

천리안위성의 발사체와의 전자파 적합성 시험결과 분석

최재동
한국항공우주연구원

RF Compatibility Test Results of COMS satellite with Launch Vehicle

Jae-Dong CHOI
KOREA AEROSPACE RESEARCH INSTITUTE

ABSTRACT

This paper describes the test results of radiated compatibility with Ariane 5 launcher performed on the COMS Satellite test facility. Firstly, the Radiated Emission test results are analyzed in compliance with the Radiated Susceptibility requirement specification of Ariane 5 launcher. The satellite nominal operation is monitored during injection a radiated electric field corresponding to the launcher emissions levels in critical frequency ranges. And also, E-field are measured through a probe located at external units level in order to assess the EMC safety margin in Radiated mode.

1. 서론

우주에서의 전자파 환경은 위성체 및 위성체를 운반하는 발사체에 장착되는 전자제품들이 내부 혹은 외부 전자기장에 노출되는 영향을 나타낸다. 이와 같은 전자파 환경은 위성체 전자제품들이 정상적으로 동작할 때 발생하는 전자기장에 의한 정상상태 전자파 환경과 위성입무를 수행하기 위해 위성체 외부의 안테나를 사용하여 의도적으로 전자파를 발생시키는 임무상태 전자파 환경으로 구분될 수 있다^[1-3]. 위성체의 전자제품은 전자파를 생성하여 위성체내의 전자제품 뿐만 아니라 위성 이 발사체에 탑재되어 분리되기까지 동작하는 발사체 전자부품에 상호간섭을 주지 않아야 한다. 특히 인공위성의 원격명령 및 텔레메트리의 송수신을 위해 사용되는 주파수 및 안테나는 발사체로부터 분리되기 전까지 위성체에 의해 생성되는 복사방출(Radiated Emissions) 레벨이 발사체의 특정주파수대역에 영향을 주어서는 안된다. 이와 반대로 발사체의 특정주파수에 의해 발생하는 복사방출 레벨이 위성체에 동작특성에 영향을 주지 않아야 하며 위성체는 발사체로부터 발생하는 최악 복사조건에 대해 영향을 받아서는 안된다.

본 논문에서는 정지궤도 천리안위성의 위성체에서 복사되는 복사방출레벨이 천리안위성의 발사체로 선정된 아리안 5 발사체의 복사감응 요구규격을 만족하는지에 대하여 분석하였다. 위성체의 복사방출 측정레벨은 [1 MHz ~ 18 GHz] 범위의 주파수 대역에서 수행되었으며, 발사체 요구규격을 만족하는지를 분석하기 위해서 발사모드에서 위성체와 발사체간 분리면의 1m 거리에서 측정된 값이 분석되었다. 또한 아리안 5 발사체

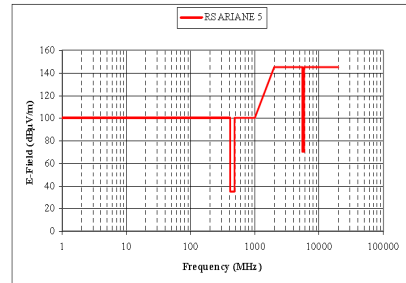
로부터 발생하는 복사방출레벨에 대해 천리안 위성의 복사감응(Radiated Susceptibility) 결과분석을 위해 위성체의 동작특성이 실시간으로 확인 되었다.

2. 발사체와의 전자파 적합성 시험

전자파 복사 적합성 시험은 위성체와 발사체와의 전자파 적합성을 확인하기 위한 시험이다. 본 연구에서의 주요 시험내용은 천리안 위성체에 의해 생성되는 복사방출레벨이 아리안 5 발사체의 특정주파수대역(발사체 수신 주파수 대역)에 미치는 영향 측정과 아리안 5 발사체의 특정주파수에 의해 발생하는 복사레벨에 해당하는 자기장을 삽입하여 위성체의 복사감응 정도를 측정한다. 이 시험기간 동안 위성체는 발사모드로 놓이게 된다.

2.1 복사방출 시험

복사방출 측정시험은 위성체에서 방사되는 자기장 레벨이 아리안 5 발사체의 복사감응 요구규격을 만족하는지를 확인하기 위한 시험이다. 복사방출 측정레벨은 [1 MHz ~ 18 GHz] 범위의 주파수 대역에서 수행되며, 발사체와의 규격을 만족시키기 위해서는 발사모드에서 위성체와 발사체간 분리면의 1m 거리에서 측정된 값이 그림 1에서 제시된 발사체 복사감응 요구규격을 넘지 않아야 한다.

