

L-대역 송수신 듀플렉서가 내장된 고효율 8x8 평면 배열 안테나

엄순영[°], 장동필

한국전자통신연구원

syeom@etri.re.kr, dpjang@etri.re.kr

High-efficient 8x8 Planar Array Antenna with an Integrated L-band TRx Duplexer

Soon Young Eom, Dong Pil Chang

Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

본 논문에서는 평면형 송수신 듀플렉서가 집적화된 L-대역 고효율 8x8 평면 배열 안테나의 전기적 성능에 대하여 간략히 기술한다. 송수신 듀플렉서는 차폐된 서스펜디드 스트립 선로 기반의 9-단 헤어핀 공진기 필터 구조로서 저손실 특성을 보이며, 또한 8x8 평면 배열 안테나는 차폐된 에어-스트립 선로 기반의 급전 회로망 구현을 통하여 저손실 특성을 구현한다.

I. 서론

무선 통신 시스템은 종단 부품인 송수신 필터와 안테나를 필요로 한다. 일반적으로, 종단에 사용되는 송수신 필터는 저손실 특성의 캐버티 공진기 구조의 필터가 사용되나 이러한 필터들은 부피가 크고 무거우며, 제작 비용이 비싼 단점이 있다. 본 논문에서는 위성 DCS(Data Collection System) 서비스에 활용할 목적으로 L-대역에서 동작하는 저손실 특성을 갖는 평면형 송수신 듀플렉서가 집적화된 고효율 8x8 평면 배열 안테나를 제안하고자 한다. 종단 송수신 필터와 송수신 배열 안테나를 일체화하는 것이 시스템 가격, 부피, 무게 등을 줄이는 효과를 제공할 수 있다.

II. 본론

DCS 서비스를 위한 수신 대역은 1.52~1.525 GHz이며, 송신 대역은 1.67~1.675 GHz이다. 그림 1은 L-대역 송수신 듀플렉서가 집적화된 고효율 8x8 평면 배열 안테나의 삼차원 전개도 형상을 보여준다.

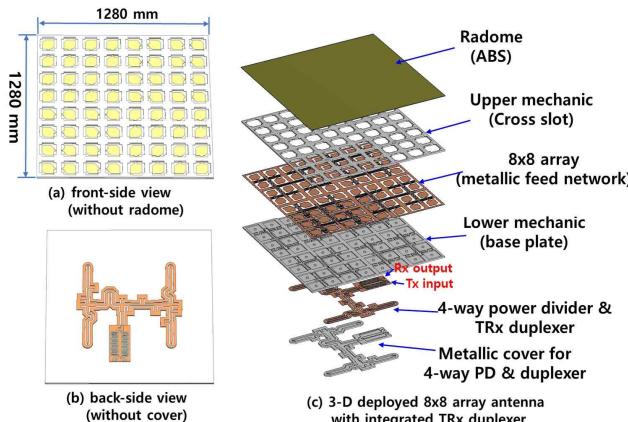


그림 1. L-대역 송수신 듀플렉서가 집적화된 고효율 8x8 평면 배열 안테나 형상

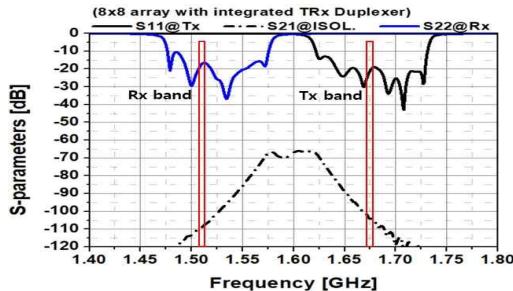
평면 배열 안테나를 구성하는 단위 방사 소자는 캐버티 내부에 패치 여기 소자를 두고 상부에 교차 슬롯 개구면을 두는 구조이다. 패치 여기 소자는 좌현 편파 특성 구현을 위하여 패치의 가장자리 코너가 모따기(chamfer)된 구조이며, 패치 중심부는 지지를 위하여 직경 10.0 mm 도체 기둥으로 바닥 접지면과 연결시켰다. 시뮬레이션된 단위 방사 소자의 이득 특성은 약 8.1 dBi 정도이며, 또한 입력 반사 손실 특성은 동작 대역 내에서 17.0 dB 이상이다. 단위 방사 소자의 지향성 특성을 바탕으로 배열

