

# 능동위상배열 안테나를 위한 Ka-대역 8채널 송신능동모듈 설계

## A Ka-band 8-channel TX Active Module Design for Active Phased Array Antenna

정 영 배\*\*

Jung Young-Bae\*\*

### Abstract

This paper presents the 8-channel active module operated in Ka-band. The module is designed for the mobile satellite communication antenna systems, and the module structure has the merit to minimize the size and weight of the antenna systems by 30% compared with the conventional systems using the active module composed of single channel. This module was designed to be optimally operated by prohibiting the electrical interference among the individual channels. From the test results of the fabricated 8-channel active module, it can be confirmed that the maximum channel gain error is  $\pm 1.3\text{dB}$ , the minimum channel output power is  $21.5\text{dBm}$ , and the maximum gain variation by phase control is  $\pm 1.0\text{dB}$ .

### 요 약

본 논문에서는 Ka-대역에서 동작하는 8채널 송신능동채널모듈을 소개한다. 본 모듈은 이동 위성통신용 능동 위상배열안테나 시스템에 적용되며, 이를 위하여, 시스템의 크기와 중량의 상당부분을 차지하는 능동부 구조를 최적화하여 개별채널로 구성되는 기존의 능동모듈에 비하여 크기 및 중량을 소형화할 수 있다는 장점을 갖는다. 또한, 한 개의 모듈에 다수의 능동채널을 구비함으로써 발생될 수 있는 채널 간의 전기적 간섭을 최소화함으로써, 구성된 개별 채널이 최적의 상태에서 동작하도록 하였다. 시제품의 성능시험을 통한 채널 간의 최대 이득편차는  $\pm 1.3\text{dB}$ 이며, 최소 채널출력은  $21.5\text{dBm}$ 이며, 위상천이기 제어에 따른 채널이득 변화량은  $\pm 1.0\text{dB}$ 이다.

*Key Word: Active module, Phased array, antenna, multi channel, Ka-band*

## 1. 서론

\* Dept. of Electronics and Control Engineering,  
Hanbat National University  
(ybjung@hanbat.ac.kr, 042-821-1136)

★ Corresponding author

※ This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (2011-0013213)

Manuscript received May 28, 2013; revised June 3, 2013; accepted June 03, 2013

위성통신은 지리적으로 넓은 서비스영역과 통신장애가 적다는 전파환경 상의 장점으로 근래에 들어 널리 서비스되고 있다. 또한, 이러한 위성통신은 고정형에서 점차적으로 진보하여 이동체에 탑재할 수 있는 형태로 발전하게 되었으며, 이동체에서의 원활한 통신을 위하여, 이동체의 움직임에 따른 위성의 위치변화를 신속하게 파악하고, 이를 통하여 정확하게 위성을 추적할 수 있는 다양한 형태의 안테나개발이 진행되고 있다. 이러한, 이동형 위성통신 안테나시스템 중,

전자식 시스템의 경우, 위상배열안테나와 다수의 능동채널로 구성되며, 능동채널은 시스템의 성능과 제작단가를 결정하는 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 또한, 다수의 능동채널이 차지하는 크기와 중량은 전체 안테나시스템의 규모를 결정 짓는 가장 주요한 원 인이다.

이러한 이유로 다수의 능동채널을 최소화하기 위하여 송신채널과 수신채널을 한 개의 모듈로 구성하 거나[1] 소수의 채널을 한 개의 모듈로 구현하는 방식 등에 대한 연구가 진행되어 왔다[2-5].

본 논문에서는 상술한 바와 같이, 차량, 선박 및 항공기 등의 이동체(Mobile vehicles)에 탑재되어 위 성을 통한 이동통신을 수행하는 이동 위상통신용 능 동배열안테나 시스템에 사용되는 능동채널모듈에 관 한 것으로, 시스템을 구성하는 다수의 능동채널을 하 나의 기구구조에 집적함으로써 시스템 전체의 크기와 무게를 최소화하도록 하였다. 또한, 제안된 다중 능동 채널 모듈의 전기적 특성이 기존의 독립적인 능동채 널 구조에 비하여 성능 열화가 없음을 확인함으로써 제안구조의 효용성을 확인하였다.

