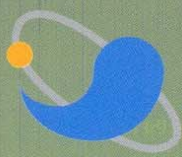


第 29 卷 第 1 號

Volume 29, Number 1

2006年度 春季

마이크로파 및 電波傳播 學術大會 論文集



日時：2006年 5月 26日 (金)
場所：한국항공대학교

大韓 韓國 韓國 韓國 韓國 韓國 韓國 韓國 韓國 韓國
 韓 韓 韓 韓 韓 韓 韓 韓 韓 韓
 國 國 國 國 國 國 國 國 國 國
 電 電 電 電 電 電 電 電 電 電
 子 子 子 子 子 子 子 子 子 子
 工 工 工 工 工 工 工 工 工 工
 學 學 學 學 學 學 學 學 學 學
 會 會 會 會 會 會 會 會 會 會
 IEEE MTT/AP/EMC Korea Chapter

▶ 장소 : 항공우주센터 203호

13:30~15:30

좌장 : 이정해(홍익대)

[2-1-1]	13:30~13:50	공진회로를 이용한 마이크로파 균지연 시간 조정기	서수진, 박상근, 최홍재, 정용채, 윤재훈, 김철동(전북대/한국전자통신연구원/세원텔레텍(주))	279
[2-1-2]	13:50~14:10	새로운 평면 Left-Handed 전송 선로와 이를 이용한 Backward-Wave 방향성 커플러 구현	박재현, 유영호, 이재곤, 이정해	283 (홍익대/경북대)
[2-1-3]	14:10~14:30	주기구조를 이용한 partial H-plane filter	김동진, 이정해 (홍익대)	287
[2-1-4]	14:30~14:50	새로운 구조의 방향성 결합기	김용범, 임종식, 이길영	291 (순천향대/공군사관학교)
[2-1-5]	14:50~15:10	대역통과 여파기 설계를 위한 새로운 등가식	배주석, 임종식, 이길영	295 (순천향대/공군사관학교)
[2-1-6]	15:10~15:30	1:6 비대칭 월킨스 전력 분배기	임종식, 이길영, 정용채, 안달, 최관순, 오성민, 구재진(순천향대/공군사관학교/전북대)	299

15:30~16:00 Coffee Break

16:00~18:00

좌장 : 황희용(강원대)

[2-2-7]	16:00~16:20	결합된 결합접지모드를 이용한 소형 대역저지 필터	정상운, 임영광, 이해영 (아주대)	303
[2-2-8]	16:20~16:40	통과대역 보상용 2단 대역통과 여파기의 특성 연구	문수덕, 황희용 (강원대)	307
[2-2-9]	16:40~17:00	소형화 및 고조파 특성이 개선된 접힌 구조의 링하이브리드의 설계	이홍섭, 최경, 황희용 (강원대)	311
[2-2-10]	17:00~17:20	소형화된 이중모드 마이크로스트립 링 공진기를 이용한 대역통과 필터 설계	최성수, 박동철 (충남대)	315
[2-2-11]	17:20~17:40	35 GHz 대역의 Quasi-Yagi 안테나를 이용한 공간 전력합성기 설계 및 구현	홍만기, 우동식, 전중훈, 김강욱	319 (경북대)
[2-2-12]	17:40~18:00	다중 주파수 대역 특성을 갖는 DGS의 설계	우덕제, 이택경 (한국항공대)	323

공진회로를 이용한 마이크로파 군지연 시간조정기

서수진, 박상근, 최홍재, 정용채, 윤재훈*, 김철동**

전북대학교 정보통신공학과, *한국전자통신연구원, **세원텔레텍(주)

전화: 063-270-2458 / 팩스: 063-270-2461

Microwave Group Delay Time Adjuster Using Resonance Circuit

Soo-Jin Seo, Sang-Keun Park, Heung-Jae Choi, Yong-Chae Jeong, Jae-Hun Yun*,
and Chul-Dong Kim**

Dept. of Information & Communication Engineering, Chonbuk National University,

*Electronics and Telecommunication Research Institute,

**Sewon Teletech, Inc.

E-mail: starbaby37@chonbuk.ac.kr

Abstract - This paper presents a method to control group delay time using resonance circuit. A group delay time adjuster (GDTA) which can control signal group delay time comprises a variable capacitance and a variable equivalent inductor. These are coupled in parallel at a node and also controlled by two bias voltages respectively. A variable equivalent inductor is realized a transmission line terminated a variable capacitor. Group delay time can be controlled by change of capacitance and inductance, but the resonating frequency is fixed. When the proposed GDTA is fabricated on RFID Korean frequency band (908.5~914MHz), a group delay variation is obtained about 3ns.

