

골판지 기판 위에 설계된 초고주파 윌킨슨 전력분배기

조성희*, 채민기*, 이승민*, 구서*, 임종식*, 한상민**, 안달*

*순천향대학교 전기공학과

**순천향대학교 정보통신공학과

e-mail:paransim@gmail.com

A Microwave Wilkinson Power Divider Designed on a Corrugated Cardboard Substrate

Sunghee Cho*, Minki Chae*, Seungmin Lee*, Seo Koo*,

Jongsik Lim*, Sang-Min Han**, and Dal Ahn*

*Dept. of Electrical Engineering, Soonchunhyang University

**Dept. of Information and Communication Engineering, Soonchunhyang University

요약

초고주파 대역 윌킨슨 전력분배기를 골판지 기판위에 설계하였다. 골판지는 일상생활에서 너무 흔하게 찾아볼 수 있는 재료로 비유전율이 공기와 가까운 값을 가지고 있다. 무선시스템 구성을 위한 각종 초고주파 대역 회로들은 프로토타입 제작을 위해서만도 상당한 시간과 비용을 요구한다. 그러나 골판지 기판을 이용하면 무선시스템을 위한 시제품 회로나 연구개발과정에서 획득한 새로운 아이디어가 가미된 프로토타입 회로를 신속하게 저가로 제작하여 그 성능을 검증할 수 있다. 본 논문에서는 하나의 예로써, 일상생활에서 쉽게 구할 수 있는 골판지를 마이크로파 회로설계의 유전체 기판으로 설정하고 여기에 윌킨슨 전력분배기를 설계한다.

1. 서론

통신, 방송 및 각종 데이터 서비스를 위한 초고주파 대역 무선 시스템은 초고주파 대역 회로들로 구성된 하드웨어 장비를 필수적으로 요구한다. 무선시스템을 구성하는 개별 초고주파 회로들은 유전체 기판을 기반으로 하여 적합한 전송선로로 구성된 정합선로들로 구성된다[1,2]. 유전체 기판상에 어떤 회로를 구현하기 위해서는 비교적 고가이면서도 많은 노력과 시간이 필요한 시제품 회로 제작단계를 거쳐야 한다. 어떤 새로운 회로적 아이디어를 검증하기 위하여 신속하고 저렴하게 구현할 필요가 있는 경우에도 상당한 비용과 시간을 투입해야 한다.

이에 비하여 주변에서 쉽게 구할 수 있는 골판지를 기판으로 사용하게 되면, 새로운 회로나 아이디어에 대한 프로토타입(prototype) 제작이 용이하므로 비용과 시간을 크게 줄일 수 있다. 따라서 연구개발 과정에서 산출되는 다양한 시험적 아이디어의 검증이 매우 용이하다.

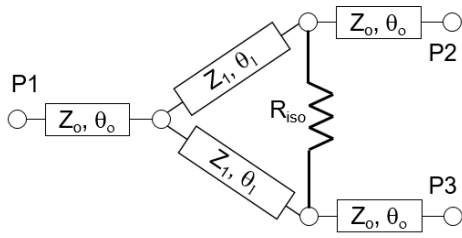
종이 재질을 이용한 안테나의 설계 사례가 이미 발표된 적이 있기는 하지만 관련 분야의 연구가 활발하지 않았고, 또한 초고주파 무선회로 설계를 위한 응용사례는 아직 거의 연구되지 않은 상태이다[3,4]. 이에 본 연구에서는 한 예로써 골판지 기판상에 무선시스템용 초고주파 대역 윌킨슨 전력분배기

를 설계하고자 한다.

2. 초고주파 윌킨슨 전력분배기

윌킨슨 전력분배기는 무선서비스용 하드웨어 시스템 구성에서 매우 빈번하게 사용되는 회로소자 가운데 하나이다. 이 회로의 기본 구조는 그림 1과 같다[5,6]. 윌킨슨 전력분배기에 대한 자세한 이론적인 고찰은 많은 문헌에서 참고할 수 있으므로 본고에서는 생략하고자 한다.

