일본, 중국 등의 국가들도 자체적으로 위성체를 제작, 발사할 수 있는 기술을 확보하고 있으며, 그 밖의 여러 나라들이 위성사업을 위해 많은 노력을 하고 있다. 현재 우리나라는 우리별 1, 2호 제작과 운용, 과학로켓의 발사 및 무궁화 위성의 발사와 더불어 차기 위성의 설계와 제작에 많은 투자와 연구를 계속하고 있다(박찬왕 등 1992, 박찬왕 등 1994).

위성의 궤도는 크게 정지궤도와 비정지궤도로 구별되고 있으며, 위성의 궤도는 위성의 고도와 밀접한 관계가 있다. 정지궤도 위성은 우리나라의 무궁화 위성과 같이 적도에서 동경 127.5°의 상공에 떠서 지구의 자전속도와 똑같이 지구를 돌고 있으면서 우리나라를 통신지역으로 할당하여 언제나 통신 서비스를 해주고 있다. 그러나 비정지궤도 위성은 정지궤도 위성과는 다르게 주위를 순회하면서 지구 전체를 관찰할 수 있는 차이를 가지고 있다.

인공위성은 목적과 용도가 다양해서 여러가지로 분류될 수 있지만 일반적으로 통신, 과학 탐사, 항해 및 위치정보, 기상 그리고 데이터 전송 서비스로 구분된다. 인공위성은 이렇게 사용목적에 따라 분류되지만 인공위성의 임무를 수행하기 위해서는 위성의 고도와 위성의 궤도가 중요한 역할을 한다. 오늘날 위성을 이용한 통신 서비스는 주로 정지궤도를 이용하고 있지만, 위성의 궤도가 높고, 비용이 많이 드는 단점에 비해서 우리별 위성과 같이 위성의 고도가 낮은 소형위성을 이용하면 전파 지연이 작고, 통신 장비가 간단하여 이동성이 좋으며, 비용도 절감할 수 있다. 그러나 이런 소형위성들은 정지궤도 위성과 같이 일정한 지역에 언제나 머물러 있지않고 지구를 순회한다는 단점을 가지고 있다. 그래서 위성 선진국들은 계속적으로 이런 단점을 보완하기 위해 지구상공에 여러개의 위성을 발사하고 위성군을 구성하여 관리하면 충분히 해결이 된다고 계획하고, 이리디움, 글로벌 스타 등과 같은 위성군을 이용한 거대한 통신 시스템 프로젝트를 수행하고 있다. 우리나라는 92년 8월 우리별 1호, 93년 9월 우리별 2호의 성공적인 발사를 계기로 위성사업에 많은 관심을 가지게 되었으며, 그 후에 지속적인 연구로 95, 96년 무궁화 위성을 발사하는 결과를 낳았다. 우리별 위성은 현재까지 위성의 고유임무를 잘 수행하고 있으며, 우리별 위성의 실험 결과는 차세대 위성의 연구에 많은 진보를 가져다 줄 것으로 기대된다.

본 연구는 우리별 위성의 축적 및 전송 탑재물에 대한 연구로서 2장에서는 우리별 위성의 통신시스템을 알아보고, 3장에서는 축적 및 전송 탑재물로서 AX.25 프로토콜과 PACSAT 프로토콜 구조와 기능을 알아보고, 4장에서는 이 통신 탑재물이 우리별 위성에서 임무를 수행한 결과를 분석하고, 5장에 결론을 둔다.

2. 우리별 1, 2호 위성의 통신시스템

우리별 1호, 2호 위성은 극궤도 위성으로서 위성의 고도가 각각 약 1,300km, 820km이다. 이 위성들은 주회위성이기 때문에 우리나라 상공을 하루에 약 12-14회 정도 통과하고 지상국들과 통신접속시간은 약 12분에서 20분 정도이다. 우리별 위성의 통신시스템은 2개의 송신채널과 3개의 수신채널, 출력주파수 435MHz와 입력 주파수 145MHz, 변조방식으로는 FSK와 AFSK방식을 사용하며, 전송속도는 9,600bps와 1,200bps를 사용하고 있다(박찬왕 등 1992, 박찬왕 등 1994).

우리별 위성에 탑재된 패킷 통신 탑재물의 주요 기능은 크게 두가지로 구분되며, 첫번째는 지상의 사용자들이 이 위성을 중계기로 하여 전 지구의 다른 사용자들과 축적 및 전송방식으로 메시지를 주고 받을 수 있는 서비스를 제공하고, 둘째는 위성이 우주로 순회하면서 위성의 탑재물들이 생성한 실험 결과를 위성에 축적하였다가 지상의 명령국에 전송해주는 서비스를 제공한다. 그리고 위성국과 지상국간의 통신 프로토콜은 그림 1과 같은 구조를 이루고 있으며(이영로 등 1993), 통신 서비스로는 위성이 주회위성이기 때문에 지구의 특정한 위치에 계속 위치해있지 못하므로 실시간 전송 서비스는 제공하기 어렵고, 지상에서 사용되는 전자우편 또는 전자 게시판과 같은 축적 및 전송 방식의 메시지 전송 서비스를 제공하고 있다.

우리별 위성의 패킷 통신 탑재물은 위성의 패킷 통신 실험장치(PCE: packet communication experiment)에 탑재되었으며, 이 장치 구조는 우리별 위성에서 중요한 탑재물로서 프로그램을 저장하기 위한 RAM과 메시지 저장을 위한 RAM 디스크를 가지고 있다. 그리고 온보드 데이터 처리 시스템 망을 통하여 다른 모듈들과 연결되어 있다(박찬왕 등 1992). 패킷 통신 실험장치는 크게 두 모듈로 구분되는데, 하나는 CPU, 프로그램 기억장소 그리고 주변장치와, 다른 하나는 램디스크로 구분된다. 이 장치의 80C186 CPU는 클럭 생성기, 인터럽트 제어기, DMA 제어기, 타이머 기능을 제공하고 있으며, 9,600bps의 패킷 통신 서비스를 지원하기도 한다. 그리고 운영체제로서 qCF는 패킷 통신 실험장치의 커널 소프트웨어로서 실시간 다중 태스킹 커널과 타임 슬라이스 스케줄러, 입출력장치를 중심으로 한 DMA(direct memory access)를 지원한다.

