

# 천리안위성 Ka대역 안테나 빔 커버리지 검증

조진호\*, 유문희\*, 이성팔\*, 김재훈\*

## Validation of COMS Ka band Antenna Beam Coverage

JinHo Jo\*, MoonHee You\*, SeongPal Lee\*, JaeHoon Kim\*

### 요약

본 논문에서는 ETRI가 개발하여 천리안위성에 탑재한 Ka대역 안테나의 빔 커버리지 검증 결과에 대하여 기술하였다. 위성이 발사 되면 위성체 및 위성에 탑재된 탑재체가 발사 환경과 우주 환경을 견디고 본래의 기능 및 성능을 발휘하는지 확인하고자 In Orbit Test(IOT)를 진행한다. ETRI는 IOT를 통하여 측정된 천리안위성 Ka대역 안테나의 방사패턴이 위성 발사 전에 지상에서 측정된 패턴과 유사한 특성을 보여주고 있음을 확인하였다. 이를 통하여 천리안위성 Ka대역 안테나의 성능이 위성의 발사 환경을 무사히 견디고 우주환경에서 당초 ETRI가 설계한 대로 정상적으로 나오고 있음이 검증되었다.

IOT 후에 ETRI는 천리안위성 Ka대역 안테나의 빔 커버리지가 당초 설계한대로 잘 형성되어 있는지 확인하기 위하여 한반도 전역에서 측정차량을 이용하여 필드측정을 실시하였다. 빔 커버리지를 측정하기 위하여 기준지점인 ETRI를 포함, 한반도 외곽 지역 및 제주도를 중심으로 총 17지점을 선별하여 이동 측정차량을 이용하여 필드 측정을 실시하고, 이를 지상시험(CATR) 결과와 비교 분석하였다. 분석한 결과 천리안위성 통신탑재체의 빔 커버리지가 당초 ETRI가 설계한 대로 한반도 전역에서 정상적으로 형성되어 있음을 확인할 수 있었다.

**Key Words** : Communication, Ocean and Meteorological Satellite(COMS), In Orbit Test(IOT), Compact Antenna Test Range(CATR), 빔 커버리지, 필드측정

### ABSTRACT

This paper described validation results of COMS Ka band antennas beam coverages which were developed by ETRI. After satellite launch, In Orbit Test(IOT) activities are stat to check spacecraft and payloads are still in healthy condition after launch. During IOT phase, ETRI measured radiation patterns of COMS Ka band antennas and compare with ground test(CATR) results. The antenna patterns similarity between IOT results and CATR results show that COMS Ka band antenna withstand launch vibration and in the good healthy condition.

After IOT, ETRI performed field test for beam coverage measurements with vehicle to check if Ka band beam coverage are formed well as designed. For the beam coverage measurement, 17 points were selected over the Korean peninsula. The field measurement data were very similar with CATR data and this confirms that beam coverage are formed well over the Korean peninsula as expected.

## I. 서론

2010년 6월에 성공적으로 발사 된 천리안위성은 국내에서 최초로 개발 한 정지궤도 위성으로 고도 36,000km 상공에서 위성통신, 해양관측 및 기상관측 서비스의 복합적인 임무를 수행한다[1].

한국전자통신연구원(ETRI)은 천리안위성에 탑재된 Ka대역 통신탑재체의 개발을 담당하였으며, 국내 최초로 위성통신용 중계기 및 안테나 시스템을 설계, 제작하고 위성에 조립한 후에 성공적으로 모든 지상시험을 완료하였다[2][3]. 위

성이 발사 된 후에는 궤도 내 시험(IOT)을 통하여 통신탑재체가 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다. 그 후에 남한 전역에서 이동차량을 이용하여 천리안위성 통신탑재체의 신호를 측정하여 빔 커버리지가 정상적으로 형성되어 있음을 확인하였다. 본 논문에서는 위성 발사 후에 실시한 IOT 중에 측정된 천리안위성 Ka대역 안테나의 방사패턴 결과와 전국 17개 지점에서 측정된 Ka대역 안테나의 빔 커버리지 측정결과에 대하여 기술한다.