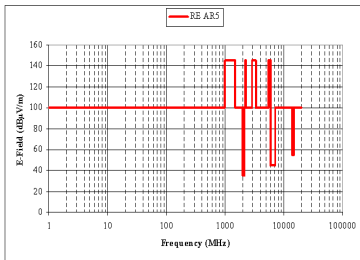


Frequency MHz	RS ARIANE 5 dBV/m	Comment
0.01 - 1000	100	
420 - 420	55	ARIANE 5 telecommand & destruct reception system
1000 - 2000	100 to 145	
2000 - 20000	145	
5450 - 5825	70	ARIANE 5 radar transponder Rx

그림 1. 아리안 5 발사체에 대한 위성체 복사방출 레벨 규격
Fig. 1 Spacecraft Radiated Emissions-allowable envelope for Ariane V

2.2 복사감응 시험

복사감응 측정시험은 발사체에 의해 복사되는 자기장으로 부터 위성체의 감응정도를 확인하기 위한 시험으로 발사체에 의해서 발생하는 주파수를 삽입 후 위성체 구성상태의 변화, 텔레메트리 변동, 고장검출 메카니즘 검출, 부품의 재구성 및 유닛의 리셋등이 발생하는지를 검증한다. 이때 위성체는 발사체로부터 발생하는 최악복사조건에 대해 영향을 받아서는 안된다. 따라서 시험기간 동안 고장상태를 포함하는 모든 디지털 텔레메트리의 상태를 점검하며 아날로그 데이터는 기준 값에 대하여 지속적으로 측정하여 변동여부를 확인한다. 아리안 5 발사체에 의한 복사방출 규격은 그림 2와 같다.



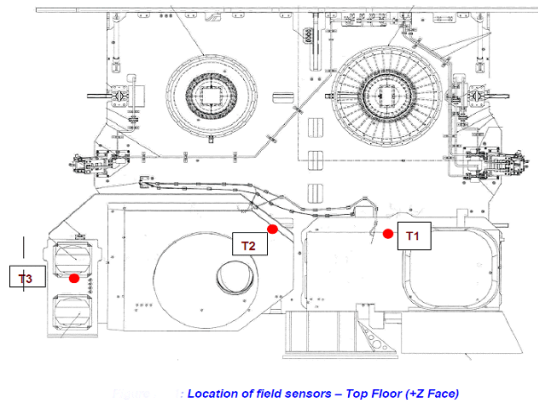
Frequency MHz	RE AR5 dBµV/m	Comment	Signal Form
0.01 - 20000	145		
1000 - 1500	145	ARIANE 5 launch pad spurious emissions	CW
2025 - 2110	35		
2200 - 2290	145	ARIANE 5 TM transmission system	CW
2900 - 3900	145	ARIANE 5 launch pad spurious emissions	CW
5400 - 5900	145	ARIANE 5 radar transponder system (T0)	Pulse-modulated signal duty cycle 1KHz pulse duration = 0.5µs
5925 - 7074	45		
14000 - 14800	55		

그림 2. 아리안 5 발사체에 대한 위성체 복사방출 레벨 규격

Fig. 2 Spacecraft Radiated Susceptibility-allowable envelope for Ariane V

2.3 자기장 (Electrical Field) 측정시험

천리안위성의 전자파 적합성 시험은 복사모드에서 위성의 외부에 위치한 유닛들에 대해 발사체로부터 발생하는 전자파환경에 대한 안전 마진 확보가 가능함을 확인하는 시험으로 최상위 면에 위치한 기상, 해양 및 지구센서에 L, S 및 Ka-band를 측정할 수 있는 자기장 센서를 사용하여 측정을 수행한다. 측정된 자기장 값은 3축에서 측정된 자기장 값의 합으로 계산되며 센서의 위치는 그림 3과 같다.



<T1: 기상탐재체, T2: 해양탐재체, T3: 지구센서>

그림 3. 천리안위성 자기장 센서 측정위치

Fig. 3 Location of field sensors at Top floor

3. 시험결과

3.1 위성의 복사방출 측정시험결과

위성의 복사방출측정은 천리안위성 EMC (Electromagnetic Compatibility) 시험규격에 따라 수직과 수평방향에서 위성의 -X면과 +X면에 위치하는 안테나에서 측정 되었다. 모든 경우에 대해서 [1MHz ~ 18 GHz]의 주파수 범위에서 측정된 후 발사체 수신기의 주파수 범위에서 보다 정밀한 측정을 수행한다. 먼저, 기준레벨 값을 확인하기 위해 기저 노이즈가 측정되었다.

천리안위성의 복사방출 측정결과 그림 4와 그림 5에서 보여지는 것처럼 +X/-X면의 수평과 수직방향의 측정결과 모든 주파수범위 내에서 발사체의 최악조건보다 낮게 나타나고 있으며, 아리안 5 발사체 노치 [420 ~ 480 MHz]에서 최소 +13dB마진을 보여주고 있다. 따라서 천리안위성의 복사방출시험결과는 아리안 발사체 규격을 만족함을 알 수 있다.

