

통신해양기상위성 복사방출과 정지궤도 발사체 복사감응과의 전자파 적합성 해석

논 문
59-4-17

The Preliminary EMC Analysis Between the COMS RE and the GEO Launch Vehicles RS

김 의 찬* · 이 승 민†
(Eui-Chan Kim · Seung-Min Lee)

Abstract - In this paper, the preliminary EMC analysis process between the Communication, Ocean and Meteorological Satellite (COMS) and the Geostationary Earth Orbit (GEO) launch vehicles in the frequency range is described. The considered launch vehicles are Arian V, Sea Launch, Land Launch, Atlas III&V, Delta IV, Proton M/breeze M, Soyuz, H II-Aa. The launch vehicle Radiated Susceptibility (RS) specifications have been compared to COMS satellite Radiated Emission (RE) limits. The COMS Radiated Emission (RE) level is determined by calculating the radiated field equal to the quadratic sum of radiated emissions of each equipment switched "ON" during launch. As a result, The RS requirements of Arian V, Atlas III&V and Delta IV launchers are compliant with COMS RE limits. The negative margins appear between the others launch vehicle RS (Sea Launch, Land Launch, Proton M/Breeze M, Soyuz and HII-A) and COMS RE. Then, if the launchers that have negative margin were chosen by the customer, The EMC tests should be performed at satellite level in order to demonstrate the compatibility with respect to launch vehicles requirements.

Key Words : Electromagnetic Compatibility, Radiated Emission, Radiated Susceptibility

1. 서 론

높은 신뢰성과 안정성이 필요한 위성체 및 발사체 시스템은 우주 기술 및 전자기술의 빠른 발전과 더불어 복잡 다양해지고 종전보다 많은 수의 전자 장비를 요구하는 추세이다. 우주에서의 전자파환경이란 위성체 및 위성체를 운반하는 발사체에 장착되는 전장품들의 정상적인 동작에 영향을 미치는 전자기적인 주위 상황을 지칭한다. 그리고 이와 같은 전자파 환경은 위성체 전장품들이 정상적으로 동작할 때 발생하는 전자기장에 의한 정상상태 전자파 환경과 위성 임무를 수행하기 위해 위성체 외부의 안테나를 사용하여 의도적으로 전자파를 발생시키는 임무상태 전자파 환경으로 구분될 수 있다. 그러므로 위성체 전장품은 본인 자체가 전자파 환경을 형성함으로써 다른 전장품에 영향을 주는 것이 적극적으로 억제되어야 하며 동시에 다른 전장품에 의하여 발생된 전자파 환경의 영향에 대한 내성(immunity)을 향상시켜 감수성(susceptibility)을 저하하도록 설계되어야 한다[1][2]. 전자파 환경을 매개로 한 시스템과 시스템간의 상호 간섭에 대한 EMC는 시스템간(inter-system EMC)이라고 하는데 이는 발사체 및 발사장 주위 전자파 환경과 위성체

와의 EMC로 이해될 수 있다. 한편, 위성체 시스템 내부에 있어서도 전자파 간섭과 이에 대한 EMC를 만족해야 하는데, 이것을 시스템 내부 EMC(intra-system)라고 한다[3].

위성체에서는 이러한 두 가지의 EMC를 만족해야 하며, 본 논문에서는 발사체 시스템과 위성체 시스템간의 상호 간섭에 대한 EMC에 대하여 기술한다. 위성체가 발사체의 페어링 안에 탑재되어 발사대기 상태일 때, 위성체는 발사장에서 발사체 및 발사장 주변을 제어하는 운용 장비에서 방출되는 전자파 및 발사장 기상상태를 관측하는 기상레이더의 전자파 잡음을 받는다. 또한 위성체는 발사 후 우주 궤도로 진입 시 발사체의 궤적정보를 확인하기 위하여 지상 통제 센터에서 쏘아올린 레이더와 발사체의 정보를 지상국으로 내려 보내는 발사체 송신기 등의 각종 RF환경의 전자파 잡음에 영향이 없이 페어링내에서 대기 상태를 정상적으로 수행해야 한다. 그러므로 지상시험을 통하여 발사체의 송신기가 방출할 수 있는 최대레벨을 위성체에 제공하여 서로 전자파 간섭이 없는지 검증해야한다. 역으로, 발사체가 발사에서부터 위성체를 정상궤도에 올려놓을 때 까지 정상동작할 수 있도록 위성체는 발사체에 전자파간섭을 주어서는 안 된다. 이와 같은 발사체 및 발사장의 전자파 환경은 위성체 시스템 수준의 전자파 적합성(ElectroMagnetic Compatibility : EMC)을 만족하기 위해 위성 설계 초기단계부터 고려되어지고, 위성체의 복사 방출(Radiated Emission : RE) 및 복사 감응(Radiated Susceptibility : RS)이 시험레벨에서 확인된다. 최종적으로 발사체는 위성체에서 제공된 전자파 시험 결과를 통하여 상호간에 전자파 적합성이 성립하는지 검증하고 있다.

