
배열 정수 변화에 의한 순차 회전 배열 안테나의 특성

Characteristics of Sequentially-Rotated Array Antenna by Varying Sequential Array Parameter

한정세*, 이현성**, 서동국**, 박병우**
한국폴리텍IV 청주대학 정보통신홈네트워크과*, 충북대학교 전자공학과**

Jeong-Se Han(jshan@kopo.ac.kr)*, Hyun-Sung Lee(lhs5248@korea.com)**,
Dong-Kug Seo(eastkingdom@hanmail.net)**, Byoung Woo Park(bwpak@chungbuk.ac.kr)**

요약

순차 회전 배열 안테나에서, 순차 배열 정수(배열소자 수, 회전정수)의 변화에 따른 안테나 이득, 축비 및 교차편파 특성을 각각 비교 분석하였다. 여기서 안테나 기본소자로는 중심주파수 11.85GHz인 좌원편파(LHCP), 프로브급전 트렁케이티드 마이크로스트립 안테나를 사용하였다.

M=2, 3, 4, 6, 8인 경우에 대하여 P값을 1~M으로 변화시킨 순차 회전 배열 안테나 총 23개에 대한 시뮬레이션을 수행한 결과, 축비 대역폭은 배열소자 수 M에 상관없이 P=2인 경우가 가장 넓으며, 이득은 순차 배열 정수(M, P)가 (2, 1), (3, 2), (4, 1), (6, 3), (8, 1)일 때 가장 크게 나타나고 있다. 특히 M=P인 경우 모든 안테나 특성이 나빠진다. 따라서 순차 회전 배열 안테나를 설계할 때, 많은 시뮬레이션 데이터들 중에서 최적의 순차배열 정수를 찾아 다음 설계하여야 한다.

■ 중심어 : | 순차회전배열 | 안테나 | 마이크로스트립 |

Abstract

In the sequentially rotated array antennas, the characteristics of antenna gain, axial ratio and cross polarization have been analyzed with a varying of sequential array constant(number of array element, figure of rotation) respectively. Where the antenna element of array is a probe feeding, LHCP truncated microstrip antenna whose resonant frequency is in 11.85GHz.

The simulation results of 23 SRA antennas((M=2, 3, 4, 6, 8), (1 ≤ P ≤ M)) has shown as follows. The widest 3dB bandwidth of axial ratio appears at P=2 which is in-dependant of M, the highest antenna gain appears when a sequential array constant has a pair of (2, 1), (3, 2), (4, 1), (6, 3), (8, 1) respectively. Specially, all of the SRA antenna appear very poor characteristics in case of M=P. Therefore the SRA antenna has to be designed as selecting a optimal sequential array constant among a lot of simulation data.

■ keyword : | Sequential Rotated Array | Antenna | Microstrip |

I. 서론

마이크로스트립 안테나 및 그 배열 안테나는 공진 대역폭이 좁다. 따라서 마이크로스트립을 사용하여 넓은

주파수 범위에 걸쳐 원형 편파이면서 축비 및 고 이득을 동시에 만족해야 하는 위성방송수신 안테나를 설계하기가 어렵다[1].

단일 패치 안테나의 대역을 개선하기 위한 방법으로 적층방식, 기생소자를 이용하는 방식 등이 연구되어 왔지만 이런 방법 등은 부피가 증가되고 물리적으로 패치가 커지는 단점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 배열을 구성하는 각 소자들을 정의된 기준 각도의 배수가 되도록 물리적으로 회전시키고, 각 소자의 물리적 회전 각도를 보상할 수 있는 위상과 진폭으로 급전하는 순차 회전 배열 안테나를 사용한다[2].

순차 회전 배열 안테나는 다중반사, 급전회로망반사, 급전 위상 오차가 없다면 배열 면에 수직인 방향(boresight)으로 완전한 원형 편파를 방사하게 되며, 사용된 배열 안테나 소자의 편파에 의존하지 않는다[3]. 본 논문에서는 위성방송 수신대역에서 프로브 소스 급전방식을 사용한 순차 회전 배열 안테나를 M=2, 3, 4, 6, 8인 경우에 대하여 P값은 1~M으로 변화시키면서 23개 SRA 안테나의 특성을 각각 시뮬레이션 하여 위성 수신 안테나 기본 부 배열을 설정하는 배열 정수에 따른 순차회전 배열 안테나 특성을 비교 분석 하였다.