II. 다중 능동채널모듈 설계

본 논문에서 제안한 8채널 송신능동모듈의 구조는 (그림 1)에 도식되어 있다. 본 그림에서 나타난 바와 같이, 본 모듈의 RF부는 1:8 행분배기와 함께 8개의 독립적인 송신능동채널로 구성되었다. 또한, 능동채널 에 DC전원을 공급하고, 개별 능동채널의 동작 On/Off 및 위상천이기 제어를 위한 전원 및 제어부가 존재함으로써 모듈외부의 시스템 제어부로 부터 인가 된 제어신호를 통하여 모듈 전체의 세부 동작을 제어 하도록 하였다.

(그림 2)는 송신능동채널의 블록도이다. 송신능동 채널은 위상천이기(Phase shifter), 구동증폭기 (Amplifier #1), 고출력증폭기(Amplifier #2)와 마이크로스트립 대역통과필터(Microstrip BPF)로 구성된

다. 위상천이기는 5-bit로 최소 11.25° 간격으로 위 상을 제어할 수 있는 Triquint사의 TGP2100을 사용 하였다. 구동증폭기로는 동작주파수 대역에서 21dB 의 선형이득을 갖는 UMS사의 CHA2069를 사용하였 으며, 종단의 고출력증폭기는 18dB의 선형이득과 25dBm의 출력특성을 갖는 Triquint사의 TGA1073A

표 1. 8채널 송신능동모듈의 주요 요구사항  
Table 1. Main specifications of 8-channel TX Active module

성능	요구사항
동작 주파수 범위	30.085~30.885 GHz
입출력 반사 손실	10 dB 이상
능동채널 선형이득	7±1.5 dB @ PS 0-State
대역 내 이득편탄도	±0.8 dB @ 36 MHz 대역
최소 위상 제어량	11.25 (5-bit제어)
채널출력	20 dBm 이상
위상제어에 따른 선형이득 변화량	±2 dB 이내
모듈의 크기	86(W)×72(L)×30(H) [mm]

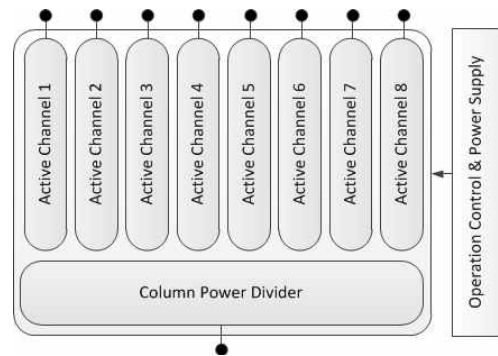


그림 1. 제안된 8채널 송신능동모듈의 구조  
Fig. 1. Proposed 8-channel TX active module structure

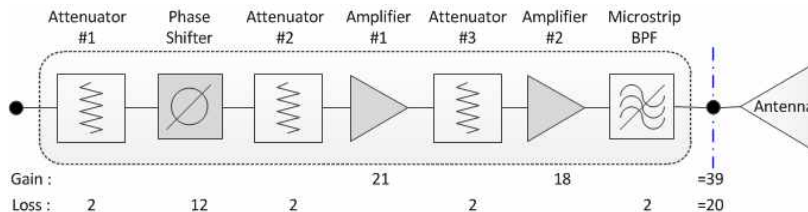


그림 2. 송신능동채널의 블록도  
Fig. 2. Block diagram of TX active channel

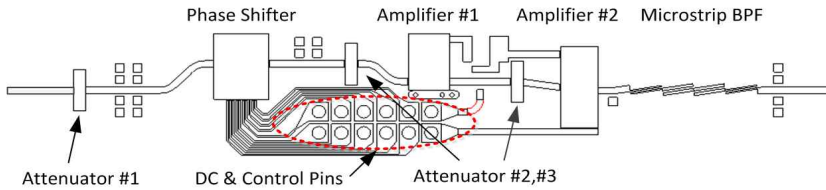


그림 3. 송신능동채널 설계

Fig. 3 Design of TX active channel

를 사용하였다.

