



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월27일  
(11) 등록번호 10-2137854  
(24) 등록일자 2020년07월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 1/04 (2006.01) H01Q 21/28 (2018.01)  
H01Q 3/24 (2006.01) H01Q 3/36 (2006.01)  
H01Q 7/00 (2018.01) H01Q 9/42 (2006.01)  
H04B 1/18 (2018.01) H04B 1/525 (2014.01)  
(52) CPC특허분류  
H04B 1/0475 (2013.01)  
H01Q 21/28 (2018.05)  
(21) 출원번호 10-2015-7029790  
(22) 출원일자(국제) 2014년03월15일  
심사청구일자 2019년03월07일  
(85) 번역문제출일자 2015년10월15일  
(65) 공개번호 10-2016-0005692  
(43) 공개일자 2016년01월15일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/029878  
(87) 국제공개번호 WO 2014/145162  
국제공개일자 2014년09월18일  
(30) 우선권주장  
61/798,521 2013년03월15일 미국(US)  
14/214,579 2014년03월14일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2011503950A  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
도콘 아게  
스위스 씨에이치-8002 취리히 가르텐스트라세 10  
(72) 발명자  
듀푸이, 알렉산더  
미국, 캘리포니아 92121, 샌 디에고, 스위트 309,  
퍼시픽 센터 블러바드 5744  
라다, 패트릭, 안토인  
미국, 캘리포니아 92121, 샌 디에고, 스위트 309,  
퍼시픽 센터 블러바드 5744  
브라운, 포레스트, 제임스  
미국, 캘리포니아 92121, 샌 디에고, 스위트 309,  
퍼시픽 센터 블러바드 5744  
(74) 대리인  
강명구, 박윤원

전체 청구항 수 : 총 48 항

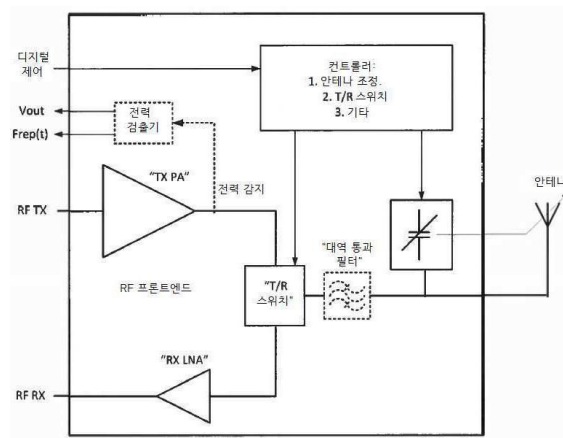
심사관 : 구영희

(54) 발명의 명칭 SISO 및 MIMO 애플리케이션용 조향 안테나, CPL 안테나, 및 하나 이상의 수신 로그 검출기 증폭기의 조합

(57) 요약

로그 검출기 증폭기(LDA), 복수 안테나, 액티브 안테나, 및 복수 액티브 안테나 및 수신기가, WLAN 및 WAN 환경에서 무선 라우터와 클라이언트 간에 더 큰 범위 및 대역폭을 제공하도록, 간섭을 감소 또는 제거시키도록 동기화된, 다양한 구조로 제공된다.

대표도



(52) CPC특허분류

*H01Q 3/24* (2013.01)  
*H01Q 3/36* (2018.05)  
*H01Q 7/00* (2018.05)  
*H01Q 9/42* (2013.01)  
*H04B 1/18* (2018.01)  
*H04B 1/525* (2013.01)  
*H04B 2001/0408* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR100154704B1  
JP2006135937A  
JP2004007796A  
JP04310339B2

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

무선 전송용 안테나 시스템에 있어서,

안테나와,

상기 안테나에 연결되어, 상기 안테나에 의해 수신 또는 송신되는 전송 데이터의 전파 간섭을 소거하도록 구성되는 로그 검출기 증폭기(LDA: logarithmic detector amplifier)를 포함하며, 상기 LDA는,

입력 포트를 가진 증폭 회로 - 상기 증폭 회로는 제 1 주파수를 가진 입력 신호를 상기 입력 포트에서 수신하도록, 그리고, 상기 입력 신호에 기초하여 발진을 발생시키도록 구성됨 - 와,

상기 증폭 회로에 연결되어, 상기 시스템의 작동 주파수를 형성하도록, 그리고 제 2 주파수를 가진 제 1 출력 신호를 제 1 출력 포트에서 발생시키도록, 구성되는 하나 이상의 공진 회로 - 상기 제 2 주파수는 상기 제 1 주파수와 실질적으로 동일함 - 와,

상기 증폭기 입력에 연결되어, 기결정된 전압 임계치가 검출될 때마다 상기 입력 신호의 발진을 주기적으로 중지시키도록 구성되는 컨트롤러 회로 - 상기 컨트롤러 회로는 제 3 주파수에서 반복 주파수를 가진 제 2 출력 신호를 제 2 출력 포트에서 발생시키도록 구성되는 저역 통과 필터를 포함함 - 를 포함하며,

상기 안테나는 상기 증폭 회로의 입력 포트에 연결되고, 제 1 송신 신호를 송신하도록 구성되며, 상기 제 1 송신 신호는 역방향 모드로 작동하는 LDA에 의해 증폭되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 안테나는 액티브한 특징, 조정가능한 특징, 조향가능한 특징 중 적어도 하나를 포함하는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

제 2 안테나에 연결되는 제 2 LDA - 상기 제 2 안테나는 액티브한 특징, 조정가능한 특징, 조향가능한 특징 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 안테나 시스템은 MIMO 통신을 지원하도록 구성되며, 상기 안테나 및 제 2 안테나는 수신 또는 송신되는 데이터 채널들 간에 노이즈 간섭을 감소 또는 제거하도록 구성됨 - 를 더 포함하는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 LDA는 상기 안테나의 기저부에, 또는 상기 기저부의 인근에 위치하는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 안테나는 CPL(Compound Printed Loop) 안테나인

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 LDA는 역방향 모드로 작동할 때 송신 전력 증폭기 또는 수신 저잡음 증폭기(LNA) 중 적

어도 하나로 기능하는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 7

삭제

#### 청구항 8

로그 검출기 증폭기(LDA)를 포함하는 RF 프런트엔드에 있어서, 상기 LDA는,

입력 포트를 가진 증폭 회로 - 상기 증폭 회로는 제 1 주파수를 가진 입력 신호를 상기 입력 포트에서 수신하도록, 그리고, 상기 입력 신호에 기초하여 발진을 발생시키도록 구성됨 - 와,

상기 증폭 회로에 연결되어, 상기 LDA의 작동 주파수를 형성하도록, 그리고 제 2 주파수를 가진 제 1 출력 신호를 제 1 출력 포트에서 발생시키도록, 구성되는 하나 이상의 공진 회로 - 상기 제 2 주파수는 상기 제 1 주파수와 실질적으로 동일함 - 와,

상기 증폭기 입력에 연결되어, 기결정된 전압 임계치가 검출될 때마다 상기 입력 신호의 발진을 주기적으로 중지시키도록 구성되는 컨트롤러 회로 - 상기 컨트롤러 회로는 제 3 주파수에서 반복 주파수를 가진 제 2 출력 신호를 제 2 출력 포트에서 발생시키도록 구성되는 저역 통과 필터를 포함함 - 와,

상기 LDA의 입력 포트에 연결되는 안테나 - 상기 LDA의 제 1 출력 포트는 제 4 주파수를 가진 제 2 입력 신호를 수신하도록 구성되고, 상기 LDA는 송신 경로를 따라 상기 입력 포트에서 제 5 주파수를 가진 제 1 송신 신호를 출력하기 위해 제 2 입력 신호를 증폭하도록 구성되며, 상기 제 5 주파수는 상기 제 4 주파수와 실질적으로 동일함 - 를 포함하고,

상기 안테나는 상기 입력 신호를 수신하도록 구성되고, 상기 LDA는 수신 경로를 따라 상기 제 2 출력 포트에서 제 1 수신 신호를 출력하기 위해 상기 입력 포트에서 수신되는 상기 입력 신호를 증폭하도록 구성되는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 LDA는 풀 듀플렉스 양방향 증폭기, 하프 듀플렉스 양방향 증폭기, 대역 통과 필터, 송신/수신 스위치, 또는 송신 전력 검출기 중 적어도 하나로 기능하는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 LDA는 대역 통과 필터로 기능하도록 구성되는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 11

삭제

#### 청구항 12

삭제

#### 청구항 13

제 8 항에 있어서,

상기 송신 경로는 복수의 송신 전력 증폭기를 포함하고, 상기 수신 경로는 라프 듀플렉스 구조로 연결되는 2개 이상의 LDA를 포함하는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 14

제 8 항에 있어서,

상기 송신 경로는 가변 송신기를 포함하고, 상기 수신 경로는 주파수 분할 듀플렉스(FDD), 주파수 분할 멀티플렉스, 또는 풀 듀플렉스 또는 하프 듀플렉스 시간 분할 멀티플렉스를 지원하도록 조정가능한 LDA를 포함하는 가변 수신기를 포함하는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 15

제 8 항에 있어서,

상기 LDA는 송신 경로를 따라 송신 전력 증폭기로, 그리고 수신 경로를 따라 수신 저잡음 증폭기로 기능하는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 16

제 8 항에 있어서,

상기 LDA는 상기 입력 신호 또는 제 2 입력 신호 중 적어도 하나를 FM 변조 또는 복조하는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 17

제 8 항에 있어서,

상기 LDA는 상기 입력 신호 또는 제 2 입력 신호 중 적어도 하나를 AM 또는 PM 변조 또는 복조하는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 18

삭제

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

제 1 항에 있어서,

상기 LDA의 제 1 출력 포트는

제 4 주파수를 가진 제 2 입력 신호를 수신하도록 구성되고,

제 5 주파수를 가진 제 1 송신 신호를 출력하기 위해 상기 제 2 입력 신호를 증폭하도록 구성되며, 상기 제 5 주파수는 상기 제 4 주파수와 실질적으로 동일한

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 제 2 입력 신호는 하나 이상의 반송파 및 하나 이상의 변조를 포함하고, 상기 LDA는 상기 하나 이상의 반송파 및 하나 이상의 변조를 포함하는 제 1 송신 신호를 생성하기 위해 상기 제 2 입력 신호를 증폭시키도록 구성되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 22

제 20 항에 있어서,

상기 LDA는 송신 경로를 따라 상기 입력 포트에서 상기 제 1 송신 신호를 출력하기 위해 상기 제 2 입력 신호를 증폭시키도록 구성되고, 상기 안테나는 상기 입력 신호를 수신하도록 구성되며, 상기 LDA는 수신 경로를 따라 상기 제 2 출력 포트에서 제 1 수신 신호를 출력하기 위해 상기 입력 포트에서 수신되는 상기 입력 신호를 증폭시키도록 구성되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 LDA는 상기 입력 신호로부터 상기 제 2 입력 신호를 분리시키기 위해 상기 송신 경로 및 수신 경로를 분리시키도록 구성되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 24

제 22 항에 있어서,

상기 LDA의 제 1 출력 포트에 연결되는 스플리터를 더 포함하며,

상기 스플리터는 상기 입력 신호로부터 제 2 입력 신호를 분리시키기 위해 상기 송신 경로 및 수신 경로를 분리시키도록 구성되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 25

제 20 항에 있어서,

상기 입력 신호는 하나 이상의 반송파 및 하나 이상의 변조를 포함하고, 상기 LDA는 순방향 모드로 작동할 때 상기 하나 이상의 반송파 및 하나 이상의 변조를 포함하는 제 1 출력 신호를 생성하기 위해 상기 입력 신호를 증폭시키도록 구성되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 LDA의 제 1 출력 포트에 연결되는 스플리터를 더 포함하며,

상기 LDA는 역방향 모드 및 순방향 모드로 동시에 작동하도록 구성되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 27

제 26 항에 있어서,

상기 스플리터의 공통 포트는 상기 제 1 출력 포트에 연결되고, 제 1 스플리터 출력 포트는 수신 경로에 연결되며, 제 2 스플리터 출력 포트는 송신 경로에 연결되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 28

제 26 항에 있어서,

상기 LDA는 양방향 LDA, 풀 듀플렉스 양방향 증폭기, 하프 듀플렉스 양방향 증폭기 중 적어도 하나로 작동하도록 구성되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 29

제 26 항에 있어서,

상기 제 2 입력 신호는 하나 이상의 제 1 반송파 및 하나 이상의 제 1 변조를 포함하고,

상기 스플리터는 상기 LDA의 제 1 입력 포트에 제 2 입력 신호를 보내며,

상기 LDA는 상기 하나 이상의 제 1 반송파 및 하나 이상의 제 1 변조를 포함하는 제 1 송신 신호를 생성하기 위해 상기 제 2 입력 신호를 증폭시키도록 구성되고,

상기 입력 신호는 하나 이상의 제 2 반송파 및 하나 이상의 제 2 변조를 포함하며,

상기 스플리터는 상기 LDA의 제 1 출력 포트에 상기 입력 신호를 보내고,

상기 LDA는 상기 하나 이상의 제 2 반송파 및 하나 이상의 제 2 변조를 포함하는 제 1 출력 신호를 생성하기 위해 상기 입력 신호를 증폭시키도록 구성되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 30

제 27 항에 있어서,

상기 LDA는 역방향 모드 또는 순방향 모드 중 적어도 하나와 동시에 수신 저잡음 증폭기(LNA) 및 송신 전력 증폭기로 작동하도록 구성되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 31

제 20 항에 있어서,

상기 제 2 출력 신호의 반복 주파수는 상기 입력 신호 또는 제 2 입력 신호와 연관된 전력 정보를 포함하는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 32

제 31 항에 있어서,

상기 전력 정보는 dB 단위의 전력 입력을 볼트 출력으로 로그 스케일 변환을 포함하는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 33

제 31 항에 있어서,

상기 전력 정보는

상기 제 2 출력 신호의 순간 주파수 출력의 측정, 또는,

상기 제 2 출력 신호의 반복 주파수의 펄스들 간의 순간 주기의 측정

중 적어도 하나에 의해 상기 제 2 출력 신호로부터 추출되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 34

제 31 항에 있어서,

입력 전력 정보는, 제 2 출력 신호에 주파수-전압 변환을 인가함으로써, 적어도 하나의 주파수 성분을 필터링함으로써, 그리고, 아날로그 출력 전압을 처리함으로써, 제 2 출력 신호로부터 추출되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 35

제 31 항에 있어서,

상기 LDA는 상기 제 2 출력 포트에서 제 3 주파수를 가진 제 2 출력 신호를 생성하기 위해 상기 입력 신호 또는 제 2 입력 신호의 주파수를 다운-컨버팅하도록 구성되는

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 36

제 31 항에 있어서,

상기 입력 신호 또는 제 2 입력 신호는 변조 정보를 포함하고, 상기 변조 정보는 상기 제 2 출력 신호로부터 추출가능한

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 37

제 36 항에 있어서,

상기 변조 정보는 제 2 출력 신호로부터 주파수-전압 변환 및 필터링을 통한 주파수 선택에 의해 추출가능한

무선 전송용 안테나 시스템.

#### 청구항 38

제 8 항에 있어서,

상기 LDA는 상기 입력 신호로부터 제 2 입력 신호를 분리시키기 위해 상기 송신 경로 및 수신 경로를 분리시키는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 39

제 8 항에 있어서,

상기 LDA의 제 1 출력 포트에 연결되는 스플리터를 더 포함하며,

상기 스플리터는 상기 입력 신호로부터 제 2 입력 신호를 분리시키기 위해 상기 송신 경로 및 수신 경로를 분리시키도록 구성되는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 40

제 8 항에 있어서,

상기 LDA는 입력 신호를 복조하도록 구성되는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 41

제 8 항에 있어서,

상기 안테나는 조향가능 특징 또는 조정가능 특징 중 적어도 하나를 갖는

RF 프런트엔드.



#### 청구항 42

제 8 항에 있어서,  
상기 안테나는 빔을 형성(beam forming)하도록 구성되고, 상기 안테나는,  
디커플링 라인에 의해 연결되는 M개의 서브-안테나와,  
각각의 서브-안테나에 연결되어, M 위상 변이 출력을 출력하도록 구성되는 조정가능 위상 시프터와,  
각각의 위상 시프터를 제어하도록 구성되는 하나 이상의 컨트롤러와,  
각각의 위상 시프터 및 LDA에 연결되어, M 위상 변이 출력 출력을 조합하도록 구성되는 컴бай너를 포함하는  
RF 프론트엔드.

#### 청구항 43

제 42 항에 있어서,  
각각의 조정가능 위상 시프터는 조정가능 Li 또는 Ci 구성요소를 가진 하나 이상의 림프 LC 구성요소(lumped LC components); 하나 이상의 마이크로스트립라인 및 림프 조정가능 커패시터; 또는, 각각의 R 스위치 위치 상에 서로 다른 전기 위상  $P_i$ 의 R 라인을 갖는 셉트 단일-폴-R-스로우 스위치(shunt single-pole-R-throw switch) 중 적어도 하나를 포함하는  
RF 프론트엔드.

#### 청구항 44

제 8 항에 있어서,  
RF 프론트엔드에 연결되는, 그리고 N개의 조정가능 안테나에 연결되는, 1-N 스플리터 또는 1-N 송신/수신 스위치를 더 포함하며,  
N개의 조정가능 안테나 각각은 송신 또는 수신용 하나 이상의 주파수 대역을 선택하도록 독립적으로 조정가능 또는 조향가능한  
RF 프론트엔드.

#### 청구항 45

제 44 항에 있어서,  
N개의 조정가능 안테나 중 적어도 하나는 N개의 조향가능 안테나 중 적어도 하나의 방사 패턴의 일부분을 널 처리하도록 조향가능 및 작동가능한  
RF 프론트엔드.

#### 청구항 46

제 44 항에 있어서,  
N개의 조정가능 안테나는 적어도 하나의 조정 회로에 연결되고, 상기 조정 회로는 N개의 조정가능 안테나 각각의 방사 패턴을 제어하는  
RF 프론트엔드.

#### 청구항 47

제 8 항에 있어서,  
상기 LDA의 입력 포트, 제 1 출력 포트, 또는 제 2 출력 포트 중 적어도 하나에 연결되는 적어도 하나의 정합 회로를 더 포함하는  
RF 프론트엔드.

#### 청구항 48

제 8 항에 있어서,

송신 전력 또는 수신 전력을 dB 단위로 측정하여 송신 전력 또는 수신 전력을 전압 출력으로 변환하도록 구성되는 로그 전력 검출기, 또는,

상기 RF 프런트엔드의 하나 이상의 파라미터를 제어하도록 구성되는 아날로그 또는 디지털 컨트롤러

중 적어도 하나를 더 포함하는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 49

제 8 항에 있어서,

상기 LDA의 제 1 출력 포트에 연결되는 제 2 안테나를 더 포함하며,

상기 제 2 안테나는 순방향 모드로 작동하는 상기 LDA에 의해 증폭되는 제 1 출력 신호를 송신하도록 구성되는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 50

제 49 항에 있어서,

상기 LDA의 제 1 출력 포트에 연결되는 스플리터를 더 포함하며,

상기 LDA는 동시에 역방향 모드 및 순방향 모드로 작동하도록 구성되는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 51

제 50 항에 있어서,

상기 제 2 입력 신호는 하나 이상의 제 1 반송파 및 하나 이상의 제 1 변조를 포함하고,

상기 스플리터는 상기 LDA의 제 1 입력 포트에 상기 제 2 입력 신호를 보내며,

상기 LDA는 상기 하나 이상의 제 1 반송파 및 하나 이상의 제 1 변조를 포함하는 제 1 송신 신호를 생성하기 위해 상기 제 2 입력 신호를 증폭시키도록 구성되고,

상기 입력 신호는 하나 이상의 제 2 반송파 및 하나 이상의 제 2 변조를 포함하며,

상기 스플리터는 상기 LDA의 제 1 출력 포트에 상기 입력 신호를 보내고,

상기 LDA는 상기 하나 이상의 제 2 반송파 및 하나 이상의 제 2 변조를 포함하는 제 1 출력 신호를 생성하기 위해 상기 입력 신호를 증폭시키도록 구성되는

RF 프런트엔드.

#### 청구항 52

로그 검출기 증폭기(LDA)를 포함하는 RF 프런트엔드에 있어서, 상기 LDA는,

입력 포트를 가진 증폭 회로 - 상기 증폭 회로는 제 1 주파수를 가진 입력 신호를 상기 입력 포트에서 수신하도록, 그리고, 상기 입력 신호에 기초하여 발진을 발생시키도록 구성됨 - 와,

상기 증폭 회로에 연결되어, 상기 LDA의 작동 주파수를 형성하도록, 그리고 제 2 주파수를 가진 제 1 출력 신호를 제 1 출력 포트에서 발생시키도록, 구성되는 하나 이상의 공진 회로 - 상기 제 2 주파수는 상기 제 1 주파수와 실질적으로 동일함 - 와,

상기 증폭기 입력에 연결되어, 기결정된 전압 임계치가 검출될 때마다 상기 입력 신호의 발진을 주기적으로 중지시키도록 구성되는 컨트롤러 회로 - 상기 컨트롤러 회로는 제 3 주파수에서 반복 주파수를 가진 제 2 출력 신호

호를 제 2 출력 포트에서 발생시키도록 구성되는 저역 통과 필터를 포함함 - 와,

상기 LDA의 제 1 출력 포트에 연결되는 제 1 안테나 - 상기 LDA의 제 1 출력 포트는 제 2 입력 신호를 수신하도록 구성되고, 상기 LDA는 제 1 수신 경로를 따라 상기 입력 포트에서 제 1 수신 신호를 출력하기 위해 상기 제 2 입력 신호를 증폭시키도록 구성되며, 상기 LDA는 제 1 송신 경로를 따라 상기 제 1 안테나를 이용하여 상기 제 1 출력 신호를 출력 및 송신하기 위해 상기 입력 신호를 증폭하도록 구성됨 - 와,

상기 LDA의 제 2 출력 포트에 연결되는 제 2 안테나 - 상기 LDA의 제 2 출력 포트는 제 3 입력 신호를 수신하도록 구성되고, 상기 LDA는 제 2 수신 경로를 따라 상기 입력 포트에서 제 2 수신 신호를 출력하기 위해 상기 제 3 입력 신호를 증폭시키도록 구성되며, 상기 LDA는 제 2 송신 경로를 따라 상기 제 2 안테나를 이용하여 상기 제 1 출력 신호를 출력 및 송신하기 위해 상기 입력 신호를 증폭하도록 구성됨 - 를 포함하는

RF 프론트엔드.

### 청구항 53

제 25 항에 있어서, 상기 LDA는 순방향 모드로 작동할 때 수신 저잡음 증폭기(LNA) 또는 송신 전력 증폭기 중 적어도 하나로 기능하는

무선 전송용 안테나 시스템.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 관련 출원의 상호 참조

[0002] 본 출원은 2013년 3월 15일 출원된 미국특허가출원 제61/698,521호 및 2014년 3월 14일 출원된 미국특허출원 제 14/214,579호의 우선권을 주장한다.

[0003] 기술분야

[0004] 발명은 무선 및 유선 모드로 전파 간섭을 소거시키기 위해 로그 검출기 증폭기(logarithmic detector amplifier: LDA)의 여러가지 방법 및 구현예에 관한 것이다. 이러한 방법은 MIMO 상에서 복수 안테나 선택, 조정, 및 조향을 포함하고, 수신기 성능 향상을 위해 조향 또는 CPL 안테나와 연계하여 수신 안테나 당 하나의 LDA가 사용되는 방법을 포함한다. 발명의 범위 하에서, 발명은 하나 이상의 LDA를 이용하는, 신규한 고성능 고 집적도 RF 프론트엔드의 실시예에서 구체적으로 다루어지는 서브세트와, 송신 전력 증폭기로 LDA를 포함하는 LDA의 양방향 이용을 설명하는 서브세트와, 마지막으로 액티브 안테나 및 LDA의 통합 토폴로지의 서브세트를 포함한다.

## 배경 기술

[0005] 새 세대의 셀룰러 폰 및 다른 무선 통신 디바이스가 점점 소형화되고 더 많은 애플리케이션을 내장함에 따라, 이러한 디바이스들의 내재적 제한사항을 처리하기 위해 그리고 새로운 기능들을 실현하기 위해 새로운 안테나 설계가 요구된다. 기존 안테나 구조를 이용하면, 특정 대역폭과 함께 특정 주파수의 공진 안테나 구조를 생성하기 위해 소정의 물리적 볼륨이 요구된다. 그러나, 이러한 안테나의 효과적 구현은 디바이스 내 제한된 가용 공간으로 인한 크기 제약과 종종 상충한다.

[0006] 안테나 효율은 디바이스 성능 결정의 중요 파라미터들 중 하나다. 특히, 방사 효율은 방사가 얼마나 효율적으로 이루어지는 지를 설명하는 척도이며, 안테나의 입력 전력에 대한 방사 전력의 비로 표현된다. 더 효율적인 안테나는 공급되는 에너지의 더 높은 비율로 방사를 행할 것이다. 마찬가지로, 안테나의 내재적 상호성으로 인해, 더 효율적인 안테나는 수신 에너지 중 더 많은 에너지를 전기 에너지로 변환할 것이다. 따라서, 종종 우수한 효율 및 컴팩트한 크기를 가진 안테나가 폭넓고 다양한 애플리케이션용으로 요망된다.

[0007] 기존 루프 안테나는 통상적으로 전류를 공급받는(전류-공급) 디바이스이며, 주로 자기장(H)을 발생시킨다. 이와 같이, 이들은 통상적으로 송신기로서는 적합하지 않다. 이는 특히 소형 루프 안테나의 경우 사실이다(즉, 1과장 보다 작거나 1과장 미만의 직경을 가진 안테나). 루프 안테나에 의해 수신되는 방사 에너지의 양은 부분적으로

그 면적에 의해 결정된다. 통상적으로, 루프의 면적이 절반이 될 때마다, 수신될 수 있는 에너지의 양이 대략 3dB만큼 감소한다. 따라서, 크기-효율 균형이 루프 안테나 설계의 주요 고려사항 중 하나다.

[0008] 다이폴과 같은, 전압을 공급받는(전압-공급) 안테나는 전기장(E) 및 자기장(H)을 모두 방사하고, 송신 및 수신 모드에 모두 사용될 수 있다. 복합 안테나는 횡자기장(TM) 및 횡전기장(TE) 모드가 모두 여기되는 안테나로서, 넓은 대역폭(낮은 Q), 큰 방사 세기/전력/이득 및 우수한 효율과 같이 성능 상의 이득이 나타난다. 2차원, 비-복합 안테나의 예가 많이 있고, 이들은 일반적으로 회로 보드 상에 금속의 인쇄 스트립을 포함한다. 이러한 안테나들 중 대다수가 전압-공급식이다. 이러한 한 안테나의 예는 평면 인버티드 F 안테나(PIFA)다. 다수의 안테나 설계가 1/4 파장(또는 1/4파장의 소정의 배수), 전압-공급, 다이폴 안테나를 이용한다.

[0009] 오늘날의 무선 통신 디바이스에서 MIMO(멀티플 입력 멀티플 출력) 기술 이용이 증가하여, 오차율을 최소화시키면서 개선된 데이터 통신 속도를 제공할 수 있다. MIMO 시스템은 동일 메시지의 동일하지 않지만 다른 변형인 다른 신호들을 전송하기 위해 동시에 여러 개의 송신(Tx) 안테나를 이용함으로써, 그리고, 상기 다른 신호들을 수신하기 위해 동시에 여러 개의 수신(Rx) 안테나를 이용함으로써, 멀티패스 환경으로부터 간섭을 완화시키도록 설계된다. MIMO 시스템은 어레이 이득을 실현하도록 안테나를 통해 동시에 총 송신 전력을 스프레딩함으로써 추가 대역폭 또는 송신 전력 증가없이 데이터 처리량의 주목할만한 증가를 일반적으로 제공할 수 있다. MIMO 프로토콜은 IEEE 802.11n(와이-파이), 4G, LTE(Long Term Evolution), 와이맥스, 및 HSPA+와 같은 무선 통신 표준의 일부분을 구성한다. 그러나, 복수 안테나를 가진 구조에서, 크기 제약은 더 심해지는 경향이 있고, 전자기 결합에 의해 야기되는 간섭 효과는 송신 및 수신 품질을 크게 저하시킬 수 있다. 이와 동시에, 복수의 경로가 여기되어 전력 소모가 증가하는 여러 상황에서 효율이 저하될 수 있다.

[0010] 이러한 송신 및 수신 품질 저하는 WLAN 및 WAN 애플리케이션의 경우 특히 문제가 되는데, 커버리지, 임의의 지점에 전달되는 유효 처리량, 및 간섭 레벨 및 용량이 유효 광대역 연결성을 위해 특히 중요한 파라미터이기 때문이다. 캐주얼 비디오 스트리밍과 같은 새 애플리케이션을 가진 WLAN 및 WAN의 성능 기대치는 매우 높고, 이러한 시스템에 사용되는 안테나들은 성능 개선을 위해 이러한 성능 문제를 다룰 수 있어야만 한다.

[0011] PC 또는 핸드헬드 디바이스를 이용하여 사설 또는 공용 WLAN 네트워크 상에서, 또는, 스마트폰을 이용하여 WAN 상에서, 최종 사용자가 느끼는 성능을 개선시킬 기회가 여럿 있다. 구체적으로, WLAN은 각각의 주거지가 하나 이상의 와이파이 액세스 포인트 또는 라우터를 갖는 주거형 시나리오에서 주거형 배치의 개선을 위한 공간을 가진다. 커버리지 및 처리량은 수년간 크게 개선되었고, 평균적으로, 사용자들 중 다수가 가정에서 우수한 커버리지 및 전체 데이터를 얻는다. 그러나, 증가하는 문제점은 가용 대역폭이 부족하고 관련 간섭 문제가 매년 증가하고 있다는 점이다. WLAN 이용을 위한 제 1 ISM 대역은 미국에서 900MHz였다. 카메라 및 코드리스폰과 같은 디바이스와, 다양한 프로토콜 및 서로 다른 변조 기법의 늘어남에 따라, 900MHz 대역이 급속히 붐비게 되었다. 그 후 2.4GHz 대역이 할당되어, 11개의 채널에 대해 하지만 3개의 논-오버래핑 채널에 대해, IEEE 802.11b 및 802.11g 디바이스용으로 사용되었다.

[0012] 새로운 코드리스 폰(가령, *Digital Enhanced Cordless Telecommunications* DECT 6.0)이 2.4 GHz에 또한 도입되었고, 현재 상태는, 평균적으로, 대도시 구역 또는 교외에서, 각각의 WLAN 노드는 근방에 5개 또는 10개의 라우터를 분다. 라우터의 경우, 서로를 로그 애플리케이션(rogue applications)으로 보기 때문에 대역폭 경쟁을 의미한다. 송신 전력 및 백 오프(지연) 전송을 감소시키기 위한 알고리즘이 존재하지만, 실제로 와이파이 애플리케이션에 너무 자주 적용하지 못한다. 반면 LTE, WCDMA의 경우, 모바일 핸드셋 사용자 장비(UE)와 이발브드 노드 B(enode B), GSM의 트랜시버 기지국 사이에 일정한 전력 조정이 존재한다. 평균적으로, 2.4 GHz 대역역시 지나치게 붐빈다. 상대적으로 새로운 5GHz 대역 이용은 훨씬 많은 논-오버래핑 채널을 제공하지만, 고화질용 비디오 수요에 의해 악화되는 더 큰 대역폭에 대한 갈망이 160MHz 대역폭의 제공과 함께 802.11ac와 같은 더 큰 대역폭 리소스의 필요성을 제안한다.

[0013] WLAN 및 WAN 시스템이 갖는 성능 문제는 일반적으로, 새로운 세대의 802.11b/g/a/n 무선 카드 및 모듈의 발전에 의해 취급되고 있다. 그러나, 주변의 무선 LAN들은, 주로 오버래핑 채널의 간섭 소거로 인해, 서로 충돌한다. 이러한 충돌은 클라이언트가 라우터로부터 멀리 멀어짐에 따라 그리고 이웃 WLAN의 경쟁 라우터에 가까워짐에 따라 대역폭을 감소시킨다. 또한, 간섭으로 인한 비디오 애플리케이션의 저성능 또는 미약한 데이터 처리량은 문제로 남고, 성능 개선을 위한 주된 기회를 제공한다. 더욱이, 현재의 802.11 시스템은 브리징 모드를 통해 셀룰러 디바이스, 태블릿, 및 PC를 위한 3Gbps 데이터 다운로드(DL) 및 최대 1.5Gbps의 업로드(UL)를 약속하는 LTE-어드밴스트 릴리스 10(<http://www.3gpp.org>)과 같은 새로운 경쟁 무선 표준과 비교되어야 한다. 주된 차이점은 주거 환경에서 와이파이 대 LTE와 같은 셀룰러 네트워크의 동기화 형태다. 간섭 문제는 존재하면 안되고,

또는, LTE 대 와이파이의 경우 훨씬 낮아야 한다; 그러나, 멀티패스 페이딩(multipath fading)으로 인한 낮은 처리량 및 완전하지 못한 용량이 동기화된 WAN에 대해서도 존재한다.