3. 축적 및 전송 탑재물

3.1 축적 및 전송 프로토콜

우리별 1, 2호의 축적 및 전송 프로토콜은 물리층과 링크층을 담당하는 AX.25 프로토콜과 응용층인 PACSAT 프로토콜로 되어있다(Eric 1988, Herald & Jeff 1990). AX.25 프로토콜은 CCITT X.25 레벨 2 LAPB 프로토콜을 약간 변형시킨 형태를 가지고 있다. 이 프로토콜은 1982년 미국의 아마추어 무선 연구개발회사에서 제안되었으며, CCITT X.25 권고안을 기본으로 하여 많은

수의 아마추어 무선국들이 동시에 사용할 수 있도록 프로토콜의 주소부분을 개량하였다. 이후 많은 연구기관들과 회사들은 이 프로토콜을 실제로 사용할 수 있도록 TNC에 내장하여 지상의 아마추어망에서 사용되도록 하였다. 그리고 우리별 위성과 같은 아마추어 위성을 중계기로 이용하여 지상의 많은 아마추어 사용자들에게 메시지를 전송할 수 있도록 AX.25 프로토콜을 위성의 물리층과 링크층으로 사용하고 있다. PACSAT 프로토콜은 메시지 전송 서비스를 위한 프로토콜로서 지상의 아마추어 사용자들에게 위성을 이용하여 전자계시판과 같은 위성 서비스를 제공하는 프로토콜로서 우리별 위성의 응용층에 탑재되어 사용되고 있다.

3.2 AX.25 프로토콜

3.2.1 개요

AX.25 프로토콜은 1982년 AMSAT 회의와 함께 열린 특별모임에서 아마추어 표준 프로토콜로 정의 되었다. 그 후, 이 프로토콜을 구현하고 시험하면서 새로운 제안이 나오게 되어 AX.25 버전 2.0 프로토콜의 규격이 만들어 졌다. 이 프로토콜은 링크층과 중계기능을 할 수 있는 작은 네트워크층을 가지고 있으며, 확장된 주소부와 비번호 정보 프레임을 제외하고는 주로 CCITT X.25 권고안을 따르고 있다(Terry 1984). 또한 다중링크 사용과 한개의 공유채널상에서 주소부의 구별은 CCITT 권고안 Q.921을 따르고 있고, 반이중 또는 전이중 방식의 아마추어 무선 환경에서 수행되고 있다. 이 프로토콜은 두 아마추어 패킷 무선국 간에 직접 연결되며, 하나의 장치에서 한개 이상의 링크층 설정이 가능하다. 대부분의 링크층 프로토콜은 하나의 국이 DCE인 주(master)국이고 다른 하나는 DTE라 불리는 부(slave)국간에 사용되는데, 이런 불균형을 가진 형태는 무선을 공유하는 아마추어 무선 환경에서는 적합하지 않다. 그래서

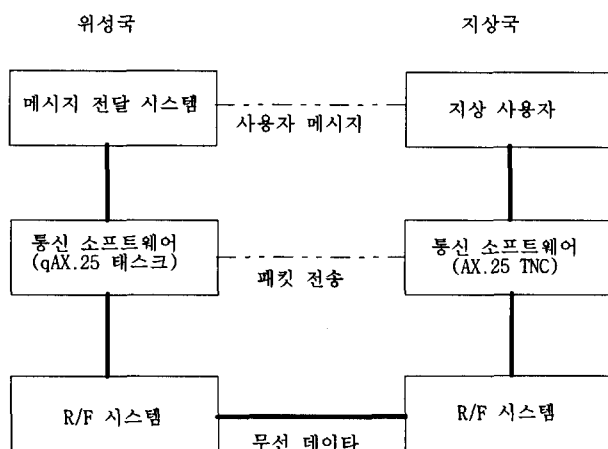


그림 1. 위성국과 지상국의 통신 프로토콜 구조.

AX.25는 양 국이 똑같은 등급으로 링크가 설정된다. AX.25 프로토콜은 유선계의 컴퓨터 통신용의 링크층에 다음과 같은 사항을 변경 확장한 프로토콜이다.

- 아마추어의 콜사인을 주소부로 사용.
- 디지피터라는 간단한 중계기를 사용.
- 링크 설정시에 타국의 연결 요구가 있을 때, 자신의 연결 상태를 알림.

3.2.2 프레임 구조

AX.25 패킷 무선 링크층은 양 국이 조그만 크기의 데이터인 프레임 단위를 전송하며, 각 프레임은 여러 개의 필드로 구성되어 있다. 그림 2는 3가지 프레임 종류를 나타내고 있다. 각 필드는 옥테트(바이트)의 정수배로 구성되며, 필드는 플래그 필드, 주소 필드, 제어 필드, protocol identification(PID) 필드, 정보 필드, CRC 필드로 되어 있다.

플래그 필드는 한개의 옥테트로 되어있으며, 각 프레임의 시작과 끝을 나타내고 있다. 플래그는 연속적인 6개의 '1'과 두개의 '0'를 가지고 있으며, 프레임 내부에서는 이런 형태의 플래그가 나타나지 않도록 비트 삽입과 삭제가 일어나서 플래그와 프레임 내부의 정보를 구별해 준다. 주소 필드는 프레임의 발신지와 착신지를 명시하는 곳이고, 패킷 무선 링크층의 리피터 운영을 위해 중계기 주소가 첨가되기도 하며, 또 명령과 응답을 표시하는 부분이 들어있다. 제어 필드는 프레임의 종류를 나타내고 있으며, 제어 프레임들은 양 국간에 정보를 전달하기 위해서 링크를 제어하고 관리한다. PID 필드는 정보 프레임에서만 존재하며, 이 필드는 계층 3의 종류를 나타내고 있다. 정보 필드는 양 국간에 실질적인 데이터 정보를 나르는 프레임으로 사용되며, 정보 프레임의 종류는 정보 프레임(I), 비번호 정보 프레임(UI) 그리고 프레임 거절 프레임(FRMR)으로 되어있다. 정보 필드의 크기는 최대 256옥테트이며, 플래그 필드와 구별하기 위해서 '0'를 삽입하고 삭제가 일어날 수 있다. CRC 필드는 프레임의 에러를 발견하기 위해

플래그 01111110	착신주소 / 발신주소 112/560 비트	제어 8비트	CRC 16비트	플래그 01111110
-----------------	---------------------------	-----------	-------------	-----------------

a) 비번호와 감시 프레임 구조.