* 정 회 원 : 한국항공우주연구원 통신해양기상위성 체계팀
선임연구원

† 교신저자, 정회원 : 충남대학교 사범대학 전기전자통신
공학교육과 초빙교수 · 공박

E-mail : zbus@cnu.ac.kr

접수일자 : 2010년 3월 일

최종완료 : 2010년 3월 일

본 논문은 발사체 선정과정에서 전자파 적합성이 만족하는 발사체 후보를 확인하기 위하여 정지궤도급 위성 발사체들의 복사감응 수준을 분석하고, 그 중에서 아리안 5와 소유즈 발사체 복사감응과 통신해양기상위성의 복사방출 관점에서 예비 EMC 해석과정을 연구하였다.

2. EMC 해석

2.1 COMS 복사방출

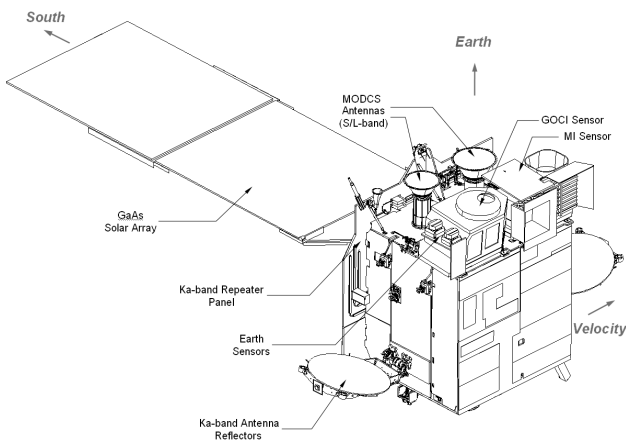


그림 1 통신해양기상위성 형상
Fig. 1 The configuration of COMS

통신해양기상위성(Communication, Ocean and Meteorological Satellite : COMS)은 통신, 해양 및 기상탐재체를 주요 탑재체로 탑재하여 임무를 수행하는 다임무 정지궤도 위성이다. 통신 탑재체인 Ka-band 중계기는 한반도 및 중국의 동북지역에 통신서비스를 제공하며, 해양탐재체(Geostationary Ocean Color Imager : GOCI)는 약 500m급의 공간분해능을 갖는 8개 가시광선채널을 통해 한반도 주변의 해양데이터를 획득하는 것이 주 임무이다. 또한 기상탐재체(Meteorological Imager : MI)는 지구표면 및 구름의 이미지 측정과 복사 정보를 획득하는 것이다. 그림 1은 통신해양기상위성의 형상을 보여준다.

통신해양기상위성 모델은 EADS Astrium사의 Eurostar 3000 모델위성의 기본형상 및 요구사항을 기본으로 두었으며, 통신해양기상위성의 모든 요구사항은 Eurostar 3000에서 가져온다. 위성에 장착되는 전장품이 정상 동작할 때 1m 떨어진 거리에서 방사되는 에너지를 안테나로 측정된 복사방출은, Eurostar 3000의 전장품 EMC 복사방출의 요구사항을 만족해야 한다. 발사단계에서 위성체는 대기상태로 있어야 되므로 전장품 PSR(Power Supply Regulator), SCU(Spacecraft Computer Unit), MPIU(Modular Payload Interface Unit), ADE5(Actuator Drive Electronics 5), Transponder, MI2U(Meteo Imager Interface Unit), MI(Meteo Imager), GOCI(Geostationary Ocean Color Imager)는 ON되어야 한다. 새로 개발되는 전장품(MI, GOCI, MI2U)의 복사방출은 Eurostar 3000 전장품이 가질수