II. 순차회전 배열 안테나와 배열정수

순차 회전 배열은 배열 안테나 소자들의 물리적 회전과 이를 보상할 수 있도록 적합한 위상을 급전하는 배열 방법으로서, 원형편파 특성과 축비 대역폭의 확장을 기할 수 있는 장점이 있다[3].

순차 회전 배열 방법에서 m번째 패치의 위상은 기준 축과의 물리적인 회전 ψ_{pm} 과 급전점의 위상 ψ_{em} 으로 표현할 수 있다. 각 소자의 방사특성이 ψ 방향으로 $2\pi/n$ 의 각도 주기를 갖는다면 ψ_{em} 과 ψ_{pm} 은 아래식과 같다[2].

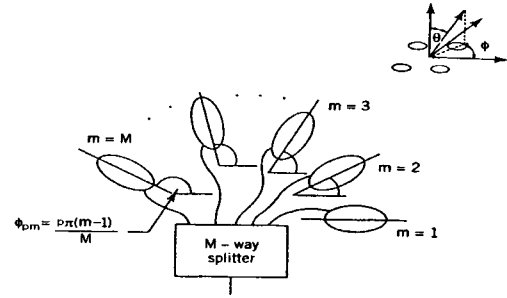


그림 1. m개소자의 순차회전배열

$$\psi_{em} = \pm(m-1) \frac{P\pi}{M}$$

$$\psi_{pm} = \pm(m-1) \frac{P\pi}{nM} \quad 1 \leq m \leq M \quad (1)$$

여기서 P는 회전정수($0 < P < M$), M은 방사소자 총수, n은 마이크로스트립 디스크 소자에 대한 모드의 수이다. '+' 는 LHCP, '-' 는 RHCP를 나타낸다[4].

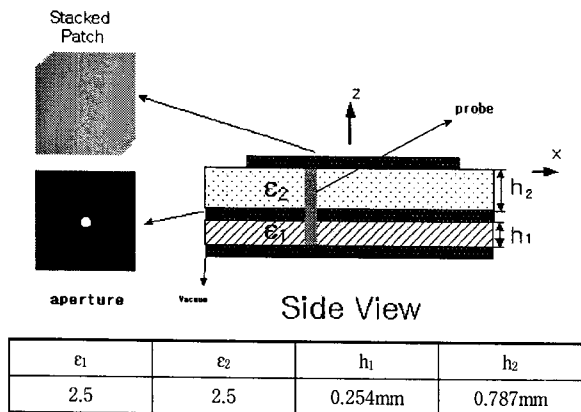
III. 시뮬레이션 및 고찰

일반적으로 순차 회전 배열 안테나의 특성은 순차 배열 정수(배열소자 수, 회전정수)에 지배된다. 특히 위성 수신 안테나를 설계할 경우에는 고 집적, 고 이득, 넓은 축비 대역폭 및 낮은 교차편파특성을 갖도록 해야 한다. 그러기 위해서는 순차 회전 배열 안테나의 배열 구조의 적절한 선택이 중요하다[5].

순차 회전 배열구조에 따른 특성의 변화를 비교하기 위하여 배열소자 중심간 간격은 $0.78\lambda_0$ 이며 M=2, 3, 4, 6, 8일 경우 P값을 1~M으로 변화시키면서 23개 순차 회전 배열 안테나를 Ensemble 8.0을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 여기서 배열 안테나의 기본소자로는 중심 주파수 11.85GHz이고, 좌원편파

(LHCP) 트렁케이티드 마이크로스트립 안테나를 사용하였다[5-8].

[그림 2]는 유전율이 2.5인 테프론 기판에 적층형으로 제작한 프로브 급전 순차 회전 배열 안테나의 기본 소자 모습이다.



가관종류[ϵ_1, ϵ_2 : TLX-9]
그림 2. 프로브 급전 기본 안테나 구조

[표 1]은 식(1)을 적용한 2-소자, 3-소자, 4-소자, 6-소자, 8-소자에 대한 순차 회전 배열 구조에 따른 각 패치 급전 위상이다.

