
위성통신용 전력제어 고출력증폭기의 구현 및 성능평가에 관한 연구

전중성*, 김동일**, 배정철***

A Study on Implementation and Performance of the Power Control High Power Amplifier for Satellite Mobile Communication System

Joong Sung Jeon, Dong Il Kim, Jung Chul Bae

요 약

본 논문에서는 INMARSAT-B형 송신기에 사용되는 L-BAND(1626.5~1646.5 MHz)용 3단 가변이득 전력증폭기를 연구 개발하였다. 3단 가변이득 전력증폭기는 구동증폭단과 전력증폭단에 의해 고출력 모드일 때 +42 dBm, 중간출력 모드일 때는 +38 dBm, 저출력 모드일 때는 +34 dBm의 전력으로 증폭되며, 각각에 대해 상한 +1 dBm과 하한 2 dBm의 오차를 허용한다. 제작의 간편성 때문에 전체 3단 가변이득 전력증폭기를 크게 구동증폭단과 전력증폭단 두 부분으로 나누어 구현하였으며, 전력증폭부를 구동하기 위한 구동단은 HP사의 MGA-64135와 Motorola사의 MRF-6401을 사용하였으며, 전력증폭단은 ERICSSON사의 PTE-10114와 PTF-10021을 사용하여 RF부, 온도보상회로, 출력 조절회로 및 출력 검출회로를 함께 집적화 하였다.

이득조절은 디지털 감쇠기를 사용하였으며, 출력신호의 세기를 검출하기 위하여 20 dB 방향성 결합기를 이용하였다. 제작된 3단 가변이득 전력증폭기는 20 MHz대역폭 내에서 소신호 이득이 41.6 dB, 37.6 dB, 33.2 dB 를 얻었으며, 입출력 정재파비는 1.3:1 이하, 12 dBm의 P1dB, P1dB 출력레벨에서 3 dB Back off 시켰을 때 36.5 dBc의 IM3를 얻었다. 1636.5 MHz 주파수에 대해 출력전력은 43 dBm으로서 설계시 목표로 했던 최대 출력전력 20 Watt를 얻었다.

* 한국해양대학교 전자통신공학과

** 한국해양대학교 전파공학과

*** (주)사라콤 부설 선박 자동화 연구소

접수일자 : 1999년 12월 11일

Abstract

In this paper, the 3-mode variable gain high power amplifier for a transmitter of INMARSAT-B operating at L-band(1626.5~1646.5 MHz) was developed. This SSPA can amplify 42 dBm in high power mode, 38 dBm in medium power mode and 36 dBm in low power mode for INMARSAT-B. The allowable error sets +1 dBm as the upper limit and -2 dBm as the lower limit, respectively. To simplify the fabrication process, the whole system is designed by two parts composed of a driving amplifier and a high power amplifier. The HP's MGA-64135 and Motorola's MRF-6401 were used for driving amplifier, and the ERICSSON's PTE-10114 and PTF-10021 for the high power amplifier. The SSPA was fabricated by the RF circuits, the temperature compensation circuits and 3-mode variable gain control circuits and 20 dB parallel coupled-line directional coupler in aluminum housing.

In addition, the gain control method was proposed by digital attenuator for 3-mode amplifier. Then it has been experimentally verified that the gain is controlled for single tone signal as well as two tone signals. In this case, the SSPA detects the output power by 20 dB parallel coupled-line directional coupler and phase non-splitter amplifier.

The realized SSPA has 41.6 dB, 37.6 dB and 33.2 dB for small signal gain within 20 MHz bandwidth, and the VSWR of input and output port is less than 1.3:1. The minimum value of the 1 dB compression point gets more than 12 dBm for 3-mode variable gain high power amplifier. A typical two tone intermodulation point has 36.5 dBc maximum which is single carrier backed off 3 dB from 1 dB compression point. The maximum output power of 43 dBm was achieved at the 1636.5 MHz. These results reveal a high power of 20 Watt, which was the design target.

I. 서론

오늘날 국제적인 통신량의 급증에 따라 인공위성을 매체로 한 통신수요가 급격히 증가하고 있어, 관련 기술은 기술 선진국과 21세기 정보화 사회에 있어서의 핵심 기술이라 할 수 있다[1].

INMARSAT-B의 텔렉스 신호는 해안지구국과 선박국사이의 22채널을 다중화한 1.2 kb/s의 시분할 다중 신호, 선박에서 해안지구국으로는 4.8 kb/s의 시분할 다윈 접속 신호를 사용하고 있다.

변조방식은 반송파의 위상을 변화시키는 2상 위상 변조이다. 양방향에 대한 전송속도의 차는 해안으로부터 선박으로는 다수의 텔렉스 신호를 통합하여 전송할 수 있으나 선박에서 해안으로는 다른 데이터를 시분할 처리로 상당한 여유를 갖고 전송할 수 있다.

디지털 전송은 지금 종합 디지털 통신망의 새로운 부상 시기에 있는데 디지털 전송계의 매력은

음성, 화상, 데이터 등을 통합하여 효율이 좋은 패킷 전송을 하는 것이다. INMARSAT는 한정된 주파수대역, 전송도를 유효하게 활용하여 보다 고속으로 대량의 정보 전송을 하는 위성 특유의 통신 시스템을 구축하고 있다[2].

