

강우감쇠 저감을 위한 안테나 코팅제 성능 시험

홍성택, 신강욱
한국수자원공사 K-water연구원

The Antenna Coating Compound Performance Test for Rainfall Decrease Reduction

Sung-Taek Hong, Gang-Wook Shin
K-water KWI

Abstract - 한국수자원공사에서는 1998년부터 단계적으로 12~14 GHz의 Ku-band 대역을 사용하고 있는 무궁화위성을 이용하여 우량 및 수위, 경보 등의 데이터를 송수신하고 있으며, 특히 강우가 집중되는 기간 동안에는 그 데이터의 필요성이 더욱 큰 실정이다. 사용하고 있는 위성통신망 주파수의 파장은 2~2.5 cm 이므로 물방울 입자에 의해 산란되는 특성을 가지고 있으며, 이로 인해 안테나 및 휘드혼의 표면에 물방울이 묻어 있으면 전파가 산란되어 신호가 감쇠되는 특성을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 강우시 안테나 및 휘드혼 표면에 발생하는 물방울 맺힘 현상에 대해 물방울과 전파신호간의 상관관계를 분석하고, 위성안테나 성능을 개선방안을 시험하여, 강우로 인한 위성신호의 감쇠를 최소화하여, 최적화된 안테나 성능 구현으로 강우 영향을 최소화하여 안정적인 위성단말국을 운영하고자 한다.

1. 서 론

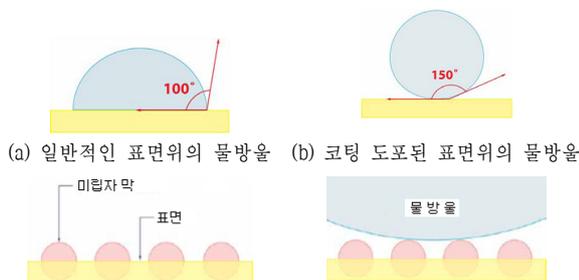
한국수자원공사에서는 1998년부터 Ku-band 대역을 사용하고 있는 무궁화위성을 이용하여 댐 상류의 우량 및 수위, 경보 등의 데이터를 송수신하고 있으며, 특히 강우가 집중되는 기간 동안에는 데이터의 필요성이 더욱 큰 실정이다. 또한 무궁화위성이 사용하는 주파수는 강우에 의한 감쇠가 가장 많이 일어나는 주파수 대역이므로 강우감쇠에 대한 자세한 분석 및 대책이 필요하다.

한국수자원공사에서 홍수에경보용으로 사용하고 있는 위성통신망 주파수의 파장은 2~2.5 cm 이며, 이러한 크기의 파장은 물방울 입자에 의해 산란되는 특성을 가지고 있으며, 이로 인해 안테나 및 휘드혼의 표면에 물방울이 묻어 있으면 전파가 산란되어 신호가 감쇠되는 특성을 가지고 있다.

이러한 물방울을 효율적으로 제거하기 위한 방법으로 안테나 및 휘드혼의 표면에 코팅제를 도포하여 물방울 맺힘 현상을 줄여 신호가 감쇠되는 것을 방지하고자하는 시험을 실시하였으며, 그 결과에 대하여 분석하고자 한다.

시험에 사용한 코팅제는 일본의 H사의 제품으로서, 수분(물방울) 저항용 코팅제이다. 본 코팅제는 고가의 장비를 물방울과 같은 수분에 의한 손상으로부터 보호해 줄 수 있는 물방울 저항용 코팅 재료로서, 기존의 물방울 저항 재료와 달리 본 코팅제로 처리된 표면에는 물방울이 달라붙지 않는다. 따라서 본 코팅제는 얼음과 눈뿐만 아니라 수막(水膜) 현상으로부터 피해가 없도록 보호막을 제공한다.

기존의 물방울 저항 재료로 처리된 물체의 표면에 물방울이 닿으면, 물방울은 표면에 퍼져서 약 100° 정도의 접촉 각도를 형성하는데, 본 코팅제로 처리된 표면은 150°가 넘는 물방울 접촉표면을 형성하여, 물방울과 표면 사이의 접촉면을 최소화 시켜주며, 표면에 물이 닿으면 물방울은 들쭉날쭉 분자에만 접촉하여 쉽게 흘러내리게 된다.



