

위성 영상 레이다의 고속자료 전송을 위한 멀티 채널 데이터 전송 모듈 설계와 성능 특징

Multi-Channel Data Link Module Design for High Speed Image Data Transmission from Spaceborne SAR

곽 영 길

Young-Kil Kwag

요 약

고해상도 위성 영상 레이다(SAR)에서 획득한 대용량의 레이다 영상신호는 주어진 임무시간 내에 실시간으로 지상에 전송해 주어야 하기 때문에 위성탑재 영상 레이다의 고속 데이터 전송 능력이 시스템의 성능을 결정하는 중요한 요인이 되고 있다. 본 논문에서는 소형 경량의 위성 SAR의 임무 요구 조건을 만족하고, 위성 영상 레이다의 운용모드에 따라 고해상도에서 광역모드에 이르기까지 광범위한 데이터를 고속으로 처리할 수 있는 멀티 채널 데이터 전송모듈 설계에 관하여 논한다. 주어진 위성 데이터 링크 모델을 바탕으로 링크 버짓과 영상 모드별 데이터 전송률을 분석하고, 시스템의 요구 전송률과 오차를 만족하는 온 보드 영상 자료 저장기, 자료 처리기, 송신기 및 전송 안테나의 설계 결과를 제시하고 성능을 분석한다.

Abstract

A high speed data link capability is one of the critical factors in determining the performance of the spaceborne SAR system with high resolution. It is due to the strict requirement for the real-time data transmission from a series of massive raw image data of spaceborne SAR to the ground station in a limited time of mission. In this paper, based on the data link model characterized by the spaceborne small SAR system, the high rate multi-channel data link module is designed including link storage, link processor, transmitter, and wide-angle antenna. The design results are presented with the performance analysis on the data link budget as well as the multi-mode data rate in association with the SAR imaging mode of operation from high resolution to the wide swath.

I. 개 요

영상 레이다 (SAR: Synthetic Aperture Radar)는 탐지거리에 무관하게 고해상도의 영상을 얻을 수 있는 특징이 있기 때문에 광범위한 영역의 원격탐사 및 군사목적의 표적탐지 식별에 많이 사용되고 있

다. 최근 급속한 SAR 기술 발전에 힘입어, 적은 비용으로 개발 기간이 비교적 짧고, 소형 경량의 고해상도 SAR 위성을 개발하는 방향으로 발전하고 있다. 위성 영상 레이다의 해상도 요구가 급속히 증가함에 따라서 대용량의 레이다 영상신호를 주어진 관측 시간 내에 지상에 실시간으로 전송해 주어야 하기 때문에 위성탑재 영상 레이다에서 고속 데이터

* 한국항공대학교 전자정보통신컴퓨터공학부(The Schools of Electronics, Telecommunication, and Computer Engineering)

· 논문번호 : 2001-2-5

· 접수일자 : 2001년 11월 25일

전송 능력이 시스템의 성능을 결정하는 중요한 요인이 되고 있다[1]. 레이다 영상 자료를 실시간으로 전송하기 위하여 불량 적응 양자화[2]와 같은 데이터 압축 기법을 사용하고 있지만, 고해상도 SAR의 경우 주어진 관측시간 내에 실시간으로 전송하여야 하는 영상 데이터량이 매우 방대하여 일반적으로 자료 압축 기법과 병행하여 온 보드에서 대용량의 고속 데이터 저장 장치를 사용하는 것이 필수적이다. SAR는 영상 형성과정에 위상 정보를 필요로 하므로 정밀한 위상 정보의 전송이 매우 중요하다. 그러나, 고속의 데이터를 지상에 전송할 때 제한된 전송 대역폭이나 전송 손실 등으로 인한 전송 오차가 SAR 영상의 해상도나 화질 성능에 영향을 준다.

위성 SAR의 데이터링크 설계를 위하여 우선적으로 주어진 위성의 SAR 영상획득 모드별 데이터 량에 따른 전송 요구조건과 지상 수신기의 자료수신 성능 요건 등을 분석하여야 한다. 그리고, 대기 및 강우에 의한 신호의 감쇄를 고려하여 링크 버짓을 설정한 후, 송신 주파수 및 대역폭, 변조방법, 채널 코딩, 전송 안테나, 지상 수신기, 자료압축 방법 등에 관한 문제를 주어진 임무성능 관점에서 만족하도록 해야 한다. 또한, 위성 탑재체의 질량, 부피 및 소요 전력 등의 요구조건이 전체 위성체 설계 시 데이터 링크에 할당된 제한 범위 내에서 성능을 유지하도록 해야 한다.

