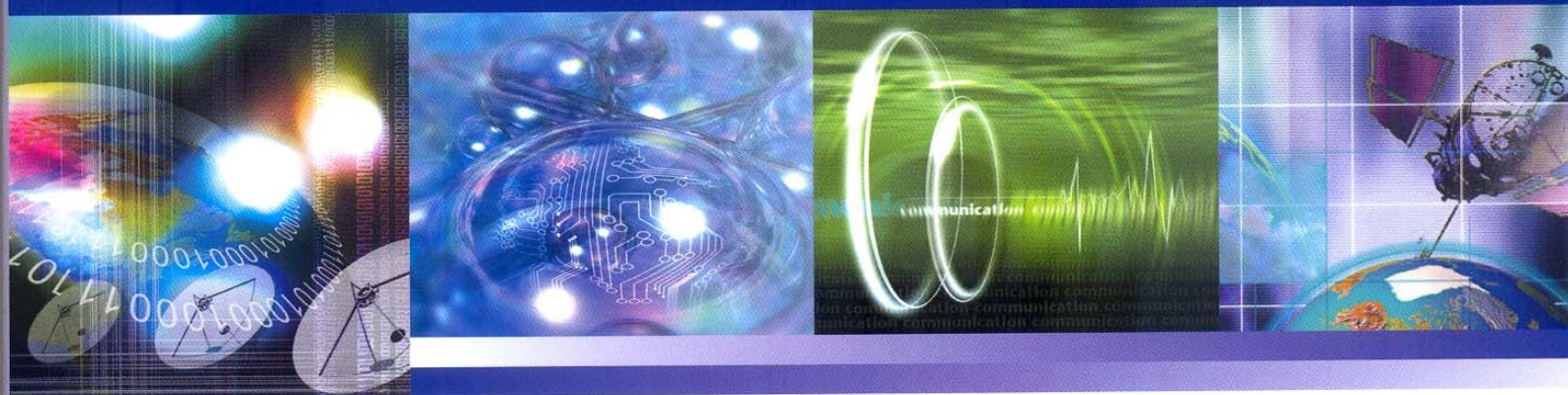


2008年度 春季
마이크로파 및 電波傳播 學術大會 論文集



KICS
 Korea Information and
 Communications Society



日時：2008年 5月 23日(金)
 場所：동국대학교

大韓電子工學會
 韓國通信學會
 韓國電磁波學會
 大韓電氣學會

IEEE MTT/AP/EMC Korea Chapter

Session II

마이크로파 수동회로 분야

▶ 장소 : 원흥관 E320

13:30~15:25

좌장 : 황희용 (강원대)

[초청논문] 13:30~13:55	Compact and Wideband Ring Hybrids with Coupled Transmission Lines	H.R.Ahn, J.Kim, B.Kim (포항공대)	.....317
[2-1-1] 13:55~14:10	로드 임피던스에 둔감한 송수신간 격리도를 가지는 balanced coupler 구조	박서영, 임원규, 이상윤, 이문규, 유종원 (한국과학기술원, 서울시립대)	.....321
[2-1-2] 14:10~14:25	두 개의 링-공진기를 이용한 Balun-BPF의 설계	강성준, 황희용 (강원대)	.....325
[2-1-3] 14:25~14:40	세라믹-폴리머 복합재료를 이용한 적층형 초광대역 balun 구현	윤제현, 유찬세, 이광훈, 정연경, 김동수, 이우성, 강남기, 육종관 (전자부품연구원, 연세대)	.....329
[2-1-4] 14:40~14:55	초광대역 발룬을 이용한 단일 평형 체배기의 설계	김영관, 우동식, 박현, 김태규, 김강욱, 조영기 (경북대, (주)이엠와이즈 통신)	.....333
[2-1-5] 14:55~15:10	DGS 구조를 이용한 Schiffman Phase Shifter	이진걸, 조춘식, 이재욱 (한국항공대)	.....337
[2-1-6] 15:10~15:25	부 균지연 시간 발생 회로	김승균, 송경주, 최홍재, 정용채, 안달 (전북대, 순천향대)	.....341

15:25~16:00 Coffee Break

16:00~17:55

좌장 : 육종관 (연세대)