플래그 01111110	착신주소 / 발신주소 112/560 비트	제어 8비트	PID 8비트	정보 n*8비트	CRC 16비트	플래그 01111110
-----------------	---------------------------	-----------	------------	-------------	-------------	-----------------

b) 정보 프레임 구조.

그림 2. 프레임 구조 및 종류.

해 송수신 양쪽에서 계산하며, ISO 3309(HDLC) 권고안에 따른다.

3.2.3 프레임 종류

(1) 정보 프레임: 이 프레임은 양 국간의 실제적인 데이터를 실어서 전송하는 것으로서, 상위 계층의 프로토콜 데이터 단위를 받아서 정보 프레임에 실어서 물리층을 통하여 데이터를 전송한다. 정보 프레임에는 양 국이 서로 링크를 설정하고 정보를 보내는 정보 프레임(I)과 정보전송 중에 에러가 발생하여 에러의 상태 정보를 상대국에 전달해주는 프레임 거절 프레임이 있고, 양 국이 서로 링크를 설정하지 않고 즉시 짧은 정보만을 실어서 보낼 수 있는 비번호 정보(UI) 프레임이 있다.

(2) 감시 프레임: 정보 전송 과정은 양 국이 링크를 설정하고 실제 정보를 주고 받는 과정으로서, 양 국은 링크 채널의 상태를 잘 감시해야 한다. 그리고 양 국은 실제 데이터 정보가 아닌 채널의 감시 상태 정보를 이 프레임에 실어서 서로 전송하면서 링크 채널을 잘 유지하게 된다. 감시 프레임에는 사용자 국의 수신 가능 상태(RR), 수신 불가능 상태(RNR), 정보 데이터의 분실(REJ), 그리고 정보 데이터의 올바른 순서화를 위해 사용된다.

(3) 비번호 프레임: 정보를 전송하고자 하는 국과 수신국이 서로 정보 전송을 위해서는 먼저 링크를 설정해야 하며, 양 국은 이 프레임을 사용하여 링크를 설정한다. 이 프레임에는 링크설정 요구 프레임(SABM)과 이에 대한 상대국의 응답 프레임(찬성: UA, 거절: DM), 링크설정이 이루어지고 정보전송이 완료되면 양 국은 링크를 해제하는 링크해제(DISC) 프레임이 있다.

3.2.4 순서번호와 슬라이딩 윈도우

정보전송과정에서 양 국은 많은 데이터 정보 프레임을 연속적으로 보내게 된다. 이때 양 국간에 데이터를 에러없이 전송하려면, 송신국은 보낼 정보 데이터에 순서번호를 첨가하여 수신국에 보내면 수신국은 이 번호에 의해서 데이터를 재정돈하게 된다. 이런 정보전송과정에서 송신되는 데이터가 물리적인 영향으로 분실되거나 깨지는 경우가 발생한다. 그러면 송수신국은 서로가 정보데이터의 순서번호를 인식하여 데이터를 재정돈할 수 있다. 송수신국간의 연속적으로 송신되는 정보프레임 수는 프로토콜의 슬라이딩 윈도우 크기에 따라 결정되는데 AX.25 윈도우 프로토콜은 Go-Back-N 방식을 사용한 슬라이딩 윈도우 프로토콜로서 윈도우 크기가 8로 되어있고 최대 8개까지 보낼 수 있지만 프로토콜의 데이터 전송 성능에 따라 최대 전송 프레임 수를 조절할 수 있다.

3.2.5 타이머

통신 프로토콜에서 타이머는 양 국간의 통신 채널을 관리하는데 중요한 파라미터이다. 이것은 송신국과 수신국이 서로 응답할 수 없는 에러에 빠지거나 아니면 처리 시간이 지연되어 양 국이 많은 정보 데이터를 전송하는데 효율이 떨어뜨리기도 한다. 타이머의 종류는 명령과 응답시간에 대한 타이머와 정보전송 중에 채널의 상태유지 타이머로 구분된다.

3.2.6 전송절차

3.2.6.1 연결모드

(1) 링크설정: 정보 전송을 하려는 국은 링크층에 링크연결을 요구하면 링크층 실체는 이에 대응하는 프레임을 생성하여 상대국의 링크층에게 비번호 연결요구 프레임을 송신한다. 상대국 링크층은 링크설정 요구 프레임을 수신하여 자신의 상위 계층에게 연결 지시를 알려주고 자신은 연결대기 상태에 있다가 상위 계층으로부터 연결요구의 결과를 내려 받고 나서 자신의 링크층 상태머신을 진행시킨다. 만일 연결요구가 허락되면 링크층 실체는 연결 설정 허락 프레임을 생성하여 연결요구국에게 응답으로 송신한다. 요구국은 연결허락의 프레임을 수신하고 나서 자신의 상태머신을 정보전송 상태인 완전 연결상태로 넘어간다. 그리고 상위 계층에게 연결확인 메시지를 올려준다.

(2) 해제: 정보전송이 끝나면 링크를 해제하기 위해 연결해제 프레임을 상대국에 송신하고 나서 상대국으로부터 응답 프레임을 기다린 후, 응답을 수신하면 자신의 상태머신을 진행시킨다.

(3) 정보전송: 링크가 설정되면 이 프로토콜은 상위 계층으로부터 실제적인 정보 데이터를 내려 받고서 자신의 상태머신을 운용하면서 정보 데이터 프레임을 생성하여 윈도우 프로토콜에 의해서 정보를 전송한다. 이 상태에서는 정보가 전송되는 지연시간을 고려한 응답시간을 체크한다. 만일 타임아웃이 일어나면 타임아웃 회복상태로 넘어가고 상대로부터 RR, RNR 그리고 REJ 프레임을 수신한 후, 다시 정보전송상태로 복귀할 수 있다. 그러나 회복 불가능에러가 발생하면 상호 링크층간에 링크 설정을 다시하고 처음부터 다시 정보전송이 시작된다.

