

저궤도 기상위성 탑재체 개발을 위한 요구 규격 연구

은종원* 종신회원

A Study on the Required Specification for the Development of Low Earth Orbit Meteorological Satellite Payload

Jong Won Eun* Lifelong Member

요 약

저궤도 기상위성 탑재체 개발을 위한 요구 사항 (안)을 도출하기 위하여 국외 저궤도 기상위성 탑재체 개발 현황과 저궤도 기상위성 탑재체 사용자 요구사항 설문조사 및 분석을 수행하였다.

본 논문에서는 저궤도 기상위성 탑재체 주요 성능 요구 사항인 주파수 요구 사항, 복사 측정 요구 사항, 공간 요구 사항, 안테나 효율 등의 기술적 요구사항과 저궤도 기상위성 사용자 요구사항을 기반으로 저궤도 기상위성 탑재체 주요 성능 요구 규격을 제시하였다.

Key Words : the required specification of a low Earth orbit meteorological satellite payload, the questionnaire of the low Earth orbit meteorological satellite payload users' requirements, High-quality Observation.

ABSTRACT

For the purpose of drawing out a requirements (draft) for the development of low Earth orbit meteorological satellite payload, the present development situation of the foreign low Earth orbit meteorological satellite payload was analyzed, and survey and analysis on the questionnaire of the low Earth orbit meteorological satellite payload users' requirements were carried out.

Through this research, some key required performance specifications (draft) were made on the basis of technological requirements such as frequency, radiation measurement, spacial, and antenna efficiency requirements, and the low Earth orbit meteorological satellite payload users' requirements.

I. 서 론

자연재해로부터 인명 및 경제·사회적 피해를 최소화하기 위해 미국, 유럽, 러시아 그리고 중국은 저궤도 기상위성에 적외선 및 마이크로파 대역 탑재체 센서를 탑재, 기상재해 인자를 관측하여 날씨예보에 필수적인 수치예보 모델의 주요입력 자료를 제공하고 있다.[1]

기상예보 중에서 강수량 예측이 매우 어렵고, 특히 대기가 불안정한 여름철이 더욱 어려운데 이와 같은 예측의 불확실성을 1%라도 낮추는 노력이 국민의 안전을 제고하여 삶의 질 향상에 기여한다. 기상예보에는 지상관측데이터와 함께 우주에서 기상위성이 관측한 데이터는 수치예보를 위한 기초가 되기 때문에 고품질 관측 (High-quality observation)

이 좋은 초기치를 제공하여 예보의 정도를 향상시킨다.

최근 수치분석모델의 발전에 따라 고품질 관측을 통한 대기, 해양 등에 대한 좋은 초기치 확보가 더욱 중요해지고 있다. 특히, 기상예보를 위한 수치모델의 개선과 함께 수치모델에 적용될 관측정보의 양적 확대와 지구환경에 대한 다양한 관측정보가 필요하다. 결국, 좋은 예보는 고품질 관측과 좋은 초기치 그리고 고성능 수치분석모델이 함께 어우러질 때 달성된다.

다음 그림 1은 2011년 9월 일본 환경관측위성 심포지엄에서 발표된 자료로 관측과 수치모델을 조합하여 실제의 상태를 추정하는 방법이 지속적으로 개발되면서 예측오차가 점점 낮아지고 있음을 보여준다.

*남서울대학교 위성정보융합연구센터 정보통신공학과 (jweun@nsu.ac.kr)

접수일자 : 2013년 5월 22일, 수정완료일자 : 2013년 6월 7일, 최종 게재확정일자: 2013년 6월 17일

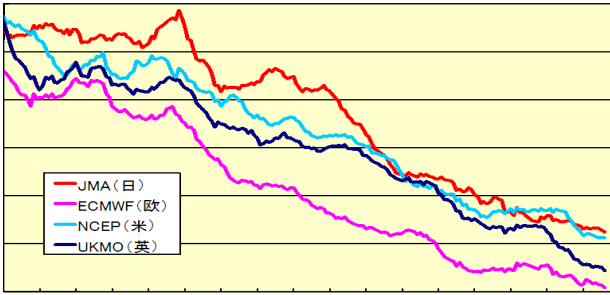


그림 1. 기상 예보오차 정도의 추이 (환경관측위성심포지엄, 일본, 2011년 9월)

