

1 dB 이득 억압점을 예측하기 위한 새로운 방법

正會員 方駿鎬* 正會員 嚴淳永** 正會員 金錫* 正會員 金東龍*

New Method for Predicting the 1 dB Gain Compression Point

Jun-Ho Bang*, Soon-Young Eom**, Seok Kim*, Dong-Yong Kim* *Regular Members*

要約

본 논문에서는 직렬 연결된 N-단 증폭기의 1 dB 이득 억압점을 예측하기 위한 새로운 방법을 제안한다. 제안된 방법은 각 증폭기 제작사로 부터 제공된 스칼라 데이터를 사용하여 각 증폭기의 입출력 전력 전달 함수를 산출하고 이것을 각 증폭기의 입출력이 정합되었다는 가정하에 스칼라 형태로 곱함으로써 서브 시스템의 입출력 전력 전달 함수를 산출한다. 이렇게 구해진 전달 함수를 이용하여 역으로 서브 시스템의 1 dB 이득 억압점을 예측할 수 있다. 제안된 방법은 스칼라 데이터의 수에 관계없이 사용할 수 있는 일반적인 방법이지만 본 논문에서는 2개의 스칼라 데이터(선형 전력 이득, 1 dB 이득 억압점)와 3개의 스칼라 데이터(선형 전력 이득, 1 dB와 0.5 dB 이득 억압점)만을 사용할 경우에 대해서만 각각 분석된다.

제안된 방법의 유용성을 확인하기 위해 Ku-band에서 동작하는 두개의 표본 증폭기를 사용하여 기존의 방법과 제안된 방법에 의한 예측 결과와 실험에 의해 측정된 결과를 서로 비교하기 위해 함께 제시한다.

ABSTRACT

In this paper, a new method for predicting the 1 dB gain compression point of cascaded N amplifiers is proposed. With the proposed method, the transfer function of each amplifier is derived from scalar data available from the manufacturers' data sheet and all transfer functions are produced with scalar in order to also derive the overall transfer function of the subsystem under the assumption that the input and output port of each amplifier are matched. Therefore, the 1 dB gain compression point of the subsystem can be predicted or estimated, reversely, utilizing the overall transfer function obtained with the proposed method. The proposed method can be used irrespective of the number of scalar data but, in this paper, it is analyzed only with two scalar data (linear power gain and 1 dB gain compression point) and three scalar data (linear power gain, 1 dB and 0.5 dB gain compression points).

* 全北大學校 電氣工學科
Dept. of Electrical Engineering, Chonbuk National University

** 韓國電子通信研究所
Electronics and Telecomm. Research Institute
論文番號 : 94145
接受日字 : 1994年 5月 26日

With two sample amplifiers operated in Ku-band, the predicted results by the proposed and previous method, respectively, and the experimental results are together presented in order to confirm its utility.

I. 서 론

일반적으로, 증폭기의 입출력 전력 전달 함수는 증폭기의 대부분의 동작범위에서 입력 레벨의 어떤 변화량에 대해 일정한 출력 레벨 변화량을 보여주는 선형 특성을 갖는다. 그러나, 입력 레벨이 점차 증가함에 따라 출력이 입력을 따라갈 수 없는 즉, 증폭기의 선형 전력 이득(G_L)이 감소하는 동작 영역이 발생하게 된다. 1 dB 이득 억압점(P_{1dB})은 증폭기의 비선형 출력 특성을 나타내는 중요한 매개 변수로서 전력 이득이 소신호 전력 이득 또는 선형 전력 이득보다 1 dB 더 작아졌을 때 증폭기 출력에서 나타나는 전력을 의미한다. 고이득, 고출력 증폭기를 설계하기 위해 내부적으로 정합된 전력 디바이스(Internally matched power device)[1, 2]를 선택할때나 서브 시스템의 구성 측면에서 단일 증폭기들이 직렬로 연결되었을 때 구성된 전체 회로나 서브 시스템의 1 dB 이득 억압점을 보다 근사적으로 예측한다는 것은 매우 중요하다. 전체 회로 또는 서브 시스템의 1 dB 이득 억압 레벨은 각 전력 디바이스 또는 각 증폭기의 선형 전력 이득과 1 dB 이득 억압점의 함수 관계로 표현될 수 있다. 스칼라 데이터(선형 전력 이득과 1 dB 이득 억압점)를 이용하는 기준에 널리 알려진 이론[3,5]은 원하지 않는 신호들이 동위상으로 합성된다는 최악의 경우를 가정하고 전개된 것으로 그 이론에 의하면 전체 1 dB 이득 억압점은 최종단 증폭기의 1 dB 이득 억압점과 바로 전단의 선형 전력 이득과 1 dB 이득 억압점에 의해 주로 좌우된다. 이것은 실제적인 회로나 서브 시스템의 1 dB 이득 억압점 예측 측면에서 다소 오차를 초래하여 일반적으로 과잉 설계를 하게 된다. 그러므로, 본 논문에서는 직렬로 연결된 단일 증폭기들의 전체 1 dB 이득 억압점을 예측할때 실제적인 경우와의 오차를 줄일 수 있는 새로운 방법이 기술 된다.

