



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년07월01일
 (11) 등록번호 10-0842533
 (24) 등록일자 2008년06월24일

(51) Int. Cl.
 H04B 10/16 (2006.01) H04B 10/12 (2006.01)
 H04B 10/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2006-0127117
 (22) 출원일자 2006년12월13일
 심사청구일자 2006년12월13일
 (65) 공개번호 10-2008-0054685
 (43) 공개일자 2008년06월19일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2000013326 A
 KR1020060066198 A
 KR1020050110395 A
 KR1020070025572 A

(73) 특허권자
 삼성전자주식회사
 경기도 수원시 영통구 매탄동 416
 (72) 발명자
 이한림
 서울특별시 송파구 풍납동 507 동아한가람아파트 104동 206호
 김훈
 경기도 수원시 권선구 곡반정동 현대아이파크 10 6동 401호
 황성택
 경기도 평택시 독곡동 대림아파트 102동 303호
 (74) 대리인
 이건주

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 이진익

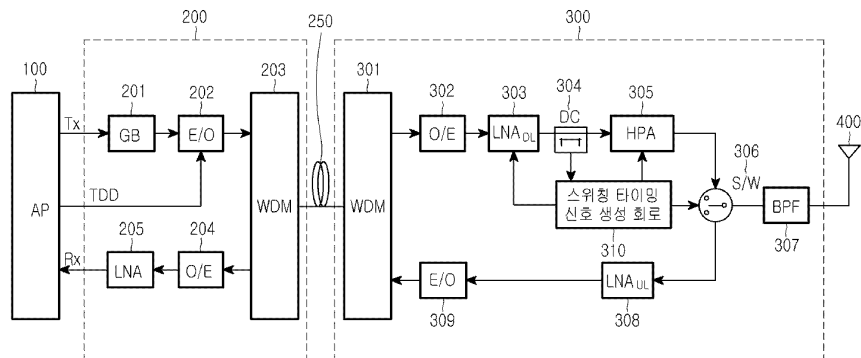
(54) 시분할 듀플렉싱 방식 무선광섬유 링크 장치

(57) 요약

본 발명은 시분할 듀플렉싱 방식의 이동통신 시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 무선광섬유 링크 장치에 관한 것이다.

본 발명의 시분할 듀플렉싱 방식 무선광섬유 링크 장치는 이동통신 시스템의 기지국으로부터 무선주파수 신호를 수신하고, 상기 시분할 듀플렉싱 신호의 스위칭에 따라 바이어스 제어되어 상기 무선주파수 신호를 광신호로 변환하는 제1 전광변환부를 구비하는 중앙기지국과; 상기 중앙기지국으로부터 광섬유를 통해 전송되는 상기 광신호를 무선주파수 신호로 변환하는 제1 광전변환부를 구비하며, 상기 무선주파수 신호를 안테나를 통해 이동통신 단말로 전송하는 중계기의 리모트를 포함함을 특징으로 한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

시분할 듀플렉싱 방식의 이동통신 시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 무선광섬유 링크 장치에 있어서,

이동통신 시스템의 기지국으로부터 무선주파수 신호를 수신하고, 상기 시분할 듀플렉싱 신호의 스위칭에 따라 바이어스 제어되어 상기 무선주파수 신호를 광신호로 변조하는 제1 전광변환부를 구비하는 중앙기지국과;

상기 중앙기지국으로부터 광섬유를 통해 전송되는 상기 광신호를 무선주파수 신호로 변환하는 제1 광전변환부를 구비하며, 상기 무선주파수 신호를 안테나를 통해 이동통신 단말로 전송하는 리모트를 포함함을 특징으로 하는 시분할 듀플렉싱 방식 무선광섬유 링크 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 중앙기지국은

상기 이동통신 시스템의 기지국으로부터 무선주파수 신호를 수신하여 상기 무선주파수 신호의 잡음 성분을 줄이고 신호 성분을 증폭하여 상기 전광변환부의 입력신호로 제공하는 이득증폭부와,

상기 제1 전광변환부로부터 전송되는 광신호를 과장분할 다중화하여 상기 광섬유를 통해 상기 리모트로 전송하고, 상기 리모트로부터 광섬유를 통해 전송되는 광신호를 과장분할 역다중화하는 제1 과장분할다중/역다중장치와,

상기 제1 과장분할 다중/역다중장치로부터 전송되는 광신호를 무선주파수 신호로 변환하는 광전변환부와,

상기 광전변환부로부터 전송되는 무선주파수 신호를 상기 이동통신 시스템의 기지국으로 전송하기 위한 실효 출력까지 증폭하는 제1 저잡음증폭기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시분할 듀플렉싱 방식 무선광섬유 링크 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 리모트는

