

CATV/DBS용 신호분기기의 새로운 해석법 및 광대역 설계

김 동 일* · 황 재 현* · 류 현 옥* · 하 도 훈* · 정 세 모**

A New Analysis Method and Broad-Band Design of Tap-Offs for CATV/DBS Systems

Dong Il Kim* · Jae Hyun Hwang* · Hyun Wook Ryu* · Do Hoon Ha* · Se-Mo Chung**

Abstract

A new analysis method of Tap-Offs for CATV and DBS systems was proposed and investigated by using 4-port and 3-port equivalent circuits. As an analysis method the even-odd-mode theory for a symmetrical coupled-line directional coupler was introduced, and then it was applied to transformer type directional coupler. By comparing the results of simulation and measurement, the validity of the proposed analysis method was confirmed. Furthermore, the Tap-off has been broadened from 5 MHz to 2,450 MHz by adopting the proposed theory.

I. 서 론

CATV는 광대역 특성을 이용하여 다양한 방송과 문자 및 정보서비스 기능을 제공하는 등 종합유선방송으로 발전하고 있으며, 그 기술적인 요구도 더욱 엄격해지고 있다. CATV 시스템의 중요한 기본소자로는 신호분기기(Tap-Off or Tap Unit) 및 신호

* 한국해양대학교 공과대학 전과공학과

** 한국해양대학교 해사대학 해사수송과학부

※ 본 연구는 1998년도 정보통신연구진흥원의 대학기초 연구지원사업(C1-98-0353)의 연구지원에 의하여 수행되었습니다.

분배기(Power Splitter)가 있으며, 이들이 불량할 경우, Ghost 현상이나 화면의 찌그러짐, 전송정보의 손실, 채널확대의 한계 등이 생기게 된다.

최근 신호분기기 회로에 대한 이론해석 및 설계법이 검토된 바 있으나, 실제 제작되어 시판되고 있는 Tap-Off는 특성이 불량하고, 주파수 특성이 일정하지 못하며, 대역폭이 5~600 MHz 이내이다. 이에 따라 정보를 양호하게 전송하는데 문제가 되고 있다. 현재 DBS(Direct Broadcasting Satellite)의 확대와 가입자의 증대, 다채널 영상서비스와 부가정보통신 서비스의 확대로 사용주파수 대역폭이 유럽의 경우 CATV는 5~770 MHz, DBS는 1,035~2,150 MHz이고, 일본의 경우 CATV는 10~770 MHz, DBS는 950~2,150 MHz로 확장되었다.

본 논문에서는 새로운 해석법으로 결합선로형 방향성결합기의 완전정합조건인 $Z_0 = \sqrt{Z_{in}^e \cdot Z_{in}^o}$ 을 변성기형 방향성결합기에서도 성립되는 것을 확인함으로써 특성이 양호해지는 변성기형 방향성결합기의 조건을 구하고, 반사계수 20 dB, isolation 25 dB를 만족하는 신호분기기(14dB)의 광대역화(5~2,450 MHz)를 실현하였다.

II. 우·기 모드 해석법의 적용

II-1 결합선로형 방향성결합기의 이론

결합선로형 방향성결합기의 이론을 변성기형 방향성결합기에 적용하기로 한다. 그림 1과 2는 두축 대칭이지만 변성기형 방향성결합기의 해석에 적용하기 위해 한축 대칭으로 간주하여 해석한다.

그림 2에서 Even·Odd mode 여진시의 각 입력임피던스를 Z_{in}^e , Z_{in}^o 라 하면,

$$Z_0 = \sqrt{Z_{in}^e \cdot Z_{in}^o} \quad (2.1)$$

일 때 $Z_{in} = Z_0$ 가 되어 포트1은 정합되며, 대칭성에 의해 다른 모든 포트도 정합된다 [1]. 이 결과를 변성기형 방향성결합기에 적용하기로 한다.

