

소형 발사체 무선 통신시스템 검증을 위한 테스트 베드 설계

Test-bed Design for the Evaluation of Wireless Communication System on Small Launch Vehicle

이대현^{1*} · 오택근¹ · 박동화¹ · 이홍기¹ · 박동현² · 송호진²

¹LIG 넥스원 유도무기1연구소

²국방과학연구소

Dae-Hyun Lee^{1*} · TaeckKeun Oh¹ · Dong-Hwa Park¹ · Hong-Ki Lee¹ · Dong-Hyun Park² · Ho-Jin Song²

¹PGM R&D Lab, LIG Nex1, Gyeonggi-do, 13488, Korea

²Agency for Defense Development, Daejeon, 34186, Korea

[요 약]

본 논문에서는 소형 발사체의 무선 통신시스템 검증을 위한 테스트 베드를 제안한다. 제안하는 테스트 베드는 안테나 테스트 커플러와 RF 감쇄기 및 스위칭 시스템으로 구성되어 있다. 안테나 테스트 커플러는 소형 발사체에 장착되어 있는 각 대역별 안테나를 서로 격리시키며 무선 신호를 송/수신하기 위한 장치이며 RF 감쇄기 및 스위칭 시스템은 각 대역의 안테나별 통신 점검을 위하여 안테나별 경로를 선택해 주는 장치이다. 안테나 테스트 커플러 설계 결과, UHF-, S-, X-대역에서 39.3, 47.1, 56.1 dB 이상의 차폐율을 확인 할 수 있었다. 실제 소형 발사체에 적용하여 발사체 통신 시스템을 점검한 결과, 정상적으로 데이터 송/수신을 확인 할 수 있었으며, 안테나 경로 스위칭을 통하여 각 대역의 안테나별 통신 점검을 수행할 수 있었다.

[Abstract]

In this paper, test-bed for the evaluation of wireless communication system on a small launch vehicle is proposed. The proposed test-bed consists of antenna test-coupler, RF attenuators, and RF switch modules. The antenna test-coupler isolates antennas for each band and transmits / receives wireless signals. The RF attenuator and switch are used for path selection of testing signal path. In design and measurement result of the antenna test-coupler, the antenna test-coupler has shielding effect higher than 39.3, 47.1, 56.1 dB at UHF-, S-, X-band. Through testing on small launch vehicle wireless communication system, we were able to successfully transmit and receive data between each test system and launch vehicle with antenna path switching.

Key word : Small launch vehicle, Communication system, Launch vehicle antenna, Antenna test coupler, Antenna hat.

<https://doi.org/10.12673/jant.2018.22.4.311>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 19 July 2018; Revised 6 August 2018

Accepted (Publication) 26 August 2018 (30 August 2018)

*Corresponding Author : Dae-hyun Lee

Tel: +82-31-8026-4127

E-mail: daehyun.lee@lignex1.com

I. 서론

고속으로 비행하는 발사체의 지상과의 통신은 성공적인 비행을 위해 필수적인 요소이다. 이에 따라 비행 전 발사체 내 통신 장비들의 신뢰성 및 생존에 대한 테스트도 중요한 요소로 자리 잡게 되었다. 발사체 및 비행체 안테나 성능의 향상이나 분석에 관련된 자료는 찾아볼 수 있지만, 지상에서의 테스트 방법에 관한 자료는 찾아보기 힘들다. 그림 1은 발사체의 RF 통신시스템 구조를 나타낸 것이다. 발사체에는 원격측정시스템, 추적 및 비행중단 시스템 등의 통신시스템이 장착되어 있다[1],[2]. 원격측정시스템은 발사체 내부 장치의 각종 상태 정보 및 센서 정보 등을 지상국으로 전송하여, 지상국에서 발사체의 상태를 모니터링 할 수 있는 시스템이다[3],[4]. 추적 및 비행중단 시스템은 지상국에서 비콘 신호를 이용하여 발사체의 현재 위치를 추적하고, 더 이상 정상적인 비행을 진행할 수 없는 경우 지상국에서 원격으로 발사체의 비행을 중단시키는 시스템이다. 각 통신시스템은 발사체의 상태를 지속적으로 모니터링하며 유사시 비행을 중단시키는 중요한 역할을 하기 때문에, 지상국과 지속적인 통신이 가능해야 한다. 발사체가 고고도로 비행하거나, 회전하면서 비행할 경우 지상국과 발사체 사이에 음영지역이 나타날 수 있으며, 음영지역으로 인하여 발사체와 지상국간의 통신이 끊길 수 있다. 그렇기 때문에, 발사체에는 전방향성의 방사패턴을 얻기 위하여 각 통신시스템별 복수개의 안테나가 장착되어 있다. 일반적으로 발사체에는 안테나가 120도 간격으로 3개 또는 180도 간격으로 2개가 장착되어 있으며, 각 안테나를 전부 사용하거나, 통신 환경에 따라 선택적으로 사용한다[5].