상기 중앙기지국으로부터 광섬유를 통해 전송되는 상기 광신호를 과장분할 역다중화하여 상기 제1 광전변환부의 입력신호로 제공하고, 상기 중계기의 리모트로부터 광섬유를 통해 상기 중앙기지국으로 전송할 광신호는 과장분할 다중화하는 제2 과장분할다중/역다중장치와,

상기 제1 광전변환부로부터 전송되는 무선주파수 신호의 잡음을 제거하고 신호성분만을 증폭하는 제2 저잡음증폭기와,

상기 제2 저잡음 증폭기로부터 무선주파수 신호 중 일부를 추출하는 커플러와,

상기 제2 저잡음증폭기로부터 전송되는 무선주파수 신호를 무선으로 송출하기 위한 실효 출력까지 증폭하는 고출력증폭기와,

상기 안테나로부터 전송되는 무선주파수 신호의 잡음을 제거하고 신호성분만을 증폭하는 제3 저잡음증폭기와,

상기 제3 저잡음증폭기로부터 전송되는 무선주파수 신호를 광신호로 변환하는 제2 전광변환기와,

하향 전송시에는 상기 고출력증폭기로부터 전송되는 무선주파수 신호를 상기 안테나로 전송하고, 상향 전송시에는 상기 안테나로부터 전송되는 무선주파수 신호를 상기 제3 저잡음증폭기로 제공하는 스위치와,

상기 커플러로분 추출된 무선주파수 신호에 의해 하향 및 상향을 구분하여 상기 스위치를 제어하는 스위칭 타이밍신호를 생성회로를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시분할 듀플렉싱 방식 무선광섬유 링크 장치.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 전광변환부는

광신호를 생성하는 광신호 발생부와,

일측으로 상기 이동통신 시스템의 기지국으로부터 무선주파수 신호를 수신하고, 타측으로 상기 시분할 듀플렉싱 신호를 수신하여 상기 광신호 발생부의 바이어스 신호로 제공하는 바이어스-티를 포함하는 것을 특징으로 하는 시분할 듀플렉싱 방식 무선광섬유 링크 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 바이어스 신호는 상기 광신호 발생부의 변조곡선의 최소점과 동작점 사이에 인가됨을 특징으로 하는 시분할 듀플렉싱 방식 무선광섬유 링크 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 광신호 발생부는

레이저 다이오드를 포함하는 것을 특징으로 하는 시분할 듀플렉싱 방식 무선광섬유 링크 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 광신호 발생부는

상기 레이저 다이오드로부터 생성된 광을 변조하는 간섭계형 변조기를 더 포함함을 특징으로 하는 시분할 듀플렉싱 방식 무선 광섬유 링크 장치.

청구항 8

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 광전변환부는

상기 시분할 듀플렉싱 신호의 스위칭에 따라 바이어스 제어됨을 특징으로 하는 시분할 듀플렉싱 방식 무선 광섬유 링크 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

시분할 듀플렉싱 방식의 이동통신 시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 무선광섬유 링크 장치에 있어서,

이동통신 시스템의 기지국으로부터 무선주파수 신호를 수신하고, 상기 무선주파수 신호를 광신호로 변조하는 전광변환부를 구비하는 중앙기지국과;

상기 중앙기지국으로부터 광섬유를 통해 전송되는 상기 광신호를 수신하며 상기 시분할 듀플렉싱 신호의 스위칭에 따라 제어되는 광스위치와, 상기 광스위치로부터 전송되는 광신호를 무선주파수 신호로 변환하는 광전변환부를 구비하며, 상기 무선주파수 신호를 안테나를 통해 이동통신 단말로 전송하는 리모트를 포함함을 특징으로 하는 시분할 듀플렉싱 방식 무선광섬유 링크 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<9> 본 발명은 이동통신 시스템의 무선 상하향 신호전송을 위한 무선광섬유(Radio over Fiber: 이하 'RoF'라 칭함) 링크 장치에 관한 것으로, 특히 시분할 듀플렉싱(Time Division Multiplexing: 이하 'TDD'라 칭함) 방식을 이

용하는 RoF 링크 장치에 관한 것이다.