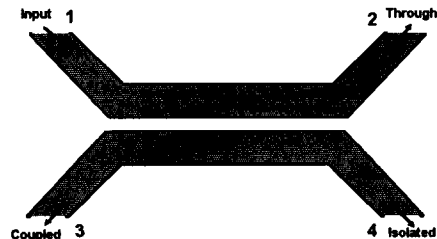


그림 1. 결합선로형 방향성결합기의 구조

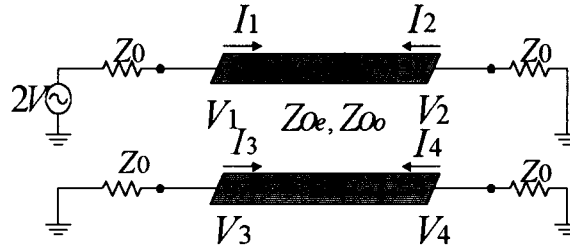


그림 2. 결합선로형 방향성결합기의 등가회로

II-2 4-port 회로망의 우·기 모드 해석법

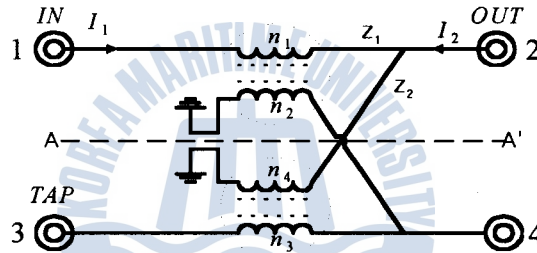


그림 3. 변성기형 방향성결합기의 등가회로

그림 3은 회로의 특성에 크게 영향을 주지 않는 콘덴서를 제거한 변성기형 방향성결합기의 등가회로이다[2].

그림 4는 제안한 변성기형 방향성결합기의 등가회로이다. 그림 4에서 보는 바와 같이 A-A'를 기준으로 한축 대칭으로 간주하자. 대칭성을 이용하여 Even과 Odd mode의 경우로 해석을 하면 식(2.2)와 식(2.3)과 같다[3].

$$\Gamma_{1,in}^e = \frac{Z_{1,in}^e - Z_L}{Z_{1,in}^e + Z_L} \quad \Gamma_{1,in}^o = \frac{Z_{1,in}^o - Z_L}{Z_{1,in}^o + Z_L} \quad (2.2)$$

$$\Gamma_{2,in}^e = \frac{Z_{2,in}^e - Z_L}{Z_{2,in}^e + Z_L} \quad \Gamma_{2,in}^o = \frac{Z_{2,in}^o - Z_L}{Z_{2,in}^o + Z_L} \quad (2.3)$$

식 (2.2), (2.3)에서 구한 반사계수를 사용하여 구한 산란파라미터는 식 (2.4)~(2.6)과 같다.

$$S_{11} = 20 \log \left| \frac{\Gamma_{1,in}^e + \Gamma_{1,in}^o}{2} \right| = 20 \log \left| \frac{Z_{1,in}^e \cdot Z_{1,in}^o - Z_L^2}{(Z_{1,in}^e + Z_L)(Z_{1,in}^o + Z_L)} \right| \quad (2.4)$$