중/대형 발사체의 경우, 통신시스템 점검을 위하여 안테나 헛 모양의 안테나 테스트 커플러를 발사체에 직접 장착하는 방식을 이용한다[6],[7]. 소형 발사체는 안테나 테스트 커플러를 발사체에 직접 장착할 경우, 발사체 외부에 안테나 테스트 커플러를 장착하기 위한 구조물이 필요하다. 소형 발사체에서는 발사체 외부에 있는 비행에 불필요한 구조물은 발사체의 비행역학 분석 및 비행 예측을 어렵게 하기 때문에 지양하는 것이 좋다.

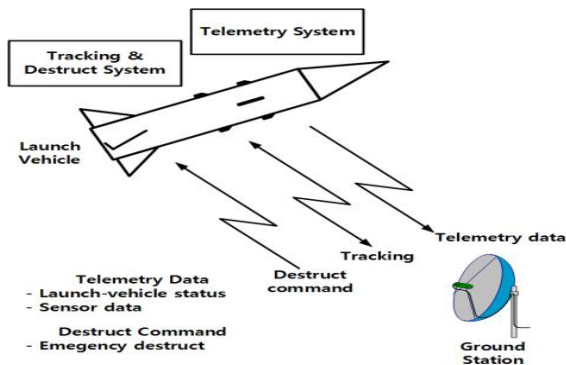


그림 1. 발사체 무선 통신시스템 구성
 Fig. 1. Configuration of wireless communication system in launch-vehicle

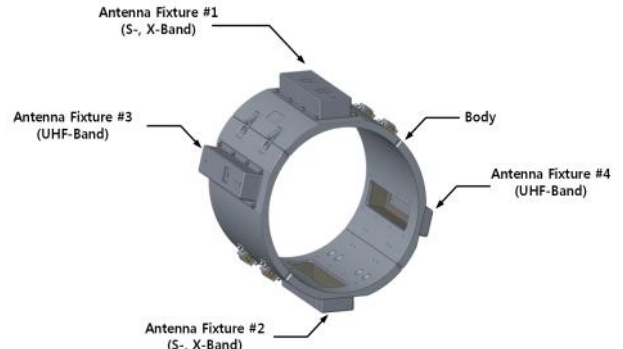


그림 2. 안테나 테스트 커플러 구조
 Fig. 2. Structure of antenna test-coupler

본 논문에서는 발사체의 조립 과정에서 다중경로에 의한 간섭 및 테스트 안테나의 위치에 따른 신호의 왜곡, 동일 대역 안테나 사이의 간섭을 방지하며, 지상에서의 안테나 경로별 통신시스템 성능 검증이 가능한 소형 발사체 무선 통신시스템 검증 테스트 베드를 제안한다. 제안한 테스트 베드는 발사체에 간접적으로 장착되는 안테나 테스트 커플러와 RF 감쇄기 및 스위칭 시스템으로 구성되어 있다.

II. 안테나 테스트 커플러 설계

2-1 안테나 테스트 커플러 설계

그림 2는 제안하는 테스트 베드 중 안테나 테스트 커플러의 구조를 나타낸 것이다. 안테나 테스트 커플러는 무게를 고려하여 알루미늄으로 제작되었으며, 크게 몸체와 안테나 고정체로 구성되어 있다. 안테나 테스트 커플러 몸체는 안테나 테스트 커플러를 소형 발사체에 고정하기 위한 부분으로, 발사체를 감싸는 형태로 되어 있으며, 쉽게 탈/부착이 가능하도록 4개의 부분으로 나누어져 있다. 제안하는 안테나 테스트 커플러의 경우, 발사체를 감싸는 형태이기 때문에 몸체의 내부 표면과 발사체의 외부 표면이 서로 맞닿게 되어 발사체 외부 표면에 상처가 생길 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 몸체의 내부를 테프론 코팅 처리하였다.

안테나 고정체는 발사체 안테나를 감싸는 형태로 되어 있으며, S-/X-대역 안테나를 감싸는 S-/X-대역 안테나 고정체 2개와 UHF-대역 안테나를 감싸는 UHF-대역 안테나 고정체 2개로 구성되어 있다. 안테나 고정체의 경우, 소형 발사체 점검대의 공간적 한계로 인하여 그 크기가 제한되어 있다. S-/X-대역 안테나 고정체는 44.0 × 231.0 × 41.0 mm, UHF-대역 안테나 고정체는 60.0 × 227.0 × 31.0 mm의 크기로 설계하였다. 각 안테나 고정체는 전기적으로 작은 크기이기 때문에, 발사체 안테나에 미치는 영향을 최소화하기 위한 대책이 필요하다.

일반적으로, 안테나에 인접한 도체가 안테나에 영향을 미치는 것은, 두 도체 사이의 상호 임피던스로 해석할 수 있다

[8]. 두 도체 사이의 상호 임피던스는 하나의 도체에 흐르는 전류에 의해 다른 도체에 전압이 유기되는 현상으로 해석할 수 있다. 상호 임피던스는 안테나에 인접한 도체에 흐르는 전류의 형태, 안테나와 도체 사이의 거리 등에 영향을 받으며, 다음과 같이 표현할 수 있다[8].

