

論文2002-39TE-4-12

# IMT-2000 중계기용 전대역 저잡음 증폭기 설계

## (The Design of Low Noise Amplifier for Overall IMT-2000 Band Repeater)

劉 英 吉 \*

(Young - Kil Yoo)

## 요 약

IMT-2000 전 대역(1920~2170MHz, BW=250MHz)에서 사용되는 중계기용 2단 저잡음 증폭기를 설계하였다. Ansoft사의 Serenade를 이용하여 첫째 단 PHEMT의 소스와 접지간 source lead의 인덕턴스 값을 최적화하여 기판 선로로 등가화하고, 첫째 단의 잡음 정합은 물론 각 단의 정합회로가 간단하도록 high pass 구조로 설계하였다. 바이어스 회로는 단일 능동회로로 구성하였고, 인가전압은 8V, 총 전류는 180mA이다. 이때, 첫째 단 PHEMT의  $V_{gs} = -0.4V$ ,  $V_{ds} = 4V$ 이고, 둘째 단 AH1의  $V_{ds} = 5V$ 이다. 상업화가 가능하도록 설계 기준을 정하여 제작되었고, 측정 결과 이득은 20dB, NF는 1dB, 입력 VSWR은 1.14~1.3dB, P1dB는 22.4dBm, gain flatness는  $\pm 0.45dB$ 로 상업용 저잡음 증폭기로 사용될 수 있다.

## Abstract

The LNA(Low Noise Amplifier) is designed for use in low cost commercial application covered fully IMT-2000 band(1920~2170MHz, BW=250MHz). It is optimized source inductance for source lead and designed to equivalent etched line. The LNA uses a high pass impedance matching network for noise match and simple structure. The bias circuit designs have been made self-biased with a negative voltage applied to gate. The power supply voltage is 8V, total current is 180mA. The LNA is biased at a  $V_{gs}$  of  $-0.4V$ ,  $V_{ds}$  of 4V for first stage and  $V_{ds}$  of 5V for second stage. The LNA is designed competitively for commercial product specification. The measured gain and noise figure of the completed amplifier was 20dB and 1dB, respectively. Also, input VSWR, P1dB and gain flatness was measured of 1.14~1.3dB, 22.4dBm and  $\pm 0.45dB$ , respectively. The designed LNA can be used for commercial product.

## I. 서 론

현재 상업화 되어있는 저잡음 증폭기(LNA, Low Noise Amplifier)는 주로 PCS 용이거나, IMT-2000의

낮은 대역, 즉 1920~1980MHz (BW=60MHz) 에서 동작하는 제품이 출시되어 있다.

아직까지는 IMT-2000이 공식적으로 서비스되고 있지 못하므로, IMT-2000 전 대역에서 사용되는 저잡음 증폭기는 상품화되고 있지 않다. 본 논문에서는 IMT-2000 전 대역 (1920~2170MHz, BW=250MHz)에서 사용할 수 있도록 제작함으로써, 중계기에 각 방향으로 저잡음 증폭기를 각각 부착해야 하는 것을 하나의 저

\* 正會員, 大林大學 電子情報通信系列

(Division of Electronics, Information &amp; Communication, Daelim College)

接受日:2002年11月5日, 수정완료일:2002年12月6日

잡음 증폭기로 대체하여 중계기 크기를 감소시키고 단가를 절감할 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

현재 출시되어 있는 저잡음 증폭기의 설계 사양과 비교하여 상업화가 가능하도록 설계 기준을 정하였다.

Ansoft사의 Serenade를 이용하여 정합회로를 설계하였다. 정합회로는 제작 단가를 고려하여 소자 수가 최소화되도록 설계하였고, 바이어스 회로는 단일 능동 회로로 구성하였다<sup>14,21</sup>. 제작된 저잡음 증폭기는 2단으로, 첫째 단은 노이즈를 최소화하고 적절한 이득을 얻기 위한 정합회로를 구성하고<sup>13,51</sup>, 특히 사용된 트랜지스터의 소스와 접지를 연결하는 선로의 길이와 폭이 중요한 변수가 되므로 이를 최적화하였다<sup>16,91</sup>. 둘째 단은 이득을 높이고 정합회로가 간단히 구성되도록 설계하였다<sup>101</sup>.