본 논문에서는 소형 경량의 위성 SAR의 임무 요구 조건을 만족하고, 위성영상 레이다의 운용모드에 따라 고해상도에서 광역모드에 이르기까지 광범위한 데이터를 고속으로 처리할 수 있는 멀티 채널 데이터 전송모듈 설계에 관하여 논한다. 주어진 위성 데이터 링크 모델을 바탕으로 링크 버짓과 영상 모드별 데이터 전송률을 분석하고, 시스템의 요구 전송 속도와 오차를 만족하는 온 보드 영상 자료 저장기, 자료 처리기, 송신기 및 전송 안테나의 설계 결과를 제시하고 종합 성능을 분석한다.

II. 위성 SAR 데이터 링크 모델

위성 데이터 링크 버짓 설계를 위한 위성 SAR의 데이터 링크 모델은 그림 1과 같다. 데이터 링크 요

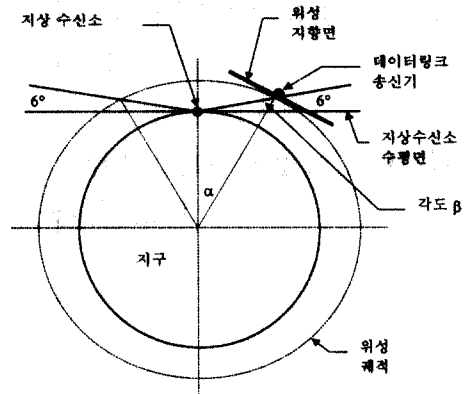


그림 1. 위성 데이터링크 기하구조

Fig. 1. Geometry for Spaceborne Data Link.

구조조건은 위성 SAR로 부터 획득된 영상 자료를 지상 수신소에 주어진 데이터 오차 범위 내에서 실시간으로 전송하기 위한 요건으로서 위성의 고도, 전송범위, 전송 오차, 지상 수신 각각 및 지상 수신 레벨 등이 포함된다. 위성 SAR 시스템 사양에서 주어진 위성의 고도는 북위 38도 기준으로 지상 618 Km이며, 태양동기 궤도로 매일 14.5회 선회하면서 한반도 관측지역을 통과하면서 데이터를 지상 수신소로부터 반경 2000 Km 범위내에 전송하며, Bit Error Rate는 10^{-5} , 데이터 링크 주파수 대역은 탑재체의

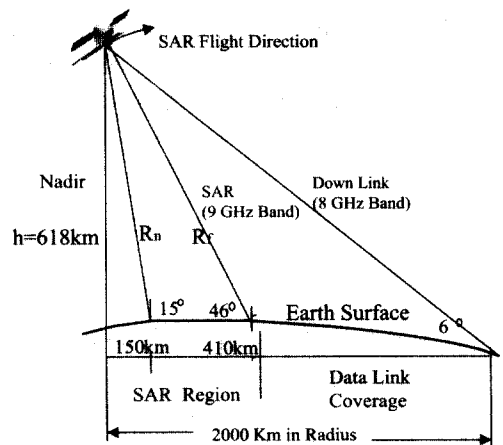


그림 2. SAR 위성의 영상획득 및 지상자료전송 기하구조
Fig. 2. Geometry of Data link and Spaceborne SAR imaging.

무게 및 부피 등의 제약 조건을 고려하여 8 GHz 대역의 X 밴드로 설정하였다[3]. 링크상의 전송범위는 지상 수신소에서 위성을 볼 때 수평 고도 각도가 6도 이상으로 한다. 그림 2에 데이터링크 설계를 위한 자료전송 링크 기하구조를 도시하였다.

III. 데이터 링크 버짓

주어진 위성 SAR 데이터 링크 모델로부터 위성 과 지상 수신소간의 데이터 링크 버짓을 분석하기 위하여 데이터 링크 방정식을 도입하였다[4]. 비트 당 수신 에너지 대 잡음 밀도 E_b/N_0 를 송신유효 방사전력(EIRP)으로 나타내면 식 (1)과 같이 주어진다.

$$EIRP = \frac{E_b}{N_0} - L_{FSF} - L_{SYS} - G_{RX} / T_{RSYS} - 228.6 + 10 \text{Log}_{10} R \quad (1)$$