윌킨슨 전력분배기 구조에 필요한 전송선로의 길이와 각 부분별 특성 임피던스를 표 1에 정리하였다. 여기서 입출력 단자에 해당하는 50Ω 전송선로의 길이(θ_0)는 필요에 따라 얼마든지 확장 또는 단축이 가능하므로 특정한 값으로 설정할 필요는 없다. 이 구조의 회로를 설계한 후 실제로 제작하기 위해서는 초고주파 회로용 기판(substrate)에 필요한 전송선로 패턴을 구현해야 한다. 시제품 회로의 제작 과정에서 다소의 비용과 시간적인 손실이 소모됨은 어쩔 수 없이 겪어야 하는 단계이다. 그런데 새로운 아이디어에 대한 검증 차원 목적에서, 또는 비용과 시간 절약이 절실한 소규모 연구실 및 대학실험실 수준에서, 시제품 설계 및 제작이 수시로 이루어지는 상황이라면 좀 더 신속하고 저렴한 프로토타입(prototype) 회로 제작이 요구된다.



[그림 1] 윌킨슨 전력분배기의 기본 구조

[표 1] 윌킨슨 전력분배기의 기본구조에 필요한 전송선로 정보

회로 구성 요소	임피던스 값(Ω)	전기적 길이	비고
단자 연결선로	$Z_0=50$	$\Theta_0=\text{arbitrary}$	단자 연결
정합선로	$Z_1=70.7$	$\Theta_1=90^\circ$	@중심주파수
격리저항	$R_{iso}=100$	N/A	$=2Z_0$

3. 골판지 기판상에 설계된 전력분배기

그림 1과 같은 윌킨슨 전력분배기 회로를 설계하기 위하여 주변에서 널리 사용되는 골판지 기판을 선정하였다. 일상생활에서 다양한 두께의 골판지가 사용되는데 본 연구에서는 3mm 두께의 기판을 사용하였다. 골판지의 내부 구조에 대한 전자기적 시뮬레이션(electromagnetic simulation)을 실시하고, 초고주파 대역 전송선로의 설계 이론을 적용한 결과, 골판지 기판의 비유전율(permittivity, relative dielectric constant, ϵ_r)이 1.3 근처임을 얻었다.

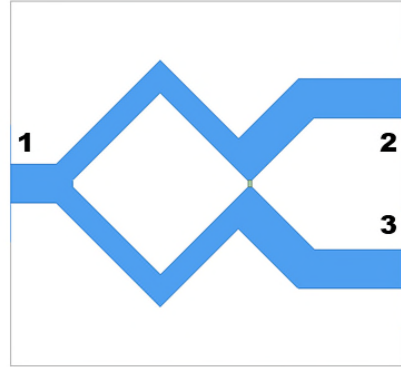
이제 비유전율이 1.3이고 두께가 3mm인 유전체 기판을 이용하여 필요한 전송선로의 길이와 선폭을 결정하는 과정으로 전환된다. 널리 알려진 전송선로의 설계 이론과 전자기적 시뮬레이션을 통하여 중심주파수 1GHz에서 50Ω 마이크로스트립 선로의 선폭과 $\lambda/4$ 의 길이는 각각 12.58mm와 67.51mm이다. 또한 70.7Ω 선로에 대해서는 각각 7.4mm와 67.9mm이다. 그림 1에 보인 전기적 길이 Θ_1 에 해당하는 물리적 길이가 바로 67.9mm이다.

위와 같이 설계한 골판지 기판상의 마이크로스트립 전송선로를 이용하여 그림 2와 같이 1GHz 윌킨슨 전력분배기의 레이아웃을 설계하였다. 단자(port) 1은 입력단자이고, 단자 2와 3이 두 출력단자이다. 두 출력 단자 사이에는 100Ω의 격리저항(isolation resistor)이 연결된다.

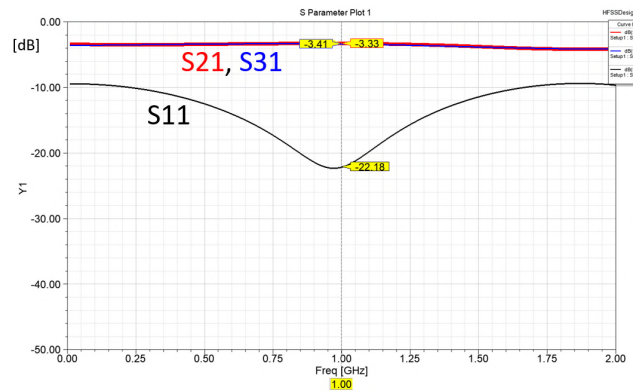
이제 전자기 시뮬레이터인 HFSS(high frequency structure simulator)로 설계한 윌킨슨 전력분배기의 S-파라미터 특성을 살펴보자. 먼저 그림 3에 두 출력단자에 나타나는 전력분배비와 입력 단자 정합도가 나타나 있다. 이론적인 분배비인 -3.03dB보다 미미한 손실이 발생한 상태지만 두 출력단자에서 거의 정확한 1/2의 분배 특성이 보이고 있다. 단자 정합도는 -20dB 미만으로 양호한 특성을 보이고 있다.