있는 최악의 경우인 복사방출이라 가정하고 이미 측정된 전장품들의 복사방출 데이터를 적용하고, 수식 (1)을 이용하여 COMS의 복사방출을 추정하고 그래프로 나타낼 수 있다. 그림 2는 대기상태의 COMS 복사 방출 추측 레벨을 나타낸 그래프이다.

$$RE(COMS) = \sqrt{\sum(RE(Equipment))^2} \quad (1)$$

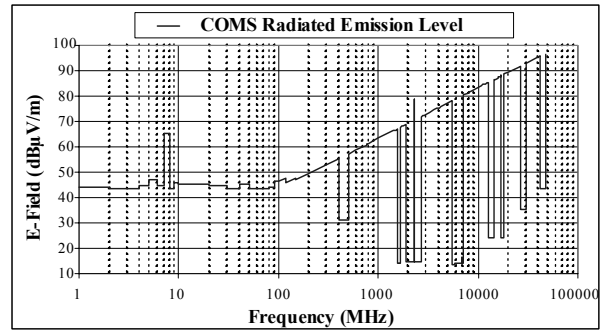


그림 2 대기상태의 COMS 복사 방출 추측 레벨
Fig. 2 The estimated Radiated Emission level of COMS in Stand-by

2.2 발사체 복사감응

2.2.1 아리안 5 복사감응

아리안 5는 유럽의 다국적 항공우주 종합그룹이 EADS Space Transportation사에서 제작하고 Ariane Space사에서 발사 서비스를 담당하고 있는 발사체이다. 극저온 엔진을 사용하며 액체 수소와 액체 산소를 각각 연료와 산화제로 사용하고 있다. 이전의 아리안 4의 우수한 발사 성능에 10톤 이상의 초대형 위성까지 정지궤도에 올릴 수 있는 강력한 성능이 더해진 발사체이다. 아리안 5 발사체는 발사 성능에 따라 5G(General), 5E(Enhanced), 5ES, 5ECA 등 몇 가지 기종이 있는데 개발 이후 사용해오던 5G 기종을 최근에 생산 중단하고 5ECA를 사용하고 있는 것으로 알려졌다. 5ECA는 주엔진을 성능이 더욱 향상된 Vulcan2엔진으로 교체하고 5E에는 없었던 3단 극저온 엔진을 추가로 탑재한 것이 특징이다. 그림 3은 아리안사에서 아리안 5의 복사 감응을 측정하여 고객에게 제공하는 그래프이다. [420MHz - 480MHz]주파수 대역은 발사체가 지상에서 원격 명령을 수신하는 대역이므로 위성체가 35 dBuV/m이상의 전계강도를 발산하면 발사체의 수신기가 지상에서 올라오는 원격명령으로 인식하고 혼동을 일으켜 치명적인 오류동작을 발생시킨다. 그림 4에서 보여주듯이, 이 레벨은 Ø2624 mm볼트 접속으로부터 0.5m아래의 지점에서 전자파를 주사함과 동시에 발사체의 정상동작여부를 관찰하면서 감응상태를 측정한 결과이다[5]. 실제로는 발사체의 전자파가 어댑터를 관통하여 위성에 도달하므로 감쇄효과가 있을 수 있으나, 해석과정에는 자유공간에서 거리에 의한 감쇄만 되는 최악조건으로 가정한다.