또한, 능동채널에 포함된 위상천이기의 경우, 5bit(32step)제어에 따라 입출력 정합특성이 변화함에 따라 전체 채널의 전기적특성이 열화될 수 있다. 이를 방지하기 위하여, 위상천이기의 입력 및 출력단에 고정형 감쇄기(Attenuator)를 추가하였다. 또한, 구동증폭기와 고출력증폭기의 선형이득이 매우 높아 전체 증폭기회로의 안정도(Stability) 저하에 따른 발진(Oscillation)현상 방지를 위하여 두 개의 증폭기 사이에 고정형 감쇄기를 추가하였다. 본 모듈에 사용된 감쇄기는 *Triquint*사의 TGL 4201모델이다. 다중 능동채널 모듈에 있어서, 가장 중요한 성능 중 하나가 모듈을 구성하는 개별 능동채널의 전기적 성능을 균일하게 구현하는 것이다. 능동채널을 하나의 기구에 집적하는 경우, 능동채널 간의 전기적 간섭 및 기구형상에 따라 개별 채널의 전기적특성에 오차가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 전기적 특성의 최적화 이외에 기구설계 시 상호간섭을 최소화할 수 있도록 하였다.

본 모듈의 주요 요구사항은 [표 1]에 요약되어 있다. 능동채널의 동작주파수는 30.085~30.885 GHz로 국내 무궁화위성의 Ka-대역 통신주파수와 같다. 능동채널의 선형이득은 1:8 행분배기의 입력으로부터 각 능동채널의 출력단자까지 전체경로에 대한 선형이득을 의미하며, 위상천이기의 위상제어가 0°인 경우로 정의한다. 대역 내 이득편탄도는 36 MHz 대역에서 최대  $\pm 0.8$  dB 이내이고, 능동채널의 최소출력은 20dBm 이상이다. 상술한 바와 같이, 최소 위상제어량은 11.25°로서 5-bit 위상제어가 가능하며, 위상제어에 따른 능동채널의 선형이득 변화량은  $\pm 2$  dB 이내이다.

### III. 다중 능동채널모듈 제작 및 시험

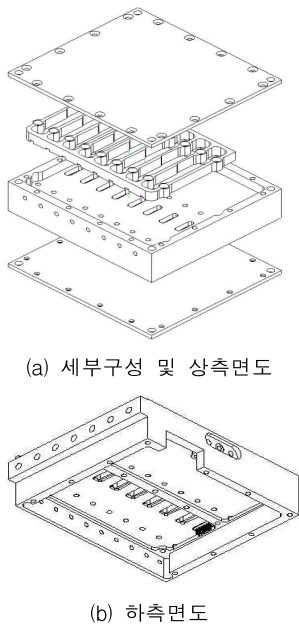
(그림 3)은 송신능동채널의 설계구조를 도식하고 있다. 능동채널 중, 위상천이기와 증폭기의 경우, 그

림의 중앙 하부에 도식된 12개의 Pin으로 구성된 병렬커넥터(DC & control pins)를 통하여 DC 전원공급과 On/Off 동작을 제어한다. 대역통과필터는 5단으로 구성된 마이크로스트립 필터를 사용하였다.

제작된 능동모듈 시제품의 세부 기구구조는 (그림 4)와 같다. 능동모듈은 전체모듈의 크기 및 무게를 최소화하기 위하여 상부는 8개의 능동채널로 구성된 RF부로 구성하였으며, 하부는 능동채널의 전원 및 제어로 구성된다. 하부의 전원 및 제어신호는 서술한 바와 같이, 12Pin 커넥터를 통하여, 모듈의 하부에서 상부로 직접 연결된다. 또한, (그림 4)(a)와 같이, 상부의 RF부는 8개의 능동채널이 독립적으로 동작할 수 있도록 내부에 금속격벽 구조물이 삽입됨으로써 채널 간의 전기적 간섭을 최소화하였다.