그러므로 INMARSAT-B형 위성통신 단말기에 장착되는 3단 가변이득 전력증폭기는 지상의 환경 변화에 대하여 그 성능을 충분히 유지하여야 한다. 특히 온도변화가 심할 때 온도에 따른 제품의 신뢰성을 갖게 하는 것은 아주 중요하다[3].

따라서 본 논문에서는 고출력 모드일 때 42 dBm, 중간출력 모드일 때 38 dBm, 저출력 모드일 때 34 dBm의 출력을 갖는 3단 가변이득 전력증폭기는 온도에 대한 안정성을 고려하여 구현하였다. 전력증폭기의 온도변화에 대한 전력이득의 변화는 신호대 잡음비의 증가, 1 dB 압축점(P1dB)과 상호 변조 왜곡 등을 초래하게 된다. 그러므로 온도변화에 대한 전력이득 변화로 발생하는 왜곡의 영향을

방지하기 위해서는 2단 가변이득 전력증폭기의 제작시 우수한 온도특성을 갖도록 온도 보상회로를 부가하여 사용 주파수 1626.5~1646.5 MHz 대역에서 3단 가변이득 전력증폭기를 유전율 4.8, 두께 31 mil인 FR-4 기판을 사용하여 구현하고 성능평가를 하였다.

II. 위성통신용 송신 시스템의 구성

INMARSAT-B형 위성 송신시스템에서 실내기기의 변조부에서 만들어진 송신신호는 변조부 바로 뒤에 연결된 증폭기를 통하여 15 dBm의 전력으로 증폭된 후 동축케이블(Loss:15 dB)을 통해 실외기기의 송신부에는 0 dBm의 신호가 입력된다. 이 신호는 3단 디지털 감쇠기와 전력증폭기에 의해 고출력 모드일 때 +42 dBm, 중간출력 모드일 때 38 dBm, 저출력 모드일 때는 +34 dBm의 전력으로 증폭되며 각각에 대해 상한 +1 dBm과 하한 -2 dBm의 오차를 허용한다. 전력증폭기를 통하여 고전력의 신호를 안테나로 내보낼 때 외부환경의 변화로 인해 부정합이 일어나게 되면 반사전력이 발생하여 전력증폭단의 파손을 가져 오는데 이것을 방지하기 위하여 아이솔레이터(Isolator)를 이용하였으며, 결합선로형 방향성 결합기를 이용한 위상 비반전 증폭기는 출력신호를 모니터링 하기위해 사용하였다. 송신부의 입력에는 실내기로부터 동축 케이블을 통해 0 dBm의 신호전력과 +28 V DC 전원이 인가되는 전형적인 듀플렉서 방식이며 전체 송신시스템은 그림 1과 같이 구성하였다.

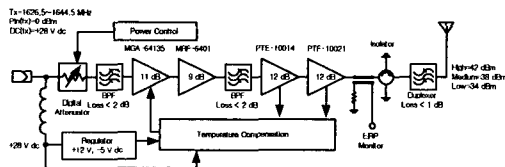


그림 1. 3단 가변이득 전력증폭기의 구성도
Fig. 1. The block diagram of the 3-mode high power amplifier.

III. 가변이득 전력증폭기 설계

다단 전력증폭기의 설계는 입출력 전력의 세기를 고려한 사용소자의 제한에 따라 각 단별로 소자의 요구 성능에 적합한 개별적인 설계를 하여야 한다. 이와 같은 설계 방법에 의해 전체 전력증폭기는 구동증폭단과 전력증폭단의 두 부분으로 나누어 설계할 수 있다.

먼저 구동증폭단은 대역내에서 고이득 및 높은 선형성과 안정성을 위해 A급 증폭을 하도록 설계한다. 전력증폭단의 설계에 있어서는 1 dB압축점이 매우 중요한 파라미터가 되며, 따라서 설계시 1 dB 압축점으로부터 수 dB 이하의 점까지 동작범위를 선택하여 회로가 낮은 왜곡 특성을 나타내도록 해야 한다. 특히 전력증폭기 설계 및 제작에 있어서는 전력소자의 모델링 파라미터가 신호전력 레벨 및 주파수에 따라 비선형 특성이 나타나는 것에 주의하여 설계하여야 한다. 그러나 FET 소자에 대한 비선형 모델링 계수를 측정하는데 고가의 장비 확보를 필요로 할 뿐 아니라 측정 방법상에도 많은 노력이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 FET 소자의 제작사가 제공하는 선형 계수를 근거로 증폭기를 설계하였으며[4],[5], 인가되는 전력의 크기가 일정하고, 온도가 다른 여러 환경에서 이득이 일정하게 유지되며, 또 인공위성의 위치에 따라서 이득을 가변할 수 있는 가변이득 전력증폭기를 구현하였다.

(1) 디지털 감쇠기

디지털 감쇠기는 전력증폭기의 출력을 검출하여 안테나로 방사되는 신호전력을 조절하기 위해 설계제작하였다. 전력증폭기의 이득을 3단으로 조절하기 위해서 M/A-COM사의 디지털 감쇠기인 GaAs MMIC AT-260을 사용하여 0 dB, 4 dB 및 8 dB인 3 모드로 감쇠 가능한 디지털 감쇠기로 구성하였다[6].

표 1. 디지털 감쇠기의 진리표

Table 1. The truth table of a digital attenuator.

