

편파가변 위성 방송 수신용 능동 위상 배열 안테나 개발

Development of Polarization-Controllable Active Phased Array Antenna for Receiving Satellite Broadcasting

최진영 · 이호선 · 공동욱 · 전종훈

Jin-Young Choi · Ho-Seon Lee · Tong-Ook Kong · Jong-Hoon Chun

요 약

본 논문에서는 이동체의 움직임 및 그에 따른 편파 도래각 변화에 대응 가능한 위성 수신용 능동 위상 배열 안테나를 개발하도록 한다. 이를 위하여 이중편파를 10.7~14.5 GHz의 Ku 대역에서 동시에 구현 가능한 비발디 안테나와 효과적으로 위상 및 이득을 제어할 수 있는 MFC(Multi-Function Core) 칩을 자체 개발하였으며, 이를 이용하여 수신 모듈과 제어 모듈로 이루어진 능동 위상 배열 안테나를 제작하였다. 제작 결과, 60° 각도까지의 깨끗한 빔 조향 특성과 높은 격리도의 편파 가변 특성을 확인하였다.

Abstract

We herein present a study on the active phased array antenna for receiving satellite broadcasting that can electrically align its polarization to that of target transmitters in its moving condition or in the Skew angle arrangement of the broadcasting satellite receiver. Hence, we have developed an active phased array structure composed of the self-developed Vivaldi antenna and multifunction core (MFC) chip, receiving RF front end module, and control units. In particular, the new Vivaldi antenna designed in the Ku-band of 10.7 - 14.5 GHz to receive one desired polarization mode such as the horizontal or vertical by means of an MFC chip and other control units that can control the amplitude and phase of each antenna element. The test results verified that cross-polarization property is 20 dB or higher and the primary beam can be scanned clearly at approximately $\pm 60^\circ$.

Key words: Active Phased Array Antenna, MFC Chip, Vivaldi Antenna, Controllable Polarization, Ku Band Satellite

I. 서 론

능동 안테나는 휴대 및 이동체에 탑재하여 이동 중에도 지역에 관계없이 실시간 고화질의 TV 방송 수신 및 양방향 통신이 가능하도록, 항상 목표 위성과의 Line of Sight가 유지되도록 하는 위성 추적 기능이 필수적이다.

능동 안테나는 위성을 추적하는 방식에 따라 크게 기계식과 전자식으로 구분된다. 기계식 능동 안테나는 비교적 넓은 방사면과 높은 이득의 단일 반사판 안테나 등을 모터 제어를 통해서 끊임없이 목표 위성을 지향하는 방식인데 반해서, 전자식의 능동 위상 배열 안테나는 여러 개의 패치 안테나 등을 배열하여 각각의 단일 안테나의 위

「이 연구는 민군기술협력진흥원의 민군기술적용연구사업 지원을 받아 연구되었음.」

「광운대학교의 지원을 받아 HFSS 시뮬레이션을 진행하였음.」

알에프코어 주식회사(RFcore Co., Ltd.)

· Manuscript received March 16, 2018 ; Revised April 17, 2018 ; Accepted May 3, 2018. (ID No. 20180316-036)

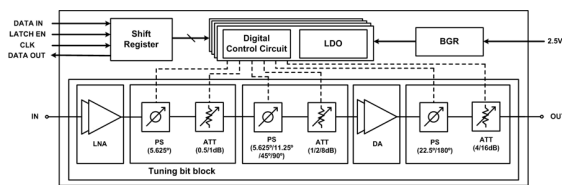
· Corresponding Author: Jong-Hoon Chun (e-mail: jhchun@rfcore.com)

상 제어를 통해 빔의 방향을 제어하여 목표 위성을 지향하는 방식이다. 따라서 이러한 전자식의 능동 위상 배열 안테나^{[1],[2]}는 고효율의 안테나 배열 기술, 위상 변위기의 MMIC 기술^{[3],[4]}, 저잡음 증폭기 등의 부품 기술과 위상 배열 기술 및 신호제어 알고리즘 기술 등이 요구된다.

이에 본 논문에서는 10.7~12.75 GHz의 Ku 위성 수신 대역에서 최대 60°의 빔 조향이 가능한 능동 위상 배열 안테나를 제작하여 방사특성을 측정하였으며, 이에 필요한 안테나 및 위상 제어 소자인 MFC(Multi-Function Core) 칩을 자체 개발하였다. 특히 단일 안테나 소자로 비발디 안테나^{[5]~[8]}를 적용하여, 기존 마이크로 스트립 패치 안테나의 협대역 특성과 이중 편파 구현에 있어 낮은 교차 편파(cross polarization) 특성을 개선하고자 하였다.

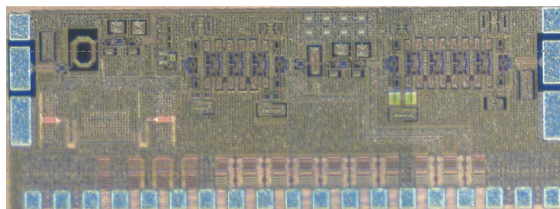
II. MFC 칩의 설계 및 제작

그림 1(a)는 개발된 MFC 칩의 블록도를 나타내었다. 저잡음 증폭기(LNA), 구동증폭기(DA), 6 bit 위상 천이기, 5 bit 감쇄기 등으로 구성되어 있다. 전원과 바이어스를 공급하기 위하여 BGR(Bandgap Voltage Reference), LDO (Low-Drop Out)가 집적되어 있으며, 제어하기 위한 디지털 제어회로도 집적되어 있다. 이렇게 설계된 MFC는 그림



(a) MFC 칩 블록도

(a) Block diagram of MFC chip



(b) MFC 칩 제작 사진

(b) Picture of manufactured MFC chip

그림 1. MFC 칩

Fig. 1. MFC chip.

