

직렬 분포형 고주파 증폭기의 설계

차현원*, 임종식*, 안달*

*순천향대학교

email : cha5461@hanmail.net

Design of a Microwave Cascaded Distributed Amplifier

Hyeonwon Cha*, Jongsik Lim*, and Dal Ahn*

*SoonChunHyang University

요약

본 논문에서는 초광대역 특성을 보이는 직렬 분포형 증폭기(Cascaded single stage distributed amplifier)에 대하여 기술한다. 직렬 분포형 증폭기는 다단 증폭기 중 하나인 분포형 증폭기(Distributed amplifier)보다는 높은 이득을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 분포형 증폭기에 대한 간단한 이론을 설명한 뒤 직렬 분포형 증폭기에 대한 이론을 기술하고 실제 구현하여 측정 결과를 제시한다.

1. 서론

본 논문에서는 광대역의 특성을 보이는 다단 증폭기 중에서 직렬 분포형 증폭기(cascaded single stage distributed amplifier, CSSDA)에 대해서 기술하고자 한다. 직렬 분포형 증폭기는 분포형 증폭기(distributed amplifier, DA)의 구조를 이용하여 광대역에서 평탄한 이득을 가지는 구조이다. 본 논문에서는 직렬 분포형 증폭기에 대해 기술하기 전에 우선 분포형 증폭기에 대해 기술한다. 분포형 증폭기는 광대역 전력 증폭기 설계에 있어서 기본적으로면서도 상당히 만족할 수 있는 결과 값을 보여 주고 있다. 분포형 증폭기는 광대역에서 일정한 이득의 분포, 낮은 입출력 정재파비 값 그리고 잡음에 대한 값에서도 만족할 만한 결과 값을 보여주고 있다 [1],[2]. 하지만 종래의 분포형 증폭기는 증폭기에 사용되는 소자들의 수에 비해서는 높은 이득을 얻기가 힘들다는 단점이 존재 하였다. 그러한 단점을 해결해주는 것이 직렬 분포형 증폭기이다. 직렬 분포형 증폭기는 분포형 증폭기의 광대역 특성이나 이득에 대한 균일한 분포 특성을 가지면서도 사용되는 소자의 수에 비례하여 높은 이득을 얻을 수 있다.

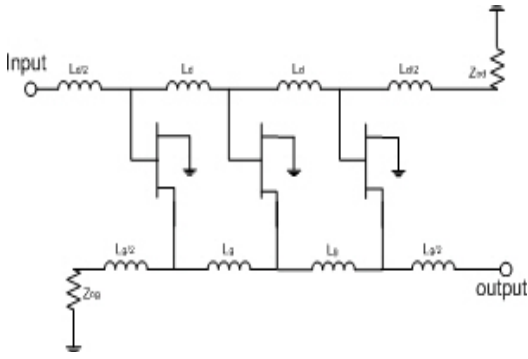
본 논문에서는 우선 분포형 증폭기에 대하여 소개하고 이어서 직렬 분포형 증폭기 이론에 대해 기술

하기로 한다. 두 개의 증폭기에 대한 이론으로부터 각각의 증폭기의 이득에 대한 비교로 직렬 분포형 증폭기가 분포형 증폭기 보다 높은 이득을 가짐을 보인다.

2. 직렬 분포형 증폭기

앞에서 언급했듯이 직렬 분포형 증폭기를 기술하기 전에 우선 분포형 증폭기에 대한 간단한 소개가 필요하다. 직렬 분포형 증폭기는 분포형 증폭기와 같은 광대역의 특성을 나타내면서 더 높은 이득을 나타내는 회로이다. 직렬 분포형 증폭기의 기본적인 회로는 분포형 증폭기의 회로를 통하여 얻을 수 있는데 그림 1은 종래의 분포형 증폭기의 기본적인 구조이다.

그림 1에서 Zog 와 Zod 는 각각 입출력 50Ω 종단 저항이며 각각의 소자를 연결해주는 역할을 하는 inductance와 그림에 보이지는 않지만 분포형 증폭기에서 중요한 성분 중에 하나인 소자의 gate-source capacitance로 분포형 증폭기가 구성되어 있다. Gate-source capacitance와 소자를 이어주는 inductance(Ld, Lo, Lg)의 값으로 분포형 증폭기의 차단 주파수 (cutoff frequency)를 제한할 수 있기 때문이다[1].