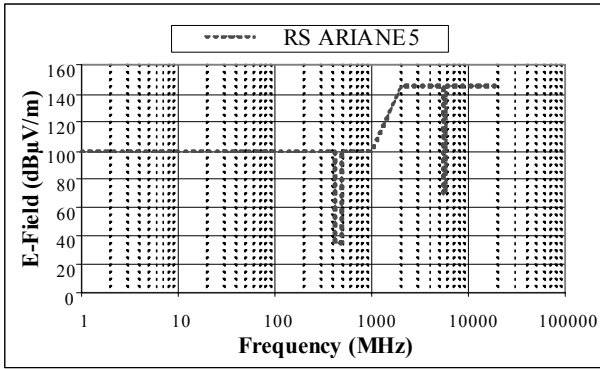


그림 3 아리안 5의 전자파 방사 수준 레벨
 Fig. 3 The Radiated Emission (RE) level of Ariane V

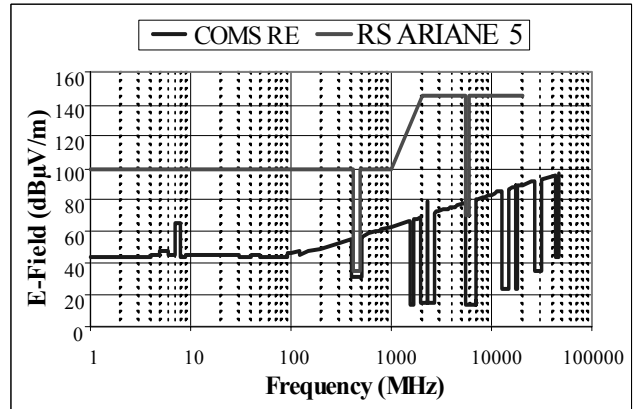


그림 5 COMS 복사 방출과 아리안 5 복사감응의 비교
 Fig. 5 The comparison between COMS RE and Ariane V RS

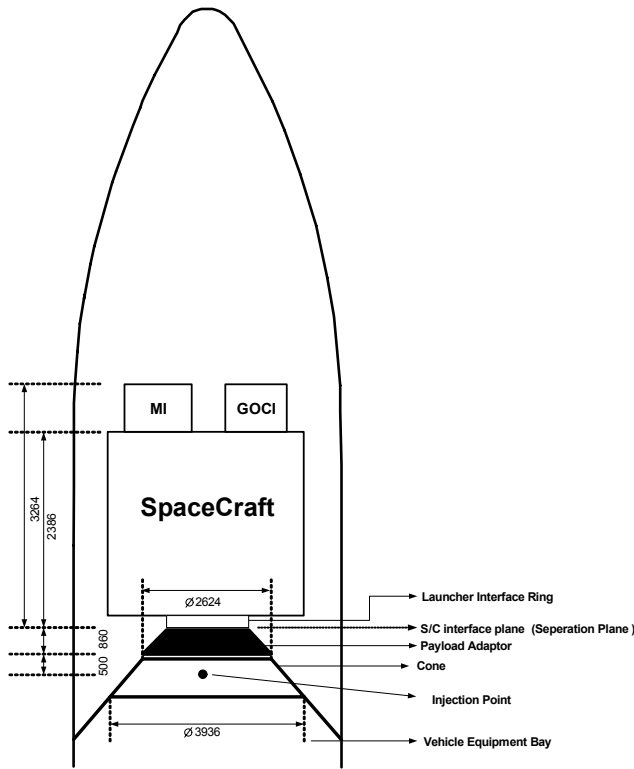


그림 4 아리안 5 페어링 내부에 탑재된 COMS 형상개략도
 Fig. 4 The configuration of COMS under the Ariane V Fairing

2.2.2 COMS 복사방출 / 아리안 5 복사감응 EMC

그림 5, 6에서는 COMS 복사 방출과 아리안 5의 복사감응의 비교를 보여준다. COMS 복사 방출과 아리안 5의 복사 감응 아이의 최악의 여유 마진은 아리안 5의 원격측정 수신기 주파수 대역[420MHz - 480MHz]에서 + 3.8 dB이다. 그러므로 COMS 복사방출과 아리안 5의 복사감응 관점에서의 EMC는 적합성을 가진다.

