



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년01월31일  
(11) 등록번호 10-2071885  
(24) 등록일자 2020년01월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 1/58 (2015.01) H04B 1/48 (2015.01)  
H04B 1/56 (2015.01)  
(52) CPC특허분류  
H04B 1/58 (2013.01)  
H04B 1/48 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0006155  
(22) 출원일자 2019년01월17일  
심사청구일자 2019년01월17일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR101573719 B1\*  
KR1020100071152 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
전북대학교산학협력단  
전라북도 전주시 덕진구 백제대로 567 (덕진동1가)  
(72) 발명자  
정용채  
전라북도 전주시 완산구 우전로 180, 702동 1101호 ( LH 세븐 팰리스)  
차우다리 기르다리  
전북 전주시 덕진구 금암5길 9, 304호 (금암동, 탐하우스)  
(74) 대리인  
이재훈

전체 청구항 수 : 총 5 항

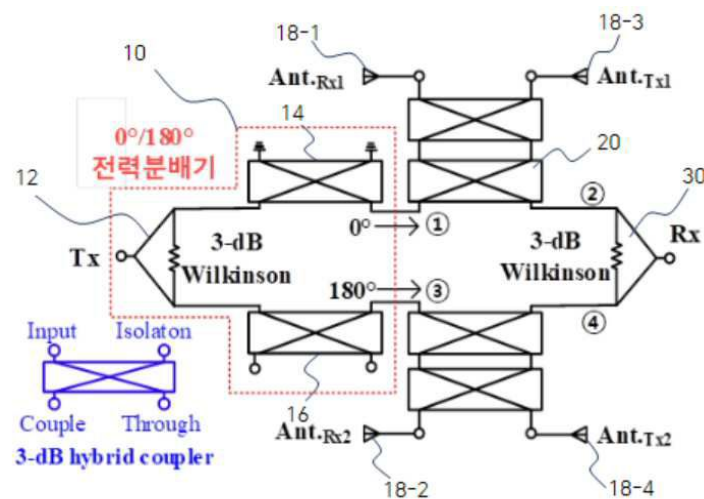
심사관 : 구영희

(54) 발명의 명칭 평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로

(57) 요약

본 발명은 평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 3-dB 윌킨슨 전력분배기와 한쌍의 3-dB 하이브리드 결합기로 구성된 0° /180° 전력분배기를 포함하여, 상기 0° /180° 전력분배기의 출력 단자의 신호들은 순차적으로 연결된 두 개의 3-dB 하이브리드 결합기를 통과하여 특정 송신 안테나를 통해 대기 중으로 모두 방사시키고, 특정 수신 안테나들을 통해 수신되는 신호들은 각각 수신 단자로만 전달되며, 수신 단자의 신호들은 3-dB 윌킨슨 전력 결합기를 통해 결합되어 수신부에 전달되는 평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로에 관한 것이다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류  
*H04B 1/56* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345301399  
 부처명 교육부  
 연구관리전문기관 한국연구재단  
 연구사업명 이공학학술연구기반구축(R&D)  
 연구과제명 농업 무인화를 위한 인공지능 및 로봇 기술 개발  
 기여율 1/2  
 주관기관 전북대학교  
 연구기간 2019.06.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016H1D3A19388065  
 부처명 교육부  
 연구관리전문기관 한국연구재단  
 연구사업명 해외우수신진연구자지원(KRF)사업  
 연구과제명 5G 통신 시스템용 동일 대역 Full Duplex 집적화 연구  
 기여율 1/2  
 주관기관 전북대학교  
 연구기간 2016.10.15 ~ 2021.02.28

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로에 있어서, 3-dB 윌킨슨 전력분배기(12)와 한쌍의 3-dB 하이브리드 결합기(14, 16)로 구성된 0° /180° 전력분배기(10);를 포함하여,

상기 0° /180° 전력분배기(10)의 출력 단자의 신호들은 각각 순차적으로 연결된 두 개의 3-dB 하이브리드 결합기(20)를 통과하여 특정 송신 안테나(18-3, 18-4)를 통해 대기 중으로 모두 방사시키고, 특정 수신 안테나(18-1, 18-2)들을 통해 수신되는 신호들은 각각 수신 단자로 전달되고 3-dB 윌킨슨 전력 결합기(30)를 통해 결합되어 수신부(Rx)에 전달되는 것을 특징으로 하는 평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 3-dB 윌킨슨 전력분배기는 송신(Tx) 입력 단에 인가되는 송신신호를 동위상 및 같은 진폭의 신호들로 분배하는 것을 특징으로 하는 평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로.

**청구항 3**

제2항에 있어서,

상기 3-dB 하이브리드 결합기는 각각 결합(couple)단과 전달(through)단이 각각 개방 및 단락되고, 상기 분배된 신호들이 같은 진폭을 갖지만 서로 180° 의 위상 차이를 갖는 것을 특징으로 하는 평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 순차적으로 연결된 두 개의 3-dB 하이브리드 결합기(20)의 전기적 특성에 의해서 수신 안테나(18-1, 18-2) 단자로는 광대역 0° /180° 전력분배기의 출력 단자의 신호들이 전달되지 않는 것을 특징으로 하는 평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 순차적으로 연결된 두 개의 3-dB 하이브리드 결합기의 전기적 특성에 의해서 수신 안테나(18-1, 18-2)들을 통해 수신되는 신호들은 각각 수신 단자로 전달되며, 광대역 0° /180° 전력분배기 출력 단자로는 전달되지 않는 것을 특징으로 하는 평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 3-dB 윌킨슨 전력분배기와 한쌍의 3-dB 하이브리드 결합기로 구성된 0° /180° 전력분배기;를 포함하여, 상기 0° /180° 전력분배기의 출력 단자의 신호들은 순차적으로 연결된 두 개의 3-dB 하이브리드 결합기를 통과하여 특정 송신 안테나를 통해 대기 중으로 모두 방사시키고, 특정 수신 안테