Control Inputs									
Bits	B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅
감쇠	V ₁	-V ₁	V ₂	-V ₂	V ₃	-V ₃	V ₄	-V ₄	-V ₅
0 dB	0	1	0	1	0	1	0	1	1
4 dB	0	1	0	1	1	0	0	1	1
8 dB	0	1	1	0	0	1	0	1	1

AT-260은 5 비트, 1 dB 간격으로 31 dB까지 감쇠량을 조절할 수 있는 소자로서 0.5~2 GHz에서 P1dB가 +34 dBm, 그리고 3 dB의 삽입손실을 갖는다. 동작방식은 5 비트의 Bit Control 방식으로 감쇠량 0 dB, 4 dB 및 8 dB에 대한 선택의 진리표는 표 1과 같고, 회로는 그림 2와 같이 구성하였다.

비트는 B1~B5까지 5 비트이며 최하위 B5를 제외한 나머지 비트들은 각각 두 가지의 제어 값을 가진다. 0 dB의 감쇠를 설정할 경우 0 dB에 해당하는 Bit Control 값을 설정하며, 4 dB, 8 dB의 경우도 마찬가지로 각각의 해당하는 Bit Control 값을 설정한다. 여기서 (-)부호는 Active Low로 인식된다.

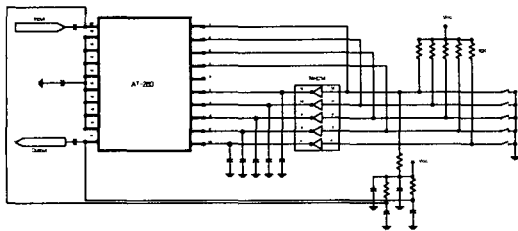
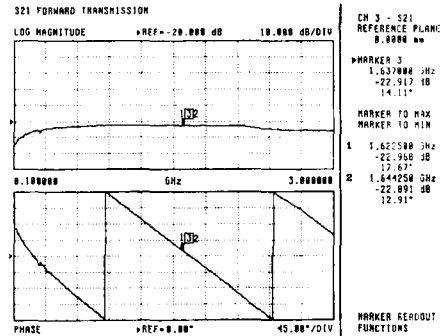


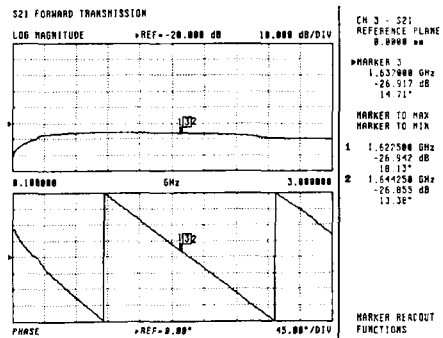
그림 2. 디지털 3단 감쇠기 회로도
Fig. 2. A circuit of 3 step digital attenuator.

그림 2에서 Dip-switch의 강제 조작에 의한 "H" 혹은 "L" 신호는 74HC14 Hex inverting schmitt trigger를 통해 표 1과 같은 Control input signal을 설정할 수 있으며, 이에 의해 0 dB, 4 dB 및 8 dB 감쇠량을 설정할 수 있다.

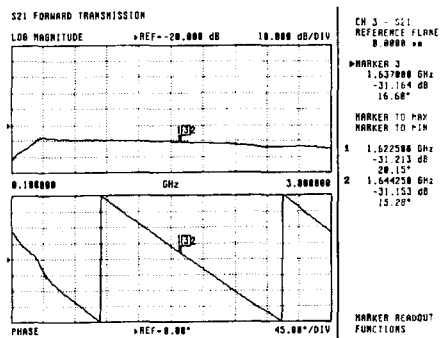
그림 3은 제작된 3 모드로 조절 가능한 디지털 감쇠기를 회로망 분석기를 이용하여 감쇠량을 측



(a) 디지털 감쇠기의 0 dB 감쇠도 및 위상
(a) The attenuation and phase of the 0 dB digital attenuator.



(b) 디지털 감쇠기의 4 dB 감쇠도 및 위상
(b) The attenuation and phase of the 4 dB digital attenuator.



(c) 디지털 감쇠기의 8 dB 감쇠도 및 위상
(c) The attenuation and phase of the 8 dB digital attenuator.

그림 3. 제작된 디지털 감쇠기의 감쇠도 및 위상
Fig. 3. The attenuation and phase of the fabricated digital attenuator.

정하였다.

따라서 제작된 3 모드로 조절 가능한 디지털 감쇠기는 1625.5 ~ 1645.5 MHz에서 4 dB 간격의 감쇠량과 각 모드에 대하여 0.1 dB의 평단도와 3 dB의 삽입손실을 가졌다.

특히 제작된 디지털 감쇠기는 설계사양과 비교해 볼 때 모든 특성을 만족시켰으며, 그림 4는 AT-260과 74HC14를 이용하여 기판 두께 31 mil, 유전율 4.8인 FR-4 기판을 사용하여 제작된 감쇠기의 실물 사진을 보여준다.

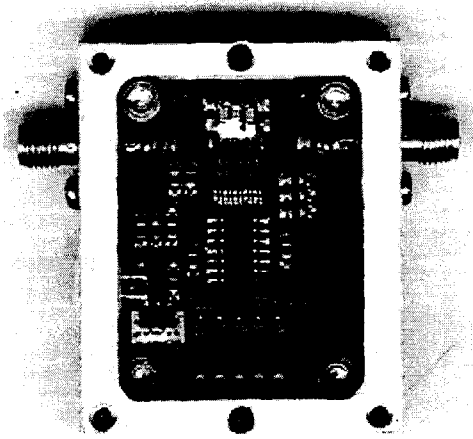


그림 4. 제작된 디지털 감쇠기의 사진
Fig. 4. The photograph of the fabricated digital attenuator.