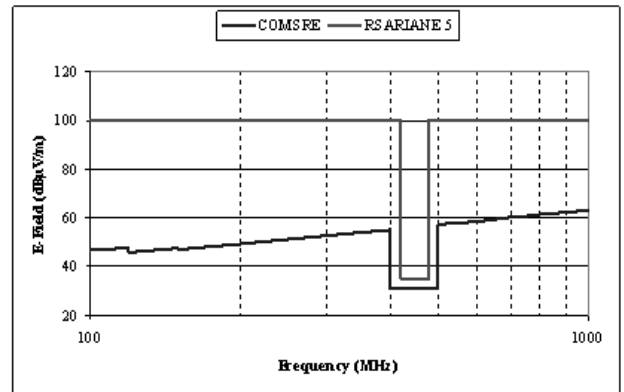


그림 6 COMS 복사 방출과 아리안 5 복사감응의 비교(확대)
 Fig. 6 The comparison between COMS RE and Ariane V RS (zoom)

2.2.3 소유즈 복사감응

소유즈 로켓은 저궤도용으로 매우 안정적인 서비스를 제공하는 발사체로 알려져 있다. 지난 30년간 러시아의 우주 정거장으로 우주인을 실어 날랐던 발사체로 유명하다. 1966년에 첫 발사를 한 이래 820회 발사에서 801회 성공으로, 97.7%라는 놀라운 성공률을 자랑하는 발사체이다. 현재까지는 카자흐스탄의 Baikonur 우주센터에서 발사되어 왔으나, 2008년 후에는 아리안스페이스사가 Soyuz 발사체의 성능 향상 및 Soyuz 발사체를 프랑스령인 Guiana의 Kourou 발사한다. 발사 능력 향상과 정지궤도 위성 발사를 위해 상단에 Fregat라는 재점화가 가능한 액체 엔진을 사용하고 있다. Fregat 역시 4회 발사하여 아직까지 실패한 기록은 없다. 그림 7은 소유즈 발사체의 복사감응을 나타내며 이 그래프는 소유즈사에서 측정하여 고객들에게 제공한다. 표 1은 소유즈 복사감응 한계치를 수치로 나타내었다. 전자파를 주사하는 지점은 그림 8에서 보여주듯이 위성 어댑터와 발사체의 Fregat와의 접촉면이다[6].

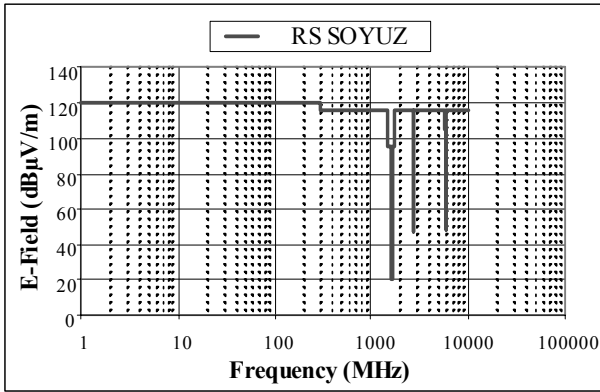


그림 7 Soyuz의 전자파 감응 레벨
Fig. 7 The Radiated Susceptibility(RS) level of Soyuz

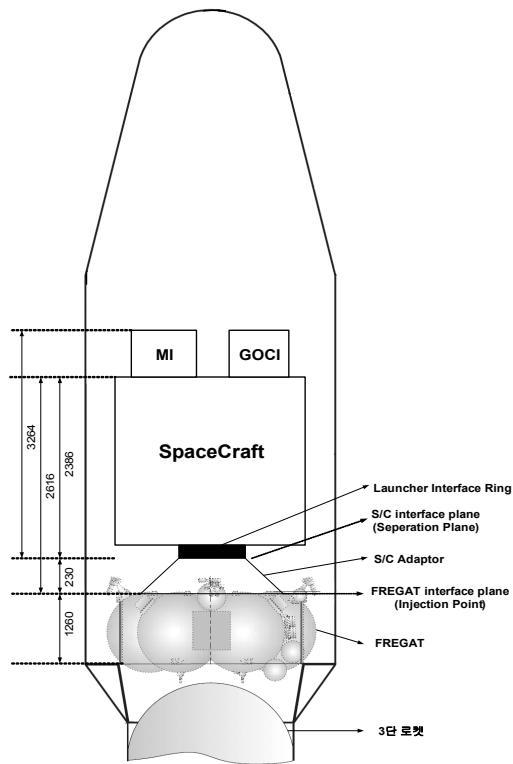


그림 8 Soyuz 페어링내부에 탑재된 COMS 형상개략도
Fig. 8 The configuration of COMS under the Soyuz Fairing