여기서, L_{FSF} 는 자유 공간 경로 손실, L_{SYS} 는 데

이터 링크 시스템 손실, G_{RX} 는 지상 수신소 안테나 이득, T_{RSYS} 는 지상 수신기 유효 시스템 잡음 온도, R 는 데이터 전송률을 각각 나타낸다. 본 데이터링크 버짓 분석에서는 지상 수신소로부터 최대 직선 거리 2,276 Km의 전송 범위 내에서 채널 당 105 Mbps의 전송 속도로 전송하는 것을 기준으로 하였다. 소형 위성의 경우 탑재체에 부과되는 하드웨어의 질량과 부피와 소요 전력의 제약을 고려하여 가능한 부피와 무게가 작은 안테나와 저 출력 송신기를 고려하고, 상대적으로 지상 안테나의 이득을 크게 하여 전체 링크 버짓을 최적화 할 수 있도록 설계하였다. 표 1에 데이터 링크 버짓 분석 결과를 제시하였다.

IV. 영상 모드와 자료 전송률

4-1 SAR 영상 모드

주어진 위성 SAR 시스템에서는 다양한 빔 패턴과 각각 방향으로 빔 조향이 가능하여 다중 영상 획득 모드의 기능을 가지고 있다[4],[5]. 본 모델에 적용된 SAR 영상획득 모드는 그림 3에 도시된 바와 같이 필요에 따라 표준영상모드, 고해상도 모드, 광역모드로 구분하여 운용할 수 있다. 표준 영상 모드(Standard Mode)는 중간 정도의 영상 해상도를 유지하며 스트립 맵 방식을 이용하여 광범위한 지역에 대한 연속적인 영상을 얻을 수 있는 특징이 있으며, 해상도는 10 m, 관측 폭은 30 Km 정도이다. 고해상도 모드(Fine Mode)는 스트립 맵 방식이나 스폿라이

표 1. 위성 SAR 데이터 링크 버짓 분석

Table 1. Link budget analysis for spaceborne SAR.

항 목	단 위	데이터
캐리어 주파수	MHz	8325
비트 에러율(BER)	-	10^{-5}
요구되는 E_b/N_0	dB	9.5
데이터 전송률	BPS	105000000
Boltzmann 상수	J/K	1.38×10^{-23}
전파 길이	km	2276.35
자유공간 경로손실	dB	177.99
시스템 손실	dB	10.5
지상 수신소 G/T	dB/K	>32.5
시스템 마진	dB	2.0
수신되는 E_b/N_0	dB	11.5
EIRP	dBW	19.1
위성 안테나 이득	dB	>8.5
요구 송신기 출력/채널당	dBW	10.605

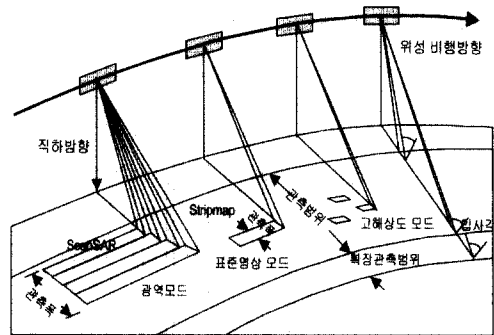


그림 3. SAR 영상획득 모드

Fig. 3. SAR imaging mode.

트 방식을 이용하여 비교적 좁은 국부 관심 지역에 대하여 스냅 샷(Snapshot)으로 빔을 조사하여 높은 해상도의 영상을 얻을 수 있으며, 해상도는 3 m, 관측폭은 10 Km 정도이다. 광역 모드(Wide Swath Mode)는 스캔 방식을 이용하여 고도 빔을 연속적으로 재조사하여 광범위한 지역의 영상을 얻는 특징이 있으며, 해상도는 30 m, 관측폭은 100 Km 이상이다.

4-2 자료 전송률

위성 SAR의 자료 전송률은 관심지역으로부터 수신된 원시 SAR 자료를 지상전송 안테나를 통하여 지상수신소로 전송할 수 있는 최대 전송속도로 정의한다. 최종 자료 전송률은 SAR 레이더의 송신 펄스 반복 주파수(PRF)와 영상 관측폭, 거리 및 방위 해상도의 함수로 주어지며, 식 (2)와 같다.

$$D_R = PRF \times N_R \times CADU \quad (2)$$

여기서 N_R 는 거리방향 관측 폭으로부터 반향되는 신호의 원도우 당 데이터 비트 수이다. N_R 는 관측폭의 크기와 거리 해상도에 비례하며, 식 (3)으로 주어진다.