## II. 설계 및 제작

### 1. 설계 기준

상업용으로 생산이 가능하도록 설계 기준을 정하였다.

사용주파수 범위는 reverse(단말국 → 기지국) 주파수대인 1920~1980MHz와 forward(기지국 → 단말국) 주파수대인 2110~2170MHz를 모두 포함하여 대역폭이 250MHz가 된다.

<표 1>에 각 파라미터의 설계 기준을 나타내었다.

<표 1>에 제시된 설계 사양을 만족하기 위하여 2단

표 1. IMT-2000 전 대역(250MHz)용 저잡음 증폭기 설계 기준

Table 1. The design target for overall IMT-2000 band LNA.

항 목	설계 기준
Frequency Range(Bandwidth)	1920~2170MHz(250MHz)
Gain	20dB
Gain Flatness	±0.5dB
Noise Figure	1dB 이하
VSWR (Input)	1.3~1.4 : 1
P1dB	20dBm
Return Loss	-15dB 이하
DC Voltage	12V 이하
DC Current	150~250mA

증폭기를 구성하였다.

첫째 단은 노이즈가 적은 Agilent Technologies사의 ATF-34143(PHEMT)를 사용하였고, 두 번째 단은 WJ Communications사의 AH1(GaAs MESFET MMIC)을 사용하였다.

설계는 Ansoft사의 Serenade를 이용하였고, layout은 Power PCB를 사용하였다. 바이어스 회로는 트랜지스터 KST2907A-MTF를 이용하여 능동 바이어스 회로를 구성하고, HARRIS semiconductor사의 ICL7660 DC converter를 사용하여 ATF-34143의 게이트에 음전압을 인가하도록 하여 단일 바이어스 방식을 선택하였다.

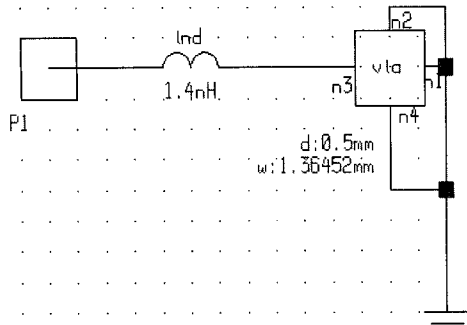
ATF-34143의 s-parameter와 노이즈 parameter는  $V_{ds} = 4V$ ,  $I_{ds} = 40mA$  일때의 값을, AH1은  $V_{ds} = 5V$ ,  $I_{ds} = 120mA$  일때의 값을 이용하여 설계하였다.

### 2. 설계

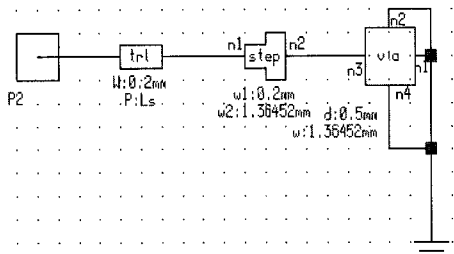
ATF-34143의 소스와 기판의 접지를 연결하는 선로(source lead)의 폭과 길이가 중요하므로 이를 최적화하였다. 이 선로의 인덕턴스 성분은 직렬케환 되어 높은 주파수대에서 보다 높은 이득을 얻을 수 있지만 6GHz 부근에서 발진이 발생할 우려가 있다. 반면에, 입력 return loss 및 저주파 안정도에 양호한 영향을 미친다. ATF-34143은 게이트 폭이 800 $\mu m$ 로써 그다지 폭이 좁지 않으므로 고주파 발진은 크게 영향을 받지 않는다. 시뮬레이션 결과 소스와 접지 사이에 가장 양호한 인덕턴스 값은 1.4nH이고, 이에 해당하는 등가선로는 폭  $w = 0.2mm$ , 길이  $l = 2mm$  이다. 이를 <그림 1>에 나타내었다.