3.2.6.2 비연결모드

이 모드는 AX.25 프로토콜이 상대국과 연결설정을 하지 않고 비번호 정보 프레임을 이용하여 짧은 메시지를 전송할 수 있다. 이 모드는 위성이라는 특수한 상황에 잘 적용되는 기능으로서 위성의 링크층은 자신의 상태천이머신을 운행하지 않고 즉시 처리하는 장점이 있으나 많은 정보를 전송하는 데는 어려움이 발생할 우려가 있다. 만일 보내고자 하는 정보 데이터가 작은 경우, 연결설정모드에서 정보 전송을 할 경우는 데이터의 전송에 어려움은 막을 수 있지만 시간적인 효율이 떨어지므로 이 모드를 사용하는 것이 효율적이다.

3.2.7 링크층 상태천이와 상태천이도

링크층 실체는 수신된 프레임에서 뽑아낸 제어 옥테트를 가지고 링크의 현재 상태를 알아내고 자신의 상태와 비교하여 상태천이머신을 운행한다(이영로 등 1993). 그림 3은 링크층 상태천이머신의 일부분이다. 이 상태천이머신은 사건 중심으로서 링크층 내부에서 사건이 발생하거나 아니면 외부의 입력에 의해 사건이 발생하여 상태천이가 일어나게 되며 링크층은 이 사건을 중심으로 링크층의 제어블럭을 운영하면서 지상국과 위성국간의 링크층 프레임 전송을

에러없이 유지한다. 이 상태천이머신은 입력으로서 링크층의 하위 계층과 상위 계층으로부터 입력이 있다. 그리고 출력도 또한 링크층의 상위 계층으로는 프리미티브로, 하위 계층으로는 프리미티브에 해당하는 프레임 단위로 출력된다. 하위 계층으로부터 입력은 프레임의 제어필드 부분을 중심으로 상태천이머신이 진행되며, 상위 계층으로부터 입력은 프리미티브에 따라

```

Link_State_Machine
{
    switch(링크층 상태) {
        case KL_DISCONNECTED :
            switch(제어 필드와 프리미티브) {
                case CONNECT_REQUEST :
                    링크층 상태 := KL_CONNECTING;
                    Send_Down(CONNECT_RESPONSE);
                    Set_Timer;
                    break;
                case SABM :
                    링크층 상태 := KL_CONNECT_PEND;
                    Send_Upper(CONNECT_INDICATION);
                    Set_Timer;
                    break;
                case DM :
                    break;
                default :
                    Send_Down(DISCONNECT_RESPONSE);
                    break;
            }
            break;
        case KL_CONNECT_PEND :
            switch(제어 필드와 프리미티브) {
                case DISCONNECT_REPONSE :
                    링크층 상태 := KL_DISCONNECTED;
                    Send_Down(DISCONNECT_RESPONSE);
                    break;
                case CONNECT_RESPONSE :
                    링크층 상태 := KL_CONNECTED;
                    Send_Down(CONNECT_RESPONSE);
                    break;
                case DISC :
                    링크층 상태 := KL_DISCONNECTED;
                    Send_Down(DISCONNECT_RESPONSE);
                    Send_Upper(DISCONNECT_INDICATION);
                    break;
                default :
                    break;
            }
            break;
    }
}

```

그림 3. 링크층 상태천이머신 알고리즘.

진행된다. 그림 4는 상태천이도로서 링크층의 상태천이머신이 입출력되는 값들에 따라 진행되는 과정을 도식화한 것이다. 그림 4의 KL_DISCONNECTED 상태는 상 하위 계층으로부터 입력을 받을 수 있는데, 만일 지상국으로부터 연결 요구인 "SABM" 프레임(Connect_Indication)을 수신하면 링크층 상태를 KL_CONNECT_PEND 상태로 전환하고 상위 계층에 Connect_Indication 프리미티브를 전달한다. 그리고 상위 계층으로부터 Connect_Request 프리미티브를 내려 받으면 자신의 상태는 KL_CONNECTING 상태로 넘어가고, 하위 계층에 Connect_Request 프리미티브에 해당하는 제어 필드가 "SABM"인 U 프레임을 만들어 지상국에 발송하며, 동시에 타이머 T1을 동작시킨다. 그리고 지상으로부터 기타 다른 프레임들이 올라오면 Disconnect_Response 프리미티브에 해당하는 "DM" 프레임이 지상에 전송된다.

그림 4의 KL_DISCONNECT_PEND 상태는 2종류의 프리미티브에 의해서 KL_CONNECT_PEND 상태와 KL_CONNECTING 상태로 넘어간다. KL_CONNECT_PEND 상태에서는 지상의 연결요구에 대해서 상위 계층의 결정을 기다리는 상태로서 2가지가 있다. 하나는 상위 계층이 거절을 하여 Disconnect_Response가 내려오면 이에 해당하는 프리미티브가 하위 계층에게 전송되고 링크층의 상태는 KL_DISCONNECTED 상태가 되며 다른 하나는 상위 계층이 연결을 수락하여 Connect_Response가 내려오면 이 프리미티브에 해당하는 "UA" 프레임을 지상에 발송하고 링크층의 상태는 KL_CONNECTED 상태가 된다.

또 지상으로부터 DISC(Disconnect_Request) 프레임을 수신하면 링크층은 KL_DISCONNECTED 상태로 넘어가고 상위 계층에 해당 프리미티브를 올려주며 Disconnect_Indication에 해당하는 "DM" 프레임이 지상에 전송된다.

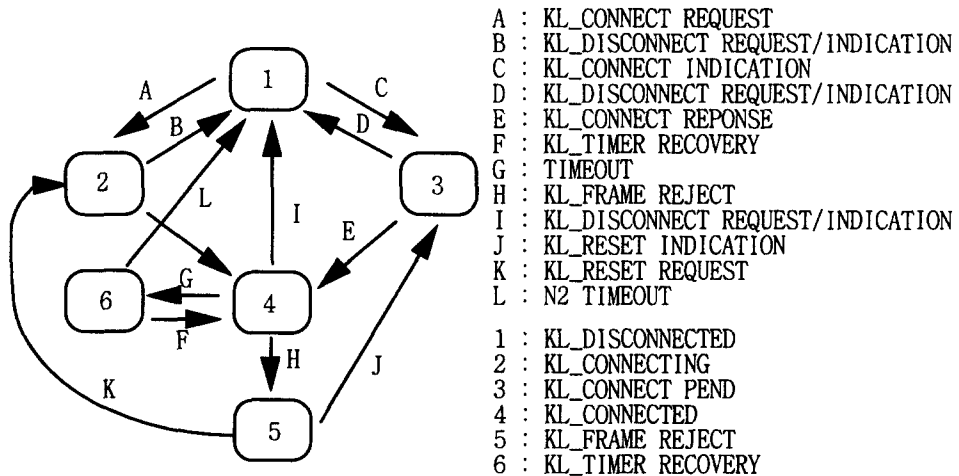


그림 4. 링크층 상태천이도.