$$Z_{12} = \frac{V_1}{I_2} \Big|_{I_1=0} \quad (1)$$

수식 (1)은 2개의 도체 있을 때에, 도체 #2에서 흐르는 전류 I_2 에 의해 도체 #1에 유기되는 전압 (V_1)에 의해 생성되는 상호 임피던스(Z_{12})를 나타낸 것이다. 수식(1)을 발사체 안테나와 안테나 테스트 커플러에 적용할 경우, 안테나 테스트 커플러에 I_2 의 전류가 흐르게 되면, 발사체 안테나에 V_1 의 전압이 유기되어 발사체 안테나에 상호 임피던스(Z_{12})가 생성되게 된다. 상호 임피던스(Z_{12})에 의한 발사체 안테나의 급전 임피던스(Z_{1d}) 변화는 다음과 같이 표현할 수 있다[8].

$$Z_{1d} = Z_{11} + Z_{12} \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \quad (2)$$

안테나의 급전 임피던스(Z_{1d})는 안테나의 급전 임피던스 (Z_{11})와 상호 임피던스에 의한 효과가 더해진 값이며, 안테나에 흐르는 전류(I_1)와 인접한 도체에 흐르는 전류(I_2)에 영향을 받는다. 안테나 테스트 커플러에 흐르는 전류(I_2)를 줄임으로써, 상호 임피던스에 의한 안테나 급전 임피던스의 변화를 줄일 수 있다. 안테나 테스트 커플러에 흐르는 전류는 발사체 안테나에서 방사되는 전자기파에 의해 유기되는 전류이다. 제안하는 안테나 테스트 커플러는 상호 임피던스에 의한 영향을 줄이기 위하여, 안테나 고정체 내부에 전파 흡수체를 부착하였다. 부착한 전파 흡수체가 안테나로부터 방사되는 전자기파를 흡수하여, 안테나 고정체에 유기되는 전류를 줄여, 상호 임피던스에 의한 영향을 최소화 하였다.

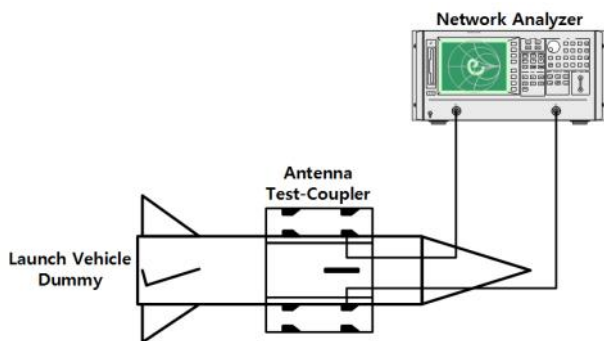
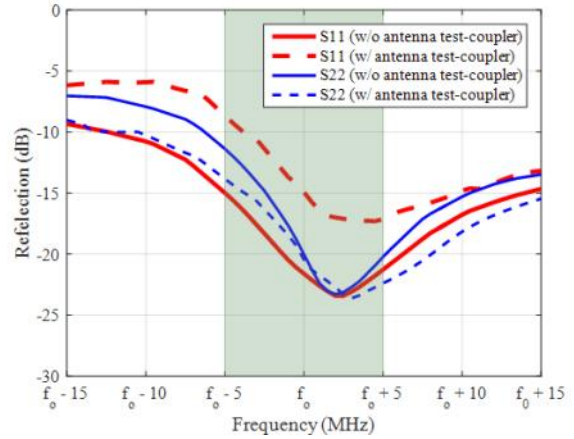
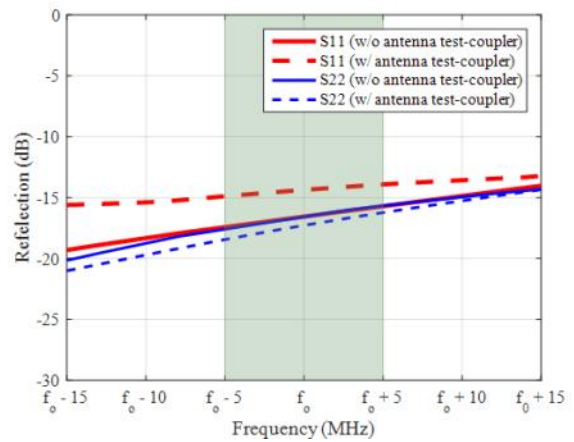


그림 3. 안테나 테스트 커플러 장착 여부에 따른 발사체 안테나 반사계수 측정 구성도

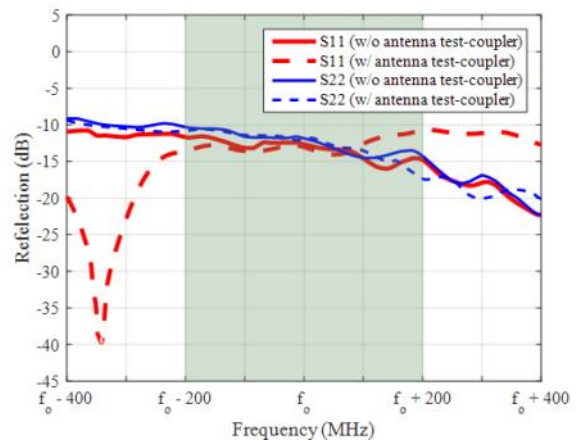
Fig. 3. Configuration of reflection coefficient of launch vehicle antenna w/, w/o antenna test-coupler.