Ansoft사의 Serenade를 이용하여 각 단의 입출력 정합회로를 설계하였다. 노이즈 정합 및 간단한 회로를 위하여 1, 2단 모두 high pass 구조의 정합회로로 구성하였다. 정합회로 구성시 Agilent Technologies사의 application note에서 제공하는 구조보다 간단한 회로를 구성하였다. 정합회로에 사용된 각각의 인덕터와 캐패시터는 정합용과 동시에 인덕터는 RF 초크로 캐패시터는 DC 차단용으로 각각 사용되었다. 또한, 정합용 캐패시터는 입출력 return loss를 양호하게 한다. 회로도들 <그림 2>에 나타내었고, 이에 따른 S21, S11, S22 및 NF를 <그림 3>에 나타내었다.

<그림 3>에서와 같이 S21은 22.4dB~21.2dB로써 중심주파수에서는 21.5dB이고, 따라서 gain flatness는 ±0.6dB이다. NF는 전 대역에 걸쳐 0.65dB이다. 또한, S11은 -20dB~-27dB이고, S22는 -27dB~-30dB 이다.



(a) 최적화된 인덕턴스 성분



(b) 등가선로

그림 1. 소스와 접지간 최적화된 인덕턴스 성분 및 등가선로

Fig. 1. Inductance and equivalent line optimized source to ground.

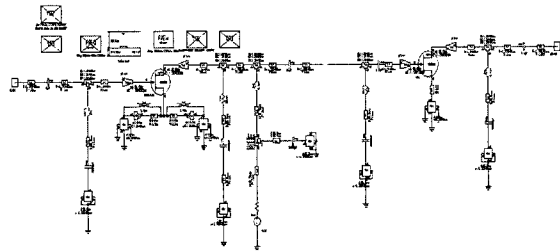


그림 2. 입출력 정합회로

Fig. 2. Input and Output Matching Circuit.

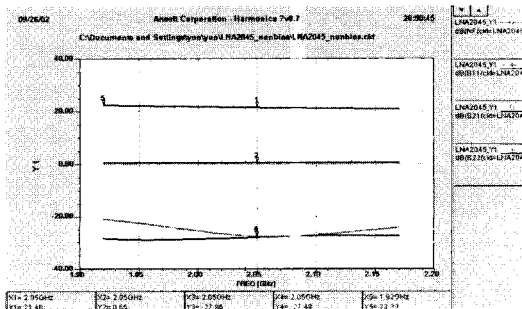


그림 3. 시뮬레이션 결과

Fig. 3. Simulation result.

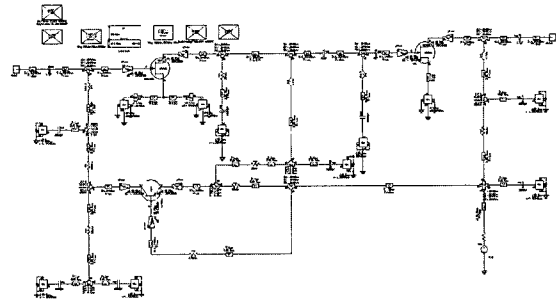


그림 4. 단일 능동 바이어스 회로가 포함된 저잡음 증폭기 전체 회로도

Fig. 4. Full network scheme of LNA with self-biased circuit.

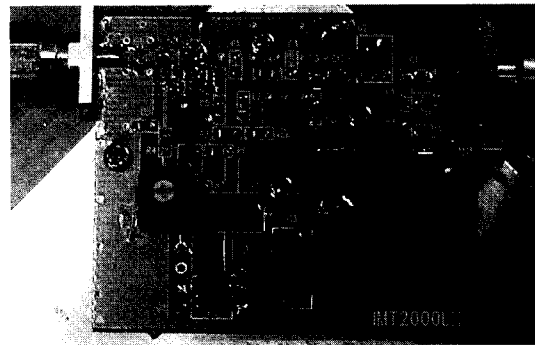


그림 5. 제작된 저잡음 증폭기

Fig. 5. The figure of LNA.