나들을 통해 수신되는 신호들은 각각 수신 단자로만 전달되며, 수신 단자의 신호들은 3-dB 윌킨슨 전력 결합기를 통해 결합되어 수신부에 전달되는 평형구조 및 광대역 0°/180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 일반적으로 LTE 이동통신 상용화에 따른 고속 데이터 전송이 가능해지면서 멀티미디어 콘텐츠를 즐길 수 있는 환경이 마련되었다.
- [0003] 이에 멈추지 않고 더 빠른 데이터 전송 속도와 고품질 미디어 콘텐츠를 이용하기 위해 LTE-A 및 광대역 LTE 서비스가 개발 및 상용화 되었다. 그럼에도 불구하고 사용자 수 증가 및 다양한 콘텐츠 이용에 따른 데이터 트래픽 증가와 주파수 자원 부족으로 인한 네트워크 용량 문제가 지속적으로 대두되고 있다.
- [0004] 따라서 차세대 5G 이동 통신에서는 더 넓은 대역폭을 확보하여 네트워크 용량을 증가시키고, 트래픽 분산 및 고속데이터 전송이 화두이다. 종래의 도 1(a)와 같은 주파수 분할 방식(frequency division duplexing: FDD)은 송신(Tx)과 수신(Rx) 대역(band) 또는 채널(channel)이 독립적인 주파수 대역을 사용함에 따라 대역 통과 여파기 또는 상쇄 루프를 이용해 송수신 신호 격리 특성을 구현할 수 있지만, 송신 및 수신을 위한 넓은 주파수 대역폭을 확보하기가 힘들다. 도 1(b)와 같은 시 분할(time division duplexing: TDD) 방식 시스템은 송신과 수신 주파수 대역을 분리하지 않고 시간에 따라 교대로 데이터의 전송 및 수신이 이루어지기 때문에 FDD 방식 통신 시스템에 비해서 상대적으로 넓은 주파수 대역폭을 확보하기가 용이하여서 차세대 무선 통신에 적용될 예정이다. 하지만 모든 시간에 걸쳐 송신과 수신이 동시에 이루어지는 FDD 방식에 비해 데이터 전송 시간의 제약이 존재하고, 각 모바일 기기와 기지국 사이에 시간 교대 방식에 따른 시간 동기화가 필요하다. 도 1(c)와 같이 동일대역 전이중통신(in-band full duplexing) 방식은 같은 주파수 대역에서 동시에 송수신 동작을 수행한다. TDD 통신방식과 마찬가지로 송수신 주파수를 공유함에 따라 넓은 대역폭이 확보가 용이하며, 데이터 전송 시간의 제약과 별도의 시간 동기화를 필요로 하지 않는다.
- [0005] 하지만 송수신 주파수 대역이 동일하기 때문에 무선통신 전단부에서 큰 신호 레벨을 갖는 송신 신호의 일부가 수신부로 전달되어도 정상적으로 입력되는 매우 작은 신호 레벨의 수신 신호에 큰 간섭을 일으킨다. 따라서 수신부로 누설된 송신 신호가 정상 수신된 수신 신호에 간섭을 일으키지 않으면서 수신부의 저잡음 증폭기(low noise amplifier: LNA)를 포화시키지 않기 위해서는 송수신부 간에 높은 신호 격리 특성이 필수적이다.
- [0006] 도 2는 종래의 동일대역 전이중통신 무선 전단부 회로의 일례로서, 본 발명과는 달리 자성체로 된 서큘레이터(circulator)를 사용하고 있다. RF 송수신부에 방향성 결합기들을 이용한 신호 상쇄 경로를 형성하되, 송신 신호의 일부(C)를 여러 경로로 나누어 분기하고 각 경로를 통과하는 신호의 군지연 시간(group delay)을 제어하는 고정 군지연 회로(delay)와 신호 진폭을 제어하는 가변 감쇄기(variable attenuator)들을 각각 조정된 후에 합성하여 수신부에 인가하는 아날로그 상쇄 회로(analog cancellation circuit)를 돕으로 수신부에 전달되는 송신 신호를 상쇄하여 높은 송수신 신호 격리 특성을 얻는다.
- [0007] 종래 해당 회로는 아날로그 상쇄 기법을 이용해 무선 전단부에서 대략 60 dB의 신호 격리 특성을 얻었고, 기저대역(baseband)에서 디지털 마이크로 프로세서를 이용하여 추가적인 50 dB의 신호 격리 특성을 얻어 총 110 dB 신호 격리 특성을 구현했다. 그러나 아날로그 상쇄 회로가 다중 경로를 갖기 때문에 1:n의 RF 신호 분배기 및 n:1의 RF 신호 결합기( $\Sigma$ ), 각 경로에 각각 다른 전송 시간을 갖게 하는 고정 군지연 회로(fixed delay)들과 가변 감쇄기(variable attenuator)들로 인해 전체 무선 전단부의 크기가 커진다. 아울러 여러 경로들의 신호들을 제어하는데 매우 복잡한 조정 알고리즘이 필요하여 설계의 복잡도가 높고 서큘레이터(circulator)와 같은 자성(magnetic) 소자를 사용하기 때문에 고주파에서 특성 유지 및 집적화(integration) 하기 어려운 단점이 있다.
- [0008] 종래에는 서큘레이터와 3-dB 하이브리드 결합기를 이용해 안테나에서 반사되는 송신 신호를 상쇄시키고, 송수신부에 상쇄 경로를 이용해 40 ~ 45 dB 신호 격리 특성을 얻었다. 하지만 이중 집속 안테나(dual-feed antenna)를 사용해야만 하고, 여러 개의 서큘레이터 및 3-dB 하이브리드 결합기의 사용으로 인해 전체 무선 전단부의 크기가 커지는 단점이 있다.
- [0009] 도 3에 도시된 바와 같이 링 하이브리드의 입력단자와 격리단자에 송신부 및 수신부를 각각 연결하고 링 하이브리드의 격리 특성을 이용해 송수신 사이의 격리 특성을 구현하였다. 하지만 60 dB의 높은 격리 특성을 구현하기 어려우며 좁은 대역에서만 큰 격리특성이 나타난다. 또한 전력 증폭기(power amplifier: PA)에서 출력되는 송신 전력의 절반이 50  $\Omega$  종단에서 소모되어 송신부 전력 효율이 매우 낮다.

