

지상파 DMB 용 능동 Small 안테나의 새로운 설계법

김동조*, 김완규, 이문규, 민상보, 유종원**
한국과학기술원 전기 및 전자 공학과

The Novel Design Method of an Active Small Antenna for T-DMB Application

D.Z.Kim^{*(1)}, W.K.Kim⁽¹⁾, M.Q.Lee⁽²⁾, S.B.Min⁽³⁾, and J.W.Yu^{** (1)}

(1) Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Deajeon, Korea

(2) The University of Seoul (UOS), Seoul, Korea

(3) Actenna Co., Seoul, Korea

E-mail: kdzgnh@kaist.ac.kr, drjwyu@ee.kaist.ac.kr

Abstract

The frequency band for T-DMB (terrestrial digital multimedia broadcasting) system in Korea is assigned to the VHF channel 7~13 (174MHz~216MHz) and channel 8 and channel 12 are used in Seoul. The length of the $\lambda/4$ monopole with an infinite ground is about 38cm to make a resonance at 200MHz. Generally, meander line, high dielectric constant material and parasitic elements have been used to reduce the large size of a T-DMB antenna. But, as the effective size of an antenna is reduced, the bandwidth is getting narrower. So, these passive small antennas can not cover the wideband of T-DMB.

In this work, the wideband active small antenna is proposed. We integrated the 5cm short monopole with LNA (low noise amplifier) for the mobile application. To obtain the wideband characteristic, we used the dummy antenna, which is the 2-port equivalent circuit of real antenna.

I. 서론

한국의 지상파 DMB 의 주파수 대역은 174MHz~216MHz 까지 VHF 채널 7~13 대역으로 약 20%의 대역폭을 가진다. 이 대역의 중심주파수인 195MHz 근처에서 공진시키기 위한 $\lambda/4$ 모노폴 안테나의 길이는 약 40cm 이다. 무한그라운드에서 $\lambda/4$ 모노폴 안테나는 VSWR<2 인 곳

에서 Bandwidth 가 10% 정도이며, 제한된 그라운드에서는 이보다 더 협대역 특성을 보인다. 이러한 안테나의 크기의 문제 때문에 안테나를 Helical, Meander 형태로 꼬기도 하고, 고유전체 또는 Lumped 소자를 추가하여 크기를 줄이려는 노력이 계속되고 있으나, 안테나의 Effective Length 가 줄면 대역폭도 줄어들기 때문에 이러한 50 옴 임피던스에서 공진하는 Passive Antenna 로 TDMB 대역 전체를 커버하기에 한계가 있다. 안테나를 50 옴에서 설계하는 이유는 범용으로 사용하는 LNA 의 입력 임피던스가 50 옴으로 설계되어있기 때문이다.

본 논문에서는 50 옴으로 설계된 Passive Antenna 가 아닌, 제안된 구조의 5cm 안테나의 임피던스에 LNA 의 입력 임피던스를 맞춰 통합적으로 LNA 를 설계함으로써 T-DMB 대역을 커버하는 Small Active Antenna 를 제안한다.

II. Small Antenna

그림 1 은 길이가 $\lambda/32$ 이고 반지름이 a 인 Cylindrical Short Monopole Antenna 이다. $\lambda/32$ Short 안테나는 전류분포가 sine 파가 아닌 linear 하게 삼각형처럼 분포하기 때문에, 충분한 Ground 를 갖는 Short Monopole Antenna 의 입력 임피던스는 아

래 수식(1)과 같이 나타낼 수 있다. [1]

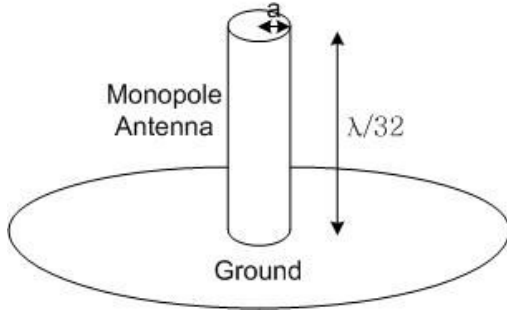


그림 1. $\lambda/32$ Short Monopole Antenna

수식 (1)

$$Z_{in_monopole} = 0.5 \cdot \left(20(kl)^2 - j120(kl)^{-1}(\ln 2l/a - 1) \right)$$