$$N_R = 2WSQ + h \quad (3)$$

여기서, Q 는 양자화 레벨이고, S 는 영상 모드별 해상도에 따라 정해진 대역폭에 비례하는 레이더 신호의 샘플링 주파수로서, SAR의 거리 해상도와 요구 대역폭과의 관계는 식 (4)로 주어진다.

$$\delta_r = \frac{c}{2B \sin \theta} \quad (4)$$

여기서, 여기서 c 는 빛의 속도, B 는 펄스 대역 폭, θ 는 빔의 지면 입사각이다. 또한, 식 (3)에서 W 는 관측영역의 근 지점과 원 지점간의 시간차이로 인한 단위 PRI 당 원도우 시간 길이, h 는 데이터 head의 길이이다. 관측 영역 W 는 위성 SAR로부터 송신하는 펄스의 길이와 거리와의 관계로서 식 (5)와 같이 주어진다.

$$W = \tau_p + 2 \frac{(R_f - R_n) \sin \theta}{c} + g_r \quad (5)$$

여기서, τ_p 는 펄스의 길이, g_r 는 가드 타임, R_f 와 R_n 는 각각 위성 안테나 빔으로부터 먼거리 및 근거리 지점 간 경사거리이고, θ 는 빔의 입사 각도이며, CADU(Channel Access Data Unit)는 패킷에 추가되는 추가 데이터량이다. 자료 전송률은 위성궤도 자료, 영상 모드에 따라 선정된 관측구역 자료 및 SAR 모듈[6]을 이용하여 자료 전송률을 구하였다.

V. 데이터 링크의 설계

5-1 자료 전송기 구조

위성 SAR 탑재체는 그림 4와 같이 크게 탑재 레이더 부분과 데이터 링크부분으로 나누어진다. 레이더 부분은 안테나부, 송수신부, 중앙 전자부로 구성된다[5],[7]. 데이터 링크부는 링크 버저 및 영상 모드별 전송률을 충족할 수 있도록 별도로 자료 저장기, 처리기, 송신기 및 안테나 모듈로 구성한다. 주요 기능은 SAR 레이더에서 만들어진 신호를 영상 모드별 자료 속도에 따라 직접 전송하거나 또는 속도에 따라 일부 저장하고, 이들 신호를 지상에서 수신 가능한 프레임으로 만들어 RF신호로 변조한 후 증폭하여 안테나를 통해 지상으로 전송한다. 본 전송기 설계에서는 임무체계에서 요구하는 전송속도 210 Mbps를 만족시키기 위하여 105 Mbps의 단위 채널을 3조로 구성하였다.

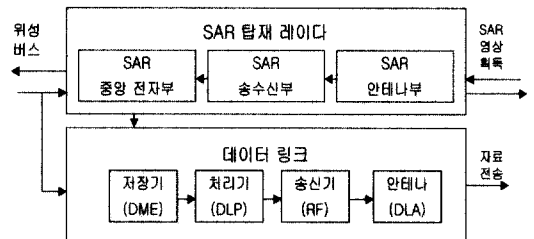


그림 4. SAR 탑재체 및 데이터 링크 구조
Fig. 4. SAR payload and data link structure.

5-2 자료 저장기

자료저장기는 영상레이다에서 영상 획득 모드에 따라 수신한 영상 자료와 SAR 레이다 교정 영상 신호를 저장하는 기능을 수행한다. 주로 고해상도 영상 모드에서 요구하는 데이터 전송률이 주어진 전송 채널 용량을 초과하므로 자료 저장기를 이용하여 고속으로 자료를 저장한다. 자료 저장기는 입출력 통로와 메모리 블록으로 구성되는데, 메모리 블록에는 영상자료가 패킷단위로 저장된다. 입출력 라우터는 중앙 전자부로 부터 동시에 여러 채널로 들어오는 패킷화된 영상정보 자료를 적절한 메모리 블록으로 입력하며, 또한 메모리 블록에서 출력할 패킷을 지상 전송속도에 맞춰 데이터링크 처리기로 전달한다. 그림 4에서 보는 바와 같이 자료 저장기는 입력 루터, 버퍼 메모리, 출력 루터, 출력 채널로 구성되며, 입력 루터는 4개의 직렬 데이터 채널로부터 32비트 포맷된 데이터를 수신하며, 버퍼 메모리는 12 Gbits DRAM으로 구성하며 자료는 소스패킷 형태로 저장한다. 출력 루터는 버퍼 메모리로부터의 데이터를