1(b)와 같이 TSMC(Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) 65 nm 공정으로 제작되었다.

그림 2(a)~(c)는 1채널 MFC의 소신호특성을 측정한 결과이다. 10.5~13.0 GHz에서 소신호이득 15~20 dB, 입출력 반사계수 -10 dB 내외의 비교적 양호한 측정 결과를 보인다. 그림 2(d)는 MFC의 잡음지수 성능으로 약 3.5 dB 이하로 측정되었다. 주요 제어 비트에 대한 MFC의 위상 및 이득 제어 특성을 측정한 결과를 그림 2(e)~(f)에 나타내었다. 그림에서 위상은 6-bit를 사용하여 0~360°의 범위에서 5.625도의 간격으로 제어가 가능하며, 이득은 5-bit를 사용하여 0~31 dB의 범위에서 1 dB의 간격으로 제어가 가능하다. 그림 2의 시뮬레이션 및 시험 결과에 약간의 차이가 발견된다. 이는 다이칩을 패키징하는 과정에서 와이어 본딩에 의한 효과에 기인한 것으로 보여진다.

제작된 MFC의 규격을 표 1에 정리하였으며, 위와 같이 측정된 특성으로 보았을 때, 제작하려는 능동 위상 배열 안테나에 적용이 가능하다고 판단된다.

III. 안테나의 설계 및 제작

능동 위상 배열 안테나에서 단일 안테나는 마이크로 스트립 패치 안테나부터 최근의 도파관 슬롯 안테나 등의 형태가 많이 사용된다. 그러나 이러한 형태의 안테나는 고질적인 협대역 특성으로 인하여 Ku 위성의 수신 대역인 10.7~12.75 GHz 대역과 더불어서 송신 대역인 13.75~14.5 GHz의 전대역을 구현하는 것이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 10.7~14.5 GHz의 Ku 위성의 전체 송수신 대역과, 서로 수직인 2개의 이중 편파를 동시에 구현 가능하도록 비발디 안테나로 능동 위상 배열 안테나를 구현하였다. 이와 같은 비발디 안테나는 본 논문에서의 수신 전용 능동 위상 배열 안테나뿐만 아니라, 향후 VSAT(Very Small Aperture Terminal)의 통신용 위성 안테나에도 적용하는 것을 목적으로 한다.

비발디 안테나의 형태는 그림 3(b)와 같이 PCB의 한쪽 면에는 부채꼴 모양으로 open되어 있는 50 Ω 마이크로 스트립 급전선과, 반대면에 커브 형태의 2개의 방사체, 방사체 하단의 원형홀 모양의 발룬으로 구성된다. 이러한 비발디 안테나는 마이크로 스트립 급전선으로부터 자계 결합(magnetic coupling)된 발룬(balun)을 통해서 2개의 방