표 1. 순차 회전 구조에 따른 각 패치의 위상

소자 수	회전 정수	m번째 소자 위상[°]						
M=2	P=1	0	±90					
M=2	P=2	0	±180					
M=3	P=1	0	±60	±120				
M=3	P=2	0	±120	±240				
M=3	P=3	0	±180	±360				
M=4	P=1	0	±45	±90	±135			
M=4	P=2	0	±90	±180	±270			
M=4	P=3	0	±135	±270	±405			
M=4	P=4	0	±180	±360	±540			
M=6	P=1	0	±30	±60	±90	±120	±150	
M=6	P=2	0	±60	±120	±180	±240	±300	
M=6	P=3	0	±90	±180	±270	±360	±450	
M=6	P=4	0	±120	±240	±360	±480	±600	
M=6	P=5	0	±150	±300	±450	±600	±750	
M=6	P=6	0	±180	±360	±540	±720	±900	
M=8	P=1	0	±22.5	±45	±67.5	±90	±112.5	±135
M=8	P=2	0	±45	±90	±135	±180	±225	±270
M=8	P=3	0	±67.5	±135	±202.5	±270	±337.5	±405
M=8	P=4	0	±90	±180	±270	±360	±450	±540
M=8	P=5	0	±112.5	±225	±337.5	±450	±562.5	±675
M=8	P=6	0	±135	±270	±405	±540	±675	±810
M=8	P=7	0	±157.5	±315	±472.5	±630	±787.5	±945
M=8	P=8	0	±180	±360	±540	±720	±900	±1080

다음은 M=2, 3, 4, 6, 8이고, P값은 1~M 인 23개

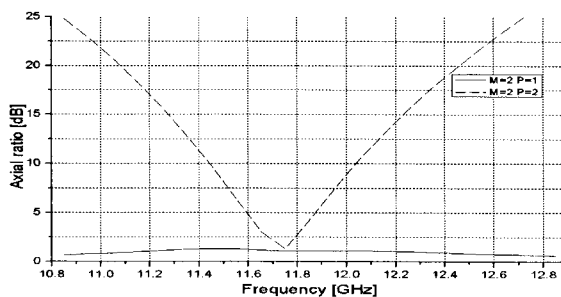
순차 회전 배열 안테나들의 안테나 구조, 축비대역폭, 방사패턴과 0°, 90° 평면의 교차편파 특성 그리고 이득 특성에 대한 시뮬레이션 결과를 수록하고 결과를 검토 하였다.

1. 2-소자 순차 회전 배열 안테나

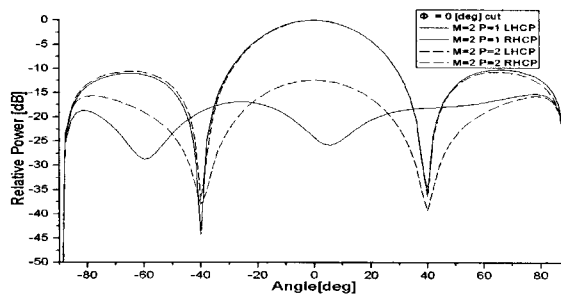
[그림 3]은 M=2 P=1, 2 인 2-소자 순차 회전 배열 안테나에 대한 시뮬레이션 결과이다.