소자들간 간격은 160.0 mm로 결정하였다. 전체 배열 안테나의 우수한 축비 특성을 얻기 위하여, 8x8 배열은 4 개의 쿼터(quater) 부배열(4x4 배열)로 나누어 각각 90°씩 순차적으로 회전 배치시켰다. 쿼터 부배열의 급전 회로망은 모든 채질이 도체로만 구성되는 차폐된 에어-스트립 선로 기반으로 설계되므로 유전체 손실이 없으며 도체 저항성 손실만 존재한다[1]. 그럼 1에 보여지는 바와 같이, 각 쿼터 부배열의 전력 분배(또는 결합)을 위한 4-way 전력 분배기(또는 결합기)는 배열 안테나 후면부에 배치되고 동축 급전을 통하여 쿼터 부배열의 입력단(또는 출력단)들과 연결된다. 설계된 4-way 전력 분배기(또는 결합기)도 차폐된 에어-스트립 선로 기반의 저손실 특성을 가지며, 순차적으로 회전 배치된 각 쿼터 부배열간 90° 위상 차를 보상하는 지연 회로를 포함하고 있다. 또한, 전송 선로 길이 차를 이용하는 위상 지연 회로에서 발생하는 주파수-위상 분산 특성을 개선하기 위하여 90°의 전기적 길이를 갖는 병렬 단락 스테브 회로들이 90° 위상 지연 회로내에 2개 그리고 180° 위상 지연 회로내에 3개 사용된다.

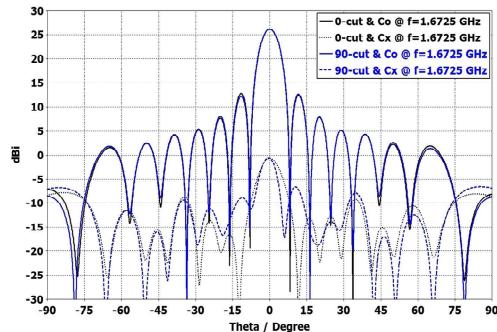
8x8 평면 배열 안테나의 입력단(또는 출력단)에 직접 연결되는 L-대역 송수신 듀플렉서는 각각 9-단 헤어핀 공진기들로 구성된 송신 및 수신 대역통과필터 특성을 보여준다. 저손실 특성의 필터 구현을 위하여, 차폐된 서스펜디드 스트립 선로 구조로 설계된다[2]. 사용된 RF PCB는 Taconic사의 TLY-5($\epsilon_r=2.2$, H=0.25 mm, T=0.018 mm, $\tan\delta=0.0005$ @ 2 GHz) 기판이다. 대역통과필터의 대역폭은 삽입 손실과 직접 관련이 있다. DCS 서비스용 송신 및 수신 필터의 동작 대역폭은 각각 5 MHz로 요구되지만 1.0 dB 이하의 삽입 손실과 90 dB 이상의 송수신 단자간 격리 특성을 고려하여 본 논문에서는 듀플렉서의 통과 대역폭을 각각 약 100 MHz로 설계하였다. 이때, 설계된 송수신 듀플렉서의 크기(WxLxH)는 160.0 x 300 x 15.0 mm이다. L-대역 평면 배열 안테나와 송수신 듀플렉서를 집적화하기 위하여, 송수신 듀플렉서는 평면 배열 안테나 후면부의 4-way 전력 분배기(또는 결합기)의 입력 단자(또는 출력 단자)에 직접 연결된다.

그림 2는 송수신 듀플렉서가 집적화된 L-대역 고효율 8x8 평면 배열 안테나의 시뮬레이션된 전기적 특성을 보여준다. 그림 2 (a)에 제시된 송신 및 수신 입력 반사 손실 특성은 동작 대역 내에서 각각 21.0 dB 및 20.8 dB 이상으로 우수한 입력 정합 특성을 보여준다. 그리고 송수신 단자간 격리 특성은 100.0 dB 이상으로 매우 우수한 고격리 특성을 보여준다. 또한, 그림 2 (b)~(e)는 시뮬레이션된 방사 특성을 보여주며, 이득, 3-dB 범폭, 사이드로브, 축비, 안테나 효율 항목에 대하여 표-1에 요약하여 제시하였다. 요약된 결과들은 배열 크기, 급전 분포 등 바탕으로 예측되는 결과들과 매우 유사하다. 전체 배열 안테나의 효율은 집적화된 송수신 듀플