[초청논문] 16:00~16:25	대칭적인 감쇠 특성을 갖는 대역통과 여파기	배주석, 안달 (순천향대)	.....345
[2-2-7] 16:25~16:40	Design and Implementation of a Highly Selective Novel Directional Filter	S.R.Zinka, S.Nam, W.Min, I.Jeong, J.P.Kim (중앙대)	.....349
[2-2-8] 16:40~16:55	혼합기 출력 불요파 제거용 단락 평행 결합선로 Ka 대역 통과 여파기의 설계 및 제작	이만희, 양승식, 정해장, 엄경환 (충남대)	.....353
[2-2-9] 16:55~17:10	Interdigital Capacitor 기반의 단일벽 탄소나노튜브를 이용한 바이오물질 검출에 관한 연구	이희조, 이현석, 유경화, 육종관 (연세대)	.....357
[2-2-10] 17:10~17:25	기판 집적 도파관(SIW)에서의 기판 천공을 이용한 Ku 대역 위상 천이기	김동엽, 변진도, 이해영 (아주대)	.....361
[2-2-11] 17:25~17:40	Fin-line 테이퍼를 이용한 94 GHz CPW-구형 도파관 변환기 설계 및 제작	문성운, 한민, 이문교, 오정훈, 이진구, 김삼동 (동국대)	.....365
[2-2-12] 17:40~17:55	새로운 Pressure Conductive Rubber를 이용한 다중 스택 패키지의 신호 무결성 분석	강기범, 장재원, 변진도, 이해영, 최재훈, 황재선, 김용현, 이동춘, 김희석 (아주대, 삼성전자)	.....369

부 군지연 시간 발생 회로

김승균, 송경주, 최홍재, 정용채, 안달*

전북대학교 공과대학 전자정보공학부

*순천향대학교 전기통신공학과

Negative Group Delay Time Circuit

Seunggyun Kim, Kyungju Song, Heungjae Choi, Yongchae Jeong, and Dal Ahn*

Dept. of Information & Communication Engineering, Chonbuk National University

* Dept. of Electrical & Communication Engineering, Soonchunhyang University

E-mail: hansgn@chonbuk.ac.kr

Abstract

In this paper, we present analyses of Shunt-Series/Series-Parallel resonating circuit and a negative group delay time effects. Also we examined what elements in the resonating circuits influenced the negative group delay time. To show validity, we implement the Shunt-Series and the Series-Parallel the negative group delay time circuit (NGDTC) at IMT-2000 base-station TX band. The measured results of Shunt-Series and Series-Parallel resonating circuit are -0.81 and -0.61 ns, respectively.

I. 서론

신호가 전송선로를 위시한 전기 및 전자 회로를 거치면 군지연 시간(Group Delay Time)을 경험하는 사실은 우리의 일상 생활에서 많이 경험된다. 이러한 현상을 적절히 이용하면 원하는 전기적 특성을 얻을 수 있다^[1].

인체, 어디서, 누구와도 통화를 원하는 현재 통신의 진화 추세는 선형화된 변조방식과 광대역폭을 갖는 신호를 필요로 한다. 아울러 통신 이용자 단말기의 휴대성과 이동성을, 기지국의 운용 효율성을 고려할 때 통신 시스템의 소형화 및 고효율성은 매우 중요한 성능 요소들이다^[2].

그 동안 이동통신 기지국은 단말기에 비해 엄격한 선형성을 요구하는 관계로 최대 효율을 얻으면서 선형성을 확보하고자 여러 선형화 기법을 사용하였다^{[3]-[4]}. 선형화 기법을 사용할 때, 비선형 성분을 없애기 위해 경로 간의 진폭, 역위상, 그리고 군지연 시간의 정합이 중

요했다. 경로간 진폭과 역위상의 정합은 비교적 쉽게 구현할 수 있었으나, 군지연 시간의 정합은 대출력 신호의 전력 손실을 일으키고, 선형전력증폭기의 부피를 크게 하는 단점이 있었다^[5].

최근에 인위적인 회로 요소의 조작을 통해 부(Negative)의 유전율과 투자율을 가지는 물질을 만들어 여러 응용 회로에 적용하는 일이 많아지고 있다. 보통 이런 물질을 Left-Handed Material(LHM)이라 하고, 이 물질을 전송선로로 구현한 Left Handed Transmission Line(LH-TL)과 그 응용 연구가 많이 소개되었다^{[6]-[9]}.

LH-TL 구조를 이용하여 부의 군지연 시간을 발생시킬 수 있음을 보인 연구가 최근에 있었다^{[11]-[12]}. 또한 LH-TL 을 이용하지 않고, 부의 군지연 시간 회로를 구현하여 마이크로파 회로에 적용한 연구도 역시 소개되고 있다^{[13]-[14]}. 특히 기지국용 Feedforward 방식의 증폭기에 부의 군지연 시간을 갖는 지연 선로를 적용하여 전체 증폭기의 효율을 개선하고자 했던 연구가 소개되고 있다.