중심주파수에서의 S11 및 S22는 -27dB이다.

이 시뮬레이션 값들은 <표 1>에서 제시한 설계 기준을 대부분 만족하므로, 설계된 정합회로에 바이어스회로를 추가하여 저잡음 증폭기의 전체 회로를 구성하였다.

바이어스 회로는 트랜지스터 KST2907A-MTF를 사용한 단일 능동 바이어스 회로로써, 이를 포함한 최종 회로도를 <그림 4>에 나타내었다.

### 3. 제작

회로도에 따라 PCB layout은 Ansoft사의 S2A와 Power PCB를 사용하여 설계하였다. 사용된 기판은 유전율  $\epsilon = 4.6$ , 높이  $h = 0.76\text{mm}$ , 도체 두께  $t = 35\mu\text{m}$ ,  $\tan\delta = 0.015$ 인 FR-4이다.

<그림 4>에서는 생략되었지만, ICL7660 DC converter를 사용하여 ATF - 34143의 게이트에 음전압을 인가하도록 PCB artwork 작업에서 추가하였다. ICL7660 DC converter의 인가전압은 8V이다.

이때, ATF-34143의  $V_{gs} = -0.4\text{V}$ ,  $V_{ds} = 4\text{V}$ 이고,

AH1의  $V_{ds} = 5V$ 이다.

회로의 전계 전류는 180mA이다.

ATF-34143의 게이트 전압을 조절하기 위하여 바이어스 저항 18k $\Omega$ 을 가변저항(VR1)으로 대체하였다.

제작된 PCB에 각 부품을 납땜하여 저잡음 증폭기를 제작하였고, 이를 <그림 5>에 나타내었다.

### III. 측정 및 결과 고찰

HP사의 noise analyzer를 사용하여 노이즈를, network analyzer를 사용하여 각 s-parameter와 VSWR 및 G1dB(P1dB)를 측정하였다.

이에 대한 측정 결과를 <그림 6>에 나타내었다.

<그림 6>에서와 같이 NF는 1dB이고, 이득은 20dB이다. 그리고, S11은 낮은 대역에서 -21dB, 높은 대역에서 -17dB이고, S22는 낮은 대역에서 -29dB, 높은 대역에서 -22dB이다. 또한, 입력 VSWR은 1.14~1.3dB이고, P1dB는 22.4dBm이다.

각 제원에 대한 시뮬레이션과 측정 결과를 비교하여 <표 2>에 나타내었다.

표 2. 시뮬레이션 및 측정치 비교

Table 2. Simulation and measurement parameters.

항목	이론치	측정치
Gain	21.5dB	20dB
Gain Flatness	$\pm 0.6dB$	$\pm 0.45dB$
Noise Figure	0.65dB	1dB
S11	-20~-27dB	-17~-21dB
S22	-27~-30dB	-22~-29dB
입력 VSWR	-	1.14~1.3dB
P1dB	-	22.4dBm

측정 결과에 의하면 상업용 저잡음 증폭기의 사양을 대부분 만족한다.

### IV. 결론

IMT-2000 전 대역(1920~2170MHz, BW=250MHz)에서 사용되는 중계기용 저잡음 증폭기를 설계 및 제작하였다. 상품화가 가능하도록 설계 기준을 정하고, 제작 단가를 고려하여 범용 인덕터와 캐패시터를 사용하여 제작하였다.

회로에 사용된 트랜지스터는 첫째 단에 Agilent Technologies사의 ATF-34143을, 둘째 단에 WJ Communications사의 AH1을 사용하였다. 정합회로는 소자 수를 최소화하도록 설계되었고, 바이어스 회로는 KST2907A-MTF와 ICL7660 DC converter를 사용하여 단일 능동 바이어스 회로를 구성하였다.