($k = 2\pi/\lambda$, l =안테나 높이, a = 안테나 반지름)

수식(1)에서처럼 안테나의 높이 l 이 작으면 Radiation 저항인 Real Impedance 는 작아지고, Imaginary Impedance 는 커지게 된다. 또한 안테나의 반지름의 길이 a 가 커지면 Imaginary Impedance 성분은 작아진다. 만약 반지름 a 가 0.5cm 이고, 높이 $l=5$ cm 인 Short Monopole Antenna 가 있다면 안테나의 입력 임피던스는 $0.384-j612$ 가 된다.

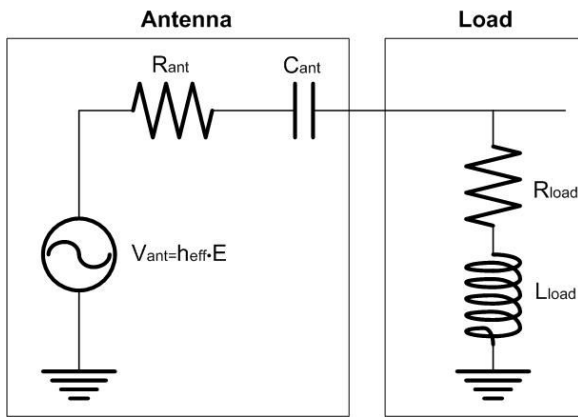


그림 2. Short Monopole 전압신호 전달 모델링

그림 2 는 Short Monopole Antenna 의 전압신호전달을 보여주기 위한 안테나와 Load 를 모델링한 그림이다.

Short Monopole Antenna 는 Effective Length 인 h_{eff} 의

크기에 비례하여 전압신호를 수신한다. Short Monopole Antenna 는 위의 수식(1)에 의해 R_{ant} 와 C_{ant} 으로 등가 모델링 할 수 있다. 최대전압신호를 전달하기 위해 Conjugate Matching 에 가깝도록 Load 의 Impedance 를 R_{load} 와 L_{load} 로 가정하면, Antenna 에서 Load 로 전달된 전압신호의 크기 V_{load} 은 아래 수식(2)와 같다.

수식 (2)

$$V_{load} = V_{ant} \times \frac{(R_{load} + j\omega L_{load})}{(R_{ant} - j/\omega C_{ant}) + (R_{load} + j\omega L_{load})}$$

수식(2)에서처럼 최대 V_{load} 를 얻기 위해 분모에서

C_{ant} 을 상쇄시켜줄 Load 의 적절한 L_{load} 가 선택되어야 한다. 이 L_{load} 은 LNA 의 입력 임피던스와 관련이 있다.

III. Active Antenna 설계

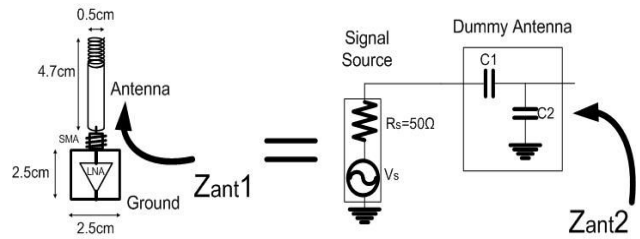


그림 3. 제안된 안테나 구조와 등가 2-포트 네트워크 변환 (Dummy antenna)

그림 3 은 제안된 Small Antenna 의 구조와 이 안테나의 등가 2-포트 네트워크인 Dummy Antenna 로 변환한 그림이다. 안테나의 입력 임피던스 Z_{ant_1} 과 Dummy Antenna 의 입력임피던스 Z_{ant_2} 가 같도록 C1, C2 의 값을 선정한다. 제안된 안테나의 입력 임피던스

Z_{ant_1} 는 $5-j200\Omega$ 으로 측정되었다.