새로운 방법은 각 단일 증폭기들의 선형 전력 이득과 1 dB 이득 억압점은 물론이고 보다 일반적으로 한 개 이상의 임의의 이득 억압점들을 사용하여 각 단일 증폭기들의 입출력 전력 전달 함수를 산출하고 이것들을 이용하여 전체 회로나 서브 시스템의 입출력 전

력 전달 함수를 구한 다음 역으로 임의의 이득 억압점을 예측하게 된다. 이러한 방법을 각 단일 증폭기들의 스칼라 데이터중에서 단지 두개의 매개변수들, 선형 전력 이득과 1 dB 이득 억압점만을 사용할때는 우연히도 기준에 널리 사용되고 있는 이론과 동일한 결과가 되며, 스칼라 데이터중에서 세개 이상의 매개변수들 즉, 선형 전력 이득과 두개 이상의 임의의 이득 억압점들을 사용할때는 보다 정확한 서브 시스템의 1 dB 이득 억압점 예측이 가능하다. 그러므로, 제안된 방법을 이용하여 보다 근사적인 예측을 위해서는 증폭기 제작사로부터 선형 전력 이득과 1 dB 이득 억압점 외에 한개 이상의 임의의 이득 억압점(예를 들면, 0.5 dB 이득 억압점 : $P_{0.5dB}$)들이 요구된다.

이러한 제안된 방법이 실제적으로 유용한지를 확인하기 위하여 제 3장에서는 Ku-band에서 동작하는 두개의 증폭기로 표본 서브 시스템을 구성한 후 기준의 방법과 제안된 방법에 의한 예측치들과 실험에 의한 실험치를 비교 분석하였다.

II. 스칼라 데이터를 이용한 1 dB 이득 억압점의 예측

단일 증폭기의 입출력 전달 함수는 그림 1과 같이 묘사될 수 있는데, 증폭기의 1 dB 이득 억압점이란 증폭기의 비선형 특성을 나타내는데 실제적으로 사용되는 중요한 매개 변수의 하나로 그림에서 보듯이 입력 전력이 점차 증가함에 따라 출력 전력이 상대적으로 감소하여 즉, 전력 이득이 줄어들어 선형 전력 이득보다 단지 1 dB 더 작아졌을때의 증폭기 출력 전력을 의미한다.

고이득, 고출력 증폭기를 설계하기 위해 또는 서브 시스템 구성측면에 있어서 그림 2와 같이 N개의 전력 디바이스들이나 단일 증폭기(이하 포괄적인 개념에서 증폭기로 통일하여 기술함)들을 직렬로 연결하였을때 서브 시스템의 1 dB 이득 억압점을 예측 또는 추정하기 위한 첫번째 단계는 각 증폭기 제작사로부터 제공되는 스칼라 데이터를 이용하여 각 단일 증폭기의 입출력 전력 전달 특성을 구하는 것이다.

임의의 주파수 대역에서 동작하는 단일 증폭기의

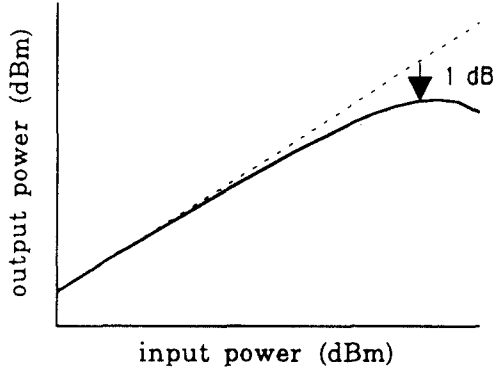


그림 1. 단일 증폭기의 입출력 전력 전달 특성
Fig. 1. Input and output power transfer characteristics of the single stage amplifier

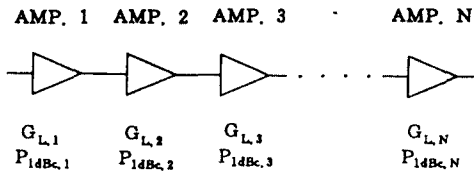


그림 2. 직렬 연결된 N-단 증폭기
Fig. 2. Cascaded N-stage amplifier

입출력 전력 전달 특성 곡선은 일반적으로 다음과 같이 입출력 전력의 파워 시리즈(power series)로 표현된다.

$$P_{out}(\omega) = \sum_{j=1}^{\infty} K_j(\omega) P_{in}^j(\omega) \quad (1)$$

여기서, P_{out} 및 P_{in} 는 각각 임의의 주파수에서의 입력 및 출력 전력이며, $j=1$ 일때 계수 K_1 은 증폭기의 선형 전력 이득을 나타내고, 나머지 계수들 $K_j(j=2, 3, \dots)$ 은 전력 이득 억압 특성을 나타낸다. 그러나, 대부분의 통신 시스템에 사용되는 증폭기의 비선형 특성은 유한(finite) 파워 시리즈로 표현될 수 있다.

$$P_{out}(\omega) = \sum_{j=1}^m K_j(\omega) P_{in}^j(\omega) \quad (2)$$

그러므로, 증폭기의 입출력 전달 함수를 산출하기

위해서는 m 개의 스칼라 데이터가 필요하다.