- <10> 통상적으로 이동통신 시스템에서는 시스템의 셀 커버리지(Cell Coverage)를 확장하기 위해 광증계기를 사용한다. 특히 전파가 도달하지 않는 지하 혹은 건물 내부의 경우에는 광링크를 사용하는 광증계기가 많이 사용되고 있다. 광링크는 무선 신호를 광증계기로 전송을 위해 사용되는 것으로, 기지국에서 멀리 떨어진 안테나로 무선 신호를 전송하는 경우에도 사용된다. 또한 광증계기는 무선 이동통신 시스템인 CDMA(Code Devision Multiple Access) 혹은 WCDMA(Wideband CDMA)의 무선 신호 전송에 적합하게 구성되어 사용되고 있다.
- <11> 한편, 이동통신 시스템에서 무선 신호 전송을 위한 상향 링크(Uplink)와 하향 링크(Downlink)를 구별하는 듀플렉싱(Duplexing) 방법으로 주파수를 다르게 하는 주파수 분할 듀플렉싱(FDD : Frequency Division Duplexing, 이하 FDD라 함)과 시간을 다르게 하는 시분할 듀플렉싱(TDD : Time Domain Duplexing, 이하 TDD라 함) 방법이 있다.
- <12> CDMA 혹은 WCDMA의 경우 FDD 방식을 주로 사용하고 있으며 최근 주목을 받고 있는 새로운 방식의 이동통신 시스템인 와이브로(Wireless Broadband Internet; WiBro)와 4G(4th Generation Mobile Communication)의 경우에는 TDD 방식이 논의되고 있다.
- <13> TDD 방식은 상하향 전송 용량의 가변이 자유로우며, 상하향 무선 신호의 채널 특성이 동일한 특성이 있어 다중 안테나를 사용하는 차세대 이동통신 시스템에 적합한 방식으로 생각되고 있다. 그리고 TDD 방식은 정해진 시간에 상향 신호를 전송하고 그 이외의 시간에 하향 신호를 전송하는 방식으로 기존의 FDD 방식과는 상이한 특성이 있다.
- <14> 도 1은 종래의 TDD 방식 이동통신 시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 RoF 링크 장치의 일 구성예를 나타낸 도면이다.
- <15> 도 1을 참조하면, 기존의 TDD 방식의 이동통신 시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 RoF 링크 장치는 중앙기지국(Center site)(120)과; 광섬유(140)를 통해 상기 중앙기지국(120)과 접속된 리모트(130)를 포함한다.
- <16> 중앙 기지국(120)은 상위 계층인 이동통신시스템의 기지국(Access Point; 이하 AP라 함)(110)와 RF(Radio Frequency) 케이블을 통해 연결되어 있으며, AP(110)로부터 RF 신호를 수신하여 전광변환부(121)에 의해 RF 신호를 광신호로 변환하고 파장분할다중역다중장치(WDM)(121)에 의해 다중화한 다음 광섬유(140)를 통해 광증계기의 리모트(130)에 광신호를 전송한다. 또한, 리모트(130)로부터 수신한 광신호를 파장분할다중역다중장치(WDM)(121)에 의해 역다중화 하고, 광전변환부(123)에 의해 RF 신호로 변환한 후 RF 케이블을 통해 AP(110)로 전송한다.
- <17> 광증계기의 리모트(130)는 중앙기지국(120)으로부터 수신한 광신호를 파장분할다중역다중장치(WDM)(131)에 의해 역다중화 하고 광전변환부(132)에 의해 RF 신호로 변환한 다음 안테나(134)를 통해 단말로 전송한다. 또한, 단말로부터 수신한 RF 신호를 전광변환부(135)에 의해 광신호로 변환하고 파장분할다중역다중장치(WDM)(131)에 의해 다중화한 다음 광섬유(140)를 통해 중앙기지국(120)으로 전송한다.
- <18> 도 1에서, 미설명부호 133은 스위치로써 스위칭 타이밍 신호(미도시)의 제어에 의해 상향신호와 하향신호의 경로를 설정한다.
- <19> 한편, RoF 링크 장치에서는 선형성을 확보하기 위하여 제한된 변조지수를 사용하며, 제한된 변조지수에서 높은 전력의 RF신호를 전달하기 위해 높은 광출력을 요구한다.
- <20> 따라서, RoF 링크 장치의 성능을 좌우하는 최대 잡음원은 전광변환기로 사용되는 레이저에서 발생하는 상대강도 잡음(relative intensity noise;이하 RIN이라 함)이 된다. RIN은 광원이 일정한 값에서 변화하는 변화치로 표현되며 <수학식 1>로 정의된다.

수학식 1

$$RIN(f) = \frac{\langle \Delta P^2 \rangle}{P^2}$$

- <21>
- <22> 즉, 광전력의 제곱에 비례하여 증가하므로 광전력이 크면 클수록 증가하게 된다. RIN 잡음은 relaxation 주파수까지는 단조 증가하며 보통 -120 dB/Hz에서 -150 dB/Hz 내외의 값을 갖는다.

<23> RIN 잡음량은 <수학식 2>를 통해 계산할 수 있다.