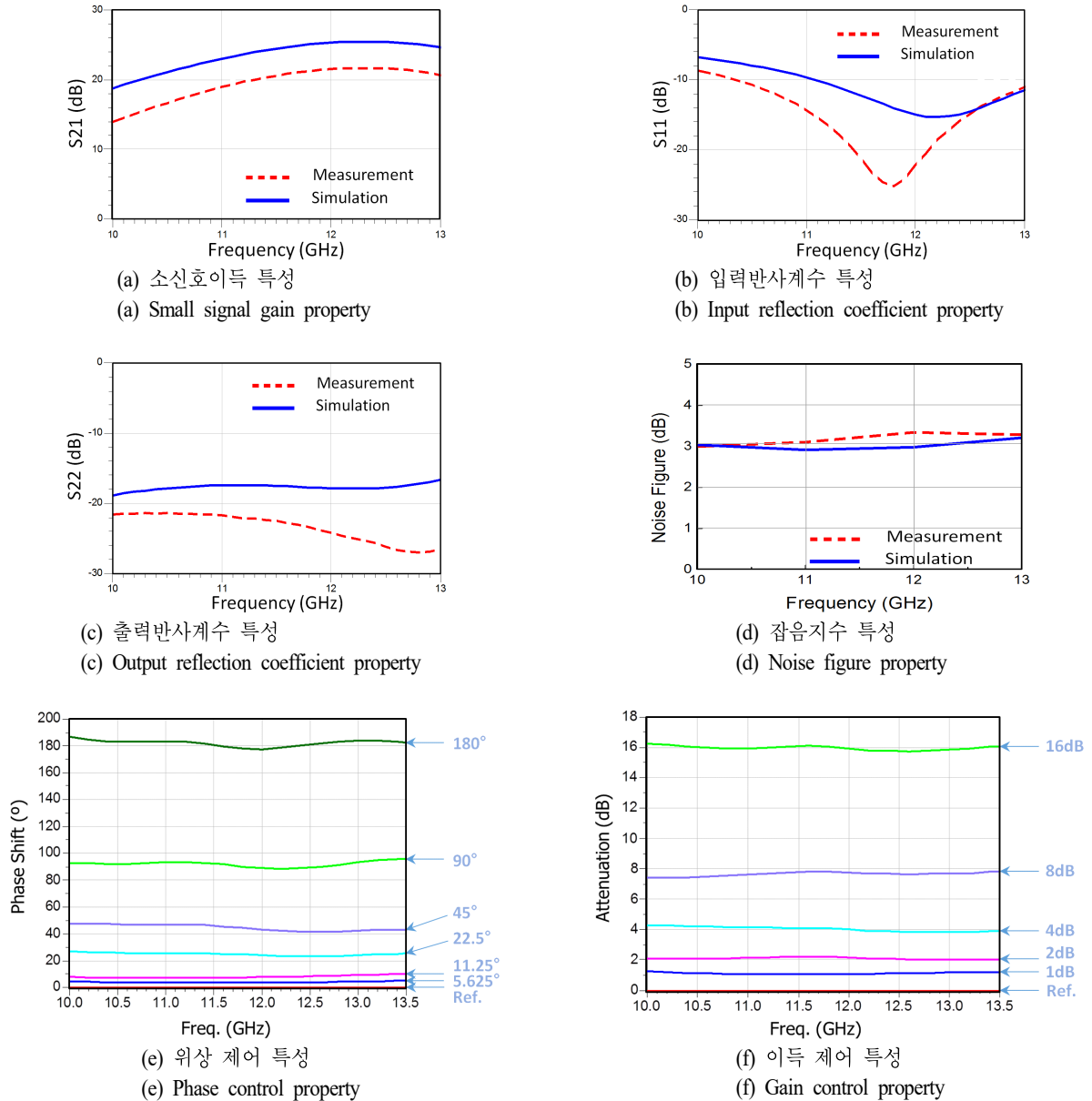


그림 2. MFC 칩 측정 결과

Fig. 2. MFC chip measurement results.

사체에 **balanced** 형태로 급전이 이루어진다. 그림 3(c)에 표기한 안테나의 폭 12.3 mm는 구현하고자 하는 최소 주파수인 10.7 GHz에서 안테나를 배열하였을 때, 최대 60°의 빔 조향각 이내에서 **grating lobe**가 출현하지 않을 조건을 기준으로 하였다. 비발디 안테나의 설계 과정으로는 그림 3(a)와 같이 발룬을 **Back-to-Back**으로 연결하여 최적화된

급전선 등의 **balun**의 치수가 정해지고, 그 이후에 그림 3(b)와 같이 **exponential** 커브 형태의 방사체의 길이를 최적화 하여 기본적인 비발디 안테나의 구조를 확정한다. 단지 비발디는 **ground**를 서로 공유하는 배열 상태에서 광대역의 특성인 것을 고려하여야 하는데, 그림 3(b)와 같이 PCB로만 구현된 기본 비발디 안테나는 인접 안테나와의

표 1. MFC 제작 사양

Table 1. MFC specification.

	Measurement result
Frequency	10.7~12.75 GHz
Small signal gain	15~20 dB
Input / Output return loss	Input : ≤ 8 dB / Output : ≤ 15 dB
Noise figure	≤ 3.5 dB
Phase control	6 bit, 0~360 °
Gain control	5 bit, 0~31 dB

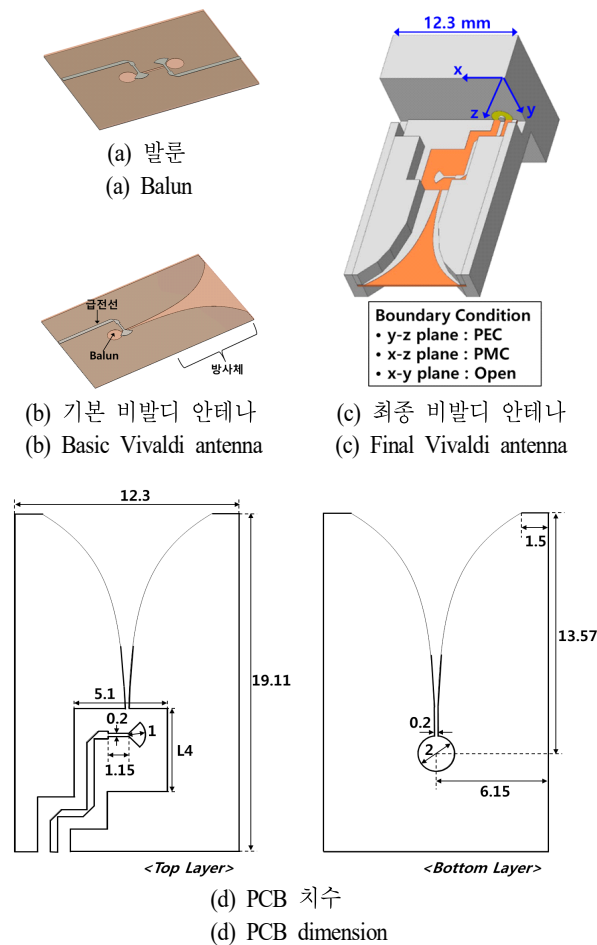


그림 3. 비발디 안테나 설계 과정

Fig. 3. Design process of Vivaldi antenna.

ground의 공유면이 충분치 않으며, 이와 같은 인접 안테나와의 ground 공유는 2차원 배열에서는 더욱 불가능하

다. 따라서 금속 기구물을 덧붙여서 비발디 안테나의 기구적 접촉을 강화한 그림 3(c)의 형태로 최종 비발디 안테나를 설계 제작한다. 또한 그림 3(b), 그림 3(c)의 단일 비발디 안테나의 설계는 E면과 H면 방향으로 비발디 안테나가 모두 무한 배열된 상태를 가정하여야 한다. 따라서 이와 같은 효과를 위해서 E면 방향으로는 PEC(Perfect Electric Conductor), H면 방향으로는 PMC(Perfect Magnetic Conductor) 경계조건인 도파관 시뮬레이터 환경하에서 시뮬레이션을 수행하며, 이때의 시뮬레이션 결과는 그림 4와 같이 10.7~14.5GHz의 주파수 대역에서 -15 dB 이하의 우수한 반사특성을 확인할 수 있다. 설계된 단일 비발디 안테나 PCB의 치수는 그림 3(d)에 나타내었으며, 제작에 사용된 PCB 기판은 RO4003($t=0.2$ mm)이다.