3.3 PACSAT 프로토콜

3.3.1 개요

우리별 위성에서 모든 지상국 사용자에게 축적 및 전송 서비스를 위해 위성의 패킷 통신 프로토콜은 하위 계층으로 AX.25 프로토콜을 사용하고 상위 계층으로는 PACSAT 프로토콜을 사용하고 있다. PACSAT 프로토콜은 방송형 파일전송 프로토콜과 연결형 파일전송 프로토콜로 나누어지며 그림 5와 같이 하위 계층의 AX.25 프로토콜과 접속되어 사용되고 있다. PACSAT 프로토콜은 우리별 위성이 경사각을 가진 저궤도 위성이라는 특수성이 있어서 모든 지상 사용자들에게 실시간으로 메시지를 중계할 수 없는 점 때문에 위성의 PACSAT 프로토콜은 수신된 파일을 관리하여 지상 사용자들에게 파일관리 메시지를 방송형 파일전송 프로토콜을 이용하여 여러 지상국들에게 방송한 후, 지상 사용자들의 요구에 의하여 파일을 다운로드해준다.

3.3.2 PACSAT 파일헤더

PACSAT 프로토콜은 파일과 메시지 교환을 수행하고 있으며, 여기서 처리되는 파일들은 제한적인 통신시간 문제로 여러가지 압축방법을 사용하기도 한다. 이런 파일들이 위성에서 잘 보존되기 위해서는 각 파일들이 여러가지 헤더 항목을 가지고 있어야 한다. 이 프로토콜에서 파일 시스템은 필수적인 헤더, 확장헤더 그리고 조건부 헤더로 구분되고 있으며, 필수적인 것으로는 파일과 메시지들을 구분하기 위해 사용되는 파일번호, 파일이름, 파일의 크기, 생성시간, 파일형태, 헤더, 체크섬, 그리고 몸체의 움셋이 있다. 확장헤더는 파일과 메시지의 근원지 등을 알리기 위해 메시지파일의 발신지와 착신지에 관한 정보 등을 가지고 있으며, 업로드 시간과 우선순위 등을 가지고 있다. 조건부 헤더로서는 파일의 압축방식, 메시지형, 메시지의 핵심단어 등을 가진다. 그림 6은 파일헤더 구조이다.

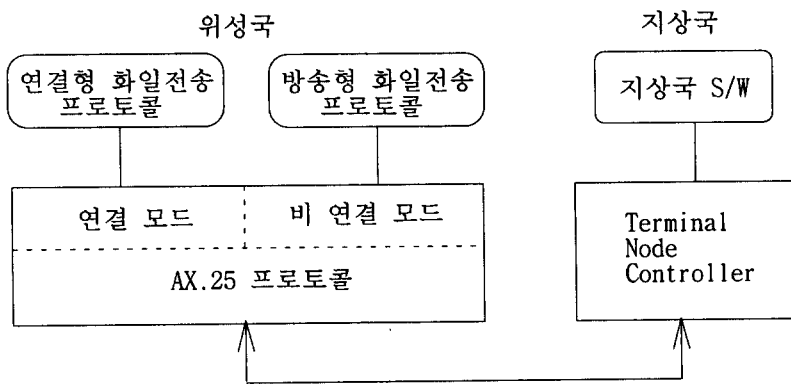


그림 5. 위성국과 지상국의 프로토콜.

3.3.3 연결형 화일전송 프로토콜

3.3.3.1 패킷 구조

화일전송 프로토콜의 패킷은 2byte 크기인 패킷 헤더를 시작으로 데이터 정보가 뒤에 붙는다. 이 헤더는 패킷의 형태와 그 뒤에 붙는 데이터 정보의 길이를 바이트 단위로 알려주고 있으며, 정보 길이는 0부터 2,047까지이다. 그림 7은 패킷의 종류로서 지상국과 위성국간에 화일을 전송하기 위한 제어 패킷들이다.

3.3.3.2 로그인과 세션의 초기화

지상국과 위성국 사이에 링크가 설정되면 지상국은 자신의 국이 위성국에 등록되었다고 간주하며 위성국은 LOGIN-RESP 패킷을 지상국에게 송신하고 위성국은 그림 8과 같이 자신의 업로드 상태변수와 다운로드 상태변수를 초기화시킨다.

- | |
|---------------------------------------|
| 1) <oxaa><ox55><필수 헤더><헤더 끝> |
| 2) <oxaa><ox55><필수 헤더><확장 헤더><헤더 끝> |
| 3) <oxaa><ox55><필수 헤더><[조건 헤더]><헤더 끝> |

그림 6. 3가지 헤더 구조.

DATA	DATA-END
LOGIN-RESP	UPLOAD-CMD
ULGO-RESP	UL-ERROR-RESP
UL-ACK-RESP	UL-NAK-RESP
DOWNLOAD-CMD	DL-ERROR-RESP
DL-ACK-CMD	DL-NAK-CMD
DIR-SHORT-CMD	DIR-LONG-CMD
SELECT-CMD	SELECT-RESP

그림 7. 제어 패킷 종류.

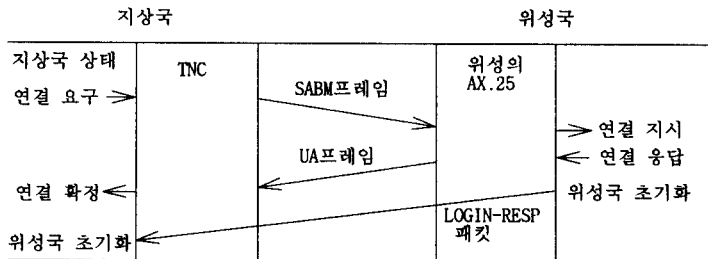


그림 8. 세션의 초기화.

3.3.3.3 업로드

위성국과 지상국이 하위 계층인 AX.25 프로토콜을 사용하여 링크가 설정되면 양 국은 서로 업로드, 다운로드를 위해 자신의 상태를 초기화시킨다. 그리고 지상국에서 위성국에 화일을 업로드할 경우에 지상국에서는 그림 9와 같이 업로드 제어 패킷을 위성국에 전송하면, 위성국에서는 지상국의 업로드 서비스를 제공할 수 있는지를 결정하여 응답 제어 패킷으로 응답한다.