- [0010] 도 4는 다른 일례로서 동일대역 전이중통신 회로의 블록도를 나타내고 있다. 다른 동일대역 전이중통신 회로들과는 달리 송신(Tx) 및 수신(Rx) 안테나를 각각 한 개씩 사용해 2개의 안테나로 회로가 구성된다. 송신신호의 절반은 송신 안테나를 통해 방사되고, 나머지 절반은 수신부에서 송신(Tx) 및 수신(Rx) 안테나 사이의 상호 결합(coupling)에 따른 누설 신호를 제거하는데 사용된다. 따라서 송신부 효율이 50%를 넘을 수 없다.
- [0011] 또한 송신(Tx)-수신(Rx) 안테나 경로의 신호 전달 특성과 발룬(balun)-감쇄기(attenuator)-지연기(delay) 경로를 거쳐 수신부에 전달되는 상쇄 신호의 다른 전달특성으로 인해 광대역 격리 특성을 얻기가 힘들다.
- [0012] 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위한 새로운 구조의 동일대역 전이중통신 전단부가 필요하다.
- [0013] 동일대역 전이중통신 방식은 같은 주파수 대역에서 송신과 수신 신호를 동시에 전송 및 수신할 수 있어서 송신 및 수신 주파수를 별도로 사용하는 종래의 통신 방식 대비 2배 이상의 주파수 효율성을 갖는다.
- [0014] 하지만 무선 신호의 송신과 수신이 동일 대역 주파수를 통해 이루어지기 때문에 송신 및 수신부 사이의 신호 격리 특성이 매우 중요하다. 이러한 송수신 신호 격리 특성을 위해 90° 하이브리드(hybrid) 및 180° 링(ring) 하이브리드의 격리 단자들에 송신 및 수신부를 각각 연결하면 높은 신호 격리 특성을 어느 정도 얻을 수 있지만 격리 특성 및 대역폭이 충분하지는 않다.
- [0015] 또한 4-단자 회로 특성상 송신부, 수신부, 그리고 안테나를 3개의 단자에 연결하면, 나머지 하나의 단자를 50 Ω 종단시키게 되는데, 이때 송신 출력 전력의 절반이 50 Ω 종단에서 소모되어 전체 송신부 회로의 효율이 50%를 넘을 수 없고, 방향성 결합기를 이용해 상쇄 루프를 형성하는 경우에는 광대역 신호 격리 특성을 얻기 어렵다.
- [0016] 또한 종래의 자성체로 만들어지는 서큘레이터(circulator)를 사용하면 상대적으로 쉽게 격리특성을 얻을 수 있으나, 초고주파에서 격리 특성 열화 및 회로 직접화할 수 없는 단점이 있다.

**선행기술문헌**

**비특허문헌**

- [0017] (비특허문헌 0001) [1] P. Pirinen, "A brief overview of 5G research activities," 5G for Ubiquitous Connectivity Conf., pp.17~22, Nov. 2014.
- (비특허문헌 0002) [2] D. Bharadia, E. Mcmilin, and S. Katti, "Full duplex radios," in Proc. ACM SIGCOMM 2013 Conf. on SIGCOMM, pp. 375~386, Oct. 2013.
- (비특허문헌 0003) [3] M. E. Knox, "Single antenna full duplex communications using a common carrier," in Proc. 13th Annual Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON), pp. 1-6, Apr. 2012
- (비특허문헌 0004) [4] F. Passerini and A. M. Tonello, "In band full duplex PLC: the role of the hybrid coupler," International Symposium on Power Line Communications and its Applications, May 2016
- (비특허문헌 0005) [5] M. Jain, et al., "Practical, real-time, full duplex wireless," in Proc. 17th Annu. Int. Conf. Mobile Computer Network, pp. 301??312, Sep. 2011
- (비특허문헌 0006) [6] Q. Wang, H. Kang, S. Jeong, J. Jeong, P. Kim and Y. Jeong. Analysis and design of conventional wideband branch line balun. International Symposium on Information Technology Convergence, pp. 386-389, 2015

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0018] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것으로서, 종래의 5세대 이동 통신 시스템에서 제안된 동일대역 전이중통신(In-band full duplex) 무선 전단부(RF front-end)의 협대역 신호 격리 특성을 개선하기 위한 새로운 광대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로를 제시한다.
- [0019] 또한 본 발명은 무선 전단부가 광대역에 걸쳐 송신 및 수신부 사이에 높은 신호 격리 특성을 얻기 위해 광대역

0° /180° 전력분배기와 물리적 평형구조를 구현함으로써 광대역 주파수에 걸쳐 수신부에 전달되는 송신부 누설신호를 효과적으로 상쇄하는 신호 격리 특성을 얻을 수 있다.

[0020] 또한 본 발명은 비자성 소자로만 회로를 구현하여 초고주파에서도 회로 직접화 및 특성을 유지할 수 있다.

**과제의 해결 수단**

[0021] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명은 3-dB 윌킨슨 전력분배기와 한쌍의 3-dB 하이브리드 결합기로 구성된 0° /180° 전력분배기;를 포함하여, 상기 0° /180° 전력분배기의 출력 단자의 신호들은 순차적으로 연결된 두 개의 3-dB 하이브리드 결합기를 통과하여 특정 송신 안테나를 통해 대기 중으로 모두 방사시키고, 특정 수신 안테나들을 통해 수신되는 신호들은 각각 수신 단자로 전달되며 수신 단자의 신호들은 3-dB 윌킨슨 전력 결합기를 통해 결합되어 수신부에 전달된다.

