

# 3차 상호 변조 성분 제거를 이용한 트랜스컨덕터 회로의 선형화 방법

°김덕수, 김병준, 남상욱

서울대학교 전기정보공학부 뉴미디어통신공동연구소

dskim@ael.snu.ac.kr

## I. 서론

다양한 통신 규격을 지원할 수 있는 광대역 수신기는 원하는 대역의 신호가 다른 대역의 큰 신호로 인해 왜곡되지 않게 하기 위해 높은 선형성을 가져야 한다. 본 논문에서는 저잡음증폭기, 기저대역  $G_m$ -C 필터 등 수신기에 널리 쓰이는 트랜스컨덕터 회로의 선형성을 높일 수 있는 방법을 제안하였다.

## II. 본론

트랜스컨덕터는 입력 전압을 회로의  $G_m$  값에 따라 전류로 변환하여 출력하는 회로이다. 여기서  $G_m$ 은 비선형적인 값이며 테일러 시리즈 전개를 통해 회로의 응답을 나타낼 수 있다. 차동 회로를 이용해 2차 비선형 성분을 제거할 수 있다고 가정하면, 트랜스컨덕터의 입력 전압과 출력 전류를 식 (1)로 표현할 수 있다.

$$I_{out} \approx G_m V_{in} + G_m^3 V_{in}^3 \quad (1)$$

선형적인 응답을 얻으려면 3차 상호 변조 성분인  $G_m^3 V_{in}^3$ 를 제거하여야 한다. 피드 포워드 방식으로 선형화된 트랜스컨덕터의 구조를 그림 1에 나타내었다.

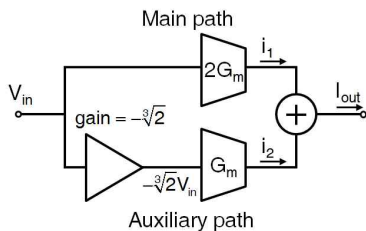


그림 1. 선형화된 트랜스컨덕터의 블록 다이어그램

주경로에서는 입력 전압  $V_{in}$ 을 받아  $2G_m$  값으로 전류  $i_1$ 을 출력한다. 여기서  $2G_m$ 은 단위 트랜스컨덕터(그림 2(a)) 회로를 병렬로 연결하여 구현하였다. 보조 경로의 경우 입력 전압  $V_{in}$ 을  $(-\sqrt[3]{2})$ 의 이득을 가지는 증폭기를 통과하여  $(-\sqrt[3]{2} V_{in})$ 으로 만들고,  $G_m$ 의 단위 트랜스컨덕터를 이용하여 전류  $i_2$ 로 변환한다. 최종 출력 전류  $I_{out}$ 을 식 (2)에 나타내었다.

$$I_{out} = i_1 + i_2 = 2G_m V_{in} + 2G_m^3 V_{in}^3 + (-\sqrt[3]{2} G_m V_{in} - 2G_m^3 V_{in}^3) = (2 - \sqrt[3]{2}) G_m V_{in} \quad (2)$$

비선형 성분인 3차 상호 변조 성분이 제거됨에 따라 선형화된 전압-전류 변환이 수행됨을 알 수 있다. 증폭기가 고선형성을 가질수록 3차 상호 변조 성분을 완벽히 제거할 수 있기 때문에 높은 선형성을 가지는 [1]의 전압 증폭기가 사용되었다. 증폭기는 인버터가 연결된 구조로 되어 있으며, 증폭기의 이득은 인버터의  $g_m$  값과 피드백 저항  $R_{fb}$ 로 정해진다. 증폭기의 회로도

를 그림 2(b)에 보였다.

그림 3의 시뮬레이션 결과를 통해 선형화된 트랜스컨덕터 출력 전류의 3차 상호 변조 성분이 단위 트랜스컨덕터보다 32 dB 줄어들었음을 확인할 수 있다.

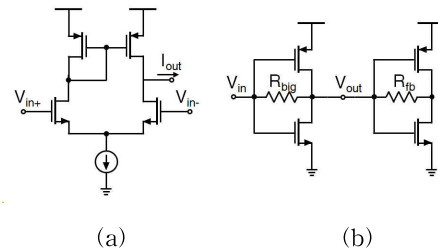


그림 2. (a) 단위 트랜스컨덕터의 회로도  
(b) 전압 증폭기의 회로도

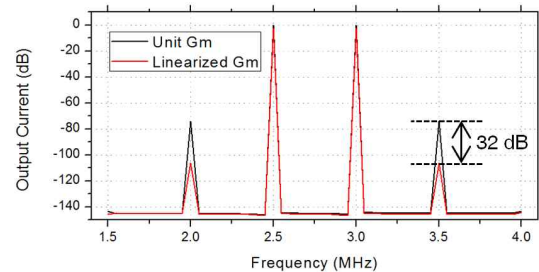


그림 3. 선형화를 통한 3차 상호 변조 성분의 감소

## III. 결론

트랜스컨덕터의 비선형성의 원인이 되는 3차 변조 성분을 피드 포워드 방식으로 제거하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 단위 트랜스컨덕터와 인버터 기반의 증폭기만을 사용하며, 기존의 트랜스컨덕터 회로에 쉽게 적용할 수 있다.

## Acknowledgement

This work was partly supported by the ICT R&D pro-program of MSIP/IITP (No. 14911-01004, SDR Radar Sensor Platform Development).

## 참고문헌

[1] Z. Ru et al, "A 300 - 800 MHz Tunable Filter and Linearized LNA Applied in a Low-Noise Harmonic-Rejection RF-Sampling Receiver," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol.45, no.5, pp. 967 - 978, May 2010.