3.3.3.4 다운로드

지상국이 위성국에게 화일을 요구할 경우, 지상국은 위성국에 다운로드 제어패킷을 이용하여 위성국으로부터 화일이 다운로드가 가능한 지를 묻고, 위성국은 이 제어패킷에 대한 응답을 전송한다.

3.3.4 방송형 화일전송 프로토콜

3.3.4.1 패킷 구조

위성의 방송형 프로토콜은 하위 계층인 AX.25 프로토콜의 비연결모드에서 UI 프레임을 이용하여 지상국과 정보를 주고 받는다. 방송형 프로토콜의 패킷 형태는 화일전송용 패킷과 화일 재전송 요구용 패킷으로 구별된다. 이 패킷의 길이는 링크층의 UI 프레임 정보 크기를 넘지 못하고 이 패킷이 방송형 패킷임을 구별하기 위해서 PID값을 0xbb로 둔다. 그림 10은 이 프로토콜의 패킷 구조이다.

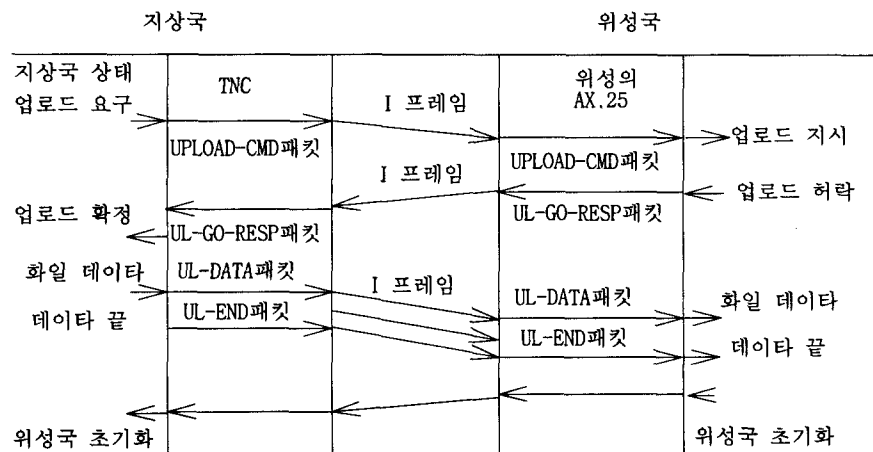


그림 9. 화일 업로드 절차.

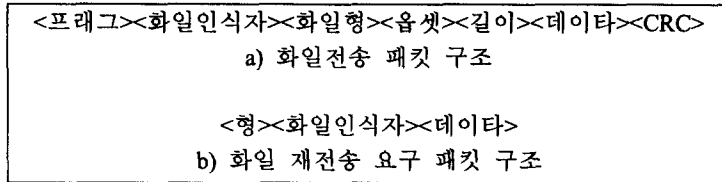


그림 10. 방송형 패킷 구조.

3.3.4.2 방송형 프로토콜의 운용과 특징

지상의 많은 지상국들과 위성간의 링크설정에서 정보 전송 효율이 떨어지는 단점을 보완하기 위해서 위성국으로부터 지상국들로의 화일전송은 이 방송형 화일전송 프로토콜을 사용하고 있다. 현재 우리별에서 사용되는 방송형 정보로는 일반적인 텍스트, 카메라의 영상 데이터, 위성에 저장된 원격검침 데이터 등이 있다. 이 프로토콜의 장점은 하나 이상의 지상국들에게 동시에 똑같은 화일을 전송할 수 있다는 장점이 있다. 현재 우리별 위성에서 운용되는 상태는 위성이 먼저 자신이 관리하는 화일 디렉토리 정보를 방송형 프로토콜을 사용하여 모든 지상국들에게 방송한다. 그러면 지상국들은 이 디렉토리 정보를 수신하여 자신과 관련있는 화일을 위성에게 다운로드를 요구한다. 그러면 위성은 해당 화일을 다운로드 시키고 해당 지상국은 이 화일을 여러 개의 패킷단위로 수신하여 순서번호에 의해서 재조립한다. 그러나 만일 지상국이 수신하지 못한 패킷은 지상국이 다시 위성에 부족한 패킷을 재요구하여 다시 수신할 수 있다. 그리고 다른 지상국들도 방송되는 화일에 관심이 있으면 자신의 수신기를 방송 수신모드로 두고 화일을 수집할 수도 있다.

4. 통신 탑재물의 실험 결과

지상의 통신 시스템과는 다르게 우주환경에 있는 위성을 이용한 통신시스템에는 여러가지 장애들이 존재한다. 가장 큰 문제로는 위성이 우주방사선에 노출된 환경에서 동작하고 있기 때문에 환경에 따른 여러가지 문제점들이 있다. 이런 문제점 중에서 가장 치명적인 것은 반도체 소자들이 방사선에 의해 고장이 나거나, 기억소자들에 기억된 데이터가 깨어지는 경우가 있다. 그래서 이런 점들을 보완하기 위해 메모리의 한개 비트 에러에 대해서 극복해 줄 수 있는 하드웨어를 가지고 있지만, 동시에 여러개 비트가 깨지면 극복이 곤란하다. 특히 여러 개의 프로그램들이 활발히 활동하고 있는 주 컴퓨터의 램에 이런 에러가 발생하면 주 컴퓨터가 동작을 멈추게 되어 있다. 다른 장애요소로서는 위성의 궤도와 자세로서 위성의 궤도는 이론적으로 일정한 궤도를 돌고 있는 것이 아니라 우주공간에서 행성들의 인력에 의해 매일 약간의 편차가 존재하므로 주기적으로 이를 보정해 주어야 하며, 위성의 자세도 시간이 지남에 따라

나빠지는 경우가 있고, 이런 환경에서는 지상의 사용자들에게 통신 서비스는 어려워지게 된다. 그리고 우리별 위성은 과학위성으로서 여러가지 시험 탑재물을 가지고 있어서 주기적으로 시험 탑재물들을 시험하기 때문에 통신 서비스가 나빠질 수도 있다. 이런 점을 고려하여 우리별 1,2호의 1994년 운영 결과를 분석해 본다.