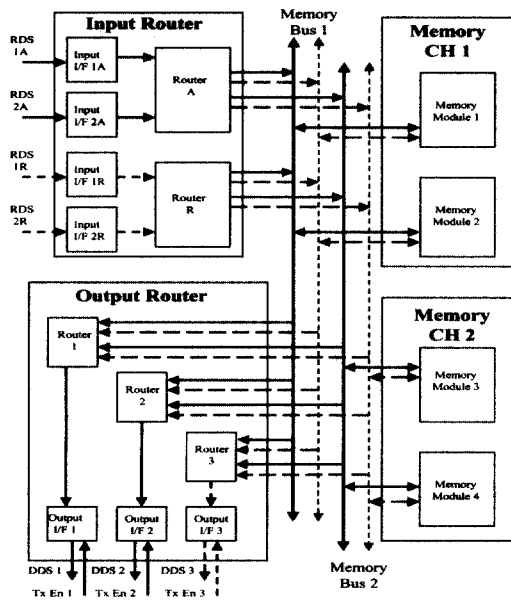


그림 5. 자료 저장기 구조
Fig. 5. Data storage structure.

출력채널로 순차적으로 자료처리에 전송한다. 다 채널 확장을 고려하여 2개의 활성 메모리 채널과, 수명기간 동안 장치 신뢰도를 위하여 1개의 여유 메모리 채널을 두었다.

5-3 데이터 링크 처리기

데이터링크 프로세서는 위성 플랫폼과의 인터페이스를 제공하는데, 이 인터페이스를 통해 링크 소프트웨어가 매크로명령과 원격측정자료를 송 수신한다. 데이터 링크 구조는 그림 6에 도시된 바와 같이 데이터 처리 채널 모듈, 제어 모듈, 제어 인터페이스 모듈 및 전원장치로 구성된다. 주요 기능은 수신 자료를 CCSDS (Consultative Committee for Space Data System)에서 제정한 통신프로토콜에 따라 프레임으로 데이터를 포맷하고, 지상에서의 데이터 복원이 용이하도록 표준화 신호를 만들어 신호의 스펙트럼을 분산시킨다. 또한, QPSK 변조된 신호를 지상에서 복조가 용이하도록 해주고, 제어부에서는 플랫폼에서 원격감시 및 명령 인터페이스를 통해 전달된 명령에 따라 데이터 링크부의 모든 기능을 통제 조정하도록 한다. 이러한 제어 및 감시는 데이터 링크 프로세서 내에 위치하는 온 보드 데이터 링크 소프트웨어에 의해 수행된다. 데이터 링크 소프트웨어의 주요 기능은 플랫폼 인터페이스 관리, 매크로 명령어 관리, 모드 관리, 위기관리, 데이터 링크 제어 관리, 데이터 다운로드 관리, 및 시간 등이 포함된다.

그림 6. 데이터링크 프로세서
Fig. 6. Data link processor.

5-4 데이터 링크 송신기

데이터링크 송신기는 링크 프로세서에서 들어오는 프레임으로 만들어진 레이다 신호를 RF 송신신호로 변조하고 전력증폭기에서 증폭하여 지상으로 전송하는데 링크 버짓에 충족하도록 전력을 공급해준다. 그림 7에 3채널 송신기 설계 구성도를 도시하였다. 주요 기능은 데이터 처리기에서 들어오는 포맷된 입력 데이터를 송신 주파수 대역으로 상향 변환 및 변조를 수행하며, 동시에 위성 SAR 시스템의 데이터 전송 요구조건인 10^{-5} 비트 에러율을 만족시키기 위한 EIRP(Effective Isotropic Radiated Power)를 제공할 수 있도록 신호를 증폭하게 된다. 표 1에서 보는 바와 같이 주어진 위성 SAR 시스템에서 요구하는 10^{-5} 의 비트당 에러율(BER)을 만족하기 위한 최소한의 EIRP는 채널당 19.1 dBW 이며, QPSK 변조 방식을 택했을 때 비트 에너지-대-잡음 전력비(E_b/N_0)는 9.5 dB이다. 송신 주파수 대역은 8,025 MHz~8,400 MHz이며, 제한된 DC 소모 전력 내에서 전력 효율 및 스펙트럴 효율을 고려하여 채널당 대역폭이 52.5 MHz의 QPSK 변조 방식을 사용한다. 데이터 링크 송신기는 각각 105 Mbps 속도를 갖는 2개의 Active채널과 1개의 Redundant 채널을 갖도록 주파수 플랜을 나누었으며, 375 MHz의 대역을 등분하여 8,125, 8,225, 8,325 MHz의 중심주파수 및 최대 52.5 MHz의 대역폭을 갖도록 선택하였다.