(그림 5)는 제작된 능동모듈 시제품 사진을 보여 주고 있다. (그림 5)(a)는 능동모듈의 RF부로서 능동채널 간의 간섭현상을 최소화하기 위한 기구 내부의 격벽구조물과 해당 격벽구조물 사이에 위치한 8개의 능동채널을 확인할 수 있다. (그림 5)(b)는 능동모듈의 전원 및 제어부로 RF부의 반대편에 위치한다. 제작된 능동모듈의 크기는 86(W)×72(L)×28.5(H) [mm]이다.

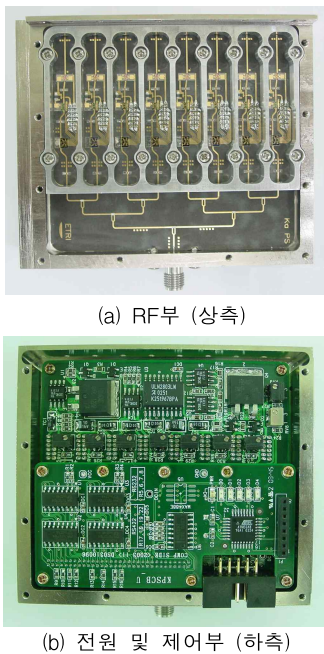
제작된 능동모듈의 성능 측정결과는 (그림 6)에 도식되어 있다. (그림 6)(a)의 입력 반사손실의 경우, 동작주파수 대역 내에서 최소 10.2dB이며, 8개의 능동채널의 입력부가 1:8 행분배기와 연결되어 있어서, 모듈의 입력단자에서의 반사손실 특성은 모든 채널에서 거의 유사한 결과를 갖는다. 본 시험의 결과는 측정하고자 하는 능동채널 만을 동작시킨 상태에서 측정하였다. (그림 6)(b)의 출력 반사손실 역시 모든 채널에서 10dB 이하의 결과를 보이고 있다. 본 결과의 경우, 각 능동채널의 출력단자에서 측정됨으로써 채널 고유의 성능이 직접 반영됨으로써 입력 반사손실과는 달리 보다 분명한 채널 간의 성능차가 확인되고 있다. 능동채널모듈의 선형이득은 (그림 6)(c)에 제시하였다. 전체 능동채널에서의 최소 이득은 6.3dB이며, 채널 간의 최대 이득오차는 2.6dB이다. 본 시험



(a) 세부구성 및 상측면도

(b) 하측면도

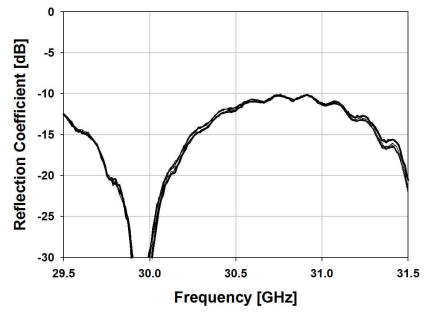
그림 4. 8채널 능동모듈의 기구구조  
Fig. 4. Mechanic design of 8-channel TX active module



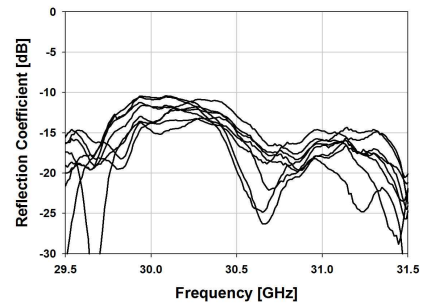
(a) RF부 (상측)

(b) 전원 및 제어부 (하측)