Gain 은 약 7~12dB 정도 된다고 볼 수 있다.

IV. 측정 결과

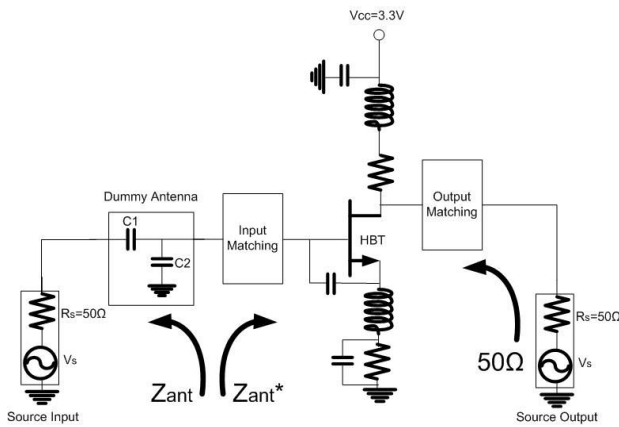


그림 4. Dummy Antenna 를 사용한 LNA 의 입력 임피던스 매칭부 설계

그림 4 는 Dummy Antenna 를 사용하여 제안된 Small 안테나의 임피던스에 맞게 LNA 의 입력 임피던스를 맞춰 Co-Design 하는 방법을 나타낸다. 이 방법을 통해 안테나의 영향이 고려된 LNA 의 S21 과 Noise Figure 를 시뮬레이션 할 수 있다.

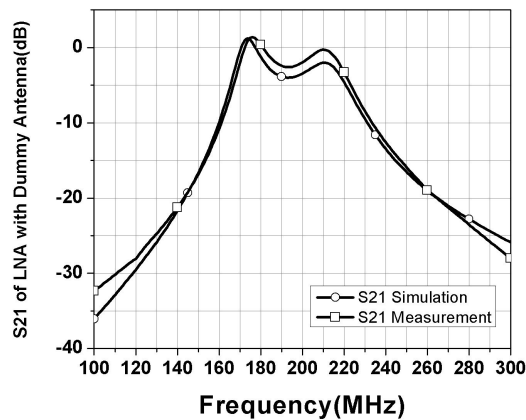


그림 5. Dummy Antenna 를 사용한 2-포트 S21 시뮬레이션(ADS) 과 Network Analyzer S21 측정결과

그림 5 는 Dummy Antenna 를 사용하여 ADS 시뮬레이션한 S21 의 결과와 Network Analyzer 를 사용하여 측정한 S21 의 결과의 비교이다. T-DMB 대역에서 Dummy Antenna 를 사용하여 측정된 S21 은 약 -3~2dB 이다. 이는 Dummy Antenna 의 임피던스 변환을 고려한 순수 삽입손실이 약 -10dB 정도 되기 때문에 Amplifier 의



그림 6. 제안된 Active Small Antenna

그림 6 은 제안된 Active Small Antenna 의 사진이다. 안테나의 길이는 5cm 이다.

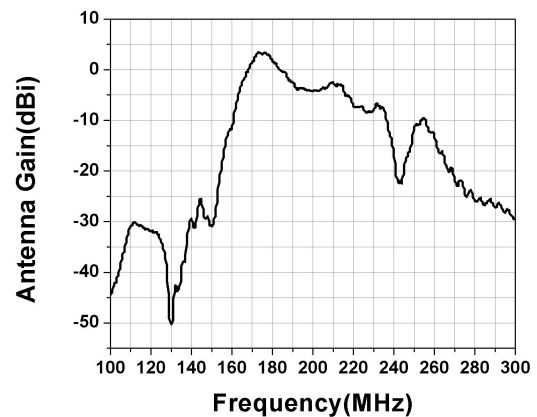


그림 7. 제안된 Active Antenna 의 Antenna Gain (@RBW: 100kHz)

그림 7 은 제안된 Active Antenna 의 Antenna Gain 을 측정한 그래프이다. T-DMB 대역에서 Antenna Gain 은 약 -4~3dBi 이다.