[0014] 본 출원인은 노이즈 존재 시에 더 신뢰할 수 있게 수신기가 하위 레벨 시스템을 수용하게 함으로써 위 문제점을 취급하는 로그 검출기 증폭기(LDA)를 개발하였다. 또한, LDA는 이웃 디바이스들에 대해 하위 레벨의 간섭을 제거하도록 송신기 송신 전력을 비례하여 감소시킬 수 있다. 예시적 LDA는 미국특허 제7,911,235호에 설명되고 있고, 그 내용은 여기에 참고자료로 포함된다. 거기서 설명되는 바와 같이, LDA는 증폭기(가령, 이산 트랜지스터 또는 연산 증폭기), 검출기 작동 주파수 설정 수단(가령, 튠드(tuned) L-C 또는 R-C 튠드 피드백 회로 또는 위상-동기 루프), 및 컨트롤러를 포함한다. 증폭기에 대한 입력 신호는 증폭기를 발진시키고, 컨트롤러는 발진 표시 임계치를 감지하며, 발진 검출에 응답하여, 증폭기의 발진을 차단시켜서, 차단 주파수가 입력 신호의 전력 로그에 비례하게 된다.

[0015] 작동 중, 증폭기 입력부에서 전기 노이즈는 L-C 튠드 피드백 회로에 의해 결정되는 주파수에서 회로 발진을 설정한다. 튠드 회로의 대역폭 외부의 노이즈는 회로의 작동에 대해 최소의 영향을 미친다. 다른 한편, L-C 튠드 피드백 회로의 대역폭 내에 있는 유입 신호들은 임의적 노이즈가 단독으로 회로를 여기시키고 있는 경우보다 훨씬 신속하게 발진기를 발진시킨다. 수신 노이즈 중에 원하는 신호가 존재할 경우, 설저 작동 주파수에서 입력 신호의 상대적 레벨이 높고, 임계치에는 임의적 노이즈 단독인 경우에 비해 훨씬 일찍 도달할 것이다. 원하는 신호의 레벨이 높을수록, 임계치에 금방 도달하고, 발진 차단이 더 빈번하다. 따라서, 요망 주파수를 가진 원하는 신호가 임의적 노이즈 단독의 경우보다 훨씬 일찍 발진을 일으킬 수 있다. 이러한 LDA는 간섭 소거시 꽤 효과적인 것으로 입증되었다.

[0016] 더 큰 공간 다이버시티를 제공함으로써 당 분야의 기인급한 문제점들을 해결하는 것이 요망된다. 종래의 모바일 셀룰러 네트워크 시스템에서, 기지국은 셀 내 모바일 유닛의 위치에 대해 정보가 없고, 전파 커버리지 제공을 위해 셀 내 모든 방향으로 신호를 방사한다. 이는 동일 주파수를 이용하여 인접 셀들(소위 코-채널 셀)에 대해 간섭을 야기함에 추가하여 도달할 모바일 유닛이 없을 때 전송 전력을 낭비하게 된다. 마찬가지로, 수신시, 안테나는 노이즈 및 간섭 신호를 포함한, 모든 방향으로부터 유입되는 신호들을 수신한다. 스마트 안테나 기술을 이용함으로써, 그리고, 셀 내 모바일 유닛들의 공간 위치를 달리함으로써, 공간-분할 멀티 액세스 기술이 매력적인 성능 개선을 제공한다. 기지국의 방사 패턴은, 송신 및 수신시 모두, 사용자 방향으로 최고 이득을 얻도록 각각의 사용자에게 적응된다. 이는 종종 위상 배열을 이용하여 이루어진다.

[0017] LDA 이용시 이러한 안테나 이용의 공간 다이버시티 증가와 간섭 소거의 주목할만한 개선에 비추어볼 때, 무선 및 유선 통신에서 새로운 애플리케이션에서 LDA의 이용을 연구하는 것이 본 발명에 따라 요망된다. 특히, LDA, 복수 안테나, 액티브 안테나, 및 복수 액티브 안테나 및 수신기를 동기화시켜서, 무선 라우터와 클라이언트 간에 더 큰 범위 및 대역폭을 제공하는 것이 바람직하다. 발명은 이러한 필요성 및 당 분야의 다른 필요성을 해결한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0018] 청구되는 안테나 시스템은 무선 통신의 간섭을 감소 또는 실질적 제거하도록 구성되는 LDA를 이용하여 공간 다이버시티를 개선시키도록 구성되는 안테나를 포함하는 하나 이상의 해법을 구현함으로써 당 분야의 앞서 언급한 필요성을 해소시킨다. 앞서 언급한 바와 같이, 주변의 무선 LAN들은, 주로 오버래핑 채널의 간섭 소거로 인해, 서로 충돌한다. 이러한 충돌은 클라이언트가 라우터로부터 멀어질수록, 그리고 이웃 WLAN 내 경쟁 라우터에 가까워질수록 대역폭을 감소시킨다. 이러한 소거를 감소 또는 제거하도록 동기화된 LDA, 복수 안테나, 액티브 안테나, 복수 액티브 안테나 및 수신기를 이용함으로써, 무선 라우터와 클라이언트 간에 더 큰 범위 및 대역폭이 여기서 설명되는 발명을 이용하여 제공될 수 있다.

[0019] 여기서 설명되는 발명은 이러한 간섭 문제를 다루며, 간섭을 부분적으로 또는 완전히 감소시키도록, LDA, 복수 안테나, 액티브 안테나, 복수 액티브 안테나, 및 수신기를 이용하여 다양한 해법을 바라본다. 다양한 실시예가 여기서 설명되며, 다음을 포함한다:

### 과제의 해결 수단

[0020] 1. CPL(Compound Printed Loop) 안테나와 같은 안테나의 기저부에 수신기 저잡음 증폭기(LNA)로 구성되는 LDA.

- [0021] 2. 송신기 전력 증폭기, RF 송신/수신 스위치, 선택적 대역 통과 필터를 포함하며,
- [0022] 동일한 입력/출력 주파수를 갖는 수신기 LNA로 LDA를 더 포함하는, RF 프론트엔드.
- [0023] 3. 안테나에 대한 RF 프론트엔드로 기능하는 LDA로서, 상기 LDA는:
- [0024] a. 양방향 폴 듀플렉스 또는 하프 듀플렉스 증폭기 디바이스로 사용되고,
- [0025] b. 송신기 전력 증폭기로 사용되며,
- [0026] c. 송신 전력 레벨 피드백을 위해 기지대역에 일체형 로그 변환 전력 검출기 출력을 갖는 송신기 전력 증폭기로 사용되고,
- [0027] d. 폴 듀플렉스 또는 하프 듀플렉스 시간 분할 멀티플렉스 또는 주파수 분할 멀티플렉스 애플리케이션용으로 서로 다른 대역을 커버하도록 다중대역 또는 가변 송신기 및 수신기를 갖는 RF 프론트엔드의 대체물로 사용되며,
- [0028] e. 스플리터(및 선택적 대역 통과 필터)를 갖는 RF 프론트엔드의 대체물로 사용되고,
- [0029] f. 스플리터(및 선택적 대역 통과 필터)없이 RF 프론트엔드용 대체물로 사용되며, 수신기 경로는 폴 또는 하프 듀플렉스 구조의 다른 주파수에 놓인다.
- [0030] 4. SISO 또는 MIMO 트랜시버, 수신기, 또는 송신기용 안테나 당 하나의 LDA 시스템을 구비한 LDA-계열 RF 프론트엔드.
- [0031] 5. 조정가능 안테나 및 LDA-계열 RF 프론트엔드를 갖춘, SISO 또는 MIMO의 간섭 감소용 다양한 구조.
- [0032] 6. 조정가능 CPL 안테나 및 논-LDA RF 프론트엔드를 가진, SISO 또는 MIMO의 간섭 감소용 다양한 구조.
- [0033] 7. SISO 또는 MIMO용 안테나 제어를 위해 안테나 당 하나의 수신 LDA와 연계하여 하나 이상의 선택가능, 조정가능, 조향가능 안테나를 이용하는 구조.
- [0034] 8. SISO 또는 MIMO용 안테나 제어를 위해 안테나 당 하나의 송신/수신 LDA와 연계하여 하나 이상의 선택가능, 조정가능, 조향가능 안테나를 이용하는 구조.
- [0035] 9. 안테나 제어를 위해 안테나의 기저부에서 모듈 당 하나의 통합 LDA 전력 증폭기와 연계하여 하나 이상의 선택가능, 조정가능, 조향가능 안테나를 이용하는 구조.
- [0036] 10. RF 주파수에서 양방향 LDA와 연계하여 하나 이상의 선택가능, 조정가능, 조향가능 안테나를 이용하는 구조로서, LDA는 역방향으로 송신기 전력 증폭기로 사용되고, 직접적으로 수신기 LNA로 사용되며, RF 스위치는 조정가능 안테나용 제어를 포함한, 송신 및 수신 경로를 위해 스플리터로 대체됨.
- [0037] 11. 수신기 복조를 포함하는 양방향 LDA와 연계하여 하나 이상의 선택가능, 조정가능, 조향가능 안테나를 이용하는 구조로서, LDA는 역방향으로 송신기 전력 증폭기로 사용되고, 직접적으로 수신기 LNA로 사용되며, RF 스위치는 송신 및 수신 경로용 스플리터로 대체되고, 수신기 LNA-형 LDA는 QPSK 복조기에 공급하며, 조정가능 안테나용 제어를 포함함.
- [0038] 12. 안테나 신호 간의 위상이 LDA의 파라미터에 의해 전자적으로 제어될 수 있도록 일방향 또는 양방향 LDA의 노드에 직접 연결되는 하나 이상의 선택가능, 조정가능, 조향가능 안테나를 이용하는 구조.
- [0039] 13. 안테나 위상, 안테나 주파수 대역폭, 안테나 주파수 중심 주파수, 안테나 간의 조향 중 하나 이상이 LDA의 파라미터에 의해 전자적으로 제어될 수 있도록, 일방향 또는 양방향 LDA의 노드에 직접 연결되는 하나 이상의 선택가능, 조정가능, 조향가능 안테나를 이용하는 구조.
- [0040] 수신기 체인에 LDA를 추가하면 선택도 및 간섭 거부가 추가될 수 있고, MIMO 또는 다른 다이버시티 기법을 이용하면 공간 다이버시티가 충분히 클 때 시스템이 다중경로 페이딩을 유리하게 이용할 수 있고 복수의 데이터 스트림을 전송할 수 있다. 조향가능 안테나 또는 관련 수단은 안테나의 패턴, 방향, 또는 이득을 동적으로 조정할 수 있게 한다. 마지막으로, 여기서 설명되는 실시예는 여기서 설명되는 안테나를 갖는 LDA를 이용함으로써 가능하게 되는 장점 및 옵션들의 폭을 보여주기 위해 제공되며, 여기서의 실시예는 발명의 범위 내에서 가능한 이러한 구조들 모두를 보여주지 못한다.

## 도면의 간단한 설명



[0041]

도 1은 평면형 CPL 안테나의 예를 도시한다.

도 2는 와이파이 802.11 2.4-2.5 GHz 스펙트럼에 대한 전력 레벨 대 주파수의 플롯으로서, 여러개의 OFDM 신호들이 공존하거나 교번 또는 인접 채널에서 간섭하거나, 코-채널 간섭으로 인해 악화된다.

도 3은 로그 검출기의 일 실시예를 나타내는 블록도다.

도 4는 LDA 시스템의 일 실시예를 나타내는 블록도로서, 출력 주파수가 입력 주파수와 동일하지 않다.

도 5A는 LDA 시스템의 다른 실시예를 나타내는 블록도다.

도 5B는 LDA 시스템의 다른 실시예를 나타내는 블록도로서, f<sub>ref</sub> 신호가 다양한 노드에서 태핑(tapped)될 수 있고, 저역 통과 필터를 통해 출력될 수 있다.

도 5C는 AM 및 PM 복조 기능을 가진 LDA의 도식의 일 실시예를 도시한다.

도 6은 RF 신호의 송신 및 수신용 통신 디바이스의 제 1 실시예를 도시하며, 저잡음 증폭기(LNA)가 LDA 시스템으로 대체되어 있다.

도 7은 LDA 시스템의 회로 구조의 일 실시예를 나타낸다.

도 8은 LDA 성질에 영향없이 RF 신호를 출력하기 위한 공진 회로의 일 실시예를 나타낸다.

도 9는 RF 송신 출력으로부터 안테나를 구동하기 위해 LDA가 역방향으로 사용되는 일 실시예의 도해다.

도 10A는 도 5의 실시예의 순방향(하측의 짧은 파선) 및 역방향(상측의 긴 파선)으로 이득을 나타내는 그래프다.

도 10B는 역방향으로 송신 전력 증폭기 PA 모드에서 LDA의 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

도 11은 RF 출력으로부터 안테나를 구동하기 위해 역방향 구조로 송신 전력 증폭기로 LDA를 사용하는 실시예를 나타낸다.

도 12는 도 11에 도시되는 양방향 송신 전력 증폭기 및 LNA 대체의 하이 레벨 블록도를 나타낸다.

도 13은 종래 기술에 사용되는 양방향 증폭기의 논-LDA 기반 구현예를 나타내는 블록도다.

도 14는 일 실시예에 따라 도 13에 대한 LDA-기반 대안을 나타내는 블록도다.

도 15는 LDA의 시간 변형 발진 및 소지(quenching) 사이클이다.

도 16은 병렬 공진 회로 및 직렬 공진 회로를 갖춘 4중극(quadripole)을 도시한다.

도 17은 4중극의 개략적 응답을 도시하는 보드 플롯.

도 18A, 18B, 18C는 일체형 FM 복조 회로를 갖춘 LDA의 블록도의 다양한 실시예를 도시한다.

도 19는 FM 복조 기능을 가진 LDA의 도해의 일 실시예를 도시한다.

도 20은 의사-디지털 주파수 입력을 디지털 출력 펄스 스트림으로 변환하는 예를 도시한다.

도 21은 디지털 펄스 스트림을 디지털 등가 전압 샘플로 변환을 도시한다.

도 22는 아날로그 주파수 - 전압 컨버터의 예를 도시한다.

도 23은 아날로그 검출기의 일 실시예를 도시한다.

도 24는 LDA의 다른 구현예를 도시한다.

도 25는 스위치 빔 안테나를 도시하되, 사용자에게 대한 소정의 기설정 각도와 함께 해당 시간에 어레이 안테나가 빔을 이동시키도록 설계된다.

도 26은 적응성 빔 형성이 각각의 사용자에게 방사할 빔을 어떻게 선택할 수 있는지, 그리고 간섭 사용자를 어떻게 무력화시킬 수 있는 지를 나타낸다.

도 27은 위상 배열, 빔 형성 애플리케이션에서 안테나들 간의 분리를 개선시키는 서로 다른 방식들을 도시한다.

도 28은 CPL 안테나들이 주파수 시프트에 대해, 또는, 방사의 영향을 막기 위해 소정의 임피던스로 이를 로딩함

으로써, 수동적인지 또는 능동적인지를 나타낸다.

도 29는 도 28의 스위치 빔 안테나 구조를 이용한 결과적 빔 형성을 도시한다.

도 30은 직렬 전력 컴바이너와, 또는, Wilkinson 타입의 컴바이너와, 연결된 안테나를 도시한다.

도 31은 가변 및 공간 다이버시티를 제공하도록 통합된 LDA를 갖춘 구조를 도시한다.

도 32는 가변 커패시터를 갖춘 위상 시프터를 도시한다.

도 33은 서로 다른 전기적 위상에 연결될 수 있는 SP4T 스위치를 도시하며, 이러한 위상들은 마이크로스트립, CPWG, 럼프 요소(lumped elements), 도파관, 등과 함께 구현될 수 있다.

도 34는 시간 분할 듀플렉스(TDD)를 위해 서로 다른 대역을 커버하도록, 수신기 상에서 조정가능한 LDA를 포함하는, 패턴, 방향, 또는 이득을 동적으로 조정하기 위해 조향가능한 안테나를 이용하는 실시예를 도시한다.

도 35는 조정가능 LDA를 포함하는 가변 송신기 및 가변 수신기와 함께, RF 프론트엔드의 패턴, 방향, 또는 이득을 동적으로 조정하도록, 하프 듀플렉스 모드로 조향가능 안테나를 이용하는 실시예를 도시한다.

도 36은 시간 분할 듀플렉스(TDD)를 위해 서로 다른 대역을 커버하도록 조정가능 LDA를 포함하는 가변 송신기 및 가변 수신기와 함께, RF 프론트엔드의 패턴, 방향, 또는 이득을 동적으로 조정하도록, 풀 듀플렉스 모드로 조향가능 안테나를 이용하는 실시예를 도시한다.

도 37은 주파수 분할 듀플렉스(FDD)를 위해 서로 다른 대역을 커버하도록 조정가능 LDA를 포함하는 가변 송신기 및 가변 수신기와 함께, RF 프론트엔드의 패턴, 방향, 또는 이득을 동적으로 조정하도록, 풀 듀플렉스 모드로 조향가능 안테나를 이용하는 실시예를 도시한다.

도 38은 하나의 조정가능한 조향가능 안테나 및 LDA를 이용할 수 있는 SISO 또는 MIMO용으로 동일 입력 출력 주파수와 함께 TX PA 및 RX LNA를 가진, RF 프론트엔드를 도시하는 실시예를 나타낸다.

도 39는 M개의 조정가능한 조향가능 안테나 및 LDA를 이용할 수 있는 SISO 또는 MIMO용으로 동일 입력 출력 주파수와 함께 TX PA 및 RX LNA를 가진, RF 프론트엔드를 도시하는 실시예를 나타낸다.

도 40은 스플리터(및 부가적인 대역 통과 필터) 추가없이 RF 프론트엔드를 위한 대체물로 LDA가 사용되는 실시예를 도시하며, 수신기는 풀 또는 하프 듀플렉스 모드에서 송신기와는 다른 주파수에서 작동한다.

도 41은 SISO 또는 MIMO 구조로 안테나 당 스플리터를 갖는, 능동 안테나 및 양방향 선택적 양방향 LDA 모듈을 도시한다.

도 42는 안테나 당 SISO 또는 MIMO 용 스플리터없는 구조로, 능동 안테나 및 양방향 선택적 양방향 LDA 모듈을 도시하며, 수신기는 풀 또는 하프 듀플렉스 모드로 송신기와는 다른 주파수에서 작동한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 본 발명의 예시적 실시예에 대한 상세한 설명이 이제 도 1-42를 참조하여 설명될 것이다. 이러한 설명이 본 발명의 가능한 구현예들의 상세한 예를 제시하지만, 이러한 세부사항들은 단지 예시일 뿐이고, 발명의 범위를 어떤 방식으로든 제한하지 않는다.

[0043] 상기한 바와 같이, 발명은 WLAN 및 WAN 환경에서 크게 감소한 간섭, 수신 감도 측면에서 향상된 RF 성능, 간섭 거부, RF 라인 길이 최소화로 인한 EMI 감소, 상업용 제품의 통합 및 배치 측면에서의 개선, 즉, 구성요소들의 개수 감소, 직접 회로 통합 용이성, 비용 적정성(affordability), 저전력 소모 및 작은 크기를 시스템에 제공하도록 다양한 조정가능 안테나와, LDA의 다양한 구조를 조합한다. 여러가지 가능한 안테나 구조, LDA 구조, 및 이들의 조합이 발명의 특징 및 장점의 예시화를 위해 여기서 설명될 것이다.

### [0044] 액티브 CPL 안테나

[0045] 넓은 범위의 안테나들이 예시적 안테나에 사용될 수 있다. 예시적 안테나는 CPL(Compound Printed Loop) 안테나로서, TE 및 TM을 모두 여기시킬 수 있다. 이러한 안테나들은 고이득, 고효율, 저-반사 손실, 저 전압 정재파비(VSWR), 및 2옥타브 이상의 넓은 대역폭을 갖는다. 응용예에 따라, 방사 패턴이 전방향일 수도 있고, 지향성일 수도 있다. CPL 안테나는 자기 루프 방사기 및 동-위치 전기장을 모두 이용하는 제 1 상업적 가용 컴파운드 평면형 안테나다. CPL 안테나를 이용할 때, 바이어스를 변화시킴으로써 다이오드가 순방향 바이어스 위치에 놓



일 때 임피던스를 변화시키도록 루프 내 다이오드를 구현하는 것이 가능하다. 다른 임피던스로 로딩하도록 루프 내 가변 커패시터를 배치하는 것이 또한 가능하다. 가변 커패시터는 또한 벡터, 디지털 커패시터, 또는 대체되는 커패시터 어레이일 수 있다. 가변 인덕터가 안테나 루프에 또한 배치되어 임피던스를 변화시킬 수 있다.

[0046] 기존 안테나와 연관된, 특히 방사 효율과 연관된, 알려진 제한사항에 비추어볼 때, 변형 루프 안테나로도 불리는 컴파운드 루프 안테나(CPL)는 비교가능한 크기를 가진 종래의 안테나에 비해 더 큰 효율을 송신 및 수신 모드 모두에서 제공하도록 고안되었다. CPL 안테나의 구조 및 구현의 예는 2012년 3월 27일자로 특허된 미국특허 제8,144,065호, 2012년 4월 3일자로 특허된 미국특허 제8,149,173호, 2012년 4월 24일자로 특허된 미국특허 제8,164,532호에 설명되어 있다. CPL 안테나의 핵심적 특징들은 도 1에 예시되는 예를 참조하여 아래에서 요약된다.

[0047] 도 1은 평면형 CPL 안테나(100)의 한 예를 도시한다. 본 예에서, 평면형 CPL 안테나(100)는 인쇄 회로 보드(PCB)(104) 상에 인쇄되고, 2개의 단부(112, 116)를 제공하는 열린 기저부와 함께 장방형 에지를 따라 트레이스로 형성된다. 하나의 단부(112)는 전류가 공급되는 안테나의 급전점이다. 다른 단부(116)는 접지부로 단락된다. CPL 안테나(100)는 J-형상 트레이스(124) 및 미앤더 트레이스(meander trace)(128)를 가진 방사 요소(120)를 더 포함한다. 본 예에서, 미앤더 트레이스(128)는 루프 요소(108)에 J-형상 트레이스(124)를 연결하도록 구성된다. 방사 요소(120)는 직렬로 인덕턴스 및 커패시턴스를 제공하는 직렬 공진 회로로 본질적으로 기능하며, 안테나의 공진 주파수에서 공진이 이루어지도록 그 값이 선택된다. 미앤더 트레이스(128)를 이용하는 대신에, J-형상 트레이스(124)의 형상 및 치수를 조정하여, 루프 요소(108)에 직접 연결할 수 있고, 여전히 목표 공진을 제공할 수 있다.

[0048] 통상적으로 전류를 공급받는 기존 루프 안테나와 마찬가지로, 평면형 CPL 안테나(100)의 루프 요소(108)는 자기장(H)을 발생시킨다. 직렬 공진 회로 특성을 가진 방사 요소(120)는 전기장(E) 방사기(안테나에서 내재적인 상호성으로 인해 전기장 수신기이기도 함)를 효과적으로 작동시킨다. 루프 요소(108)에 대한 방사 요소(120)의 연결점은 서로에 실질적으로 직교하는 전기장(E) 및 자기장(H)을 발생/수신하기 위한 평면형 CPL 안테나(100)에 있어서 중요하다. 이러한 직교 관계는 안테나에 의해 방출되는 전자기파를 공간을 통해 효과적으로 전파시키는 효과를 가진다. 서로에 직교하여 배열되는 전기장 및 자기장의 부재시, 파동이 짧은 거리를 넘어 효과적으로 전파되지 않을 것이다. 이러한 효과를 실현하기 위해, 방사 요소(120)는 방사 요소(120)에 의해 생성되는 전기장이 루프 요소(108)에 의해 생성되는 자기장에 대해 90도 또는 270도의 위상차를 갖도록 위치한다. 구체적으로, 방사 요소(120)는 급전점(112)으로부터 루프 요소(108)를 따라 실질적으로 90도(또는 270도)의 전기적 길이에 위치한다. 대안으로서, 루프 요소(108)를 통해 흐르는 전류가 반사 최소값에 놓이도록, 방사 요소(120)가 루프 요소(108)의 위치에 연결될 수 있다.

[0049] 전기장 및 자기장의 직교성에 추가하여, 전기장 및 자기장이 서로 필적할만한 크기에 있는 것이 바람직하다. 이러한 두 요인, 즉, 직교성 및 필적할만한 크기는,  $P = E \times H$  (볼트/m x 암페어/m = 와트/m<sup>2</sup>) 에 의해 규정되는 포인팅 벡터(벡터 전력 밀도)를 살펴봄으로써 이해될 수 있다. 안테나를 둘러싸는 표면을 떠나는 총 방사 전력은 포인팅 벡터를 표면에 대해 적분함으로써 나타난다. 따라서, 양  $E \times H$ 는 방사 전력의 직접적 척도이고, 따라서, 방사 효율의 직접적 척도다. 첫번째로, E와 H가 서로 직교할 때, 벡터적은 최대값을 나타낸다. 두번째로, 두 양의 프로덕트의 전체 양이 작은 값에 의해 제한되기 때문에, 가능한 밀접한 2개의 양(이 경우에 |H| 및 |E|)을 가지는 것이 최적의 프로덕트 값을 나타낼 것이다. 앞서 설명한 바와 같이, 평면형 CPL 안테나에서, 급전점(112)으로부터 루프 요소(108)를 따라 실질적으로 90도(또는 270도)의 전기적 길이에 방사 요소(120)를 배치함으로써 직교성이 실현된다. 더욱이, 루프 요소(108) 및 방사 요소(120)의 형상 및 크기는 필적할만큼 높은 |H| 및 |E|를 각각 제공하도록 각기 구성될 수 있다. 따라서, 기존 루프 안테나에 대조적으로, 평면형 CPL 안테나는 송신 및 수신 모드 모두를 제공할 뿐 아니라, 방사 효율을 증가시키도록 구성될 수 있다.

[0050] 크기 감소는 CPL 안테나의 루프 요소 및/또는 방사 요소에 직렬 커패시턴스를 도입함으로써 실현될 수 있다. 용량성-결합 컴파운드 루프 안테나(C2CPL)로 불리는 이러한 안테나 구조는 기존 안테나에 비해 큰 효율, 작은 크기를, 송신 및 수신 모드 모두에 제공하도록 고안되었다. C2CPL 안테나의 구조 및 구현예의 예는 2012년 11월 5일 출원된 미국특허출원 제13/669,389호(발명의 명칭: "Capacitively Coupled Compound Loop Antenna,")에 설명되어 있다.

[0051] **LDA + CPL Antenna**

[0052] 예시적 실시예에서, 로그 검출기 증폭기(LDA)는 안테나 상에 직접 통합된다. 기연급한 미국특허 제7,911,235호에 대체적으로 설명되는 타입의 LDA 회로는 로그 검출 및 증폭, 신호 재생, 동일 입력 및 출력 주파수에서 저-

노이즈 증폭, 주파수 변환, 노이즈 필터링, 간섭 거부, 및 아날로그/디지털 진폭, 위상, 및 주파수 복조를 포함하는, 다양한 기능을, 일부는 동시에, 수행할 수 있다. 이러한 기능은 감도 및 대역폭을 증가시키고, 전력 소모를 낮추며, 간섭 거부 및 신호 대 잡음비를 개선시키고, 디지털 및 아날로그 AM, FM, 및 PM 입력의 무선 범위를 확장한다. LDA 기술의 구체적 응용에는 수없이 많다.

[0053] 예시적 실시예에서 CPL 안테나와 LDA의 조합은 예를 들어, 무선 LAN 애플리케이션의 경우 무선 통신을 크게 개선시킬 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이, 무선 통신의 중요한 제한사항은 처리량 및 무선 도달을 심각하게 저하시킬 수 있는 간섭 레벨이다. 이는 아마도, 많은 무선 라우터들이 존재하고 (주거물 간에) 그 중 어느 것도 함께 동기화되지 않는 주거 영역에 배치될 때, 와이파이의 주된 제한사항 중 하나일 것이다. 각각의 라우터는 로그-엑세스 포인트로 타 라우터에 의해 판단될 수 있고, 이는 인근에 있을 때 상당한 간섭 레벨을 발생시킨다. 간섭은 각각의 라우터로 하여금 데이터 속도를 저지르게 하고, 이를 하위 레벨로 감소시켜서 최소 비트 에러율(BER)을 유지시키게 할 수 있다. 점점 더 많은 사람들이 무선 라우터, 액세스 포인트, 리피터, 컴퓨터, 태블릿, 셀폰, 텔레비전, 게임 콘솔, 등을 가진다. 추가적으로, 각각의 이웃은 자신의 집에 유사 설정을 가지며, 그 결과, 다른 이웃들의 주변 무선 LAN이 충돌을 생성할 수 있다. 이는 오버래핑 채널의 간섭 소거에 주로 기인한다. 이와 같은 충돌은 클라이언트가 라우터로부터 멀어짐에 따라 그리고 이웃 WLAN의 경쟁 라우터에 가까워짐에 따라 대역폭을 감소시킨다. CPL 안테나와 LDA의 조합은 각각의 클라이언트 및 그 라우터에 대해 동기화될 수 있어서, 이러한 소거를 감소 또는 제거할 수 있고, 따라서, 더 큰 선택도, 범위, 및 대역폭을 무선 라우터와 클라이언트 간에 제공할 수 있다.

[0054] WLAN, WAN, 및 와이파이는 낮은 IF 변환을 가진 CPL™ 안테나와 조합하여 요망 채널과 동기화되는 2개의 LDA를 통해 우수한 수신 감도, 간섭 소거, 및 대역폭을 실현하고, (디지털 입력/출력의 경우에) 2개의 아날로그/디지털 컨버터를 주파수-디지털 컨버터로 대체한다. LDA는 QPSK 변조를 이용하여 디바이스의 재생 디지털 출력을 향상시키고, 이는 다시 채널들 간 구별을 개선시킴으로써 간섭 소거를 감소시킨다. 또한, 서로 다른 안테나 및 튜닝 섹션을 이용함으로써, 동일한 무선 수신기 기술이 WLAN, XM 위성, 및 와이파이 신호를 또한 수신 및 복조할 수 있다.

[0055] 예시적 실시예에서, LDA는 위상 동기 루프(PLL) 회로를 이용하여 클라이언트-라우터가 이용하기에, 그리고, 세기 차이 및 위상차를 이용하여 인접한 또는 오버래핑 채널을 필터링하기에, 최적의 채널을 찾아낼 수 있다. PLL을 갖춘 LDA는 기존 시스템보다 3dB 우수한, 그리고, 간섭보다 6dB 강한 신호를 구별할 수 있다.

[0056] 추가적으로, 입력 신호를 IF 범위의 주파수 변조로 변환하고 로그 압축해제를 이용하는 것은, 노이즈 감소에 특히 효과적이고, 낮은 신호 대 잡음비를 갖는 약한 신호의 동적 범위를 확장하여, 스플래터-프론 레이더(splatter-prone radar)와, 초음파, MRI, 및 CAT 스캔과 같은 마이크로-신호 의료 디바이스, 피시 파인더 및 일반적으로 소나, 충돌 방지, 및 기타 애플리케이션의 감도 및 범위를 증가시킨다(전력 이용을 감소시킨다).

[0057] 더욱이, 약한 신호로부터 랜덤 노이즈를 필터링하는 LDA의 기능은, 수 dB과 같은 매우 약한 신호 대 최적의 저잡음 증폭기(LNA)의 재생 수단을 부여한다. 대체로 LNA 미만을 소모함에 더하여, 양 통신 측의 RF 송신 전력은 전체적으로 더 양호한 링크 예산인 추가 수신 감도가 주어졌을 때 몇 dB 만큼 감소할 수 있다. 셀 폰의 출력 전력을 추가 감소시키기 위해, 따라서, 배터리 수명 및 범위를 최대 세배까지 연장시키기 위해, LDA 기술이 전화 내 IC 칩에 직접 통합될 수 있다.