[0022] 상기 3-dB 윌킨슨 전력분배기는 송신 입력 단에 인가되는 송신신호를 동위상 및 같은 진폭의 신호들로 분배한다.

[0023] 상기 한쌍의 3-dB 하이브리드 결합기는 결합단과 전달단이 각각 개방 및 단락되고, 상기 3-dB 윌킨슨 전력분배기를 통해 분배된 신호들이 한쌍의 3-dB 하이브리드 결합기를 통과하면서 같은 진폭을 갖지만 서로 180° 의 위상 차이를 갖는 신호들로 변환된다.

[0024] 상기 순차적으로 연결된 두 개의 3-dB 하이브리드 결합기의 전기적 특성에 의해서 광대역 0° /180° 전력분배기의 출력 단자의 신호들은 송신 안테나 단자로만 전달되고, 수신 안테나 단자로는 전달되지 않는다.

[0025] 상기 순차적으로 연결된 두 개의 3-dB 하이브리드 결합기의 전기적 특성에 의해서 수신 안테나들을 통해 수신되는 신호들은 각각 수신 단자로만 전달되며, 상기 광대역 0° /180° 전력분배기의 출력 단자로는 전달되지 않는다.

**발명의 효과**

[0026] 상기와 같이 이루어지는 본 발명은 5세대 이동 통신 시스템에서 제안된 동일대역 전이중통신(In-band full duplex) 무선 전단부(RF front-end)의 협대역 신호 격리 특성을 개선하였다.

[0027] 또한 본 발명은 무선 전단부가 광대역에 걸쳐 송신 및 수신부 사이에 높은 신호 격리 특성을 얻기 위해 광대역 0° /180° 전력분배기와 물리적 평형구조를 구현함으로써 광대역 주파수에 걸쳐 수신부에 전달되는 송신부 누설신호를 효과적으로 상쇄하는 신호 격리 특성을 얻을 수 있다.

[0028] 또한 종래 3-dB 하이브리드 결합기 또는 링(ring) 하이브리드를 사용하는 전이중통신 무선 전단부 회로의 문제점인 송신 신호의 3 dB 손실이 발생하지 않는다.

[0029] 또한 본 발명은 평형구조 광대역 0° /180° 전력분배기를 통해 2.5 GHz를 중심으로 넓은 대역에서 좋은 상쇄특성을 보인다.

**도면의 간단한 설명**

[0030] 도 1은 종래 발명에 따른 통신 방식에 따른 송수신 신호 분포로서 (a) 주파수 분할 방식, (b) 시 분할 방식, (c) 동일대역 전이중 방식 등을 보여주는 도면이다.

도 2는 종래 발명에 따른 동일대역 전이중통신 시스템 무선 전단부 블록도를 보여주는 도면이다.

도 3은 종래 발명에 따른 링(ring) 하이브리드를 이용한 동일대역 전이중통신 전단부를 나타내는 도면이다.

도 4는 종래 발명에 따른 독립된 송수신 안테나를 갖는 동일대역 전이중통신 전단부를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 평형구조에서 누설신호 쌍 및 경로를 보여주는 도면이다.

도 7은 (a) 평형구조 광대역 0° /180° 전력분배기와 (b) 반사형 3-dB 하이브리드 구조를 보여주는 도면이다.

도 8은 0° /180° 전력분배기 회로들의 신호 상쇄실험도를 보여주는 도면이다.

도 9는 도 8의  $0^\circ / 180^\circ$  전력분배기로 종래의 발문, 링 하이브리드 및 본 발명의 평형구조 광대역  $0^\circ / 180^\circ$  전력분배기를 각각 사용했을 때의 신호 상쇄 측정 결과를 보여주는 도면이다.

도 10은 2.5 GHz 에서 제작된 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부를 보여주는 도면이다.