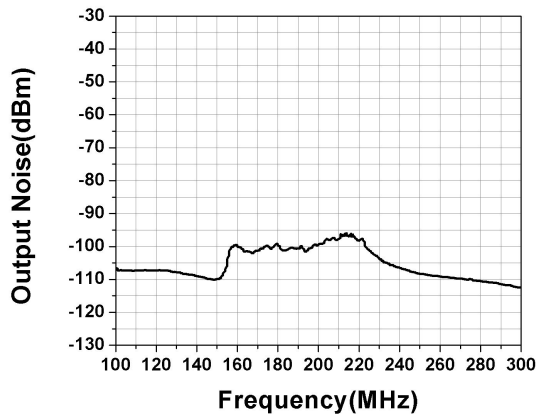


그림 8. Anechoic Chamber 에서 측정된 제안된 Active Antenna 의 Output Noise Level (@RBW: 100kHz)

그림 8은 Anechoic Chamber 에서 측정한 Output Noise Level 이고 TDMB 대역에서 약 -150dBm/Hz 의 값으로 측정되었다. 이 Output Noise Level 측정에 사용된 Anechoic Chamber 가 200MHz 근처에서 확실한 Shielding 을 못해주기 때문에 그림 8 의 그래프는 Thermal Noise Level 에 LNA 의 Gain 과 NF 가 더해진 Level 에 Anechoic Chamber 의 Background Noise Level 이 추가된 결과이다. 따라서 Background Noise Level 이 -150dBm/Hz 보다 높은 도심지역에서는 제안된 Active Antenna 의 Output Noise 는 TDMB 시스템의 SNR 에 크게 영향을 주지 않을 것이다.

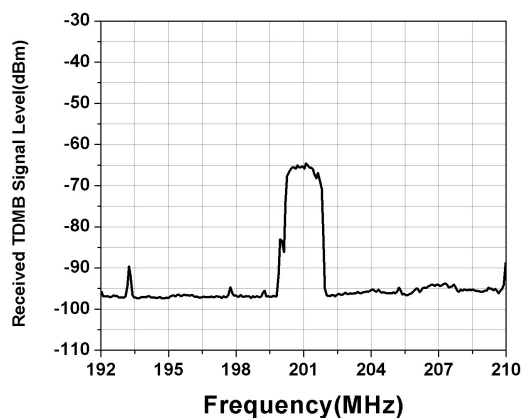


그림 9. 대전에서 제안된 Active Antenna 를 수신된 TDMB 방송신호 와 배경 잡음 레벨 비교 (@RBW: 100kHz)



그림 10. 제안된 Active Antenna 를 사용하여 수신된 TDMB 방송화면

그림 9 는 대전 KAIST 건물 속에서 제안된 Active Antenna 로 수신된 T-DMB 방송신호와 배경잡음의 레벨이다. 그림 10 은 제안된 Active Antenna 를 사용하여 차량에서 수신한 T-DMB 방송 화면이다.

V. 결론

본 논문에서는 단말기용 또는 차량용 T-DMB 수신을 위한 안테나의 길이가 5cm 의 Small Active Antenna 를 제안하였다. Antenna Gain 은 약 $-4\sim 3\text{dBi}$ 이고, Output Noise Level 은 약 -150dBm/Hz 이다. 수신성능은 대전과 서울지역의 필드테스트를 통해 검증되었다.

참고문헌

- [1] Andrey S. Andrenko, "Impedance matching in active integrated antenna receiver front end design," *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, vol.10, no. 1, Jan. 2000.
- [2] R.A.Burberry, "VHF and UHF Antennas", Peter Peregrinus Ltd. On behalf of the institution of Electrical Engineers