[0058] LDA는 또한, 더 높은 데이터 용량을 위해 직교 주파수 분할 멀티플렉싱(OFDM) 및 802.11ac/MIMO, 더하기 복수 액티브 안테나를 위한 고성능 디지털 전파 수신기의 핵심일 수 있다. 이러한 구조에서, 각각의 CPL 안테나는 고성능 LDA-기반 수신기를 가질 수 있다. LDA가 안테나에 연결될 때, 각각의 안테나간 분리를 돕는다.

[0059] 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, LDA는 또한 전자적으로 조향가능한 안테나 상에서 구현될 수 있다. 또한, CPL 안테나는 애플리케이션용으로 적당하다면, 여기서 설명되는 실시예에서 기존 광대역 안테나로 대체될 수 있다.

[0060] 도 2는 와이파이 802.11 2.4-2.5 GHz 스펙트럼용 전력 레벨 대 주파수를 도시하며, 여러개의 OFDM 신호가 공존할 수 있고, 또는, 교번하는 또는 인접한 채널에서 간섭할 수 있으며, 또는, 코-채널 간섭으로 인해 더 나빠질 수 있다. LDA는 주파수 대역폭이 일 채널의 폭으로 제한될 때 이러한 상황들 중 매 상황에 도움이 될 수 있고, 이를 선택하여, 주파수 대역폭 외부로 신호를 억제할 수 있다. LDA는 PLL로 채널에 또한 동기화될 수 있고, 수신기 및 타측의 요망 송신기의 마스터 클럭과 동 위상으로(그리고 로그 AP와 위상차 상태로) 동기화된 이래 코-채널 간섭에 또한 도움이 될 수 있다.

[0061] 예시적 LDAS

[0062] 기언급한 미국특허 제7,911,235호에 설명된 LDA에 추가하여, 발명은 구조에 따라 다양한 LDA 중 하나를 구현할 수 있다. 예를 들어, 도 3은 로그 검출기(100)의 일 실시예를 나타내는 블록도다. 본 실시예에서, 입력 단자(INPUT)로부터의 입력 신호가 증폭 회로(104)에 의해 수신될 수 있다. 증폭 회로(104)는 입력 신호를 증폭하도록 구성될 수 있고, 연산 증폭기, 쌍극성 정션 트랜지스터(BJT), 전계 효과 트랜지스터(FET) 또는 다른 개별 트랜지스터, 진공관, RF 증폭기, 등과 같은 임의의 적절한 증폭 요소를 포함할 수 있다. 발진은 전기 노이즈 및/또는 요망 신호에 응답하여 증폭 회로(100)에서 개시될 수 있다. 발진은 입력 신호의 크기에 응답하여 주기적으로 종료될 수 있다. 공진 회로(108) - 피드백 회로로 구성가능 - 증폭 회로(104)와 병렬로 연결되어 작동 주파수를 제어할 수 있다. 도 3의 실시예에서, 공진 회로(108)는 직렬 LC 회로를 포함할 수 있고, L 및 C 값은 로그 검출기(100)의 작동 주파수에 대응하는 공진 주파수를 갖도록 선택될 수 있다. 발진은 L 및 C 값에 의해 결정되는 주파수로 증폭 회로(104)에서 설정될 수 있다. 따라서, LC 공진 외부의 노이즈는 LC 회로의 작동에 최소의 영향을 미칠 뿐이다. 회로의 표준 감도 또는 Q는 공진 회로(108)에 사용되는 구성요소에 의해 대부분 결정될 수 있다. 하이-Q 회로는 예를 들어, 공진 회로(108) 내의 결정 공진자의 이용에 의해 실현될 수 있다.

[0063] 샘플링 회로(112)가 증폭 회로(104)에 연결될 수 있다. 샘플링 회로(112)는 전압 공급 라인에서 증폭 회로(104)로 흐르는 전류를 효과적으로 샘플링하도록 구성될 수 있다; 지정 임계치에 도달하면, 샘플링 회로(112)가 발진을 중단하도록 기능할 수 있다. 즉, 샘플링 회로(112)는 임계치에 도달할 때마다 발진을 주기적으로 차단하는데 사용될 수 있다. 주파수-전압 컨버터(116)가 샘플링 회로(112)에 연결될 수 있다. 주파수-전압 컨버터(116)로의 입력은 여기서 추가로 설명되는 바와 같이 반복 주파수 Frep로 표시되는 일련의 전압 스파이크를 포함할 수 있고, 이 주파수는 실질적으로 입력 신호의 전력의 대수값으로 변화할 수 있다. 주파수-전압 컨버터(116)로부터의 출력은 입력 스파이크의 주파수에 비례하는 DC 전압일 수 있다.

[0064] 입력 신호가 변조되는 경우에, 주파수-전압 컨버터(116)의 출력은 DC 전압 성분 및 AC 전압 성분을 포함할 수 있다. AC 성분은 입력 변조에 대응할 수 있고, 실질적으로는 기지대역 내 복조된 입력 신호의 사본일 수 있다.

[0065] 앞서 설명한 로그 검출기의 실시예는 다양한 전자 애플리케이션용으로 구현될 다양한 방식으로 적용될 수 있다. 로그 검출기 증폭기(LDA) 시스템은 소정의 기본 성질을 제공받을 수 있고, 목표 애플리케이션의 적절한 성능 개선을 위해 변형될 수 있다. 도 4는 LDA 시스템의 실시예(200)를 나타내는 블록도다. LDA 시스템(200)은 분리 회로(204), 정합망(208), LDA 코어(212), 부스터 회로(216), 및 주파수-전압 컨버터(220)를 포함할 수 있다. 출력은 OUTPUT1로 표시되듯이, 본 예에서 주파수-전압 컨버터(220)에 연결될 수 있다. 부스터 회로(216) 및/또는 주파수-전압 컨버터(220)는 선택적 요소일 수 있고, 그 중 하나 또는 둘 모두는 목표 애플리케이션에 따라 생략될 수 있다. LDA 시스템(200)이 부스터 회로(216) 및 주파수-전압 컨버터(220)를 포함하지 않을 때, 출력 포트는 도 4에서 OUTPUT2로 표시되는 바와 같이, LDA 코어(212)로부터 바로 벗어나도록 배치될 수 있다. LDA 코어(212)는 증폭 회로(224), 공진 회로(228), 및 샘플링 회로(232)를 포함할 수 있고, 이는 도 3의 로그 검출기(100)의 증폭 회로(104), 공진 회로(108), 및 샘플링 회로(112)와 유사하게 작동 및 기능하도록 구성될 수 있다.

[0066] 분리 회로(204)는 LDA 코어(212)로부터 전력 누설, 반사 신호를, 그리고 주변 회로, 특히 Tx 체인으로부터 다른 간섭 효과를 필터링하는데 사용될 수 있어서, Rx 체인을 보호하고 재생을 최적화시킬 수 있다. 특히, 입력 신호에 대해 알려지지 않은 위상을 가진 고립 회로(204)에 입력되는 LDA 코어로부터 다시 반사된 신호는 재생 축적 프로세스가 동기식일 때 신호 재생에 관해 해로운 효과를 가질 수 있다. 입력 신호와 믹싱되는, 반사된 위상차를 가진 신호를 이용하여, 재생 프로세스가 요망되는 바와 같이 실현될 수 없고, 성능 불량이 나타날 수 있다.

[0067] 누설 전력은 안테나와 같이, 수신기 입력으로의 길을 또한 찾아낼 수 있고, 원치 않는 방출 또는 EMI로 방출될 수 있다. 분리 회로(204)는 이러한 분리 용도로 서큘레이터를 포함할 수 있다. Rx 체인의 서큘레이터는 Rx 신호를 통과시키도록, 그리고 원치않은 누설 및 반사 신호를 접지부로 단락시킬 수 있다. 전형적인 서큘레이터는 비선형성 교정을 위해, 페라이트와 같은 강자성 요소를 포함한다. 그러나, 강자성 요소는 대체로 부피가 크고 비싸다. 서큘레이터 대신에, 분리 회로(204)는 저잡음 증폭기(LNA) 또는 임의의 패시브 또는 액티브 디바이스를 갖도록 구성될 수 있고, 이는 (액티브 회로의 경우) 이득 향상, 분리 개선, 신호 대 잡음비 및 대역폭 개선을 제공할 수 있다. 정합망(208)은 임피던스 정합 및/또는 위상 교정 용도로 사용될 수 있다. 도 3을 참조하여 설명된 것과 유사한 메커니즘에 기초하여, LDA 코어(212)는 일련의 전압 스파이크를 출력할 수 있고, 그 주파수 Frep는 실질적으로 입력 신호의 전력의 대수값으로 변화한다. 신호 Frep는 OUTPUT2로부터 출력되거나 부스터 회로(216)에, 및/또는 주파수-전압 회로(220)에 전달되어 추가적으로 처리되고 OUTPUT1으로부터 출력될 수 있다.



부스터 회로(216)는 예를 들어, 약 100mV로부터 수 V로 신호 Frep를 증폭시키도록 하나 이상의 트랜지스터 또는 그외 다른 적절한 증폭 구성요소를 포함할 수 있다. 부스터 회로는 슈미트 트리거 회로, 또는 그외 간단한 디지털 회로, 가령, 디지털 인버터를 더 포함하여, 증폭된 Frep를 디지털화시켜 더 깨끗하고 날카로운 스파이크를 얻을 수 있다. 부스터 회로(216)로부터의 출력 신호는 주파수-전압 컨버터(220)에 전송되어, 신호가 오디오 범위와 같은 DC 이하의 AC 전압으로 변환되어, OUTPUT1으로부터 출력된다.

[0068] 앞서 언급한 바와 같이, LDA 시스템(200)은 도 3에 도시되는 로그 검출기의 소정의 기본 성질을 포함할 수 있고, 목표 애플리케이션용으로 적절한 성능 향상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 작동 주파수는 공진 회로의 L 및 C 값을 선택함으로써 결정될 수 있고, 따라서, LDA 코어 증폭 회로와 연계하여, 높은 대역의 거부, 높은 스킨 비(skirt ratio), 높은 신호 대 잡음비가, 다양하게 변형되는 바와 같이 LDA 시스템(200)을 이용함으로써 실현될 수 있다. 즉, LDA 시스템(200)은 고주파수-선택 애플리케이션용으로 구현될 수 있다. 더욱이, 샘플링 회로를 이용하여, 임계치에 도달할 때마다 발진을 주기적으로 차단할 수 있고, 따라서, 자체 소지(self quenching) 및 시간-의존 샘플링 기능을 제공할 수 있다. 따라서, 발진의 재생 성질은 증폭 회로의 낮은 순간 재생 이득에 의해, 그리고 발진의 클램핑 및 재개에 의해 향상될 수 있고, 이는 높은 Rx 감도로 이어진다. 증폭 회로의 낮은 순간 재생 이득은 실시예에서 1-5의 범위에 있을 수 있다. 그러나, 전체 재생 사이클에 대한 LDA 이득은 실질적으로 높을 수 있다. 일반적으로, 낮은 값과 높은 값 사이에 놓일 수 있고, 예를 들어, 0dB 내지 +50dB의 범위에 있을 수 있다. 전형적인 LNA에 비해, 신호 대 잡음비가 향상될 수 있고, 출력 수신 신호 강도 인디케이터(RSSI) 레벨이 더 높아질 수 있다. 이는 더이상의 증폭이 요구되지 않거나 덜 요구되기 때문에 LDA 시스템(200)을 이용하는 통신 디바이스 또는 이어지는 수신 스테이지의 경우 유리할 수 있다. LDA의 Rx 감도는 커패시터, 인덕터, SAW 필터, BAW 필터, 세라믹 공진자, 기계적 공진자, 등과 같은 공진 회로 내 하이-Q 구성요소를 이용함으로써 실현될 수 있는 LDA 코어의 주파수 대역폭을 감소시킴으로써 증가할 수 있다. 인덕터 및 커패시터의 하이-Q 값은 실시예에서 25-200 범위에 놓일 수 있다. 특히, WAW 필터, BAW 필터, 세라믹 필터, 및 기계적 필터의 하이-Q 값은 500-20,000의 범위에 놓일 수 있다.

[0069] 실시예는 약-강 수신 신호를 재생시킬 수 있고, 로그 증폭기와 통상적으로 연관되어 있는 어떤 주파수 변환없이 최소의 노이즈 추가로 선택적으로 증폭시킬 수 있다.

[0070] 도 5A는 LDa 시스템의 다른 실시예(300)를 나타내는 블록도다. LDA 시스템(300)은 분리 회로(304), 정합망(308), 및 LDA 코어(312)를 포함할 수 있다. LDA 코어(312)는 증폭 회로(324), 공진 회로(328), 및 샘플링 회로(332)를 포함할 수 있고, 이들은 도 3의 로그 검출기(100)의 증폭 회로(104), 공진 회로(108), 및 샘플링 회로(112)와 유사하게 작동 및 기능하도록 구성된다. OUTPUTA는 도 4의 OUTPUT2와 등가이고, LDA 코어(312)는 일련의 전압 스파이크 Frep를 출력할 수 있다. 대안으로서, Frep는 출력되지 않고 여기서 오픈된 채로 남겨질 수 있다. LDA 시스템의 예(300)에서, 공진 회로(328)는 OUTPUT B를 통해 RF 신호를 출력하도록 구성될 수 있다. OUTPUT 또는 OUTPUT2가 입력 주파수 대비 서로 다른 주파수에 있는 도 3 및 4의 LDA에 반해, OUTPUT B는 입력 주파수와 실질적으로 동일한 주파수를 가진다. 신호는 시간 샘플링된 INPUT 신호의 사본이고, 도 15에서와 같이 보일 수 있다. 이는 LDA의 구조를, 도 6에 300으로 도시되는 바와 같이 LNA 대체 또는 LNA 보완 애플리케이션에 특히 적합하게 만든다.

[0071] 통합 AM/ASK/OOK 복조 회로를 갖춘 LDA의 추가 실시예가 도 5B에 도시된다. 도 5B는 도 5A와 본질적으로 동일하지만, 정합망과, 교번 출력을 발생시키는 이어지는 저역 통과 필터가 추가되어 있다. 교번 출력 상의 신호는 RA 주파수 성분이 저역 통과 필터로 제거된 후 AM/ASK/OOK를 포함하는 입력 신호의 실질적으로 재생된 시간 샘플링 사본일 수 있다. 정합 회로가 저역 통과 필터 앞에 추가되어, 에너지의 전달을 분리시키고 최대화시킬 수 있다.

[0072] 출력 신호의 태핑은 증폭기의 출력 상에서와 같이 전도 모드로, 또는, 상호 결합 인덕티브스와 자기 결합과 같이 무선 모드로 수행될 수 있다. 시간 샘플링으로 인해, 주파수 스펙트럼은 반복적으로 보일 수 있다. 일부 경우에, 소지 주파수 펄스는 마치 소지 주파수가 없고 출력 상의 변조 신호가 시간 상 연속적으로 나타나는 것처럼 시스템이 작동하도록 매우 작을 수 있다. 그러나, 대안의 출력 토드에서의 태핑은 이러한 문제를 완화시키고 더 높은 전력 출력 신호 F<sub>rep</sub>(t)를 제공한다.

[0073] 저역 통과 필터 앞의 대안의 출력 상의 주파수 스펙트럼은 변조를 이용한 RF 신호(해당될 경우), 변조를 이용한 중간 주파수 IF의 반복율 f<sub>rep</sub>(t) 주파수(해당될 경우), 그리고 제로 헤르츠에서 기저대역의 변조 신호(해당될 경우)를 지닌다. 이 시점에서 2가지 경우가 가능하다:

[0074] 1. RF 신호 및 IF 주파수를 저역 통과 필터링하고(f<sub>rep</sub>), 재생/증폭된 기저대역 신호를 복원시킨다. 기저대역 신호는 복조된 AM 출력으로 나타난다. 디지털 신호 v(k)를 생성하도록 앤티-앨리어싱 필터(anti-aliasing

filter) 및 ADC를 이용한 선택적인 팔로우-업이 가능하다.

- [0075] 2. RF 신호 및 기지대역(BB) 주파수를 저역 통과 필터링(또는 대역 통과 필터링)하고, 재생/증폭된  $f_{rep}(t)$  신호를 복원시킨다.
- [0076] a. 전압 컨버터,  $f/v$  컨버터, 및 개선된 증폭기를 이용하여 아날로그 방식으로  $f_{rep}(t)$ 를 프로세싱하여 기지대역 복조 AM 신호를 복원시킨다. 디지털 신호  $v(k)$ 를 생성하도록 엔티-앨리어싱 필터 및 ADC를 이용한 선택적 팔로우-업이 가능하다.
- [0077] b. 디지털 성형, 순간 주파수 미터(또는 피리어드 미터에 이은 디지털  $1/x$ 함수), 및 스케일링을 이용하여 디지털 방식으로  $f_{rep}(t)$  처리하여, 디지털 복조 출력 신호를 획득한다.
- [0078] 추가 실시예가 도 5B에 도시된다. 도 5B는 통합 AM/ASK/OOK 복조 회로 출력 및 대안의 출력을 가진 LDA를 도시한다. 도 5B에서, 그리고 앞서 문단에서 언급한 바와 같이,  $f_{rep}(t)$  신호는 정합망2 이후 R1, C3 상의 출력과 같이, 다양한 노드에서 태핑될 수 있다. 대안으로서, 출력은 증폭기의 출력으로부터 도출될 수 있고, 또는, 병렬 공진자로부터 분리된 커패시터 중앙 노드 상에서, 또는 대안으로서 증폭기의 입력 측 상에서 도출될 수 있다. 이러한 대안들에 이어 정합망 및 저역 통과 필터가 이어져서 출력에 도달한다.
- [0079] 도 5C는 AM 및 PM 복조 기능을 가진 LDA의 개략적 일 실시예를 도시한다. AM 복조 기능을 가진 LDA의 전형적인 구현예가 도 5C에 도시된다. 병렬 및 직렬 공진자 회로 L1, C3가 증폭기 T1(이 경우에 NPN 트랜지스터)의 컬렉터 상에서 발견된다. 트랜지스터 T1은 컬렉터와 에미터 사이에 180도 위상차를 제공한다. C1은 피드백 발진기 커패시터다. VG11은 커패시터(도시되지 않지만, 도 5-8에 도시되는 커패시터 C2와 유사)를 통해 연결되는 입력 소스 신호다. 바이어스는 VS2, R3, C6다. D2는 RC 회로 R4, C11에 연결되는 다이오드다. 출력은 VM1이다. 선택적인 C7이 소지 프로세스 개선을 위해 도시된다.
- [0080] 도 5A로 돌아와서, 분리 회로(304)는 주변 회로로부터, 특히 Tx 체인으로부터 전력 누설, 반사 신호, 및 기타 간섭 효과를 필터링하는데 사용되어, Rx 체인을 보호할 수 있고, 앞서 언급한 바와 같이, EMI와 같은 방사 전력 누설 또는 재생 효율 감소를 피할 수 있다. 분리 회로(304)는 분리 용도로 서클레이터를 포함할 수 있다. Rx 체인의 이러한 서클레이터는 Rx 신호를 통과시키도록, 그리고, 원치않는 누설 및 반사를 접지부로 단락시키도록 구성될 수 있다. 전형적인 서클레이터는 비-선형성 교정을 위해, 페라이트와 같은 강자성 요소를 포함할 수 있다. 그러나, 강자성 요소는 대체로 부피가 크고 비싸다. 대안은 크기를 크게 감소시킬 수 있는 나노튜브 메타-물질 서클레이터를 이용하는 것이다. 서클레이터 대신에, 분리 회로(304)는 LNA 또는 다른 패시브 또는 액티브 디바이스를 갖도록 구성될 수 있고, 이는 향상된 이득(액티브 회로의 경우), 분리, 신호 대 잡음비, 및 대역폭을 제공할 수 있다.
- [0081] 정합망(308)은 임피던스 정합 및/또는 위상 교정 용도로 사용될 수 있다. 도 3을 참조하여 설명된 것과 유사한 메커니즘에 기초하여, LDA 코어(312)는 일련의 전압 스파이크  $F_{rep}$ 를 출력할 수 있다.  $F_{rep}$ 는 OUTPUT A로부터 출력될 수 있고, 또는, 단순히 출력없이 오픈 상태로 남겨질 수 있다.
- [0082] OUTPUT B를 통해 RF 신호를 출력하도록 공진 회로(328)를 구성함으로써, 도 5에 도시되는 바와 같은 LDA 시스템은 다양한 RF 애플리케이션을 위해 구현될 수 있고, 기존 RF 통신 디바이스에 비해 향상된 성능 레벨을 제공할 수 있다. 도 6은 RF 신호의 송신 및 수신에 위한 기존 통신 디바이스의 일 실시예를 도시한다. 단일 안테나(404)가 송신(Tx) 및 수신(Rx) 모드용으로 본 예에서 사용될 수 있다. Tx/Rx 스위치(408)가 안테나(404)에 연결되어, 시간 구간 중 모드에 따라 Tx 체인 또는 Rx 체인을 선택할 수 있다. Rx 체인은 통상적으로 Rx 필터(412) 및 LNA(416)를 가질 수 있다. 필터링 레벨 및 주파수 범위에 따라, 추가적인 Rx 필터가 LNA(416) 앞에 또는 뒤에 또는 앞뒤에 추가될 수 있다. LNA는 대체로, 감도 증가를 위해 가능한 적은 노이즈 및 왜곡 추가와 함께 Rx 신호를 증폭시키는데 사용될 수 있다. Rx 신호는 증폭되어 LNA(416)로부터 트랜시버(420)로 출력될 수 있어서, 모델과 같은 기지대역 프로세서(424)에 궁극적으로 도달할 수 있다. Tx 체인은 전력 증폭기(PA)(428) 및 Tx 필터(432)를 가질 수 있다. 필터링 레벨 및 주파수 범위에 따라 추가적인 Tx 필터가 PA(428) 앞에 또는 뒤에 또는 앞뒤에 추가될 수 있다. 트랜시버(420)로부터 출력되는 Tx 신호는 PA(428)에 전송될 수 있고, Tx 신호는 증폭되어 Tx 필터(432)로 출력될 수 있으며(본 실시예에서 예시되는 바와 같음), 안테나(404)에 전송될 수 있다. 트랜시버(420)는 RF 신호를 처리하도록 다양한 회로를 포함할 수 있다. 이러한 회로들은 Rx 체인을 위해 Rx 신호 프로세싱 회로(436)로, 그리고 Tx 체인용으로 TX 신호 프로세싱 회로(440)로 도 6에 나타난다. Rx 신호 프로세싱 회로(436)는 주파수의 다운 컨버팅을 위한 다운 컨버터와, 변조 신호의 복조를 위한 복조기와, 기지대역 프로세서(424)에 입력될 디지털 신호 발생을 위한 아날로그-디지털 컨버터와, 수신기와, 원격 송신기로부터 유입 심벌

데이터 스트림을 동기화하기 위한 동기화 기능을 포함할 수 있다.

- [0083] 도 6에 예시되는 기존 RF 통신 디바이스에서, LNA(416)는 통상적으로 가능한 적게 노이즈 및 왜곡을 추가하면서, Rx 신호를 증폭한다. 앞서 설명한 바와 같이, LDA 시스템은 원치않은 노이즈를 최소화시키면서 증폭 신호를 제공할 수 있다. 따라서, 도 6에 파선 박스로 표시되는 바와 같이, RF 출력 OUTPUTB를 트랜시버(420)에 연결함으로써 LNA(416)를 LDA 시스템(300)으로 대체함으로써, 향상된 성능 레벨을 가진 새로운 타입의 RF 통신 디바이스가 제공될 수 있다. 대안으로서, LDA 시스템은 LNA 보완을 위해 수신 감도 부스터로 첫번째 또는 나중의 증폭 스테이지로 추가될 수 있다. 기존 방식과는 달리, LDA는 수신 체인에서 높은 이득의 LNA 후에 추가될 수 있고, 시스템 노이즈 수치를 여전히 감소시킬 수 있는데 이는 선형 회로에서 가능하지 않다. 이는 다수의 CW 사이클에 걸쳐 반복 신호가 존재할 때 신호 대 잡음비를 증가시킬 수 있는 LDA의 재생 요인에 기인한다. 통신 디바이스가 와이파이 시스템인 경우에, 약 2.4 GHz의 RF 신호가 LDA 시스템(300)에 의해 증폭될 수 있고, 트랜시버(420)(다운 컨버터를 포함함)에 출력될 수 있다. 전형적인 다운 컨버터는 중간 주파수에 집중되는 중간 주파수 신호를, 초저주파수에 집중되는 기지대역 신호로 변환한다. 따라서, LDA 시스템(300)의 RF 출력 OUTPUTB로부터 약 2.4 GHz의 RF Rx 신호를 취함으로써, 다운 컨버터를 포함하는 기존 트랜시버 기술이 변형없이 사용되어, 기지대역 프로세서(424)에 전송될 와이파이 802.11b 내지 802.11ac를 위한 20 MHz 내지 160 MHz 수준의 다운 컨버팅된 신호를 얻을 수 있다.
- [0084] 다른 응용에는 168 MHz, 433 MHz, 또는 868 MHz에 사용하기 위한 1 GHz-미만 협대역 트랜시버를 지닐 수 있고, 변조 신호 대역폭은 수 KHz 만큼 낮을 수 있다.
- [0085] 또 다른 응용에는 1.5 GHz에서 위성 통신, 예를 들어, GPS를 지닐 수 있고, 수신 전파 신호는 수신 디-스프레딩 이전에 노이즈 플로어 아래의 통상적으로 10 dBm까지, 매우 낮은 전력 레벨에 있다. LDA는 이러한 초저 수신 레벨, 반송파에 대한 낮은 데이터 속도, 및 비교적 낮은 데이터 속도 응용예를 위한 수신 부스터로 훌륭한 후보일 수 있다.
- [0086] 또 다른 응용에는 초고속 트랜지스터를 가진 간단한 전자 토폴로지가 필요한 경우에 60 GHz 대역과 같은 초고주파수에 관련될 수 있다. 60GHz CMOS 프로세스를 이용하여, 이러한 수신 부스터 또는 LNA 대체물을 설계하여 매우 민감한 수신기를 제공할 수 있다.
- [0087] 또 다른 응용에는 무선으로부터 또는 케이블, 전력선, 전화선, 광섬유, 등을 통해 송신되는 다양한 변조 통신 신호에 관련될 수 있고, 이 경우에 반송파 및/또는 변조 신호의 전력은 낮은 노이즈 추가로 고감도로 증폭되길 희망하고 수신 유닛에 의해 추가적으로 처리되길 희망한다.
- [0088] 도 5의 LDA 시스템은 CW RF 신호(비-변조)를 증폭할 수 있고, 또는 변조 신호를 가진 RF 반송파 신호를 증폭시킬 수 있다. 변조 신호는 각각 AM, FM, PM으로 표시되는 아날로그 진폭, 주파수 변조, 또는 위상 변조, 또는, ASK, OOK, 쿼드러처 m-AM, FSK, MSK, GFSK, GMSK, 4-FSK, 4GMSK, m-FSK, PSK, QPSK, m-PSK, m-QAM과 같은 디지털 변조일 수 있으며, 이 모두는 서로 다른 타입의 변조를 위해 당 분야에서 알려진 약어다. 역시 이 분야에서 알려진 약어인 FH-SS, DS-SS, OFDM, MIMO NxN 과 BPSK, QPSK, m-QAM, 및 OFDM과 같은 더 복잡한 변조가 사용될 수 있다. 일반적인 측면에서, 도 5에 도시되는 바와 같이, LDA 시스템(300)은 재생 주파수 대역폭 내의 INPUT으로부터 입력 신호를 높은 수신 감도 및 낮은 노이즈 수치로 재생 및 증폭시키고, OUTPUTB에 주파수 변환 없이(즉, 동일 주파수, 동일 스펙트럼으로) 신호를 출력한다. 이는 반송파 및 변조를 포함한다.
- [0089] 앞서 언급한 바와 같이, LDA 시스템(300)은, LNA(416) 대체없이, 블록(412, 416) 간의 수신 경로 내에서 상보적 방식으로 LDA 시스템(300)을 추가함으로써, 수신 부스터로 도 6의 통신 디바이스에서 구현될 수 있다. 이러한 구조에서 수신 감도는 LDA 고 수신 감도, 저-노이즈 수치, 및 증폭을 이용하여 증가될 수 있다.
- [0090] 다른 실시예에서, LDA 시스템이 증가된 스커트 비(skirt ratio)를 가진 증폭기 및 펄스형 발진기로 인한 선택적 주파수 회로일 수 있기 때문에 필터(412)는 제거될 수 있다. 이는 필터(412) 요건을 완화시키고, 이를 대체하며, 심지어 대역외 거부 성능을 초월할 수 있다.
- [0091] 도 7은 LDA 시스템(300)의 회로 구조의 일 실시예를 도시한다. 분리 회로는 입력 포트에 연결될 수 있고, 전력 누설, 반사 신호, 및 기타 간섭 효과를 필터링하는데 사용될 수 있어서, Rx 체인을 보호하고, EMI와 같은 방사 전력 누설 또는 재생 효율의 감소를 피할 수 있게 한다. 분리 회로는 분리 용도로 서클레이터를 포함할 수 있다. 일반적으로 부피가 크고 값비싼 강자성 요소를 포함하는 서클레이터 대신에, 분리 회로는 LNA, 또는, 임의의 패시브 또는 액티브 디바이스를 갖도록 구성될 수 있고, 이는 향상된 이득(액티브 회로의 경우), 분리, 신호 대 잡음비, 및 대역폭을 제공할 수 있다. 정합망은 임피던스 정합 및/또는 위상 교정 용도로 사용될 수



있다. 정합망은 본 실시예에서 커패시터 C2를 통해 증폭 회로의 입력 단에 중요하게 연결될 수 있다. 언더-커플 결합은 LDA에서 충분하지 않은 입력 에너지가 분출되기 때문에 재생 프로세스에 악영향을 미칠 수 있다. 반대의 경우에 시스템이 오버-커플되면, 너무 많은 입력 에너지가 LDA에 전달되기 때문에 또한 재생에 영향줄 수 있다. 증폭 회로는 입력 신호를 증폭하도록 구성될 수 있고, 연산 증폭기, BJT, FET, RF 증폭기, 또는 다른 이산 트랜지스터와 같은 임의의 적절한 증폭 요소를 포함할 수 있다.

[0092] 도 7의 LDA 시스템은 증폭 회로의 출력 측에서 증폭 회로와 직렬로 연결되는 공진 회로와, 증폭 회로와 병렬로 연결된 커패시터 C1을 포함할 수 있다. 대안으로서, 공진 회로는 증폭 회로의 입력측에서 증폭 회로와 직렬로 연결될 수 있다. 작동 주파수는 공진 회로의 L 값 및 C 값을 선택함으로써 설정될 수 있다. 발진은 이와 같이 결정된 주파수로 증폭 회로에서 설정될 수 있다. 샘플링 회로는 본 실시예에서 다이오드 D1을 통해 증폭 회로에 연결될 수 있다. 샘플링 회로는 전압 공급 라인을 통해 증폭 회로로 흐르는 전류를 효과적으로 샘플링하도록 구성될 수 있다; 지정 임계치에 도달하면, 샘플링 회로는 발진을 멈추도록 작동할 수 있다. 즉, 샘플링 회로는 임계치에 도달할 때마다 발진을 주기적으로 차단하는데 사용될 수 있다. 샘플링 회로로부터의 출력은 따라서, 일련의 전압 스파이크 Freq일 수 있다. Freq는 OUTPUT A로부터 출력되거나, 출력없이 단순히 종료될 수 있다. 당업자는 OUTPUT A가 FM 복조를 위해 인 및 아웃에서 서로 다른 주파수를 제공함을 이해할 것이다. FM 변조를 위해, 공진 회로는 적어도 병렬 및 직렬 공진 회로를 필요로 한다.