서브 시스템의 1 dB 이득 억압점을 예측하기 위해 본 논문에서 제안하는 방법은 기존에 알려진 수식 또는 방법[3, 4]과는 달리 일반적으로 사용할 수 있는데, 이것을 증명하기 위해 그리고 기존의 방법과 비교하기 위해 2개의 스칼라 데이터 즉, 선형 전력 이득과 1 dB 이득 억압점만을 사용한 경우와 좀더 정확한 예측을 하기 위해 3개의 스칼라 데이터 즉, 선형 전력 이득과 두개의 이득 억압점들을 사용한 경우로 분류하여 기술한다. 물론, 본 논문에서 제안하는 방법은 3개 이상의 스칼라 데이터를 이용하여 일반적으로 확장할 수도 있으나, 각 증폭기에 대해 3개의 데이터만 제공되면 서브 시스템의 1 dB 이득 억압점을 거의 근사적으로 예측이 가능하므로 이론적 분석은 여기에 국한하기로 한다.

1. 2개의 스칼라 데이터를 이용할 경우($m=2$)

그림 2에서와 같이 직렬로 연결된 N -단 증폭기들의 전체 선형 전력 이득($G_{L,T}$)과 1 dB 이득 억압점($P_{1dBc,T}$)을 예측하기 위해 각 단일 증폭기들에 대한 2개의 스칼라 데이터($G_{L,j}, P_{1dBc,j}, j=1, 2, \dots, N$)만을 이용할 경우에 각 단일 증폭기들의 입출력 전력 전달 함수는 수식 (2)로부터 다음과 같이 두개의 항으로 제한되어 표현될 수 있다.

$$P_{out,r}(\omega) = \sum_{j=1}^2 K_{j,r}(\omega) P_{in,r}^j(\omega) \\ = K_{1,r}(\omega) P_{in,r}(\omega) + K_{2,r}(\omega) P_{in,r}^2(\omega) \quad (3)$$

$$r=1, 2, 3, \dots, N$$

수식 (3)의 계수들을 산출하기 위해 $G_{L,r}(\text{dB})$ 과 $P_{1dBc,r}(\text{dBm})$ 를 이용하면 $K_{1,r}$ 과 $K_{2,r}$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$K_{1,r}(\omega) = 10^{\frac{G_{L,r}(\omega)}{10}} \\ K_{2,r}(\omega) = 10^{\frac{2(G_{L,r}(\omega) - P_{1dBc,r}(\omega)) - 1}{10}} (10^{-0.1} - 1) \quad (4)$$

이렇게 구하여진 각 단일 증폭기의 전달 특성을 입출력이 정합되었다는 가정하에 서브 시스템의 최종 입출력 전달 특성을 구하기 위해 스칼라 형태로 곱하여지므로, 전체 입출력 전력 전달 함수의 항의 수는

최대 2N개 이다. 그러나, 전체 전달 함수를 첫번째 입력 전력의 2차항까지로 근사화하여 제한하면 수식 (5)와 같다. 이때, 2차 이하의 각 전력 계수들은 연속적으로 그리고 반복적으로 얻을 수 있으며, 3차 이상의 각 계수들은 무시된다.

$$P_{out,r}(\omega) = \sum_{j=1}^2 K_{j,r}(\omega) P_{in,r}^j(\omega) \quad (5)$$

여기서,

$$K'_{1,i}(\omega) = K_{1,i}(\omega) K'_{1,i-1}(\omega)$$

$$K'_{2,i}(\omega) = K_{1,i}(\omega) K'_{2,i-1}(\omega) + K_{2,i}(\omega) \{K'_{1,i-1}(\omega)\}^2$$

$$i = 2, 3, 4, \dots, N$$

$$K'_{1,1}(\omega) = K_{1,1}(\omega), K'_{2,1}(\omega) = K_{2,1}(\omega),$$

$$K'_{1,N}(\omega) = K_{1,N}(\omega), K'_{2,N}(\omega) = K_{2,N}(\omega)$$

그러므로, 수식 (5)을 이용하여 서브 시스템의 1 dB 이득 억압점을 dBm 단위로 나타내면 다음과 같다.

$$P_{1dBc,r}(\omega) = 10 \log \left| \frac{10^{-0.1}(10^{0.1}-1) K'_{1,i}(\omega)}{K_{2,i}(\omega)} \right| \quad (6)$$

이것은 기존에 널리 사용되고 있는 수식 (7)과 항상 동일한 결과를 얻는다.

$$P_{1dBc,r}(\omega) = -10 \log \left| 10^{\frac{P_{1dBc,N}(\omega)}{10}} \right. \\ \left. + 10^{\frac{(i_{L,N}(\omega) + P_{1dBc,N-1}(\omega))}{10}} + \dots \right. \\ \left. + 10^{\frac{(i_{L,N}(\omega) + i_{L,N-1}(\omega) + \dots + i_{L,2}(\omega) + P_{1dBc,1}(\omega))}{10}} \right| \quad (7)$$

참고로, 전체 전달 함수를 첫번째 입력 전력의 3차항 까지로 근사화하여 제한하고 그리고 3차 이하의 각 전력 계수들을 연속적으로 그리고 반복적으로 얻는다면 그것에 의해 예측 결과는 수식 (6)이나 수식 (7)에 의한 예측 결과보다 더 정확하다.