I. 서론

신호가 통과하는 어떤 시스템이 비선형적 특성을 가지고 있다면 입력되는 신호가 선형적이라 할지라도 출력 신호는 비선형적일 수밖에 없다. 예를 들어 이동통신 시스템의 경우 선형 입력 신호 대비 비선형 출력 신호를 지적할 수 있는데, 이러한 입출력 신호 관계는 AM-to-AM, AM-to-PM, 혼변조 왜곡(IMD), 인접 채널 전력비 (ACPR)등을 이용하여 설명할 수 있다. 지금까지 비선형 출력 신호를 선형 신호로 개선시키는

선형화 기술 중에서 피드포워드 (Feedforward) 기술은 신호의 동일 진폭, 역 위상, 그리고 군지연 시간의 정확한 정합이 중요하게 알려져 있다^{[1][2]}. 가변 신호 진폭 조정기와 가변 위상 조정기는 많이 소개되었지만 가변 군지연 시간 조정기는 거의 소개되지 않았다^{[3][4]}.

또한, 마이크로파 중계 시스템에서 송신 안테나로부터 수신 안테나로 변환되는 신호는 수신 시스템의 성능을 나쁘게 할 뿐만 아니라 중계 시스템 내에 동일 채널 간섭 신호를 발생시킨다. 송신 안테나에서 수신 안테나로 변환되는 동일 채널 간섭신호의 지연 시간은 환경 조건과 같은 여러 요인에 의해서 달라지게 되는데, 이러한 간섭신호를 효율적으로 제거하기 위해서는 시스템 내에서 변환신호에 대응하는 상쇄신호의 진폭, 위상, 군지연 시간 등을 적절하게 조절해야 한다^{[5][6]}.

지금까지, RF 회로에서 군지연 시간을 필요에 따라 적절하게 조절할 수 있는 회로는 거의 없었다. 전송선로의 물리적인 길이가 다른 경로들로 구성된 GDTA는 소개된 적이 있으나^[7], 서로 다른 고정 군지연 시간을 만들어 낼 뿐 적절하게 조절할 수 없었다. 본 논문에서는 군지연 시간을 조절할 수 있는 GDTA를 제안하였는데, 바이어스 전압에 의해 조절되는 가변 캐패시터와 가변 등가 인덕터로 구성된 공진회로로 구현하였다. 가변 캐패시터는 varactor 다이오드를 이용해 쉽게 구현했지만, 마이크로웨이브 주파수에서 가변 인덕터를 만들기 어렵기 때문에 전송선로에 가변 캐패

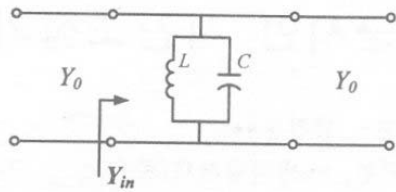


그림 1. 병렬 공진회로

시터를 연결해 캐패시턴스를 조정함으로써 인덕턴스를 변화시킬 수 있는 가변 등가 인덕터를 제안했다. 바이어스 조건을 변화시켜 캐패시턴스와 인덕턴스를 변경시키되, 공진회로의 공진 주파수를 유지하면 군지연 시간을 조정할 수 있다.

II. 이론

신호가 임의의 시스템을 통과하는데 걸리는 시간을 군지연 시간이라고 한다. 그것은 시스템의 전기적 특성과 물리적 길이에 큰 영향을 받고, 보통 주파수에 대해서는 크게 영향을 받지 않는다. 일반적으로, 군지연 시간은 각주파수 변화에 따른 전체 위상의 변화율로 나타내며, 아래와 같이 정의할 수 있고^[8], 군지연 시간 왜곡은 송수신 신호나 데이터의 왜곡을 관찰하는 중요한 파라미터이다.

$$G.D. = -\frac{d\phi}{d\omega} \quad (1)$$

그림 1은 전송선로에 연결된 병렬 공진회로이다. 이때, 입력 단에서 바라보는 입력 어드미턴스는 식 (2)와 같이 표현할 수 있고, 전달 계수는 식(3)과 같이 표현할 수 있다.