(a)



(b)



(c)

그림 4. 안테나 테스트 커플러 장착 여부에 따른 발사체 안테나 반사계수 측정결과; (a) UHF-대역, (b) S-대역, (c) X-대역

Fig. 4. Measurement result of reflection coefficient of launch vehicle antenna w/, w/o antenna test-coupler; (a) UHF-band, (b) S-band, (c) X-band.

2-2 안테나 테스트 커플러 설계 결과

그림 3은 안테나 테스트 커플러 장착 유무에 따른 발사체 안테나의 반사계수 측정 구성도를 나타낸 것이다. 안테나 테스트 커플러 장착 유무에 따른 발사체 안테나 반사계수 측정은 더미 발사체에 각 대역별 안테나를 장착한 후, 안테나 테스트 커플러를 장착/미장착 하여 측정하였다. 더미 발사체는 실제 발사체와 동일한 크기, 동일한 재질로 제작되었으며, 안테나는 실제 발사체에서 사용하는 안테나를 사용하였다. 측정은 Keysight사의 N5230A 벡터 네트워크 회로망 분석기를 이용하였으며, 측정하지 않는 발사체 안테나 및 안테나 테스트 커플러의 안테나는 모두 50 옴 중단저항을 연결하였다.

그림 4는 안테나 테스트 커플러 장착 유무에 따른 발사체 안테나의 반사계수 측정 결과를 나타낸 것이다. 그림 4의 (a)는 UHF-대역, (b)는 S-대역, (c)는 X-대역의 측정결과이며, 각 대역별 안테나 #1(S11), 안테나 #2(S22)에 대하여, 실선은 안테나 테스트 커플러가 장착되지 않은 상태, 점선은 장착된 상태에서 측정한 결과이다. UHF-대역은 안테나 테스트 커플러를 장착하지 않은 경우 대역 내에서 -15 dB 이하의 반사계수 특성을 나타냈으며, 안테나 테스트 커플러를 장착할 경우 -8.7 dB 이하의 반사계수 특성을 보였다. S-대역은 안테나 테스트 커플러 미 장착 시 -15.5 dB, 안테나 테스트 커플러 장착 시 -13.5 dB 이하의 반사계수 특성을, X-대역은 안테나 테스트 커플러 미 장착 시 -10 dB, 안테나 테스트 커플러 장착 시 -10 dB 이하의 반사계수 특성을 보였다. UHF-대역과 S-대역의 반사계수가 안테나 테스트 커플러의 장착 여부에 따라 변하는 이유는 안테나 고정체의 크기가 각 대역에서의 전기적으로 작기 때문에 안테나 고정체와 발사체 안테나 사이의 상호 임피던스가 크게 영향을 미치기 때문이다. X-대역의 경우, 안테나 테스트 커플러의 장착 여부에 따라 S11의 공진주파수가 변하게 되는데, 발사체 안테나에 장착된 안테나가 광대역으로 설계되었기 때문에 상호 임피던스에 의한 영향을 많이 받는 것으로 예상된다.

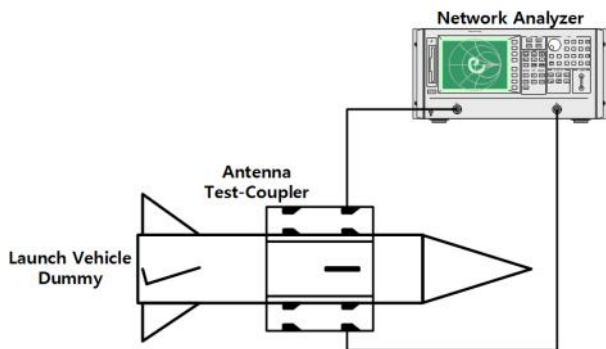
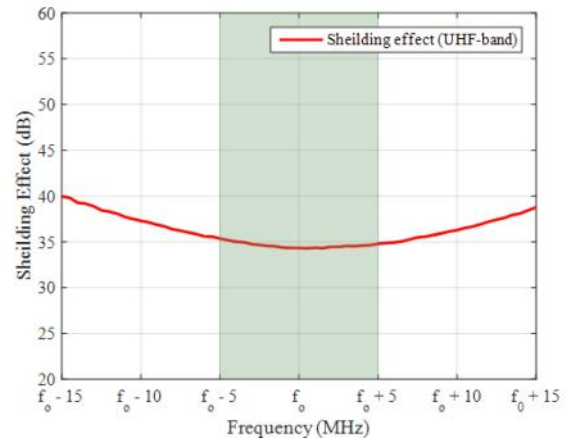
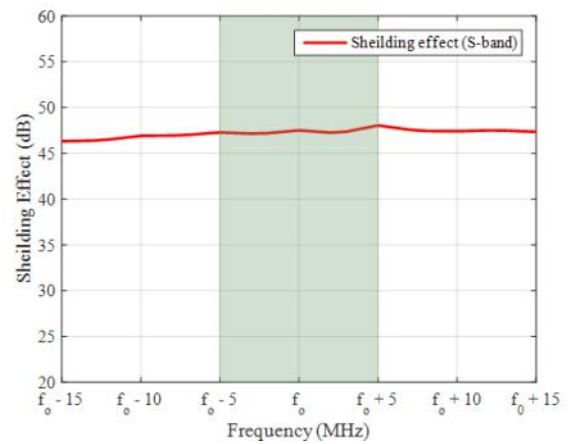