비발디 안테나와 같이 Ground가 서로 밀착될 정도로 단일 안테나 사이가 매우 인접한 위상 배열 안테나는, 그림 4와 같은 각각의 단일 안테나의 반사계수가 아닌, 배열된 모든 안테나가 동시에 여기(excitation)된 상태에서 주위로부터 결합되어 오는 상호 결합 계수를 모두 포함하는 아래식의 능동 반사계수로 그 특성을 정의하여야 한다^[9]. 이러한 능동 반사계수로부터 주파수에 따른 반사계수뿐만 아니라 빔조향 각도에 따른 반사계수 정보도 함께 알 수 있다. 다음 식에서 N 은 안테나 소자 전체의 개수를 나타내며, S_{ij} 는 i 번째 측정 포트와 j 번째 여기 포트간의 산란계수이다. 그리고 a_j 는 송신 모듈에서 각 배열 안테나로 급전해 주는 크기이며, x_j 와 y_j 는 j 번째 여기 포트의 좌표이다. 그림 5는 설계된 비발디 안테나의 능동 반

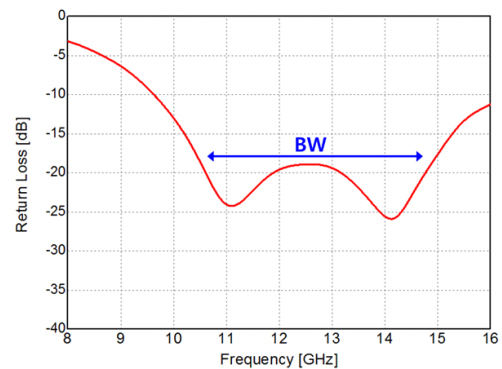


그림 4. 단일 비발디 안테나 시뮬레이션

Fig. 4. Single Vivaldi antenna simulation.

사계수 계산 결과이며, 설계된 비발디 안테나는 E면 방향 또는 H면 방향으로 60°의 최대 빔 조향 각도에서 0.5 정도의 최소 반사계수 특성을 갖지만, $\pm 45^\circ$ 이내의 빔 조향 각도 범위 내에서는 10.7~14.5 GHz까지 대체적으로 양호한 0.3 정도 이내의 반사계수 특성을 보인다.

$$\Gamma_i^A(\theta, \phi) = \sum_{j=1}^N S_{ij} |a_j| e^{-j(k \cdot \sin \theta \cdot \cos \phi \cdot x_j + k \cdot \sin \theta \cdot \sin \phi \cdot y_j)}$$

그림 3(c)의 최종 설계된 안테나는 그림 6과 같이 제작 형상을 수정하여, 하나의 기구물에 4개의 단일 비발디 안테나가 존재하며, 동시에 서로 수직 배치하여 2개의 선형 편파 특성을 동시에 갖도록 한다. 이와 같이 제작된 안테나는 그림 7(a)와 같이 삼각배열의 방식으로 안테나를 배열하도록 한다. 통상적으로 비발디 안테나의 삼각 배열 방식은 grating lobe를 효과적으로 억제하기 위한 가장 효율적

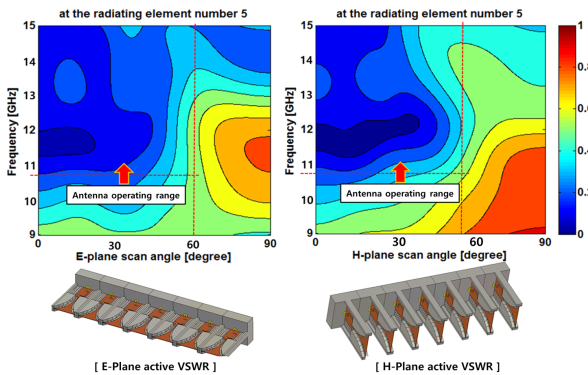


그림 5. 능동 반사계수
Fig. 5. Active return loss.

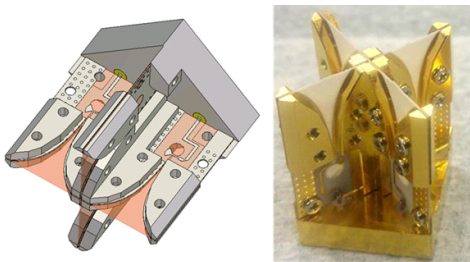
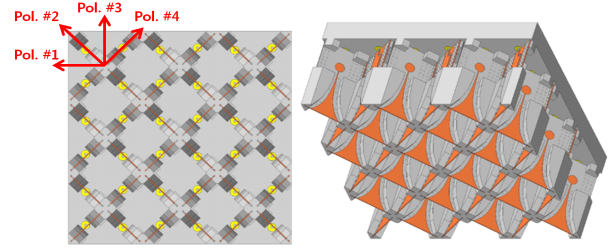
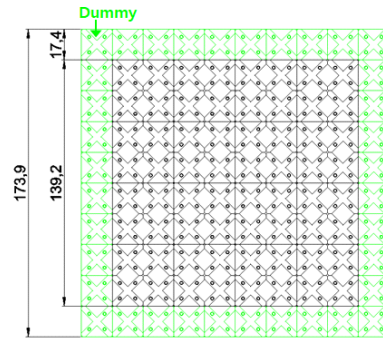


그림 6. 비발디 안테나 제작 형상
Fig. 6. Configuration of fabricated Vivaldi antenna.



(a) 비발디 안테나의 삼각 배열
(a) Triangular array of Vivaldi antenna



(b) 256 배열 외곽 치수
(b) Dimensions of 256 array

그림 7. 비발디 안테나 배열 형상
Fig. 7. Configuration of Vivaldi antenna array.

인 방식이나, 본 논문에서는 그림 7에서 표기한 것과 같이 45° 간격의 4개의 편파(편파#1~편파#4)를 전기적으로 제어하여 구현하기 위한 방법으로 삼각배열 방식을 채택하였다. 제작하고자 하는 256 배열 안테나는 그림 7(b)와 같이 139.2×139.2 mm² 방사 개구면을 가지며, 외곽의 더미 안테나를 포함하여 173.9×173.9 mm²의 면적을 가진다.