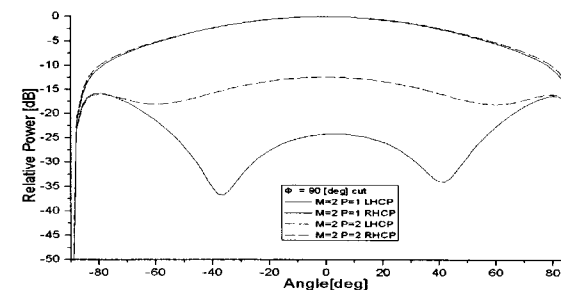
(a) 2-소자 순차회전 안테나



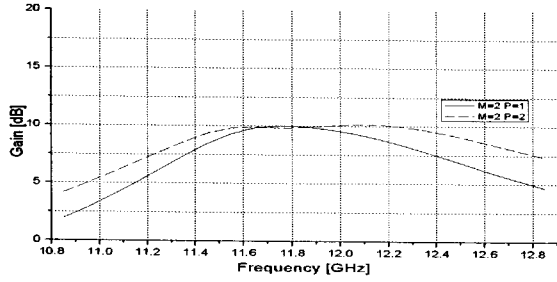
(b) 축비



(c) 0° 방사패턴

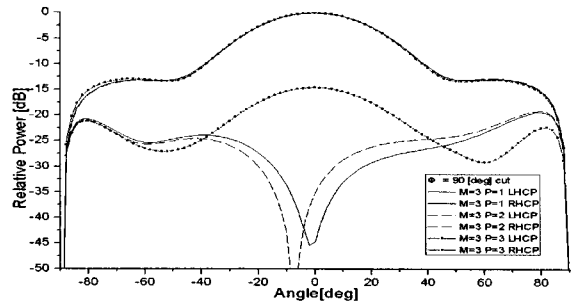


(d) 90° 방사 패턴



(e) 이득

그림 3. 2-소자 안테나 시뮬레이션 결과.



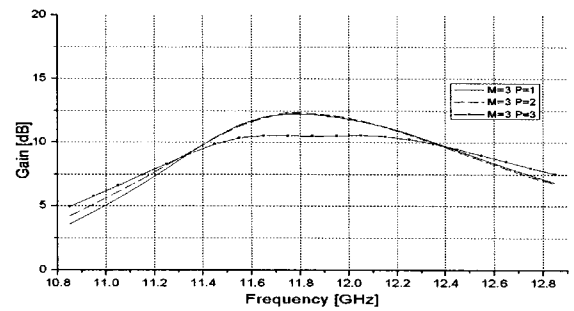
(d) 90° 방사 패턴

2. 3-소자 순차 회전 배열 안테나

[그림 4]는 M=3 P=1, 2, 3 인 3-소자 순차 회전 배열 안테나에 대한 시뮬레이션 결과이다.



(a) 3-소자 순차회전 안테나

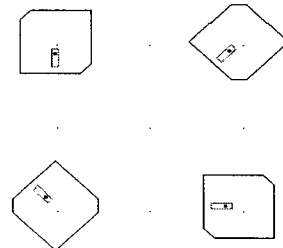


(e) 이득

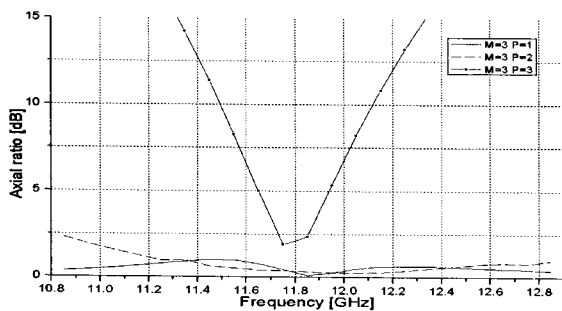
그림 4. 3-소자 안테나 시뮬레이션 결과.

3. 4-소자 순차 회전 배열 안테나

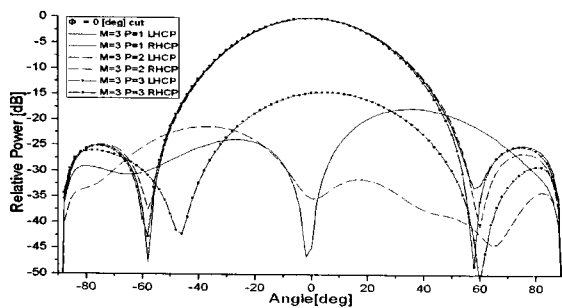
[그림 5]는 M=4, P=1~ 4 인 4-소자 순차 회전 배열 안테나에 대한 시뮬레이션 결과이다.