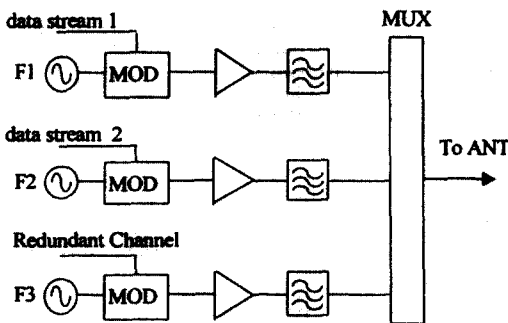


그림 7. 데이터 링크 송신기 구조
Fig. 7. Structure of data link transmitter.

5-5 데이터 링크 안테나

데이터 링크 안테나 요구 조건은 수신 반경 2,000 Km의 광역 지역을 전송 범위로 하며, 지상 수평 고도 각도 범위를 6° 이상 되도록 하기 위하여 안테나의 주사 각(look angle)은 $\pm 65^\circ$ 범위에서 데이터를 전송할 수 있도록 설계하였다. 전송 경사거리와 각도에 따라 전자파의 손실이 달라지게 되므로 손실을 보상하기 위하여 가운데가 이득이 낮고 가장자리가 이득이 높은 안테나 빔 패턴을 설계요구 조건으로 검토하였다. 따라서, 안테나 구조는 개폐식 원추형 안테나 클러스터(switched horn cluster)와 기계적 조향이 가능한 원추형 안테나(mechanically steerable horn antenna)를 대상으로 탑재체의 전력, 무게, 신뢰도 측면에서 장단점 분석을 통하여 결정하였다. 선택된 안테나 구조는 위성이 관측지역을 통과시 순차적으로 스위칭할 수 있는 9개의 원추형 안테나 클러스터(9 switched horn cluster) 구조를 선정하였다. 안테나의 구조는 송신전력 증폭기 입력으로부터 9개의 원추형 안테나로 경로를 지정해 주는 8개의 RF 스위치와 9개의 편파기(polariser), 그리고 9개의 원추형 안테나로 구성된다.

클러스터 안테나의 빔은 그림 8에서 보는 바와 같이 광범위한 전송 영역이 포함되도록 가운데 있는 원추형 안테나의 경우 60° 의 3 dB 빔폭을 가지고

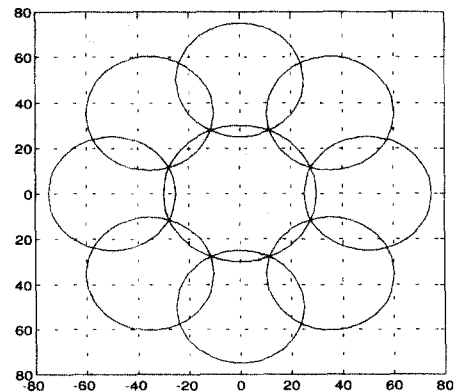


그림 8. 9별 원추형 안테나 빔
Fig. 8. Nine-switched horn antenna cluster beam.

있어야 하며 들레에 원형으로 있는 8개의 원추형 안테나는 각각 50°의 3 dB 빔폭을 가지고 있다. 중앙 원추형 안테나는 개구면 크기가 작아 단순한 원추형 안테나를 사용하였고, 외곽의 8개의 원추형 안테나는 주름(corrugation)형을 사용할 만한 개구면 크기를 가지고 있어서 부엽 준위, 교차편파, 빔 대칭성에 장점을 가지고 있는 주름 원추형 안테나(corrugated conical horn antenna)를 사용하였다.

VI. 설계 결과 및 성능 분석

6-1 설계 결과

데이터 링크에서 사용한 전송 주파수는 위성 탑재체의 무게와 부피의 부담을 고려하여 X밴드를 사용하였으며, SAR 영상 획득용 주파수와 혼신을 피하기 위하여 WARC 규정에 맞는 8 GHz 대역을 사용하였다. 주파수 대역은 8,025~8,400 MHz이며, 전체 375 MHz 대역을 210 Mbps의 데이터 전송률을 만족하는 동일한 대역폭(52.5 MHz)을 갖는 세 개 채널로 나누었다. 각 채널의 캐리어 주파수는 8,125, 8,225, 8,325 MHz이며, 각각 105 Mbps의 전송속도를 갖는다. 변조방식은 전력효율 및 스펙트럼 효율 면에서 QPSK 변조방식이 선택되었다. BER을 만족시키기 위하여 RF 전력 증폭기의 관점에서 전송률이 낮은 두 개의 채널로 나누어, 동일한 DC 소모전력으로 반도체 전력 증폭기를 사용함으로써 소형, 경량이 되도록 하였다. 따라서, 105 Mbps의 2채널을 사용하여 210 Mbps의 전송률을 만족하도록 하고, 고신

표 2. 데이터링크 안테나의 설계 성능

Table 2. Performance of data link antenna.