IV. 능동 위상 배열 안테나의 제작

앞서 설명한 MFC 칩과 비발디 안테나를 이용하여 빔조향 및 편파가변이 가능한 16×16배열 규모의 수신용 능동 위상 배열 안테나를 구현하였다. 그림 8은 그 구성도이다.

전원 경로를 살펴보면 외부 전원공급기로부터 12 V를 입력받아 제어조립체를 직접 구동하는 한편, 전원/제어분배기를 통하여 MFC 및 온도센서 동작에 필요한 5 V, 2.5 V, 1.2 V로 변환되어 각 수신 모듈로 분배된다.

RF 신호 경로를 살펴보면 256개의 복사소자로부터 입력

된 신호들은 각 수신모듈의 MFC를 거치면서 원하는 편파가변 및 빔조향 방향에 맞는 이득과 위상을 갖도록 제어된 후 RF신호결합기를 통하여 하나의 포트에 합쳐져 출력된다.

제어신호 경로를 살펴보면 먼저 사용자가 외부의 제어 PC를 통하여 제어명령을 내리면 RS232 통신에 의하여 제어조립체가 적절한 제어신호를 생성한다. 이러한 제어신호는 전원/제어분배기를 경유하여 각 수신모듈로 분배됨으로써 MFC 동작을 제어한다.

수신모듈은 16개의 복사소자를 구동할 수 있도록 그림 9와 같이 4×4배열로 구성되어 있다. 모듈의 크기는 대략 34.8(L)×34.8(W)×12(H) mm이다. PCB 전면의 16개 안테나 급전 포트에 들어온 수신신호는 PCB 상에 있는 16개의 1 채널 MFC를 통하여 이득과 위상이 개별적으로 조절된 후 PCB 후면의 1개 출력포트로 합쳐져 나온다. 이러한 과정을 통하여 빔조향 및 편파가변이 가능하다. MFC 동작에 필요한 전원 및 제어신호는 20핀 커넥터를 통하여 공급된다.

한편, 수신모듈은 평면형 타일 구조로 제작하여 대규모 배열을 형성하는 데 유리하도록 하였다. 본 논문에서 구현할 능동 위상 배열 안테나는 이러한 수신모듈이 총 16개 들어간다.

부배열 모듈은 전원, 제어신호를 분배하는 전원/제어분배기와 RF신호를 결합하는 RF신호결합기로 구성된다. 그 신호 흐름도는 그림 10과 같다. 전원/제어분배기는 12 V 입력전압을 5 V, 2.5 V, 1.2 V로 변환하는 DC-DC 컨버터 소자와 잡음제거용 커패시터 및 MFC 제어용 선로패턴이

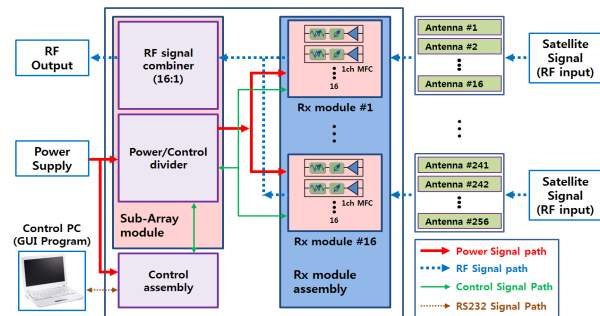
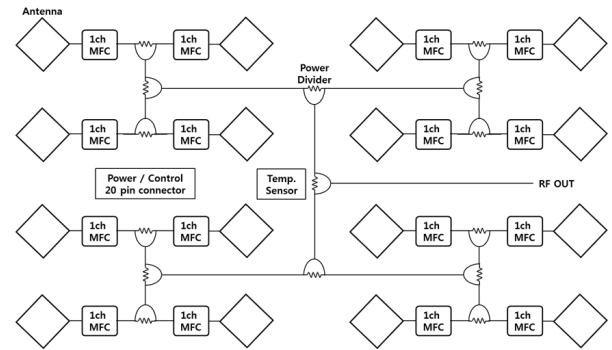
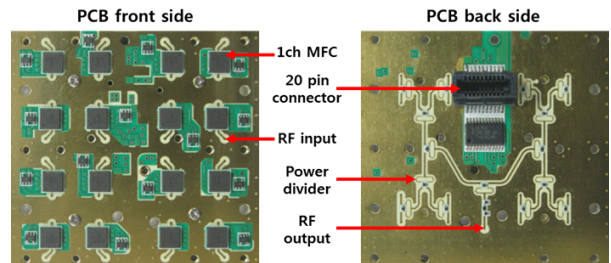


그림 8. 능동 위상 배열 안테나 구성도
Fig. 8. Active phased array antenna configuration.



(a) 구성도
(a) Block diagram



(b) PCB 제작사진
(b) PCB manufactured picture

그림 9. 수신 모듈
Fig. 9. Receiving module.

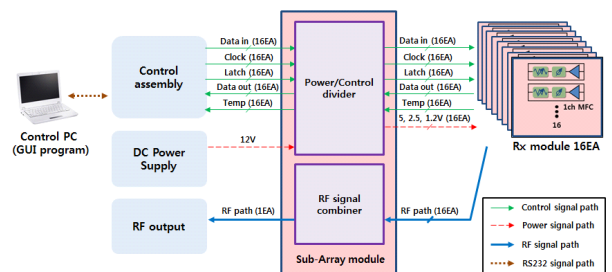


그림 10. 부배열 모듈 신호 흐름도
Fig. 10. Signal flow chart of sub-array module.

다수 배치되어 있다. 또한 60핀 커넥터, 연결보드를 통하여 제어조립체 및 수신모듈과 전기적으로 인터페이스 한다. RF 신호결합기는 스트립라인(strip-line) 전송선로 상에 윌킨슨 분배기를 다단으로 구성한 16:1 전력결합기로 구현하였다.