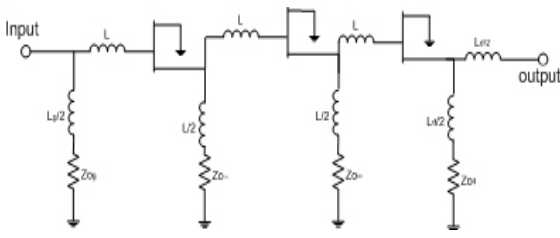
[그림 1] 분포형 증폭기의 기본적인 구조

분포형 증폭기의 이득은 device의 개체가 증가함에 따라서 끝없이 증가하는 것이 아니고 7dB에서 14dB의 제한적인 이득을 가지게 된다[1].

$$G_{av_{com}} = \frac{n^2 g_m^2 Z_{od} Z_{sg}}{4} \quad (1)$$

식 1은 분포형 증폭기의 이득에 관한 식으로 n은 분포형 증폭기의 단수, g_m 은 소자의 전달상수의 값, Z_{og} 와 Z_{od} 는 입력단과 출력단의 각각의 특성 임피던스의 값이다[2].

직렬 분포형 증폭기는 분포형 증폭기의 구조의 변형으로 얻어낼 수 있는 증폭기이다. 분포형 증폭기를 병렬 구조라 생각하면 직렬 분포형 증폭기는 직렬 구조라 생각할 수 있다.



[그림 2] 직렬 분포형 증폭기의 기본적인 구조

그림 2는 직렬 분포형 증폭기의 기본적인 구조이다. 분포형 증폭기의 구조와 비슷하게 입력과 출력 사이에 n개의 소자를 직렬로 연결해주는 구조이다. 이러한 구조의 변화로 가용 전력이득이 분포형 증폭기에 비해 비약적으로 증가하게 된다.

$$G_{av_{sgl}} = \frac{g_m^{2n} Z_{oINT}^{2(n-1)} Z_{oext}^2}{4} \quad (2)$$

식 (2)는 직렬 분포형 증폭기의 이득에 관한 식으

로 n은 직렬 분포형 증폭기의 단수, g_m 은 소자의 전달상수의 값이고 Z_{oINT} 는 내부 임피던스 값, Z_{oext} 는 외부 임피던스의 값으로 분포형 증폭기에서의 입출력의 50Ω 종단 저항이다.

식 2에서 Z_{oINT} 즉 직렬 분포형 증폭기의 내부 저항은 분포형 증폭기의 이득과 직렬 분포형 증폭기의 이득의 차이를 가지게 하는 가장 큰 변수이다.

$$G_{av_{sgl}} \geq G_{av_{com}} \quad (3)$$

$$\frac{g_m^{2n} Z_{oINT}^{2(n-1)} Z_{oext}^2}{4} \geq \frac{n^2 g_m^2 Z_{od} Z_{og}}{4} \quad (4)$$

$$g_m^{2(n-1)} Z_{oINT}^{2(n-1)} \geq n^2 \quad (5)$$

$$g_m Z_{oINT} \geq \sqrt[n-1]{n} \quad (6)$$

식 (3)-(6)은 직렬 분포형 증폭기의 내부 임피던스의 값을 구하는 식으로 분포형 증폭기와 직렬 분포형 증폭기의 이득에서부터 유도가능하다. 식 6에서 확인 할 수 있듯이 Z_{oINT} 의 값은 소자의 전달상수에 반비례 한다는 것을 알 수 있다 [3], [4].

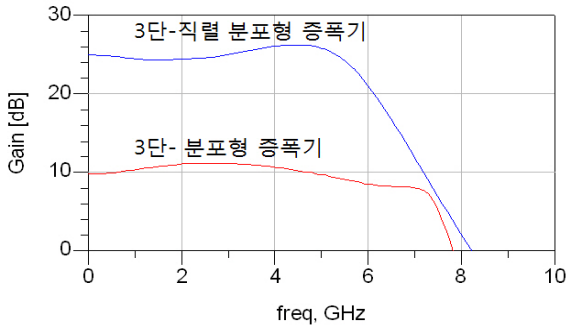
[표 1] 단수에 따른 Z_{oINT} 의 값

단수	$g_m \times Z_{oINT}$	Z_{oINT}
2	≥ 2.00	33.3 Ω
3	≥ 1.73	28.8 Ω
4	≥ 1.59	26.5 Ω
5	≥ 1.50	25.0 Ω
6	≥ 1.43	23.8 Ω

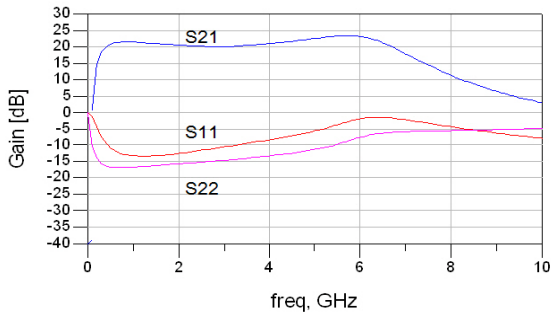
표 1은 본 논문에서 사용할 FHX35LG에 대하여 내부 임피던스의 값을 단수에 따라 구한 표이다. 표에서 알 수 있듯이 3단 직렬 분포형 증폭기는 최소 28.8Ω 이상의 값만 가지게 되면 된다.