[0093] LDA 시스템의 성질에 영향없이 RF 주파수에서 신호를 출력하기 위해, 도 5 또는 도 7의 LDA 시스템의 공진 회로는 도 4의 LDA 시스템(200)의 공진 회로(228)와는 다르게 구성될 수 있다. 도 8은 LDA 성질에 영향없이 RF 신호를 출력하기 위한 공진 회로의 실시예를 도시한다. 이러한 공진 회로는 2개의 주부분 - 직렬 공진 회로부 및 병렬 공진 회로부 - 을 포함한다. 이 도면에서, VCC는 DC 전압 공급원을 나타내고, 공진 회로의 입력 포트는 증폭 회로에 연결되도록 구성될 수 있으며, 출력 포트는 RF 신호 출력을 위해 OUTPUT B에 연결될 수 있다. 당업자는 OUTPUT B가 AM, FM, 및 PM과 같은 임의의 타입의 아날로그 및 디지털 변조를 위해 인 및 아웃에서 동일 주파수를 제공함을 이해할 것이다. OUTPUT B를 이용한 직접 FM 복조의 경우, 공진 회로는 적어도 병렬 및 직렬 공진 회로를 필요로 할 수 있다. 그러나, LDA 주파수 응답의 벨 곡선의 우측 경사 또는 좌측 경사의 대략 중간에 위치하는 것과 같이, LDA 중앙 주파수의 약간 좌측에 INPUT 신호가 위치하도록, 기울기 검출을 이용하여 직렬 공진 회로없이 협대역 FM을 복조하는 것이 가능하다. 광대역 FM 신호는 LDA의 Q 팩터가 우측 또는 좌측 경사에 대한 입력 신호의 광대역 편차를 수용하도록 감소될 경우 마찬가지로 직접 구분될 수 있다. OUTPUT A를 통한 AM 및 PM 복조의 경우, 직렬 공진이 필요치 않다. 직렬 공진부는 커패시터 CS 및 인덕터 LS를 포함하여, 직렬 공진을 제공할 수 있다. 병렬 공진 회로부는 분리된 커패시터 CP1 및 CP2와 병렬로 인덕터 LP와, CP1 및 CP2의 공통 노드에 연결되는 제 3 커패시터 CC를 포함할 수 있다. 서로를 임계적으로 연결하도록 그리고 출력 임피던스를 위해 최적화시키도록 CP1, CP2, CC의 값을 결정함으로써, RF 신호가 선택적으로 태핑 아웃(tapped out)될 수 있다. 더욱이, 병렬 공진 회로부 내의 인덕터 및 커패시터 중 일부가, 향상된 감도의 작은 대역폭을 갖기 위해, 하이-Q 인덕터 및 하이-Q 커패시터이도록 구성될 수 있다.

[0094] 도 9는 RF-OUT으로부터 RF-IN으로 진행되는 어두운 라인(902)에 의해 도시되는 바와 같이, 역방향 RF 출력 RF\_IN으로부터 안테나를 구동시키기 위해 LDA가 역방향으로 사용되는 실시예의 도해다. 이러한 실시예에서, LDA는 입력 및 출력 연결 공진자/증폭/소지 디바이스처럼 모델링될 수 있고, 도 11의 결합 노드 (a)가 증폭기 출력 (도 9의 트랜지스터 에미터)보다 낮은 임피던스를 갖기 때문에, 역방향으로 더 높은 출력을 제공할 수 있다. 결합은 RF\_IN 또는 RF\_OUT 상에서 이루어질 수 있다. 그러나, 역방향으로, 입력 포트는 RF\_OUT이 되고, 출력 포트는 RF\_IN이 된다. 정상의 순방향에서, RF\_IN은 입력 포트이고 RF\_OUT은 출력 포트다. 도 10A에 도시되는 LDA의 시뮬레이션은 양 방향으로 이득이 존재함을 보여준다.

[0095] 도 10A는 도 9에 도시되는 LDA의 작동의, 역방향 모드 대비, 직접 모드를 또한 도시한다. 도 10A는 라인(1002)으로 표시되는 역방향 모드와, 라인(1004)으로 표시되는 직접 모드로, LDA의 이득을 나타내는 그래프다. 언급한 바와 같이, 공진 시 이득 값은 1보다 훨씬 크고, 이는 독특한 방식으로, LDA가 역방향 모드에 사용될 수 있음을 의미한다. 이는 전형적인 증폭기 또는 LNA를 이용할 경우 가능하지 않다. 한 예로서, 역방향으로 LNA는 통상적으로, 100배 내지 1000배 전력 감쇠에 해당하는 -20dB 내지 -30dB의 이득을 나타낸다.

[0096] LDA는 수신 또는 송신 모드를 포함하는 서로 다른 많은 모드들에서 작동할 수 있다. 도 10B는 전력 증폭기 PA 모드에서 LDA의 시뮬레이션 결과를 도시한다. 최적화되지 않은 LDA 회로를 이용한 시뮬레이션은 89.5 dB 이득, 0dBm의 입력에 대해 8dBm의 출력, 5dBm의 1dB P1dB의 압축 전력, 여기에 135MHz에서 6dB의 여전한 이득을 보여주었다. 이는 LDA가 LNA처럼 거동하여 -100 dBm 미만의 약한 입력 신호를 처리할 수 있는 직접 모드와 비교될

것이다.

- [0097] LDA의 역방향 모드 작동의 실시예가 도 11 및 12에 추가로 도시된다. 도 11은 RF\_OUT으로부터 RF\_IN으로 진행되는 어두운 라인(1102)에 의해 표시되는, 역방향으로 작동하는 송신 전력 증폭기(TX PA)로 LDA를 도시하며, 증폭기의 노드 (a)는 로우 임피던스이고, 도 10B에 도시되는 높은 전력에 적합하다. 도 12는 수신 저잡음 증폭기를 파선으로 반대 방향으로 도 11에 도시되는 송신 전력 증폭기의 하이 레벨 블록도다.
- [0098] LDA는 양 방향으로 동시에 작동하는 풀 듀플렉스 양방향 증폭기로 또한 사용될 수 있다. 기존 양방향 증폭기의 전형적인 논-LDA 기반 구현예가 도 13에 도시된다. 이 증폭기는 하나의 안테나(1302), 하나의 대역 통과 필터(1304), 송신/수신 RF 스위치(1306), TX 전력 증폭기 PA(1308), 및 RX 저잡음 증폭기 LNA(1310)로 구성되는 하프 듀플렉스 작동용 RF 프론트엔드를 가진다. 직접 RX 경로는 파선(1312)에 의해 표시되고, 역방향 TX 경로는 어두운 파선(1314)에 의해 표시된다. 이 구조에서, 3개의 액티브 구성요소, 대역 통과 필터 더하기 안테나가 존재한다.
- [0099] 도 14는 LDA에 기초하여 풀 듀플렉스 작동은 물론 하프 듀플렉스 작동을 위한 다른 RF 프론트엔드를 가진, 도 13의 간단한 대안의 실시예를 도시한다. 본 실시예는 도 11에서와 같이 안테나(1402), 하나의 양방향 LDA(1420), 스플리터(1422)로 구성되며, 이는 저항성, 윌킨슨(Wilkinson), 커플러, 서큘레이터, 메타물질, 램프 패시브 구성요소, 등일 수 있다. 이러한 구조에서, 단 하나의 액티브 구성요소, 간단한 스플리터, 더하기 안테나가 존재한다. 이 구현에는 여러 측면에서 매력적일 수 있다 - 작은 크기, 적은 개수의 구성요소, LDA의 경제적 재생 모드로 인한 낮은 전력 소모, 어포더블 솔루션(affordable solution). 작은 크기로 인해, LDA는 안테나의 기저부에 위치할 수 있고, 송신 PA로부터 안테나까지 거리/손실/반사와, 전송 라인 상에서 안테나로부터 수신 LNA까지 손실, 그리고 인쇄 회로 보드 상의 실제 자산(real estate)을 최소화시킬 수 있다. 다른 흥미로운 특징은 LDA의 "매치 인" 포트에서 안테나와 50옴 LDA와는 다른 곳에 매칭될 가능성이 있을 수 있다. 다른 폭 좁은 또는 폭넓은 트레이스 폭, 안테나 크기, LDA에 대한 매칭 용이성, 등 중에서도, 5 옴 내지 130 옴의 범위 내에서 50 옴과는 다른 복합 컨저게이트에 통상적으로 매칭이 되는 이유가 있을 수 있다.
- [0100] 스플리터는 20 내지 30 dB의 송신 및 수신 경로 사이에 우수한 분리를 가능하게 하며, 중요하다. 우수한 스플리터는 약 3.5dB의 감쇠를 가진다. TX 및 RX 에서의 위치는 도 14에 이상적으로 위치한다. 수신 경로의 경우, 이는 LNA LDA-기반 다음이고, 그 손실은 제 1 증폭기 이후 이래 시스템 NF에 영향을 미치지 않는다. 송신시, 스플리터는 PA 이전에 위치하여, PA 출력으로부터 안테나까지 에너지 전달을 최대화시킬 수 있다. 다른 장점은 LDA가 높은 스커트 비로 주파수 선택적이기 때문에, 대역통과 필터의 제거 또는 등급 하락된 것의 선택이다. 또한, 스위칭 타이밍 문제, 기지대역으로부터 제어 및 구성요소를 저장하는 송신/수신 T/R 스위치가 전혀 필요치 않다.
- [0101] 일 실시예에서, LDA는 길고 큰 동적 범위를 가진 전력 미터를 제공한다. LDA에 의해 제공되는 다른 흥미로운 특징은 도 11에 도시되며, 당 분야의 상태에 따라서와 같이 외부 구성요소의 필요없이 직접 PA가 송신할 때 송신 PA 모드에서 전송되는 전력을 측정할 수 있는 점으로 이루어진다. 역방향 모드에서, 시스템은 자체-소지를 계속 하며, Freq\_OUT 출력을 생성한다. 앞서 도 4에서 설명한 바와 같이, Freq에 이어서, 입력 전압의 로그에 비례하는 평균 전압을 출력하는 간단한 F/V 컨버터가 나타날 수 있다. 출력 전압은 dB 단위의 출력 전력(로그 스케일)에 비례하며, 이는 전력 미터용으로 매우 바람직하다. 동적 범위는 넓고 50 내지 100dB 범위다. F/V 변환으로부터 공급되는 출력 전압은 내재적 로그 변환으로 인해 저해상도 ADC에 공급될 수 있고, 실제 전송된 전력에 대한 기지대역으로의 피드백을 제공할 수 있다. 풀 듀플렉스가 FDD 및 CDMA용으로 제공될 수 있다.
- [0102] 다른 실시예에서, 양방향 LDA는 수신 모드에서 RF LNA로, 또는, AM/FM 복조기로, 또는, 두가지 모두로 사용될 수 있다. 도 11은 양방향 LDA가 2개의 수신 출력 - 첫번째로, 입력 수신 신호 RX\_IN에 대해 동일 주파수에서 수신 LNA 모드로 RF\_OUT과, IF 대역에서 복조 출력인 Freq\_OUT - 을 제공함을 보여준다. 변조가 아날로그 또는 디지털 AM, FM, 또는 AM+FM과 같이 간단할 경우, LDA는 디지털 또는 아날로그 f/v 컨버터의 이용을 통해 직접 복조될 수 있다.
- [0103] 일 실시예에서, LDA는 가변 전도도를 가진 LC 회로로 간주될 수 있고, 이러한 전도도는 양의 값으로부터 음의 값으로 주기적으로 변할 수 있다. 도 15는 AM/FM 복조 기능을 가진 LDA의 시간 변형 발진 및 소지 사이클을 도시한다. 더 구체적으로, 도 15는 사이클의 시작(502)으로부터 사이클의 종료(503)까지 사이클(501)을 도시한다. 발진이 임계 레벨(505)에 도달할 때까지 발진이 축적되고(504), 점진적으로 0까지 분포된다(506).
- [0104] 도 16은 병렬 공진 회로(601) 및 직렬 공진 회로(602)를 가진 4중극(600)을 도시한다. FM 복조 기능을 가진 LDA



는 도 16에 도시되는 병렬 및 직렬 공진자 회로(601, 602)로 구성된 4중극의 이용에 기초한다. 통과 대역에 널 상태를 갖는 대역통과 필터로 설계된다. 병렬 공진 회로의 한 예는 병렬로 연결된 L 및 C, 적절히 배치되는 열린 또는 단락된 스테브를 가진 전송 라인, 결정 공진자, SAW 회로, BAW, 또는 이들의 조합, 등이다. 직렬 공진 회로의 한 예는 직렬로 장착된 L 및 C, 적절히 배치되는 열린 또는 단락된 스테브를 가진 전송 라인, 결정 공진자, SAW 회로, BAW, 또는 이들의 조합, 등이다.

[0105] 도 16의 4중극의 진폭 및 위상의 변환 함수가 도 17에 도시된다. 수평축은 Hz 단위의 주파수이고, 수직축은 각각 dB 단위 이득과 도 단위 위상이다.

[0106] 도 17은 4중극의 개략적 응답을 보여주는 보데 플롯(bode plot)이다. FM/AM 복조에 유용한 작동 범위는 파선으로 타원형으로 도시된다. 도 17의 그림은 주파수 대 진폭(위)과 주파수 대 응답 위상(아래)을 도시한다. 4중극의 설계 및 나머지 LDA와의 상호작용에 따라, 이득은 도면에 도시되는 바와 같이 2개의 스파이크를 갖는 포인트 대 등글거나 평탄하게 설계될 수 있다.

[0107] 도 18A는 일체형 FM 복조 회로를 가진 LDA의 블록도를 도시한다. 거동 원리는 다음과 같다: 증폭기 A81가 루프백으로 커패시터 C81과 함께 발진하도록 구성된다. 전형적인 증폭기는 NPN, PNP 트랜지스터, FET 트랜지스터, MOS 트랜지스터, 듀얼 게이트 FET 트랜지스터, 등일 수 있다. 또한, 액티브 회로의 구조는 달링톤(Darlington), 공통-베이스, 공통 컬렉터, 공통 에미터, 캐스캐이드, 차동 쌍(differential pair), 등일 수 있다. 다른 타입의 증폭기, 가령, 단일 또는 멀티 스테이지 증폭기, 로직 증폭기가 사용될 수 있다. 증폭기는 실리콘, 바이-CMOS, GaAs, 또는 그외 다른 프로세스와 같이 임의의 개수의 프로세스에 의해 구성될 수 있다.

[0108] 가장 간단한 구현에는 증폭기 A81의 입력(801)으로부터 출력까지 180도 위상차를 갖는 것이고, 약한 또는 강한 결합으로 C81과 함께 발진을 유지시키는 것이다. 다시 말해서, C81의 값이 증폭기 이득을 요망되는 바와 같이 낮은 값으로 감소시킨다. 4중극은 A81의 출력에 추가되고, 통과대역 내 높은 저역 감쇠로 인해, 중심 주파수에서 또는 그 부근에서 증폭기를 공진시킨다. 최적의 FM 복조 모드는 회로가 널 상태 범위의 중심으로 조정될 때 나타나고, 도 17에 도시된 바와 같이 작동한다. 더욱이, 왜곡없이 복조될 수 있는 최대 주파수 편차는 널 상태 대역폭보다 크거나 같아서, 대역통과 필터 4중극이, 폭좁고 폭넓은 여부에 관계없이, 목표 편차를 수용하도록 설계될 수 있다.

[0109] LDA 거동의 다른 중요한 부분은 샘플링 회로로 작용하는 RC 회로 R81 및 C83 이다. 증폭기에 연결될 때 주기적으로 충전되며, 전위가 높아짐에 따라 R81 간의 전압이 높아져서 증폭기의 출력 전류를 증가시킨다. 이와 동시에, 증폭기의 입력 바이어스 전류가 감소하고 주어진 임계치에서, 증폭기를 오프시키고 따라서 발진을 오프시킨다. 이 시점에서, C83에 축적된 전하는 R83으로 방전되고, 그 결과, R81 및 C83의 전압이 0으로 감소한다. 사이클이 재개되고, R81 및 C83 상의 전위가 낮으면 증폭기 바이어스 전류가 증가하기 시작하며, 짧은 시간 주기 후 발진이 다시 축적된다.

[0110] 저역 통과 필터링 이후, R81 및 C83 상의 신호가 출력 반복 주파수이고, 그 형상은 도 15에 도시되는 주기적 발진 주파수의 엔벨롭을 닮을 수 있다.

[0111] 다이오드 D81은 RC 회로 R81 및 C83에 증폭기를 연결하고, 우수한 RF 거동을 가진 저역 통과 필터로 작용한다. 전도 시에(입력 전압의 양의 하프 사이클) 로우 임피던스를, 비-전도시에(입력 전압의 음의 하프 사이클) 하이 임피던스를 가져서 정류기로 작용하고, RC 회로로 로딩될 때 저역 통과 필터로 작용한다.

[0112] 입력은 다이오드 D1의 상부에 약하게 연결된다. 입력 정합은 중요하고, 우수한 정합은 핵심 요인에 의해 성능을 개선시킬 수 있다. 선택적인 커패시터가 D81의 캐소드와 증폭기의 바이어스 사이에 연결되어 결합을 증가시킬 수 있고 반복적 사이클링을 촉진시킬 수 있다.

[0113] 다른 구현예에서, 다이오드 D81이 가령, 공진자의 인덕턴스의 값의 10배로, 100nH 내지 1mH 범위로, 비교적 높은 값의 인덕터로 대체될 수 있다. LDA 발진 작동 주파수가 너무 높을 경우, 무급전이 저역 통과 효과에 악영향을 미칠 수 있고, 다이오드와 같은 더 이상적인 구성요소가 사용될 수 있다. 추가적인 구현예에서, D81은 적절히 바이어스된 트랜지스터와 같은 액티브 구성요소에 의해 대체될 수 있다.

[0114] 여러 타입의 FM 판별기 또는 복조기 - 다른 것들 중에서도, Foster-Seeley, Travis, 쿼드러처 검출기(quadrature detector), PLL - 가 존재한다. Foster-Seeley 판별기는 전파(full wave) 정류로 2개의 다이오드와, 이용 주파수용으로 튜닝되는 공간 중심-태핑 변압기를 이용한다. 편차가 없을 때, 변압기의 2개의 절반은 동일하다. FM 신호가 인가될 때, 밸런스가 파괴되고, 주파수 편차에 비례하는 신호가 출력에서 나타난다.

- [0115] Travis 판별기는 Forster-Seeley와 유사하지만, 변압기의 보조 측이 하나의 중앙 탭 및 2개의 대향 브랜치를 가지며, 각각의 브랜치는 튜닝 회로 및 경사 검출기에 연결된다. 제 1 튜닝 회로는 반송파보다 약간 높게 공진하고, 제 2 튜닝 회로는 약간 낮게 공진한다. 출력은 경사 검출기 1 및 2의 전압 간의 차이이다. FM 변조가 적용되고 반송파보다 높은 주파수를 향해 편향될 경우, 검출기 1의 전압이 양으로 진행하고, 검출기 2의 전압은 음으로 진행한다. 출력 전압과 양자 간의 차이는 양의 값이다. FM 변조가 반송파 주파수보다 낮은 방향으로 편향될 경우, 반대 상황이 나타나서 출력 전압이 음의 값이 된다. 반대 부호의 2개의 공진 곡선의 추가는 우수한 "S" 곡선 특성 출력을 부여하고, 이에 대하여 큰 중간 부분이 선형이다.
- [0116] 쿼드러처 검출기에서, 입력은 2로 나누어지고, 경로들 중 하나가 90도만큼 지연되어 공진 LC 회로에 인가된다. 2 신호들은 최종적으로 위상 비교기에 공급되고, 저역 통과 필터링된 결과는 복조된 FM 출력이다.
- [0117] PLL은 하나의 FM 판별기이고, 집적 회로의 용이한 액세스를 이용하여 채택되었다. 전압-제어 발진기(VCO) 중 하나 대 유입 FM 신호의 위상이 비교된다. 결과는 저역 통과 필터이고 VCO를 제어한다. 입력 주파수가 변화함에 따라, VCO의 위상 및 주파수를 증가 또는 감소시킴으로써 위상차를 보정하고자하는 위상 검출기에서 교정 전압이 나타난다. PLL의 루프 대역폭이 적절히 설계될 경우, VCO로의 교정 전압이 또한 복조 출력 전압이다.
- [0118] 이에 반해, 여기서 개시되는 LDA 기술은 소정의 중요한 신규성을 동반한다. S-곡선 특성 출력이 다른 판별기로 제공되며, LDA는 단순히 입력 및 출력의 위상이 서로 180도 차이날 경우에만 발진하는 저-이득 증폭기를 가짐으로써 Travis 판별기의 성능을 시뮬레이션한다. 그러나, 여기서 개시되는 LDA 기술에서 S-곡선은 4중극 대역통과 대역폭을 넘는다. 결과적으로, FM-LDA는 기존 FM 판별기로 자동 주파수 제어 AFC를 필요로하지 않으며, S 곡선의 중심에서 정확하게 놓일 필요가 없다. 우리의 구현예에서, 자동-중심 정렬 효과가 존재한다.
- [0119] 위상이 S-곡선 내에서 왜곡될 때, LDA 발진기는 중심에 머무르길 시도한다. 주파수 편차가 높아질 경우, 반복율이 감소하고, 주파수 편차가 낮아질 경우, 반복율이 빨라진다. 이는 3개의 판독치 - 중심 채널에 가까움, 중심 채널, 채널보다 높음 - 를 가질 수 있는 전력 미터를 갖는 것과 유사하다. S-곡선의 폭이 매우 넓은 경우, 매우 넓은 FM을 복조할 수 있다. 다른 한편으로, S-곡선이 폭좁을 경우, 폭좁은 FM을 복조할 수 있다.
- [0120] 출력 반복 주파수는 위상 및 주파수 정보를 지니며, FM 입력 신호에 의해 낮은 중간 주파수에서 변조된다. 표준 FM 판별기는 일정 진폭을 이용한다. 여기서 개시되는 LDA 기술에서, 이는 본질적으로, 큰 진폭 입력 동적 범위를 가진, 그리고, 입력 진폭이 큰지 매우 작은지에 관계없이, 거의 일정한 반복율 진폭을 제공하는, LDA에 의해 제공된다. 기지대역 신호는 아날로그 또는 디지털 주파수-전압 컨버터(FVC)에 의해 복원된다.
- [0121] FM-LDA에 의해 재생되기 때문에, 여기서의 장점은 높은 동적 범위에 대해 매우 높은 감도, 일정한 반복 출력 진폭, 높은 스커트 비(높은 선택도), 및 기지대역 복조 진폭에 수 dB의 진폭을 더 추가하는 동시적 FM 및 AM 복조 중 하나 이상을 포함한다.
- [0122] 도 18B 및 18C는 일체형 FM 복조 회로 및 교변 출력을 가진 LDA의 다른 실시예를 도시한다. 도 18B 및 18C의 실시예는 교변 출력에 전달되는 신호들을 필터링하도록 구성되는 저역 통과 필터(802)를 포함한다. 도 18B에서, 저역 통과 필터(802)는 교변 출력으로 병렬 공진 회로를 빠져나가는 신호를 필터링한다. 도 18C에서, 저역 통과 필터(802)는 병렬 및 직렬 공진 회로에 유입되는 신호를 필터링한다. 이러한 실시예들의 다른 변형에도 가능하다 - 예를 들어, 저역 통과 필터가 증폭기 A81의 입력에 연결될 수 있고, 시스템은 유사 교변 출력(도시되지 않음)을 제공한다. 도 18B 및 18C에 도시되는 바와 변조 태핑의 한가지 장점은, 복조되는 신호가 아날로그 FM 복조를 위해 높은 진폭 또는 "볼륨"을 가질수 있다는 점이다. 일부 경우에, Freq 신호가 작을 수 있고, 복조 신호는 과도한 추가 증폭 이후 작아지거나 노이즈해진다.
- [0123] 도 19는 FM 복조와 함께 LDA의 도식적 실시예를 도시한다. 도 19는 FM 복조 기능을 가진 LDA의 구현예를 도시한다. 병렬 공진자 회로 L91/C93 및 직렬 공진자 회로 L92/C98이 증폭기의 컬렉터 상에서 발견된다. 일 실시예에서, 증폭기는 NPN 트랜지스터일 수 있다. 이러한 트랜지스터는 컬렉터와 에미터 간에 180도 위상차를 제공하며, 피드백 발진기 커패시터 C91, 커패시터(도시되지 않음)를 통해 연결되는 입력 소스 신호 VG91, 바이어스 VS92, R93, C96, RC 회로 R94, C911에 연결되는 다이오드 D92, 및 출력 VM91가 구성된다. 선택적인 C976이 소지 프로세스 개선을 위해 도시된다.
- [0124] 도 20은 의사-디지털 주파수 입력(1001)을 디지털 출력 펄스 스트림(1002)으로 변환하는 예를 도시한다. 앞서 논의한 바와 같이, 주파수 반복율은 의사-디지털이고, 디지털 신호로 성형을 위한 프로세싱을 거의 필요로하지 않는다. 첫번째로, 피크간 진폭이 약 0.5Vpp 보다 작은 경우에, 증폭될 수 있다. 도시되는 바와 같이 진폭이 0.1Vpp인 경우에, 이득은 약 5 내지 20이다. 증폭은 한 단계 또는 여러 단계로 수행될 수 있다. 그 후, 증폭된

신호가 기준 전압  $V_{ref}$ 와 비교되고,  $V_{ref}$ 보다 클 때 로직 "1"을 생성하고 그렇지 않을 경우 "0"을 생성한다. 하나 이상의 로직 게이트가 추가되어 날카로운 에지 및 TTL 레벨을 이제 디지털 신호에 제공할 수 있다. 디지털 반복 주파수 출력 신호(1002)는 위상 및 순간 주파수의 정보를 지닐 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이, 이는 긴 거리에 걸쳐 또는 노이즈 환경에서 운반될 수 있고, 진폭 정보가 아니기 때문에 노이즈에 무감하다.

[0125] 도 21은 디지털 펄스 스트림(1101)을 디지털 등가 전압 샘플(1105)으로 변환을 도시한다. 디지털 반복 주파수 신호(1101)는 순간 주파수 미터(1102)를 통해 진행함으로써 디지털 전압  $V(k)$ (1103)으로 변환될 수 있다. 대안으로서, 디지털 반복 주파수 신호(1101)는 주기 미터(period meter)에 이어 디지털 역함수(digital inverse function)를 거칠 수 있다. 디지털 전압  $V(k)$ (1105)는 스케일링(1104) 후 다음과 같이 나타난다:

[0126]  $V(k) = F(k) \cdot K_1 + V_0$

[0127] 여기서,

[0128]  $F(k)$ : 순간 주파수의  $k$ 번째 샘플

[0129]  $K_1$ : V/Hz의 상수

[0130]  $V_0$ : LDA 입력이 50 옴에서 종료될 때 발생하는 전압(주파수)에 대응하는 일정 오프셋 전압. 50옴에서  $V(0) = F(k) \cdot K_1$ .

[0131] 도 22는 아날로그 주파수-전압 컨버터(FVC)의 예를 도시한다. FVC는 FM-LDA와 연계하여 사용될 수 있다. 이는 LDA의 반복 주파수 출력에 연결된다. 이름이 나타내듯이, 변환된 전압을 평균값으로 출력에 제공한다. 추가의 저역 통과 필터링이 더하여질 수 있다. 이는 간단한 FVC이지만, 소정의 제약사항을 가진다: 슬루율(slew rate)이 예를 들어, 이전 디지털 기법보다 느리고, 통상적으로 정확한 평균 전압 값으로 정착을 위해 수 개의 펄스를 필요로 한다.

[0132] 도 23은 아날로그 검출기의 일 실시예를 도시한다. 다른 실시예도 가능하다. 아날로그 검출기는 도 19의 반복 주파수 출력(VM1)에 연결될 수 있고, 또는, 증폭기의 입력에도 연결될 수 있다. 추가적인 저역 통과 필터링 및 증폭이 부가될 수 있다.

[0133] 도 24는 LDA의 다른 구현예를 도시한다. FM LDA 복조기의 본 신호 실시예에서, 증폭기 입력 A141을 위한 온도 보정 바이어스(1404)는 증폭기 A141를 온도 보정하도록 설계될 수 있다. 예를 들어, 증폭기가 쌍극성 트랜지스터로 제조될 경우,  $V_{BE}$ 는  $-2mV/도$ 로 변화할 것이다. DC 바이어스 전압이  $-2mV/도$ 에 의해 마찬가지로 감소하도록 만들어질 경우, 에미터 상의 DC 전압은 일정하게 유지될 것이고, 따라서, 마찬가지로 저항기 R141을 통해 DC 전류를 유지시킬 것이다.

[0134] 바이어스 소스의 다른 구현예에서, 온도 보정 전류 소스가 사용될 수 있다. 증폭기가 일정한 낮은 주파수 이득을 갖는 전류 증폭기로 작용하고 있을 때, 출력 전류는 이득 곱하기 바이어스 전류와 실질적으로 동일할 것이다. 온도 보정 바이어스 전류를 이용하면, 증폭기 출력 전류는 저주파수 이득이 온도와 함께 일정하게 유지된다고 가정할 경우 역시 온도 보정될 것이다. 예를 들어, 증폭기가 쌍극성 트랜지스터로 제조될 경우, 그리고 DC 베이스 전류가 온도 보정되어 일정하다면, DC 컬렉터 전류는 마찬가지로 일정할 것이다. DC 에미터 전류는 베이스 및 컬렉터 전류의 추가이고, 이 역시 일정하다. 저항기 R141에서의 일정 전류는 베이스-에미터 전압의 변화에 관계없이 일정 DC 전압을 생성한다. 하이 임피던스의 입력 바이어스 전류 소스는  $-2mV/도$ 의 베이스-에미터 전압  $V_{BE}$ 와 함께 변화하는 전압을 자동적으로 제공하여, 보정할 것이다.

[0135] FM 복조의 LDA는 입력 포트 전체를 통해 발진기로부터 RF 에너지의 누설과 같은 소정의 취약성에 시달릴 수 있다. 이는 적어도 2가지 이유로 악화 인자가 된다. 첫째로, LDA가 RF 수신기에서 제 1 스테이지로 사용될 때, RF 에너지가 거꾸로 안테나에 공급된다. 이는 안테나를 의도하지 않은 주파수 대역에 원치않는 에너지를 방사하게 하고, EMI 노이즈를 야기하게 한다. 두번째로, 누설 에너지는 입력 신호에 대해 다른 위상으로 LDA 입력에게로 다시 반사될 수 있고, 이는 재생 목적에 반한다(재생은 입력 신호와 코히어런트한 공진 위상의 느린 축적이다). 따라서, 이는 RF 감도를 감소시킨다.

[0136] 또한, 저잡음 증폭기 LNA가 로그 검출기 증폭기 LDA에 선행할 때 추가적인 이득 이용을 얻을 수 있다. 게다가 재생 디바이스인 경우, LDA는 기존 수신기 체인에서와 같이 선형 회로를 위한 노이즈 법칙에 의해 완전히 설명될 수 없고, 이 경우 체인의 제 1 증폭기는, Friis의 공식에 따라 규정되는 바와 같이, 수신기의 노이즈 수치 결정에 있어 핵심적 요소다:

$$NF = 10 * \log(F) \quad \text{이고 (단위 dB)}$$

$$F = F_{A1} + \frac{F_{A2}-1}{G_{A1}} + \frac{F_{A3}-1}{G_{A1}G_{A2}} + \dots \quad \text{(단위 .)}$$

NF: 총 노이즈 수치, dB 단위 비

F: 총 노이즈 수치, 선형 비

$F_{Ai}$ : 증폭 체인의 i번째 증폭기의 선형 노이즈 수치

$G_{Ai}$ : i번째 증폭기의 선형 이득

재생 로그 증폭기의 경우에, 재생부는 제 1 위치에, 또는, 수신 체인 내 임의의 위치에, 배치될 때 SNR을 개선시킬 수 있다. 따라서, 재생 LDA는 노이즈 제한 증폭기 수신기 체인에서도 선행 저잡음 증폭기를 잘 이용할 수 있다. 이러한 LDA는 동적 범위가 신호의 로우 사이드(노이즈 레벨)에서 연장되기 때문에 노이즈에 묻힌 신호를 더 증폭시킬 수 있다. LDA가 없는 이러한 노이즈-제한 수신기에서, LNA의 가설적 추가는 시스템의 노이즈 제한 때문에 거의 용도가 없을 것이다.

예를 들어, LDA없이 노이즈 제한 수신기 앞에 20dB 이득 LNA를 추가하는 것은 감도 레벨을 0 내지 2dB만큼 간신히 증가시킬 것이다. 다른 한편, 8dB의 재생 인자로 로그 증폭기를 이용함으로써, 6 내지 8 dB의 인자만큼 감도가 개선될 것이다.

따라서, LDA 입력에서 정합 회로(1401)의 추가는 선행 회로와의 결합을 개선시키고 입력 반사를 감소시킬 수 있다. 더욱이, 입력부(1402)에서 분리기(1403)(가령, 높은 분리 인자를 가진 증폭기)의 추가는 재생 및 이득 기회를 더 개선시킬 수 있다.

#### SISO, LDA, 및 액티브 안테나

공간 다이버시티, 간섭 소거, 또는 감소는 안테나가 액티브하거나 주파수 가변적이거나 조정가능한 소정의 방향으로 널(null)을 뿜(put) 한 경우 여기서 설명되는 타입의 단일 입력 단일 출력 트랜시버를 이용하여 실현될 수 있다. LDA의 추가는 감도를 증가시키고, RF 주파수 대역폭을 감소시키며, 노이즈를 감소시키면서 신호를 능동적으로 재생시키고, 50옴과는 다른 간섭 임피던스를 안테나에 설계하도록 하고, 풀 또는 하프 듀플렉스로 양방향 작동을 제공하고, 토폴로지를 단순화시키며, 등등을 가능하게 한다.