기상예보를 위한 관측정보의 입체화를 보다 구체적으로 살펴보면, 기상예보를 위한 해석과 예측에 지상에서의 기상 레이더 관측, 고층기상관측, 해양기상관측 등 관측정보와 우주에서의 자국 위성 관측 정보와 타국 위성 관측 정보가 활용된다. 우주 관측정보는 수평적 정보와 수직적 정보로 구성되고, 이 두 가지 정보가 통합되어 활용되어야 해석의 정확도가 증대된다. 수평적 정보는 대기의 표면과 이동을 설명하고, 수직적 정보는 대기의 조성을 설명한다. 현재 운영 중인 정지궤도의 천리안 위성은 수평적 정보만을 창출하고 있어 수직적 정보를 확보하기 위하여 저궤도 기상위성 개발이 필요하다.[2]

우리나라의 경우 저궤도 기상위성을 미보유하고 있어 국가적 재난감시를 위한 중요 자료 획득은 외국 저궤도 기상위성에 전적으로 의존하고 있는 실정 이므로 우리나라 기상관측 고도화를 위하여 저궤도 기상위성 탑재체 개발은 매우 중요하고 필요하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 저궤도 기상위성 탑재체 국외 개발 현황에 대하여 고찰하고, III 장에서는 저궤도 기상위성 탑재체 요구 규격(안) 도출에 관하여 기술하였다. IV 장에서는 저궤도 기상위성 탑재체 주요 성능 요구 사항(안)을 기술하였다. 끝으로 본 논문의 결론은 V 장에서 언급하였다.

II. 저궤도 기상위성 탑재체 국외 개발 현황

미 해양대기국 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) POES (Polar Orbiting Operational Environmental Satellites) 프로그램의 주요 목적은 전구적인 환경 변화정도를 끊임 없이 제공. 전구 탐측 자료, 전구 영상 자료, 전구와 지역의 표면 및 수문학 관측, 빠른 데이터 수집과 탐색 및 구조를 위한 서비스, 우주환경과 오존 관측, 기후 감시와 변화 예측을 위한 장기간의 데이터베이스 구축 등이다. NOAA 위성에 탑재되어 운용중인 마이크로웨이브 대역 주요 마이크로파 탑재체는 다음 표 1과 같다.

마이크로파 대역은 수 GHz로부터 수 백 GHz까지로 대기

입자와의 진동관계를 이용하여 지표 및 대기의 다양한 변수 측정이 가능하다. 마이크로파 탑재체는 구름의 상층온도에 기인한 후체복사량을 측정하는 적외선 탑재체와 차별되어 구름을 통과하여 후체복사량을 측정할 수 있어 구름, 강수 및 지표인자 측정은 다른 탑재체에 비하여 정확도가 높다.[3]

표 1. NOAA 위성의 탑재체

탑재체	채널	무게	전력 소비	크기	데이터 전송률	측정대상
AMSU-A1	50~57(12 채널), 89 GHz	54kg	75W	30cm × 73cm × 61cm	2.1kbps	대기 온도 프로파일
AMSU-A2	23.8, 31.4 GHz	50kg	24W	67cm × 61cm × 70cm	1.1kbps	보정용 측정
AMSU-B	89, 150, 183, 31(3채널) GHz	50kg	90W	65cm × 64cm × 46cm	60kbps	습도 프로파일

유럽의 첫 번째 극궤도 위성인 MetOp (Meteorological Operational Satellite program)는 기상운용을 목적으로 한다. 초기에 MetOp 프로그램은 콜럼버스 극궤도 프로그램에서 ERS-1/2에 연계된 임무 시리즈인 POEM (Polar-Orbit Earth-Observation Mission)이라 명명된 매우 큰 위성 개념이었으나 1992년 스페인 그라나다에서 ESA (European Space Agency) 행정 협의에서 취소되었다. 그 대신 Envisat과 MetOp가 탄생하였다. 1998년 9월에 승인된 EUMETSAT 극궤도 시스템은 ESA에서 개발된 MetOp 시리즈 위성과 기상관련 지상 세그먼트와 극, 저궤도로부터의 기후감시로 구성되어 기상 운용을 위한 모닝 서비스를 제공하며, MetOp의 주요 운용 마이크로웨이브 대역 탑재체는 다음 표 2에 정리되어 있다.