3. 직렬 분포형 증폭기의 설계 및 측정

그림 3은 직렬 분포형 증폭기와 분포형 증폭기의 이득에 대한 비교이다. 직렬 분포형 증폭기의 이득과 분포형 증폭기의 이득이 약 10 dB의 차이를 보이고 있다. 이때 직렬 분포형 증폭기의 중요한 변수 중 하나인 Z_{oINT} 는 80Ω이다.

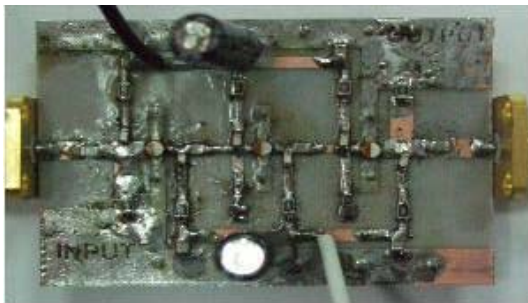


[그림 3] 3단 직렬 분포형 증폭기와 3단 분포형 증폭기의 이득 비교

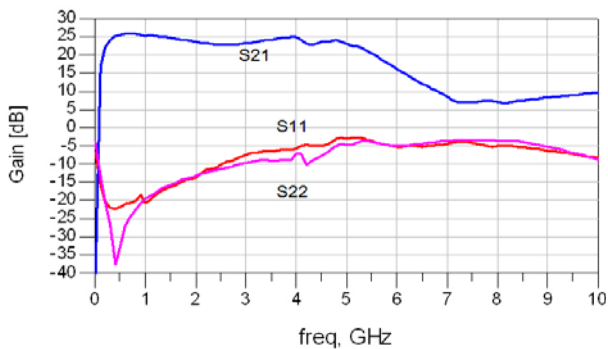


[그림 4] 3단 직렬 분산형 증폭기의 시뮬레이션 특성

그림 4는 직렬 분포형 증폭기를 설계한 결과 파형이다. 약 500MHz에서 6GHz까지의 이득을 보여주고 있다.



[그림 5] 제작된 3단 직렬 분포형 증폭기



[그림 6] 제작된 3단 직렬 분포형 증폭기 결과 특성

그림 5는 실제 구현된 3단 직렬 분포형 증폭기이

다. 이때 사용된 소자는 Fujitsu사의 FHX35LG를 이용하였으며 기판의 두께는 31mil이며 유전율은 2.2이다. 측정을 위한 바이어스 조건은 V_{ds} 는 3.5V 이며 V_{gs} 는 -0.5V이다.

4. 맺음말

본 논문은 다단 증폭기의 한 종류인 3단 직렬 분포형 증폭기에 대해서 기술하였다. 그림 6에서 S21의 값은 500MHz에서 5GHz 대역까지 25dB의 평탄한 이득을 보이고 있지만 S11과 S22의 결과 값에서는 3GHz 이후의 결과 값이 약 5dB의 오차를 보이지만 직렬 분포형 증폭기의 이득이 분포형 증폭기의 이득보다 높다는 것을 확인할 수 있었다. 향후 직렬 분포형 증폭기의 단수를 증가하여 광대역에서의 높은 이득을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] J. B. Beyer, S. N. Prasad, R. C. Becker, J. E. Nordman, and G. Hohenwarter, "MESFET distributed amplifier design guidelines," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-32, No. 3, pp. 268-275, Mar. 1984.
- [2] C. S. Aitchison, "The intrinsic noise figure of the MESFET distributed amplifier," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-31, No. 6, pp. 460-466, Jun. 1985.
- [3] B. Y. Banyamin and M. Berwick, "The gain advantages of four cascaded single stage distributed amplifier configurations," in IEEE MTT-S Int Microwave Symp. Dig., Boston, MA, pp. 1325-1328, Jun. 2000.
- [4] B. Y. Banyamin, M. Berwick, "Analysis of the Performance of Four-Cascaded Single-Stage Distributed Amplifier", IEEE Trans Microw. Theory Tech., Vol. 48, No. 12, pp. 2657-2663, Dec. 2000.