



5개 유전체 봉을 가지는 Ka-대역 모노펄스 피드 설계

Ratmalgre Koala^{*1}, 신상진^{**}, 이병열^{***}, 오경현^{****}, 안병철^{*2}

Design of a Ka-band Monopulse Feed with Five Dielectric Rods

Ratmalgre Koala^{*1}, Sang Jin Shin^{**}, Byung-Ryul Lee^{***}, Kyung-Hyun Oh^{****},
 and Bierng-Chearl Ahn^{*2}

이 논문은 2017년도 한화시스템(주)의 재원을 지원받아 수행된 연구임.

요 약

본 논문에서는 카세그레인 반사경용 또는 렌즈 안테나용으로 5개 유전체 봉을 가지는 Ka-대역 모노펄스 피드를 설계하였다. 유전체 봉 길이와 간격을 조정함으로써 합 패턴과 차 패턴을 동시에 최적화하는 설계방법을 제시하였다. 제안된 방법을 적용하여 포노펄스 피드의 한 예를 설계하였다. 설계한 피드는 Ka-대역 중심 주파수의 10% 범위에서 합 패턴의 경우 46°의 -10dB 빔폭, 17.0~17.4dB의 이득, -17~-18.5dB의 부엽레벨, -30~-40dB의 교차편파 레벨, -10dB 빔폭 내에서 4.3°~21°의 위상오차 특성을 가진다. 차 패턴의 경우 중심 주파수에서 이득 15.2dB, 50dB 이상의 영점 깊이, 합 패턴의 -10dB 빔폭 내에서 5dB의 이득 테이퍼 특성을 가진다. 설계방법의 타당성을 검증하기 Ka-대역 모노펄스 피드를 제작하여 이득 패턴을 측정하고 분석하였다.

Abstract

In this paper, an improved design is presented for a Ka-band monopulse feed with five dielectric rods for use in a Cassegrain reflector or lens antenna. This paper presents a design method of a simultaneous optimization of sum and difference patterns by adjusting the rod length and the rod spacing. The proposed method is applied to design an example design of a monopulse feed. Over 10% of the Ka-band center frequency, the designed feed has, in the case of the sum pattern, -10dB beamwidth of 46°~48°, gain of 16.4~17.4dB, cross polarization level -30~-40dB, phase error of 4.3°~21° within -10 dB beamwidth. In the case of the difference pattern, the designed feed has, at the center frequency, gain of 15.2dB, null depth greater than 50dB, and gain taper of 5dB at -10dB beamwidth of the sum pattern. To verify the validity of the design method, a Ka-band monopulse feed is fabricated and its gain patterns are measured and analyzed.

Keywords

Ka-band, monopulse, dielectric rod, lens feed, reflector feed

* 충북대학교 전자통신공학과

- ORCID¹: <http://orcid.org/0000-0001-5864-806X>

- ORCID²: <http://orcid.org/0000-0001-7977-8760>

** 방위산업기술지원센터

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0231-2994>

*** 광운대학교 방위사업학과

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5319-3294>

**** 한화시스템

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7715-8995>

• Received: Feb. 26, 2019, Revised: Mar. 20, 2019, Accepted: Mar. 23, 2019

• Corresponding Author: Bierng-Chearl Ahn

Dept. of Radio and Communication Eng., Chungbuk National University,

Cheongdae-ro 1, Cheong-ju city, Chungbuk, Korea

Tel.: +82-43-261-3194, Email: bician@cbu.ac.kr

I. 서 론

로켓, 위성, 미사일 등의 목표물을 추적하기 위하여 전모노필스 방식의 전방급전 반사경, 카세그레인 반사경, 렌즈 안테나 등이 널리 사용되고 있다[1]. 이 경우 피드의 개구면 크기가 최소화되어야 하며, 합 패턴과 차 패턴이 동시에 최적으로 구현되도록 반사경 또는 렌즈가 조사되어야 한다[2][3]. 모노필스 피드 구조로서 다중모드 단일개구 피드[4][5], 4개 혼 피드[6], 4개 유전체 봉 피드[7], 5개 유전체 봉 피드[8][9] 등이 사용되고 있다.

모노필스 피드 구조 선택 시 합 패턴과 차 패턴 형성을 위한 모노필스 비교기의 복잡도를 고려해야 한다. 5개 유전체 봉을 이용한 모노필스 피드의 경우 합 패턴 급전부와 차 패턴 급전부가 분리되어 있으므로 모노필스 비교기 구현이 용이하다는 장점이 있다. 또한 피드의 합 패턴과 차 패턴을 독립적으로 최적화할 수 있으므로 최종적으로 보다 우수한 모노필스 안테나 특성을 얻을 수 있다.

다이폴, 도파관 개구, 패치와 같은 저이득 소자를 이용하여 5소자 모노필스 피드 설계에 있어서 합 패턴 빔폭과 차 패턴 빔폭이 최적이 되도록 설계하기가 어렵다. 이 경우 합 패턴 빔폭은 너무 넓으며 차 패턴 부엽(Sidelobe)이 너무 크다는 문제가 있다. 이러한 문제는 단면이 작고 고이득인 유전체 봉 방사기를 사용하여 해결할 수 있다. 5개 유전체 봉 모노필스 피드에 관한 기존 결과는 매우 제한적이다.

5개 유전체 봉을 사용한 기존 결과에서는 테이퍼된 유전체 봉[8] 또는 튜브형 유전체 봉[9]이 사용되었으나 합 패턴과 차 패턴의 빔폭과 부엽을 동시에 최적화 설계하기 위한 방법이 제시되지 않았다. 기존 결과에서는 차 패턴 소자 간의 간격이 너무 커서 차 패턴 빔폭이 과다하게 크게 되어 반사경의 차 패턴 특성이 미흡하다는 문제점이 있다. Kumar와 동료 연구자의 설계[9]에서는 반사경 조사각도에서 차 패턴의 테이퍼가 0dB이며 이에 따라 반사경의 차 패턴 개구효율이 크게 떨어지며 부엽이 너무 크게 되는 문제가 발생한다. 참고로 위 저자들의 논문에서는 반사경의 차 패턴이 제시되지 않았다.