표 2. MetOp의 주요 운용 탑재체

탑재체	채널	무게	전력 소비	크기	데이터 전송률	측정대상
AMSU-A1	50~57(12채널), 89GHz	54kg	75W	30cm × 73cm × 61cm	2.1kbps	대기 온도 프로파일
AMSU-A2	23.8, 31.4GHz	50kg	24W	67cm × 61cm × 70cm	1.1kbps	보정용 측정
MHS	89, 157, 183(2채널), 190.3GHz	63kg	74W	75cm × 69cm × 57cm	3.9kbps	습도 프로파일
ASCAT	5.255GHz	260kg	215W	-	42kbps	해면바람 장측정

III. 저궤도 기상위성 탑재체 요구 규격(안) 도출

본 장에서는 저궤도 기상위성 탑재체 요구 규격(안)을 다

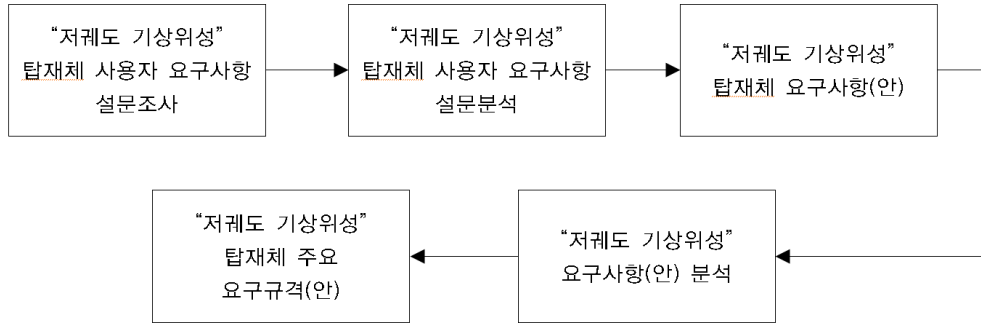


그림 2. 저궤도 기상위성 탑재체 요구 규격 (안) 도출 절차

음 그림 2와 같은 절차를 통해 도출하였다.

1. 저궤도 기상위성 탑재체 사용자 요구사항 설문 조사

본 설문조사의 목적은 향후 우리나라에서 개발하여 활용할 저궤도 기상위성의 사용자 요구사항을 도출하기 위한 기본 자료를 획득하는 것이다. 이를 위하여 우리나라 저명한 기상위성 활용 분야의 전문가를 대상으로 저궤도 기상위성 활용분야, 저궤도 기상위성 탑재체 센서 활용에 있어 중요성 및 시급성, 저궤도 기상위성 탑재체 센서 (수동형 마이크로파 영상기, 수동형 마이크로파 탐측기) 중 가장 필요한 센서 등을 조사하기 위해 다음과 같은 설문내용을 각각 제시하였다.

가. 저궤도 기상위성 활용 분야

태풍, 가뭄, 홍수, 지진, 쓰나미, 화산폭발, 황사, 산불, 한파 등 자연 재해로부터 인명 및 경제·사회적 피해를 최소화하기 위해 미국, 유럽, 러시아 그리고 중국은 저궤도 기상위성에 적외선 및 마이크로파 대역 탑재체 센서를 탑재, 기상재해 인자를 관측하여 날씨예보에 필수적인 수치예보 모델의 주요입력 자료 및 기후, 재해기상, 수문기상 연구에 필요한 자료를 제공하고 있다.[4]