2. 3개의 스칼라 데이터를 이용할 경우(m=3)

II 2절의 분석과 비슷한 절차로 그림 2에서와 같이 직렬로 연결된 N-단 증폭기들의 전체 선형 전력 이득(G_{L,r})과 1 dB 이득 억압점(P_{1dBc,r})을 예측하기 위해 각 단일 증폭기들에 대한 m개(m≥3)의 스칼라 데이터(G_{L,j}, P_{1dBc,j}, P_{0.5dBc,j}, j=1, 2, ..., N)를 이용한 경우에 각 단일 증폭기들의 입출력 전력 전달 함수를 수식 (2)로부터 다음과 같이 3개의 항으로 제한되어 표현될 수 있다.

$$P_{out,r}(\omega) = \sum_{j=1}^3 K_{j,r}(\omega) P_{in,r}^j(\omega) \\ - K_{1,r}(\omega) P_{in,r}(\omega) + K_{2,r}(\omega) P_{in,r}^2(\omega) \\ + K_{3,r}(\omega) P_{in,r}^3(\omega) \quad (8)$$

$$r = 1, 2, 3, \dots, N$$

수식 (8)의 계수들을 산출하기 위해 G_{L,r}(dB), P_{1dBc,r}(dBm), P_{0.5dBc,r}(dBm)을 이용하면 K_{1,r}, K_{2,r}, K_{3,r}는 다음과 같이 표현된다.

$$K_{1,r}(\omega) = 10^{\frac{G_{L,r}(\omega)}{10}}$$

$$K_{2,r}(\omega) = \frac{U_1(\omega)U_2(\omega) - U_2(\omega)U_1(\omega)}{U_1(\omega) - U_2(\omega)} \quad (9)$$

$$K_{3,r}(\omega) = \frac{\Gamma_1(\omega) - \Gamma_2(\omega)}{U_1(\omega) - U_2(\omega)}$$

여기서,

$$U_1(\omega) = 10^{\frac{P_{1dBc,r}(\omega) - G_{L,r}(\omega) + 1}{10}}$$

$$U_2(\omega) = 10^{\frac{P_{0.5dBc,r}(\omega) - G_{L,r}(\omega) + 0.5}{10}}$$

$$\Gamma_1(\omega) = 10^{\frac{2G_{L,r}(\omega) - P_{1dBc,r}(\omega) - 1}{10}} (10^{-0.1} - 1)$$

$$\Gamma_2(\omega) = 10^{\frac{2G_{L,r}(\omega) - P_{0.5dBc,r}(\omega) - 0.5}{10}} (10^{-0.05} - 1)$$

이렇게하여 구하여진 각 단일 증폭기의 전달 특성을 입출력이 정합되었다는 가정하에 서브 시스템의 최종 입출력 전달 특성을 구하기 위해 스칼라 형태로 곱하여지므로, 전체 입출력 전력 전달 함수의 항의 수는 최대 3N개 이다. 그러나, 실제적인 측면에서 전

채 전달 함수를 첫번째 입력 전력의 3차항까지로 근사화하여 제한하면 다음과 같다. 이때, 3차 이하의 각 전력 계수들은 연속적으로 그리고 반복적으로 얻을 수 있으며, 3차 이상의 각 계수들은 무시된다.

$$P_{out,i}(\omega) = \sum_{j=1}^3 K_{j,i}(\omega) P_{in,i}^j(\omega) \quad (10)$$

여기서,

$$\begin{aligned} K'_{1,i}(\omega) &= K_{1,i}(\omega) K'_{1,(i-1)}(\omega) \\ K'_{2,i}(\omega) &= K_{1,i}(\omega) K'_{2,(i-1)}(\omega) + K_{2,i}(\omega) \{K'_{1,(i-1)}(\omega)\}^2 \\ K'_{3,i}(\omega) &= K_{1,i}(\omega) K'_{3,(i-1)}(\omega) \\ &\quad + 2K_{2,i}(\omega) K'_{1,(i-1)}(\omega) K'_{2,(i-1)}(\omega) \\ &\quad + K_{3,i}(\omega) \{K'_{1,(i-1)}(\omega)\}^3 \end{aligned}$$

$i = 2, 3, 4, \dots, N$

$$\begin{aligned} K'_{1,1}(\omega) &= K_{1,1}(\omega), \quad K'_{2,1}(\omega) = K_{2,1}(\omega), \\ K'_{3,1}(\omega) &= K_{3,1}(\omega) \\ K'_{1,N}(\omega) &= K_{1,N}(\omega), \quad K'_{2,N}(\omega) = K_{2,N}(\omega), \\ K'_{3,N}(\omega) &= K_{3,N}(\omega) \end{aligned}$$