도 11은 안테나 유무에 따른 제작회로의 송수신 격리 특성을 보여주는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0031] 본 발명을 충분히 이해하기 위해서 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 설명한다. 본 발명의 실시예는 여러 가지 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상세히 설명하는 실시예로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상 등은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해서 과장되어 표현될 수 있다. 각 도면에서 동일한 부재는 동일한 참조부호로 도시한 경우가 있음을 유의하여야 한다. 또한, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 기술은 생략된다.
- [0032] **평형구조 및 광대역  $0^\circ / 180^\circ$  전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부**
- [0033] 도 5는 본 발명의 평형구조 및 광대역  $0^\circ / 180^\circ$  전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로를 나타내는 도면이고, 도 6은 본 발명의 평형구조에서 누설신호 쌍 및 경로를 보여주는 도면이다.
- [0034] 도 5에 도시된 바와 같이 본 발명은 평형구조 및 광대역  $0^\circ / 180^\circ$  전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 전단부 회로로 구성된다.
- [0035] 송신(Tx) 입력부에는 3-dB 윌킨슨(Wilkinson) 전력분배기와 3-dB 하이브리드 결합기들을 이용하여 광대역  $0^\circ / 180^\circ$  전력분배기를 구현했다.
- [0036] 송신신호는 송신(Tx) 입력 단에 인가되고, 3-dB 윌킨슨 전력분배기를 통해 동위상 및 같은 진폭의 신호들로 분배된다.
- [0037] 이 신호들은 각각 결합(couple) 단과 전달(through) 단이 각각 단락 및 개방된 반사형 3-dB 하이브리드 결합기를 통과하여 단자 ①과 단자 ③으로 출력되는데, 두 출력 신호들은 같은 진폭을 가지면서 서로  $180^\circ$  의 위상 차이를 갖는다.
- [0038] 이때 두 개의 분배 경로가 물리적으로 대칭이기 때문에 주파수에 따른 전달특성의 크기와 군지연이 같게 된다.
- [0039] 이후 광대역  $0^\circ / 180^\circ$  전력분배기의 출력 단자 ①과 ③의 신호들은 순차적으로 연결된 두 개의 3-dB 하이브리드 결합기를 통과하고, 최종적으로 각각 두 개의 송신 안테나 Ant.<sub>Tx1</sub> 과 Ant.<sub>Tx2</sub> 를 통해 대기 중으로 모두 방사된다.
- [0040] 이 때에 순차적으로 연결된 두 개의 3-dB 하이브리드 결합기의 전기적 특성에 의해서 수신 안테나 Ant.<sub>Rx1</sub> 과 Ant.<sub>Rx2</sub> 단자로는 광대역  $0^\circ / 180^\circ$  전력분배기의 출력 단자 ①과 출력 단자 ③의 신호들이 전달되지 않는다.
- [0041] 따라서 종래 3-dB 하이브리드 결합기 또는 링(ring) 하이브리드를 사용하는 전이중통신 무선 전단부 회로의 문제점인 송신 신호의 3 dB 손실이 본 발명에 따른 회로에서는 발생하지 않는다.
- [0042] 순차적으로 연결된 두 개의 3-dB 하이브리드 결합기의 전기적 특성에 의해서 수신 안테나 Ant.<sub>Rx1</sub> 과 Ant.<sub>Rx2</sub> 들을 통해 수신되는 신호들은 각각 단자 ②와 단자 ④로 전달되며, 단자 ①과 단자 ③으로는 전달되지 않는다.
- [0043] 수신된 단자 ②와 단자 ④의 신호들은 3-dB 윌킨슨 전력 결합기를 통해 결합되어 수신(Rx) 부에 전달된다.
- [0044] 본 발명에 따른 회로는 광대역에서 송수신 사이의 높은 격리 특성을 얻기 위해 평형구조를 이용했다.
- [0045] 본 발명에 따른 평형구조 회로는 송신(Tx) 단에서 수신(Rx) 단으로 누설되는 누설신호 쌍(pair)들이 존재한다.
- [0046] 이 누설신호 쌍들은 평형구조에 의해 물리적 전달 경로가 동일하므로 동일한 주파수 전달 특성을 갖고,  $0^\circ / 180^\circ$  전력분배기에 의해서 광대역에 걸쳐 동일 진폭 및  $180^\circ$  위상차의 전달특성을 갖기 때문에 최종 수신(Rx) 단에서 광대역에 걸쳐 서로 상쇄된다.
- [0047] 본 발명에 따른 회로에는 크게 3개의 누설신호 쌍들이 존재하며 각 상쇄신호 쌍들의 경로는 도 6과 같이 나타낼

수 있다.

[0048] 먼저 첫 번째 누설신호 쌍은 3-dB 하이브리드 결합기의 입력 및 격리 단자사이의 누설경로인 ①-②와 ③-④이다.

[0049] 두 번째 누설신호 쌍과 세 번째 누설신호 쌍의 경로들은 안테나 사이의 상호 결합에 따른 ①-Ant<sub>.Tx1</sub>-Ant<sub>.Rx1</sub>-② 및 ③-Ant<sub>.Tx2</sub>-Ant<sub>.Rx2</sub>-④와 ①-Ant<sub>.Tx1</sub>-Ant<sub>.Rx2</sub>-④ 및 ③-Ant<sub>.Tx2</sub>-Ant<sub>.Rx1</sub>-②이다.

[0050] 각 신호 쌍과 상세 전달 경로는 표 1(누설신호 쌍들과 그 경로들)과 같이 정리할 수 있다.

표 1

	Names	Paths
1 <sup>st</sup> Pair	$S_{leak\_H\_up}(t, f)$	①-②
	$S_{leak\_H\_down}(t, f)$	③-④
2 <sup>nd</sup> Pair	$S_{leak\_T1R1}(t, f)$	①-Ant <sub>.Tx1</sub> -Ant <sub>.Rx1</sub> -②
	$S_{leak\_T2R2}(t, f)$	③-Ant <sub>.Tx2</sub> -Ant <sub>.Rx2</sub> -④
3 <sup>rd</sup> Pair	$S_{leak\_T1R2}(t, f)$	①-Ant <sub>.Tx1</sub> -Ant <sub>.Rx2</sub> -④
	$S_{leak\_T2R1}(t, f)$	③-Ant <sub>.Tx2</sub> -Ant <sub>.Rx1</sub> -②

[0051]

**광대역 0° /180° 전력분배기**

[0052]

[0053] 도 7은 (a) 본 발명에서 사용된 평형구조 광대역 0° /180° 전력분배기와 (b) 상기 평형구조 광대역 0° /180° 전력분배기에 사용된 반사형 3-dB 하이브리드 구조를 보여주는 도면이고, 도 8은 0° /180° 전력분배기 회로들의 전기적 성능을 확인하기 위한 신호 상쇄실험도를 보여주는 도면이며, 도 9는 종래의 발룬, 링 하이브리드, 및 본 발명의 평형구조 광대역 0° /180° 전력분배기의 신호 상쇄 측정 결과를 보여주는 도면이다.

[0054] 본 발명에 따른 평형구조 회로의 누설신호 쌍들은 송신 단의 0° /180° 전력분배기에 의해서 서로 상쇄될 수 있기 때문에, 광대역에서 송수신 격리 특성을 얻기 위해서는 광대역 0° /180° 전력분배기가 필요하다.

[0055] 일반적으로 0° /180° 전력분배 특성을 얻기 위해서는 발룬(balun)과 링 하이브리드를 주로 사용한다. 하지만 이러한 회로들은 주로 좁은 주파수 대역에서만 0° /180° 위상 분배 특성을 갖기 때문에 광대역 특성을 얻을 수 없다.

