

안테나 임피던스에 따른 실시간 지연 회로의 Group delay variation 분석

◦ 윤민영, 남상욱

서울대학교 전기공학부 뉴미디어통신연구소

◦ ymy@ael.snu.ac.kr, snam@snu.ac.kr

I. 서론

위상 배열 안테나에서 위상 변위기를 사용하게 되면 빔-편이(beam-squint) 현상으로 인해 협대역으로 동작하는 단점이 있다. 실시간 지연 회로는 이러한 문제를 해결하여 광대역으로 빔조향을 가능하게 하므로 활발히 연구되고 있다 [1].

위상 배열 안테나에서 실시간 지연회로를 사용할 때 안테나 앞단에 보통 위치하게 된다. 이 때 안테나 임피던스는 주파수에 따라 급격히 변하게 되기 때문에 이에 따른 영향을 고려해 주어야 한다. 본 논문에서는 부하 임피던스에 따른 group delay variation 을 분석하였다.

II. 본론

그림 1에서 볼 수 있듯이 실시간 지연회로를 Z_0 의 임피던스를 갖는 전송 선로로, 안테나는 해당 전송 선로에 부하 임피던스로 표현할 수 있다.

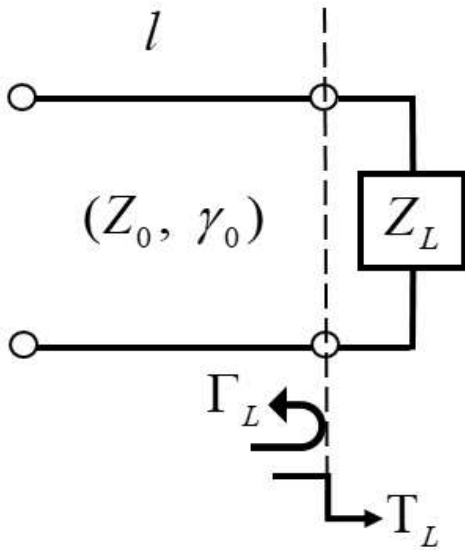


그림 1. 부하 임피던스가 달린 전송선로 모델

이 때 S_{21} 은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$S_{21} = T_L e^{-\gamma_0 l} = \frac{2Z_L}{Z_L + Z_0} e^{-\gamma_0 l} = \frac{2(R(\omega) + jX(\omega))}{R(\omega) + jX(\omega) + Z_0} e^{-\gamma_0 l}$$

여기서 S_{21} 의 위상은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\angle S_{21} = -\beta_0 l + \tan^{-1} \left(\frac{2Z_0 X(\omega)}{2R^2(\omega) + 2R(\omega)Z_0 + 2X^2(\omega)} \right)$$

그러므로 그림 1 모델의 전체 group delay는 다음과 같이 S_{21} 의 위상을 미분함으로써 구할 수 있다 [2].

$$T_{GD} = -\frac{\partial \angle S_{21}}{\partial \omega} = \frac{\partial \beta_0}{\partial \omega} l + \frac{\partial \left(\tan^{-1} \left(\frac{2Z_0 X(\omega)}{2R^2(\omega) + 2R(\omega)Z_0 + 2X^2(\omega)} \right) \right)}{\partial \omega}$$

이 식에서 첫 번째 항은 전송선로의 지연시간이고 두 번째 항이 안테나 임피던스에 의한 group delay variation이다. 두 번째 항의 미분을 하게 되면 안테나의 resistance 값과 reactance 값의 주파수에 따른 변화가 group delay에 영향을 줄 수 있다는 것을 알 수 있다. 그러므로 실시간 지연회로를 필요로 하는 광대역 안테나 시스템 설계에서 안테나 단과 실시간 지연회로 단의 연결에서 오는 group delay 특성 저하는 반드시 고려되어야 한다.

III. 결론

본 논문에서는 광대역 안테나 시스템에 반드시 필요한 실시간 지연회로의 안테나 단과의 연결에서 오는 영향을 분석하였다. 안테나 임피던스의 주파수에 따른 변화가 group delay에 영향을 줄 수 있다는 것을 수식으로 확인하였다. 실제 제작하는 안테나의 임피던스 특성은 주파수에 따라 매우 빠르게 변하고 제작 과정에서 각 안테나마다 조금씩 달라지기 때문에 이러한 group delay variation 은 피하기 힘들고 분석을 통한 성능 저하 최소화가 필요하다.

Acknowledgement

“본 연구는 광주과학기술원 전자전특화연구센터를 통한 방위사업청과 국방과학연구소 연구비 지원으로 수행되었습니다.”

참고문헌

- [1] M. Longbrake, “True time-delay beamsteering for radar”, NAECON, pp.246-249, July 2012.
- [2] D. M. Pozar, Microwave Engineering, Third Edition, John Wiley & Sons, 2005.