$$Y_{in} = Y_0 + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) \quad (2)$$

$$S_{21} = \frac{2Y_0}{\sqrt{4Y_0^2 + (\omega C - 1/\omega L)^2}} \exp\left(j\left(\tan^{-1} \frac{1 - \omega^2 LC}{2\omega LY_0}\right)\right) \quad (3)$$

만약에 그림 1의 병렬 공진회로가 특정 주파수에서 공진을 유지한다면($\omega_0^2 LC = 1$), 군지연 시간은 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$G.D. = \frac{2Y_0 L(1 + \omega^2 LC)}{4\omega^2 L^2 Y_0^2 + (1 - \omega^2 LC)} = \frac{1}{\omega_0^2 Y_0 L} = CZ_0 \quad (4)$$

식 (4) 에서, 병렬 공진회로의 캐패시턴스가 증가하게 되면 군지연 시간도 증가하게 되며, 반대로 인덕턴

스가 증가하게 되면 군지연 시간은 감소하게 되는 것을 알 수 있다. 만약에 공진 주파수를 일정하게 유지시킨다면 군지연 시간은 캐패시턴스와 인덕턴스의 조합에 의해서 조절된다.

III. 군지연 시간 조정기의 제작 및 측정

3-1. Varactor 다이오드의 캐패시턴스 측정

Varactor 다이오드는 전압을 조절해서 가변 캐패시턴스를 요구하는 다양한 응용분야에서 많이 사용되는 소자로서, 다이오드의 PN 접합 공핍 영역의 물리적 폭이 바이어스 조건에 따라 달라지는 특성을 이용한다.

그림 2는 Sony사 varactor 다이오드 1T362의 역 바이어스에 따른 다이오드 캐패시턴스를 911MHz 측정하여 나타낸 것이다. 약 2pF에서 100pF까지의 변화량을 갖는다.

3-2. 가변 등가 인덕터 및 단일 군지연 조절기

마이크로파 대역에서 가변 인덕터를 구현하기는 쉽지 않기 때문에 전송선로와 가변 캐패시터를 연결하여 가변 등가 인덕터를 구현하였다. 그림 3은 전송선로와 집중소자 등가모델을 나타내고 있으며, 그림 4는 본 논문에서 제안하는 단일 군지연 시간 조정기를 보이고 있다. 신호 전송선로에 varactor 다이오드와 varactor

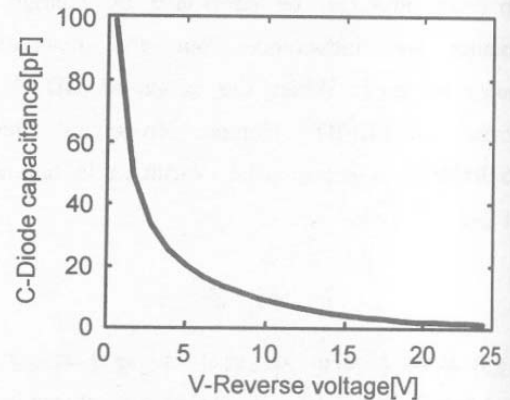


그림 2. Sony사의 varactor 다이오드 1T362의 캐패시턴스 측정값



그림 3. 전송선로와 집중소자 등가회로

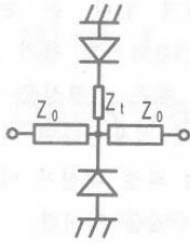


그림 4. 단일 군지연 시간 조정기

표 1. GDTA 측정 결과 (@911MHz)

G.D.[ns]	S21[dB]	S11[dB]
0.420	-0.23	-31.40
1.420	-0.77	-21.30
2.468	-1.45	-16.30
3.479	-2.20	-13.10