[0056] 따라서 본 발명에 따른 구조는 3-dB 윌킨슨 전력분배기와 3-dB 하이브리드 결합기를 이용해 광대역 0° /180° 전력분배기를 구현했다.

[0057] 도 7(b)에 나타낸 반사형 3-dB 하이브리드의 S-파라미터는 아래 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

**수학적 식 1**

$$S_{RST} = \begin{bmatrix} 0 & -j\Gamma_L \\ -j\Gamma_L & 0 \end{bmatrix}$$

[0058]

[0059] 이때 부하에 따라 전달특성  $S_{21} = -j\Gamma_L$  이 결정되는데 개방(open) 및 단락(short) 조건에 따라  $\Gamma_L$ 은 수학적 식 2와 같이 나타난다.



수학식 2

$$\Gamma_{L\_short} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \Big|_{Z_L=0} = -1 \quad (2a)$$

$$\Gamma_{L\_open} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \Big|_{Z_L=\infty} = 1 \quad (2a)$$

[0060]

[0061]

개방 및 단락의 부하에 따라 전달 특성의 크기는 같고 부호만 다르기 때문에 0° /180° 전력 분배기는 넓은 대역에서 0° /180° 신호 분배 특성을 얻을 수 있다.

[0062]

도 8과 같이 0° /180° 신호 분배 특성을 갖는 종래의 발룬과 링 하이브리드, 및 본 발명의 평형구조 광대역 0° /180° 전력분배기의 두 개의 분배된 출력 신호들을 다시 월킨슨 전력 결합기로 합쳐 신호상쇄 특성을 측정했다.

[0063]

도 9에 도시된 바와 같이 종래 발룬과 링 하이브리드는 주로 특정 주파수 대역에서 좋은 상쇄 특성을 보이지만, 본 발명의 평형구조 광대역 0° /180° 전력분배기는 2.5 GHz를 중심으로 넓은 대역에서 좋은 상쇄특성을 보이고 있다.

[0064]

**송수신 격리특성 측정 결과**

[0065]

도 10은 2.5 GHz 에서 제작된 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 진단부를 보여주는 도면이고, 도 11은 안테나 유무에 따른 제작회로의 송수신 격리 특성을 보여주는 도면이다.

[0066]

도 10에 도시된 바와 같이 2.5 GHz에서 구현된 평형구조 및 광대역 0° /180° 전력분배기를 이용한 동일대역 비자성체 전이중통신 무선 진단부 회로이다. 측정을 위해 상용 다이폴 안테나 4개를 사용해 측정하였다.

[0067]

도 11에 도시된 바와 같이 안테나(안테나 포트는 50 Ω 종단)가 없이 측정하는 경우 상기 표 1에서 제시된 누설 신호 쌍들 중에서 첫 번째 쌍만 존재하기 때문에 안테나가 있는 경우보다 더 좋은 특성을 보인다.

[0068]

60 dB 격리 특성을 기준으로 안테나가 없는 경우 190 MHz(2.37 ~ 2.56 GHz) 대역폭을 갖는다.

[0069]

안테나를 사용해 측정하는 경우에는 표 1에 제시된 모든 누설신호 쌍들이 존재하고 각각 수신 단에서 상쇄되기 때문에 상대적으로 특성이 열화된다. 측정된 60 dB 격리특성 대역폭은 113 MHz(2.446 ~ 2.559 GHz)이다.

**부호의 설명**

[0070]