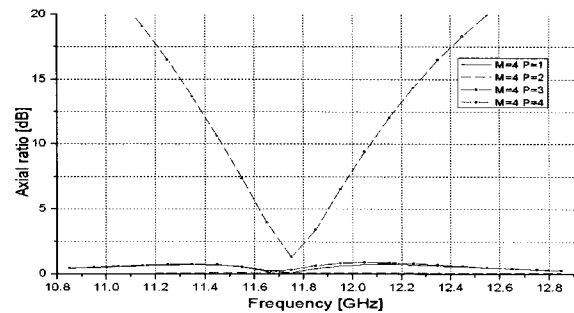
(a) 4-소자 순차회전 안테나



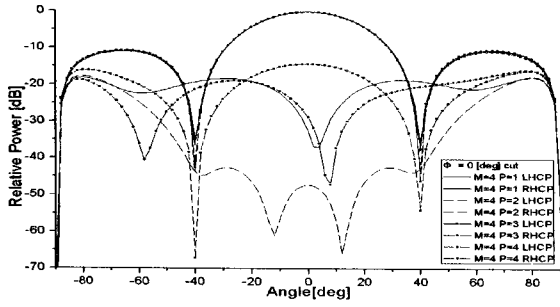
(b) 축비



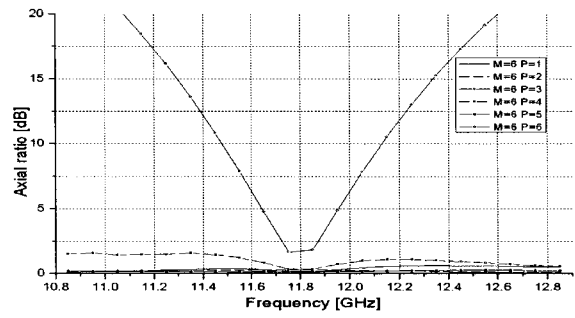
(c) 0° 방사패턴



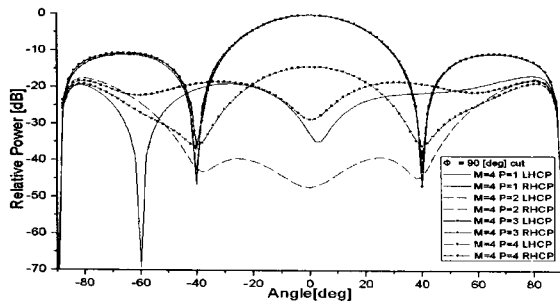
(b) 축비



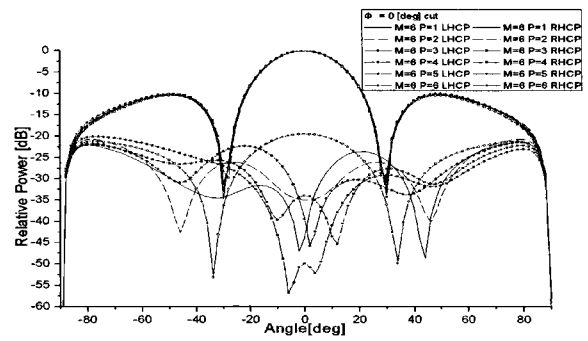
(c) 0° 방사패턴



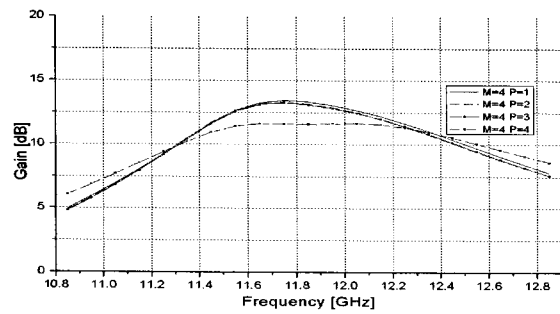
(b) 축비



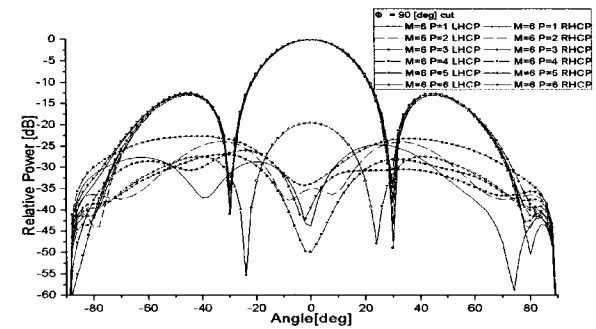
(d) 90° 방사 패턴



(c) 0° 방사패턴



(e) 이득

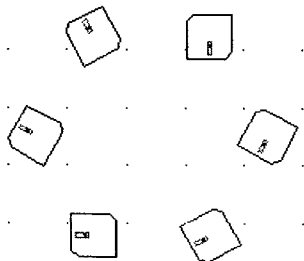


(d) 90° 방사 패턴

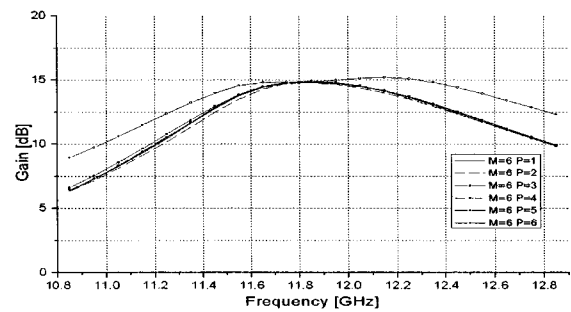
그림 5. 4-소자 안테나 시뮬레이션 결과.