다이오드 종단 전송선로를 병렬 결합한 구조이다. 그림 5는 그림 3에 나타낸 전송선로 등가모델을 적용하여 등가적으로 가변 인덕터로 구현되는 과정을 나타내고 있다. C_1 과 C_2 는 varactor 다이오드이고 각각 가변 캐패시터와 가변 인덕터의 구현을 위해 사용된다. 가변 인덕터 구현에 사용되는 전송선로(Z_1)는 (b)와 같이 집중소자 등가모델을 이용해 나타낼 수 있고, 등가모델의 병렬 C_1 는 각각 C_1 , C_2 와 합해져 (c)와 같이 나타낼 수 있다. L_1 와 직렬 연결된 varactor 다이오드의 캐패시턴스 (C_2+C_1)를 조절하게 되면 전체적으로 (d)와 같이 인덕턴스(L') 특성을 얻을 수 있다. 식 (5)은 직렬 L_1 과 C_2+C_1 의 동작 주파수에서의 입력 임피던스를 나타내고 있다. 만약 리액턴스(X_L)가 양의 값을 갖는다면, 인덕터의 특성을 갖게 된다. 따라서, 캐패시턴스의 값을 리액턴스가 양의 값을 갖는 범위 안에서 적절하게 변화시키면 인덕터의 특성을 얻을 수 있다.

그림 5의 (c)로부터 집중 소자 인덕터와 varactor 다이오드를 직접 결합하여 가변 인덕터를 얻을 수 있으나 마이크로파 대역에서 자기 공진 주파수(self resonance frequency: SRF)가 충분히 큰 인덕터를 얻는 것이 쉽지 않고, 또한 제작된 인덕터의 편차가 심

$$X_L = \frac{\omega_0^2 L_1 C' - 1}{\omega_0 C'} \quad (5)$$

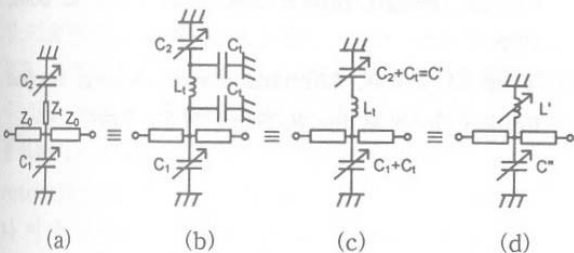


그림 5. 전송선로를 이용한 군지연 시간 조정기와 등가모델

해 일정한 특성을 얻는 것이 용이하지 않다. 그러나 본 논문과 같이 전송선로를 이용하면 마이크로파 대역에서 정확한 등가 가변 인덕턴스 값을 쉽게 구현할 수 있다.

단일 GDTA는 한국 RFID 주파수 대역에서 되었고, 911MHz에서 전송계수와 반사계수 특성이 측정되었다. 표 1에 측정결과를 나타내었고, 군지연 시간을 0.4ns에서 3.4ns로 변화시켜가면서 전기적 특성을 측정하였다.

3-3. 제안된 평형 GDTA

단일 GDTA보다 더 나은 반사계수 특성을 얻기 위해서 그림 6과 같이 3dB 하이브리드를 이용한 평형 GDTA가 제안되었다. 평형 GDTA를 디지털 셀룰라 대역에서 제작 및 측정하였는데, 평형 GDTA의 최소 군지연 시간이 1.041ns 일 때, 전송 특성과 최대 반사 손실은 각각 -0.64 ± 0.01 dB와 -25.65 dB였다. 평형 GDTA의 최대 군지연 시간이 3.938ns일 때 GDTA의 전송 특성과 최대 반사 손실은 각각 -2.68 ± 0.03 dB와 -24.41 dB로 측정되었다. 측정된 평형 GDTA의 전기적 특성은 그림 7에 나타냈다.

GDTA의 군지연 시간 변화량을 3ns보다 더 크게 할 수 있었지만, 대역 내에서 군지연 시간과 전송계수의 평탄도를 고려하여 중계 시스템이나 피드포워드 선형화 회로에 적용 가능한 군지연 시간의 변화량을 3ns 정도로 하였다.