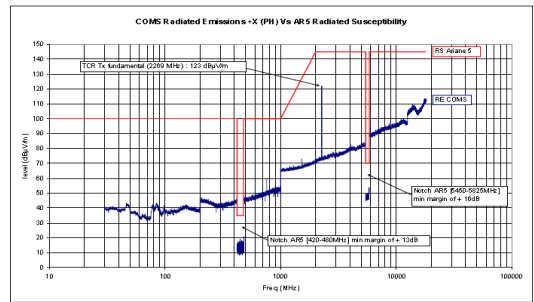


그림 4. 천리안 위성 RE, Horizontal polarization(+X side)

Fig. 4 COMS Radiated Emissions +X (PH)

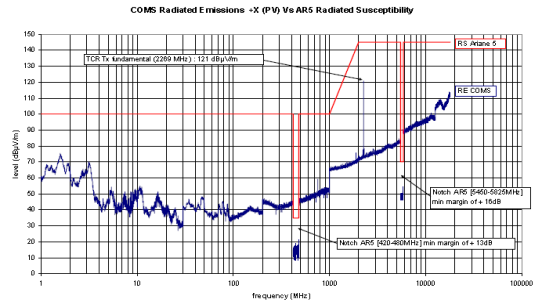


그림 5. 천리안 위성 RE, Vertical polarization (+X side)

Fig. 5 COMS Radiated Emissions +X (PV)

3.2 위성의 복사감응 측정시험결과

위성의 복사감응시험은 발사체 데이터 송수신 시스템에 의해 방출되는 노이즈에 의해 영향을 받는지를 확인하는 시험으로 발사체 송신 주파수 범위에 대해 위성체는 '온' 상태에서 복사감응정도가 측정되었다. 복사감응시험을 위해서 두 개의 안테나 위치에서 지정 주파수가 연속적으로 삽입되었으며 위성체의 동작특성을 실시간으로 모니터링 하였다. 또한 모든 디지털 텔레메트리 상태 및 아날로그 데이터가 연속적으로 기준값과 비교하여 노이즈 영향에 의해 변화가 발생되었는지 시험되었다. 천리안위성의 복사감응 시험결과 모든 디지털 텔레메트리 및 아날로그 데이터값에 비정상적인 동작이 발생되지 않았으며 정상적인 동작특성결과를 보여주었다.

참 고 문 헌

- [1] COMS S/L Radiated EMC Tests Specification
- [2] Ariane 5 User's Manual, Issue 5 Revision 0, Arianespace, July, 2008.
- [3] 김의찬, 이홍호, “통신해양기상위성과 정지궤도 발사체와의 전자파 적합성 해석”, 전기학회논문지, pp439-445, 2008. 3

3.3 자기장 측정시험

외부 유닛들에 대한 최악조건 복사감응레벨은 S-밴드 주파수(기상탐재체의 복사감응레벨)에 해당하는 10V/m(=140dBμV/m)이다.

기상탐재체에서 측정된 최대 자기장값은 L-밴드에서 5.3V/m(=134.5dBμV/m)이며, 안전마진은 표 1에서 보여지는 것처럼 S-밴드에서 최소 +13.2dB 마진을 갖는다.

표 1 기상탐재체에서 측정된 자기장 값
Table 1 E-field measurement results at MI Payload

Probe 1 MI level	E-field measured		RS level		EMC margin
	V/m	dBμV/m	dBμV/m	V/m	
L-band	5,3	134,5	149,5	30,0	15,1
L & S-band	5,7	135,1			
S-band (only)	2,2	126,8	140,0	10,0	13,2
L S & Ka-band	6,1	135,7			
Ka-band (only)	2,1	126,3	149,5	30,0	23,3

해양탐재체에서 측정된 최대 자기장값은 L-밴드에서 5.2V/m(=134.2dBμV/m)이며, 안전마진은 표 2에서 보여지는 것처럼 S-밴드에서 최소 +17dB 마진을 갖는다. 따라서 해양탐재체에서 측정된 자기장값은 해양탐재체가 Ka-밴드, L-밴드 및 S-밴드에 대해 안전하게 동작함을 알 수 있다.

표 2 해양탐재체에서 측정된 자기장 값
Table 2 E-field measurement results at GOCl Payload

Probe 2 GOCl level	E-field measured		RS level		EMC margin
	V/m	dBμV/m	dBμV/m	V/m	
L-band	5,2	134,2	154,3	51,8	20,1
L & S-band	5,6	134,9			
S-band (only)	2,2	126,7	154,0	50,0	27,2
L S & Ka-band	7,0	136,9			
Ka-band (only)	4,2	132,4	149,5	30,0	17,2

5. 결 론

복사방출 및 복사감응 시험결과 아리안 5 발사체의 최악조건 주파수 범위[420 ~ 480 MHz]에 대해 최소 + 13dB 마진을 보여주고 있으며, 위성체의 모든 디지털 텔레메트리 상태 및 아날로그 데이터 분석결과 이상동작 없이 정상동작 되었음을 확인하였다.

자기장 측정시험의 경우 복사모드에서 전자 환경 적합성에 대한 안전마진을 검증하기위해 3개의 기상, 해양 및 지구센서 위치에서 측정되었다. 측정된 자기장값은 S-밴드에서 최소 +13dB 마진으로 유닛의 방사감응레벨보다도 낮은 결과 값을 얻었으며, 텔레메트리 측정값 또한 비정상적인 동작은 발견되지 않았다. 아리안 5 발사체와의 전자파적합성 시험결과 모든 요구 규격을 만족함을 알 수 있었다.

이 논문은 교육과학기술부의 연구비 지원에 의하여 연구되었습