

# 소형 수신안테나용 광대역 Buffer amplifier 설계

오 현 중, 김 체 영, 이 우 성  
경북대학교 전자공학과 전자파연구실  
전화 : 053-940-8621 / 핸드폰 : 016-817-3430

## Design of Buffer amplifier for a small receiving antenna in broadband

Hyun-Jong Oh, Che-Young Kim, Wu-Seong Lee  
Dept. of Electronics Graduate School, Kyungpook National University  
E-mail : blue5h@hotmail.com

### Abstract

Mobile phone antenna needs a small size and light weight for carrying and handling. In case of receiving a wide band TV signal, it would be difficult to obtain a good impedance matching between the antenna and the circuit due to a large capacitive reactance of antenna. Buffer amplifier was established on the teflon( $\epsilon_r=3.38$ ,  $h=20\text{mils}$ ) substrate by using GaAs FET( CPY30 ) and Silicon RF Transistor( BFP540 ) produced by Infineon and experimented.

### I. 서론

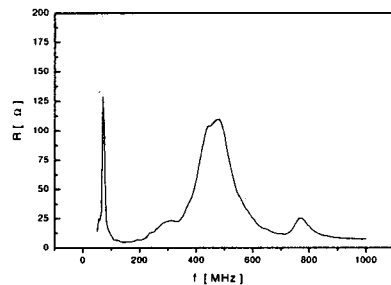
최근 무선통신 시스템의 소형화와 고성능화가 이루어짐에 따라 안테나의 소형화에 대한 요구가 끊임없이 이루어지고 있다. 안테나의 소형화 연구는 이동 통신이 실용화되면서 본격적으로 이루어졌으며, 안테나의 성능을 어느 정도 유지하면서 크기가 작은 안테나를 개발하고자 하는 연구가 진행중이다. 그러나 안테나를 소형화하면 입력 임피던스는 저항에다 큰 용량성 리액턴스로 된다. 이 때문에 리액턴스를 소거하여 정합을 취하기 위해 정합회로를 부가하게 되면 안테나의 대역폭이 좁아지게 되고 낮은 저항 특성 때문에 방사 효율은 낮아진다.

본 논문은 소형안테나의 광대역 특성을 위해 고 입력 저 출력 임피던스를 갖는 buffer amplifier를 설계하여 정합을 하지 않고 임피던스를 변환하여 수신 특성을 향상시키는 방법을 제안하였다.

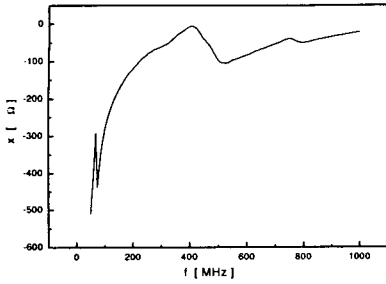
### II. 본론

#### 2.1 TV 수신안테나

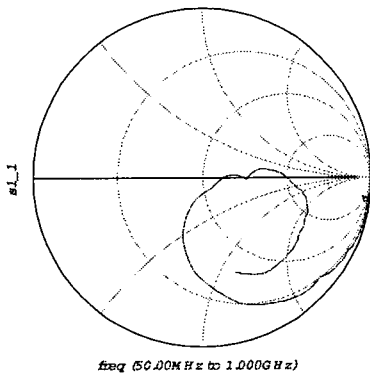
본 논문에서 사용된 TV 수신용 안테나의 50 - 1000MHz에 걸친 임피던스와 Network Analyzer에서 측정한 S11을 그림 1에 보였다.



(a) 안테나의 저항성분



리액턴스 성분



(c) Network Analyzer에서 측정된 S11

그림 1. 임피던스 및 S11

그림 1에서 안테나가 대략 200MHz이하에서 리액턴스 수치가 저항수치보다 크며, 이는 그 주파수대에서 소형 안테나로 동작함을 알 수 있다.

## 2.2 증폭기 설계의 기본 이론

본 논문에서 설계하고자 하는 Buffer amplifier의 주요 설계사양은 다음과 같다.

- 주 파 수 : 50 MHz - 700 MHz
  - 잡음지수 : 5dB 이하
  - 입력 임피던스  $\geq 10 * |Z_{ant}|$
  - 출력 임피던스 = 50 ohm
- 단,  $Z_{ant}$  = 안테나 임피던스

Buffer amplifier의 입력 임피던스가 안테나 입력 임

피던스 크기의 약 10 배 이상의 크기를 가지고 출력 임피던스는 50ohm으로 설계하므로 안정도와 잡음지수가 나빠진다. 안정도는 증폭기 설계에서 매우 중요하게 고려해야 할 사항이며 증폭기가 발진하지 않고 동작하기 위한 증폭기의 안정도는 S-파라미터에 의해 계산된다. 그림 2는 안정도 계산을 위한 회로이다.