변 수	설계 성능	
	중앙안테나	외각안테나
대역폭 [GHz]	8.1~8.35	8.1~8.35
이득 [dBi]	> 8.5	> 11.5
정격 전력[W]	> 10	> 10
3 dB 빔폭	> 60° × 60°	50° × 50°
편파축비[dB]	< 0.5	< 0.5
반사손실 [dB]	> 20	> 25
질량 [g]	< 100	< 200
후면준위 [dBi]	< -31	< -31
지향정확도[도]	1°	1°
내온성 [°C]	-30~60	-30~60

뢰도를 위하여 하나의 보조 채널을 두었다. 3채널 주파수 특성은 그림 9에 도시되어 있다.

안테나는 위성이 지상 수신소가 위치한 평면에서 6° 이상 올라왔을 때부터 자료 전송이 가능하도록 하기 위하여 데이터링크 안테나의 주사 각이 ± 65° 범위에 들도록 설계하였다. 표 2에 중앙 및 외곽 원추형 안테나의 설계 성능을 요약하였다.

자료 전송률은 위성궤도 자료와 영상 모드에 따라 선정된 관측구역 자료를 이용하여 자료 전송률을 분석하였다. 데이터 샘플링은 주어진 대역폭의 약 20%를 설계 마진으로 사용하였으며, 데이터 압축은 4-Bit BAQ을 적용하였다. 표 3에서 보는 바와 같이 샘플링 주파수 30 MHz를 사용하는 30 m 해상도의 광역모드의 경우는 주어진 전송속도를 충족되지만, 75~85 MHz를 사용하는 고해상도 모드인 경우 제한된 210 Mbps 제한 속도를 초과하는 관측 폭이 발생한다. 이 경우 관심지역에 따라 초과 데이터를 실시간으로 자료 저장기에 저장하여 위성 임무 지역 진입 전 후에 지상 수신소로 데이터를 전송하도록 설계되었다.

6-2 데이터 링크 설계 성능

데이터 링크의 주요 설계 성능은 표 4에 요약되어 있다. 데이터 링크 구조는 필요에 따라 확장이 용이하도록 105 Mbps의 단위 채널 모듈로 설계하였으

그림 9. 채널 변조기 주파수 특성

Fig. 9. Frequency response of three-channel modulator.

표 3. SAR 영상 모드별 데이터 전송률

Table 3. Data rate of SAR imaging modes.

Image mode	No. of swath	PRF(Hz)	Ground Range		Pulse BW (MHz)	Res (m)	Data rate (Mbps)
			Near(Km)	Far(Km)			
Std Mode	SS1	2910	149	182	65	9.5	292.7
	SS5	3165	249	282	50	7.8	205.8
	SS10	2910	374	407	41	6.9	240.0
	SS15	3225	499	532	24	9.7	150.1
	SS20	2910	624	652	25	8.3	132.1
Fine Mode	SS1	2910	149	168	85	7.2	210.1
	SS7	3900	241	258	85	4.7	293.4
	SS14	3400	339	356	85	3.6	314.7
	SS20	3400	423	440	85	3.0	347.3
	SS30	2910	549	564	75	2.9	316.3
Wide Mode	SS1-a	3107	149	189	30	24.5	87.5
	SS1-c	4154	217	257	30	17.4	136.7
	SS2-a	3118	278	318	30	14.1	125.2
	SS2-d	3911	383	423	30	11.8	181.0
	SS3-a	3419	418	458	30	10.4	168.7
	SS3-c	2700	485	525	30	9.5	148.3

표 4 SAR 데이터 링크 설계 성능

Table 4. Performance of SAR data link.