4. 6-소자 순차 회전 배열 안테나

[그림 6]은 M=6, P=1~6 인 6-소자 순차 회전 배열 안테나에 대한 시뮬레이션 결과이다.



(a) 6-소자 순차회전 안테나

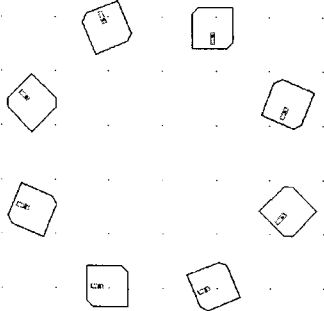


(e) 이득

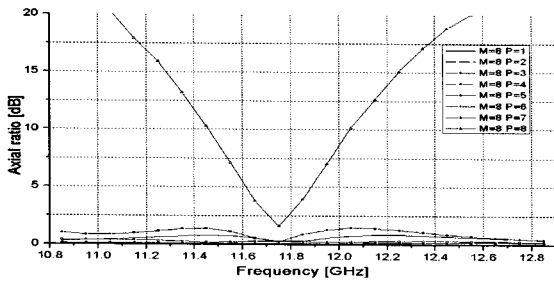
그림 6. 6-소자 안테나 시뮬레이션 결과

5. 8-소자 순차회전 배열 안테나

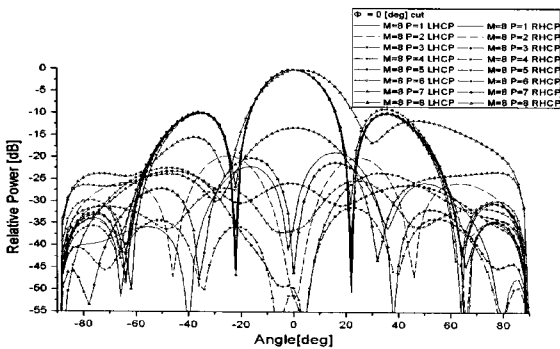
[그림 7]은 M=8, P=1~8 인 8-소자 순차 회전 배열 안테나에 대한 시뮬레이션 결과이다.



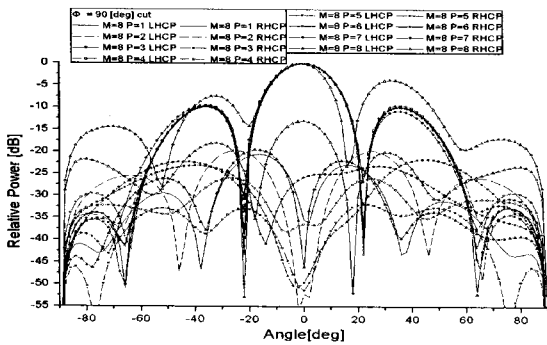
(a) 8-소자 순차회전안테나 모델



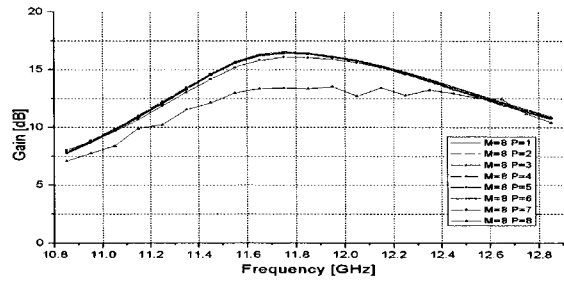
(b) 축비



(c) 0° 방사패턴



(d) 90° 방사 패턴



(e)이득

그림 7. 8-소자 안테나 시뮬레이션 결과

[표 2]는 M=2, 3, 4, 6, 8이고, P값은 1~M 인 23개 순차 회전 배열 안테나들의 축비 대역폭, 0°, 90° 평면의 교차편파 그리고 이득특성에 대한 시뮬레이션 결과를 종합적으로 표현한 도표이다.