본 논문에서는 카세그레인 반사경용으로 유전체 봉을 이용한 모노필스 피드의 개선된 설계방법을

제시하였다. 5개 유전체 봉의 간격을 최소로 한 상태에서 합 패턴의 빔폭과 부엽, 차 패턴의 빔폭과 부엽을 동시에 최적화함으로써 우수한 성능의 모노필스 피드를 설계할 수 있었다. 제안된 방법에 따라 설계한 Ka-대역 모노필스 피드를 제작하여 합 패턴과 차 패턴 특성을 확인하였다. 안테나 설계와 특성 분석을 위해 널리 사용되고 있는 CST사의 Microwave Studio™을 사용하였다.

II. 개선된 모노필스 피드 설계

5개 유전체 구조의 모노필스 피드에 관한 기존 결과[8][9]에서는 차 패턴 소자 간의 간격이 과다하여 차 패턴 특성이 좋지 않은 단점이 있다. 기존 결과에서 차 패턴 소자의 간격이 큰 이유는 모노필스 피드에 연결되는 모노필스 비교기를 용이하게 설계하기 위함으로 사료된다. 유전체 봉 사이의 간격이 작더라도 도파관 벤드를 사용하여 도파관 입력 포트 간격을 충분히 크게 할 수 있으므로 유전체 봉 사이의 작은 간격이 5개 소자 유전체 봉 모노필스 피드 설계의 제약 사항이 되지는 않는다.

본 논문에서 제안한 5개 유전체 봉의 개선된 설계에서는 유전체 봉 사이의 간격이 최소화된 구조를 적용하였다. 본 논문 저자들의 연구결과에 의하면 유전체 봉 간격을 최소로 하고 중심 유전체 봉의 길이가 주변 유전체 봉의 길이보다 약 33% 크게 할 경우, 주변 유전체 봉의 영향으로 중심 유전체 봉의 이득이 증가하며 부엽이 감소하는 유익한 특성을 얻을 수 있다. 또한 유전체 봉의 길이가 일정 값 이상인 경우 유전체 봉 사이의 간격이 작더라도 유전체 봉 사이의 분리도가 매우 높다. 또한 유전체 봉 사이의 간격이 작음에도 불구하고 상하 2개 유전체 봉 또는 좌우 2개 유전체 봉을 이용하여 차 패턴을 구현할 경우 중앙 유전체 봉의 영향이 미약하다.

그림 1(a)는 개선된 5개 유전체 봉 모노필스 피드의 구조로서 최소 간격으로 배치된 유전체 봉과 이를 급전하기 위한 정사각형 도파관 블록으로 구성된다. 합 패턴 생성을 위하여 중앙에 1개 유전체 봉, 고각 차 패턴 형성을 위하여 상부와 하부에 각각 1개 유전체 봉, 방위각 차 패턴 형성을 위하여

좌측과 우측에 각각 1개 유전체 봉을 배치하였다. 정사각형 도파관을 이용하여 유전체 봉을 급전하였다. 원형 도파관보다 정사각형 도파관이 모노펄스 비교기 부품인 직교모드변환기, 매직 Tee, 전력 분배기, 도파관 벤드 등의 구현에 편리하므로 정사각형 도파관을 선택하였다.

그림 1(b)는 피드의 축방향 단면도로서 방사부분 유전체 봉의 테이퍼 (직경이 선형적으로 서서히 감소하는 구조), 정사각형 도파관 삽입 부분의 유전체 테이퍼를 보여 준다.

그림 2는 모노펄스 패턴 구현을 위해 입력 도파관 포트 여기 시 전기장 벡터의 방향을 보인 것이다.

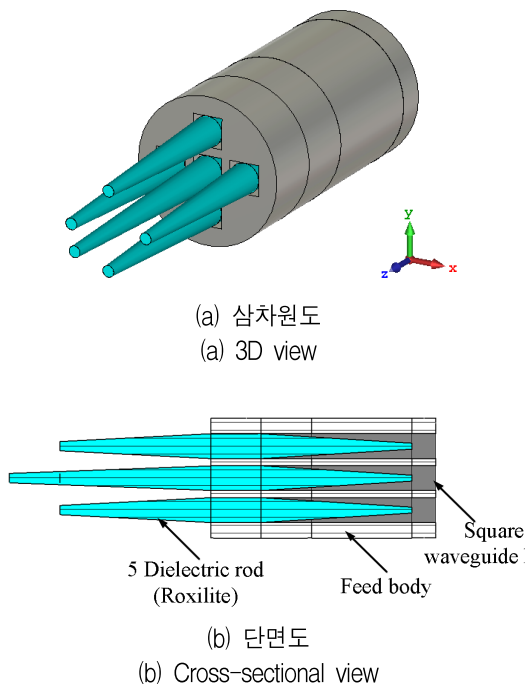


그림 1. 5개 유전체 봉 모노펄스 피드 구조.
Fig. 1. Structure of a monopulse feed with five dielectric rods

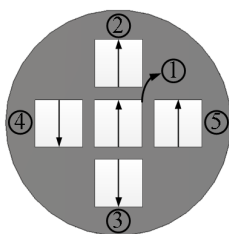


그림 2. 모노펄스 피드 입력 도파관의 전기장 방향
Fig. 2. Direction of the electric fields at the monopulse feed's input waveguide

아래의 반사계수와 전달계수 해석결과 확인을 위해 포트 번호를 그림에 표시하였다. 전력 합성기를 이용하여 2번 포트와 3번 포트를 합하여 고각 차 패턴을 얻고, 4번 포트와 5번 포트를 합하여 방위각 차 패턴을 얻는다.