그림 11은 능동 위상 배열 안테나가 정상 동작하는 경

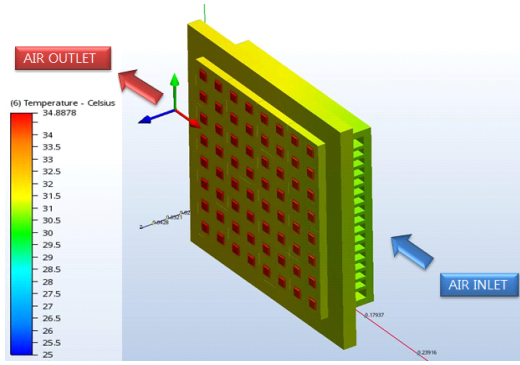


그림 11. 열해석 결과
Fig. 11. Thermal analysis result.

우를 가정하여 열해석한 결과이다. 발열조건은 대기온도 25℃에서 1채널 MFC 128개가 동시에 동작하여 25.6 W (0.1 W×256개)의 열을 낸다고 가정하였다. 열해석 결과, 방열핀과 40×40 mm 크기의 방열팬 4개로 MFC 주변의 열평형 온도는 대략 35℃로서 안정적인 방열 성능이 예측되었다.

제작하고자 하는 16×16배열 능동 위상 배열 안테나의 주요 특성을 표 2에 정리하였고 그림 12(a)~그림 12(c)에 그 제작 형상을 나타내었다.

V. 빔 조향 및 방사특성의 측정

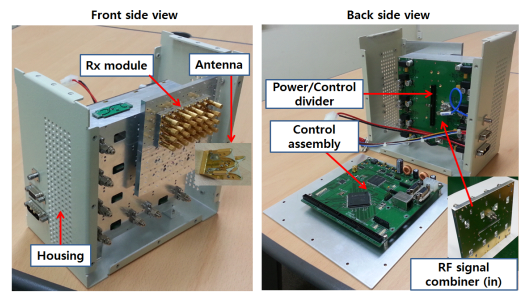
그림 7(a)에서 표시한 4개의 편파 중, 비발디 안테나의 E면파 방향이 같은 $\pm 45^\circ$ 의 2개 편파는 단순히 MFC를 포함한 수신 모듈을 on/off하여 하나를 선택함으로써 편파

표 2. 능동 위상 배열 안테나 주요 특성
Table 2. Active phased array antenna main performance.

	Specification
Frequency	10.7 ~ 12.75 GHz
Polarization	Horizontal, Vertical, $\pm 45^\circ$ direction polarization
Scan angle range	$\pm 60^\circ$
Array size	256(16×16)
Cross polarization discrimination	≥ 20 dB
Antenna gain	≥ 22 dBi
Half-power beamwidth	≤ 9.5

가변이 가능하다. 사선 방향의 2개 편파 이외에 수직과 수평 편파를 선택적으로 생성하는 방법은 그림 13에 나타내었다. 즉, 그림에서 보는 것과 같이 $\pm 45^\circ$ 의 2개 편파가 동시에 존재하는 상태에서 $+45^\circ$ 방향의 편파#2의 위상을 180° 간격으로 조정함에 따른 벡터의 합에 따라서 수직편파와 수평편파가 선택적으로 생성되는 것을 알 수 있다.

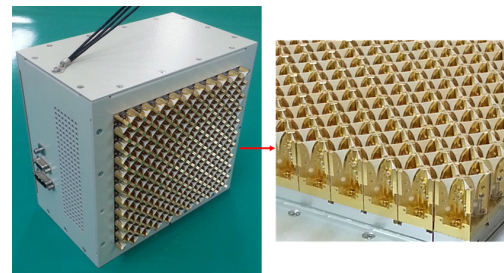
즉, 수신 모듈에 사용된 위상 제어 소자인 MFC는 빔 조향을 위하여 위상을 달리 제공하는 역할과 동시에 수직과 수평 편파를 선택적으로 생성하기 위한 역할도 동시



(a) 내부 구조
(a) Inner structure

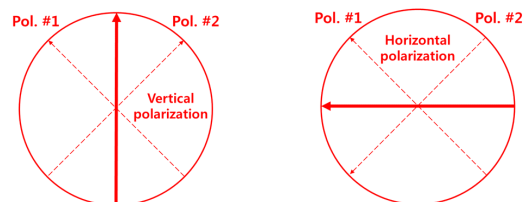


(b) GUI 화면
(b) GUI display



(c) 외관 형상
(c) Outer configuration

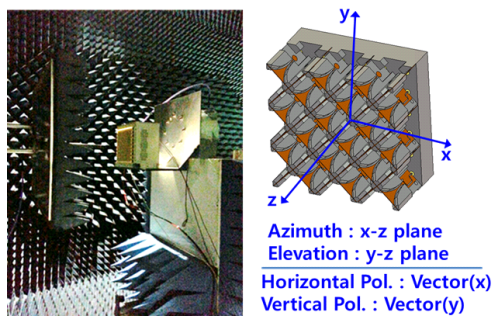
그림 12. 최종 제작된 능동 위상 배열 안테나
Fig. 12. Final active phased array antenna.



(a) 수직편파의 생성 (a) Horizontal polarization formation
(b) 수평편파의 생성 (b) Vertical polarization formation

그림 13. 편파 가변의 원리

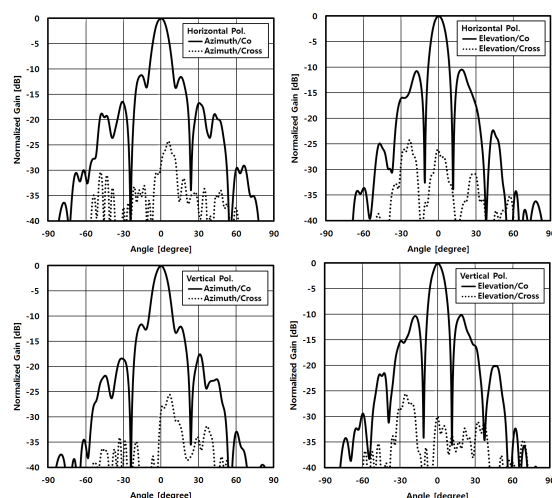
Fig. 13. The principle of polarization change.