그러나 지금까지의 논문은 부의 군지연 시간 현상을 소개하거나, 부의 군지연 시간 회로를 이용하여 특정 회로를 구현한 것을 소개하였지, 근본적으로 회로의 어느 요소가 어떻게 부의 군지연 시간에 영향을 미치는지를 검토한 논문은 소개되지 않았다. 따라서 본 논문에서는 Shunt-Series 공진회로와 Series-Parallel 공진 회로의 전달 특성을 분석하고, 각 회로 요소가 어떻게 부의 군지연 시간에 영향을 미치는지를 분석하고, 실험적으로 검증하였다.

이 연구에 참여한 연구자는 2 단계 BK21 사업의 지원을 받았음.

II. 부의 균지연 시간 발생 회로의 이론적 분석

1. Shunt-Series 공진 회로

Shunt-Series (SS) 공진 회로를 살펴보면 그림 1 과 같다. 그림 1 의 직렬 공진 회로의 입력 임피던스($Z_{in,SS}$)는 식 (1)과 나타낼 수 있다.

$$Z_{in,SS} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \quad (1)$$

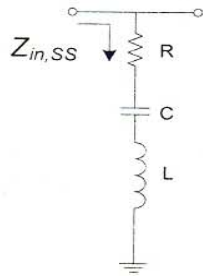


그림 1. Shunt-Series 공진 회로.

위 회로의 입출력 단자 전달 계수(S_{21})를 구하고, 그 전달계수의 위상성분을 균지연 시간 방정식인 식 (2)에 대입한다.

$$G.D = -\frac{d\phi}{d\omega} \quad (2)$$

이때 특정 주파수에서의 공진특성 조건을 대입하면 식(3)과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$G.D_{SS} = -\frac{2Z_0L}{R(2R + Z_0)} \quad (3)$$

공진 회로의 인덕턴스 값을 크게 함으로 부의 균지연 시간을 크게 할 수도 있지만 저항의 효과에 의해서도 부의 균지연 시간을 변화시킬 수 있다. 공진 회로의 인덕턴스와 저항 값에 따른 균지연 시간변화를 MATLAB 을 이용하여 분석하였고, 전반적인 추세를 그림 2 에 나타냈다. Shunt-Series 공진 회로에서 부의 균지연 시간은 저항성분에 반비례하고 인덕턴스 성분에 비례하는 경향이 있음을 알 수 있다.

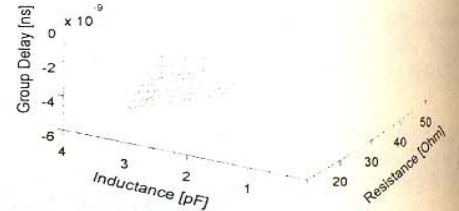


그림 2. 저항과 인덕턴스 값에 따른 Shunt-Series 공진 회로의 부 균지연 시간 특성.

2. Series-Parallel 공진 회로

Series-Parallel(SP) 공진 회로를 살펴보면 그림 3 과 같다. Shunt-Series 공진 회로와 마찬가지로 우선 입력 임피던스($Z_{in,SP}$)를 구하면 식 (4)와 같다

$$Z_{in,SP} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C} \quad (4)$$

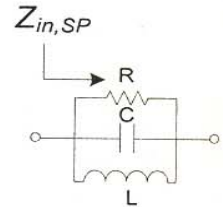


그림 3. Series-Parallel 공진 회로.

Shunt-Series 공진회로와 같은 유도 과정을 거쳐 부의 균지연 시간을 구해보면 식 (5)와 같이 유도된다.

$$G.D_{SP} = -\frac{2R^2C}{2Z_0 + R} \quad (5)$$

공진 회로의 캐패시턴스 값을 크게 함으로 부의 균지연 시간을 크게 할 수도 있지만 저항의 효과에 의해서도 부의 균지연 시간을 변화시킬 수 있다. 공진 회로의 캐패시턴스와 저항 값에 따른 균지연 시간변화를 MATLAB 을 이용하여 분석하였고, 전반적인 추세를 그림 4 에 나타냈다. Series-Parallel 공진 회로에서 부의 균

지연 시간은 저항성분에 반비례하고 캐패시턴스 성분에 비례하는 경향이 있음을 알 수 있다.