표 1 소유즈 복사감응 한계치

Talbe 1 Soyuz Radiated Susceptibility limits

Frequency Band(MHz)	LV Field Intensity (dBμV/m)
0.014 - 300	120
300 - 10,000	116
1470 - 1720	95
1566 - 1623	20
2700 - 2750	105
2716 - 2734	47
5655 - 5855	105
5745 - 5765	48

2.2.4 COMS 복사 방출 / SOYUZ 복사 감응 EMC

그림 9, 10에서는 COMS 복사 방출과 소유즈의 복사감응의 비교를 보여준다. COMS 복사 방출과 소유즈의 복사 감응 사이의 최악의 여유 마진은 소유즈 로켓의 궤적을 제어하는 명령 수신기 주파수 대역 [1566 MHz - 1575 MHz]에서 - 47.2 dB이다. 그러므로 COMS 복사 방출과 소유즈의 복사감응 사이에서는 EMC를 만족하지 못한다.

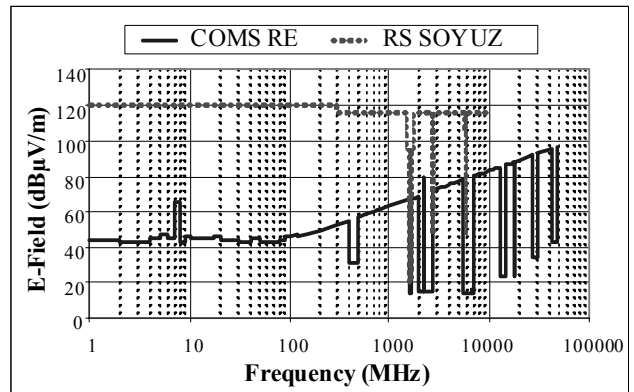


그림 9 COMS 복사방출과 소유즈 복사감응의 비교
Fig. 9 The comparison between COMS RE and SOYUZ RS

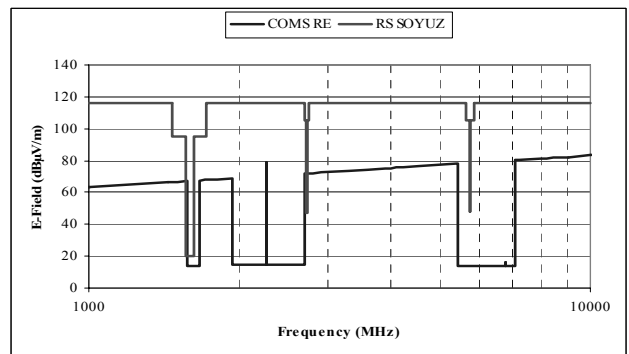


그림 10 COMS 복사방출과 소유즈 복사감응의 비교 (확대)
Fig. 10 The comparison between COMS RE and SOYUZ RS(zoom)

2.2.5 COMS 복사방출 / 정지궤도 발사체 복사감응 EMC

해당 발사장서 COMS가 운용될 정지궤도의 목표지점까지 운반하는 정지궤도급 발사체는 Arian V, Sea launch, Land launch, Atlas III&V, Delta IV, Proton M/Breeze M, Soyuz, HII-A, Angara와 같은 9개의 발사체가 있다. 본 논문에서는 발사체의 복사감응과 위성의 복사방출 관점에서 전자파 적합성을 만족하는 대표적인 예로 아리안 5와, 만족하지 못하는 소유즈를 들었다. 표 2는 위절의 해석 접근 방식을 적용하여 각 발사체와 복사감응과 COMS 복사방출의 전자파 적합성의 마진을 나타낸다. 표에서 나타나듯이, Arian V, Atlas III&V, Delta IV의 복사감응과 COMS 복사

방출의 관점에서 전자파 적합성이 있는 것으로 증명되었고, Sea launch, Land launch, Proton M/Breeze M, Soyuz, H II-A의 복사감응과 COMS 복사방출의 관점에서는 음의 여유 마진이 생겨 전자파 적합성측면에서는 부적절한 것으로 해석되었다[5-12]. Angara는 발사체 사용문서에서 복사감응 자료를 제공하지 않아 해석할 수 없었다[13].