〈그림 1〉 표면과 물방울과의 관계

2. 신호감쇠 시험

전파와 주파수와 물방울 입자와의 관계를 살펴보면 물방울의 크기가 2~2.5 cm 정도가 되면 위성통신용으로 사용하는 Ku 대역의 12~14GHz 주파수의 파장에 대해 무시할 수 없는 수준이 되면 물방울에 의한 흡수와

산란으로 신호감쇠가 발생한다. 이는 안테나에 흐르는 물방울과 휘드혼 표면에 맺힌 물방울로 인하여 위성신호가 흡수 및 산란되어 수신신호의 레벨의 감소로 이어진다.

2.1 시험 개요

강우시에 안테나 및 휘드혼의 표면에 묻은 물방울에 의한 신호감쇠와 물방울 맺힘 현상을 제거하는 목적의 수분저항용 코팅제를 도포하였을 경우의 신호감쇠를 측정하여 상호 상관관계를 분석하여 물방울에 의한 신호감쇠에 대한 개선 방안을 도출하고자 하였다.

시험방법은 안테나 및 휘드혼 표면에 코팅제를 도포하기 전의 상태와 도포한 후의 위성신호 수신레벨을 측정하여 비교 분석하며, 시험 항목은 다음과 같다.

- 1.2 m 안테나 표면에 빗물 살수
- 휘드혼 표면에 빗물 살수
- 안테나 및 휘드혼 표면에 빗물 살수

2.2 시험 환경

(1) 시험주파수 및 항목

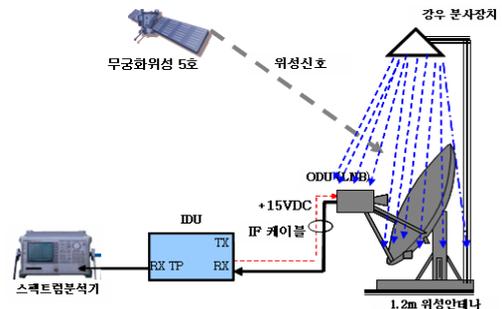
- 시험 주파수 : 무궁화 5호 위성 H-Beacon 신호
(Beacon Frequency : 12.25049783 GHz)
- 시험 항목 : Beacon 신호의 Peak 레벨 변동치(C/N값)로 확인
- 시험 조건 : 시험의 정확성을 위해 Clear sky 상태에서 시험

(2) 강우환경 구축

- 강우환경은 강우 분사장치를 이용하여 강우환경 조성
- 1.2 m 안테나 상단 2 m 이상에 분사기를 설치하며, 안테나 후면에 고정형 폴대를 이용하여 설치
- * 강우밀도 확인은 우량계를 이용하여 강우밀도 사전 확인

2.3 시험 방법

시험방법은 그림 2와 같이 1.2 m의 위성안테나를 사용하는 관측국에서 인공적으로 강우 분사장치를 이용하여 강우환경을 조성하여 1.2 m 안테나 표면과 휘드혼에 빗물을 살수하여 안테나 및 휘드혼 표면에 코팅제를 도포하기 전의 상태와 도포한 후의 위성신호 수신레벨을 측정하여 비교하는 방식이다.



〈그림 2〉 강우시험 구성도

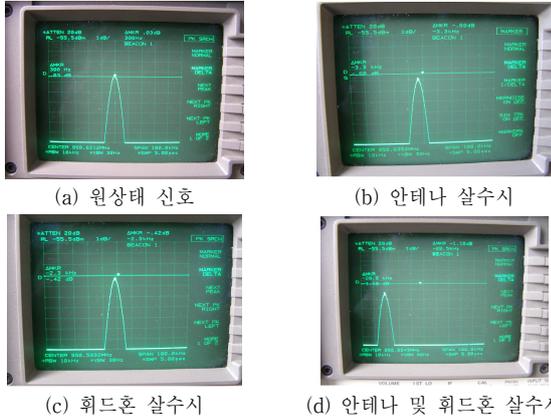
3. 시험 결과

본 연구에서는 안테나의 표면 및 휘드혼의 표면에 묻은 물방울에 의한 신호감쇠의 영향을 분석하기 위하여 물방울 맺힘 현상을 제거하는 목적의 수분저항용 코팅제를 도포하기 전과 후 및 인공적으로 강우분사 장치를 설치하여 비가 왔을 때와 오지 않았을 경우로 나누어 각각 신호감쇠를 측정하였다.