나. 저궤도 기상위성 탑재체 센서 활용에 있어 중요성 및 시급성

국의 저궤도 기상위성 개발 현황을 살펴보면, 미국은 NOAA-19 위성에 적외선 영상기 (AVHRR-3)와 적외선 탐측기(HIR-3), 수동형 마이크로파 탐측기 (AMSU-A1/A2/B)를, 유럽은 METOP-A 위성에 수동형 마이크로파 탐측기 (MHS)와 적외선 탐측기 (IASI)를, 러시아는 METEOR-3M 위성에 적외선 영상기 (Klmaat)와 수동형 마이크로파 영상기/탐측기 (MTVZA)를 탑재하여 기상관측을 수행하고 있다. 마지막으로 중국은 FY-3B위성에는 수동형 마이크로파 영상기 (MWRI)와 적외선 탐측기 (IRAS), 그리고 수동형 마이크로파 탐측기 (MWHS)를 탑재하여 운용하고 있다.

기상 선진국들이 적외선 및 마이크로파 대역 탑재체를 이용하는 저의는 가시광선 대역을 이용하는 광학 센서는 야간이나 구름 등이 끼어 있을 때 목표지역 촬영이 어렵지만 적외선 및 마이크로파 대역 탑재체 센서는 야간이나 악천후에도 관측이 가능하기 때문이다. 또한, 마이크로파 대역 탑재체 원천 기술은 진일보된 군사첩보위성 개발에 활용이 가능하다.

정지궤도 및 저궤도 기상위성의 가장 큰 차이점은 운영고도에 있다. 정지궤도의 높은 고도는 기상 탑재체 선택에 있어 제약을 주고 있다. 가시 및 적외선센서 보다 상대적으로 장파장인 마이크로파의 경우 정지궤도의 높은 고도는 고해상도 관측을 어렵게 만들기 때문에 사용 되지 않고 있다.

저궤도위성은 이러한 고도로 인한 제한을 받지 않아 가시광선 및 적외선 탑재체 뿐만 아니라 다양한 주파수 영역의 마이크로파 탑재체를 장착할 수 있다. 가시광선, 적외선 및 마이크로파 탑재체의 차이점은 구름의 영향이다. 가시광선 및 적외선 탑재체는 구름이 존재할 때 지표 및 해양 면을 관측하기 어렵다. 반면에 마이크로파 탑재체는 구름의 존재와 관계없이 대기 구조, 지표 및 해양 면을 관측할 수 있는 장점을 가지고 있어 저궤도 기상위성의 효율을 높여준다.[5]

다. 수동형 마이크로파 영상기

1) 탑재체 채널요구사항

주요 수동형 마이크로파 영상기의 예는 DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) 위성의 SSMI (Special Sensor Microwave Imager), Coriolis위성의 WindSat (Wind Microwave Radiometer), GPM (Global Precipitation Measurement Microwave Imager)위성의 GMI (GPM Microwave Imager)를 꼽을 수 있다.

SSMI는 4개 주파수와 7채널로, WindSat은 5개의 주파수와 22채널로, GMI는 7개 주파수 13채널로 구성되어있다. 일반적으로 채널수의 증가는 관련 부부품의 추가 등으로 인하여 전체 질량과 요구 전력 등의 증가와 비례하는 경향이 있다.

2) 위성체 접속 기술요구사항

다음 표 3은 수동형 마이크로파 영상기의 질량, 무게, 데이터 전송률, 크기 등에 대한 요구사항을 나타낸다.[6]

표 3. 수동형 마이크로파 영상기의 위성접속 요구사항 및 특성

	SSMIS	GMI	
질량	48.5kg	100kg	341kg
전력	45W	90W	350W
데이터 전송률	3.276kbps	15kbps	174kbps
추정크기	1.40m(높이)×0.70m(직경)	2.25m(높이)×1.25m(직경)	3.20m(높이)×2.51m(직경)
궤도	830Km 태양동기 궤도	407Km 비태양동기 궤도 (65도)	830Km 태양동기 궤도
관측시간	오전 5시 55분	-	오후 6시
관측범위	1400 Km	1170Km	전방 1000Km, 후방 350Km
관측주기	1.9초	1.9초	
활용분야	온도/습도 영상	대기습도 영상	해면 풍 벡터, 강수 영상