(2) 전력검출기

차폐되지 않은 두개의 전송선로가 가까이 놓여질 때, 각 선로의 전자계 상호작용 때문에 선로 사이에 전력이 결합된다. 이러한 선로를 결합선로라고 하며, 그림 5에서 보여준 20 dB 결합선로형 방향성 결합기는 마이크로파 및 밀리미터파 회로에 주로 사용되는 기본적인 소자중의 하나이다[7]. 이 방향성 결합기의 특징은 2축 대칭 형태로 출력 포트간에 90도의 위상차를 갖는다. 본 연구에서는 결합선로형 방향성 결합기는 전력증폭기의 출력을 검출하여 안테나로 방사되는 신호전력을 표시하기 위해 사용하였다.

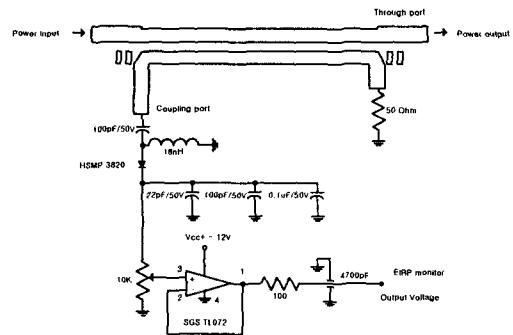


그림 5. 결합선로형 방향성 결합기 및 위상비반전 증폭기의 회로
Fig. 5. A circuit of parallel coupled-line directional coupler and phase non-splitter amplifier.

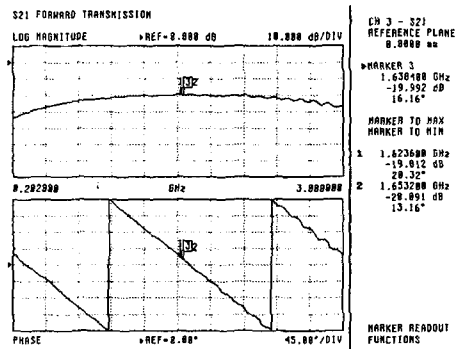


그림 6. 제작된 결합선로형 방향성 결합기의 결합도
Fig. 6. The coupling of the fabricated coupler.

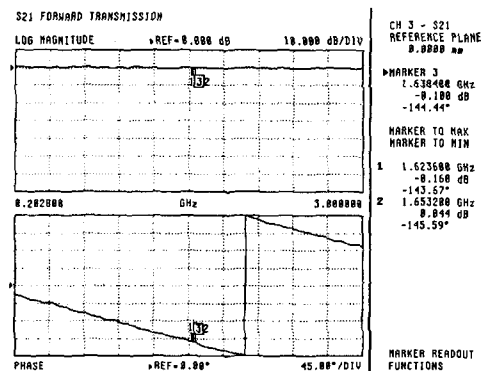


그림 7. 제작된 결합선로형 방향성 결합기의 통과도
Fig. 7. The through of the fabricated coupler.

제작된 20 dB 결합선로형 방향성 결합기를 회로 망 분석기를 이용하여 S-파라미터를 측정하여 결합도를 측정하였다. 그림 6은 제작된 20 dB 결합선로형 방향성 결합기의 결합도를 나타내고, 그림 7은 통과도를 나타낸다. 따라서 제작된 20 dB 결합선로형 방향성 결합기는 1625.5~1645.5 MHz에서 20 dB의 결합도와 ± 0.2 dB의 평단도를 나타내었다.

결합선로형 방향성 결합기의 결합 단자에서 출력신호를 검출하여 결합콘덴서로 통과시켜 직류성분을 제거하고, 다이오드에 의하여 맥동성분을 가진 신호로 정형 시킨다. 대용량의 콘덴서와 입력

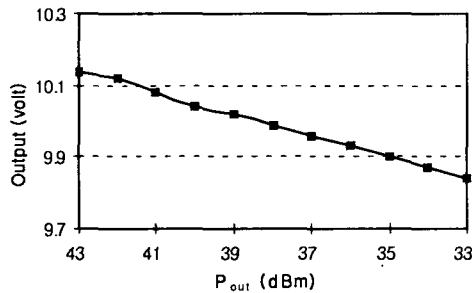


그림 8. 제작된 결합선로형 방향성 결합기의 출력 신호 전력 대 실효방사전력 출력전압
Fig. 8. $P_{out}/EIRP$ output voltage characteristics of the fabricated coupler.

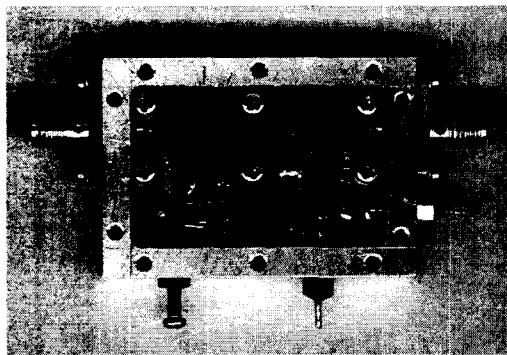


그림 9. 제작된 결합선로형 방향성 결합기 및 위상 비반전 증폭기의 사진
Fig. 9. The photograph of the fabricated directional coupler and phase non-splitter amplifier.