\*한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 위성시스템연구팀 (jhjo@etri.re.kr, moon@etri.re.kr, spallee@etri.re.kr, jhkim@etri.re.kr), 접수일자: 2012년 5월 15일, 수정완료일자: 2012년 6월 19일, 최종 게재확정일자: 2012년 6월 25일

## II. 천리안위성 Ka대역 안테나 구조 및 특성

천리안위성 Ka대역 안테나는 구조적으로 위성체의 동/서 패널에 각각 1개의 오프셋 파라볼릭(parabolic) 반사판이 설치되어 있다. 안테나 피드어셈블리 동쪽 패널에는 두 개가, 서쪽 패널에는 한 개가 장착되어 있다. 각 피드어셈블리는 피라미드 혼, 다이플렉서 및 송/수신 도파관으로 이루어져 있다. 128.2도 정지 궤도에서 동/서 판넬에 위치한 두 안테나는 방위각에 대해서  $-0.09$  deg, 양각에 대해서  $5.75$  deg의 방향으로 한반도와 그 주변을 지향하도록 설계되어 있다. 그림 1은 천리안위성 동쪽 패널에 위치한 Ka대역 안테나 형상을 보여준다.

Edge Of Coverage(EOC)에서의 안테나 이득은 송신, 수신에서 각각  $41.5$ dB,  $43.0$  dB로 설계되어 있다. EOC에서 안테나 이득의 기울기는 송신 경우에는  $11.25$  dB/deg, 수신 경우는  $20.45$  dB/deg이다. 안테나 교차 편파의 격리도는  $30$  dB 이상이고, 안테나 부엽과 레벨은 송수신 모두  $20$ dB이 되도록 설계되었다[4][5]. 그림 2는 설계한 안테나의 패턴을 보여준다.