표 2 각 정지궤도 발사체 복사감응 vs COMS 방출 EMC 요약

Table 2 The summary of comparison between each GEO launcher RE and COMS RS

	Arian	Sea Launch	land launch	Atlas &	Delta	Proton / Breeze M	SOYUZ	H -A	Angara
COMS S/L	+3.8	-40	-37	+49	+6.6	-7.2	-47.2	-64.8	TBD

3. 결 론

본 논문에서는 정지궤도급 발사체의 복사감응과 COMS 복사방출의 수준을 분석하여, 서로간의 전자파 적합성이 성립되는지 예비적으로 해석해 보았다. 이는 발사체 선정기준에 주요한 자료로 이용될 수 있다. Arian V, Atlas III&V, Delta IV의 복사감응과 COMS 복사방출의 관점에서 전자파 적합성이 있는 것으로 증명되었고, Sea launch, Land launch, Proton M/Breeze M, Soyuz의 복사감응과 COMS 복사방출의 관점에서는 음의 여유도가 생겨 전자파 적합성이 부적절한 것으로 해석되었다. 그러나, 새로 개발되는 전장품에 자파 적시험결과가 본 해석에 적용되었던 복사방출보다 낮을 것으로 예상되고, 또한 COMS 복사방출도 낮아질 것으로 예상되어 음의 마진을 갖는 발사체는 향후에 양의 마진을 가질 수 있다. 전자파 적합성이 음의 마진을 갖는 발사체가 선정된다면 위성체 레벨에서 복사방출 시험을 하여 전자파 적합성을 증명해야 한다.

참 고 문 헌

[1] 조영호, "MIL-STD-1553B 버스를 이용한 통신해양기상위성의 시스템 버스 설계 및 분석" 전기학회논문지, 제57권, 제7호, pp.1285-1289, 2008.
 [2] 김태운, 임성빈, 최석원, "전도성 전자파환경에서의 다목적 실용위성 2호 시스템 설계 검증", 항공우주학회지, 제32권, 제8호, pp. 138-144, 2004.
 [3] 김의찬, 이흥호, "통신해양기상위성과 정지궤도 발사체와의 전자파 적합성 해석", 대한전기학회지, 제57권, 제3호, pp. 439-445, 2008.
 [4] 채태병, 오승엽, "정지궤도 인공위성의 전자파 호환성

해석", 한국항공우주학회지, 제36권, 제12호, pp.1207-1215, 2008.

[5] Starsem, Soyuz User's Manual, Issue. 3, Rev. 0, April 2001.
 [6] Arianspace, Ariane V User's Manual, Issue. 3, Rev. 0, March 2000.
 [7] Boeing, Delta IV Payload Planners Guide, October 1999.
 [8] International Launch Services, Atlas Launch System Mission Planners's Guide, Rev. 9, September 2001.
 [9] International Launch Services, Proton Launch System Mission Planners's Guide, Rev. 5, Issue 1, December 2001.
 [10] Boeing, Sea Launch User's Guide, Rev. C, March 1996.
 [11] Boeing, Land Launch User's Guide, July 2004.
 [12] NASDA, H-IIA User's Manual, 2nd Ed, Rev. C, December 2001.
 [13] International Launch Services, Angara Launch System Mission Planner's guide, Rev. 0, December 2002.

저 자 소 개



김 의 찬 (金 宜 燦)

1973년 1월 19일생. 1995년 충남대 전기공학과 졸업. 1998년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국항공우주연구원 통신해양기상위성 체계팀 근무

Tel : 042-860-2771

Fax : 042-860-2776

E-mail : eckim@kari.re.kr



이 승 민 (李 承 珉)

2000년 충남대학교 전기공학과 졸업(학사). 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 동 대학원 충남대학교 전기공학과 졸업(박사). 2007~2009년 한국원자력연구원 연구원. 2009년~ 현재 충남대학교 사범대학 전기전자통신공학과 육과 초빙교수

Tel : 042-821-8578

Fax : 042-821-8886

E-mail : zbus@cnu.ac.kr