표 1은 모노펄스 피드의 설계규격이며 그림 3은 모노펄스 피드의 설계변수이다. 그림 3에서 a_1, a_2, a_3 는 주변 유전체 봉 방사기(Radiator) 길이, 도파관 삽입부 길이, 임피던스 정합용 테이퍼 길이이다. a_4 는 입력부 정사각형 도파관 길이이며, a_5 는 중앙 유전체 봉 방사기 길이이다. b_1, b_2, b_3 는 각각 도파관 몸체 벽 두께, 정사각형 도파관 폭, 도파관 간격 변수이다. b_4, b_5, b_6 는 각각 유전체봉의 도파관 삽입부 종단 직경, 유전체 봉 사이 간격, 유전체 봉 방사기 종단 직경이다. 개선된 모노펄스 피드를 다음과 같은 순서로 설계하였다. 우선 유전체 봉 재료로서 전통적으로 널리 사용되고 있는 가교(Cross-linked) 폴리스티렌(상표명 Rexolite 1422; 유전상수 2.53, 손실 탄젠트 0.0007)을 사용하였다. 유전체 봉 설계에는 잘 알려진 방법을 적용하였다[10]. 유전체 봉의 직경(정사각형 도파관 폭과 동일)은 유전체 봉 내부에서의 HE_{11} 모드의 진행과 모노펄스 비교기 설계에 적합한 정사각형 도파관 크기를 고려하여 0.658 파장으로 하였다.

표 1. 모노펄스 피드 설계 규격
Table 1. Design specifications of the monopulse feed

Frequency	Ka-Band
Bandwidth	10%
Reflection coefficient	-20dB
Polarization	Linear
Sum pattern -10dB beamwidth	46°
Sum pattern cross-pol. level	-25dB
Difference pattern taper	-5B
Difference pattern null	40dB (relative to max. sum gain)

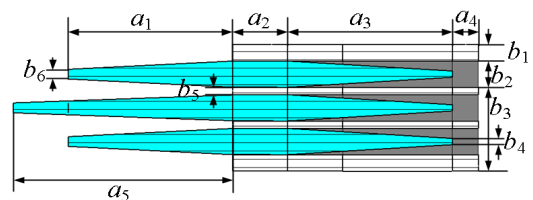


그림 3. 모노펄스 피드의 설계 변수
Fig. 3. Design parameters of the monopulse feed

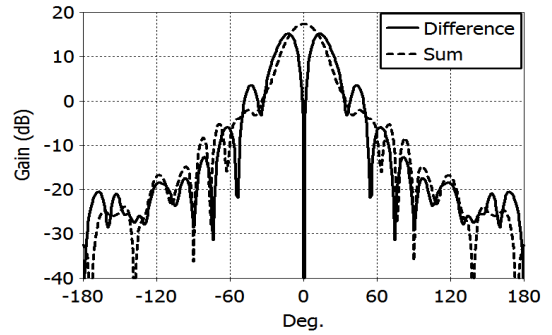
유전체 봉의 도파관 밖으로 노출된 부분 (방사부분)의 직경을 선형적으로 감소하여 종단에서는 0.249 파장이 되게 하였다. 방사부분 길이를 조정하여 합 패턴의 빔폭 설계 목표를 만족하였다. 5개 유전체 봉 모노펄스 피드 설계 시 차 패턴용 2개 소자의 간격을 가능한 작게 하여 격자엽(Grating Lobe)이 피드 중심축으로부터 큰 각도에서 발생하게 하였다. 차 패턴 유전체 봉의 길이를 조정하여 격자엽의 크기가 주엽(Main Lobe)의 크기보다 10dB 이상 작도록 하였다. 이 때 중앙 유전체 봉의 길이는 차 패턴 유전체 봉 길이보다 33% 크게 하였다. 최종 설계결과에 의하면 차 패턴용 상하, 좌우 유전체 봉 중심 사이의 간격은 1.692 파장이다.

합 패턴용 유전체 봉의 이득 패턴은 주변의 차 패턴용 유전체 봉의 높이에 의해 영향을 받는다. 따라서 차 패턴용 유전체 봉의 높이를 합 패턴용 유전체 봉의 길이보다 적절하게 작게 하여 합 패턴 빔폭과 차 패턴 빔폭이 동시에 최적값에 가깝도록 설계하였다. 모노펄스 피드에 연결되는 모노펄스 비교기 도파관은 공기로 채워진다. 따라서 유전체 봉의 도파관에 삽입되는 부분 직경을 선형적으로 감소시켜 입력 반사계수가 목표 값을 만족하도록 하였다. 위와 같은 방법으로 설계된 피드의 최적 치수는 표 2와 같다.

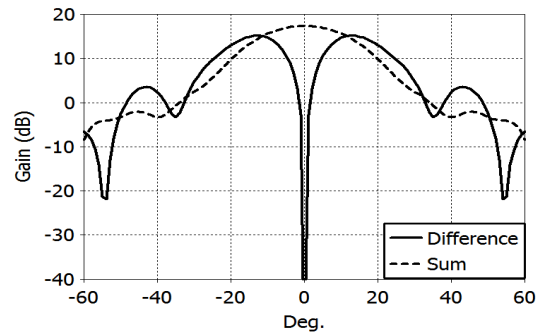
표 2. 설계된 피드의 최적 치수
Table 2. Optimum dimensions of the designed feed

Parameter	Value	Parameter	Value
a_1	3.97λ	b_2	0.658λ
a_2	1.32λ	b_3	2.11λ
a_3	2.65λ	b_4	0.156λ
a_4	0.627λ	b_5	0.188λ
a_5	5.31λ	b_6	0.249λ
b_1	0.413λ	-	-

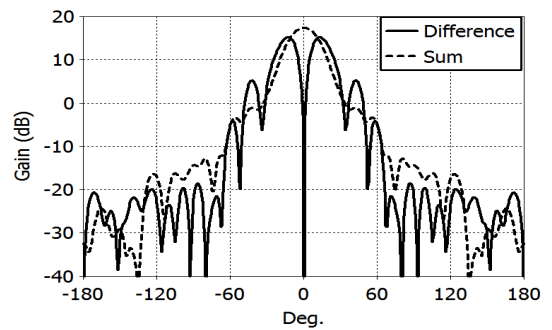
그림 4는 최적 설계된 피드의 이득 패턴을 보인 것이다. 합 패턴은 17.4dBi의 이득, 46°의 -10dB 빔폭, -18dB의 부엽준위(SLL; sidelobe level) 특성을 보이며, 차 패턴은 15.2dBi의 이득, 5dB의 이득 테이퍼 (@ ±23°), -10dB의 부엽준위, 50dB 이상의 영점 깊이 특성을 보인다.