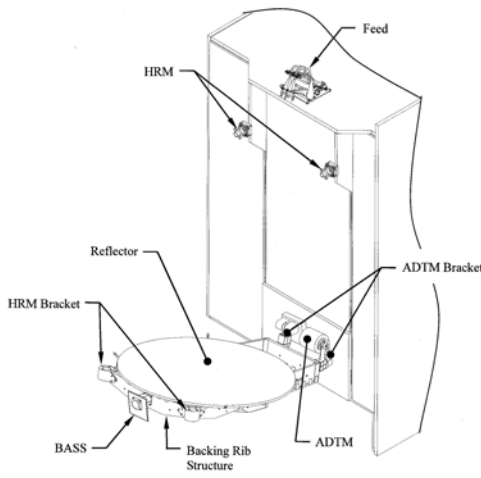


그림 1. 천리안위성에 장착된 Ka대역 안테나 형상

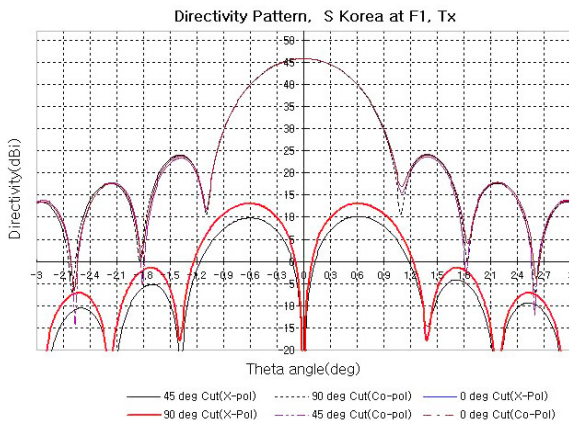


그림 2. Ka대역 안테나 패턴 특성

## III. 궤도 내 안테나 패턴 측정

궤도 내 시험 인 In Orbit Test(IOT)는 위성이 발사된 후에 실시되는데 위성체 및 위성에 탑재된 탑재체가 발사 환경과 우주 환경을 견디고 본래의 기능 및 성능을 발휘하는지 확인하고자 하는 일련의 시험 활동이다. 통상적으로 위성이 발사될 때에는 발사체에 의하여 소음 및 진동이 발생되고, 위성이 본궤도에 정착할 때까지 각종 우주환경에 노출되는데 발사한 위성이 모든 환경조건을 견디고 제 기능을 발휘하는지 확인 하기위한 활동이 IOT이다. IOT는 위성체의 각종 기능이 제대로 작동하는지 확인하는 시험과 위성에 탑재된 탑재체의 성능을 확인하는 시험으로 구분된다. IOT 결과는 지상시험 결과와 서로 비교하여 유사한 결과가 나타나면 위성의 발사 과정과 본래의 궤도를 잡는 과정에서 성능의 저하가 발생하지 않은 것으로 판단한다. 천리안위성 Ka대역 안테나 반사판은 위성이 발사된 후 7일 만에 완전히 전개되었으며 발사 10일이 지난 후에는 통신탑재체에 대한 IOT가 시작되어 중계기 성능검증 시험과 안테나 성능검증 시험이 실시되었다.

천리안위성 통신탑재체의 성능을 측정하기 위한 IOT시스템 구성은 그림3과 같다.

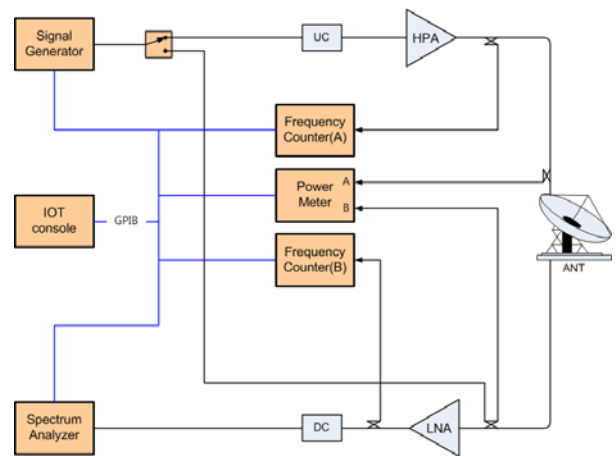


그림 3. Ka대역 IOT시스템 구성도

천리안위성 통신탑재체 IOT시스템은 크게 실외장비와 실내장비로 구성된다. 실외장비는 7M급 지상안테나와 안테나 허브에 장착된 Upconverter, Down-converter, LNA, HPA와 같은 RF송/수신 장비와 위성으로 송신되고 수신되는 RF 신호를 측정할 수 있는 Frequency counter, Power meter와 같은 계측장비로 구성된다. 실내장비는 안테나에서 약 10M 정도 떨어진 컨테이너 하우스에 위치하며, RF신호발생기, Spectrum analyzer와 같은 RF계측기와 이러한 계측장비들을 제어하면서 IOT를 자동으로 수행하는 IOT콘솔로 구성된다.

안테나 패턴을 측정하려면 위성을 회전시켜야 하는데 천리안위성 Ka대역 안테나의 패턴을 측정하기 위하여 천리안위성을 동서 방향과 남북 방향으로 회전시키고 동시에 IOT

시스템에서는 RF신호를 위성으로 송/수신하면서 위성의 회전 위치에 따른 신호의 크기 변화를 측정하였다. 위성은 동서 방향과 남북 방향으로 각각  $\pm 1$ 도 범위의 십자모양으로 회전하였으며 분당 0.1도의 속도로 회전하였다. 중계기의 채널앰프는 Fixed Gain Mode(FGM) 모드와 Automatic Level Control(ALC)모드로 세팅하여 각각에 대하여 위성을 회전 시키면서 안테나 패턴을 측정하였다. ALC모드에서 측정된 패턴은 위성안테나의 송신패턴을 나타내며, FGM모드에서 측정된 패턴은 위성안테나의 송/수신 패턴을 모두 포함한다. 따라서 ALC, FGM 모드에 대하여 측정하면 위성안테나의 송/수신 패턴에 대하여 모두 측정 가능하다.