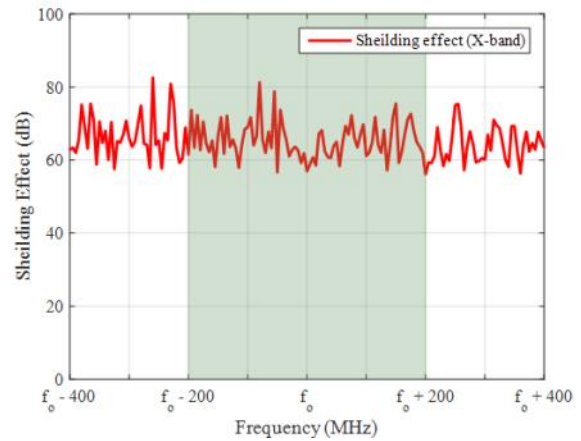
그림 5. 안테나 테스트 커플러 차폐율 시험 구성도
 Fig. 5. Configuration of shielding effect of antenna test-coupler.



(a)



(b)



(c)

그림 6. 안테나 테스트 커플러 차폐율 측정 결과; (a) UHF-대역, (b) S-대역, (c) X-대역
 Fig. 6. Measurement result of shielding effect of antenna test-coupler; (a) UHF-band, (b) S-band, (c) X-band.

그림 5는 제안된 안테나 테스트 커플러의 차폐율 측정 구성을 나타낸 것이다. 차폐율 측정은 제안된 안테나 테스트 커플러를 더미 발사체에 장착하여 진행하였다. 더미 발사체에 실제 안테나와 동일한 형상의 금속으로 제작된 더미 안테나를 장착하였다. 안테나 테스트 커플러의 차폐율 측정은 Keysight사의 N5230A 벡터 네트워크 회로망 분석기를 이용하였다. 측정 시 사용하지 않는 안테나는 모두 50 옴 종단 저항을 연결하였다.

안테나 테스트 커플러의 차폐율은 안테나 테스트 커플러를 더미 발사체에 장착하지 않고 마주보는 동일 대역 안테나 간 신호가 전달되는 크기($S_{21,w/o,dB}$)와 안테나 테스트 커플러를 장착하고 마주보는 동일 대역 안테나 간 신호가 전달되는 크기($S_{21,w,dB}$)의 비율로 정의하였으며, 2가지 측정 결과를 다음의 수식을 이용하여 계산하였다.

$$P_{shield,dB} = S_{21,w/o,dB} - S_{21,w,dB} \quad (3)$$

그림 6은 안테나 테스트 커플러의 차폐율 측정 결과를 나타낸 것이다. 그림 6의 (a)는 UHF-대역, (b)는 S-대역, (c)는 X-대역의 측정결과이며, UHF-대역은 39.29 dB 이상, S-대역은 47.12 dB 이상, X-대역은 56.14 dB 이상을 나타내었다.

III. 발사체 통신 시스템 테스트 베드 설계

3-1 발사체 통신 시스템 테스트 베드 설계

그림 7은 발사체 무선 통신시스템 테스트 베드 구성도를 나타낸 것이다. 발사체 통신시스템 테스트 베드는 안테나 테스트 커플러와 RF 감쇄기 및 스위칭 시스템으로 구성되어 있으며, 추가적으로 점검하고자 하는 통신시스템과 실제 데이터 통신

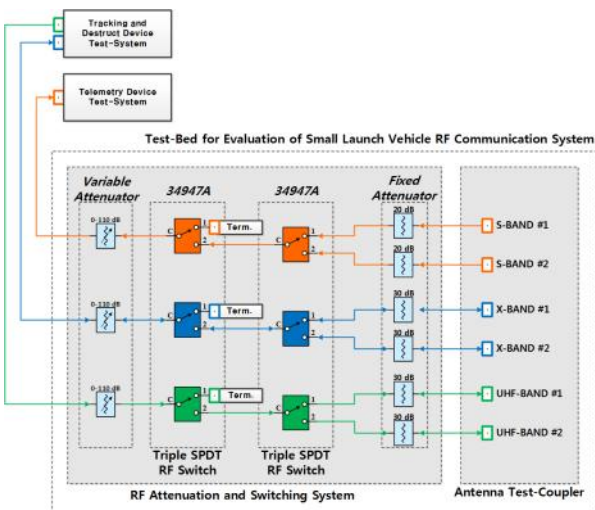


그림 7. 발사체 무선 통신시스템 테스트 베드 구성도
 Fig. 7. Configuration of test-bed for evaluation of launch-vehicle wireless communication.