임피던스에 의해 검출된 출력신호는 직류 성분으로 바꾸어 이 신호를 전압 폴로워로 전달 시켜 OP Amp에 의해 나타나는 구동출력에 대한 직류 전위 레벨을 그림 8에 나타내었으며, 측정결과 선형성을 나타냄을 볼 수 있다.

그림 9는 기판 두께 31 mil, 유전율 4.8인 FR-4 기판을 사용하여 제작된 결합선로형 방향성 결합기 및 위상 비반전 증폭기의 실물 사진을 보여준다.

(3) 3단 가변이득 증폭기 회로 및 온도보상회로
INMARSAT-B형 위성송신 시스템의 출력은 고출력 모드, 중간출력 모드 및 저출력 모드의 세가지 모드가 필요하며, 각 모드의 이득은 외부의 영향, 즉 온도변화에 따라 항상 일정하게 유지되어야 하며 각각의 오차의 범위는 항상 상한 +1 dBm과 하한 -2 dBm을 요구한다.

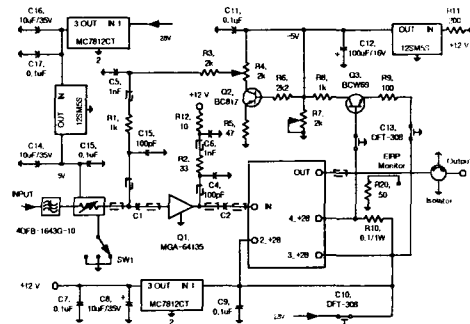


그림 10. 3단 가변이득 전력증폭기의 온도보상회로 및 가변이득 회로
Fig. 10. A circuit of the temperature compensation and 3-mode high power amplifier.

그림 10은 이와 같은 특성을 얻기 위한 온도보상회로 및 3단 가변이득 회로이다. 본 연구에서는 그림 10과 같이 디지털 감쇠기를 이용하여 3단 가변이득 전력증폭기를 설계하였다. SW1의 각각의 스위치 전환에 의해 디지털 감쇠기의 서로 다른 진리값을 가짐으로써 구동증폭단에 인가되는 입력 신호전력의 크기를 조절하는 방법으로 3단 가변이득 전력증폭기를 구현 하였다.

또 온도의 변화에 따른 이득 보상회로는 전력

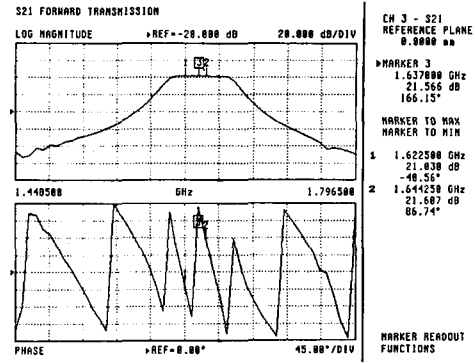
증폭소자 PTE-10114와 PTF-10021의 온도변화에 대한 이득변화를 보정하기 위해 Q₃의 베이스와 에미터 양단에 0.1 / 1 W 저항을 이용하여 전류 변화량을 검출하였다. 전류변화에 따라 Q₃의 콜렉터의 전류량은 변화될 것이고 Q₂의 바이어스 저항 R₇에 의해 Q₂의 베이스 전압이 변화된다. 따라서 가변이득 증폭단의 MGA-64135의 V_{gg}전압을 2.9 V를 기준으로 하여 0.1 / 1 W 저항에 의한 전류 변화량에 따라 2 V정도의 V_{gg}전압의 변화가 생기도록 설계하였다.

만약 송신 시스템의 온도가 하강하면 MGA-64135와 전력증폭단의 이득이 감소하게 되는데 이를 보상하기 위해 MGA-64135의 V_{gg}전압과 전력증폭단의 공급전압을 증가시켜 전체 이득이 일정하게 유지된다. 또 온도가 상승하면 MGA-64135와 전력증폭단의 이득이 증가하므로 이때 저항 0.1 / 1 W에 걸리는 전압 또한 증가하고, Q₂의 베이스 전압이 또한 증가하므로 MGA-64135의 V_{gg}전압은 감소하므로, 구동증폭단의 이득이 감소하여 전체 이득은 일정하게 유지된다.

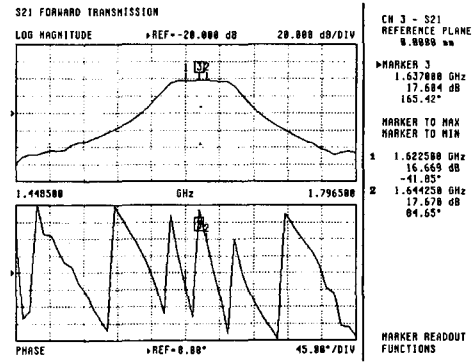
IV. 측정 및 결과 고찰

3단 가변이득 전력증폭기의 소신호 이득 측정을 회로망 분석기를 사용하였으며, 측정시 장비의 보호를 위해 전력증폭기의 출력단에 20 dB/50 Watt 감쇠기를 삽입하여 측정하였다.