그림4 ~ 그림6은 남부빔, 중북부빔, 중국빔 3개의 안테나 빔에 대한 안테나 패턴측정 결과이다. 그림에서 점선으로 표시된 패턴은 IOT에서 측정한 위성안테나의 송신 패턴이며, 실선으로 표시된 패턴은 위성 발사 전에 지상의 CATR 시설에서 측정한 안테나 패턴인데, 두 패턴이 거의 일치함을 볼 수 있다. 이는 안테나가 위성 발사 후에 정상적인 성능을 내고 있다는 것을 의미한다[6].

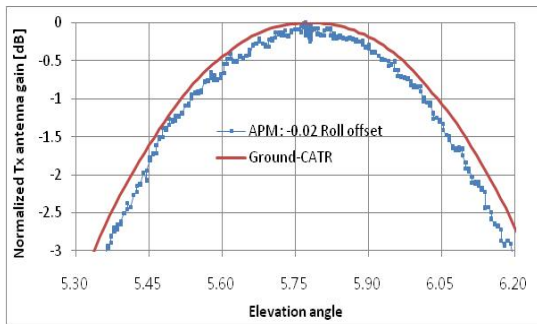


그림 4. 남부 빔 안테나 패턴 측정결과

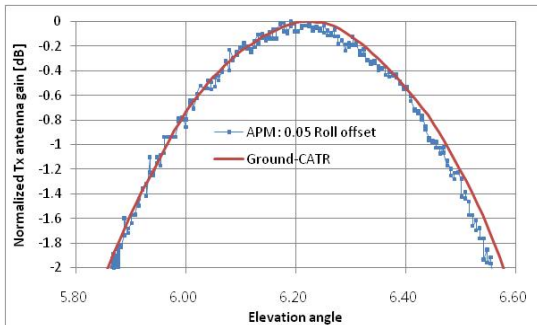


그림 5. 중북부 빔 안테나 패턴 측정결과

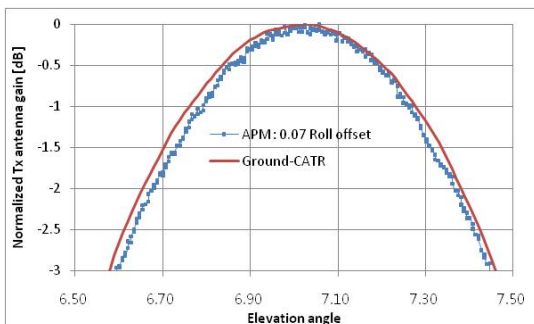


그림 6. 중국 빔 안테나 패턴 측정결과

#### IV. Ka대역 안테나 빔 커버리지 필드측정

천리안통신위성 빔 커버리지 필드측정은 천리안 통신위성 신호의 감도가 한반도 전역 외각 지역에서 어떠한 분포를 보이고 있는지 확인하기 위해서이다. 지상의 CATR 시설에서 측정한 천리안위성 Ka대역 신호의 빔 커버리지 지도는 그림 7과 같다.