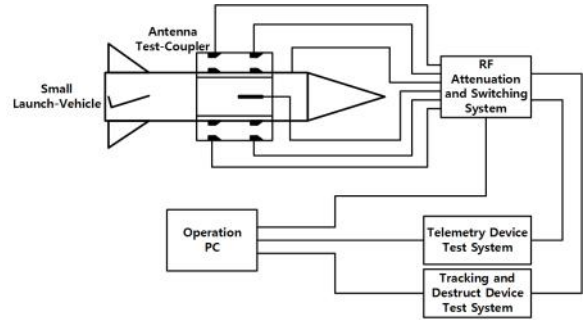


그림 8. 발사체 무선 통신시스템 검증 구성도
 Fig. 8. Configuration of evaluation of launch-vehicle wireless communication.

을 하며 점검을 하는 점검시스템을 연결하여 사용한다. RF 감쇄기 및 스위칭 시스템은 고정 감쇄기, 가변 감쇄기, SPDT(single pole double thru) RF 스위치로 구성되어 있다. 고정 감쇄기는 안테나 테스트 커플러를 통하여 수신되는 RF 신호에 의해 SPDT RF 스위치가 파손되지 않도록 RF 신호의 크기를 SPDT RF 스위치의 동작범위로 조절하는 역할을 한다.

가변 감쇄기는 검증 대상 통신시스템의 동작범위에 맞추어, 신호의 세기를 조절하기 위하여 사용되었다. 검증 대상 통신시스템의 동작범위가 낮은 경우 안테나 경로별 기준 전력 값이 작아지게 되어, 안테나 테스트 커플러 및 RF 스위치에서 누설되는 RF 신호가 다른 안테나 경로에 영향을 미쳐 정상적으로 안테나 경로별 점검을 수행할 수 없다. 이 경우, 가변 감쇄기의 감쇄 값을 높여 전체적으로 검증 대상 통신시스템 또는 통신시스템별 점검장비로 전달되는 신호의 크기를 낮추어, 안테나 경로별 점검을 정상적으로 수행할 수 있다.

SPDT RF 스위치는 각 대역별로 2개씩 연결되어 있으며, 각 RF 스위치 동작에 따라 대역별 안테나 #1, 안테나 #2, 종단저항을 선택할 수 있다. RF 스위치가 안테나 #1로 선택되어 있는 경우 안테나 #1로 RF 신호가 송/수신되며, 안테나 #2로 선택되어 있으면 안테나 #2로 송/수신 된다. 종단저항으로 선택되어 있으면, 안테나 #1, #2로는 송/수신이 되지 않아 통신시스템 점검 시 2개의 안테나 경로에 대하여 RF 신호 송/수신 및 미 수신 상태 모두를 점검할 수 있다.

그림 8은 제안된 소형 발사체 통신시스템 테스트 베드를 이용한 통신시스템 점검 구성도를 나타낸 것이다. 실제 조립 및 점검 과정에 있는 소형 발사체에 안테나 테스트 커플러를 연결하고, RF 감쇄기 및 스위칭 시스템과 원격측정장치 점검장비, 추적 및 비행중단장치 점검장비, 점검장비 제어 및 데이터 확인용 컴퓨터를 연결하여 점검을 수행하였다. 원격측정장치에서 사용하는 S-대역의 경우, 발사체에서 지상국으로 데이터를 전송하며, 발사체에 장착된 S-대역 안테나 2개에서 모두 데이터를 송신한다. 안테나 경로 선택에 따라서 원격측정장치 점검장비에서 수신되는 신호의 세기 및 원격측정데이터를 확인하여, 원격측정장치 및 안테나에 대한 점검을 수행한다. UHF-대역은

발사체가 비정상적 비행 시 지상국에서 발사체로 비행종단 명령을 전송하는 대역으로, 원격측정데이터에서 UHF-대역 신호 수신 세기 및 수신 안테나 번호, UHF-대역 동기 여부를 확인한다. X-대역 신호는 발사체를 추적하기 위한 신호로 지상국과 발사체 간에 양방향 통신을 하며, 원격측정장치 데이터에서 X-대역 수신 신호의 세기, 수신 안테나 번호, 지상국과 발사체간의 X-대역 동기 여부를 확인한다.

그림 9는 제안한 소형 발사체 통신시스템 테스트 베드를 이용한 통신 점검 결과를 나타낸 것이다. 발사체 통신 시스템 테스트 베드는 이용한 통신 점검은 일정 시간에 따라 안테나 경로를 안테나 #1, 안테나 #2, 중단저항으로 스위칭하며, 원격측정장치 점검장비 및 추적 및 비행종단장치에서 측정된 신호의 세기 및 수신된 안테나, 송/수신된 데이터 확인을 통하여 진행하였다. 0초에서 2.5초는 점검시작 단계로 중단저항에, 2.5초부터 5초 간격으로 안테나 #1, 중단저항, 안테나 #2, 중단저항, 안테나 #1을 순서대로 연결하고, 27.5초에서 32.5초는 점검종료 단계로 중단저항에 연결하여 점검을 진행하였다. 그림 9에서 SS (signal strength)는 수신된 신호의 세기를 전압형태로 나타낸 것이다. FSD (frame synchronization detection)은 통신의 동기여부를 나타내며, FSD가 1인 경우 지상국과 발사체간에 동기화가 된 상태, 0인 경우 동기화가 되지 않은 상태를 나타낸다. ACS (antenna control signal)은 발사체에 장착된 안테나의 제어 신호를 나타내며, 1인 경우 안테나 #1, 0인 경우 안테나 #2를 나타낸다.