라. 수동형 마이크로파 탐측기

1) 탑재체 채널요구사항

주요 수동형 마이크로파 탐측기의 예는 중국의 저궤도 기상위성인 FY-3A위성의 MWHS (Microwave Humidity Sounder), 인도의 ISRO와 프랑스 CNES가 공동 개발한 Megha-Tropique위성의 SAPHIR (Sondeur Atmospherique du Profil d'Humidite Intertropicale par Radiometrie), 미국의 NPP (NPOESS Preparatory Project) 위성의 ATMS (Advanced Technology Microwave Sounder)가 있다.

MWHS는 2개의 주파수와 5개 채널로, SAPHIR는 1개의 주파수와 6개의 채널로, ATMS는 13개의 주파수와 22개 채널로 구성되었다. 수동형 마이크로파 영상기와는 달리, 수동형 마이크로파 탐측기에서는 채널수가 아니라 사용된 주파수의 개수 증가가 전체 탑재체 질량과 요구 전력 등의 증가와 비례한다.

2) 위성체 접속 기술요구사항

수동형 마이크로파 탐측기의 질량, 무게, 데이터 전송률, 크기 등에 대한 요구사항은 다음 표와 같다.

표 4. 수동형 마이크로파 탐측기의 위성접속 요구사항 및 특성

	SAPHIR	MWHS	ATMS
질량	18kg	44kg	73kg
전력	30W	60W	110W
데이터 전송률	1.5kbps	7.5kbps	28kbps
추정크기	0.7m×0.7m×0.7m	0.9m×0.3m×0.3m	0.4m×0.6m×0.7m
궤도	867Km 비태양동기 궤도(20도)	830Km 태양동기 궤도	867Km 태양동기 궤도
관측시간	-	오전 10시 10분	오전 10시 30분
관측범위	1661Km	2700Km	2503Km
관측주기	1.639초	2.667초	2.67초
활용분야	습도/강수 탐측	습도/강수 탐측	수증기/습도/강수 탐측

2. 저궤도 기상위성 탑재체 사용자 요구사항 분석

저궤도 기상위성 탑재체 사용자 요구사항을 조사하기 위하여 대학, 연구소, 정부부처에서 기상위성 정보를 활용하는 전문가를 대상으로 저궤도 기상위성 탑재체 사용자 요구사항 설문조사를 수행하였으며, 분석 결과는 다음 그림 3과 같다.

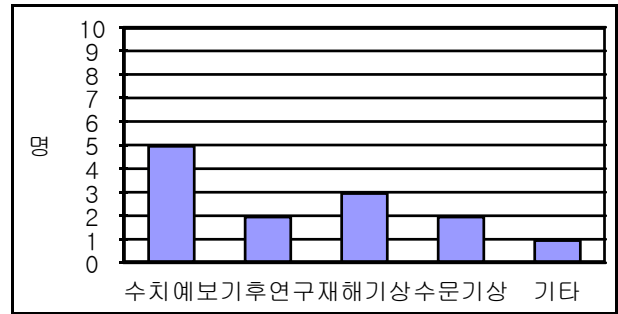


그림 3-a. 저궤도 기상위성 전문 활용분야

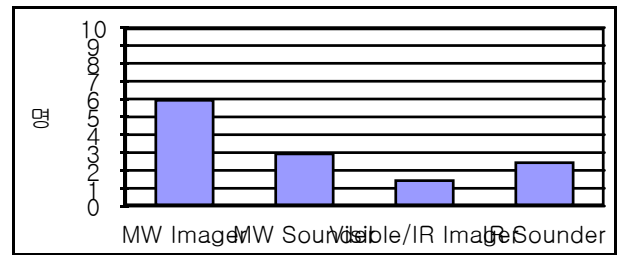


그림 3-b. 저궤도 기상위성 센서 중 가장 필요한 센서

3. 저궤도 기상위성 탑재체 요구사항(안)

저궤도 기상위성 탑재체 사용자 요구사항 설문조사 내용을 분석하여 저궤도 기상위성 탑재체 요구사항 (안)을 다음 표 5와 같이 도출하였다.