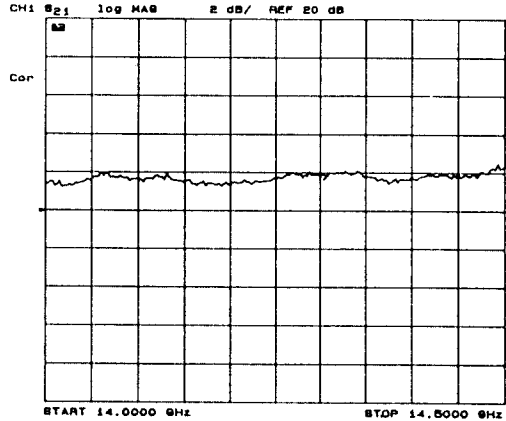
그러므로, 수식 (10)을 이용하여 서브 시스템의 1 dB 이득 억압점을 dBm 단위로 나타내면 다음과 같이 표현된다.

$$P_{1dB,i}(\omega) = 10 \log \left(\frac{10^{-0.1} K_{1,i}(\omega) [K_{2,i}(\omega) + (K'_{2,i}(\omega) + 4K_{1,i}(\omega)K_{3,i}(\omega))(10^{-0.1} - 1)]}{2K_{3,i}(\omega)} \right) \quad (11)$$

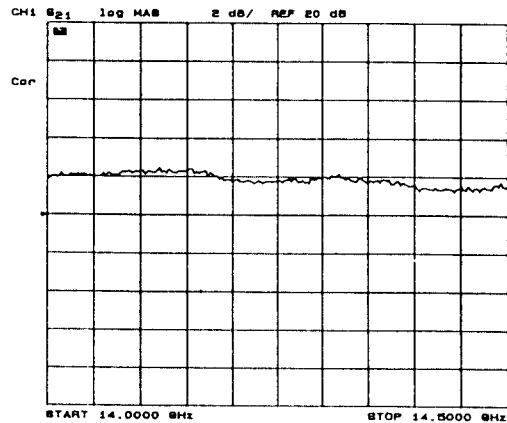
III. 실험 및 결과

본 논문에서 제안하는 1 dB 이득 억압점 예측 방법의 유용성을 확인하기 위한 실험 장치를 구성하기 위해 Ku-band(14.0~14.5 GHz)에서 동작하는 두개의 표본 증폭기들을 선택하였다. 그리고, 각 표본 증폭기들의 스킨라 데이터들에 대한 신뢰성을 기하기 위

해 실험을 통해 필요한 데이터(선형 전력 이득, 1 dB 와 0.5 dB 이득 억압점)값들을 추출하였으며, 그 실험값들은 그림 3과 표 1에 제시하였다.



(a) 첫번째 표본 증폭기($P_{in} = -20$ dBm)
(a) First sampled amplifier($P_{in} = -20$ dBm)



(b) 두번째 표본 증폭기($P_{in} = -10$ dBm)
(b) Second sampled amplifier($P_{in} = -10$ dBm)

그림 3. 표본 증폭기들의 소신호 주파수 응답
Fig. 3. Small signal frequency response of the sampled amplifiers

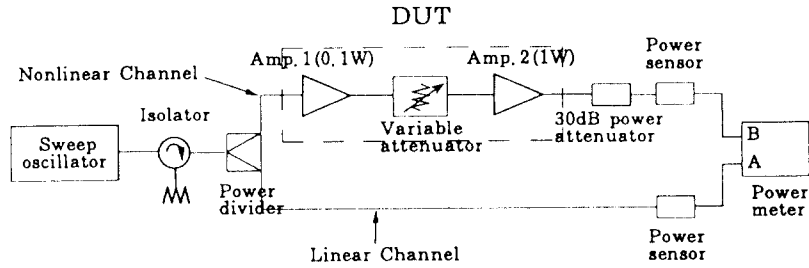


그림 4. 1 dB 이득 억압점을 측정하기 위한 실험 장치
 Fig. 4. Experimental installation for measurement of 1 dB compression point

표 1. 실험을 통해 측정된 표본 증폭기들의 스칼라 데이터
 Table 1. Experimental scalar data of the sampled amplifiers

항 목	표본 증폭기	첫번째 증폭기	두번째 증폭기
선형 전력 이득 (dB)	14.00 GHz	21.30	22.00
	14.25 GHz	21.70	21.80
	14.50 GHz	22.20	21.70
1 dB 이득 억압점 (dBm)	14.00 GHz	20.30	30.15
	14.25 GHz	20.80	30.26
	14.50 GHz	20.80	30.25
0.5 dB 이득 억압점 (dBm)	14.00 GHz	18.46	29.13
	14.25 GHz	18.95	29.35
	14.50 GHz	18.81	29.33

1 dB 이득 억압점을 측정하기 위한 실험 장치는 그림 4와 같이 구성된다.