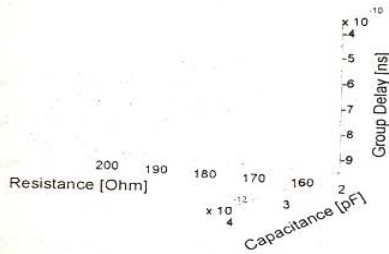


그림 4. 저항과 캐패시턴스 값에 따른 Series-Parallel 공진회로의 부 균지연 시간 특성.

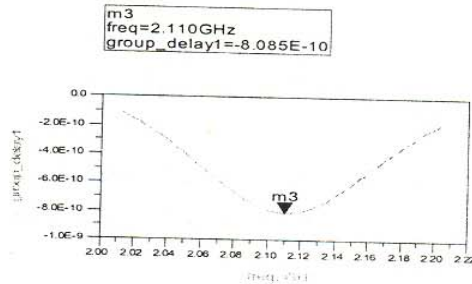
III. 측정 결과

제안된 부의 균지연 시간 발생 회로의 이론적 분석의 타당성을 검증하기 위하여, 앞 절에서 설명한 Shunt-Series 공진회로와 Series-Parallel 공진회로에 대하여 Agilent사의 ADS를 이용한 시뮬레이션 결과와 집중 소자를 이용하여 제작한 회로의 측정 결과를 제시하였다. IMT-2000 대역에서 Shunt-Series 공진 회로의 중심 주파수는 2.11 GHz 와 2.17 GHz 로 설정하였으며, Series-Parallel 공진회로의 중심 주파수는 2.14 GHz 로 설정하였다.

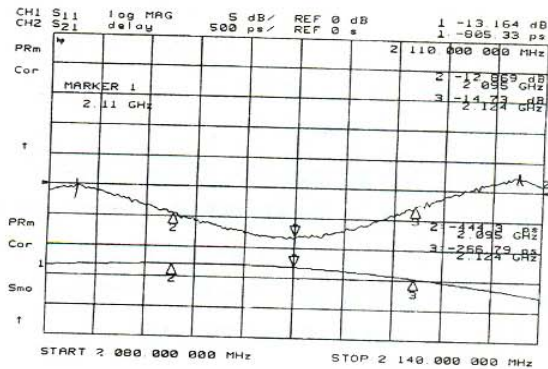
그림 5는 2.11 GHz 대역에서 Shunt-Series 공진 회로의 균지연에 대한 시뮬레이션 및 측정 결과를 보여준다. 시뮬레이션에서 약 -0.81 ns, 실제로 회로를 제작했을 때의 측정 결과도 -0.81 ns 의 값을 얻었다. 이 때 반사계수는 -13 dB 이하의 값을 가지고 있었다.

그림 6은 2.14 GHz 대역에서 Series-Parallel 공진 회로의 균지연에 대한 시뮬레이션 및 측정 결과를 보여준다. 시뮬레이션에서 약 -0.76 ns, 실제로 회로를 제작했을 때의 측정 결과도 -0.86 ns 의 값을 얻을 수 있었다. 그런데, 앞의 Shunt-Series 공진 회로와는 달리 반사특성이 약 -3.19 dB 이하의 값으로 매우 좋지 않으며, 균지연 응답의 중심 주파수가 정확하게 2.14 GHz 에서 나타나지 않는 결과를 관찰할 수 있다. 그림에 나타나진 않았지만, 이 반사계수의 절대값 자체는 시뮬레이션에서 얻은 반사계수 값 -3.84dB 와 거의 근사한 결과이므로 이

론적인 분석상의 오류가 있는 것은 아니다. 중심 주파수가 맞지 않는 문제는 집중 소자를 이용하여 구현할 때, Series-Parallel 공진 회로의 이론적인 분석에서 얻어진 값을 갖는 집중 소자로 정확하게 구현할 수 없어서 가장 가까운 값을 갖는 소자를 이용하였기 때문에 발생한 오차이다.

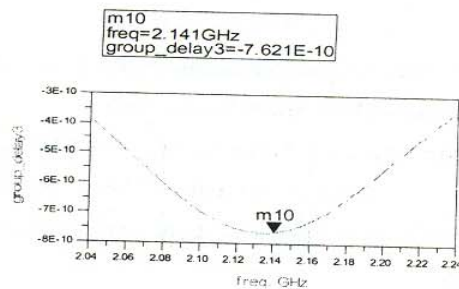


(a)

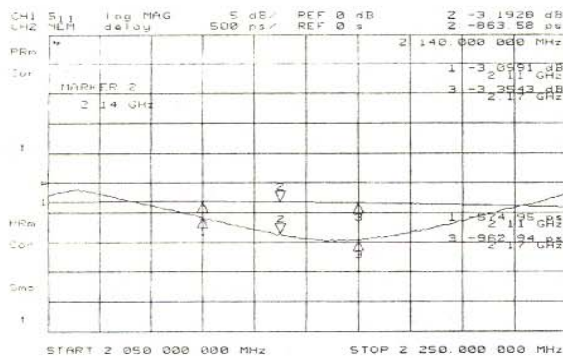


(b)

그림 5. 2.11 GHz 대역 Shunt-Series 공진 회로의 균지연 응답 (a)시뮬레이션 결과, (b)측정 결과.