표 5. 저궤도 기상위성 탑재체 요구사항 (안)

센서	공간해상도(Km)	데이터 전송률(bps)	관측폭(Km)	관측주기
수동형 마이크로파 영상기	10	28K	2503	2sec
수동형 마이크로파 영상기	10	28K	2000	2sec
수동형 마이크로파 영상기	20~50	12~16	2000	1day
수동형 마이크로파 탐측기	10	8	1000	12hr
수동형 마이크로파 탐측기	10	10	2500	12hr
수동형 마이크로파 탐측기	10	10	2500	2.6sec
수동형 마이크로파 탐측기	20	16	1500	~3day

표 6. IRU-R 권고 수동형 마이크로파 관측 주파수 및 대역폭

관측 대상	토양 습도, 해면 온도	염도, 토양 습도	해양 표면 온도	비 눈 얼음 해양 바람	비 수증기	비 얼음 수증기	수증기 구름	수증기 구름	수증기 구름	온도 측정	비 얼음 수증기 구름	온도 측정	온도 측정	구름 얼음 눈 비	이산화질소	오존	온도 측정	온도 측정	온도 측정	온도 측정	오존 이산화질소
주파수 (GHz)	1.4	2.7	6.7	11	15	18	21	22	24	31	36	50	53	86	100	110	114	149	156	164	174
대역폭 (GHz)	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	1	0.2	6.7	2	2.3	8	3	3	3	17

IV. 저궤도 기상위성 탑재체 주요 성능 요구(안) 사항

다음 표 6은 ITU-R [International Telecommunication Union - Radiocommunication]과 WMO [World Meteorological Organization]에서 권고하는 수동형 마이크로파 관측 주파수 및 대역폭 (Band width)이다.[2]

주파수 요구사항은 다음과 같다.

- 10GHz이하에서는 대기의 투명도가 높아서 지구 표면의 특성을 관측하고 그 이상은 구름이나 대기수상 및 운습도 프로파일과 미량기체를 관측하여야 한다.
- 낮은 주파수일수록 허용 대역폭이 작고 높은 주파수일수록 대역폭이 커야 한다.
- 주파수 요구사항은 사용 대역폭, 스펙트럼 정확도, 그리고 수신 대역폭의 허용편차를 나타내는 스펙트럼 안정도로 나누어야 한다.
- 낮은 주파수일수록 전파 간섭이 존재하므로 간섭 제거 필터 사용하거나 측정 주파수를 변경하여야 한다.
- 스펙트럼 안정도는 사용 대역폭의 10% 정도이며 탐측 채널인 60GHz의 경우 사용 대역폭이 협대역이므로 도플러 효과와 감도 성능 개선을 고려하여야 한다. 복사 측정 감도 요구사항은 다음사항을 만족하여야 한다.
- 복사 측정 감도는 기상위성 탑재체 센서의 주요 성능지수이며 탑재장치가 분해할 수 있는 관측온도의 최소 변화량이며 1K이하를 만족하여야 한다.
- 60GHz 탐측 채널은 협대역, 89GHz 이상의 주파수에서는 사용 수신기 잡음이 증가하여 감도의 성능이 열악하므로 지상 처리에서 공간 정보 간 평균화를 통하여 감도를 개선하여야 한다.

관측 요구사항은 다음을 고려하여야 한다.

- 수동형 마이크로파 센서의 관측 주파수는 6.9, 10.65, 18.7, 23.8, 36.5, 89GHz 이며, 관측 대상은 강수, 해수면 온도, 바람속도, 누적수증기, 구름, 토양 습도이다.
- 1~2도의 안테나 빔이 요구되고 안테나 빔 효율은 90% 이상 요구되고 스캔 방법은 코니칼 스캔 방법을 고려하여야 한다.