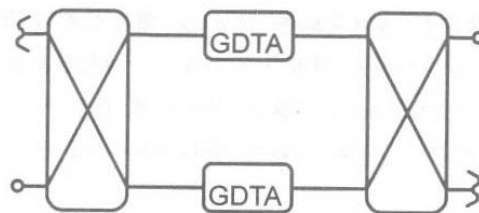
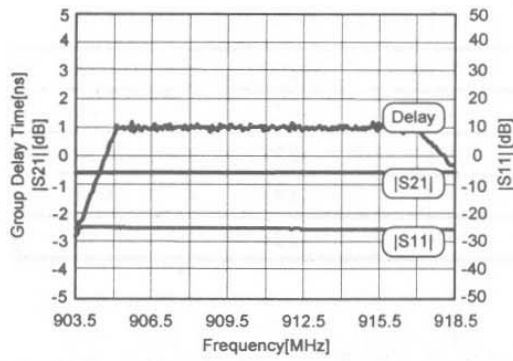
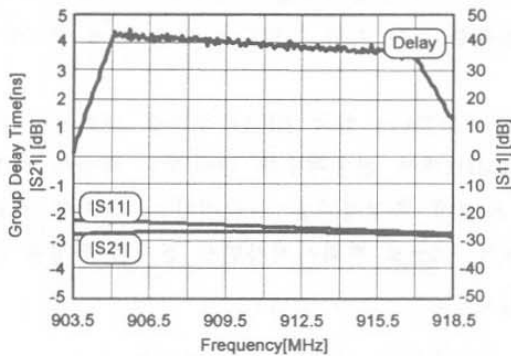


그림 6. 제안된 평형 GDTA



(a)



(b)

그림7. 제작된 평형 GDTA의 전기적 특성@911MHz
(a) $G.D.=1.041ns$ (b) $G.D.=3.938ns$

IV. 결론

우리는 가변 캐패시터와 가변 등가 인덕터로 구성된 병렬 공진회로를 이용해 군지연 시간을 적절하게 조정할 수 있는 GDTA를 제안하고 설계하였다. 병렬 공진회로의 공진 주파수는 유지하면서 캐패시턴스와 인덕턴스 값을 변화시키면 군지연 시간을 조정할 수 있다. 단일 GDTA의 반사특성이 좋지 않아, 이를 개선하기 위하여 본 논문에서는 3dB 하이브리드를 이용한 평형 GDTA를 제안하여 군지연 시간이 변하더라도 약 -24dB의 일정한 특성을 보였다. 제작된 GDTA는 3ns 정도의 군지연 시간 변화량을 보였다. 이는 환경 조건에 따라 달라지는 무선 통신 시스템에서 종전의 간섭 및 왜곡신호 제거회로는 간섭 및 왜곡신호의 군지연 시간이 일정하다는 가정하에 간섭 및 왜곡신호를 제거하였지만, 제안된 GDTA를 이용하면 실시간 간섭 및 왜곡신호의 군지연 시간에 맞추어서 간섭 및 왜곡신

호를 제거할 수 있게 된다. 본 논문에서 제안하는 GDTA를 동일 채널 간섭신호 제거 기술을 이용한 무선 중계 시스템이나 좋은 선형성을 필요로 하는 피드포워드 선형화 회로에 적용한다면 기존의 복잡했던 군지연 시간 미세 조정 과정 대신에 매우 간단하게 군지연 시간을 조정할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Yong-Chae Jeong, Young-Jean Song, In-Ju Oh, and Chul-Dong Kim, "A Novel Adaptive Feedforward Amplifier Using an Analog Controller," *Microwave Journal*, vol.46, no.4, pp.76-85, Apr. 2003.
- [2] Yong-Chae Jeong, "A Feedforward Power Amplifier with Loops to Reduce Rx Band Noise and Intermodulation Distortion," *Microwave Journal*, vol.45, no.1, pp.80-91, Jan. 2002.
- [3] Yong-Chae Jeong, "Design of a Novel Vector Modulator," *Microwave Journal*, vol.44, no.10, pp.156-162, Oct.2001.
- [4] Won-tae Kang, Ik-soo Chang, and Min-soo Kang, "Reflection-Type Low-Phase-Shift Attenuator," *IEEE trans.*, vol. 46, no. 7, Jul. 1998.
- [5] S.J. Kim, J.Y. Lee, J.C. Lee, J.H. Kim, B. Lee, and N.Y. Kim, "Adaptive Feedback Interference Cancellation system (AF-ICS)," *IEEE MTT-S Digest*, pp.627-630, 2003.
- [6] Tomás O'Sullivan, Robert A. York, Bud Noren, and Peter M. Asbeck, "Adaptive Duplexer Implemented Using Single-Path and Multipath Feedforward Techniques with BST Phase Shifters," *IEEE trans.*, vol. 53, no. 1, Jan. 2005.
- [7] Inder Bahl, Prakash Bhartia, *Microwave Solid Circuit Design*, pp.626-659, John Wiley & Sons, 1988.
- [8] David M. Pozar, *Microwave engineering*, Second Edition, John Wiley & Sons, N.Y., 1998.