(b) 안테나의

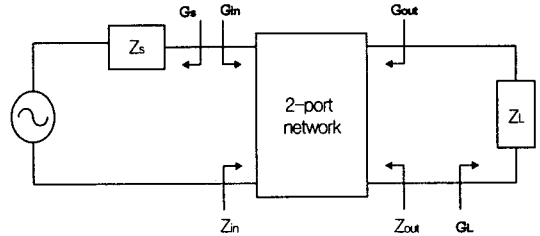


그림 2. 2-port network

그림 2에서 전원임피던스와 부하임피던스에 대하여  $|Γ_{in}| < 1$  이고  $|Γ_{out}| < 1$  인 회로망은 무조건부 안정하다. 2-port 회로망이 무조건부 안정하기 위한 필요충분조건은 안정계수 K와  $|\Delta|$ 로 나타낼 수 있는데,  $K > 1$ ,  $|\Delta| < 1$  일 때 증폭기는 무조건 안정하고, 그 외에는 잠재적 불안정하다. 따라서 안정계수 K와  $|\Delta|$  값은 아래 수식으로 나타낼 수 있다.

$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2 * |S_{12}S_{21}|} > 1$$

$$|\Delta| = |S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}| < 1 \quad (1)$$

증폭기가 잠재적으로 불안정할 때, 저항성 부하를 이용하여 무조건부 안정조건을 만들어준다. 저항성 부하를 이용하여 안정화 회로를 구성하는 방법은 크게 4가지가 있다. 저항성 부하를 능동소자의 입력 단 쪽에 직 병렬로 연결하여 구성하는 방법과 능동소자의 출력 단 쪽에 직 병렬로 연결하는 방법이 있다. 특히, 저항성 부하를 입·출력 단에 직렬로 연결하는 것은 잡음에 크게 영향을 미친다. 그리고 전체 잡음지수는 첫째 단에 영향을 많이 받으므로 첫째 단에는 트랜지스터를 잡음특성이 우수한 것을 사용하여야 한다. 그림 3은 일반적인 2단 증폭기 모델을 나타내고 있는데 각 트랜지스터가 갖는 잡음전력을  $P_n$ , 이득을  $G_A$  로 표시하고 있다.

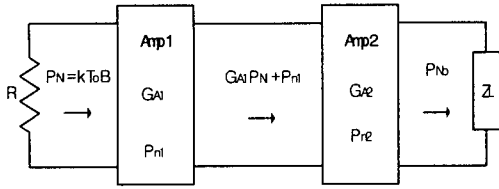


그림 3. 2단 증폭기의 잡음지수 모델

2단 증폭기의 잡음지수를 나타내 보면,

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_{A1}} \quad (2)$$

단,  $G_{A1}$  = 첫째 단에서의 이득

$F_1, F_2$  = 각 단의 잡음지수

위 식에서 알 수 있듯이, 첫째 단의 잡음지수가 전체 잡음 지수에 가장 많은 영향을 미치게 되므로 가능한 첫째 단의 잡음지수가 최소가 되도록 설계하여야 한다. [3]

### 2.3 Buffer amplifier 설계

Buffer amplifier가 휴대폰에 장착되기 위해서는 저전압, 저전류를 구동 점으로 하여야 하며, 입력임피던스와 안정도 그리고 이득을 고려하여 2단으로 구성하였다.

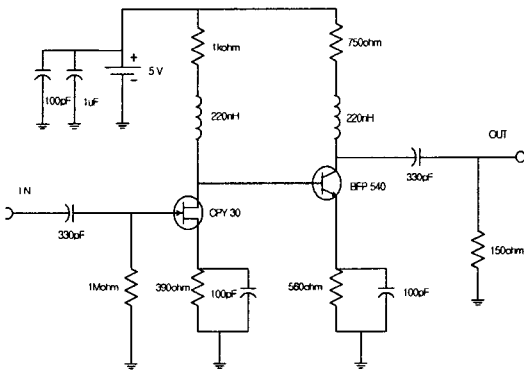


그림 4. buffer amplifier 회로도

그림 4에서 첫째 단 FET의 동작점을 낮춰 입력 임피

던스를 높였다. 둘째 단에서는 공통 에미터 증폭기로서 증폭기의 이득을 냈고 증폭기의 출력단에 저항성 부하를 병렬로 연결하여 전 주파수 대역에서 안정성을 도모하였다. 출력 임피던스는 50 ohm으로 설계하였다. 그림 5는 Buffer amplifier의 입 출력 임피던스의 크기를 나타냈다. [1][4]

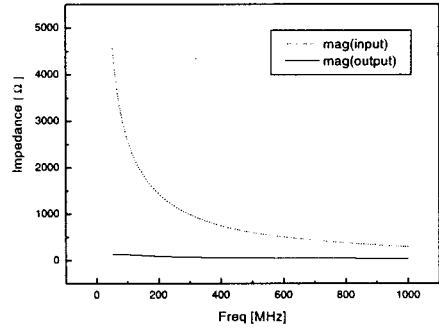


그림 5. buffer amplifier의 입 출력 임피던스 크기

회로의 첫째 단에는 Infineon사의 GaAs FET인 CFY30을 사용하였고, 둘째 단에 Silicon RF Transistor BFP540을 사용하였고, 기판은 Roger-4003 기판 ( $\epsilon_r = 3.38, H=20\text{mils}$ )을 사용하여 제작하였다.