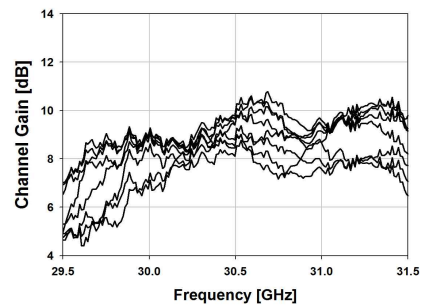
그림 5. 8채널 송신능동모듈 시제품  
Fig. 5 Fabricated 8-channel TX active module



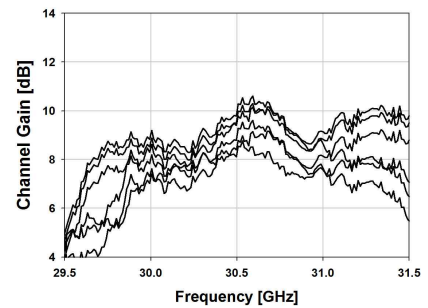
(a) 입력 반사손실



(b) 출력 반사손실



(c) 채널이득



(d) 위상제어에 따른 채널이득변화

그림 6. 8채널 송신능동모듈의 성능 측정결과  
Fig. 6 Measured results of 8-channel active module

결과는 위상천이기를 0°로 두었을 때 측정된 결과이며, 이와는 달리, 위상천이기의 5-bit 동작제어에 따른 채널이득 변화는 (그림 6)(d)와 같다. 본 결과는 32개의 위상제어에 따른 채널이득 성능 중, 최대 및 최소이득을 포함한 대표적인 8개의 경우를 보여주고 있다. 본 결과에서 알 수 있듯이, 위상제어에 따른 채널이득 최대 오차는 2dB이며, 위상제어에 따른 경로 손실이 능동채널의 주된 오차의 원인임을 알 수 있다. 또한, 제작된 능동모듈의 최소 출력은 21.5dBm이다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 이동형 위성통신을 위한 위상배열 안테나시스템의 다중채널 능동모듈을 소개하였다. 본 모듈은 동일한 구조의 8개의 능동채널로 구성되어 있으며, 단일 기구에 다수의 능동채널을 설치함으로써 발생할 수 있는 채널 간의 전기적 간섭을 최소화하기 위하여 내부 격벽구조물을 포함하는 기구설계를 제시하였다. 본 방식을 통하여 개별 능동채널을 독립된 기구에 설계하는 기존의 방식에 비하여 크기와 무게를 소형화할 수 있다는 장점을 갖는다.

이를 통하여, 다수의 능동채널로 구성되는 위상배열안테나 및 레이더 등의 통신시스템에 폭 넓게 적용되어 시스템의 크기 및 중량 최소화를 통한 제작단가 및 성능 최적화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

#### References

- [1] Young-Bae Jung, "Multi-channel module design for mobile satellite communications," Asia-Pacific Conference on Communication (APCC), pp. 510 - 512, Oct. 2012
- [2] A. Y. Grinev and et al, "Multi-channel Ground Penetrating Radar Based on Ultra-wideband Short-pulse Signal; Hardware and software," International conference on Ground Penetrating Radar(GPR), pp. 1-6, June 2010
- [3] Young-Bae Jung and et al, "T/RX Channel Design of X-band Shipboard APAA System for Mobile Communications via Satellite," European Microwave Conference (EuMA), pp. 527-530, Oct. 2003
- [4] Young-Bae Jung and et al, "The design of T/R module for X-band APAA system used in

satellite communications," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*. vol. 2, pp. 1337-1340, June 2002

- [5] Peng Wang and et al, "FMCW Radar Imaging with Multi-channel Antenna Array via Sparse Recovery Technique," International Conference on Electrical and Control Engineering (ICECE), pp. 1018-1021. June 2010

#### BIOGRAPHY

##### Jung Young-Bae (Member)



1998: BS degree in Radio Science and Engineering, KwangWoon University.

2001: MS degree in Information and Communication Engineering, KAIST

2009: Ph.D degree in Information and Communication Engineering, KAIST

2001. 02.~2011. 02 : Senior researcher, ETRI

2011~Present : Assistant professor, Hanbat National University