도 25는 사용자에게 대해 소정의 기설정 각도로 적시에 빔을 이동시키도록 어레이 안테나를 설계한 스위치 빔 안테나를 도시한다. 도 26에 도시되는 바와 같이, 적응성 빔 형성은 각각의 사용자에게 방사할 빔을 선택할 수 있고, 간섭자 사용자를 널 처리할 수 있다. 도 26에 도시되는 예에서, 사용자 1은 기지국 주위로 이동하여, 임의의 잠재적 간섭 사용자를 널(null)처리함으로써 가장 최적의 가능한 연결을 유지하도록 전화가 빔을 적응시킨다.

도 27은 위상 어레이, 빔 형성 애플리케이션의 안테나들 간 분리 개선을 위한 서로 다른 방식들을 도시한다. 도 27에 도시되는 바와 같이, CPL 안테나 CPL1, CPL2, CPL3, CPL4는 서로로부터  $\lambda/4$ ,  $\lambda/2$ ,  $\lambda$  만큼 이상적으로 이격된다. 그러나 소정의 경우에, 안테나 간에 이러한 큰 거리를 제공할만큼 안테나 하우징 내에 공간이 충분하지 않고, 안테나들은 예를 들어,  $\lambda/10$ 만큼 이격된다. 그러나, 안테나들이 서로 가까이 있을 때(가령,  $\lambda/10$  만큼 이격) 안테나를 디커플링시키기 위해 도시되는 바와 같이 디커플링 라인을 이용함으로써, 순수 마이크로스트립, 마이크로스트립 및 럼프 요소(lumped elements)의 조합, 2개의 인접 안테나 사이에 배치된 접지 안테나, 빔 형성을 위한 위상 시프터, 등을 포함한 다른 구현예가 가능하다. 위상 시프터는 MIPI, SPI, GPIO, 등과 같은 인터페이스를 통해, 또는 기지대역 애플리케이션 내 알고리즘에 의해 제어될 수 있다.

도 28에 도시되는 바와 같이, CPL 안테나는 주파수 가변 능력용으로 패시브 또는 액티브일 수 있으며, 또는, 이로부터 방사를 방지하기 위해 소정의 임피던스로 로딩됨으로써 송신 및 수신이 정지될 것이다. 스위치가 방사기 옆에 위치하여 접지시키거나 임의의 임피던스로 종료시킬 수 있다(50옴, 로우 임피던스  $\ll$  50옴, 또는 하이 임피던스  $\gg$  50옴). 도 29는 도 28의 스위치 빔 안테나 구조를 이용하여 결과적인 빔형성의 예를 도시한다. 도시되는 바와 같이, 간섭 사용자가 널 처리된다. 각각의 안테나는 최적의 송신 및 수신을 위해 온 및 오프 변환될 수 있고, 더 적은 RF 전력이 낭비된다. 안테나는 도 29의 본 예에서 기지국에 말하는 사용자에게만



주목한다. 액티브 CPL 안테나를 도 29에 도시되는 직렬 전력 컴바이너/디바이더, 액티브 위상 시프터, 및 디커플링 라인과 조합함으로써 기지국과 사용자 사이에 개선된 연결을 제공하는 것이 가능하다. 도 30은 안테나가 평면형 전력 컴바이너 또는 월킨슨 타입의 컴바이너와 또한 연결될 수 있음을 보여준다. 임의의 타입의 컴바이너가 적응성 빔 조향에 사용될 수 있다.

[0151] 도 31은 이중 시간 및 공간 다이버시티를 제공하도록 통합된 LDA를 가진 구조를 도시한다. 도시되는 바와 같이, 하나의 안테나가 입력부에 하나가 출력부에 놓일 수 있다. 트랜지스터의 에미터에서 입력부에 단 하나의 안테나를 갖는 것이 또한 가능하며, 수신 신호 증폭을 위해 LDA가 사용될 수 있다. 대안으로서, 하나의 안테나가 커패시터 Cout 뒤에 출력부에 제공될 수 있다. 여기서 또한 언급되듯이, LDA는 저잡음 증폭기로, 전력 증폭기로, 그리고 양방향 모드로 사용될 수 있다. 추가적으로, 각각의 단일 안테나는 적응성 빔 형성 제공을 위해 안테나 어레이에 의해 대체될 수 있다. LDA의 고감도 때문에, LDA는 발명자에게 알려진 그와 다른 구조에 비해 4-30dB 낮은 레벨의 신호를 검출할 수 있다.

[0152] 도 32는 가변 커패시터를 가진 위상 시프터를 도시한다. CRLH-TL(Composite Right Left Handed transmission Line)인 이러한 타입의 구조를 이용함으로써, 서로 다른 주파수에서 서로 다른 위상을 갖는 것이 가능하며, 이는 적응성 빔 형성을 위해 더 큰 유동성을 제공한다.

[0153] 도 33은 서로 다른 전기적 위상에 연결될 수 있는 SP4T 스위치를 도시하며, 이러한 위상들은 마이크로스트립, CPWG, 림프 요소, 도파관, 등과 함께 구현될 수 있다. 각각의 라인은 위상 변이 범위를 증가시키도록 가변 림프 요소와 함께 구현될 수 있다.

#### [0154] MIMO 사용

[0155] 다이버시티가 충분히 클 때 MIMO 또는 다른 다이버시티 기법을 이용함으로써, 다중 경로 페이딩을 유리하게 사용할 수 있고, 복수 스트림의 데이터를 전송할 수 있다. 낮은 데이터 속도를 갖는 최대 다이버시티와, 최대 데이터 속도 및 제한된 다이버시티 간에 항상 균형이 존재한다(링크/처리량 견고성). 실내(indoor) 이격이 20피트를 넘을 때, 또는 비디오 스트리밍시, N개의 안테나 상에서 N개 미만의 데이터 스트림이 가장 실용적인 해법이며, 예를 들어 4x4지만, 공간 다이버시티를 위해 2개의 스트림과 2개의 데이터 스트림을 이용한다.

#### [0156] MIMO에 추가하여 복수의 선택가능 및/또는 조정가능 안테나 이용

[0157] 발명에 따르면, 복수의 선택가능 및/또는 조정가능 안테나가 심지어 MIMO 스트림 당 사용될 수 있다. MIMO 안테나들은 가능한 전방향적인 것으로 가정되며, 소정 거리만큼 이격된다. 프로세싱은 특정 방향으로 이득을 증가시키도록 빔형성할 수 있다. 그러나, 안테나가 지향성인 경우, 더 큰 범위 또는 처리량을 소정의 경우에 실현할 수 있고, 다만 다른 다중경로 페이딩 시나리오를 위해 일부 유용한 패턴이 가능하지 않을 수 있고 빔형성 발생이 어려울 수 있다. 이러한 경우에, 전방향 안테나가, 예를 들어, 약 120도의 공간을 커버하도록, 3개의 섹터로 섹터화될 수 있다. 이는 많은 파티션을 포함하는 건물의 구조 및 사람의 움직임으로 인한 다중경로 페이딩으로 인해 셀룰러 전파에는 잘 적용되지만 실내에는 잘 맞지 않는다. 공간 다이버시티를 제공하여 스트림 당 2개 이상의 안테나로 공간을 커버하는 것이 항상 우수한 생각이다. 물론, MIMO 알고리즘은 예를 들어, 라우터로부터 디바이스까지 최적의 처리량을 위해 안테나의 여러가지 조합들을 시도하고자 추가 프로세싱 층을 필요로 한다. 또한, 라우터로부터 각각의 WLAN 디바이스까지 전송 기능(transfer function)은 각각의 WLAN 디바이스에서 최적 성능을 위해 측정 및 최적화되어야 한다.

#### [0158] 심지어 MIMO를 이용한 하나 이상의 조향가능 안테나 이용

[0159] 조향가능 안테나는 안테나의 패턴, 방향, 또는 이득을 동적으로 조정하는데 사용될 수 있다. 이는 추가 복잡도의 일 계층이고, 물론 MIMO NxN 용으로 그러나 1xN 또는 1x1 용으로도 사용될 수 있다. 조향가능 안테나는 이동 전화와 같은 소형 클라이언트 디바이스에 매우 유익하며, 이 경우 더 큰 안테나를 수용하기 위해 디바이스의 크기 증가를 위한 공간 또는 복수의 안테나를 위한 공간이 존재하지 않는다. 전자적 조향 모드 추가는 성능을 크게 개선시킬 수 있다.

[0160] 도 34는 수신기 상에 조정가능 LDA를 포함하는 MIMO NxN 어레이의 패턴, 방향, 또는 이득을 동적으로 조정하기 위해 조향가능 안테나를 이용하는 실시예를 도시한다. 도면은 각각의 안테나 당 멀티밴드 애플리케이션용으로 그리고 하프 듀플렉스 용으로 복수의 송신 PA 및 수신 LNA LDA-기반을 도시한다. 도 34에 단 하나의 안테나만이 도시되지만, 복수의 안테나가 SPNT(Single Pole N Throw) 또는 DPNT(Dual Pole N Throw) 또는 NPNT(N Pole N Throw)일 수 있는 스위치에 연결될 수 있다.

- [0161] 도 35는 안테나 당 시간 분할 듀플렉스(TDD)용으로 서로 다른 대역을 커버하도록 조정가능 LDA를 포함하는 가변 수신기 및 가변 송신기를 가진 RF 프론트엔드의 패턴, 방향, 또는 이득을 동적으로 조정하기 위해 하프 듀플렉스 모드로 조향가능 안테나를 이용하는 실시예를 도시한다.
- [0162] 도 36은 안테나 당 시간 분할 듀플렉스(TDD)용으로 서로 다른 대역을 커버하도록 조정가능 LDA를 포함하는 가변 수신기 및 가변 송신기를 가진 RF 프론트엔드의 패턴, 방향, 또는 이득을 동적으로 조정하기 위해 풀 듀플렉스 모드로 조향가능 안테나를 이용하는 실시예를 도시한다.
- [0163] 도 37은 주파수 분할 듀플렉스(FDD)용으로 서로 다른 대역을 커버하도록 조정가능 LDA를 포함하는 가변 수신기 및 가변 송신기를 가진 RF 프론트엔드의 패턴, 방향, 또는 이득을 동적으로 조정하기 위해 풀 듀플렉스 모드로 조향가능 안테나를 이용하는 실시예를 도시한다.
- [0164] 도 38은 하나의 애자일(agile), 조향가능 안테나 당 여러개의 기능으로 이루어진 RF 프론트 모듈을 보여주는 실시예를 도시한다. SISO 구조에서, 하나의 안테나가 RF 프론트엔드 모듈에 연결된다. MIMO의 경우 N개의 안테나가 N개의 RF 프론트엔드 모듈에 부착된다. 여기서의 설명에 기초하여, 발명자는 이러한 모듈이 하나 이상의 LDA를 포함할 수 있고, 집적 회로에 부분적으로 또는 완전히 통합될 수 있으며, 크기가 작을 수 있고, 안테나에 위치하는 신호 구조를 가질 수 있음을 학습하였다.
- [0165] RF 프론트엔드 모듈은 다음의 블록들 - TX PA, RX LNA, T/R 스위치, 선택적 필터, 컨트롤러 및 디지털 인터페이스, RF 액티브 조정, 및 선택적 전력 검출기 - 을 지닌다. TX PA는 표준 PA 구성요소로서, 앞서 설명한 바와 같이 동일 주파수 입력 및 출력을 갖는 PA에 구성되는 LDA일 수 있고, RX LNA는 표준 LNA로서, 동일한 RF 입력 및 출력 주파수를 갖는 LNA에 구성되는 LDA이며, T/R 스위치는 소정의 LDA 실시예에서 제거될 수 있는 또는 표준 RF 스위치일 수 있는 스위치이고, 선택적 RF 필터는 SAW, 세라믹, 액티브, LC, 동축, 등과 같은 표준 RF 필터일 수 있고, 또는, 양방향 주파수 선택 증폭기로 구성되는 LDA일 수 있으며, 컨트롤러는 송신 또는 수신으로부터 스위치를 제어하고, 안테나 조정 블록을 제어하며, LDA가 채널 선택적이고 애자일인 경우 채널 당 LDA를 제어하며, 안테나 조정 블록은 아날로그 신호 또는 로직 신호에 의해 제어되는 이진 범위 내 커패시터의 뱅크일 수 있고, 마지막으로 선택적 전력 검출기는 Freq 출력 및 선택적 Vout 아날로그 출력을 포함하는 AM 복조로 구성될 수 있는, PIN 다이오드 회로, 커플러 회로, 길버트 셀 로그 증폭기, 또는 LDA와 같은 표준일 수 있다.
- [0166] 믹싱을 위한 임의의 구조가 가능하다. 한 예로서, MIMO 6x6 이 선택된다. 6개의 이러한 RF 프론트엔드는 6개의 애자일 독립 안테나에 부착될 것이다. 프론트엔드는 다음의 블록들 - RX LNA LDA-기반, 표준 T/R 스위치, Vout 신호 출력을 위한 f/v 컨버터 및 일체형 전력 검출기를 구비한 LDA-기반 PA, 표준 대역 통과 필터, 커패시터 디지털 블록, 및 감소 크기의 CPL 안테나 - 로 구성될 수 있다. 추가적으로, 이러한 MIMO 6x6은 2.4-2.5 GHz의 와이파이 대역을 목표로할 것이며, 프론트엔드는 대역 내 및 대역 외 간섭 거부를 증가시키기 위해 채널 특이적일 것이다. TX PA 및 RX LNA LDA 계열은 채널 특이적이고 컨트롤러에 의해 구동된다. 각각은 기저대역 트랜시버로부터 프론트엔드로 전송되는 요망 채널 정보를 선택하기 위해, PLL 내로 잠길 수 있다.
- [0167] 일 실시예에서, 애자일 및 조향 안테나는 2.4-2.5GHz 대역에서 와이파이 802.11n 용으로 주파수 채널 1 내지 13 까지 이동할 수 있는 채널 특이적 감소 대역폭을 가진 애자일 안테나에 의해 대체된다. 다른 실시예에서, 안테나는 고정된다. 이러한 구현에는 원격 프로세싱 강화와 함께 최고 성능 및 로컬 프로세싱을 위해 안테나 위치의 또는 안테나에 가까운 안테나 당 하나의 LDA를 도시한다. RF 수신기 성능은 액티브 RF 프론트엔드가 안테나의 기저부에 또는 이에 매우 가까이 위치하기 때문에 최적화된다. 라인이 매우 짧기 때문에, EMI 픽업 가능성이 적고, 안테나로부터 RF 프론트엔드까지 낮은 손실이 제공된다.
- [0168] 높은 수신 감도, 높은 동적 범위, 매우 낮은 노이즈, 간단한 수신기, 그리고, 안테나 당 하나의 프론트엔드 계공을 위해 여러개의 프론트엔드 모듈이 PCB 상에 놓일 수 있다는 점과 같은, LDA의 모든 고성능 이점은 여기서 사용될 경우 RF 프론트엔드에 적용될 수 있다. LDA 이용이 앞서 나열한 다양한 구성요소들 - 예를 들어, LNA, PA, 전력 검출기, 및 필터 - 의 대체 또는 제거를 가능하게 함을 또한 이해할 수 있을 것이다.
- [0169] 도 39는 여러개의 애자일, 조향가능 안테나 당 여러 개의 기능으로 구성되는 RF 프론트 모듈을 도시하는 실시예를 나타낸다. SISO 구조의 경우, M개의 안테나가 1-M 스플리터를 이용하여 RF 프론트엔드 모듈에 연결된다. MIMO NxN의 경우에, N개의 안테나가 N개의 RF 프론트엔드 모듈에 부착된다. 여기서의 설명에 기초하여, 발명자는 각각의 프론트엔드 모듈이 하나 이상의 LDA를 포함할 수 있고, 직접 회로 내로 완전히 또는 부분적으로 통합될 수 있으며, 크기가 작을 수 있고, 그리고, N개의 안테나에 밀접하게 위치하는 신호 구조로 놓일 수 있음을 학습하였다. 모듈의 설명은 도 38과 동일하지만, 더 작은 크기의 메타물질 스플리터 또는 1-N 윌킨슨 스플리터,

등과 같이 표준일 수 있는 1-N 스플리터가 추가된 점에 차이가 있다. 다른 차이점은, 디지털 커패시터 블록과 같이 M개의 안테나 액티브 조정 블록의 부가다. 일 실시예는 도 31에 따라 LDA에 직접 연결되는 2개의 안테나의 경우다. 안테나 중 하나 또는 둘 모두가 위상 조정, 예자일 또는 조향 기능을 가질 수 있다.

[0170] 도 38 및 39의 RF 프론트엔드는 와이파이, LTE, 블루투스, 등과 같은 다양한 호스트 시스템으로부터 다양한 종류의 변조(OFDM/QPSK/LTE) 및 토폴로지(가령, 802.11n, 1x1, nxn, MIMO, 802.11ac, 등)를 다룰 수 있는 탄력적인 N 또는 M\*N 개의 안테나 무선 시스템을 설계할 수 있게 한다.

[0171] 도 40은 풀 또는 하프 듀플렉스 모드로 수신기가 송신기와는 다른 주파수에 있을 때 스플리터(및 선택적 대역통과 필터)의 추가없이 RF 프론트엔드를 위한 대체물로 LDA가 사용되는 실시예를 도시한다. 이는 LDA가 풀 듀플렉스 또는 하프 듀플렉스 양방향 증폭기로 사용되는 도 38과 관련하여 앞서 설명한 실시예의 변형이다. 이는 도 38의 실시예와 유사한데, 다만 송신기 및 수신기 경로가 LDA에서 이미 분리되어 있기 때문에 어떤 스플리터도 필요치 않고 2개의 수신기 경로가 가능하다는 점에 차이가 있다(RX 옵션 1 및 RX 옵션 2 참조). 또한 이러한 특별한 경우에, 안테나가 고정된다. 다른 실시예에서 안테나는 애자일이고 조향가능하다. 도 38의 RF 프론트엔드에 비해, 이 해법은 매우 경제적이다: 단일 LDA가 PA 기능, RX 복조 기능을 내장하고, T/R 스위치가 제거되며, 대역통과 필터는 일체형이다. 당 업자는 도 40의 실시예가 토폴로지 단순성, 가격 적합성(affordability), 및 성능 측면에서 매우 매력적임을 이해할 것이다.

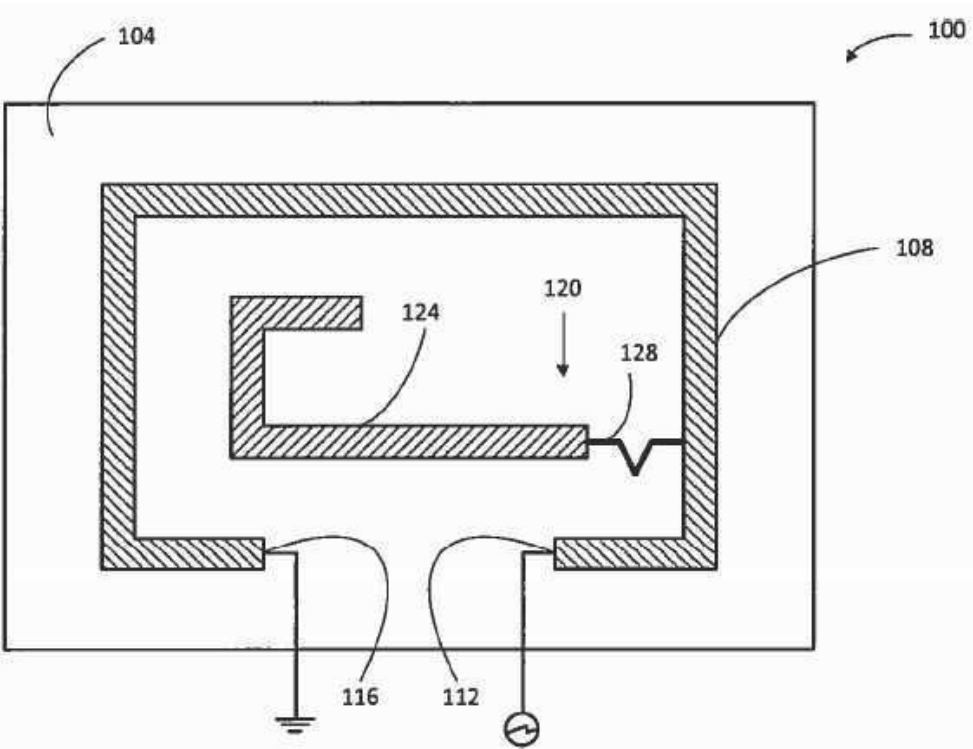
[0172] 도 41은 TX 및 RX의 인 및 아웃에서 동일 주파수를 갖는 RF 프론트엔드의 또 다른 실시예를 도시한다. 이는 도 38의 RF 프론트엔드의 더 경제적 버전으로서, TX PA 및 RX LNA를 하나의 LDA로 갖고, T/R 스위치가 없으며, 대역통과 필터가 일체형이고, 안테나 구조 당 SISO 또는 MIMO용 컨트롤러, 안테나 조정 블록, 및 스플리터를 추가하고 있다. 또 다른 실시예에서, LDA의 통합 전력 검출기 기능이 추가되고, f/v 컨버터 다음에 Freq 또는 Vout이 출력되어, 기지대역으로 방출된 전력 값을 피드백시킨다. 다른 구현예에서, RF 프론트엔드는 채널 특이적이지 아니며, 전체 대역을 커버한다. 또 다른 구현예에서, RF 프론트엔드는 채널 특이적이고, 기지대역에 의해 제어되는 선택된 채널로 설정된다.

[0173] 도 42는 도 40의 실시예와 매우 유사한 RF 프론트엔드의 또 다른 실시예를 도시하며, 다만 안테나가 애자일이고 조향가능하며 입력 출력 정합을 이용한다는 점에 차이가 있다.

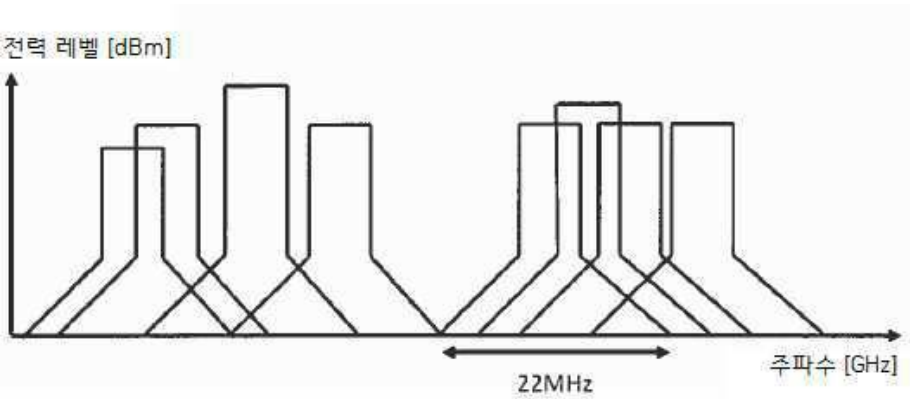
[0174] 당 업자가 현재 알고 있는 또는 추후에 알게 되는 명백한 치환물은 규정되는 요소의 범위 내에 있다고 규정된다.