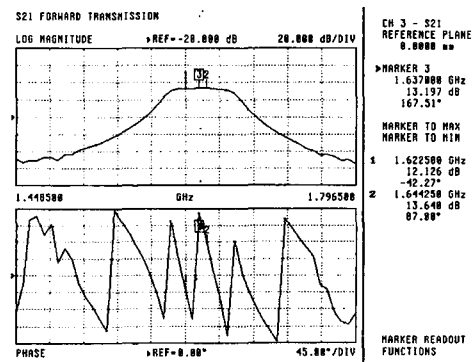
송신단에 20 dB 감쇠기를 부가한 상태에서 고출력 모드일 때 측정된 소신호 이득 및 위상을 그림 11의 (a)에 나타내었으며, 3단 가변이득 전력증폭기는 1626.5~1646.5 MHz의 20 MHz대역에서 41.6 dB이득과 ±0.5 dB의 이득 평단도를 가지며, 그림 11의 (b)는 중간출력 모드일 때 측정된 소신호 이득 및 위상을 나타내며, 37.6 dB이득과 1 dB의 이득 평단도를 보였으며, 또 그림 11의 (c)는 저출력 모드일 때 측정된 소신호 이득 및 위상을 나타내며, 33.2 dB의 이득과 1.5 dB의 이득 평단도를 보였다.



(a) 고출력 모드
(a) The high power mode.



(b) 중간 출력 모드
(b) The medium power mode



(c) 저출력 모드
(c) The low power mode.

그림 11. 제작된 3단 가변이득 전력증폭기의 소신호 이득
Fig. 11. A small signal gain of the fabricated 3-mode high power amplifier.

그림 12는 중심주파수 1635 MHz에서의 입력 신호전력 대 출력 신호전력의 변화를 나타낸다. 제작된 3단 가변이득 전력증폭기가 고출력 모드일 때 P_{1dB} 입력은 8 dBm, 중간출력 모드와 저출력 모드일 때 P_{1dB} 입력은 12 dBm 이상을 나타내었다. 이러한 특성은 P_{1dB} 입력 이하의 입력신호가 증폭기에 인가되었을 때 증폭기는 우수한 선형성을 가진다.

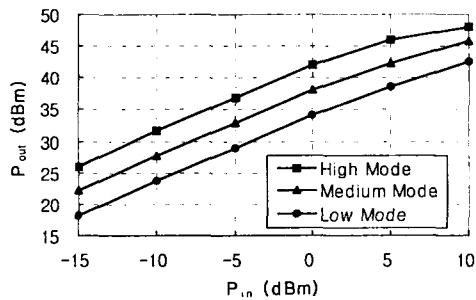


그림 12. 제작된 3단 가변이득 전력증폭기의 입력 출력 전달특성

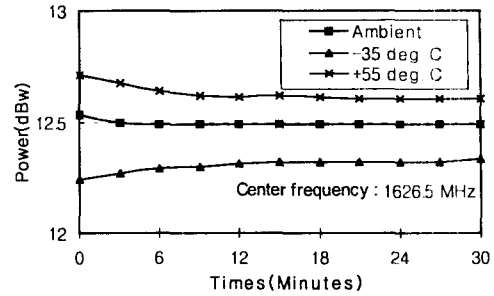
Fig. 12. P_{in}/P_{out} transfer characteristics of the fabricated 3-mode high power amplifier.

본 연구에서 제작한 3단 가변이득 전력증폭기를 온도 변화에 따른 전력안정도를 고출력 모드에 대한 측정결과를 그림 13에 나타내었으며, 온도실험 주기는 그림 14과 같다.

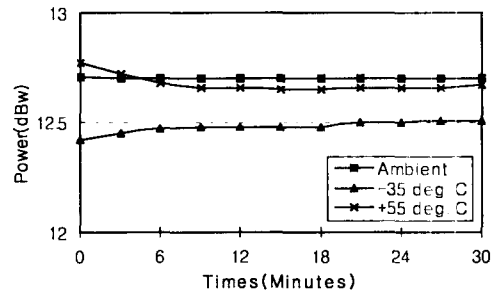
그림 15는 입력 신호레벨을 0 dBm을 인가시켰을 때 고출력 모드, 중간출력 모드 및 저출력 모드 일 때 출력 신호레벨을 나타내며, 이 때의 바이어스 전압은 28 V DC이고, 전류는 2.6 A를 인가하였다.

그림 16은 고출력 모드의 P_{1dB} 에서 3 dB back off 시킨 1 MHz 간격의 두 신호를 3단 가변이득 전력증폭기에 입력할 때 IM3 측정결과를 보여주고 있다.

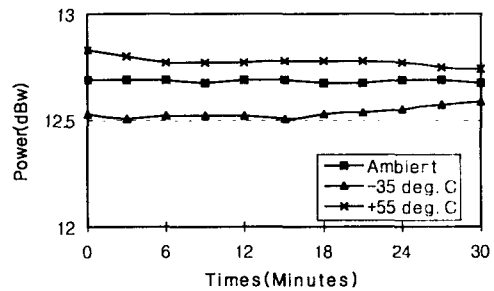
표 2는 3단 가변이득 증폭기의 측정결과를 제시하고 있다. 제작된 증폭기는 모든 설계사양을 만족하며 우수한 선형성과 온도에 대한 출력의 안정성을 보였다.



(a) 주파수 1626.5 MHz에서의 온도특성
(a) Power stability over temperature at frequency 1626.5 MHz.



(b) 중심주파수 1636.5 MHz에서의 온도특성
(b) Power stability over temperature at frequency 1636.5 MHz.