실험의 정확성을 기하기 위해 그림 4의 장치를 구성하는 부속물(고주파용 케이블과 1 dB 단위의 가변 감쇄기: 전채를 V_1 로 표현)에 대한 실험 주파수 대역(14.0~14.5 GHz)에서의 삽입 손실(insertion loss)을 3 dB에서 11 dB까지 가변 감쇄기를 1 dB 단위로 변화시켜가며 얻었으며, 그것의 주파수 응답 결과는 그림 5와 같다. 실험 결과를 살펴보면, 가변 감쇄기 전후에 삽입된 두 개의 고주파용 케이블들만의 삽입 손실은 3 dB 임을 알 수 있다.

여기서, 두 표본 증폭기 사이의 가변 감쇄기는 임피던스 정합 뿐만 아니라, 첫번째 증폭기가 두번째 증폭기를 구동할때 첫번째 증폭기의 출력 전력을 조절하거나 또는 두번째 증폭기의 전력 이득을 조절하기 위해 사용된 것이다.

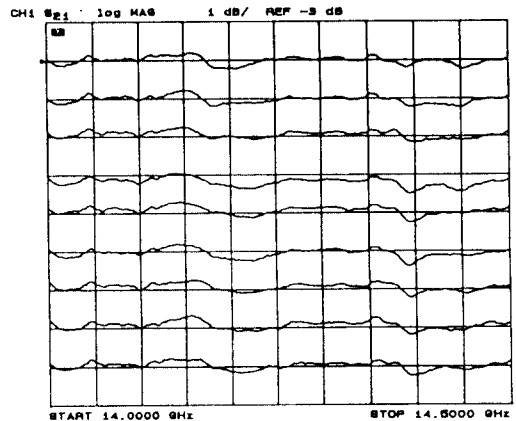
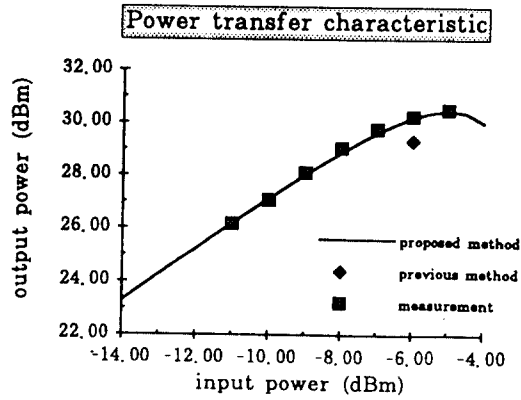
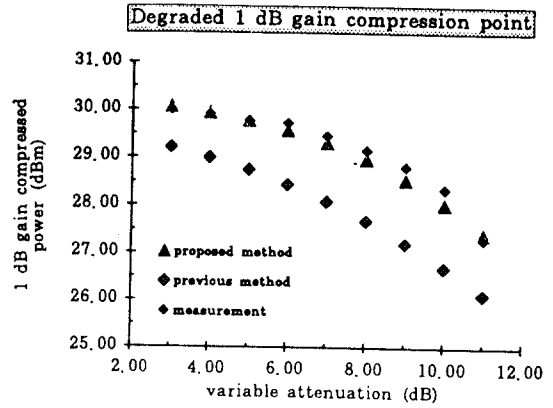


그림 5. 고주파 케이블과 가변 감쇄기의 주파수 응답
 Fig. 5. Frequency response of high frequency cable and variable attenuator

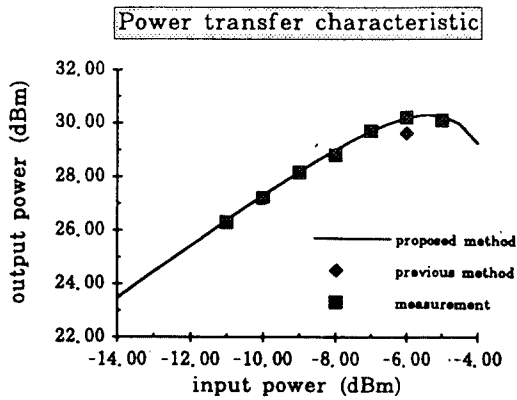
1 dB 이득 억압점을 정확히 그리고 효율적으로 측정하기 위해 그림 4에서 보는바와 같이 선형 채널 A와 비선형 채널 B로 구성되어 두 채널이 입력 변화에 대해 출력에서 상대적으로 1 dB 만큼 차이(A-B=1 dB)가 날때 비선형 채널 B에서의 출력이 구하고자 하는 전력 즉, 1 dB 이득 억압점이 된다. 이러한 실험 절차를 통해 두 표본 증폭기가 동작하는 500 MHz 대역에서 임의로 선택된 3개의 단일 시험 주파수($f_1=14.00$ GHz, $f_2=14.25$ GHz, $f_3=14.50$ GHz)에서 서브 시스템의 입출력 전력 전달 특성은 다음과 같이 그림 6에 기존의 방법과 제안된 방법($m=3$)에 의한 예측치와 함께 제시하였다.