도면

도면1

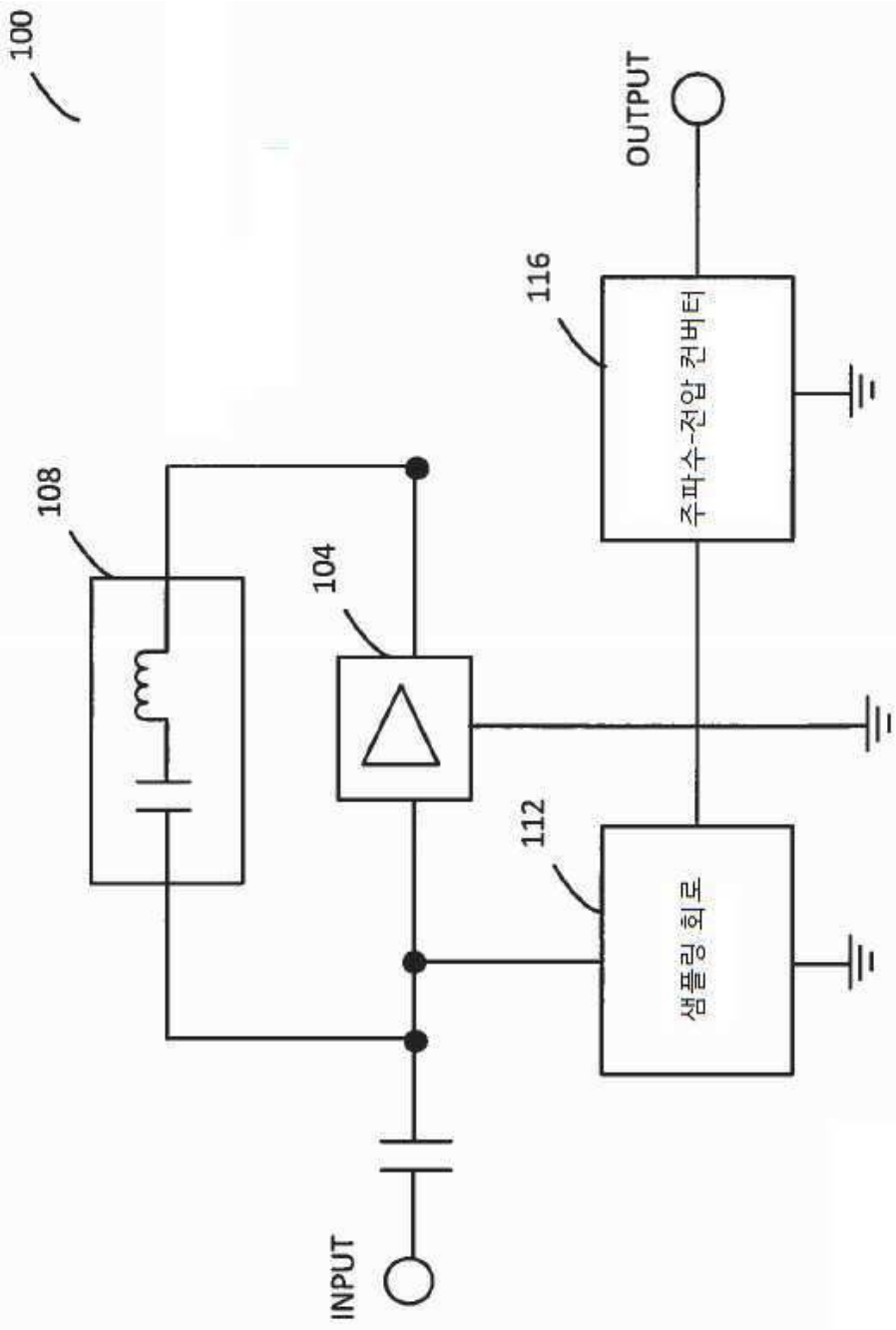


도면2

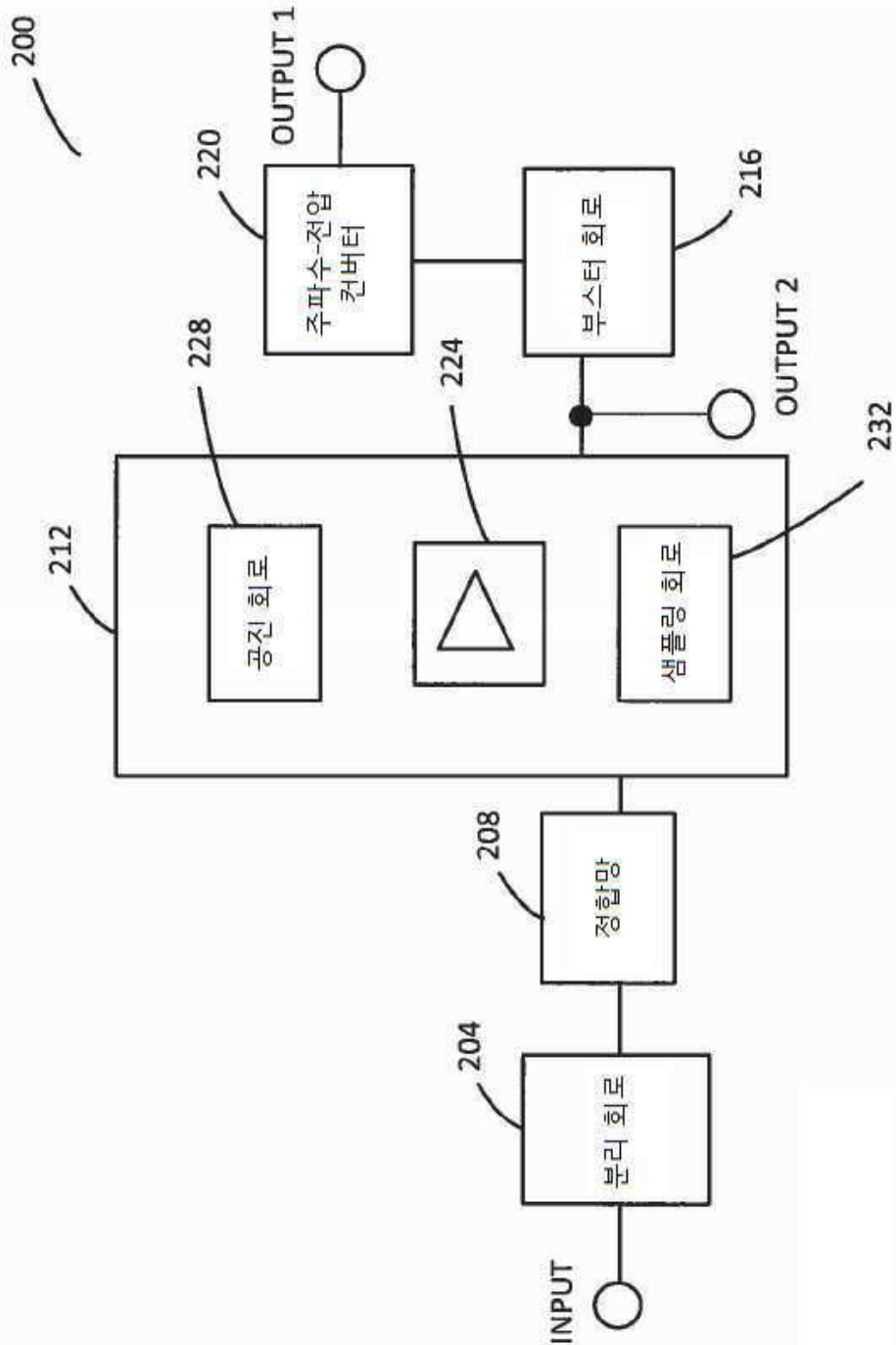




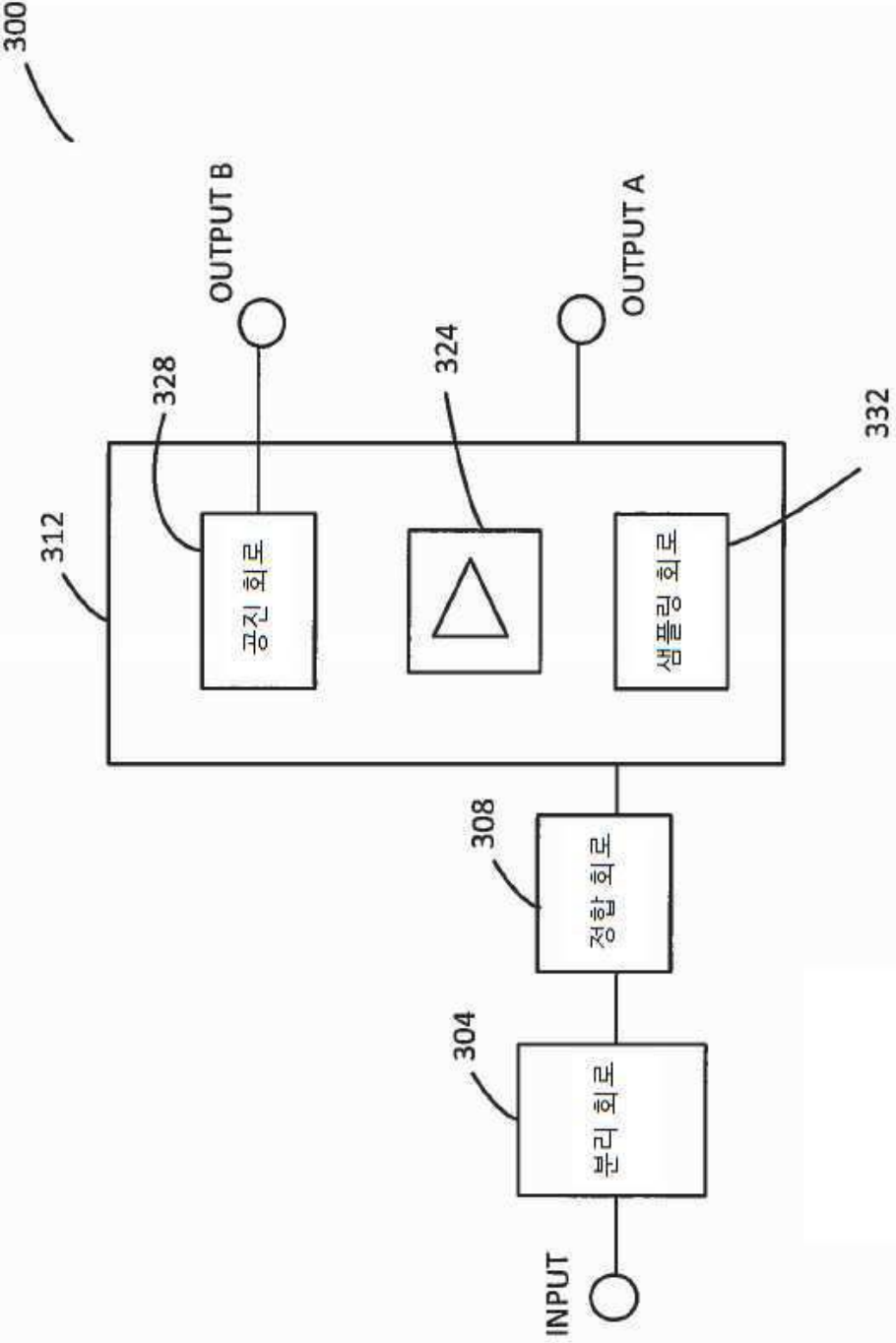
도면3



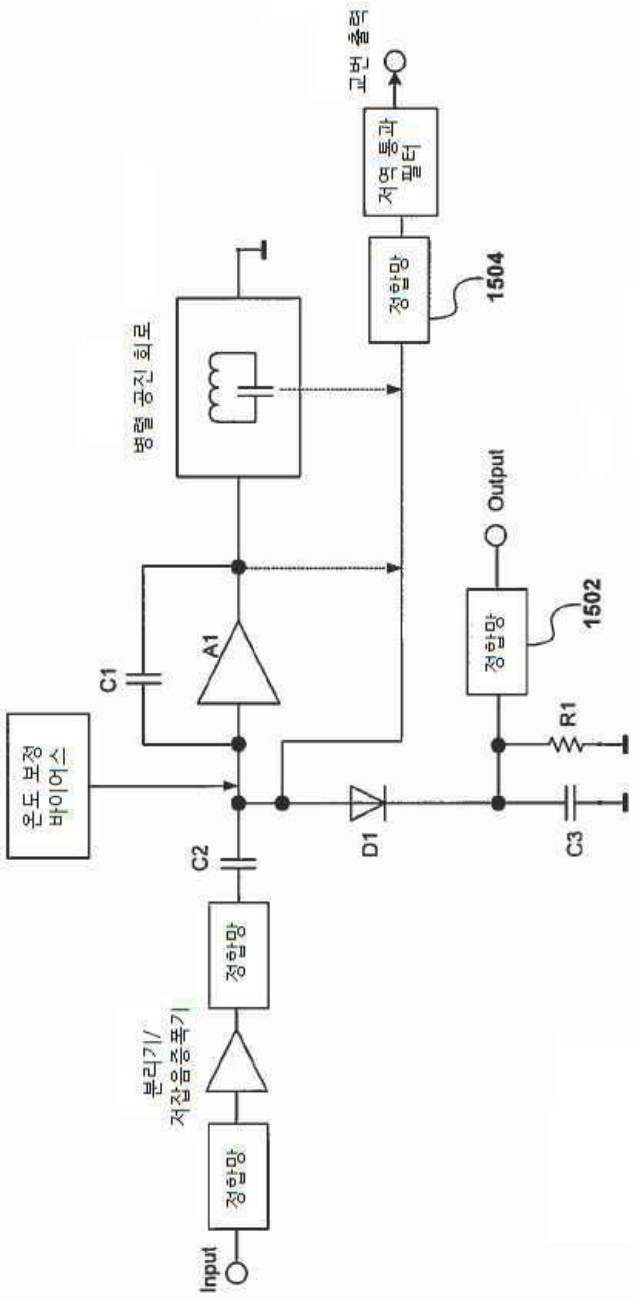
도면4



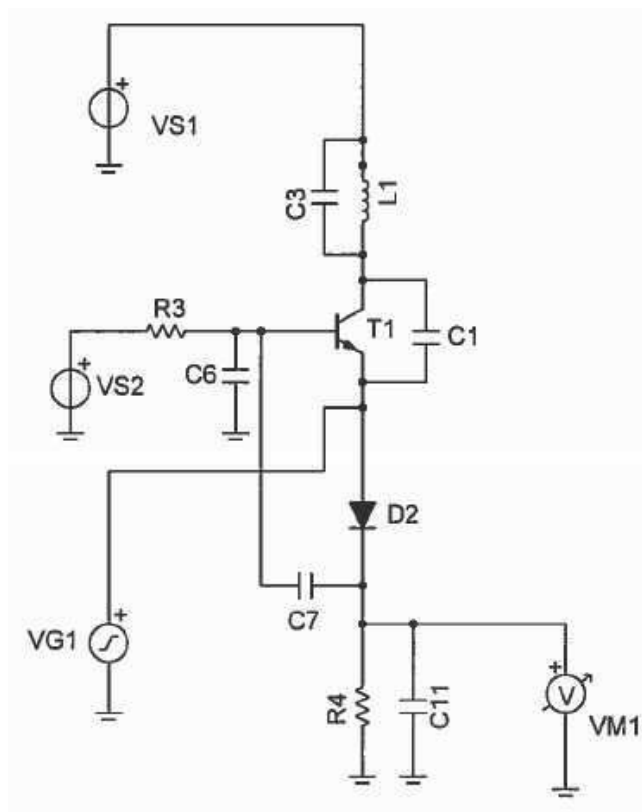
도면5a



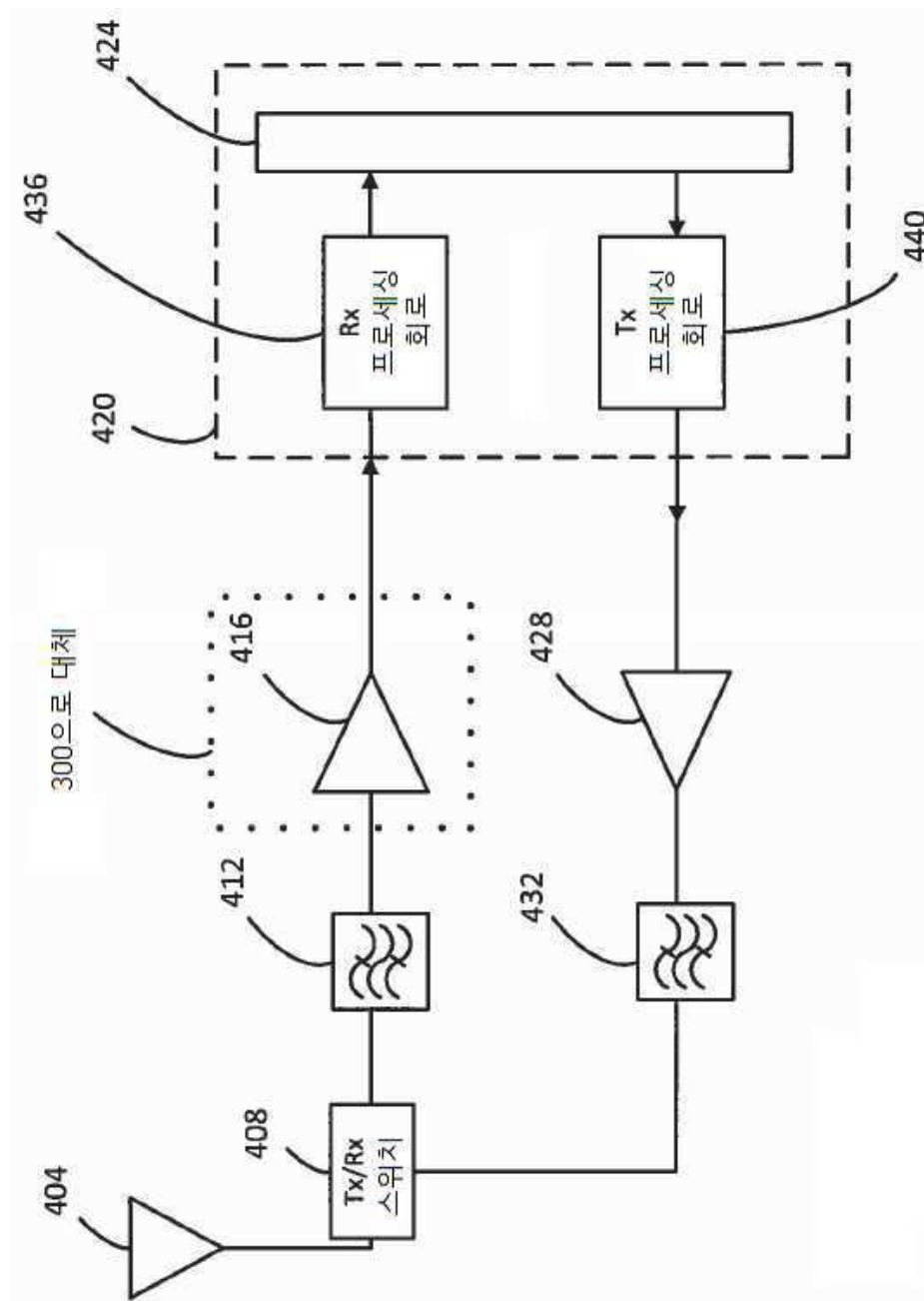
도면5b



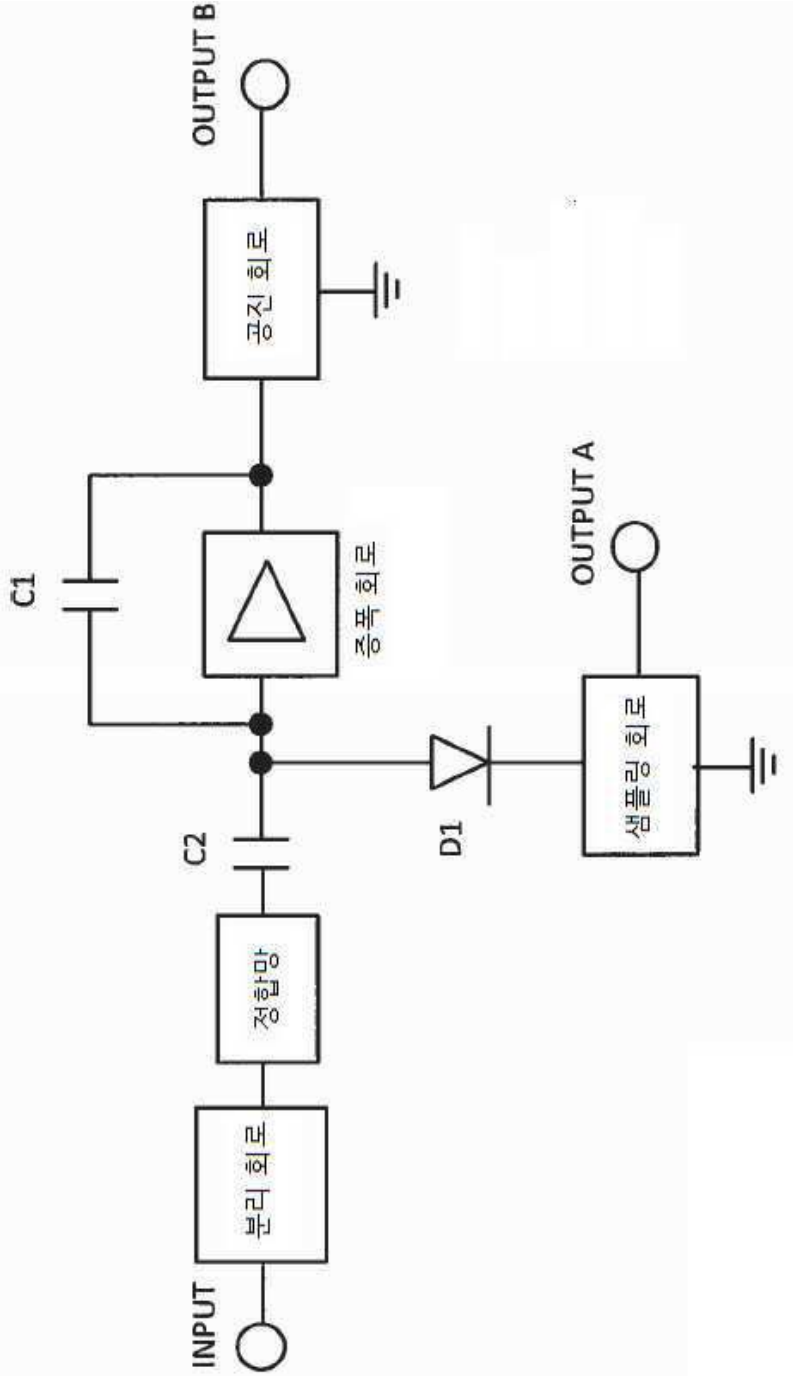
도면5c



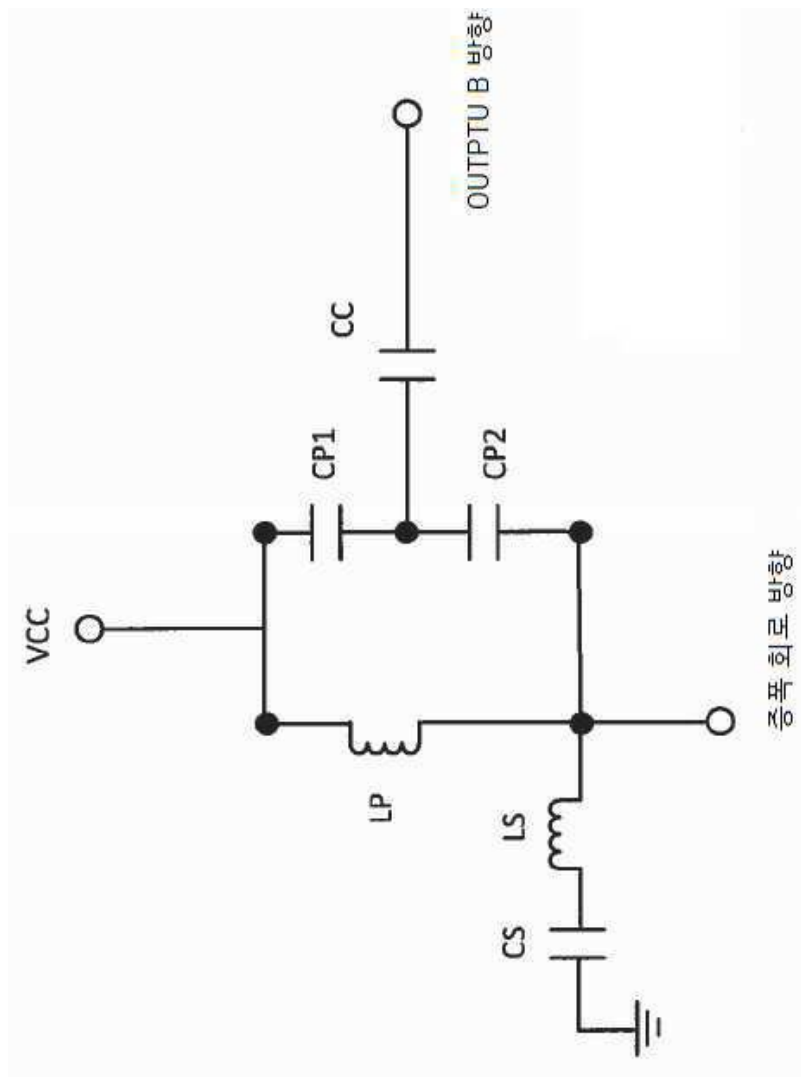
도면6



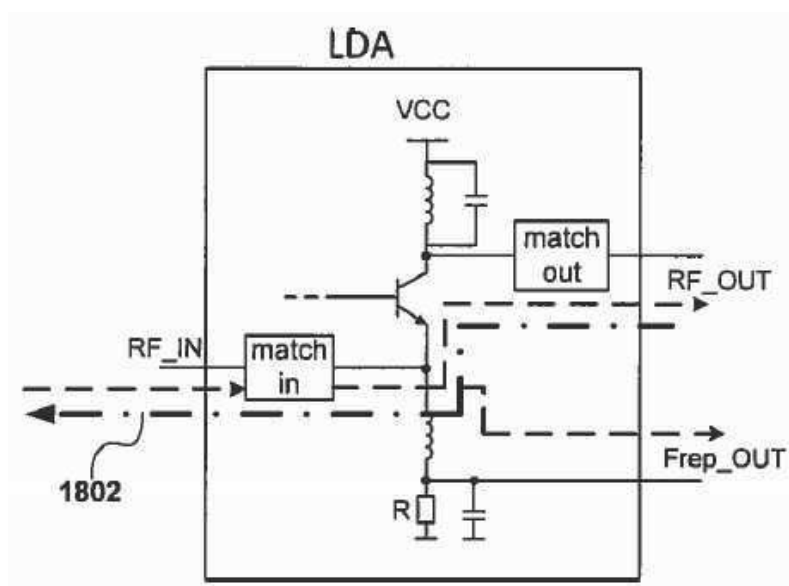
도면7



도면8

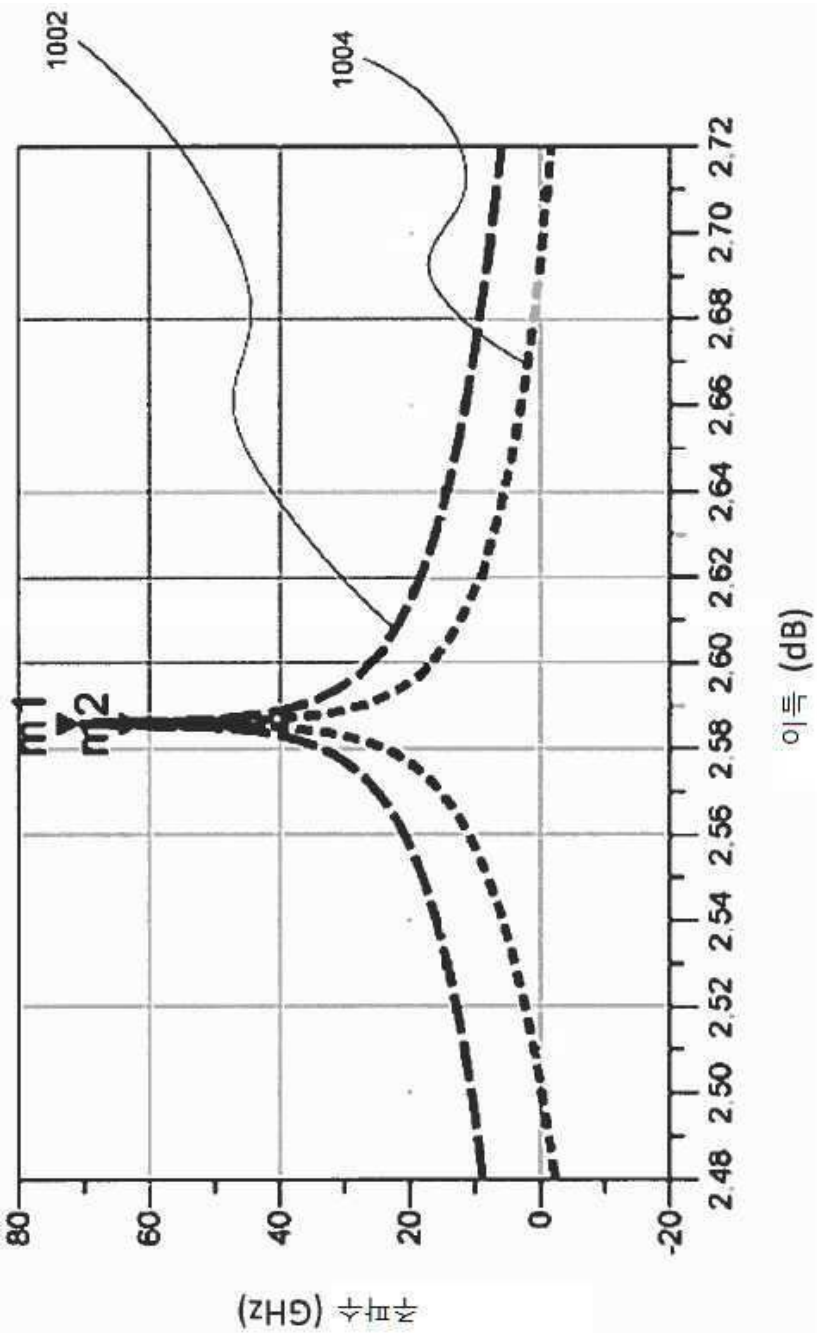


도면9

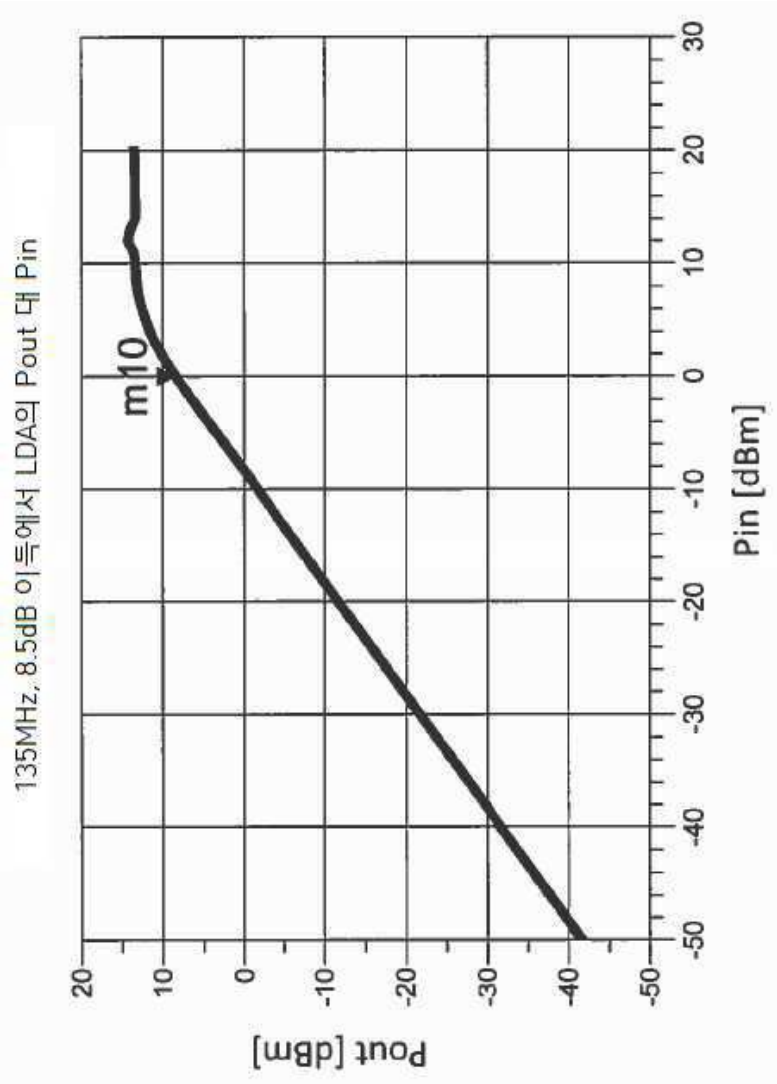




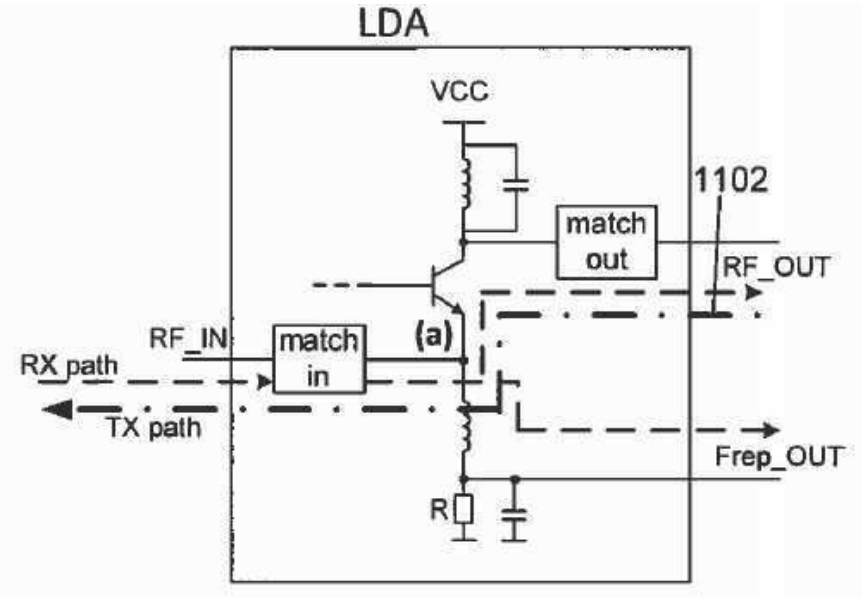
도면10a



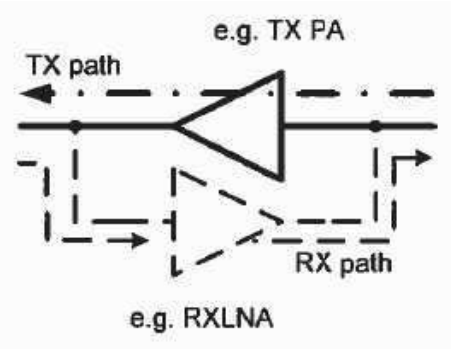
도면10b



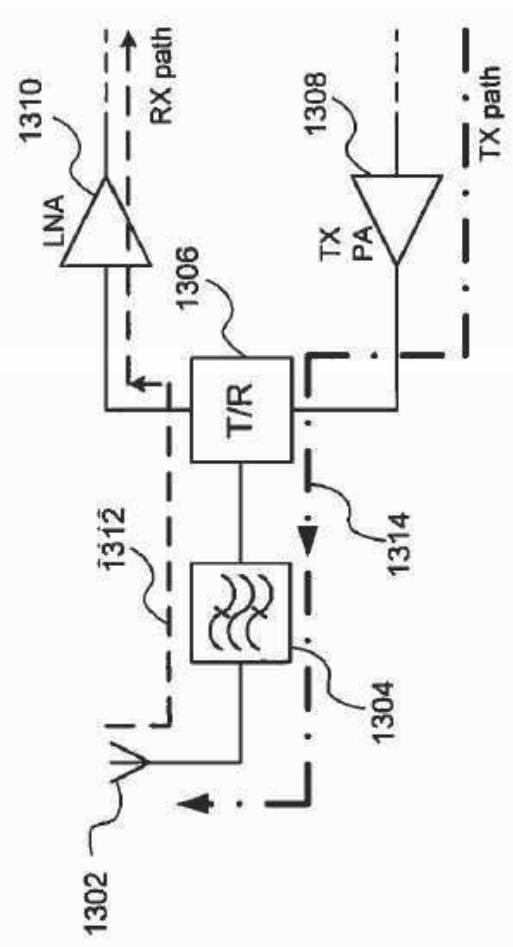
도면11



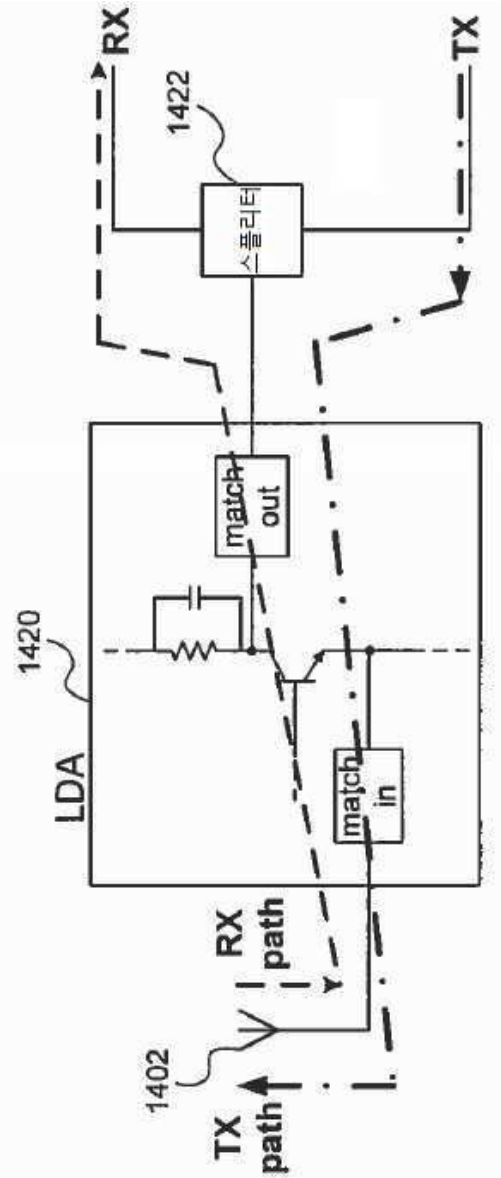