통신점검결과 UHF-대역은 안테나 #1로 안테나 경로 선택 시 0.55 V의 SS 값을, FSD와 ACS는 1을 확인할 수 있었다. 안테나 #2로 안테나 경로 선택 시 0.53 V의 SS값, FSD는 1, ACS는 0을 확인할 수 있었다. 중단 저항 연결 시에는 0.43 V의 SS값과 0의 FSD값을 얻을 수 있었으며, ACS값은 0과 1을 반복하는 것을 확인할 수 있었다. UHF-대역에서 ACS값이 0과 1을 반복하는 것은, 추적 및 비행종단장치에서 수신되는 신호가 동작범위 이하인 경우, 2개의 안테나 중에서 어느 안테나로 신호가 수신될지 모르기 때문에, 안테나를 하나씩 스위칭하여 신호를 찾기 때문이다.

S-대역은 안테나 #1로 안테나 경로 선택 시 4.82 V의 SS 값을, 안테나 #2 선택 시 4.82 V, 중단저항 선택 시 1.79 V의 값을 확인할 수 있었고, 안테나 #1 및 안테나 #2 선택 시 원격측정장치 점검장비에서 데이터를 정상적으로 수신할 수 있었다.

X-대역은 안테나 #1 선택 시 1.51 V의 SS값을, FSD와 ACS는 1을 확인할 수 있었다. 안테나 #2 선택 시에는 1.43 V의 SS값과 1의 FSD값, 0의 ACS값을 확인할 수 있었다. 중단저항 선택 시에는 0.02 V의 SS값, 0의 FSD값과 함께 0과 1을 반복하는 ACS값을 확인할 수 있었다. 안테나 #1과 안테나 #2 선택 시 SS, FSD, ACS 값이 간헐적으로 변하는 것은, 추적 및 비행종단시스템에서 X-대역의 경우 2개의 안테나 중 높은 신호가 수신되는 안테나를 사용하기 위하여, 주기적으로 안테나를 스위칭에서 수신되는 신호의 세기를 비교, 큰 전력이 들어오는 안테나를 선택하기 때문이다. 중단저항 연결 시 ACS값이 0과 1을 반복하

는 것은, UHF-대역과 마찬가지로, 추적 및 비행종단시스템에서 수신되는 신호가 동작범위보다 작기 때문에, 안테나를 스위칭하여 신호를 찾기 때문이다.

제안하는 소형 발사체 무선 통신시스템 검증을 위한 테스트 베드를 이용하여 발사체 통신시스템을 점검한 결과, 통신시스템 모두 정상 동작함을 확인함과 동시에 테스트 베드 또한 정상적으로 동작함을 확인할 수 있었다. 표 1은 제안한 테스트 베드를 이용하여 발사체 무선 통신시스템 점검을 수행한 결과를 나타낸 것이다.

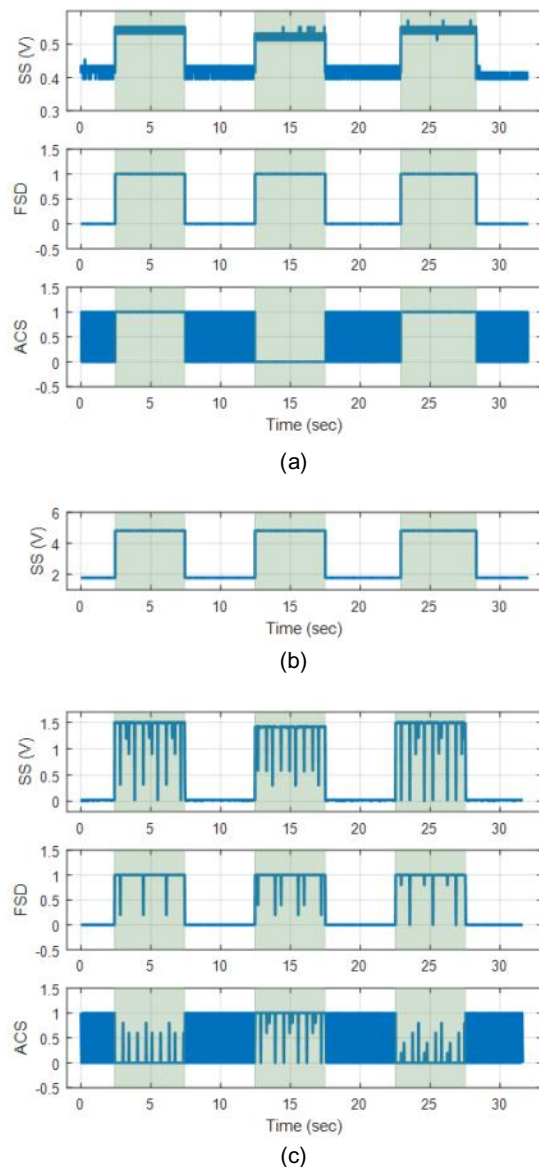


그림 9. 발사체 무선 통신시스템 검증 결과; (a) UHF-대역, (b) S-대역, (c) X-대역

Fig. 9. Evaluation result of launch-vehicle wireless communication system; (a) UHF-band, (b) S-band, (c) X-band.