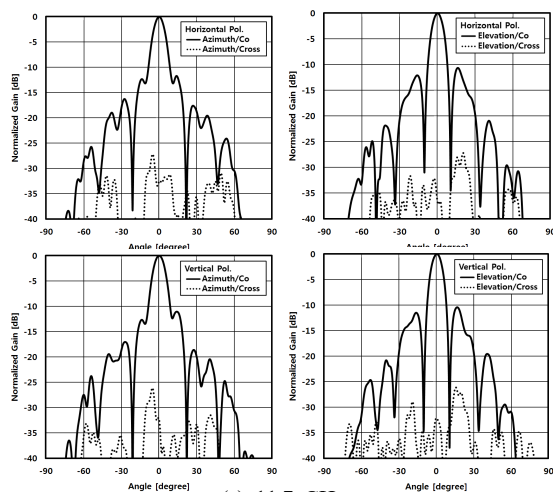
(a) 측정 사진 및 좌표
(a) Measurement photograph & coordinate

에 한다. 결과적으로 본 논문에서 제작한 능동 위상 배열 안테나는 4개의 선형 편파를 선택적으로 택일할 수 있으므로, 이동체의 방향 전환에 따라 바뀌는 편파 도래각(Skew angle)에 대해서도 적극적인 대응이 가능하다.

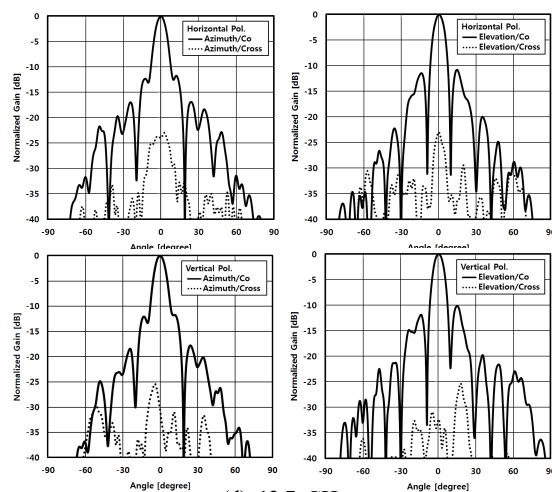
그림 14는 제작한 능동 위상 배열 안테나에서 bore-sight 상태의 방사패턴이다. 단 방사패턴의 측정은 자연적으로 생성되는 $\pm 45^\circ$ 방향의 방사패턴이 아닌, 벡터의 합에 의해서 생성되는 수직과 수평편파에 대해서 논하도록 하겠다. 측정된 bore-sight 방사패턴은 10.7~12.7 GHz까지 모두 왜곡 없는 main lobe를 형성하고 있으며, -10 dB 이하의



(b) 10.7 GHz



(c) 11.7 GHz



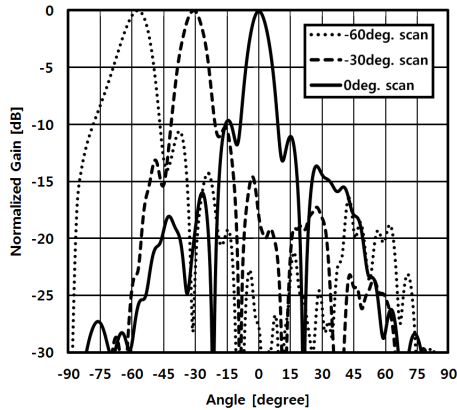
(d) 12.7 GHz

그림 14. Bore-sight 방사패턴 측정

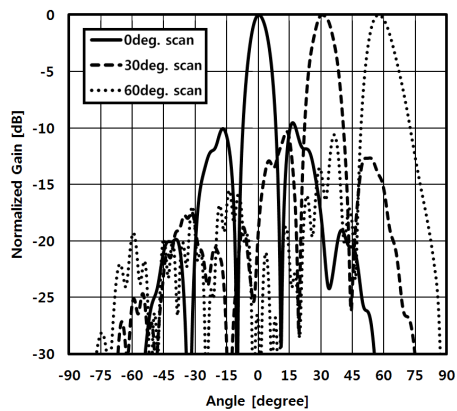
Fig. 14. Bore-sight radiation pattern measurement.

양호한 1st side lobe 특성을 보인다. 특히 측정된 교차 편파 레벨이 12 GHz 수평 편파에서 최소 -23.5 dB인 점을 제외하고는 모두 -30 dB 수준의 우수한 교차 편파 레벨이 측정되었으므로, 벡터의 합에 의해서 우수한 수직편파와 수평 편파가 형성되었음을 확인할 수 있다.

그림 15는 제작한 능동 위상 배열 안테나의 빔 조향 특성을 11.7 GHz, 수평편파의 상태에서 30° 간격으로 측정한 그림이다. 측정 결과, 60°까지 비교적 깨끗하게 빔이 조향됨을 확인하였으며, 빔조향 범위에서 grating lobe는 나타나지 않는 것 또한 확인할 수 있다. 위의 측정 결과는 표 3에 정리하였다. 표에서 elevation 방향 60°빔 조향 상태에



(a) 11.7GHz, 방위각 방향
(a) 11.7GHz, azimuth direction



(b) 11.7GHz, 고각 방향
(b) 11.7GHz, elevation direction

그림 15. 빔 조향 패턴 측정

Fig. 15. Beam scanned pattern measurement.