도면12



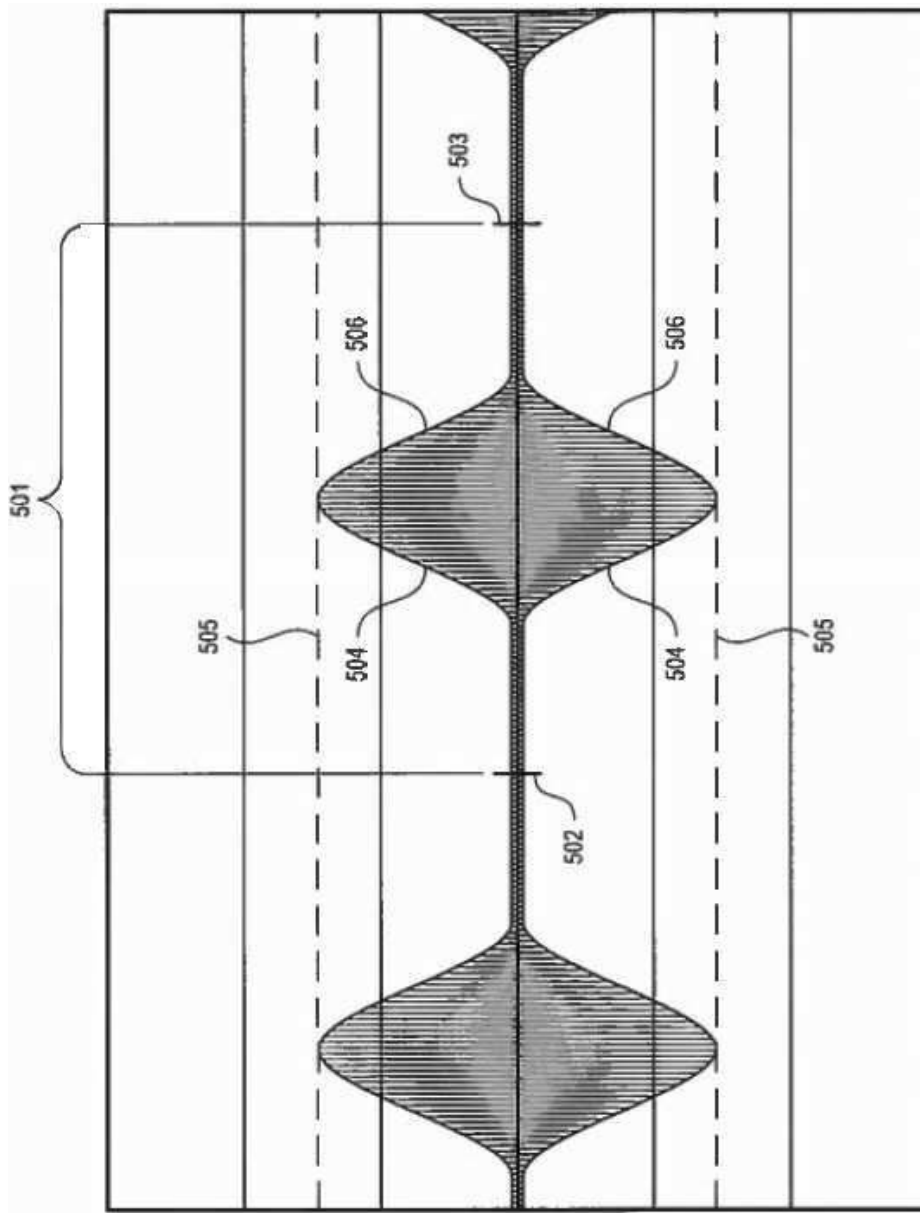
도면13



도면14

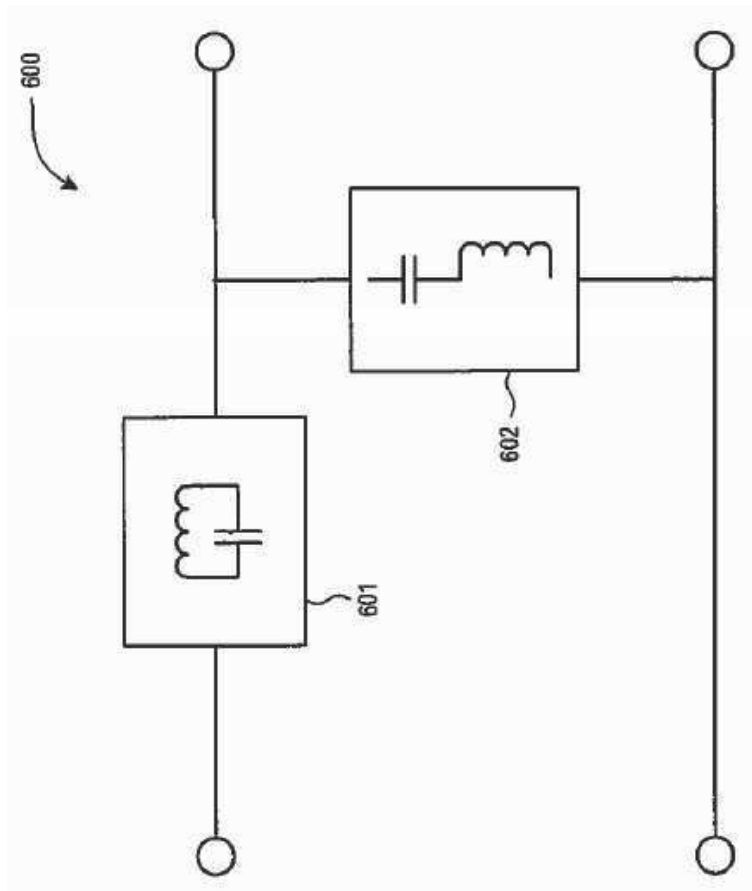


도면15

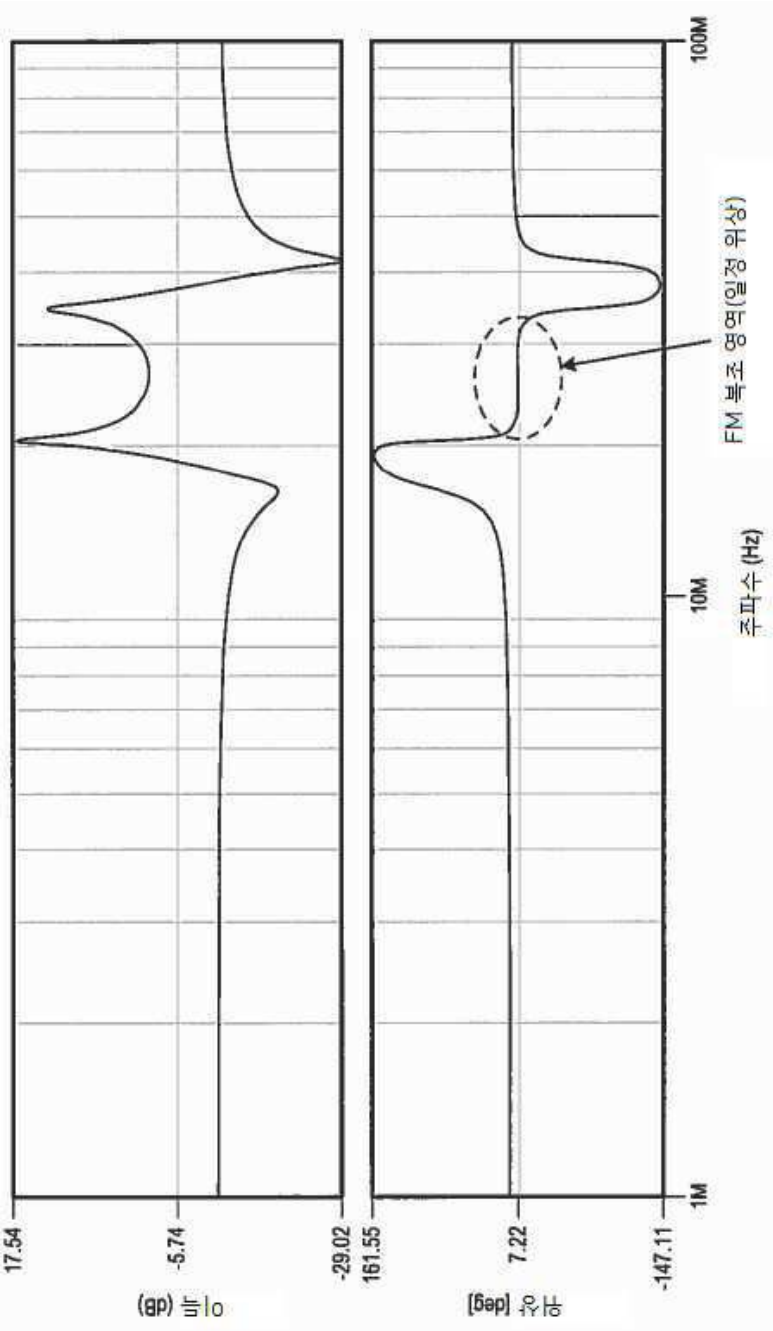




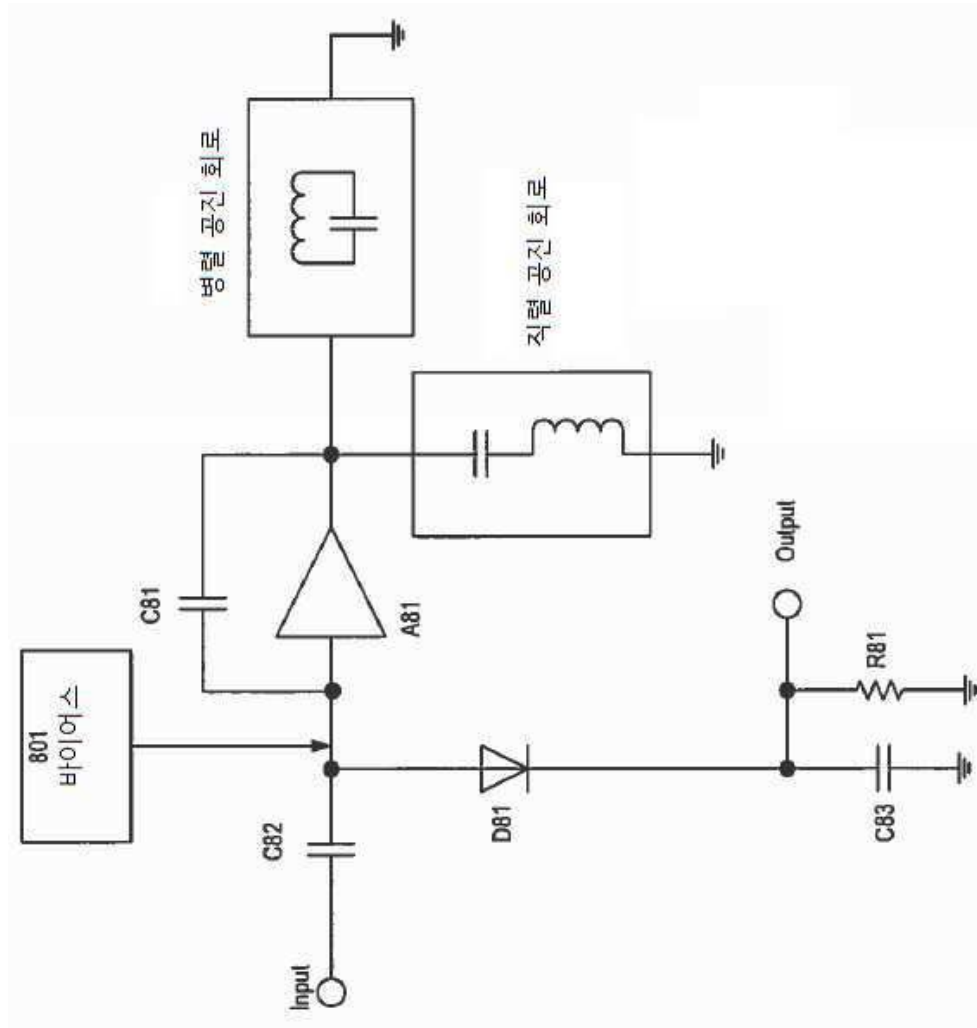
도면16



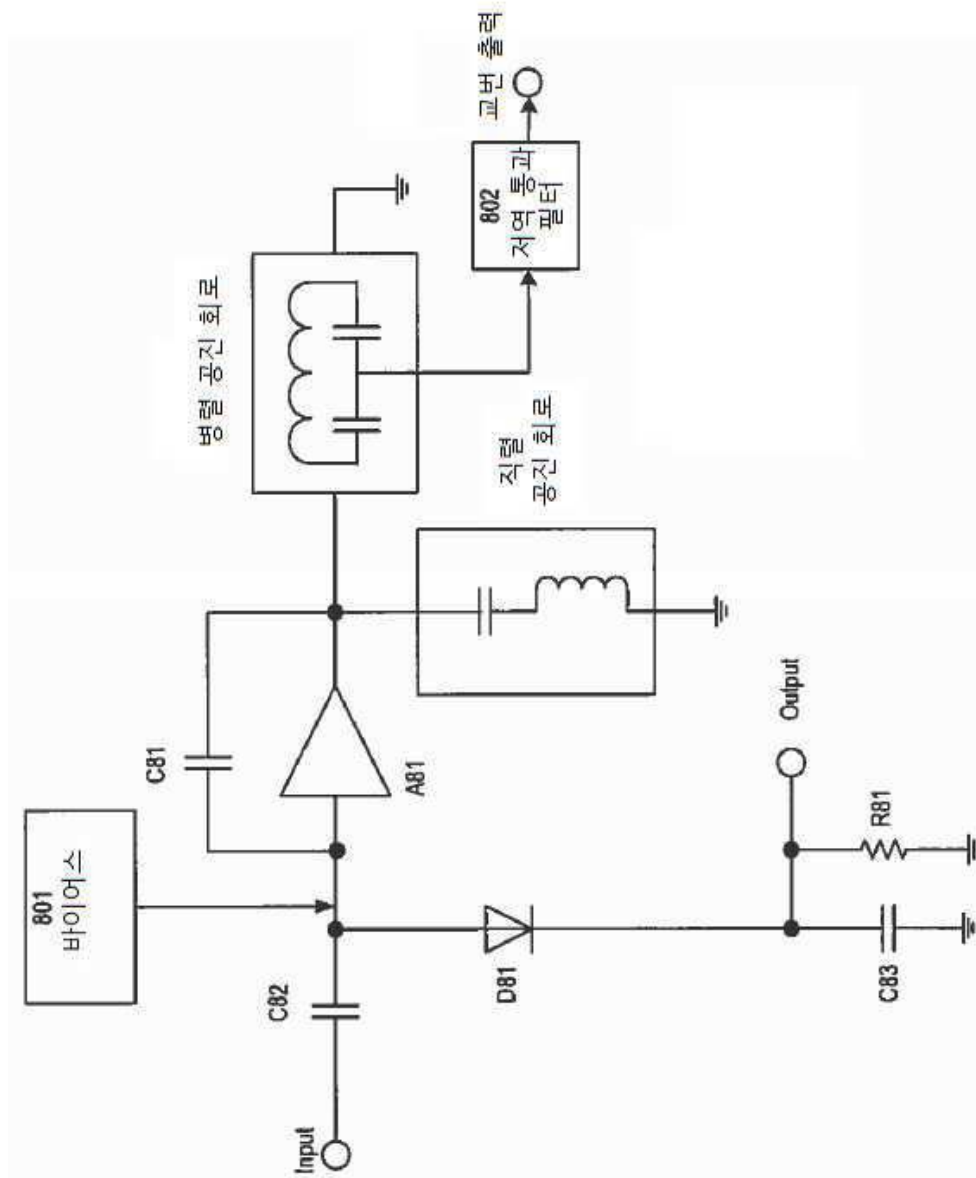
도면17



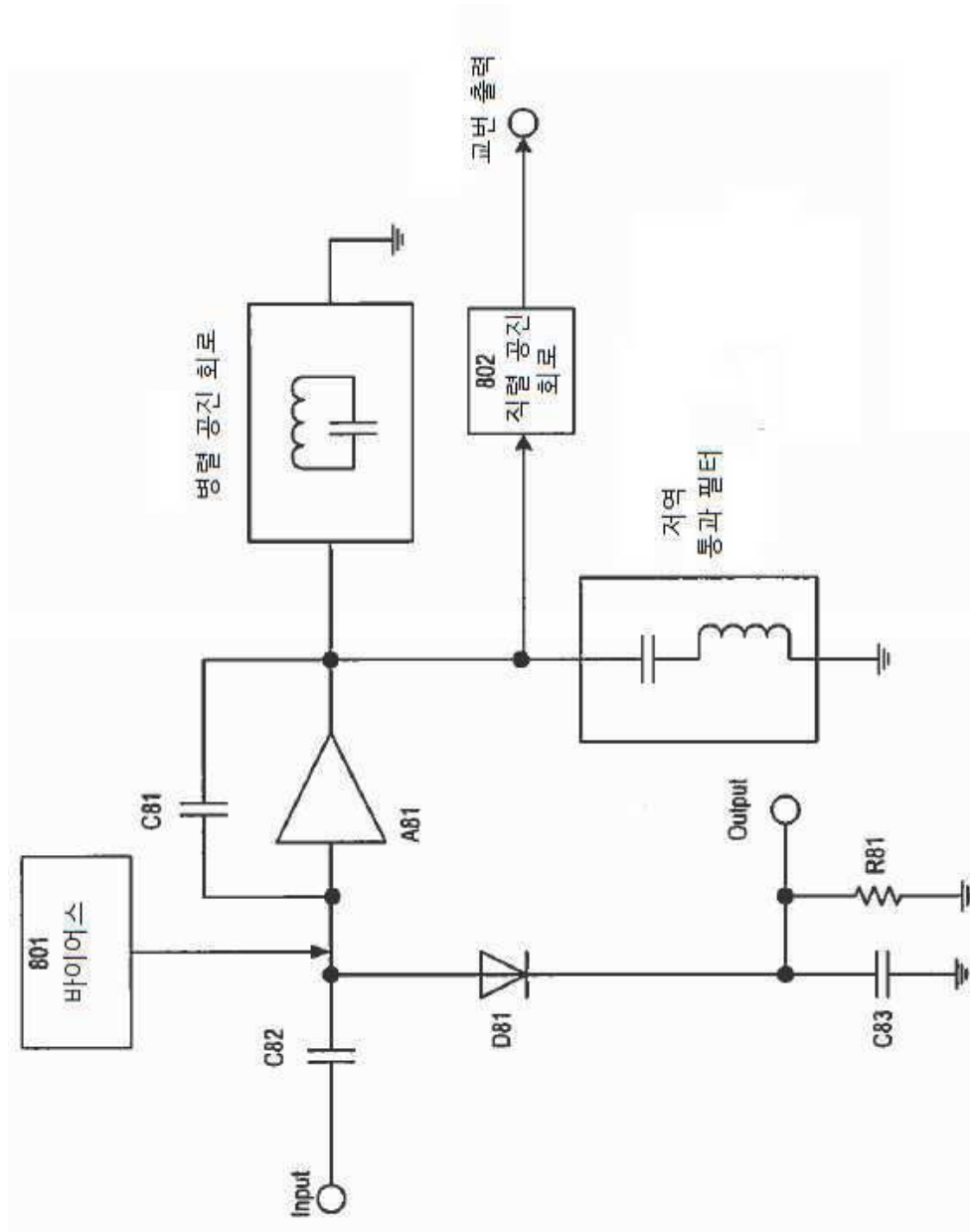
도면18a



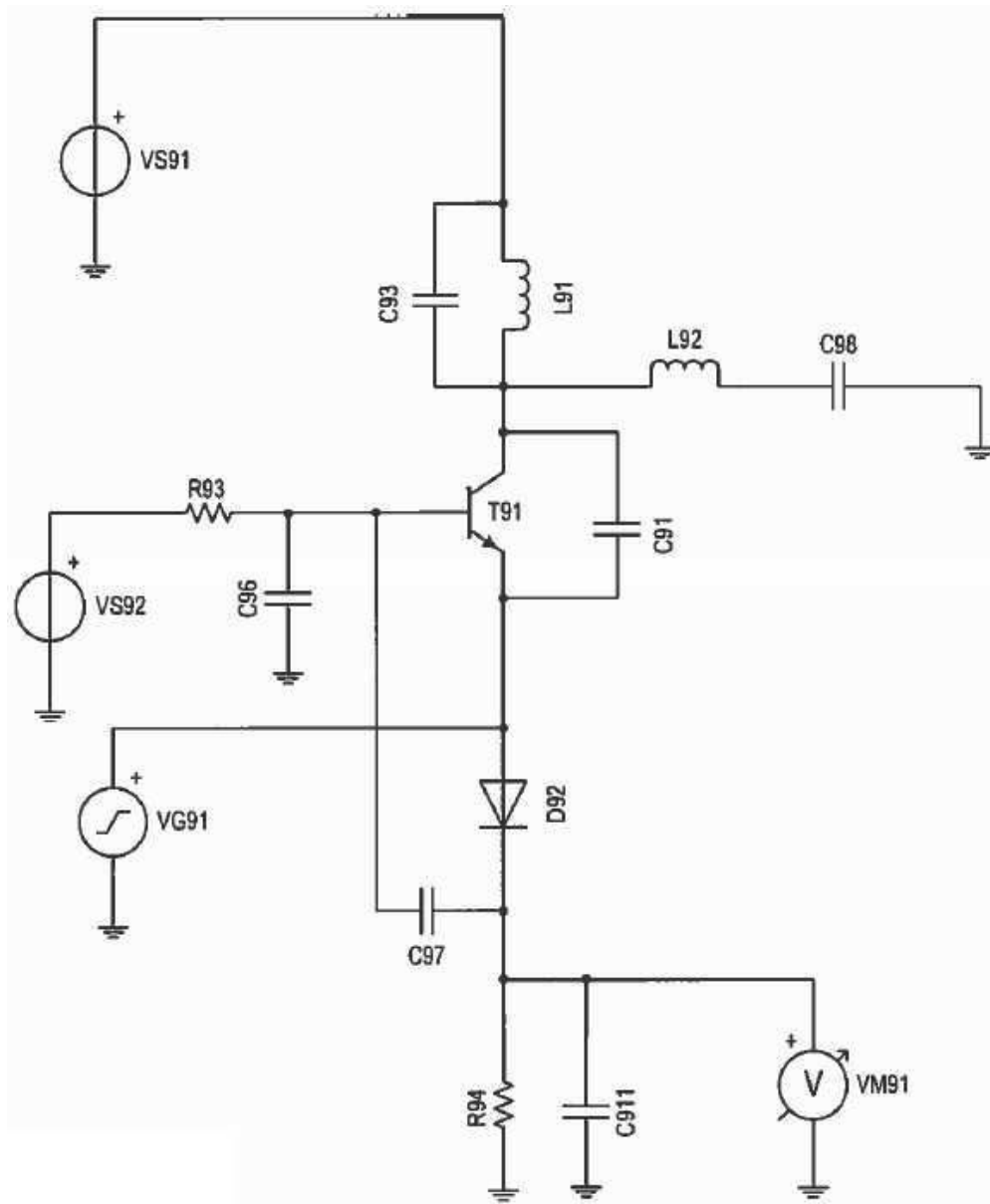
도면 18b



도면18c

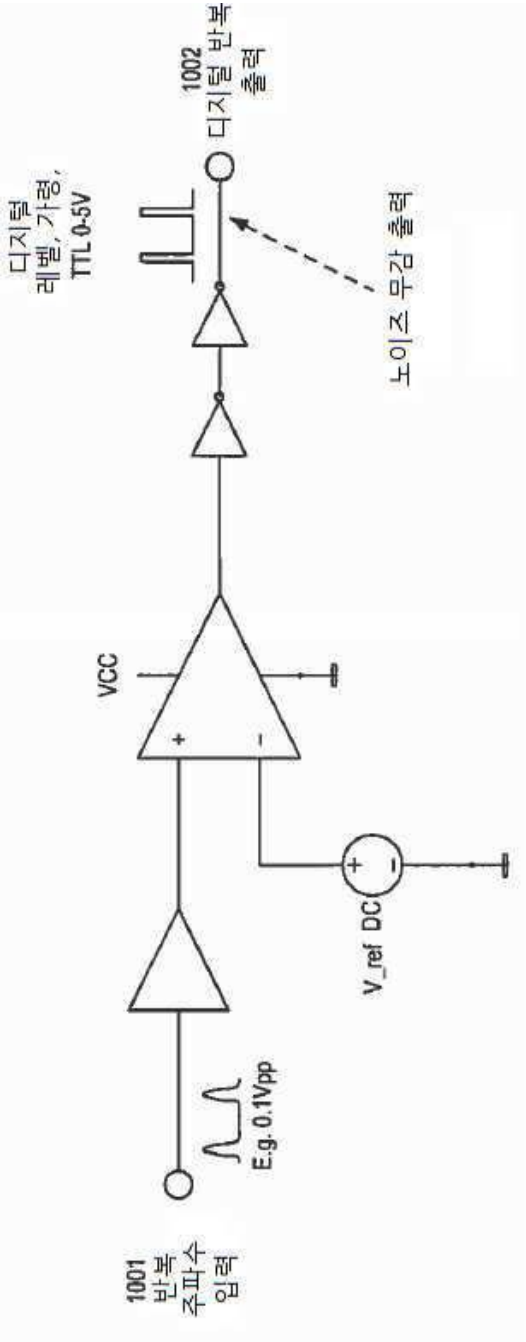


도면19

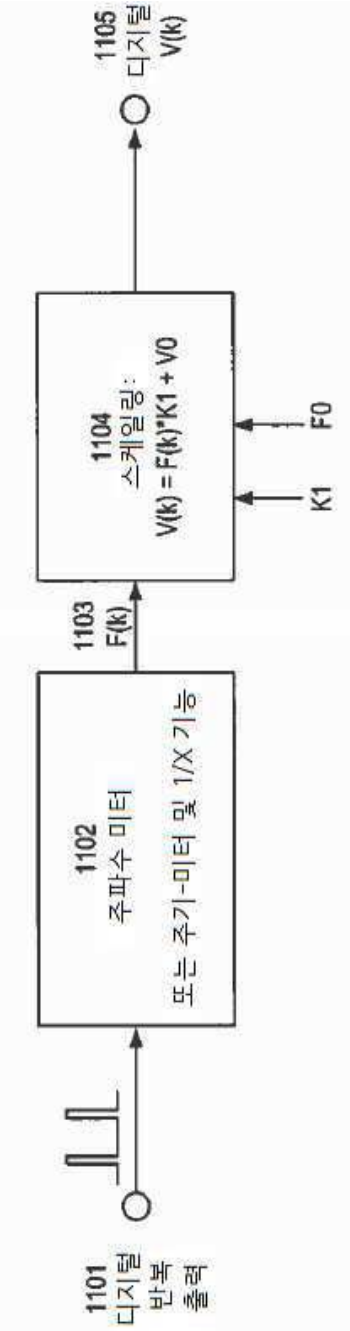




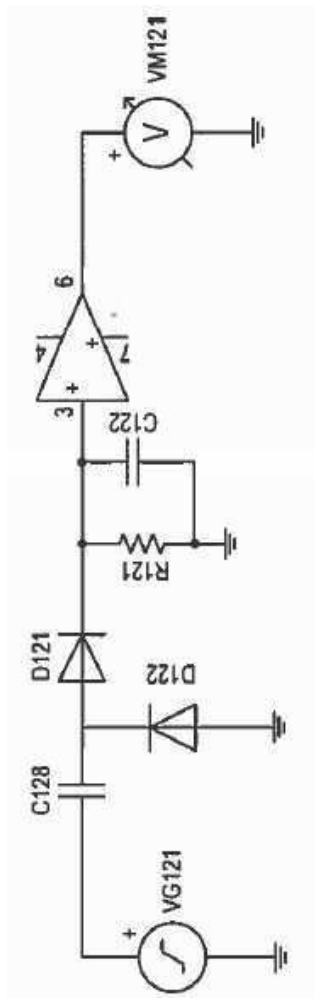
도면20



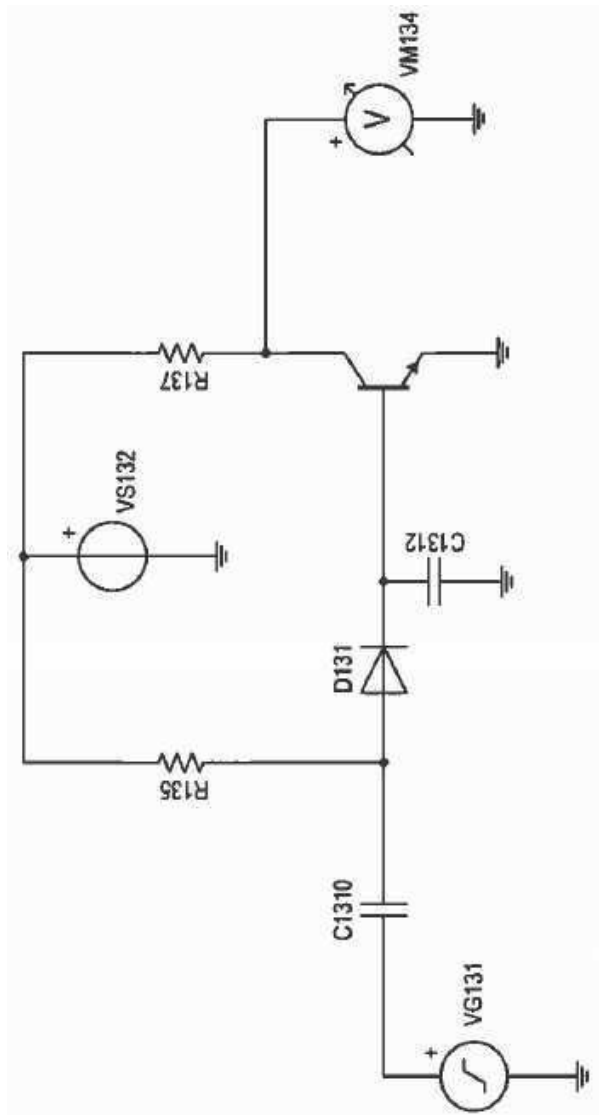
도면21



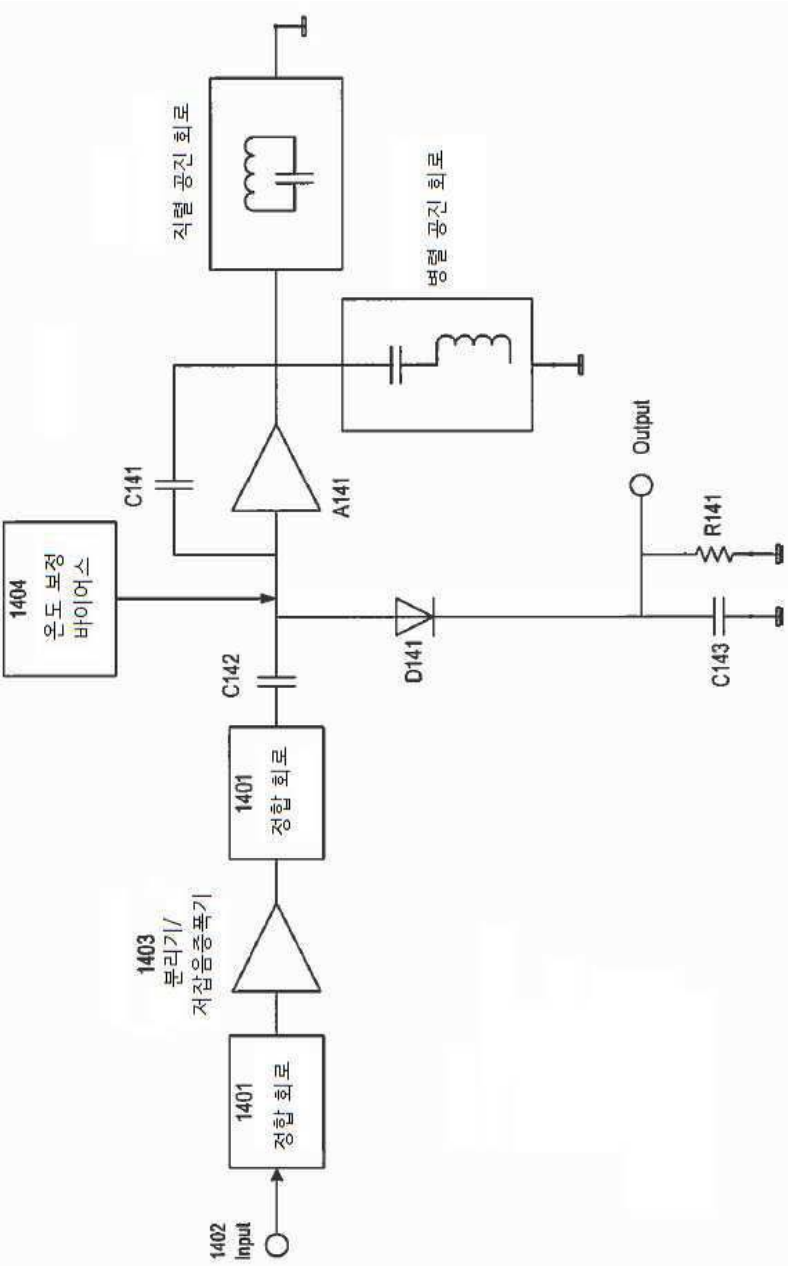
도면22



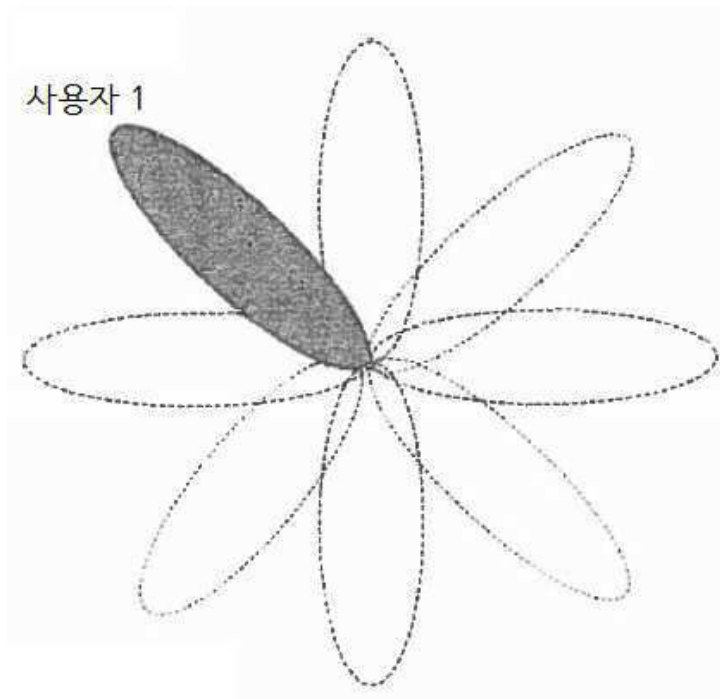
도면23



도면24

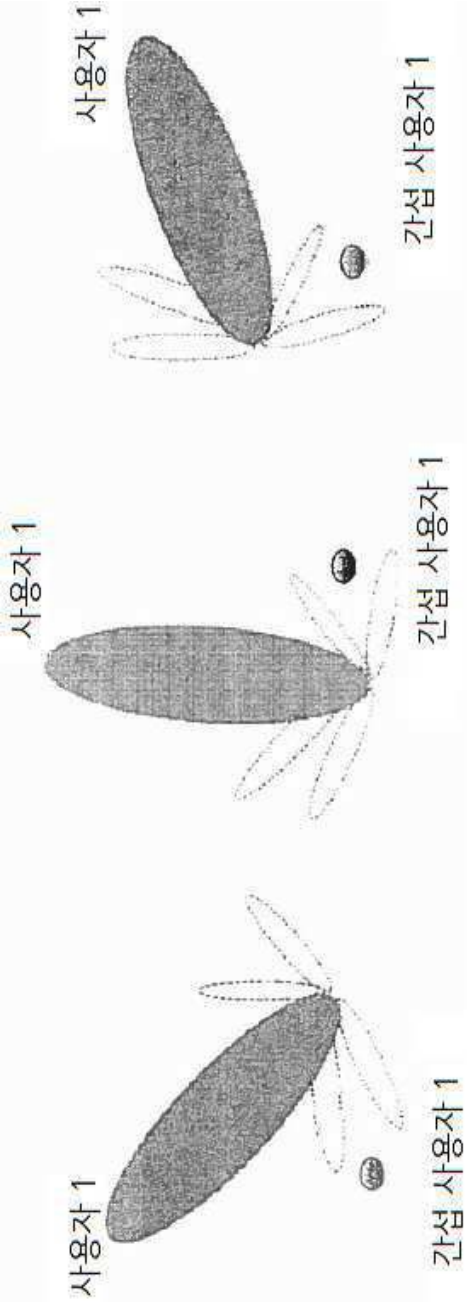