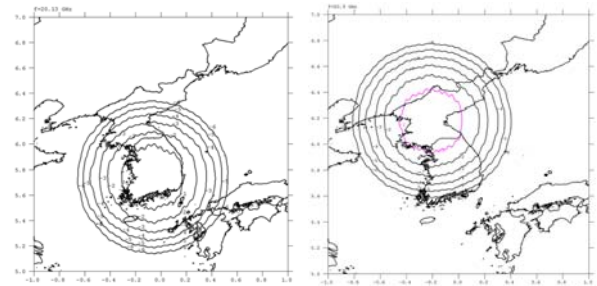


그림 7. 천리안위성 Ka대역 신호 남북한 빔 커버리지 지도

측정은 크게 송/수신 고정국과 이동차량 측정국 두 부분으로 나뉜다. 송/수신 고정국은 ETRI 중심지구국에 시설되어 있는 IOT 시스템이 활용되었으며, 이동차량 측정국은 위성전파감시센터의 이동측정차량을 활용하였다. 고정국의 안테나 크기는 7.2m이고, HPA출력은 최대 175W이다. 또한 이동측정 차량의 안테나 크기는 1.8m 이다. 그림8은 고정국과 이동차량의 모습을 보여준다.



그림 8. 고정국 안테나와 이동측정 차량 모습

고정국에서는 빔 커버리지 측정에 필요한 CW 테스트 신호를 천리안위성으로 송신하고 동시에 천리안위성으로부터 자신이 송신한 CW신호를 받아서 측정한다. 이 신호는 이동차량에서 측정한 CW신호의 변화량에 대한 기준 값으로 이용된다. 동시에 고정국에서는 천리안위성의 Ka대역 비콘 신호를 수신하여 기상변화에 따른 신호의 감쇠를 보상하는데 활용한다. 한편 이동차량에서는 고정국이 송신한 CW신호를 천리안위성으로부터 받아서 측정하는데 전국을 돌아다니면서 남부 빔(채널1번) CW신호의 세기와 중북부 빔(채널2번) CW신호의 세기를 측정하고 이를 고정국에서 측정한 값과 비교하여 빔 커버리지 지도를 그릴 수 있다. 천리안위성 Ka대역 신호의 빔 커버리지 필드측정 구성도는 그림9와 같으며 고정국과 이동차량에서 측정한 신호는 표1과 같다.

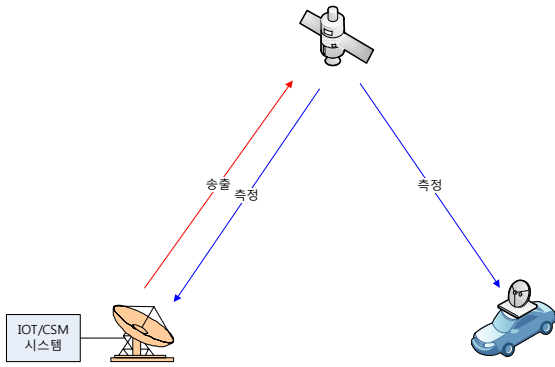


그림 9. 빔 커버리지 필드측정 구성도

표 1. 빔 커버리지 측정 파라미터

	남부 빔	중북부 빔	비콘
중계기 채널	1번	2번	NA
하향주파수(GHz)	19.9	20.0	19.8
신호 형태	CW	CW	CW
측정 파라미터	신호강도	신호강도	신호강도

빔 커버리지 필드측정 지점은 기준지점인 ETRI를 포함, 한반도 외각 지역 및 제주도를 중심으로 하는 총 17지점이며, 측정 지점을 그림10에 표시하였다.



그림 10. 빔 커버리지 필드측정 지점 위치

- 기준 지역(1지점): 대전 ETRI(14)
- 서해안 지역(4지점): 강화도(1), 태안(2), 변산(3), 진도(4)
- 남해안 지역(3지점): 고흥(5), 거제(6), 부산(7)
- 동해안 지역(4지점): 포항(8), 울진(9), 속초(10), 통일전망대(11)
- 북부 지역(2지점): 춘천(12), 포천(13)
- 제주 지역(3지점): 차귀도(15), 모슬포(16), 성산(17)

전국 17개 지점에서 측정한 천리안통신위성 빔 커버리지 데이터는 대전에서 측정한 데이터를 기준으로 전국에서 측정한 데이터를 비교하여 빔 커버리지를 추출하였다. 각 측정 지점에서 측정 시 CW 신호를 송출하는 중심국과 이동차량에서 각각 수신감도를 측정한 후에, 중심국 측정값과 이동차량 측정 값의 차이 변화를 대전에서 측정한 값과 비교하여 빔 커버리지를 산출하였다. 또한 측정 시 비콘 신호의 크기를 동시에 측정하여 중심국과 이동차량 및 각 측정 지점간의 대기환경 변화에 따른 손실을 보상하였다.