표 3. 능동 위상 배열 안테나 방사특성

Table 3. Active phased array antenna radiation property.

Freq.	Pol.	Scan angle	Measurement			Simulation	
			Gain [dBi]	XPD [dBc]	3dB BW [°, Az/El]	Gain [dBi]	3dB BW [°, Az/El]
10.7 GHz	Hor.	Bore-sight	23.0	-27.4	10.59/10.30	23.1	10.4/10.4
	Ver.	Bore-sight	23.1	-29.4	10.56/10.07	23.1	10.4/10.4
11.7 GHz	Hor.	Bore-sight	23.9	-32.1	9.70/9.30	24.1	9.3/9.3
		Azi. -60°	21.8	-	14.36/9.22	22.1	-
		Azi. -30°	23.0	-	11.46/9.42	23.6	-
		Ele. +30°	23.7	-	11.27/9.67	23.6	-
	Ver.	Ele. +60°	19.6	-	18.22/12.42	22.1	-
		Bore-sight	24.1	-34.6	9.31/9.20	24.1	9.3/9.3
12.7 GHz	Hor.	Bore-sight	24.6	-23.5	8.85/8.53	24.9	8.4/8.4
	Ver.	Bore-sight	24.5	-31.6	9.01/8.53	24.9	8.4/8.4

서는 예상과 달리 이득이 비교적 많이 작은 것을 알 수 있는데, 이는 60° 조향된 안테나의 main lobe가 근전전계 측정 장비 프로브의 스캔 면적의 가장자리에 위치함으로써 생기는 측정 오차라 생각한다.

또한 위의 측정은 한국전파진흥회의 안테나 측정설비를 이용하여 공인 인증 절차에 따라서 측정된 결과이다. 표 4에 그 방사특성을 정리하였다.

VI. 향후 계획

위상 제어 소자인 MFC 칩과 광대역의 비발디 안테나를 자체 개발하여 Ku 대역에서 동작하는 능동 위상 배열 안테나를 제작하였고, 제작 결과 60°까지 깨끗한 빔 조향 특성을 확인하였다. 특히, 제작한 안테나는 4개 방향의 선형 편파 형성이 가능하며, 위성 신호의 편파 도래각(skew

angle)에 대응하는 능력이 우수하다. 향후 512개까지 배열 수를 확대하여 실제 이동체 탑재 안테나로서 동작시킬 예정이며, 이를 위해 dynamic beam tilting 등의 위성추적 알고리즘 연구와 이동체의 이동 환경과 같은 안테나 시뮬레이션 기구물 제작을 현재 준비 중이다. 특히 2개의 비발디 안테나에 90° 위상차를 제공하여 위의 4개의 선형편파뿐만 아니라, 원형편파도 생성이 가능하도록 하여, 무궁화 6호 위성에서 LHCP로 동작하는 Transponder(BS) 신호와 선형편파로 동작하는 Transponder(CS) 신호에 대해 모두 선택적으로 편파 가변이 가능하도록 할 계획이다.

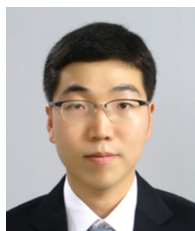
References

- [1] C. Hemmi, T. Dover, F. German, and A. Vespa, "Multi-function wide-band array design," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 47, no. 3, pp. 425-431, Mar. 1999.
- [2] J. L. Armitage, "Electronic warfare solid-state phased arrays," *Microwave Journal*, vol. 29, Feb. 1986.
- [3] P. Leroux, M. Steyaert, *LNA-ESD Co-design for Fully*

Integrated CMOS Wireless Receivers, Springer Science & Business Media, New York, 2005.

- [4] B. Razavi, *Design of Analog CMOS Integrated Circuits*, Boston, McGraw-Hill, 2000.
- [5] P. J. Gibson, "The Vivaldi aerial," in *1979 9th European Microwave Conference*, Brighton, UK, 1979, pp. 101-105.
- [6] 김준연, "릿지형 테이퍼드 슬롯 위상 배열 안테나의 설계 및 복사특성 분석," 서울시립대학교 박사학위논문, 2008년 8월.
- [7] F. German, S. Sanzgiri, and D. Doyle, "Analysis of flared slot antennas for phased array application," in *Proceedings of IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, Ann Arbor, MI, 1993, vol. 3, pp. 1600-1603.
- [8] Joon Shin, Daniel H. Schaubert, "A parameter study of stripline-fed Vivaldi notch antenna arrays," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 47, no. 5, May 1999.
- [9] D. M. Pozar, "Active element pattern," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 42, no. 8, pp. 1176-1178, Aug. 1994.

최진영



2010년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 2012년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 2013년 12월~현재: 알에프코어(주) 연구원
 [주 관심분야] 고출력 전력증폭기, RF 모듈 설계

이호선



1998년 2월: 충남대학교 전파공학과 (공학사)
 2000년 2월: 충남대학교 전파공학과 (공학석사)
 2000년 3월~2005년 2월: 쌍신전자통신 전문연구요원
 2005년 3월~2007년 7월: LG전자 MC사업부 단말연구소 선임연구원
 2007년 8월~2014년 12월: 인텔리안테크놀로지스(주) 책임연구원
 2015년 1월~현재: 알에프코어(주) 수석연구원
 [주 관심분야] 안테나 및 수동소자

공 동 욱



1995년 8월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
2000년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
2000년 4월~2004년 11월: 텔레포스(주) 제품개발부 선임연구원
2015년 1월~현재: 알에프코어(주) 수석연

구원

[주 관심분야] 고출력 전력 증폭기, 위상배열안테나 시스템, EMC

전 중 훈



1982년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1985년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
2000년 2월: 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학박사)
2012년 3월~현재: 알에프코어(주) 연구소장
[주 관심분야] 능동 위상 배열 안테나 시

스템