항 목	설계 성능	비고
전송반경	2000 Km	지상수신소 반경
전송 주파수	X-Band	8,025~8,400 MHz
전송 속도	210 Mbps	최대 전송률
전송 어려움	10 ⁻⁵	채널 당
전송률	105 Mbps	채널 당
전송 채널	2 채널	Active 210Mbps
	1 채널	Redundancy
저장용량	10 Gbits	End of Life
	12 Gbits	Begin of Life
소요질량	61 Kg	DME + DLE
소요전력	194 W	DME + DLE
신뢰도	0.965	수명 3년 기준

여 소형, 경량의 고 신뢰도를 요구하는 소형 SAR의 임무 요구조건에 충족되도록 설계되었다.

VI. 결 론

본 논문에서는 위성영상 레이다의 영상획득 운용 모드에 따라 고해상도에서 광역모드에 이르기까지 광범위한 데이터를 고속으로 처리할 수 있는 데이터 전송장치를 설계하였다. 데이터 링크 모델은 주어진 위성 고도에서 광범위한 지상 수신 범위 내에 고속으로 영상자료를 전송할 수 있도록 하기 위하여 105 Mbps의 단위 채널 모듈을 설계하고, 필요에 따라 고해상도의 자료 전송시 모듈 확장이 용이하도록 하였다. 본 설계에 적용된 SAR 데이터 링크 속도 요구조건은 210 Mbps로서 2개의 기본 전송 채널과 1개의 예비 채널을 두었다. SAR의 임무요구 조건에서 주어진 기하구조를 이용하여 지상 수신소 간 링크 버짓과 영상모드 별 데이터량을 분석하였고, 소형 경량의 위성 SAR 시스템 요구조건에 충족할 수

며, 자료 저장기는 고속의 반도체 메모리를 사용하

있도록 위성 전송기의 질량 및 소요 전력을 최소화 하였다. 설계 결과에 대한 종합 성능분석을 통하여 SAR 임무 요건에서 주어진 성능을 충족하는 것을 확인하였다. 본 데이터 링크 설계에 적용된 채널 모듈 설계 기법은 고속의 자료 전송이 요구되는 영상 레이다 및 광학 탐사위성 뿐만 아니라 항공기를 이용한 고속 자료전송에도 활용효과가 클 것으로 기대 된다.

감사의 글

본 연구에 참여한 국방과학연구소 및 영국 Matra Marconi Space (MMS) SAR팀 연구원들에게 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] Charles Elachi, *Spaceborne Radar Remote Sensing*, IEEE Press, 1988.

[2] Ronard Kwok and T. K. William, "Block Adaptive Quantization of Magellan SAR Data", *IEEE Tr. on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 27, no. 4, July 1989.

[3] Y. Kwag and et al, *Mission Definition and Requirement Document*, ROK-SAR MDR Report No. 3955-KA001-RQZ, ADD/MMS June 1997.

[4] 곽영길 외, 위성탐재 영상 레이다 (ROK-SAR) 체계설계, KTRC-517-991067, 국방과학연구소 연구 보고서, 1999, 12.

[5] Y. Kwag., "Imaging Mode Design and Performance Characteristics of the X-Band SAR Satellite," *Korean Journal of Revrote Sensing*, vol. 16, no. 2, pp. 157-175, 2000.

[6] M. Newey 'SAR System Design Tools, Matra Marconi Space, UK., 1997.

[7] Y. Kwag, "Spaceborne X-Band Small SAR System Model Design and Its Imaging Performance Characteristics," *IEEE Geoscience & Remote Sensing Symposium Proceeding*, Session No. B5, Sydney, Australia, July 9-13, 2001.

곽 영 길 (郭 濂 吉)

1976년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과 학사 (B.S)

1981년 2월 : 한국과학기술원 전기전자공학과 석사 (M.S)

1987년 6월 : 미국 오하이오대학교 전기전자공학과 박사 (Ph. D)

1976년 3월~2001년 3월 : 국방과학연구소 책임연구원, 레이다/SAR/신호처리 연구실장

1984년 1월~1987년 5월 : 오하이오대학교 Avionics Engineering Center, 연구원

1992년 3월~1993년 2월 : 한국과학기술원 전기전자공학과 겸임교수

1997년 3월~1999년 2월 : 영국 Matra Marconi Space 근무, SAR Program Manager

2001년 3월~현재 : 한국항공대학교 전자 정보통신 컴퓨터 공학부 조교수

2001년 7월~현재 : 부설 항공전자연구소 소장

관심분야 : Space-Time Adaptive Processing, Radar Systems Design and Radar Signal Processing, Synthetic Aperture Radar (SAR) sensor, Remote Sensing, Spaceborne Payload System, Aeronautical Telecommunications, Avionics-CNS/ATM