측정된 빔 커버리지 데이터를 안테나 지상에서 실시한 CATR 결과와 비교한 결과 약 1dB 이하의 오차를 나타내는 전국 빔 커버리지가 나타났는데, 이는 중심국과 이동차량에서의 RF측정 오차를 감안한다면 양호한 결과를 얻은 것으로 판단된다. 결론적으로 천리안통신 위성의 안테나 빔 커버리지는 위성 설계/제작한 대로 한반도 전역에 걸쳐서 정상적으로 형성되어 있음을 확인 하였다. 측정한 남부/중북부 빔 커버리지는 그림 11 ~ 그림12와 같다[7].

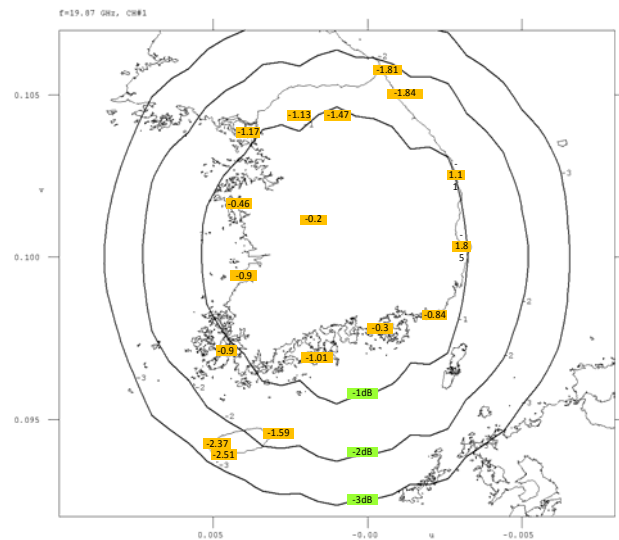


그림 11. 남부 빔 커버리지 측정 결과

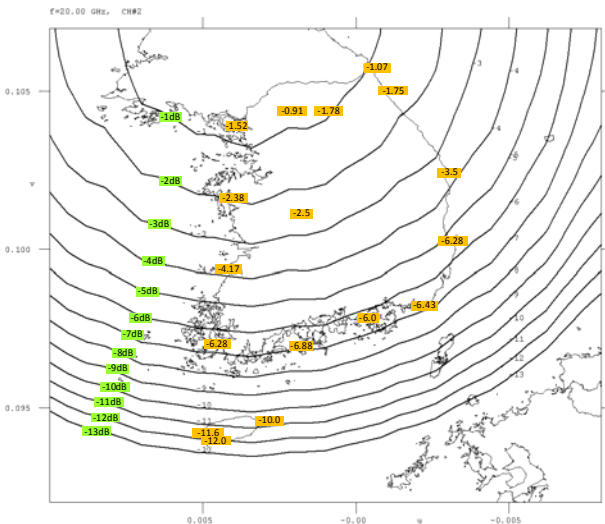


그림 12. 중북부 빔 커버리지 측정 결과

#### IV. 결론

본 논문에서는 ETRI가 개발하여 천리안위성에 탑재한 Ka대역 안테나의 빔 커버리지 검증 결과에 대하여 기술하였다. 먼저 위성이 발사 된 후에 실시한 IOT에서 측정한 안테나 패턴을 지상에서 실시하였던 CATR패턴과 비교한 결과 거의 유사한 패턴을 보여주고 있음을 확인하였다. 이로써 천리안위성 Ka대역 안테나의 성능이 위성의 발사 환경을 무사히 견디고 우주환경에서 당초 설계한 대로 정상적으로 나오고 있음을 확인하였다.