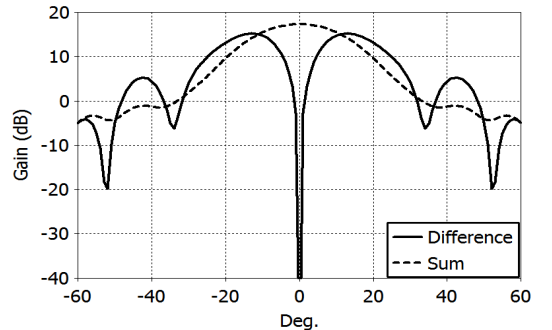
(a) 전계면 패턴 (±180°범위)
(a) E-plane pattern (±180° range)



(b) 전계면 패턴 (±60°범위)
(b) E-plane pattern (±60° range)



(c) 자계면 패턴 (±180°범위)
(c) H-plane pattern (±180° range)

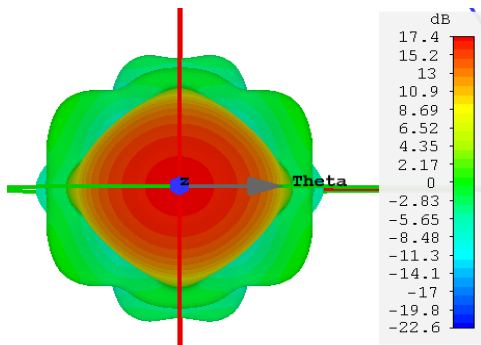


(d) 자계면 패턴 (±60°범위)
(d) H-plane pattern (±60° range)

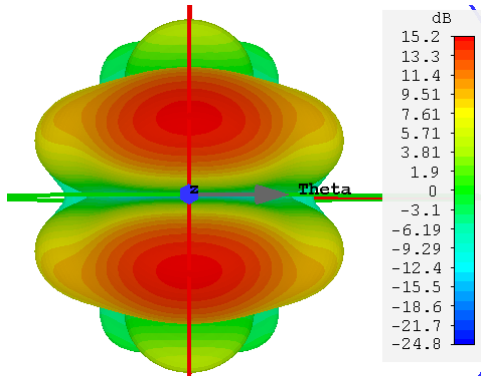
그림 4. 설계된 피드의 이득 패턴

Fig. 4. Gain patterns of the designed feed

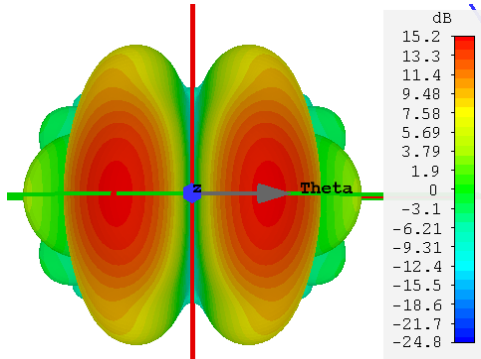
그림 5는 설계된 피드의 3차원 이득 패턴을 보인 것이다. 유전체 봉의 HE_{11} 모드에 의해 방사가 일어나므로 합 패턴의 주빔(Main Beam)은 안테나 축을 중심으로 거의 회전 대칭적인 특성을 보인다. 피드가 수직편파로 동작하므로 합 채널의 전개면 패턴(고각 방향 패턴)과 자계면 패턴(방위각 방향 패턴)의 부엽을 포함한 부엽 분포는 완전히 회전 대칭적이지는 않다. 고각방향 차 패턴과 방위각 방향 차 패턴은 유사한 특성을 보인다.



(a) 합 패턴
(a) Sum pattern



(b) 고각방향 차 패턴
(b) Elevation difference pattern



(c) 방위각 방향 차 패턴
(c) Azimuth difference pattern

그림 5. 설계된 피드의 삼차원 이득 패턴
Fig. 5. 3D gain patterns of the designed feed

그림 6은 피드의 각 유전체 봉 입력포트에서의 반사계수를 보인 것이다. 중심 주파수의 0.95배부터 1.05배 주파수에서 모든 포트에서 반사계수가 -20dB 이다. 그림 7은 각 유전체 봉의 입력포트 간의 전달 계수를 보인 것으로 동작 주파수 대역에서 -32dB 이하의 값을 가진다.