표 1. 발사체 무선 통신시스템 점검 결과

Table 1. Test result of launch-vehicle wireless communication system.

Band	SS (V)			Result
	Antenna#1	Antenna #2	Termination	
UHF-band	0.55	0.53	0.43	Synchronized
S-band	4.82	4.82	1.79	Data received
X-band	1.51	1.43	0.02	Synchronized

IV. 결 론

본 논문에서는 소형 발사체의 무선 통신시스템을 검증하기 위한 테스트 베드 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 안테나 테스트 커플러와 RF 감쇄기, RF 스위치로 구성되어 있다. 안테나 테스트 커플러는 발사체 외부에 장착되어 있는 안테나들을 분리 측정하기 위한 장치로, 소형 발사체를 감싸는 형태로 설계되었으며, 각 대역별 39.3 dB 이상의 차폐성능을 보였다. RF 감쇄기는 각 장치별 점검장비 및 각 장치의 감도에 따라 신호의 세기를 조절하는 역할을 하며, RF 스위치는 발사체에 장착된 각 대역별 안테나를 선택적으로 점검할 수 있도록 하는 역할을 한다. 실제 소형 발사체를 이용한 통신 점검 결과, 정상적으로 데이터 송/수신이 가능하였으며, 각 대역별 안테나를 선택적으로 점검할 수 있었다. 본 논문에서 제안한 발사체 통신시스템 테스트 베드를 이용하면 다양한 형태의 발사체 통신시스템 점검에 활용 가능할 것으로 기대된다.

References

- [1] Raytheon Missile Systems, "Explanation of Experiments and Need for Experimental License for use of Several Frequency Bands for Lab and Factory Missile Communications Testing" [Internet] Available : <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=187204&x=>.
- [2] Y. J. Bae, D. H. Kim, Y. T. Choi, 2015, "The Development Trend of Flight Termination System of Space Launch Vehicle," *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace*, Vol. 13, No. 2, pp. 178~185. Nov. 2015
- [3] F. Carden, R. Jedlicka, and R. Henry, *Telemetry Systems Engineering*, Boston, MA: Artech House, 2002.
- [4] J. Dai, G. Wu, Q. Shuai and J. Shi, "Data Acquisition System Design for Missile Telemetry and Telecontrol Based on FPGA," in *2009 IEEE Circuits and Systems International Conference on Testing and Diagnosis*, Chengdu: China, pp. 1-4, 2009.
- [5] P. Saratayon, V. Pirom, T. Saelim, "Antenna Subsystem for Small Missile," *International Journal of Engineering Research & Technology*, Vol.2, Issue 9, pp.1048, Sep. 2013
- [6] S. W. Kim, D. C. Park, "Compact S-Band Antenna Hat for RF Compatibility Testing of Launch Vehicle," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Vol. 26, No. 2, pp. 148~157, Feb. 2015.
- [7] J. Baros Jr., R. R. Manley, "Transitioning spacecraft radio frequency compatibility testing for future applications," in *AIAA SpaceOps Conference*, Heidelberg: Germany, AIAA 2008-3402, 2008.
- [8] C. Balanis, *Antenna Theory - Analysis and Design*, 3rd ed. Hoboken, NJ : WILEY, pp.468-478, 2005.



이 대 현 (Dae-Hyun Lee)

2008년 2월 : 경희대학교 동서의료공학과 (공학사)
 2010년 2월 : 경희대학교 동서의료공학과 (공학석사)
 2013년 5월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원
 ※관심분야 : 유도무기, 탄 체계, 신호처리, 임베디드 시스템



오 택 근 (TaekKeun Oh)

2010년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학사)
 2015년 2월 : 연세대학교 전자전기공학과 (공학석사)
 2015년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원
 ※관심분야 : 마이크로파 회로해석 및 설계, 임베디드 시스템, 유도탄 체계



박 동 화 (Dong-hwa Park)

2007년 2월 : 성결대학교 정보통신공학과 (공학사)
2012년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학석사)
2000년 8월 ~ 2009년 7월 : 단암시스템즈(주)
2013년 4월 ~ 현재 : LIG넥스원 수석연구원
※관심분야 : 레이더 신호처리, 전자공학, 전파공학, 체계공학



이 흥 기 (Hong-Ki Lee)

1996년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 (공학사)
1999년 2월 : 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학과 (공학석사)
2007년 4월 ~ 현재 : LIG넥스원 수석연구원
※관심분야 : 디지털시스템 설계 및 테스트, Design for Testibility, 유도무기 시스템 설계



박 동 현 (Dong-Hyun Park)

2011년 8월 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부 (공학사)
2013년 8월 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 (공학석사)
2014년 10월 ~ 현재 : 국방과학연구소 연구원
※관심분야 : 유도무기, 정보통신



송 호 진 (Ho-Jin Song)

2008년 2월 : 서울시립대학교 (공학사)
2013년 2월 : 한국과학기술원 (공학석사)
2017년 2월 : 한국과학기술원 (공학박사)
2017년 2월 ~ 현재 : 국방과학연구소 연구원
※관심분야 : 유도무기, 정보통신