(a)



(b)

그림. 6. 2.14 GHz 대역 Series-Parallel 공진 회로의 군지연 응답 (a)시뮬레이션 결과, (b)측정 결과.

IV. 결론

본 논문에서는 부의 군지연 시간 현상만을 소개한 기존의 연구에 기반하여, 기존의 연구에서 미약했던 부분인 이론적인 분석 결과를 제시하고 이를 실험적인 검증을 통해 타당성을 검증하였다.

본 논문에서 제시한 이론적인 분석에 기반하여 회로를 구현 하였을 때 측정값이 이론에 기반한 예상값과 거의 일치하였다. 다만 측정상에서 일부 오차가 발생하였는데, 이는 우리가 원하는 인덕턴스와 캐패시턴스 값을 정확히 얻지 못하기 때문에 발생하는 것으로 분석된다.

참고 문헌

[1] Sangkeun Park, Heungjae Choi, Yongchae Jeong, "Microwave Group Delay Time Adjuster Using Parallel Resonator," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 17, no. 2, pp. 109-111, Feb. 2007.
 [2] S. C. Cripps, *Advanced Techniques in RF Power Amplifiers Design*, Norwood, MA, Artech House, 2002.
 [3] P.B. Kenington, R.J. Wilkinson, and J.D. Marvill, "Power Amplification Techniques for Linear TDMA Base Station," *IEEE Global Telecommunication Conf. Dig.*, vol. 1, pp. 74-78, Dec. 1992.

[4] Fredric H Raab, Peter Asbeck, Steve Cripps, and Peter B. Kenington, Zoya B. Popovic, Nick Pothecary, John F. Sevic, and Nathan O. Sokal, "Power Amplifiers and Transmitter for RF and Microwave," *IEEE Trans. on MTT*, vol. 50, no. 3, pp. 814-826, Mar. 2002.
 [5] Yong-Chae Jeong and Jong-Sik Lim, "A Novel Frequency Doubler Using Feedforward Technique and Defected Ground Structure," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 14, no. 12, pp. 557-559, Dec. 2004.
 [6] C. Caloz and T. Itoh, "Transmission Line Approach of Left-Handed (LH) Materials and Microstrip Implementation of an Artificial LH Transmission Line," *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. 52, no. 5, pp.1159-1166, May. 2004.
 [7] A. K. Iyer and G. V Eleftheriades, "Negative Refractive Index Metamaterials Supporting 2-D Waves," *IEEE MTT-S Digest*, pp. 1067-1070, Jun. 2002.
 [8] A. Sanada, K. Murakami, S. Aso, H. Kubo, and I. Awai, "A Via-Free Microstrip Left-Handed Transmission Line," *IEEE MTT-S Digest*, pp. 301-304. 2004.
 [9] I. H. Lin, C. Caloz, and T. Itoh, "A Branch-Line Coupler with Two Arbitrary Operating Frequencies Using Left-Handed Transmission Lines," *IEEE MTT-S Digest*, pp. 325-328. Jun. 2003.
 [10] O. F. Siddiqui, M. Mojahedi and G. V. Eleftheriades, "Periodically Loaded Transmission Line With Effective Negative Refractive Index and Negative Group Velocity," *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol.51, no.10, pp.2619-2624, Oct. 2003.
 [11] J. Woodley, M. Mojahedi, "Negative Group Velocity in Left-Handed Materials," *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol.4, pp. 643-646, Jun. 2003.
 [12] B. Ravelo, A. Perennec, and M. Le Roy, "Synthesis of Broadband Negative Group Delay Active Circuits," *IEEE MTT-S Digest*, pp. 2177-2180, Jun. 2007
 [13] H. Noto, K. Yamauchi, M. Nakayama, and Y. Isota, "Negative Group Delay Circuit for Feed-Forward Amplifier," *IEEE MTT-S Digest*, pp.1103-1106, Jun. 2007