4.1 지상국 사용자 분포

그림 11과 그림 12는 우리별 1,2호 위성의 1994년 통신 서비스 결과로서, 우리별 위성을 사용하는 사용자 분포는 주로 아메리카와 유럽지역이 크다는 것을 알 수 있다. 현재 우리별 위성에서 PACSAT 프로토콜에서 FTLO 프로토콜의 논리적인 채널 수는 위성 탑재물들의 시험 관계로 2개로 제한하고 있고, 방송형 프로토콜은 12국까지 서비스해주고 있다. 그림 11과 그림 12를 참조하여 지상국의 지역분포 수를 계산하려면, 위성에 로그인 숫자와 거절 숫자를 합하면 되고, 그림 11과 그림 12는 월 단위로 평균 계산을 한 것으로서 사용자가 많은 유럽과 아메리카 지역의 수용율은 낮지만, 아시아지역은 사용자의 수가 한정적이기 때문에 거의 100%

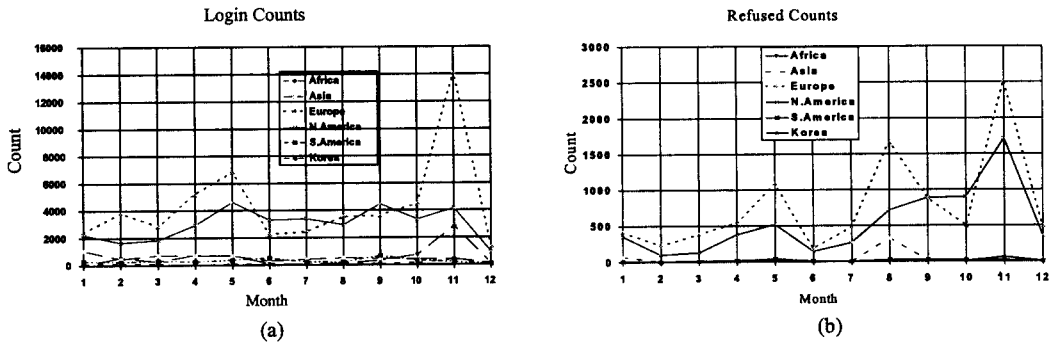


그림 11. 우리별 1호 (a) login 수와 (b) login 거절수.

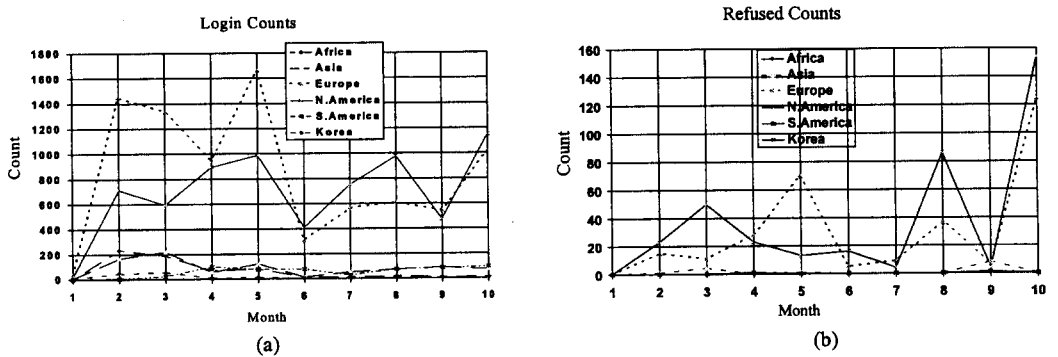


그림 12. 우리별 2호 (a) login 수와 (b) login 거절수

에 도달한다. 그림 11(a)에서 월 평균 로그인 차이는 앞에서 언급하였듯이 위성의 문제점에 의한 결과이다. 1호의 경우, 11월에는 위성에 아무런 문제가 없었으며, 많은 사용자들이 서비스를 요구하여 서비스 요구 충돌을 일으켰고, 8월에는 위성의 통신 링크가 좋지 않아서 거절수가 많게 되고, 수용율이 낮아졌다. 2호의 경우에 그림 12(a)를 참조하면, 위성의 통신 서비스를 2월에 개시하였으며 10월까지 일일 데이터를 분석하였고, 6월에는 2호의 디지털 신호처리 탑재물과 통신 탑재물의 시험으로 인하여 사용자 서비스 시간이 줄어들었고, 9월에는 위성의 자세 문제로 통신상태가 좋지 않은 결과이다. 그림 13(a)와 그림 14(a)는 지상 사용자의 login 성공 확률을 나타내며, 그림 13(b)와 그림 14(b)는 login 거절율을 나타내고 있다. 1호의 login 성공 확률의 평균은 약 90%, 2호의 login 성공 확률은 90%가 넘는다. 이런 이유는 우리별 2호의 고도가 1호보다 낮다는 점과 우리별 1호 위성의 주기는 태양 주기가 아니므로 우리나라 상공을 중심으로 보았을 때 낮에 집중적으로 통과할 때와 밤에 많이 통과할 때가 있어서 사용자들의 사용시간이 변경되는 단점이 있고 2호는 태양주기로서 하루 중에서 일정한 시간에 위성이 통

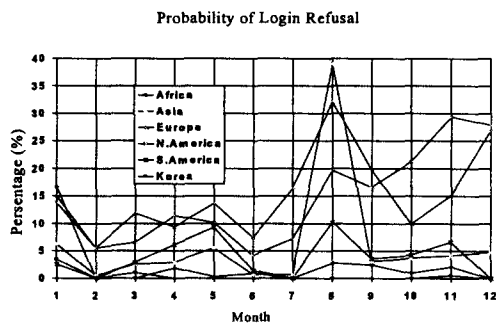
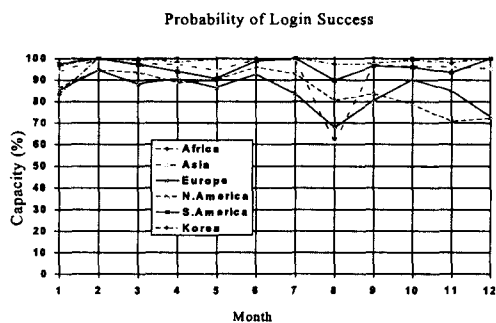


그림 13 우리별 1호 (a) login 성공률과 (b) login 거절율.