표 2. N-소자 순차 회전 안테나 특성 비교

소자 수	회전 정수	3dB 축비대역(GHz)	교차편파		이득 (dB)
			0평면(dB)	90평면(dB)	
M=2	P=1	0.78~23.55	-26	-25	9.93
M=2	P=2	11.65~11.75	-12	-12	9.8
M=3	P=1	1.04~41.66	-47	-43	12.22
M=3	P=2	1.15~60	-40	-40	12.30
M=3	P=3	10.75~11.85	-14	-14	10.59
M=4	p=1	4.42~22.54	-38	-33	13.31
M=4	P=2	0.91~60	-52	-32	13.17
M=4	P=3	0.78~23.31	-52	-43	13.17
M=4	P=4	11.75~11.83	-14	-14	12
M=6	P=1	0.67~42.78	-46	-42	14.60
M=6	P=2	0.86~60	-34	-34	14.60
M=6	P=3	5.38~26.58	-50	-48	14.93
M=6	P=4	1.05~41.98	-36	-36	14.66
M=6	P=5	0.9~44.85	-45	-40	14.84
M=6	P=6	11.75~11.85	-19	-20	13.87
M=8	P=1	1.05~43.59	-42	-36	16.44
M=8	P=2	0.7~60	-52	-54	16.41
M=8	P=3	0.1~23.14	-48	-50	16.35
M=8	P=4	0.84~27.37	-50	-50	16.40
M=8	P=5	0.96~44.4	-26	-25	16.04
M=8	P=6	0.86~45.01	-38	-37	16.39
M=8	P=7	1.12~22.18	-46	-46	16.36
M=8	P=8	11.70~11.80	-16	-13	13.36

[표 2]에서 알 수 있듯이, 축비대역폭은 배열소자 수 M 에 상관없이 $P=2$ 인 경우 즉 전체 360° 회전 배열 급전한 경우가 약 59 GHz로서 가장 넓으며, 이득은 순차배열 정수(M, P)가 (2, 1)일 때 9.93 dB, (3, 2)일 때 12.3 dB, (4, 1)일 때 13.31 dB, (6, 3)일 때 14.93 dB, (8, 1)일 때 16.44 dB 로서 가장 크다. 또한 $0^\circ, 90^\circ$ 평면의 교차편파는 $M=P$ 인 경우를 제외하고 어떤 순차 배열 정수를 갖더라도 위성 수신 안테나의 설비기준 -25dB 이하를 모두 만족하고 있다. 그러나 (M, P)가 (2, 1)일 때 (-26, -25dB), (3, 1)일 때 (-47, -43dB), (4, 3)일 때 (-52, -43dB), (6, 3)일 때 (-50, -48dB), (8, 2)일 때 (-52, -54dB)로서 가장 크게 나타나고 있다.

축비대역폭, 교차편파와 안테나이득들이 P 값에 따라 각각 다르므로 제작자가 제작하고자 하는 안테나의 사양에 맞는 적절한 순차 배열 정수를 선택해야 한다. 즉 이득을 중시하는 경우에는 (M, P)가 (2, 1), (3, 2), (4, 1), (6, 3), (8, 1), 축비를 중시하는 경우에는 $P=2$ 즉 전체 360° 회전한 경우를 택해야 한다.

$M=P$ 인 경우에는 축비, 교차편파 및 이득 모두 나쁘므로 선택하지 않아야 한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 순차 회전 배열 안테나의 순차배열 정수(배열소자 수, 회전정수)에 따라 순차 회전 안테나의 이득, 축비 대역폭 및 교차편파특성을 비교 분석하였다.

시뮬레이션 결과, [표 2]와 같이 축비대역폭은 배열소자 수 M 에 상관없이 $P=2$ 인 경우 즉 전체 360° 회전 배열 급전한 경우가 약 59 GHz로서 가장 넓으며, 이득은 순차배열 정수(M, P)가 (2, 1), (3, 2), (4, 1), (6, 3), (8, 1)일 때 가장 크게 나타나고 있다. 또한 배열소자 수 M 과 회전정수 P 가 동일할 경우 순차 회전 배열 안테나의 이득, 3dB 축비 대역폭 및 교차편파특성이 모두 나빠진다.