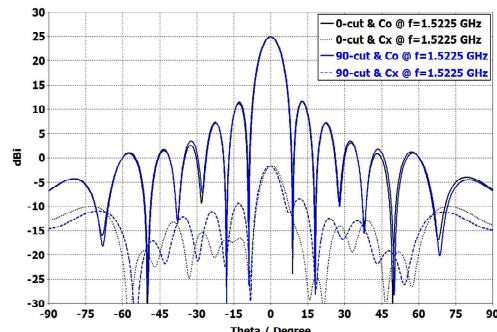
렉서의 삽입손실 값을 포함한 것으로 송신 및 수신 대역에서 78 % 이상의 우수한 안테나 효율 특성을 보여주었다.



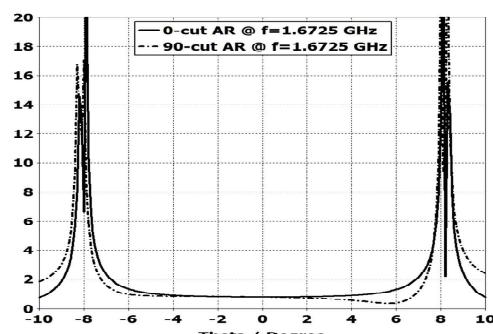
(a) 송신/수신 입력 반사 손실 특성 및 송수신 단자간 격리 특성



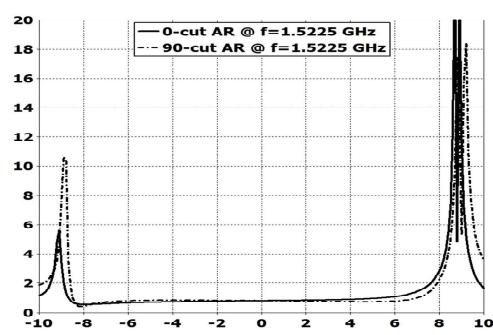
(b) 방사 패턴 특성 @ f=1.6725 GHz



(c) 방사 패턴 특성 @ f=1.5225 GHz



(d) 축비 특성 @ f=1.6725 GHz



(e) 축비 특성 @ f=1.5225 GHz

그림 2. 송수신 듀플렉서가 집적화된 L-대역 8x8 평면 배열 안테나의 전기적 특성

표-1. 송수신 듀플렉서가 집적화된 L-대역 8x8 평면 배열 안테나의 방사 특성 요약

항목	f=1.6725 GHz(Tx)	f=1.5225 GHz(Rx)	비고
안테나 이득	26.1 dBi	24.9 dBi	안테나 개구면 $6.8\lambda_c \times 6.8\lambda_c$
3-dB 범폭	7.1° typ.	7.9° typ.	$\Theta_{3dB} = 7.45^\circ$ (=50.8°/6.8)
사이드로브 레벨	13.4 dBc	13.4 dBc	균일한 진폭 분포로 설계
교차편파 레벨 (@정방향)	26.7 dB	26.8 dB	0.8 dB 축비 특성에 해당
안테나 효율	78.3 % (-1.06 dB)	78.7 % (-1.04 dB)	송수신 듀플렉서 삽입손실 포함

III. 결론

본 논문에서는 저손실 특성을 갖는 L-대역 평면형 송수신 듀플렉서가 집적화된 고효율 8x8 평면 배열 안테나의 우수한 전기적 성능을 보여주었다. 전체 배열 안테나의 효율은 집적화된 송수신 듀플렉서의 삽입손실 값을 포함한 것으로 송신 및 수신 대역에서 78 % 이상의 우수한 효율 특성을 보여주었다. 본 연구 결과물은 향후 위성 DCS 서비스 단말용 종단 부품으로 활용 가능할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by Institute for Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korean Government (MSIT) (No. 2018-0-00190, Development of Core Technology for Satellite Payload).

참고문헌

- [1] 엄순영, 신천식, "고효율 특성을 갖는 광대역 원형 배열 안테나 설계," 2025년 항법시스템학회 정기학술대회(2025 IPNT Conference), Nov 5-7 2025, Jeju, Korea
- [2] 엄순영, 장동필, "DCS VSAT용 L-대역 송수신 듀플렉서 설계 및 시험," 2025년 한국전자과학회 하계종합학술대회 논문집, Vol. 13, No. 1 2025. 8. 20~23.