3.1 코팅 전의 신호분석

(1) 빗물 살수 전의 원상태

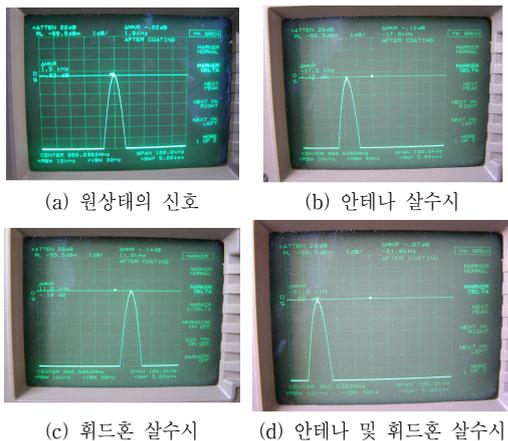
빗물 살수전의 원상태의 신호는 그림 3(a)과 같이 측정되었다.
 (2) 안테나에 빗물 살수시
 코팅 전 안테나에 빗물을 살수한 상태의 신호는 그림 3(b)과 같으며, 살수 전의 상태보다 0.6 dB가 감소되는 것으로 측정되었다.
 (3) 코팅 전 휘드론에 빗물 살수시
 코팅 전 휘드론에 빗물을 살수한 상태의 신호는 그림 3(c)과 같으며, 살수 전의 상태보다 0.42 dB가 감소되는 것으로 측정되었다.
 (4) 코팅 전 안테나 및 휘드론에 빗물 살수시
 코팅 전 안테나 및 휘드론에 빗물을 살수한 상태의 신호는 그림 3(d)과 같으며, 살수 전의 상태보다 1.1 dB가 감소되는 것으로 측정되었다.



〈그림 3〉 코팅 전 신호 파형

3.2 코팅 후의 신호분석

(1) 빗물 살수 전의 원상태
 코팅 후 빗물 살수전의 원상태의 신호는 그림 4(a)와 같이 코팅전과 비슷하게 측정되었다.
 (2) 안테나에 빗물 살수시
 코팅 후 안테나에 빗물을 살수한 상태의 신호는 그림 4(b)와 같으며, 살수 전의 상태보다 최대 0.12 dB가 감소되는 것으로 측정되었다.
 (3) 코팅 후 휘드론에 빗물 살수시
 코팅 후 휘드론에 빗물을 살수한 상태의 신호는 그림 4(c)와 같으며, 살수 전의 상태보다 0.14 dB가 감소되는 것으로 측정되었다.
 (4) 코팅 후 안테나 및 휘드론에 빗물 살수시
 코팅 후 안테나 및 휘드론에 빗물을 살수한 상태의 신호는 그림 4(d)와 같으며, 살수전의 상태보다 0.07 dB가 감소되는 것으로 측정되었다.



〈그림 4〉 코팅 후 신호 파형

4. 신호감쇠 시험결과 분석

인공강우 장치를 이용하여 위성안테나 부분에 강우환경을 조성하여 위성신호가 빗방울에 의해 감쇠되는 정도를 측정하였으며, 그 결과는 표 1과 같다.
 안테나 반사판 코팅 후 강우시 반사판에 빗물흐름으로 인한 약 0.3~0.5 dB의 신호감쇠 보상효과 발생하였으며, 강우시 안테나 휘드론 물방울 맺힘 현상으로 인한 약 0.3~0.4 dB의 신호감쇠 보상효과가 발생하였고, 전

체적으로 약 0.7~1.0 dB 신호감쇠 보상효과가 발생하였다.