순차 회전 배열 안테나를 설계할 경우, [표 2]와 같이 각각의 경우에 대한 안테나 이득, 축비 대역폭과 $0^\circ, 90^\circ$ 교차편파 특성들을 함께 고려하여 최적의 P 값을 선택

하여야 한다.

참 고 문 헌

- [1] M. Haneishi, "Circularly polarized SHF planar array composed of microstrip pairs-element," in Proc. Int. Sym. Antenn. Propagt., ISAP 85, Tokyo, 1985.
- [2] P. S. Hall, J. S. Dahele, and J. R. James, "Design principle of sequentially fed wide bandwidth circularly polarized microstrip antennas," IEE Proc. Pt. H, Vol.136, No.5, pp.381-389, 1989.
- [3] P. S. Hall, "Application of sequential feeding to wide bandwidth circularly polarized microstrip patch array," IEE Proc. H, Vol.136, No.5, pp.390-398, 1989.
- [4] T. Teshirogi, M. Tanaka, and W. Chujo, "Wideband circularly polarized array antennas with sequential rotation and phase shift of elements," Proc. Int. Symp. on Antennas & Propagat., Japan, Vol.1, pp.117-120, Aug. 1985.
- [5] 양태식, 이범선, "단축된 위상지연을 사용하는 시퀀셜 로테이션 광대역 원형편파 마이크로스트립 안테나", 한국전자과학회 논문집, 제10권, 제4호, pp.628-635, 1999.
- [6] 진경수, 정치현, 박병우, "삼각형 격자를 갖는 순차회전 안테나의 설계", 한국전자과학회논문집 논문집, 제11권, 제7호, pp.1282-1290, 2000.
- [7] 김정환, 김중관, 김용진, 이흥민 "시퀀셜 로테이션 분배기 구조를 이용한 x-band 마이크로스트립 4X4광대역 원형편파 배열안테나", 한국전자과학회 논문집, 제18권, 제2호, pp.158-168, 2007.
- [8] 한정세, 이현성, 서동국, 박병우, "순차 회전 배열 마이크로스트립 안테나", 한국전자과학회논문집 논문집, 제19권, 제9호, pp.1005-1014, 2007.

저 자 소 개

한 정 세(Jeong-Se Han)

정회원



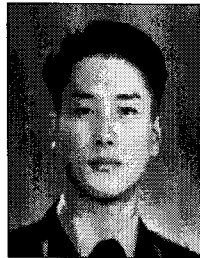
- 1994년 2월 : 충북대학교 전자공학과(공학석사)
- 2001년 2월 : 충북대학교 전자공학과 박사수료
- 1994년 ~ 2001년 : LG전자 선임연구원

▪ 2001년 2월 ~ 현재 : 한국폴리텍IV 청주대학 조교수

<관심분야> : 안테나, RFID, 고주파회로설계

서 동 국(Dong-Kug Seo)

정회원

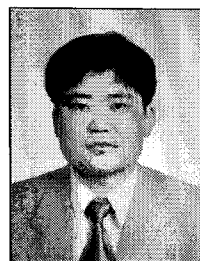


- 2001년 2월 : 충북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 충북대학교 전자공학과 박사수료
- 2005년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 초빙교수

<관심분야> : 안테나, RFID, 수치해석, 고주파회로설계

이 현 성(Hyun-Sung Lee)

정회원

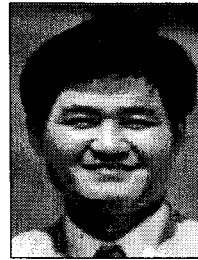


- 1997년 2월 : 충북대학교 전자공학과(공학석사)
- 2003년 2월 : 충북대학교 전자공학과 박사 수료
- 2005년 2월 ~ 현재 : (주)이시스 대표이사

<관심분야> : 안테나, 전자시스템설계

박 병 우(Byoung Woo Park)

정회원



- 1977년 2월 : 한양대학교 전자통신 공학과(공학사)
- 1983년 8월 : 한양대학교 전자통신 공학과(공학석사)
- 1991년 8월 : 한양대학교 전자통신 공학과(공학박사)

▪ 1989년 ~ 현재 : 충북대학교 전자공학과 교수

▪ 1995년 10월 ~ 1996년 2월 : Univ. of Texas 방문교수

<관심분야> : 안테나, RFID, 수치해석, 고주파회로