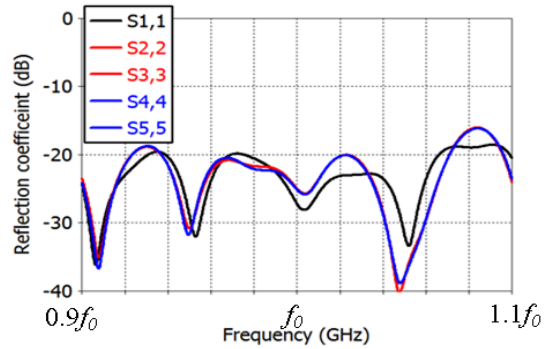


그림 6. 설계된 피드의 반사계수
Fig. 6. Reflection coefficients of the designed feed

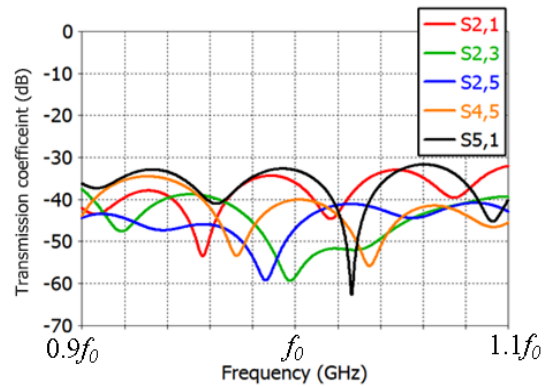


그림 7. 설계된 피드의 포트 간 전달계수
Fig. 7. Transmission coefficients between ports of the designed feed

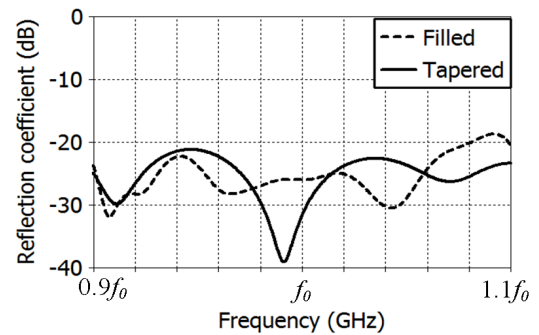
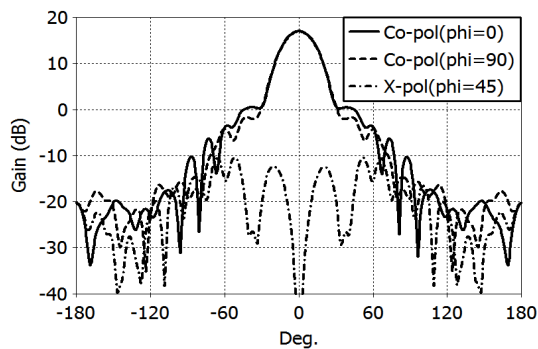


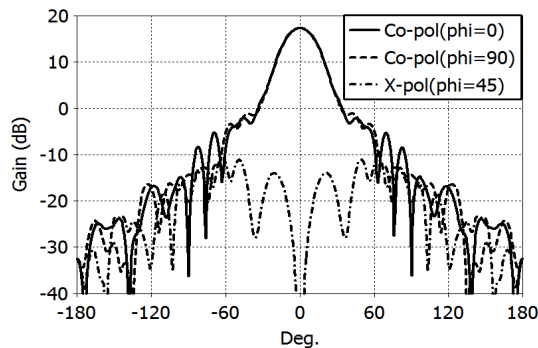
그림 8. 설계된 피드의 임피던스 정합용 테이퍼의 특성
Fig. 8. Characteristics of the impedance-matching taper of the designed feed

그림 8은 설계된 피드에 사용된 정사각형 도파관 내부의 임피던스 정합용 유전체 봉 테이퍼의 특성을 보인 것이다.

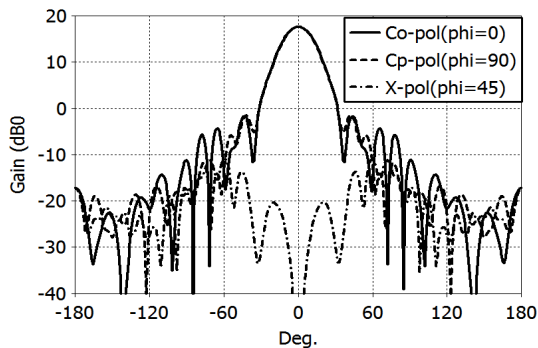
'Filled'로 표시된 그래프는 합 패턴 유전체 봉이 테이퍼 없이 정사각형 도파관을 모두 채운 경우로서 유전체 봉 방사부에서의 반사계수이다. 'Tapered'로 표시된 그래프는 유전체 봉의 도파관에 삽입된 부분이 그림 3과 같이 선형적으로 테이퍼된 경우의 반사계수이다. 이로부터 임피던스 정합용 유전체 봉 테이퍼의 설계가 적절함을 알 수 있다.