저궤도 탑재체 주요 성능 요구사항 (안)은 저궤도 기상위성 탑재체 사용자 요구사항 설문조사를 통해 도출된 탑재체 요구사항 (안)과 주파수 요구사항, 복사측정요구사항 그리고 관측요구사항 등을 고려하여 저궤도 기상위성 탑재체 요구규격 (안)을 도출하였다. 저궤도 기상위성 탑재체 주요 요구규격 (안)은 다음 표 7과 같이 제시되었다.

표 7. 저궤도 기상위성 탑재체 주요 요구 규격 (안)

	요 구 사 항 (안)
운용 고도	680 Km
관측 방식	코니칼 스캔 방법
복사측정 정확도	< 1K
요구 감도	< 1K
관측 폭	1516 Km
공간해상도	15 Km
안테나 (1m) 효율	36 GHz 이하 > 95%, 89 GHz 이상 > 90%

V. 결 론

본 논문에서는 저궤도 기상위성 탑재체 개발현황 조사를 위하여 NOAA-POES와 MetOp의 운용 방법 및 탑재체를 분석하였다. 수동형 마이크로파 영상기와 탐측기 기술 개발 동향을 통해 영상기는 광 범위 주파수 사용과 반사기 크기가 증가하는 추세이고 탐측기는 역시 광 범위 주파수 사용과 탑재체 크기를 축소하는 경향이 있다.

저궤도 기상위성 탑재체 사용자 요구사항 설문조사를 통해 저궤도 기상위성의 전문활용 분야는 수치예보 이며, 탑재체 센서 중 가장 필요한 센서는 마이크로웨이브 탐측기와 영상기 임을 알 수 있었다.

끝으로, 본 연구를 통해 저궤도 기상위성 탑재체 주요 성능 요구 사항인 주파수 요구 사항, 복사 측정 요구 사항, 공간 요구 사항, 안테나 효율 등의 기술적 요구사항과 저궤도 기상위성 사용자 요구사항을 기반으로 저궤도 기상위성 탑재체 주요 성능 요구 규격을 제시 하였다.

참 고 문 헌

- [1] 은종원, "저궤도 기상위성 개발 기술기준에 관한 연구", 통신위성 우주산업연구회논문지 제7권 제1호 pp116 ~121, 2012.6.
- [2] 은종원 외, "저궤도 기상위성 개발을 위한 기획연구," 국가기상 위성센터, 2012.12.
- [3] Janssen, M. A, Atmospheric Remote Sensing by Microwave Radiometer. A Wiley-interscience publication, pp 592, 1993.
- [4] Kummerow, C, W. S. Olson, and L. Giglio, "A simplified scheme for obtaining precipitation and vertical hydrometer profiles from passive microwave sensors." IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 34, 1996.
- [5] D. B. Kunkee, G. A. Poe, D. J. Boucher, S. D. Swadley, Y. Hong, J. E. Wessel, and E. A. Uliana, "Design and evaluation of the first Special Sensor Microwave Imager/Sounder," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 46, no.4 2008.4.
- [6] P.W. Gaiser et al., "The WindSat spaceborne polarimetric microwave radiometer: Sensor description and early orbit performance," IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 42, no. 11, 2004.

저자

은 종 원(Jong Won Eun)



중심회원

- 1987년 5월(미국) : 유타주립대학교 대학원 석사 및 박사(물리학)
- 1986년 2월~1989년 2월 : (미) 항공우주국(NASA) Marshall Space Flight Center 선임연구원
- 1992년 9월~1994년 4월 : (미)

Lockheed Martin Space 현장연구원

- 1989년 4월~2009년 9월 : ETRI 책임연구원
- 2005년 3월~2007년 2월 : 한국과학재단 우주단장
- 2011년 9월 : 기업 기술가치 평가사
- 2009년 9월~현재 : 남서울대학교 위성정보융합연구센터장 (정보통신공학과 교수)

<관심분야> : 위성통신, 위성정보융합기술, 저궤도 기상위성 탑재체, 저궤도 위성 지상국기술, 회로망, 초고주파통신, T-DMB 시스템, IT 기반 융합기술, IT 기술마케팅, 우주정책과 기술융합