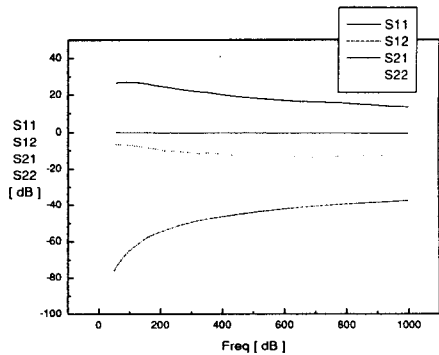


그림 6. s-parameter

그림 6은 측정된 S-parameter이다. 측정기는 Agilent8753c Network Analyzer를 사용하였다.

그림 7은 Agilent N8973A Noise Figure Meter를 사용하여 측정한 잡음지수와 circuit tool을 이용한 잡음지수의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 실제 제작한 buffer amplifier의 측정치는 시뮬레이션 결과치 보

다 약 0.7 - 1.2 dB 높다.

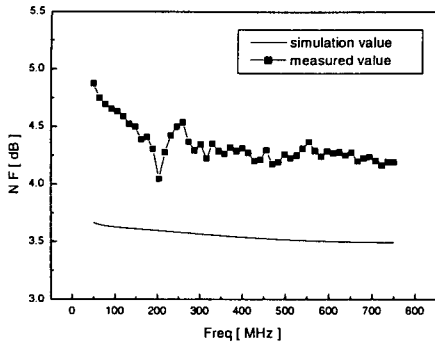


그림 7. 잡음지수의 측정치 및 이론치

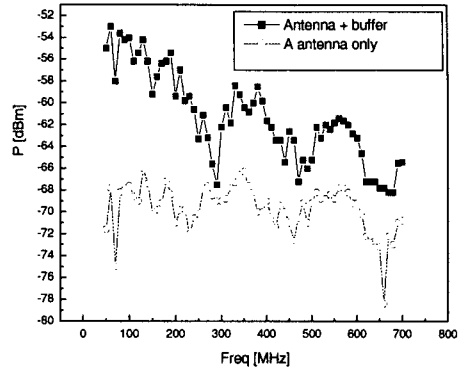


그림 9. 측정된 수신전력

을 알 수 있다.

### III. 수신 특성 측정

제작된 buffer amplifier를 휴대폰용 TV 안테나에 장착하여 수신 특성을 측정하였다. 무반사실에서 그림 8과 같이 송·수신안테나 사이의 거리를 5m로 하여 측정하였다. [2]

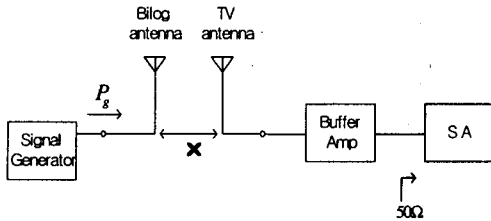


그림 8. 수신 특성 측정 블록도

도심지 건물 하에 수신기의 수신전력을 나타내기 위해 송신 안테나의 signal generator에서 -10dBm의 전력을 송신하였다. 그림 9는 수신안테나에서 buffer amplifier를 장착했을 때와 장착하지 않았을 때의 수신 전력을 나타낸다.

그림 9에서 보듯이 buffer amplifier를 장착했을 때가 그러지 않을 때보다 수신특성이 약 5 - 15dB 향상됨

### IV. 결론

본 논문에서는 TV 수신용을 위한 buffer amplifier를 제작하였다. 제작된 buffer는 Infineon사의 GaAs FET인 CFY30과 Silicon RF Transistor BFP540을 사용하였고, 유전율 3.38인 테프론 기판에 장착하였다. 측정결과 제안된 buffer amplifier 사용으로 인해 수신 특성이 5 - 15dB 개선됨을 확인하였다.

### 참고문헌

- [1] K. Fujimoto, J.R. James, Mobile Antenna Systems Handbook, Artech House, pp.293-303
- [2] Constatantine A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, pp.116-132
- [3] Guillermo Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design, pp.217-228, 295-322
- [4] M. Taguchi, T. Fujimoto, K. Tanaka, "CPW FED Active loop antenna for television receiver", Conference Publication NO.407 IEE 1995.