(a) $0.95f_0$



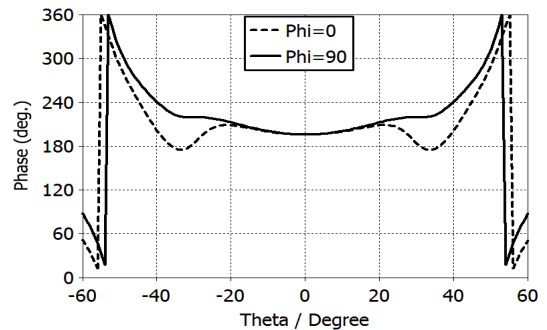
(b) f_0



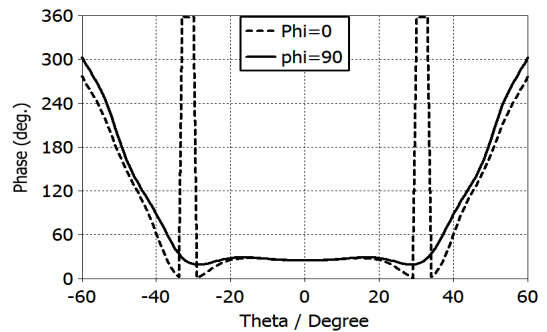
(c) $1.05f_0$

그림 9. 설계된 피드의 합 채널 이득 패턴
Fig. 9. Sum channel gain patterns of the designed feed

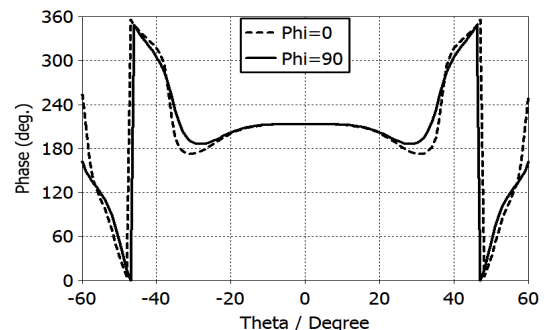
다음으로 설계된 모노펄스 피드의 주파수 특성을 분석하고 이로부터 목표로 하는 10% 주파수 대역에서 특성이 우수한지 확인하였다. 그림 9는 주파수 별 합 채널 이득 패턴 특성을 보인 것이다. 그림 9로부터 설계된 피드는 중심 주파수에서 가장 우수한 특성을 보이며 주파수가 5% 감소하거나 증가하여도 이득, 빔폭, 교차편파 크기, 패턴 대칭성 등의 민감하게 변하지 않음을 알 수 있다. 그림 10은 설계된 피드의 위상 패턴을 보인 것이다. 피드의 카세그레인 부반사경 조사(Illumination) 각도는 $\pm 23^\circ$ 로서 이 각도 범위 내에서 주파수가 $\pm 5\%$ 변할 경우 최대 위상과 최소 위상 차의 값은 21° 이하이다.



(a) $0.95f_0$



(b) f_0



(c) $1.05f_0$

그림 10. 설계된 피드의 합 채널 위상 패턴
Fig. 10. Sum channel phase patterns of the designed feed

표 3은 설계된 피드의 주파수별 특성을 요약한 것이다. 주파수가 $\pm 5\%$ 변할 때 합 채널 이득은 17.0~17.6dBi의 값을 가지며, -10dB 빔폭은 46° 의 값을 가진다. 위상 패턴 상의 오차는 $4.3^\circ \sim 21.0^\circ$ 범위의 값을 가진다. 위상중심 z_c 는 사각형 도파관 종단면 즉 유전체 봉이 도파관에서 공기 영역으로 나오기 시작하는 면을 기준으로 유전체 봉 끝 방향으로의 거리이다. 합 패턴 유전체 봉의 노출된 부분 길이가 5.31 파장이며 위상중심이 유전체 봉 노출 시작점에서 5.10 파장이므로 위상 중심은 중앙 유전체 봉 종단에서 0.21 파장만큼 도파관 쪽으로 이동한 위치이다. 지면 관계상 본 논문에서 제시하지 않았지만 $\pm 5\%$ 주파수 범위에서 차 패턴도 합 패턴과 같이 주파수에 민감하지 않은 특성을 보였다.

표 3 설계된 피드의 특성 요약

Table 3. Summary of characteristics of the designed feed

f	G_{\max} co-pol (dB)	z_c (λ)	SLL (dB)	θ_E 10dB (deg.)	θ_H 10dB (deg.)	$\Delta\phi_E$ (deg.)	$\Delta\phi_H$ (deg.)
$0.95f_0$	17.0	4.44	-17.0	46	46	20.0	13.0
f_0	17.4	5.10	-18.0	46	46	4.3	5.0
$1.05f_0$	17.6	5.69	-18.0	46	46	18.4	21.0

III. 제작 및 측정

개선된 5개 유전체 봉 모노펄스 피드 설계방법의 타당성을 검증하기 Ka-대역 피드를 제작하였다. 피드 제작의 용이성과 차 패턴 형성을 위한 모노펄스 비교기 구현의 용이성을 고려하여 Ka-대역을 선택하였다. 정사각형 내부에 인쇄형 다이폴을 설치하고 이를 동축선 프로브로 급전하였다. 합 패턴 포트는 동축선을 이용하여 모노펄스 비교기 출력 포트까지 연장하였다. 차 패턴의 경우 다이폴을 서로 역방향으로 설치하여 두 유전체 봉의 전기장 방향이 반대가 되게 한 후 두개의 포트를 전력 합성기로 합하였다.

그림 11은 제작된 안테나의 사진이다. 유전체 봉과 도파관 몸체는 CNC 가공으로 제작하였다. 그림 12는 제작된 안테나가 모노펄스 비교기에 연결된 모습과 제작된 안테나의 이득 패턴 측정 모습이다.

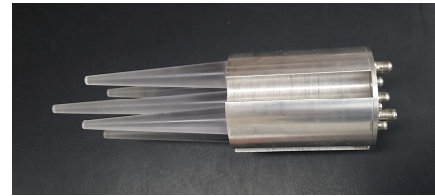


그림 11. 제작된 피드
Fig. 11. Fabricated feed

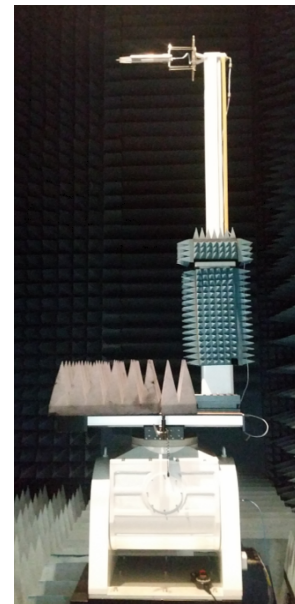


그림 12. 피드 시험 사진
Fig. 12. Photograph of the feed under test

모노펄스 비교기 측정결과 삼입손실이 합 채널과 차 채널 모두 약 1.9dB이었다. 따라서 측정된 안테나의 이득 패턴 그래프를 모두 1.9dB 증가시키면 제작된 피드의 실제 이득 패턴이 된다.