(c) 주파수 1646.5 MHz에서의 온도특성
(c) Power stability over temperature at frequency 1646.5 MHz.

그림 13. 제작된 3단 가변이득 전력증폭기의 온도에 대한 출력 안정도

Fig. 13. The power stability over temperature of the fabricated 3-mode high power amplifier.

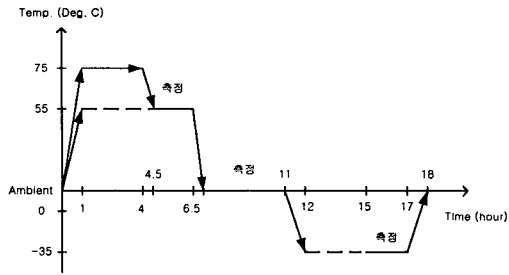
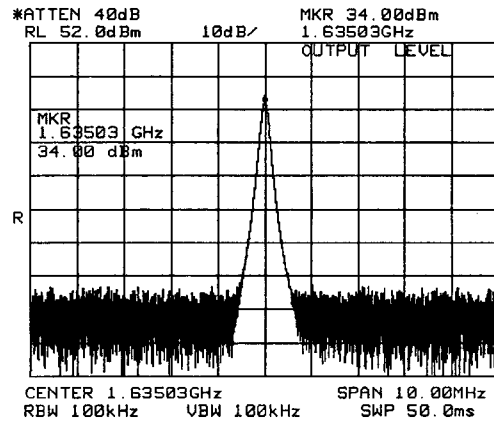


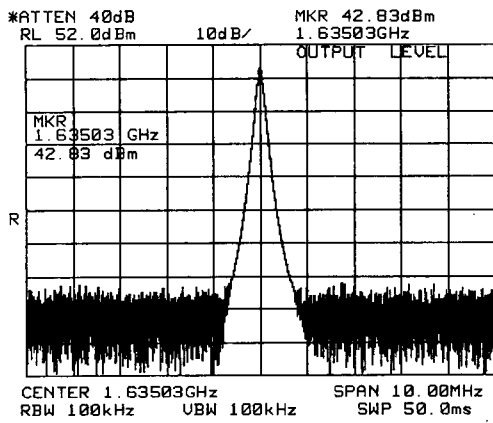
그림 14. 온도주기
Fig. 14. A temperature cycle.



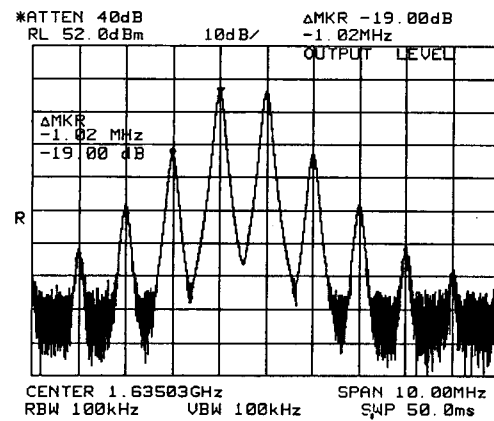
(c) 저출력 모드
(c) The low power mode.

그림 15. 제작된 3단 가변이득 전력증폭기의 출력 신호 레벨

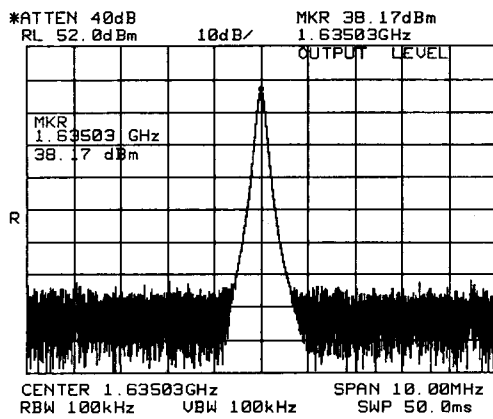
Fig. 15. The output level of the fabricated 3-mode high power amplifier.



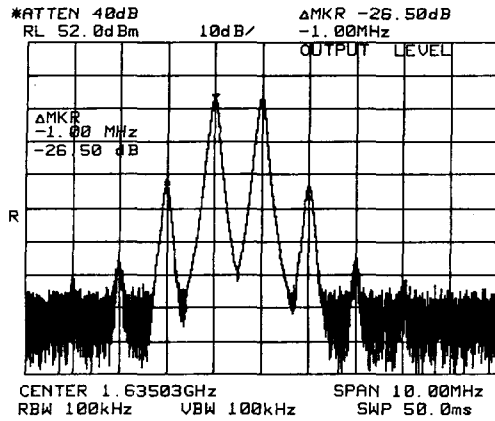
(a) 고출력 모드
(a) The high power mode.



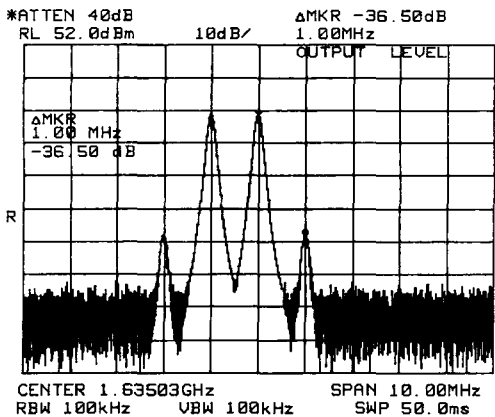
(a) 고출력 모드
(a) The high power mode.