10 : 0° /180° 전력분배기

12 : 3-dB 월킨슨 전력분배기

14, 16 : 3-dB 하이브리드 결합기

18-1, 18-2 : 수신 안테나

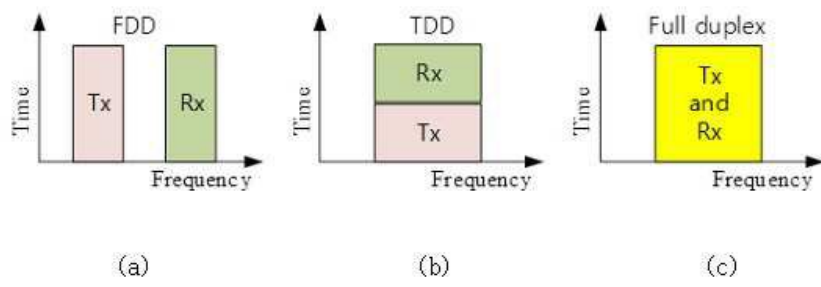
18-3, 18-4 : 송신 안테나

20 : 3-dB 하이브리드 결합기

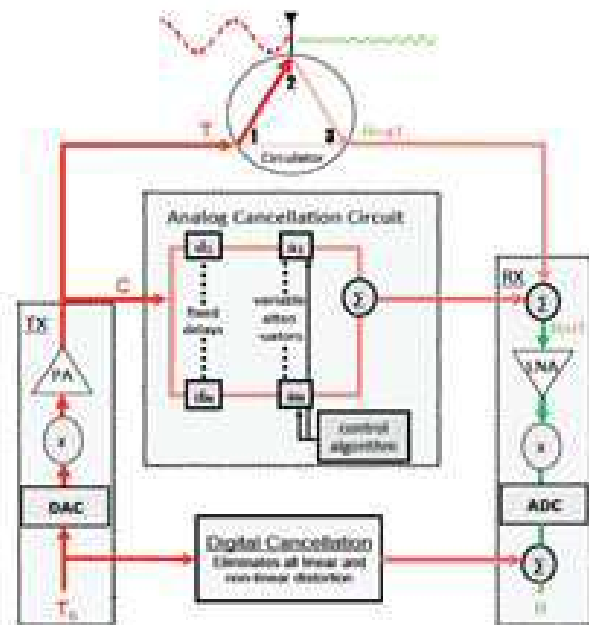
30 : 3-dB 월킨슨 전력 결합기

도면

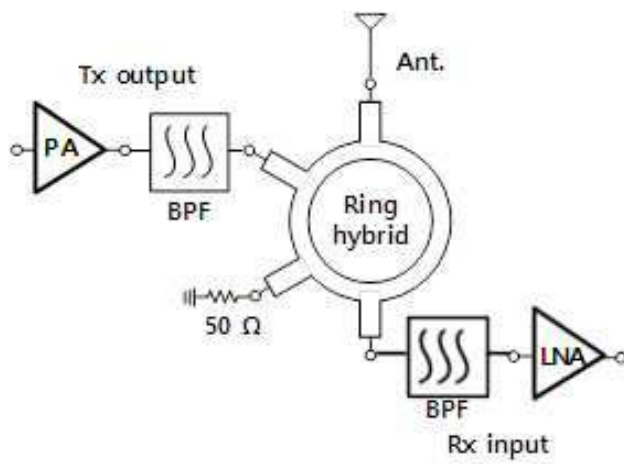
도면1



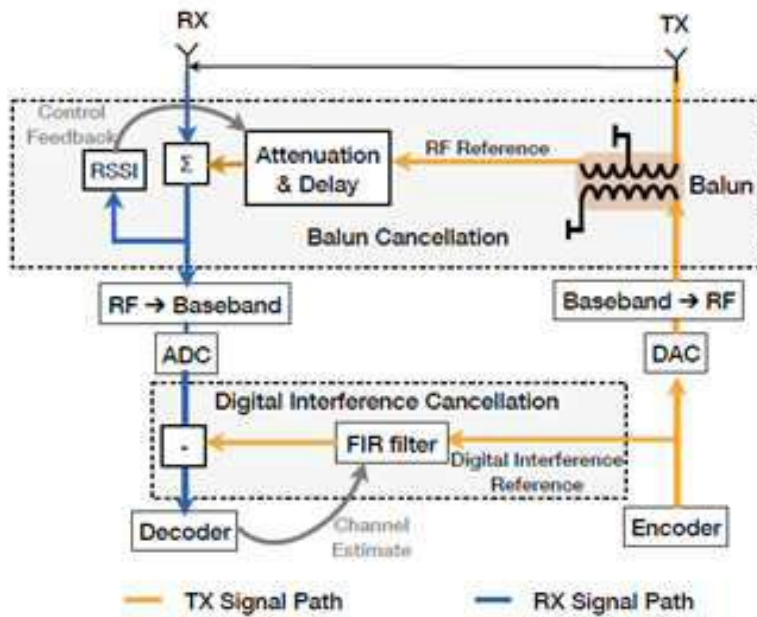