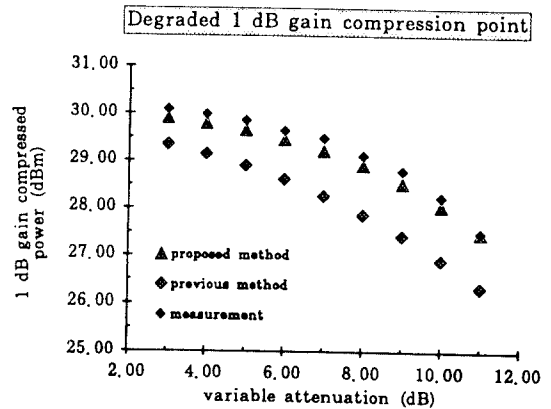
(a) $f_1 = 14.00$ GHz ($m = 3, V_T = 6$ dB)



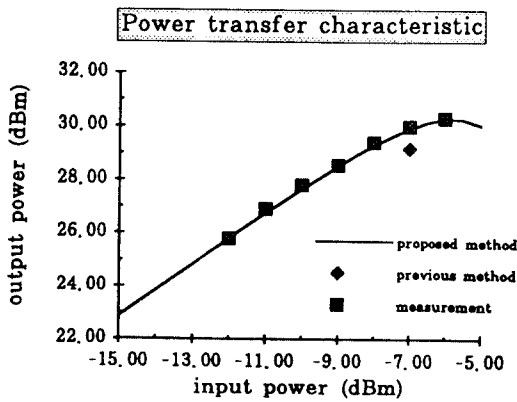
(a) $f_1 = 14.00$ GHz



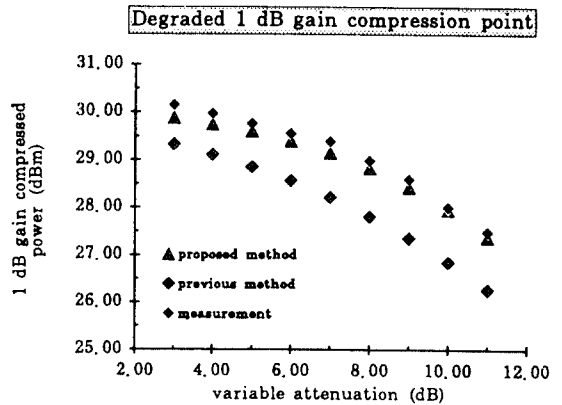
(b) $f_2 = 14.25$ GHz ($m = 3, V_T = 6$ dB)



(b) $f_2 = 14.25$ GHz



(c) $f_3 = 14.50$ GHz ($m = 3, V_T = 6$ dB)



(c) $f_3 = 14.50$ GHz

그림 6. 단일 시험 주파수에 대한 서브 시스템의 입출력 전력 전달 특성

Fig. 6. Input and output power transfer characteristics of the subsystem for single testing frequency

그림 7. 단일 시험 주파수에서 가변 감쇄량에 따른 1 dB 이득 억압점

Fig. 7. 1 dB compression point by variable attenuation value for single testing frequency

그림 6의 실험 결과를 갖고서 기존의 방법과 제안된 방법에 의한 전체 서브 시스템의 1 dB 이득 억압점 예측을 비교해보면 전자는 단지 1 dB 이득 억압점만을 예측할 수 있으며 또한 평균적으로 약 0.8 dB 정도의 오차를 나타낸다. 반면에, 후자는 1 dB 이득 억압점 뿐만 아니라 임의의 이득 억압점(가장하면 1 dB 미만 또는 1 dB 이상의 이득 억압점)을 예측할 수 있는 확장성을 갖고 있으며 또한 평균적으로 약 0.2 dB 정도의 오차를 나타낸다.

또다른 중요한 실험으로서, 두 표본 증폭기 사이에 삽입된 가변 감쇄기를 이용하여 1 dB 단위로 첫번째 표본 증폭기의 출력 전력을 조절하거나 또는 두번째 표본 증폭기의 입력 이득을 조절함으로써 1 dB 이득 억압점들이 감쇄(degradation)되는 변화를 실험을 통해 알아내기 위하여 3개의 단위 시험 주파수($f_1 = 14.00$ GHz, $f_2 = 14.25$ GHz, $f_3 = 14.50$ GHz)에서 가변 감쇄량에 따른 1 dB 이득 억압점들을 측정 하였다. 이러한 실험에 의한 측정치들은 기존의 방법에 의한 예측치와 제안된 방법에 의한 예측치와 함께 그림 7에 제시하였다.