〈표 1〉 시험결과 요약

| 시험환경 | 위성신호 손실[dB] | | 적용 효과 | |
|--------|-------------|---------|-------|---------------|
| | 코팅 전 | 코팅 후 | | |
| 빗물 살수전 | 안테나표면 | 0.0 | 0.0 | 동일 |
| | 휘드론표면 | | | |
| | 안테나+휘드론 | | | |
| 빗물 살수후 | 안테나 표면 | 0.4~0.6 | 0.1 | 0.3~0.5 dB 개선 |
| | 휘드론표면 | 0.4~0.5 | 0.1 | 0.3~0.4 dB 개선 |
| | 안테나+휘드론 | 0.8~1.1 | 0.1 | 0.7~1.0 dB 개선 |

출력 신호와 입력 신호의 관계식에서 1 dB의 감쇠의 영향은

$$10 \log \left(\frac{\text{출력 신호}}{\text{입력 신호}} \right) = -1 \text{ dB}$$

$$\left(\frac{\text{출력 신호}}{\text{입력 신호}} \right) = 10^{(-0.1)} \text{ dB} = 0.794 \text{ dB}$$

$$\therefore \text{출력 신호} = 0.8 \times \text{입력 신호}$$

즉, 1dB의 신호 감쇠는 입력신호의 20%가 손실되는 것에 해당되며, 위성의 Link Budget 설계시 1 dB의 신호 감쇠는 표 2의 강우강도 손실에 해당된다.
 따라서 본 시험에 사용된 코팅제를 사용할 경우 최대 1 dB의 전파손실을 보상할 수 있을 것이라고 판단된다.

〈표 2〉 링크버전

| 구분 | 제어국 | 단말국 | 단위 |
|------------------------|-------|-------|-------|
| 1. 상향링크 서비스 가용도(년) | 99.98 | 99.98 | % |
| 2. 하향링크 서비스 가용도(년) | 99.98 | 99.98 | % |
| 3. Uplink R0.01 강우강도 | 6.2 | 6.2 | mm/hr |
| 4. Downlink R0.01 강우강도 | 8 | 8 | mm/hr |
| 5. 상향링크 강우감쇠 적용 | 1.01 | 1.01 | dB |
| 6. 하향링크 강우감쇠 적용 | 1.00 | 1.00 | dB |

5. 결 론

본 연구에서는 한국수자원공사에서 Ku-band 대역을 사용하고 있는 무궁화위성을 이용하여 우량 및 수위, 경보 등의 데이터를 송수신하고 있으며, 특히 강우가 집중되는 기간 동안에는 그 데이터의 필요성이 더욱 큰 실정이다. 사용하고 있는 위성통신망 주파수의 파장은 2~2.5 cm 이므로 물방울 입자에 의해 산란되는 특징을 가지고 있으며, 이로 인해 안테나 및 휘드론의 표면에 물방울이 묻어 있으면 전파가 산란되어 신호가 감쇠되는 특성을 가지고 있다. 따라서 강우시 안테나 및 휘드론 표면에 발생하는 물방울 맺힘 현상에 대해 물방울과 전파신호간의 상관관계를 분석하고, 위성안테나 성능을 개선방안을 시험하여, 강우로 인한 위성신호의 감쇠를 최소화하여, 최적화된 안테나 성능 구현으로 강우 영향을 최소화하여 안정적인 위성단말국을 운영하고자 하였다.

코팅전후의 빗방울에 대한 신호감쇠 강우시 최대 1 dB의 손실 보상으로 수문관측 데이터 수신율을 제고하고, 현재의 홍수예경보용 위성통신망에 적용시 위성 링크가 단절되는 강우강도가 42 mm/hr에서 48 mm/hr로 개선될 수 있다.

이로 인하여 한국수자원공사에서는 신기술 도입을 통한 국내 위성망 운영의 선도적인 역할을 할 수 있으며, 관련 기술을 관리하고 있는 위성통신망 단말국에 확대하여 시행하면 위성망 운영에 많은 도움이 될 수 있을 것이다.

〈참 고 문 헌〉

[1] 한국수자원공사, “인공위성 홍수예경보 설비 최적방안 연구”, 1996.
 [2] 한국전자통신연구원, “위성통신 강우환경 분석 기술 연구”, 1998.
 [3] 전파연구소, “위성전파 감쇄특성 연구”, 1996.
 [4] KT, “KT 기술 지침서(위성중계기 임대편)”, 2000.
 [5] 서보광, “국내 Ku-Band 지구국의 강우감쇄에 대한 서비스 품질향상에 관한 연구”, 서강대학교, 1992.
 [6] F.Carassa, “Adaptive methods to counteract rain attenuation effects in 20/30GHz band”, Space Communication and Broadcasting2, p253~269, 1984