그림 4는 두 출력단자에서의 위상 특성을 보여주고 있다.

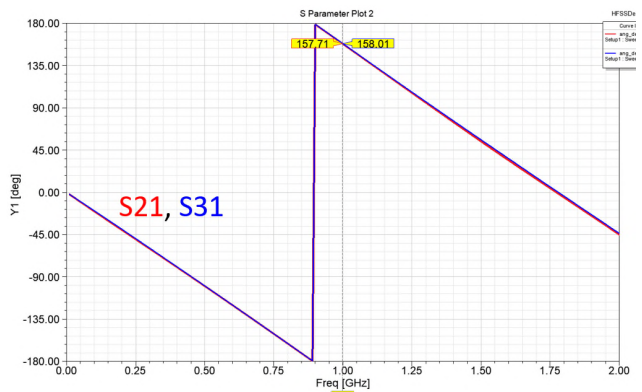
입력단자 1에서 두 출력단자 2와 3으로의 경로는 이론적으로 완전히 동일하므로 위상이 같아야 하며, 위상차는 0도여야 한다. 그림 4는 두 출력단자에서의 신호의 위상이 같으므로 결과적으로 위상차가 0도임을 보여주고 있다.



[그림 2] 골판지 기판상에 설계한 윌킨슨 전력분배기의 레이아웃



[그림 3] 설계한 윌킨슨 전력분배기의 전자기적 시뮬레이션에 의한 S-파라미터 특성(전력 분배비와 단자 정합도)



[그림 4] 설계한 윌킨슨 전력분배기의 전자기적 시뮬레이션에 의한 S-파라미터 특성(분배된 신호의 위상차)

4. 결론

본 연구에서는 일상생활에서 흔하게 사용되는 골판지를 초고주파 무선시스템용 회로 기판으로 활용하여 마이크로파 윌킨슨 전력분배기를 설계하여 보았다. 설계된 전력분배기는

중심주파수에서 매우 우수한 전력분배비와 단자 정합도를 보여 주었다. 골판지 기판을 사용하면 연구과정에서 설계한 초고주파 회로를 신속하고 저렴하게 구현할 수 있다는 장점이 있다. 골판지 기판에 대한 유전체 기판으로서의 특성은 사전 연구단계에서 이미 확보되어 있다는 전제하여 본 연구에서와 같은 회로의 구현은 빈번한 프로토타입에 제작되어야 하는 연구 단계에서 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 현장맞춤형 이공계 인재양성지원사업(2019H1D8A1105622)과 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터 육성지원사업(IITP-2020-2015-0-00403)의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] K. C. Gupta, R. Garg, I. Bahl, and P. Bhartia, "Microstrip Lines and Slotlines," 2/e, Ch. 1 and Ch. 2, Artech House, pp. 83-85, 1996.
- [2] D. M. Pozar, "Microwave Engineering," 4/e, Ch. 2 and Ch. 3, John Wiley and Sons, Inc., New York, 2011.
- [3] M. Y. Ahmad and A. S. Mohan, "Multi-loop Bridge HF RFID Reader Antenna for Improved Positioning", Proceedings of 2011 Asia-Pacific Microwave Conference, pp. 1426-1429, Dec. 2011, Australia.
- [4] H. Saghlatoon, L. Sydänheimo, L. Ukkonen, and M. Tentzeris, "Optimization of Inkjet Printing of Patch Antennas on Low-Cost Fibrous Substrates," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 13, pp. 915-918, 2014.
- [5] E. Wilkinson, "An N-Way Hybrid Power Divider," IRE Trans. on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-8, pp. 116 - 118, Jan. 1960.
- [6] D. M. Pozar, "Microwave Engineering," 4/e, Ch. 2 and Ch. 7, John Wiley and Sons, Inc., New York, 2011.