그림 7의 실험 결과를 검토해 보면, 1 dB 단위로 가변 감쇄기의 감쇄량을 선형적으로 점차 증가시킬 때 전체 1 dB 이득 억압점은 비선형적으로 감소함을 알 수 있는데 여기에서 가변감쇄기의 감쇄량을 증가시키는 것은 첫번째 표본 증폭기의 출력 전력이 줄어드는 효과 또는 두번째 표본 증폭기의 입력이득이 감소하는 효과가 되며 결국에는 첫번째 증폭기가 두번째 증폭기를 비선형 영역에서 구동시키게 되므로 전체 1 dB 이득점은 감소하게 된다. 특히, 감쇄량이 증가($V_T = 12$ dB)하여 첫번째 증폭기가 거의 1 dB 이득 억압점 근방에서 동작할때 전체 1 dB 이득 억압점의 감쇄량은 기존의 방법과 제안된 방법에 의하면 각각 평균 약 1.3 dB와 2.1 dB 정도로 예상되며 그리고 실제로 측정된 값은 평균 약 1.1 dB 정도로 나타났다. 그러므로, 제안된 방법이 기존의 방법에 비해 보다 실제적으로 근사화된 예측 방법임을 알 수 있다.

일반적으로, 제안된 방법은 주어진 스칼라 데이터의 수에 관계없이 적용할 수 있는 예측 방법이지만 3개의 스칼라 데이터만을 갖고서 이론적으로 예측된 결과를 실험 결과와 비교해 볼때 제안된 방법을 이용한 1 dB 이득 억압점 예측에는 3개의 스칼라 데이터만 주어지면 충분하다고 사료된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 식별 연결된 N 단 증폭기의 1 dB 이득 억압점을 예측하기 위한 새로운 방법이 제안되었다. 제안된 방법에 의한 예측 결과는 실험 결과와 거의 일치하는 반면에, 기존의 방법에 의한 예측 결과는 상당한 오차를 보여줄을 알 수 있었다. 그리고, 제안된 방법에 2개의 스칼라 데이터를 사용한 경우에는 우연히도 기존의 방법과 동일한 결과를 얻었으며, 3개의 스칼라 데이터를 사용한 경우에는 보다 더 정확한 예측을 할 수 있음을 실험을 통하여 확인하였다.

실론적으로, 제안된 방법은 주어진 스칼라 데이터의 수에 관계없이 적용할 수 있는 예측 방법이지만 하나 실험을 통해 얻은 결과는 이론적 결과와 비교해 볼때 3개의 스칼라 데이터만 주어지면 1 dB 이득 억압점 예측에는 충분하므로 제안된 방법을 활용하기 위해서는 각 증폭기 제작사로 부터 선형 전력 이득 및 1 dB 이득 억압점 뿐만 아니라 별도로 0.5 dB 이득 억압점이 요구된다.

참 고 문 헌

1. Honjo, K., et al., "15 Watt Internally Matched GaAs FETs and 20 Watt Amplifier Operating at 6 GHz," IEEE Int. Microwave Symp. Digest, 1979, pp.289-291.
2. Honjo, K., Y. Takayama, and A Higashisaka, "Broad Band Internal Matching of Microwave Power GaAs MESFETs," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. MTT 27, Jan. 1979, pp.3-8.
3. G. U. Sorger, "The 1 dB Gain Compression Point for Cascaded Two-Port Networks," Microwave Journal, July 1988, pp.136-142.
4. RF and Microwave Designer's Handbook (Application Information for Thin Film Cascadable Amplifiers), Watkins-Johnson Company, 1993-1994, pp.728-733.
5. G. D. Vendelin, A.M. Pavio, U.L.Rohde, Microwave Circuit Design Using Linear and Non-linear Techniques, JOHN Wiley & SONS, Inc., 1990, pp.277-278.
6. U. L. Rohde and T. T. N. Bucher, Communi-

cation Receivers, Principle and Design, McGraw-Hill, New York, 1988, pp.104.



方駿鎬(Jun-Ho Bang) 정회원
1989년 2월 : 전북대학교 전기공학과 졸업(공학사)
1991년 2월 : 전북대학교 전기공학과 대학원 졸업(공학석사)
1991년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 전기공학과 대학원(박사과정)

※주관심분야 : 아날로그 집적회로 설계, 통신 회로 설계



嚴淳永(Soon-Young Eom) 정회원
1988년 2월 : 연세대학교 전자공학과(학사)
1990년 2월 : 연세대학교 전자공학과(석사)
1991년 7월 ~ 1993년 6월 : 무궁화 위성용 DAMA-SCPC 지구국 RF 시스템 공동개발(Italy)

1990년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 RF 시스템 연구실, 연구원

※주관심분야 : MIC & MMIC 설계, 위성통신 지구국 RF 시스템 설계



金錫(Seok Kim) 정회원
1989년 2월 : 전북대학교 전기공학과 졸업(공학사)
1991년 2월 : 전북대학교 전기공학과 대학원 졸업(공학석사)
1992년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 전기공학과 대학원(박사과정)

※주관심분야 : 아날로그 집적회로 설계, 통신용 아날로그 회로 설계



金東龍(Dong-Yong Kim) 정회원
1967년 2월 : 전북대학교 전기공학과 졸업
1973년 2월 : 전북대학교 전기공학과 대학원 석사졸업
1985년 3월 : 캐나다 마니토바대학교 전기공학과 대학원 박사졸업

1973년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 전기공학과 교수

※주관심분야 : 필터 함수 이론, 회로망 및 시스템 해석, 음성신호처리