그 후에 천리안위성 Ka대역 안테나의 빔 커버리지를 측정하기 위하여 기준지점인 ETRI를 포함, 한반도 외각 지역 및 제주도를 중심으로 총 17지점을 선별하여 이동 측정차량을 이용하여 천리안통신위성의 신호세기를 측정하는 필드 측정을 실시하고 지상시험(CATR) 결과와 비교 분석하였다. 측정 데이터를 분석한 결과 천리안통신위성은 한반도 전역에서 당초 ETRI가 설계한 대로 서비스 커버리지가 형성되어 있음을 확인할 수 있었다.

현재 천리안위성 Ka대역 통신탑재체는 국내의 학계, 산업계, 연구기관이 참여한 다양한 위성통신/방송 시험서비스와 차세대 위성통신/방송 기술개발에 활용되고 있다. 천리안위성통신탑재체를 이용한 새로운 통신/방송기술 개발은 향후 우리나라에 차세대 위성통신/방송 서비스를 제공하는데 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

[1] SP Lee, "Development of Satellite Communication System for COMS", Proceedings of APSCC 2004, pp. 71-96.  
 [2] JH Jo, HJ Woo, and SP Lee, "The Design and

Implementation of Electrical Ground Support Equipment (EGSE) for COMS Ka band Transponder Testing", 26th International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC), June 2008, AIAA 2008-5436.

[3] SP Lee, JH Jo, MH You, JS Choi, and KB Ahn, "Ka band Communication Payload System Technology of COMS", JC-SAT2010, October 2010, pp. 19~24.  
 [4] J. H. Lee, J. H. Kim, S. P. Lee, H. J. Lee, "Multi-beam Satellite Antenna Design", IEEE International Symposium on Antenna and Propagation and USNC/URSI National Radio Science Meeting, July 2004, Session 84  
 [5] SP Lee, JH Jo, MH You, JS Choi, "Integration, Testing and In Orbit Validation of Ka-band Communication Payload of COMS", ICTC-2010, pp. 309~313.  
 [6] SP Lee, JJ Jo, MH You, E. Haddad, F. Rahman, "In Orbit Pattern Tests of COMS Satellite Antennas", IEEE APS-2011, pp. 3015~3017.  
 [7] 조진호, 유문희, 김재훈, "천리안통신위성 빔 커버리지 필드측정", 한국통신학회 2011년도 하계종합학술발표회, 8A-38.

#### 저자

조진호(JinHo Jo)

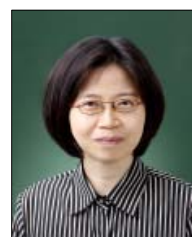
정회원



· 1986년 2월: 충남대학교 전자공학 학사  
 · 1988년 2월: 충남대학교 전자공학 석사  
 · 1989년 6월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원  
 <관심분야> 위성통신, 무선통신

유문희(MoonHee You)

정회원



· 1990년 8월: 한양대학교 전자통신공학 석사  
 · 1988년 2월: 한양대학교 전자공학 박사 수료  
 · 1989년 6월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

<관심분야> 위성통신시스템, 통신탑재체

이성팔(SeongPal Lee)

정회원



· 1990년 6월: 미 뉴욕공대 전자공학 박사  
 · 1980년 4월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원  
 <관심분야> 위성시스템, 위성통신시스템, 통신탑재체

김 재 훈(JaeHoon Kim)

정회원



- 2001년 9월: 충북대학교 컴퓨터공학과 졸업 박사
  - 1990년 8월: 정보처리기술사
  - 1983년 3월~현재: 한국전자통신연구원 근무(팀장)
- <관심분야> 위성방송통신, 위성관제