그림 13은 제작된 피드의 이득 패턴 측정결과이다. 모노펄스 비교기의 삼입손실을 보상하면 중심 주파수에서 합 패턴과 차 패턴의 측정된 최대 이득은 각각 17.1dB, 14.7dB로서 이론치인 17.4dB, 15.2dB보다 각각 0.3dB, 0.5dB 작은 값이다. 합 패턴의 -10dB 빔폭은 48° 로서 이론치보다 2° 크다. 합 채널 이득 대비 방위각 및 고각 차 채널의 영점깊이는 각각 36dB와 44dB이다. 이론치와 측정치의 차이는 가공치수 오차와 이득 패턴 측정 오차에 기인된다고 판단된다. 제작된 피드의 입력 반사계수는 측정 시 사용된 다이폴 급전구조와 모노펄스 비교기의 특성이 결합된 것으로 피드만의 반사계수가 아니므로 제시하지 않았다.

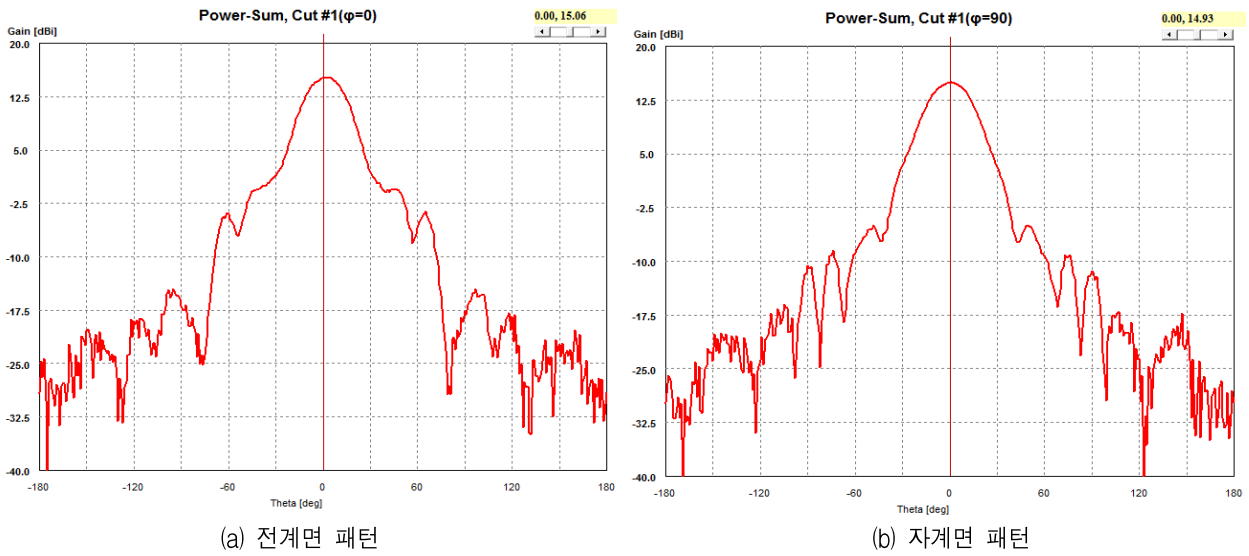


그림 13. 제작된 피드의 합 채널 이득 패턴

Fig. 13. Sum-channel gain patterns of the fabricated feed, (a) E -plane pattern, (b) H -plane pattern

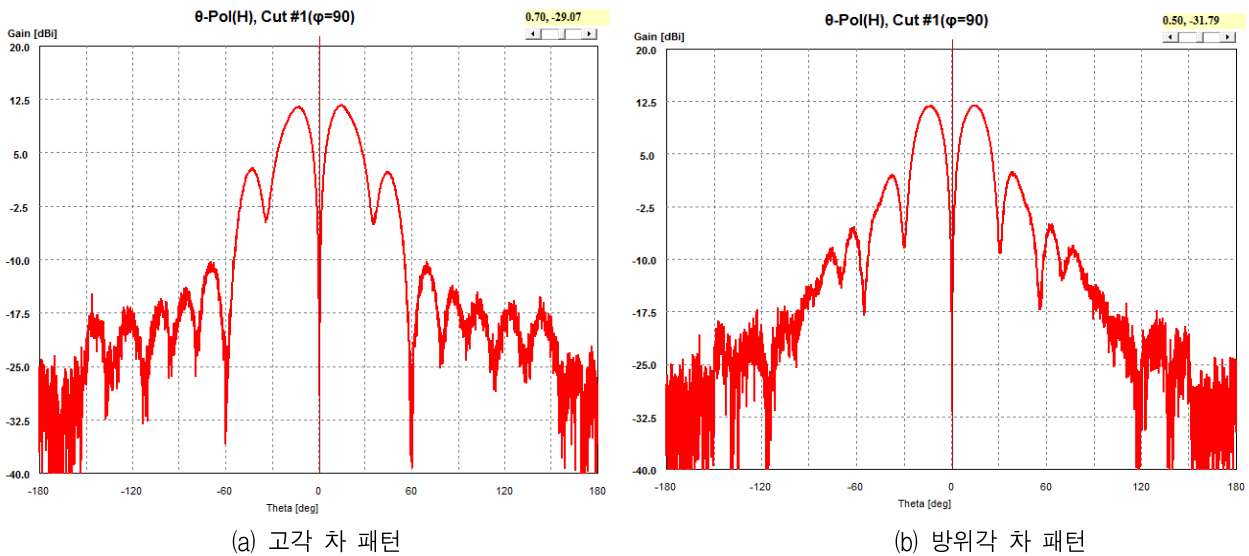


그림 14. 제작된 피드의 차 채널 이득 패턴

Fig. 14. Difference-channel gain patterns of the fabricated feed, (a) Elevation difference pattern, (b) Azimuth difference pattern

IV. 결론

본 논문에서는 5개의 유전체 봉을 이용한 모노펄스 피드의 개선된 설계방법을 제시하였다. 우수한 합 패턴 특성과 차 패턴 특성을 동시에 얻기 위해 유전체 봉 사이의 간격을 최소로 하고 중앙의 합 패턴 유전체 봉의 길이를 외곽의 차 패턴 유전체 봉 길이보다 33% 크게 한 구조를 적용하였다. 유전체 봉의 길이를 조정함으로써 요구되는 빔폭을 얻었다. 도파관 내에 삽입되는 유전체 봉의 직경을 선

형적으로 감소시켜 도파관과 유전체 봉 방사기의 임피던스를 정합하였다.