측정 결과, 이득은 20dB, NF는 1dB, 입력 VSWR은 1.14~1.3dB, P1dB는 22.4dBm, gain flatness는  $\pm 0.45dB$ 으로써 양호한 특성을 나타내었다.

IMT-2000 전 대역에서 사용할 수 있도록 제작함으로써, 중계기에 각 방향으로 저잡음 증폭기를 각각 부착해야 하는 것을 하나의 저잡음 증폭기로 대처하여 중계기 크기를 감소시키고 단가를 절감할 수 있으므로, IMT-2000이 완전히 상용화된다면 기존의 제품화된 단방향 저잡음 증폭기를 대체할 수 있다.

### 참고 문헌

[1] Matthew M. Radmanesh, "Radio Frequency and

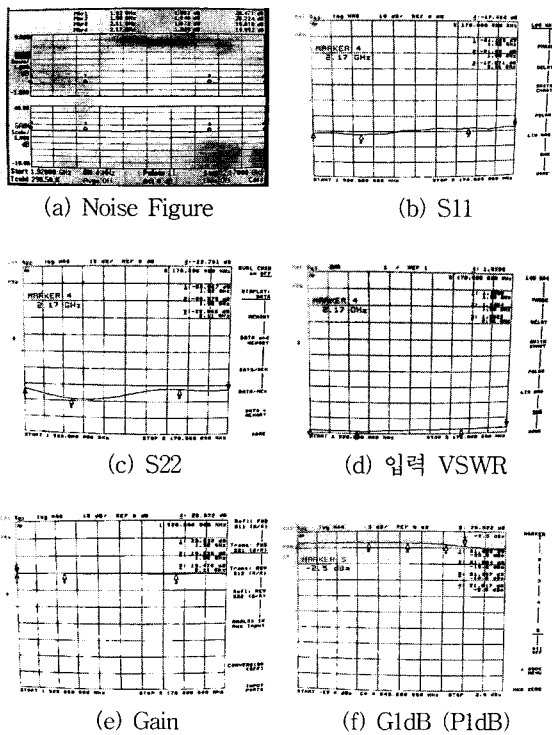


그림 6. 측정 결과  
Fig. 6. Measurement Result.

- Microwave Electronics”, Prentice Hall, pp. 122~158, 2001.
- [2] Peter B. Kenington, “High-Linearity RF Amplifier Design”, Artech House, pp. 89~131, 2000.
- [3] Tatsuo Itoh, George Haddad, and James Harvey, “RF Technologies for Low Power Wireless Communications”, Wiley-Interscience, pp. 159~188, 2001.
- [4] Kai Chang, Inder Bahl, and Vijay Nair, “RF and Microwave Circuit and Component Design for Wireless Systems”, Wiley-Interscience, pp. 271~309, 2002.
- [5] Kevin McClaning and Tom Vito, “Radio Receiver Design”, Noble Publishing Corporation, pp. 443~538, 2000.
- [6] Agilent Technologies, “Low Noise Amplifiers for 900 MHz using the Agilent ATF-34143 Low Noise PHEMT”, Agilent Technologies Application Note 1190, 2000.
- [7] Agilent Technologies, “High Intercept Low Noise Amplifier for 1930~1990 MHz PCS Band using the Agilent ATF-34143 Low Noise PHEMT(4V, 40mA)”, Agilent Technologies Application Note 1191, 2000.
- [8] Agilent Technologies, “A Low Noise High Intercept Point Amplifier for 1930~1990 MHz PCS Band using the Agilent ATF-33143 PHEMT”, Agilent Technologies Application Note 1195, 2000.
- [9] Agilent Technologies, “High Intercept Low Noise Amplifiers for 1500 MHz through 2500 MHz using the ATF-34143 Low Noise PHEMT”, Agilent Technologies Application Note 1175, 1999.
- [10] Guillermo Gonzalez, “Microwave Transistor Amplifiers”, Prentice Hall, pp. 212~373, 1997.

---

저 자 소 개

劉 英 吉(正會員) 第36卷 T編 第4號 參照