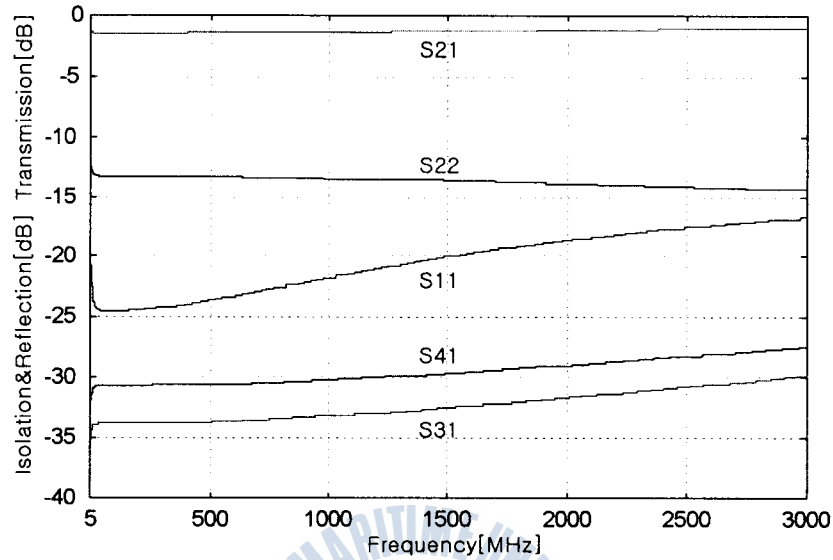


그림 6. 4-Port 등가회로 해석법에 의한 주파수특성

(2) 3-port 등가회로의 시뮬레이션

그림 7은 II-3에 기술한 3-port 등가회로로부터 얻은 산란파라미터를 나타낸다. 그림으로부터 4-port 회로망의 문제점이 해결됨을 확인할 수 있다.

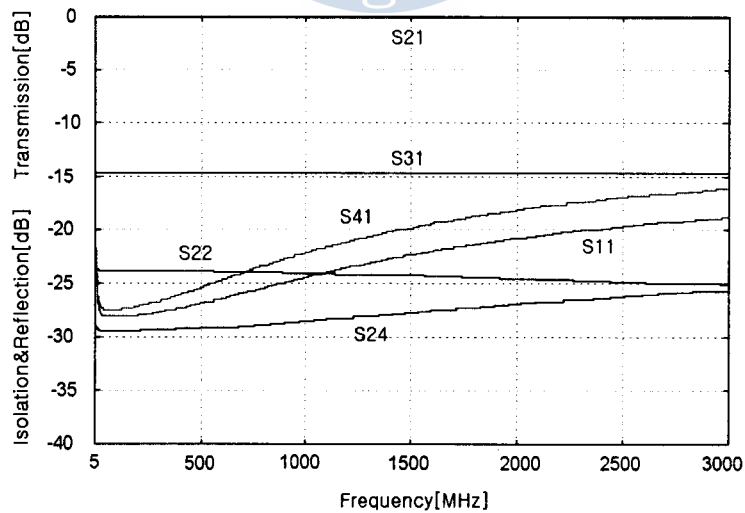


그림 7. 3-Port 등가회로 해석법에 의한 주파수특성

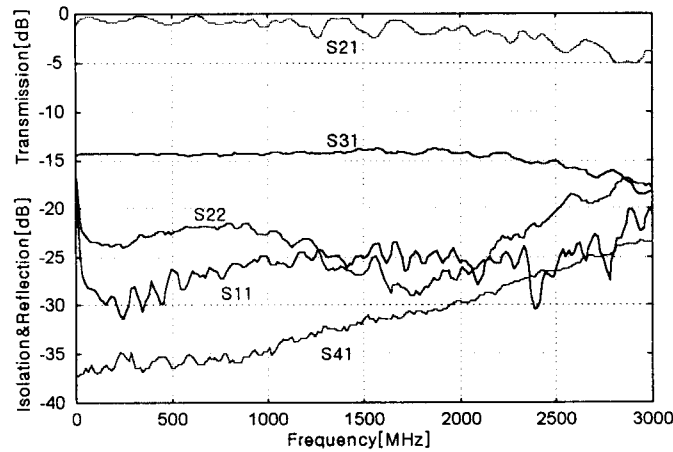


그림 8. 측정된 Even · Odd mode 반사계수와 투과계수로부터 얻은 주파수특성

그림 8은 Even 모드 여진시의 측정된 Γ_1^e , Γ_2^e , Odd 모드 여진시 측정된 Γ_1^o , Γ_2^o , 그리고 T_1^e , T_1^o 에 의해 계산된 산란파라미터이다.

III-2 실험 결과

그림 9는 내부 전송선로를 Microstrip Line으로 구성하여 제작한 신호분기기의 사진이다. Microstrip Line의 선로폭은 특성임피던스가 75Ω 일 때 식 (3.1)[5]에 의해 계산되며, 이때, 유전율 $\epsilon_r=3$ 인 기판을 사용하였다.