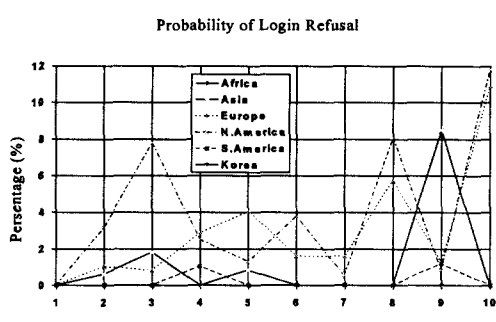
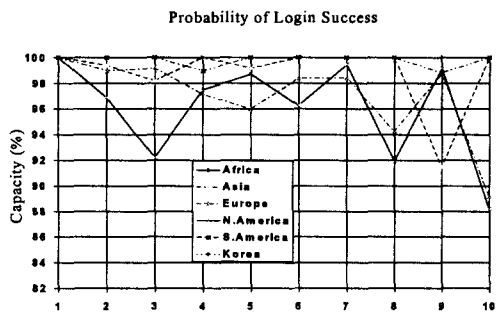


그림 14. 우리별 2호 (a) login 성공률과 (b) login 거절율.

과하는 장점이 있고, 위성의 좋은 서비스 시기는 새벽과 근무시간에 가장 링크상태가 좋다.

4.2 다중 액세스

우리별 위성의 액세스 방식은 ALOHA 방식과 채널 점유 상태를 방송하여 액세스를 막아 주는 방식을 혼합하여 사용하고 있다. 이 방식은 위성이 자신의 채널 상태를 주기적으로 방송 하며, 지상 사용자들은 이 방송을 수신하고 위성의 현재 채널 상태에 따라 ALOHA 방식으로 액세스를 시도한다.

4.3 전송량과 수용시간

우리별 위성의 초당 전송수율(throughput)은 그림 15에서와 같이 1호가 약 900byte/sec, 2호가 900byte/sec 정도로 높은 양을 나타내고 있다. 그리고 그림 16에서 보는 바와 같이 지상 사용자의 1회 최대 채널 점유시간은 약 900초로서 긴 시간동안 한 사용자가 점유하고 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 그림 17에서와 같이 하나의 지상국이 한번 링크를 설정하고 최대 평균 약 250kbyte를 전송한 결과를 가지고 있으므로 우리별 위성의 짧은 통과시간에 많은 양의 데이터를 올릴 수 있다는 점을 알았다.

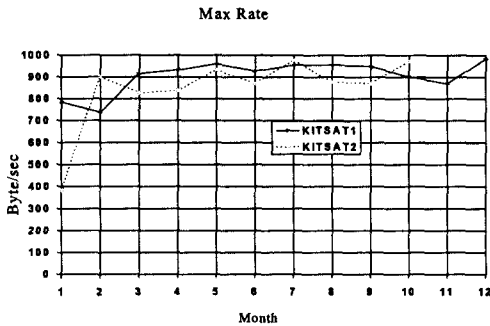


그림 15. 최대전송량/초.

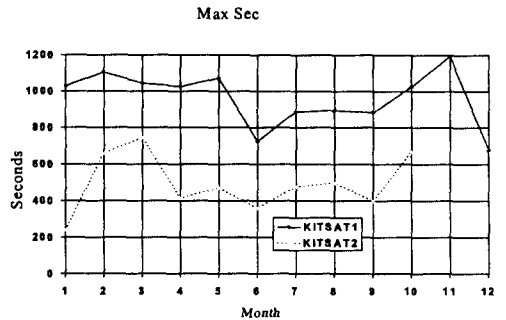


그림 16. 사용자의 1회 최대 채널 점유시간.

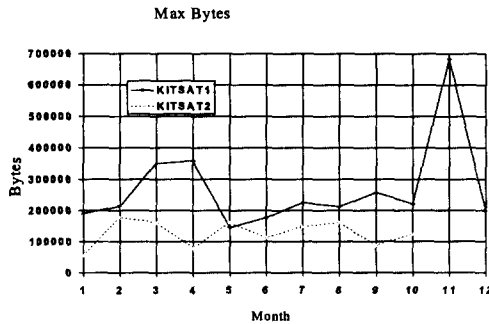


그림 17. 1회 최대 전송량.

5. 결 론

본 연구는 우리별 1, 2호 위성에 탑재된 통신 탑재물에 관한 연구로서, 탑재된 프로토콜인 AX.25와 PACSAT 프로토콜의 구조를 분석하고, 우리별 위성의 실험 결과와 지상국의 기록일지를 중심으로 얼마나 많은 지상 사용자들이 우리별 위성의 통신 탑재물을 이용하고 있으며, 차세대 위성을 위한 탑재물의 성능 개선을 연구하였다. 분석 데이터는 1994년 기록지를 중심으로 월별 평균을 계산하여 위성 서비스를 요구한 지상국의 수, 위성의 login 성공 확률과 거절 확률, 위성 사용의 1회 최대 채널 점유시간과 최대 전송량 등을 분석하였다. 분석 결과 그림 13과 그림 14에서 2개의 채널을 이용하여 위성에 90% 이상의 많은 지상국들이 위성을 점유하면서 화일을 업로딩함을 알았고, 그림 15에서와 같이 한 지상국이 최대 900byte/sec의 전송량을 가지며, 하나의 지상국이 최대 15분까지 위성을 점유하고 있음을 그림 16에서 알았다. 이런 결과에 의해서 우리별 위성과 같은 주회위성을 이용하여 전 지구의 지상국들이 작은 양의 데이터를 전송하는 것은 어렵지 않다는 것을 알 수 있고, 더 많은 지상국들을 수용하기 위해서는 하나의 지상국이 위성을 점유하는 시간을 제한하여야 함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- 박찬왕, 성단근외 5명 1992, 텔레콤, 8
 박찬왕, 유상근외 6명 1994, 전자공학회지 21
 이영로, 김정호외 2인 1993, 한국 통신학회지, 18, 169
 Eric, L. S. 1988, ARRL Amateur Radio 7th., Computer Networking Conference, 158
 Herald, P. & Jeff, W. 1990, ARRL Amateur Radio 9th, Computer Networking Conference, 203
 Terry, F. 1984, ARRL Amateur Radio 3rd., Computer Networking Conference, 153