상용 소프트웨어를 사용하여 개선된 설계방법에 기초한 모노펄스 피드를 설계하였다. 설계된 피드의 합 패턴은 설계 주파수에서 17.4dBi의 이득, 46°의 -10dB 빔폭, -18dB의 부엽준위 특성을 보이며, 차 패턴은 15.2dBi의 이득, ±23°에서 -5dB 이득 테이퍼, -10dB의 부엽준위, 50dB 이상의 영점깊이 특성을 보였다. 설계된 피드를 제작하여 이득 패턴을 측정하였다. 제작된 피드의 측정된 이득 패턴은 시뮬레

이선 결과와 비교적 잘 일치하였다. 본 논문에서 제시한 개선된 설계 방법을 적용하면 카세그레인 반사경용으로 우수한 성능의 5개 유전체 봉 모노폴스피드를 쉽게 설계할 수 있다고 판단된다.

References

- [1] G. J. Hawkins, D. J. Edwards, and J. P. McGeehan, "Tracking system for satellite communications", IEE Proc. F, Comm. Radar Signal Proc., Vol. 135, No. 5, pp. 393-407, Oct. 1988.
- [2] J. M. Lee, J. W. Noh, D. H. Kim, Y. T. Choi, and B. C. Ahn, "Design of a Cassegrain reflector for monopulse antenna", Jour. Korean. Inst. Inform. Tech., Vol. 13, No. 11, pp. 1-8, Nov. 2015.
- [3] P. Mikulich, R. Dolusic, C. Profera, and L. Yorinks, "A high gain Cassegrain monopulse antenna", IEEE AP-S Int. Symp. Dig., pp. 375-382, 9-11 Sept. 1968.
- [4] S. G. Yu, C. S. Park, S. W. Choi, J. H. Bang, and B. C. Ahn, "Design and fabrication of a Ka-band monopulse feed horn", Jour. Korean. Inst. Inform. Tech., Vol. 13, No. 10, pp. 77-84, Oct. 2015.
- [5] R. Chun, Z. Ding, K.-R. Kim, O. Sodnomtseren, and B. C. Ahn, "Modal analysis of a single-aperture monopulse feed horn", Jour. Korean. Inst. Inform. Tech., Vol. 6, No. 6, pp. 187-194, Jun. 2008.
- [6] P. Zheng, G. Q. Zhao, S. H. Xu, F. Yang, and H. J. Sun, "Design of a W-band full-polarization monopulse Cassegrain antenna", IEEE Antennas Wireless Propagat. Lett., Vol. 16, pp. 99-103, 2017.
- [7] S. Qian, X. Li, and B. Wang, "Ka band Cassegrain monopulse antenna fed by tapered rod antennas", Proc. 8th Int. Symp. Antennas Propagat. EM Theory, pp. 39-41, 2-5 Nov. 2008.

- [8] A. N. Ince, "Design and calibration of X-band satellite communications ground terminals", Elektronika en Telecommunicatie 5, pp. 51-70, May 1972.
- [9] C. Kumar, V. S. Kumar, and V. V. Srinivasan, "Design aspects of a compact dual band feed using dielectric rod antennas with multiple element monopulse tracking", IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 61, No. 10, pp. 4926-4932, Oct. 2013.
- [10] J. L. Volakis, "Ed., Antenna Engineering Handbook 4th Edition", New York: McGraw-Hill, 2007.

저자소개

Ratmalgre Koala



2013년 ~ 2016년 : ISGE-BF
컴퓨터학과, 부르크나파소 (학사)
2017년 ~ 현재 : 충북대학교
전파통신 전공 (석사)
관심분야 : 전파, 회로

신 상 진 (Sang Jin Shin)



1998년 ~ 2002년 : 한양대학교,
제어학과 (박사)
2003년 ~ 2004년 : K1 연구소,
선임연구원
2005년 ~ 2013년 : 국방과학
연구소, 연구원
2014년 ~ 현재 : 국방 산업 기술

센터, 연구자
관심분야 : 대함추적필터, 레이더 신호처리, 파형

이 병 열 (Byung-Ryul Lee)

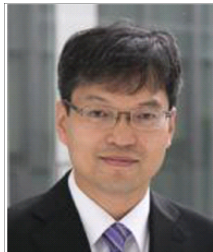


1984년 ~ 1988년 : 공군사관학교
기계공학과 (공학사)
1997년 ~ 1999년 : 국방대학교
무기체계학과 (이학사)
2015년 ~ 2016년 : 방위사업청
자수함사업팀장
2017년 ~ 현재 : 광운대학교

방위사업학과 박사과정 재학

2017년 ~ 현재 : 방위산업기술지원센터 지휘정찰기술팀장
관심분야 : 레이더, 탐색기, 시스템 설계

오 경 현 (Kyung-Hyun Oh)



2010년 2월 : 아주대학교, 전자공학
(박사)
1998년 1월 ~ 2012년 6월 : 삼성
탈레스 주식회사, 주연구원
2015년 7월 ~ 2015년 7월: 삼성
탈레스 주식회사, 주연구원
2012년 6월 ~ 현재 : 한화

시스템즈 주식회사, 주연구원

관심분야 : 안테나, 밀리파

안 병 철 (Bierng-Chearl Ahn)



1981년 2월 : 서울대학교
전기공학과(공학사)
1983년 2월 : 한국과학기술원
전기전자공학과(석사)
1992년 12월 : University of
Mississippi 전기전자공학과(박사)
1983년 ~ 1986년 : (주) 금성정밀

주임연구원

1992년 ~ 1994년 : 국방과학연구소 선임연구원

1995년 ~ 현재 : 충북대학교 전파통신공학과 교수

관심분야 : 전자파 응용, 안테나