그림 9. 전송선로가 Microstrip Lines로 구성된 신호분기기
(microstrip width = 0.63 mm, $\epsilon_r=3$)

$$Z_0 = \frac{120\pi/\sqrt{\epsilon_{ff}}}{W/h + 1.393 + 0.667 \ln(W/h + 1.444)}$$

$$\epsilon_{ff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-1/2} \quad (3.1)$$

그림 10은 내부전송선로가 Microstrip Line으로구성된 신호분기기를 제작하여 주파수 5 MHz~3,000 MHz에서 이론치와 실험치를 비교, 검토하였다. 연구목표로 하고 있는 5 MHz~2,450 MHz까지의 주파수대를 검토해보면 삽입손실, 반사손실, 결합계수가 아주 우수한 특성을 나타내고 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 일반적인 변성기를 회로이론적인 등가회로로 제시하였고, 결합선로형 방향성결합기 이론을 변성기형 방향성결합기에 적용하여 새로운 해석법을 제시하였으며, 이를 4-port와 3-port 등가회로를 구성하여 even·odd-mode 이론에 입각한 시뮬레이션 및 실험을 통하여 타당성을 입증하였다. 제안한 해석법을 이용하면 실제의 Tap-offs를 제작할 때의 다수의 산란파라미터를 회로망 분석기상에서 관측하지 않고, even과 odd 모드만을 관측하여 성능개선 및 미조정을 할 수 있으므로 시간과 인력을 절감하는 효과를 얻을 수 있다.

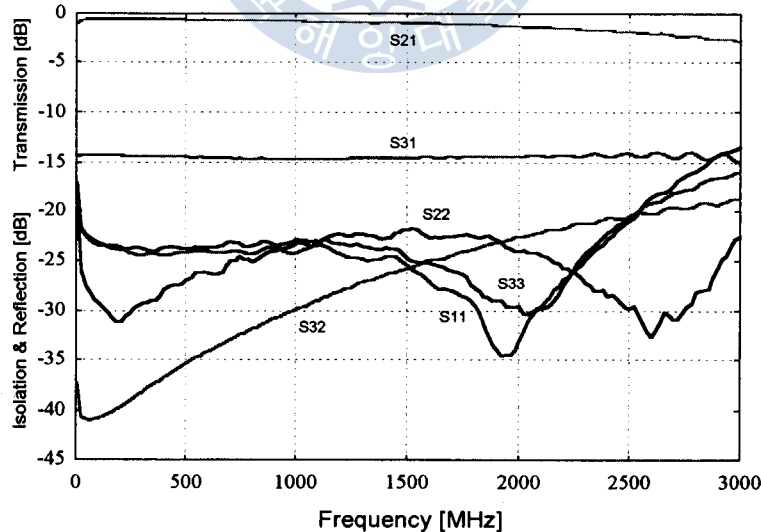


그림 10. 14.7dB 결합도를 가지는 신호분기기의 측정된 주파수특성

나아가서, 제작된 변성기형 방향성결합기의 결합도, 반사계수 및 격리도가 5 MHz

~ 2,450 MHz에서 양호한 특성을 나타내는 것을 확인함으로써 광대역화가 실현되었다.

참 고 문 헌

- [1] David M. Pozar, Microwave Engineering, Addison-Wesley, 1990.
- [2] Dong Il Kim, Kyeong Sik Min, Se-Mo Chung, "A study on the Fine Adjusting Method of Tap-off for CATV Trans-mitting Circuit Using Coupled Line Theory," Journal of the Korean Institute of Telematics and Electronics, vol. 31-A, no. 6, Jun. 1994.
- [3] Dong Il Kim, Michiharu Takahashi, Kiyomichi Araki, Yoshiyuki Naito, "Optimum Design of the Power Dividers with Ferrite Toroids for CATV and/or MATV Systems," IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. CE-29, no. 1, pp. 27-38, Feb. 1983.
- [4] Y. Natio, "Formulation of Frequency Dispersion of Permeability," Trans. IECE, vol. 59-c, pp.297-304, May. 1976.
- [5] Guillermo Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers : Analysis and Design, Prentice Hall, 2nd ed. 1997