도면2



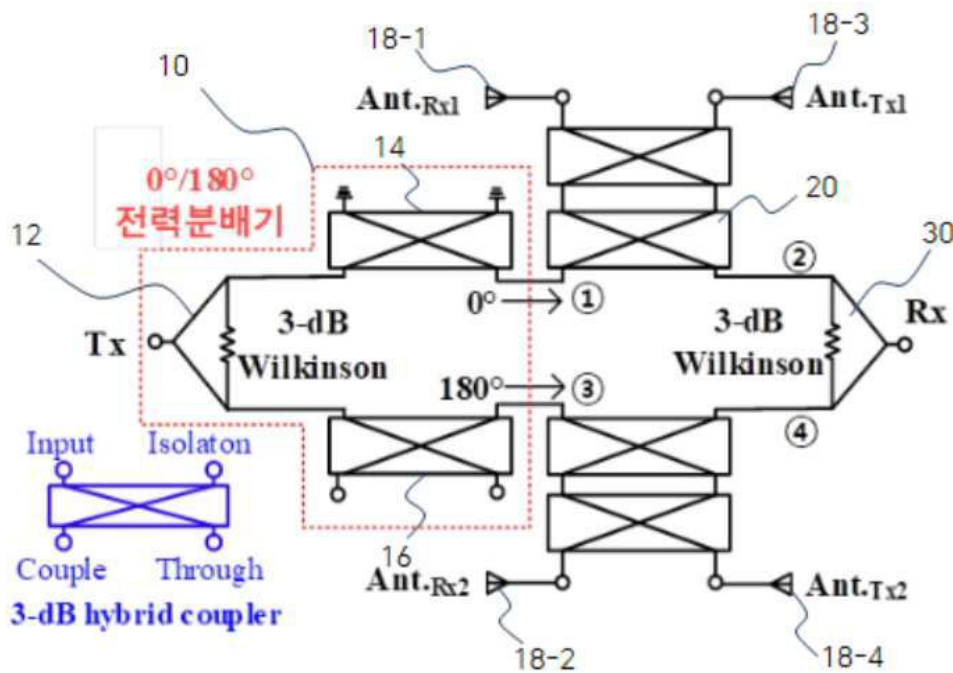
도면3



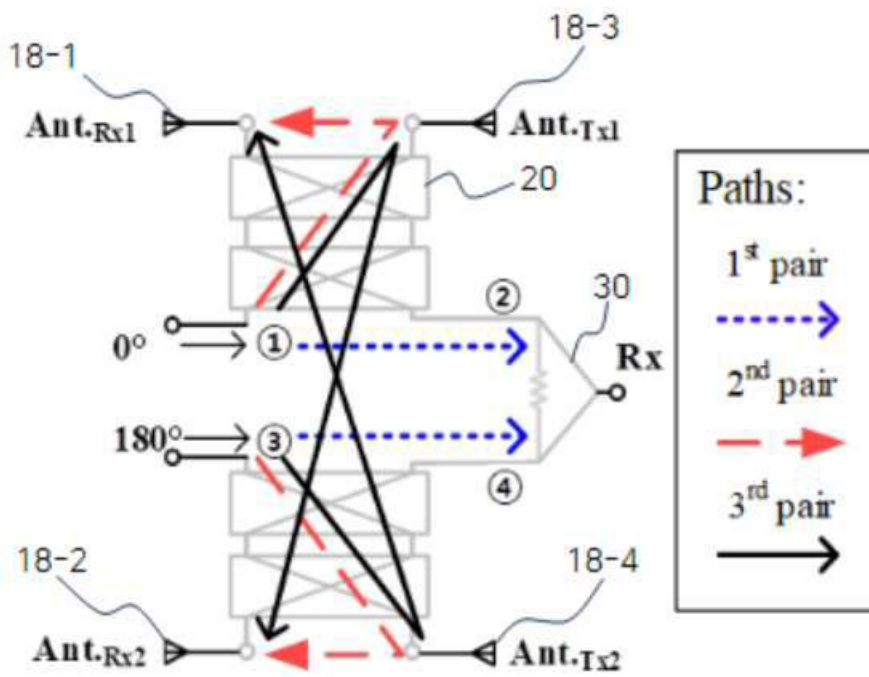
도면4



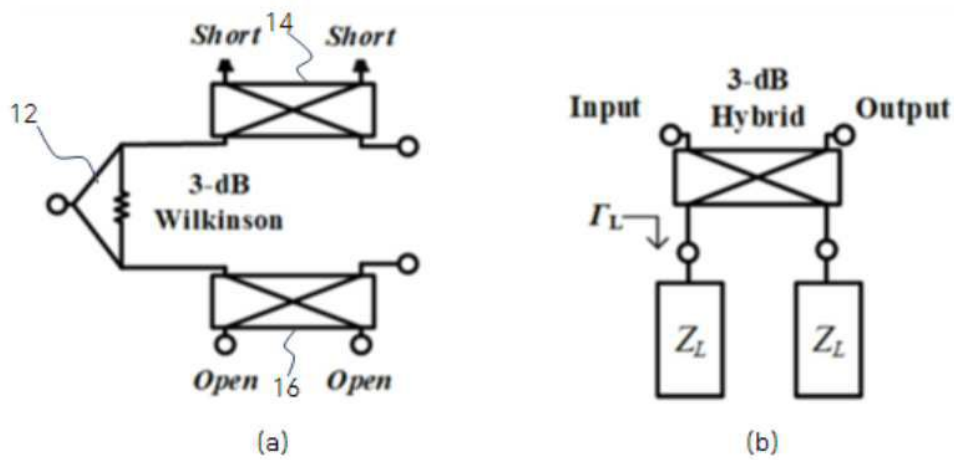
도면5



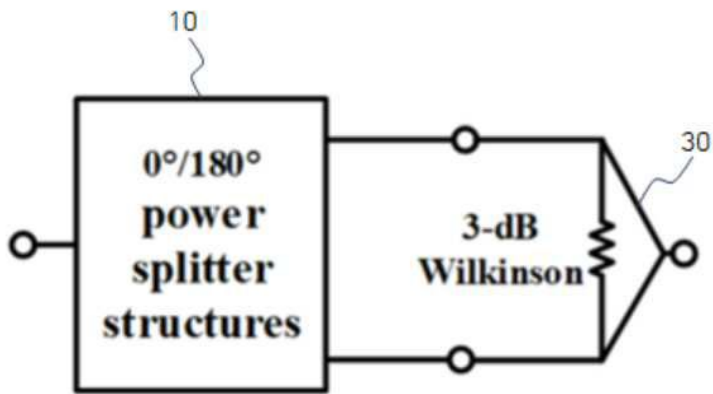
도면6



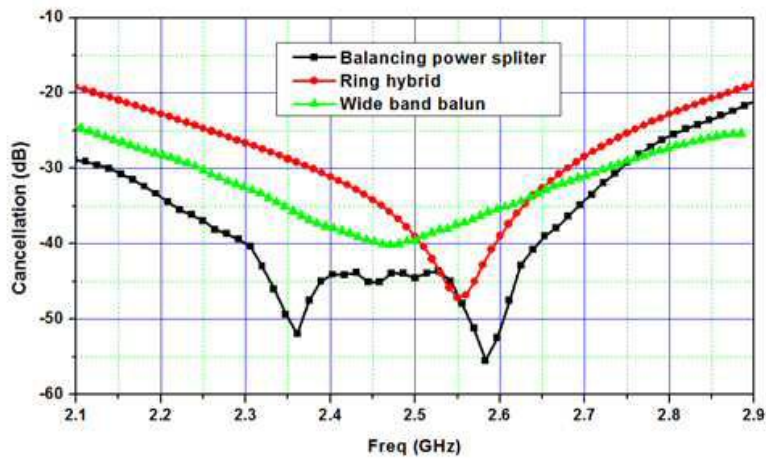
도면7



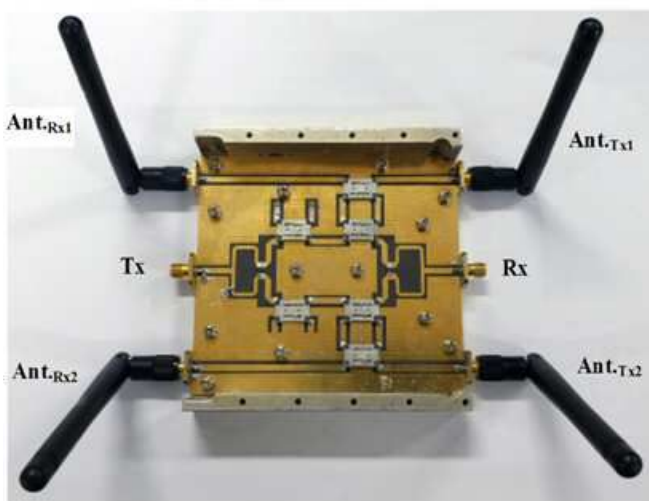
도면8



도면9



도면10



도면11