도면25

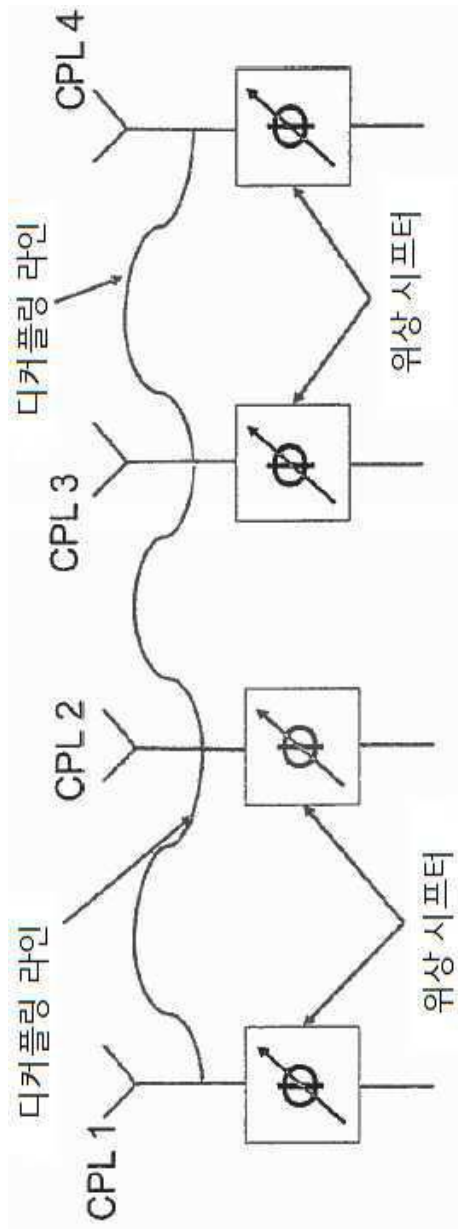




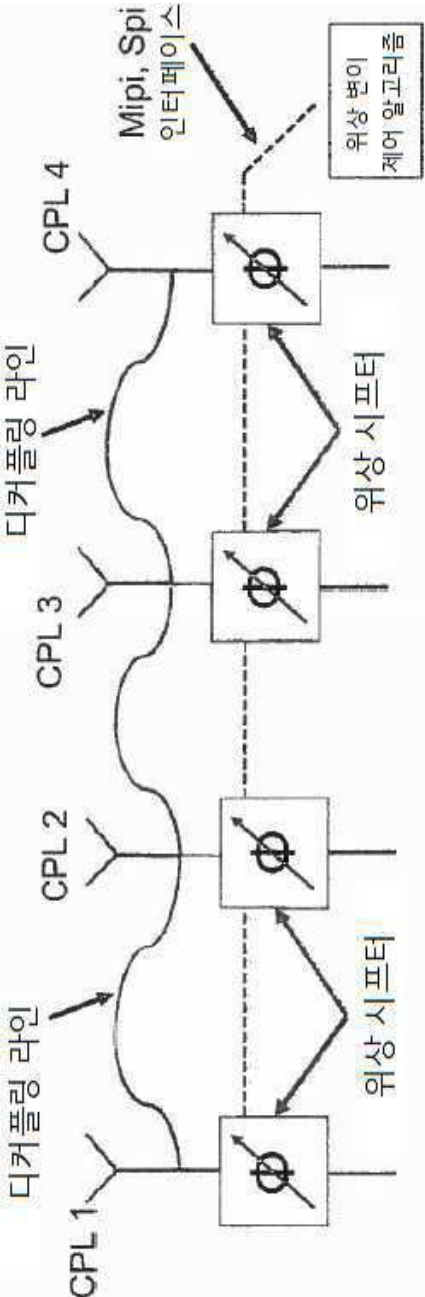
도면26



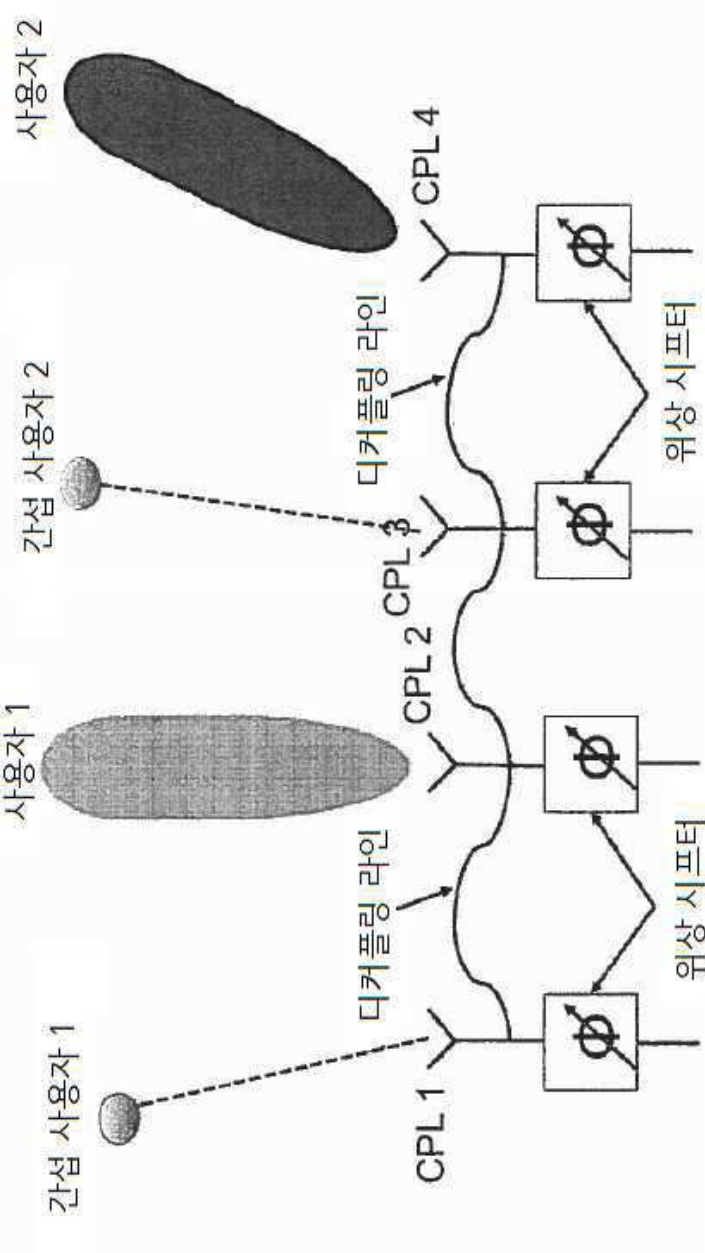
도면27



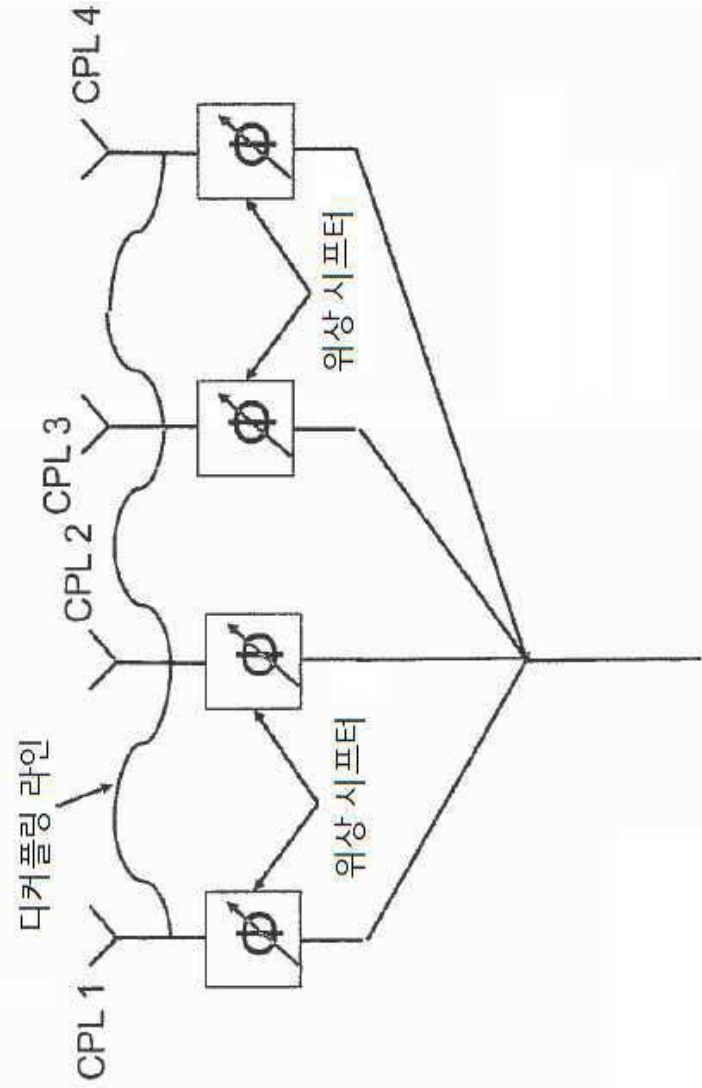
도면28



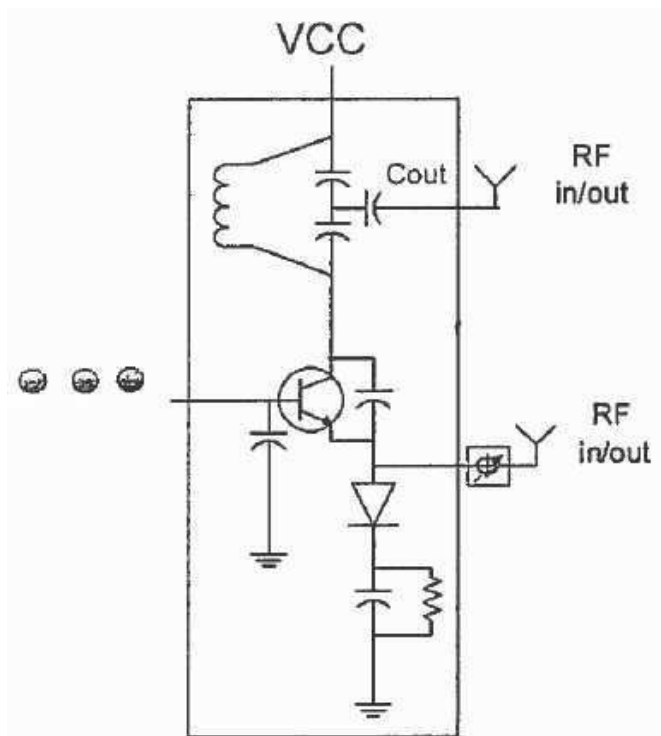
도면29



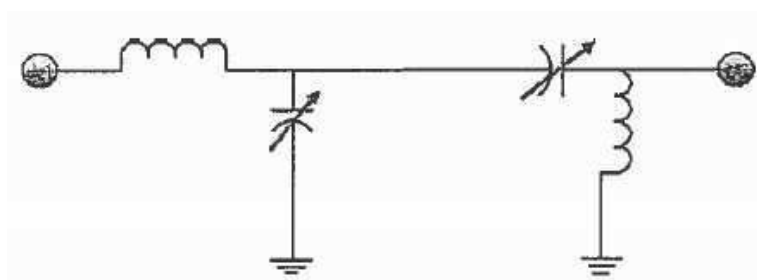
도면30



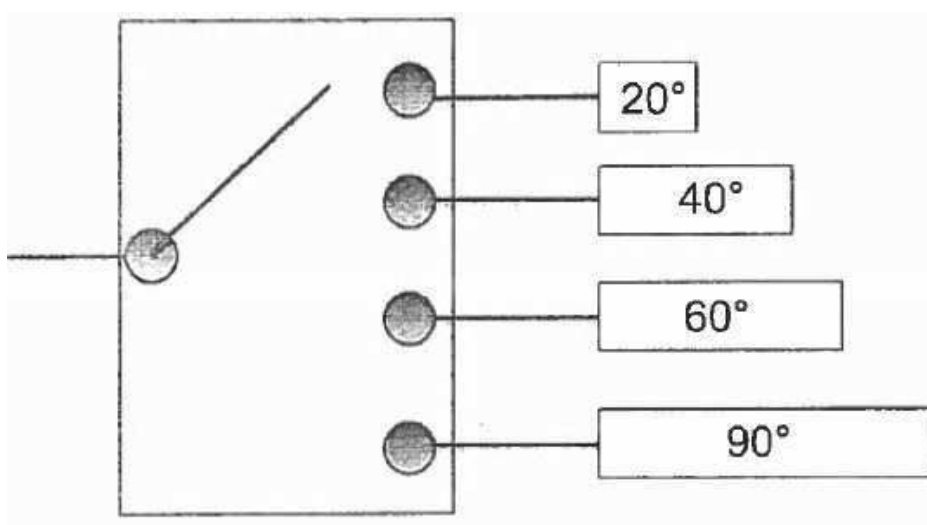
도면31



도면32

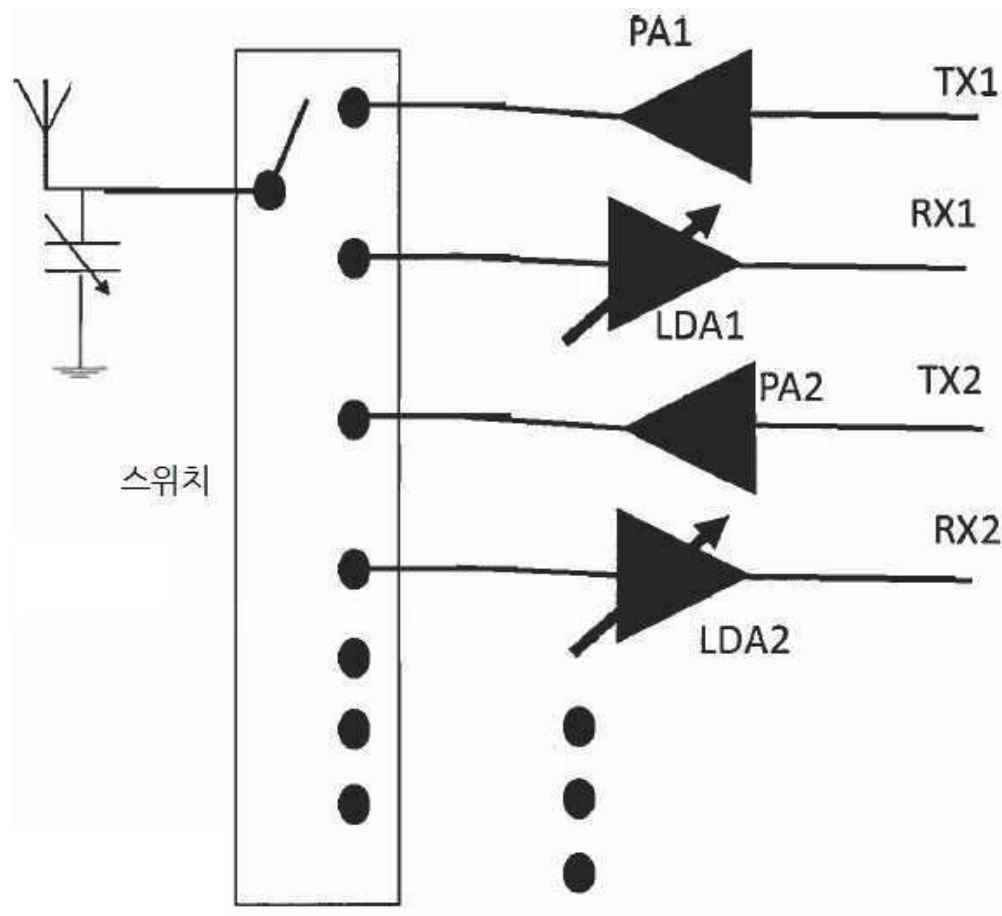


도면33

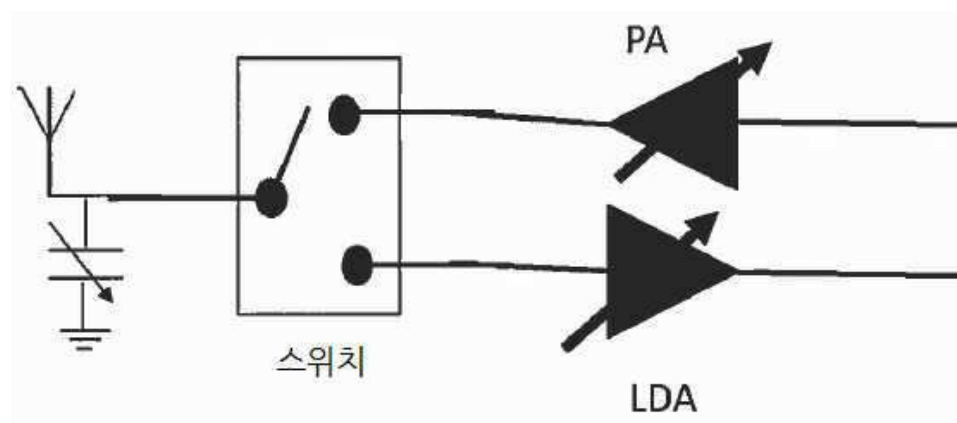




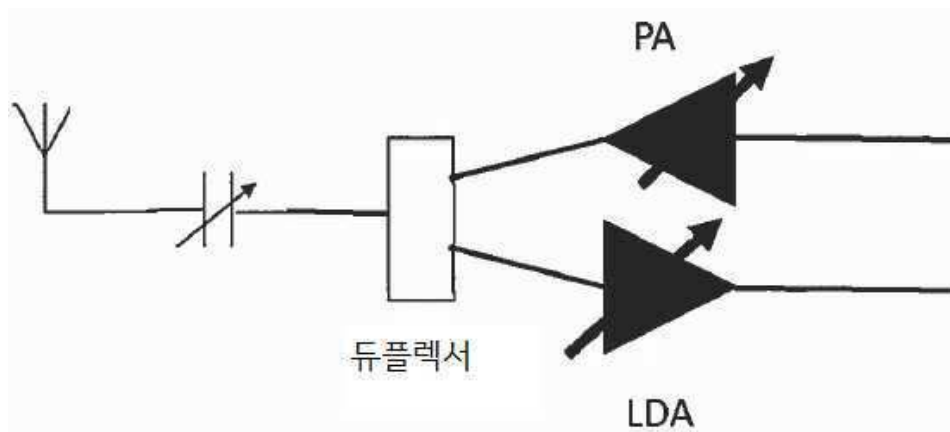
도면34



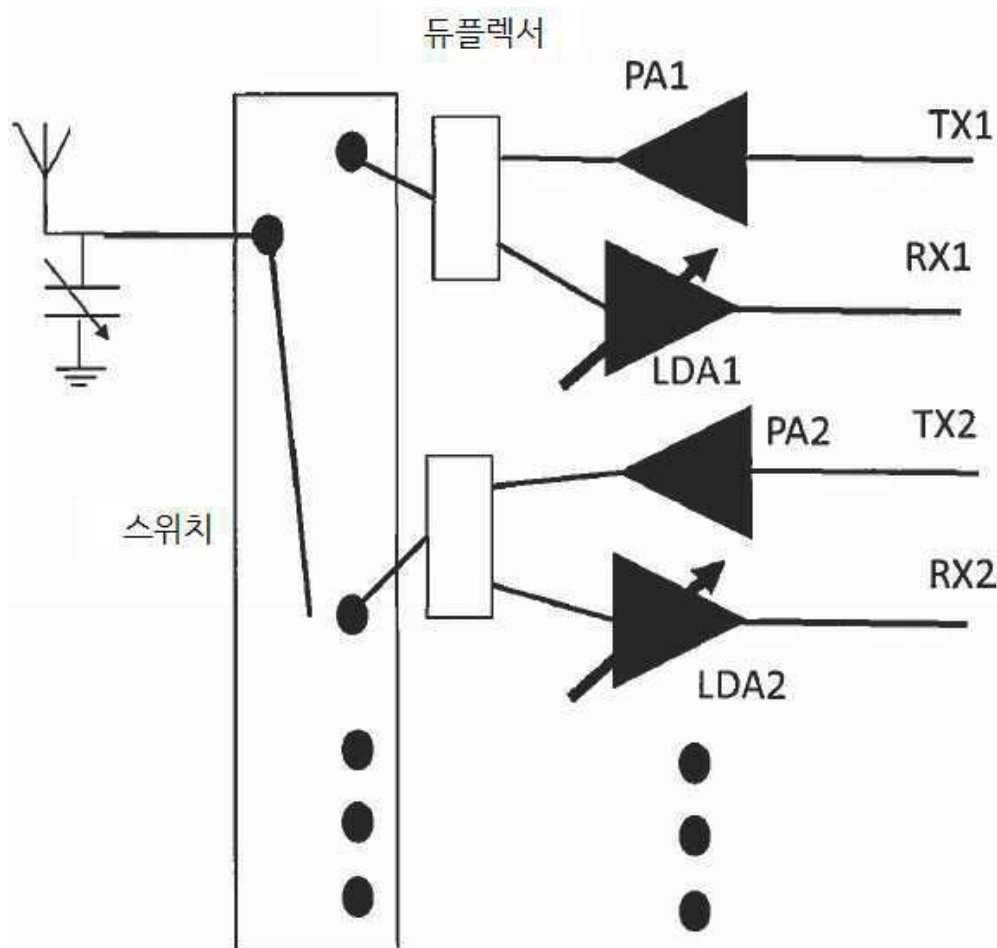
도면35



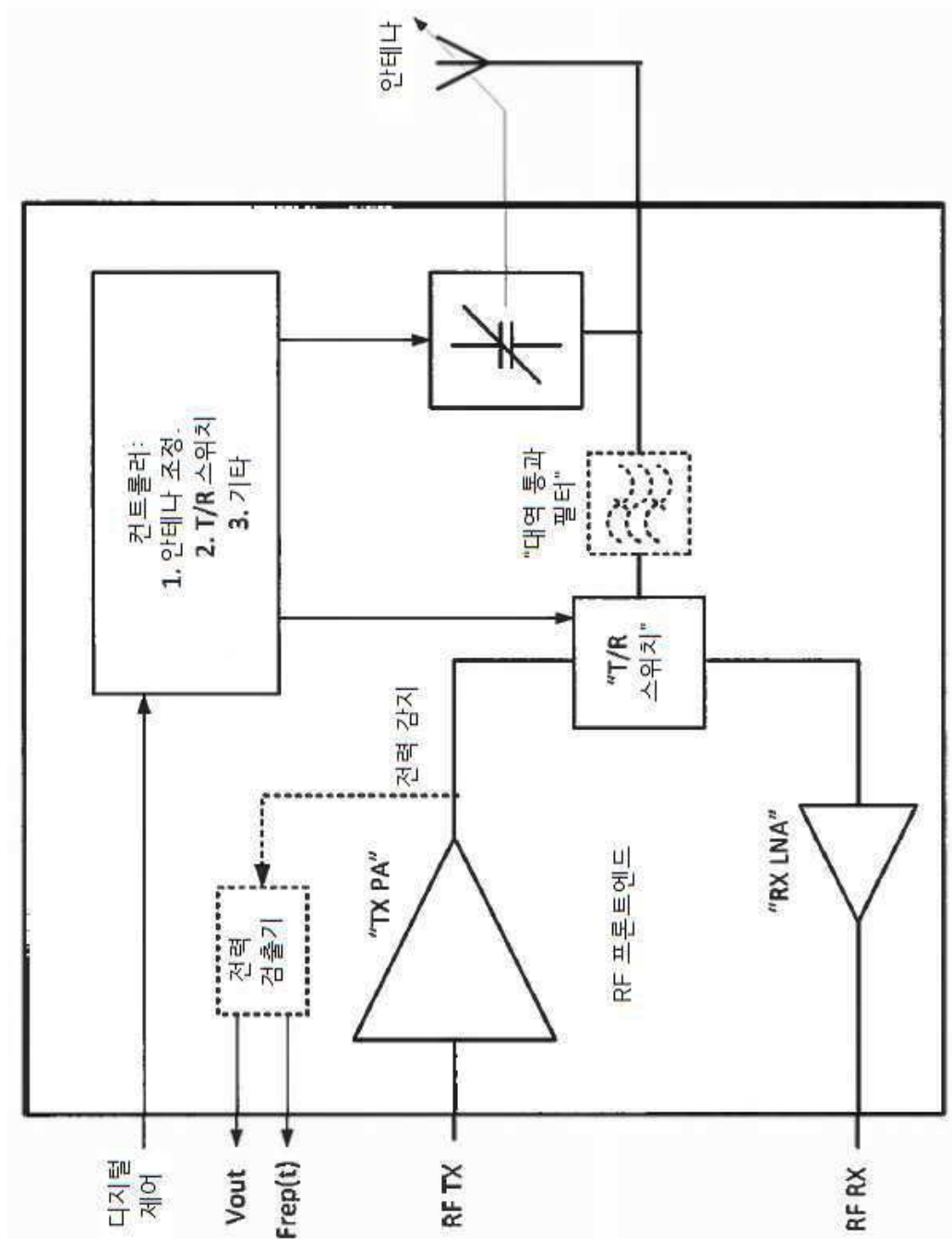
도면36



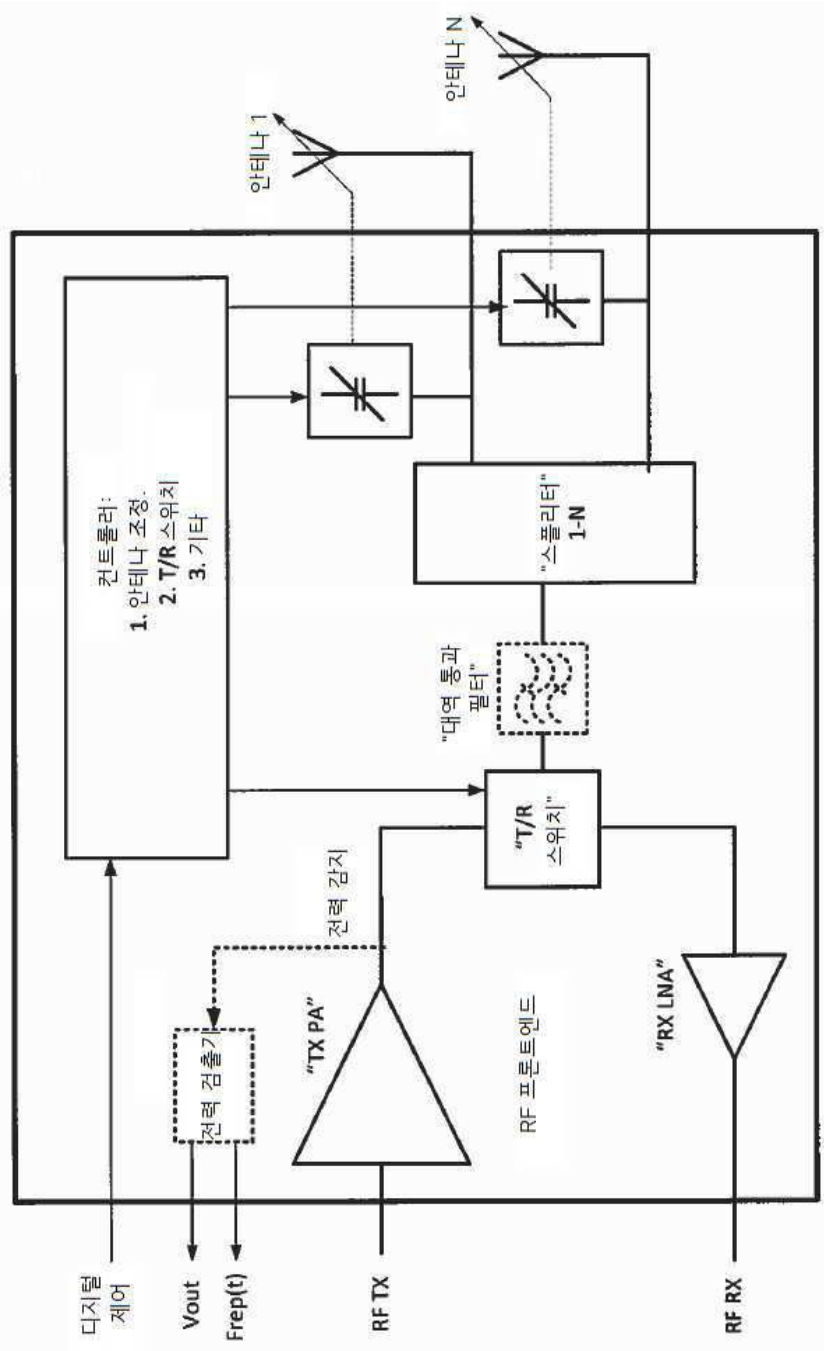
도면37



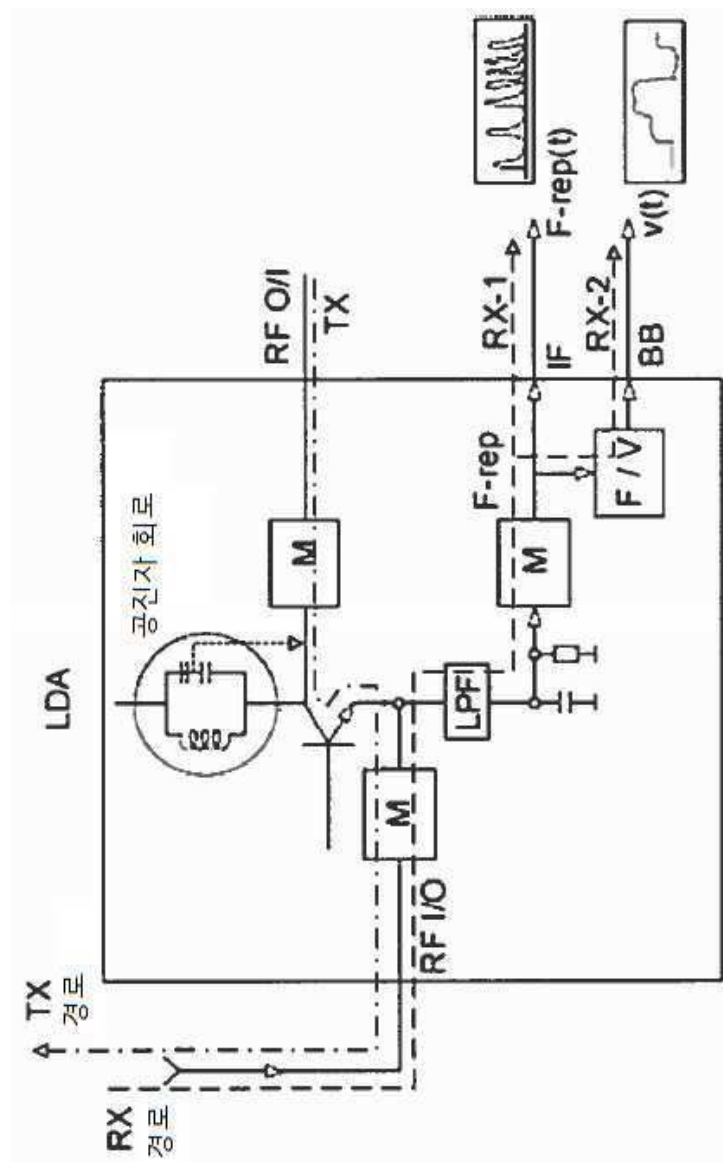
도면38



도면39



도면40



도면41