(b) 중간출력 모드
(b) The medium power mode.



(b) 중간 출력 모드
(b) The medium power mode.



(c) 저출력 모드
(c) The low power mode.

그림 16. 제작된 3단 가변이득 전력증폭기의 상호 변조 왜곡 특성

Fig. 16. The intermodulation characteristics of the fabricated 3-mode high power amplifier.

그림 17은 기판 두께 31 mil, 유전율 4.8인 FR-4 기판을 사용하여 제작된 3단 가변이득 증폭기의 실물 사진을 보여준다.

V. 결론

본 논문에서는 INMARSAT-B형 송신기에 사용 되는 L-BAND(1626.5~1646.5 MHz)용 전송장치로

표 2. 제작된 3단 가변이득 전력증폭기 측정결과
Table 2. A experimental result of the fabricated 3-mode high power amplifier.

Item Description	Specification
Frequency Band	1626.5~1646.5 MHz
Output power	43 dBm (High Mode) 38 dBm (Medium Mode) 34 dBm (Low Mode)
Linear Power Gain	41.6 dB (High Mode) 37.6 dB (Medium Mode) 33.2 dB (Low Mode)
P _{1dB} 입력	8 dBm (High Mode) 12 dBm 이상 (Medium Mode) 12 dBm 이상 (Low Mode)
IM ₃	19 dBc (High Mode) 26.5 dBc (Medium Mode) 36.50 dBc (Low Mode)
Gain stability over temperature	±1dBm max. at -35~+55℃
Input VSWR	1.311:1
Output VSWR	1.252:1
Impedance	50Ω
Current Consumption	2.6 A (High Mode) 2.6 A (Medium Mode) 2.6 A (Low Mode)
전력효율(Efficiency)	27.47 % (High Mode) 11 % (Medium Mode) 4.4 % (Low Mode)
Voltage	28 V1 V DC
Size	278 68 20 (mm)

사용될 수 있는 20 Watt 3단 가변이득 전력 증폭기를 설계제작하였다. 전력증폭기는 유전율 4.8, 두께 31 mil인 FR-4 기판을 사용하여 구동증폭단과 전력증폭단을 단일 기판상에 집적화 하였다. 전력증폭단을 구동하기 위한 구동단증폭단은 HP사의 MGA-64135와 모토롤라사의 MRF-6401을 사용하였으며, 전력증폭단은 에릭슨사의 PTE-10114와 PTF-10021을 사용하여 RF부, 온도보상회로, 출력 조절회로 및 출력 검출회로를 함께 집적화 하였다. 제작된 3단 가변이득 전력증폭기는 디지털 감쇠기

를 사용하여 이득을 제어하였으며, 설계시 목표로 했던 모든 사양을 만족 시켰다.



그림 17. 제작된 3단 가변이득 전력증폭기의 사진
Fig. 17. The photograph of the fabricated 3-mode high power amplifier.

참고문헌

[1] D. Roddy, Satellite Communications, pp. 63-107, Prentice Hall, 1989.
[2] INMARSAT, Inmarsat Maritime Communications Handbook Issue 2. 1988.
[3] Marian W. Pospieszalski, Sander Weinreb, Roger D. Norrod, Ronald Harris, FET's and HEMT's at cryogenic temperature their properties and use in low noise amplifier, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-36, pp. 552-558, Mar. 1988.

[4] G. Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers Design, Prentice-Hall, pp. 95-101, 1984.
[5] Tri T. Ha, Solid-State Microwave Amplifier Design, John Wiley, pp. 203-216, 1981.
[6] MACOM, RF, Microwave and Millimeter Wave-MMIC, Hybrid and Passive Components, pp.1-62~63, M/A-COM, Inc. 1994
[7] J. Reed, G. J. Wheeler, A Method of Analysis of Symmetrical Four-Port Network, IRE Trans. MTT-4, pp. 246~252, Oct. 1956.



전 중 성(Joong Sung Jeon)
1989년 2월 대구대학교 물리학
과(이학사)
1997년 2월 한국해양대학교 대
학원 전자통신공학과
(공학석사)

2000년 8월 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과
(공학박사)
2000년 1월~현재 ㈜사라콤 부설 선박자동화 연구소
연구원
*관심분야 : 마이크로파 수동 및 능동 회로설계, 전
자파 수치해석 등



김 동 일(Dong Il Kim)
1975년 2월 한국해양대학교 항
해학과(공학사)
1977년 2월 한국해양대학교 대
학원 전파공학전공
(공학석사)

1984년 3월 일본 동경공대 대학원 전기전자공학과
(공학박사)
1975년 3월~1993년 9월 한국해양대학교 전자통신
공학과 조교~부교수
1993년 10월~현재 한국해양대학교 전파공학과 교수
*관심분야 : 마이크로파 및 밀리미터파 회로 설계,
CATV 전송회로의 설계, 고성능 전파흡
수체의 개발, EMI/EMC대책 등



배 정 철(Jung Chul Bae)

1986년 2월 한국해양대학교 전
자통신공학과(공학사)

1993년 8월 한국해양대학교 대
학원 전자통신공학과
(공학석사)

1996년 8월 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과
(공학박사)

1988년 9~현재 ㈜사라콤 부설 선박자동화 연구소
소장

*관심분야 : 선박통신 및 해상이동통신 등