수학식 2

<24>
$$P_{RIN} \propto (RIN) \cdot P_{in}^2 \cdot R_{responsivity} \cdot R_{Load} \cdot BW$$

<25> <수학식 2>에서 RIN은 잡음수치이며, P_{in} 은 광전력, $R_{responsivity}$ 는 PD의 광전효율, R_{Load} 는 수신기의 임피던스, BW는 대역폭, f는 주파수를 의미한다.

<26> 실제 예를 들어 중앙기지국의 전광변환기에서 발생한 RIN 잡음이 리모트단의 광전변환기를 통과한 후 측정되는 RIN 잡음치를 계산해 보면 다음과 같다. 아래식에서 열잡음 전력을 계산할 때 마지막에 30 dB를 더하는 것은 열잡음을 dBm으로 출력하기 위함이다.

<27> 예) $RIN = -150dB/Hz, P_{in} = 0dBm, R_{responsivity} = 1, R_{Load} = 50ohm, BW = 100 KHz$

<28>
$$P_{RIN} = [-150 + (-30) \times 2 + 0 + 17 + 50] + 30$$

<29>
$$= -113 dBm / 100 KHz$$

<30> 계산결과, -113 dBm / 100 KHz의 작은 값을 갖게 되어 TDD시스템이라 하더라도 큰 문제를 발생시키지 않는다.

<31> 그러나, RIN값은 레이저의 동작주파수, 대역폭 등 레이저의 동작여건에 따라 얼마든지 나빠질 수 있는 개연성을 갖는다. 또한, 2 GHz 정도의 주파수에서 동작하는 2세대 이동통신시스템과는 달리 IMT-어드밴스트(Advanced) 시스템과 같은 차세대 이동통신 시스템에서는 4 GHz 정도의 주파수에서 동작하며 대역폭 또한 100 MHz 정도로 증가함을 고려하면 상황은 크게 달라진다.

<32> 예) $RIN = -120dB/Hz, P_{in} = 0dBm, R_{responsivity} = 1, R_{Load} = 50ohm, BW = 100 MHz$

<33>
$$P_{RIN} = [-120 + (-30) \times 2 + 0 + 17 + 80] + 30$$

<34>
$$= -53 dBm / 100 MHz$$

<35> 종래 도 1의 구조에서 리모트단의 광전변환기에서 검출된 -53 dBm의 RIN 잡음을 가정하여, 송신경로(Tx path)로부터 누화되어 수신경로(Rx path)로 입력되는 잡음의 크기를 계산하면 다음과 같이 너무나도 큰 잡음이 발생하여 수신단을 포화시켜 통신불능을 야기할 수 있다.

<36>
$$= -53 dBm(Rx mode시 광전변환기 출력 level, 실시 예)$$

<37>
$$+ 80 dB(HPA 전체 RF Gain, 실시 예) - 25dB(Switch isolation)$$

<38>
$$= 2 dBm / 100MHz$$

<39> 이와 같이, 종래 도 1의 구조에서는 높은 수준의 잡음이 LNA 입력단으로 유입되면 수신단의 잡음(noise level)이 커지는 현상이 나타나고, 이로 인해 낮은 SNR 값을 갖게 되어 수신감도가 크게 떨어진다. 따라서, RIN 수치가 나쁜 레이저를 사용하거나, 넓은 대역폭을 요구하는 TDD방식의 차세대 이동통신시스템에서는 RoF 링크장치를 사용하기 어려운 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<40> 따라서, 본 발명은 TDD 방식을 이용하는 이동통신 시스템의 무선 상하향 신호 전송을 위한 RoF 링크에서 전광변환기에서 발생한 RIN 잡음으로 인한 리모트단에서의 수신감도 저하를 최소화하기 위한 장치 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

<41> 또한, 본 발명은 RIN 수치가 나쁜 레이저를 사용하거나 동작주파수가 높으며 넓은 대역폭을 요구하는 TDD 방식의 차세대 이동통신시스템에서도 RoF 링크장치를 사용할 수 있도록 하기 위한 것이다.

발명의 구성 및 작용

<42> 이를 위해 본 발명은 시분할 듀플렉싱 방식의 이동통신 시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 무선광섬유 링크 장치에 있어서, 이동통신 시스템의 기지국으로부터 무선주파수 신호를 수신하고, 상기 시분할 듀플렉싱 신호의 스위칭에 따라 바이어스 제어되어 상기 무선주파수 신호를 광신호로 변조하는 제1 전광변환부를 구비

하는 중앙기지국과; 상기 중앙기지국으로부터 광섬유를 통해 전송되는 상기 광신호를 무선주파수 신호로 변환하는 제1 광전변환부를 구비하며, 상기 무선주파수 신호를 안테나를 통해 이동통신 단말로 전송하는 중계기의 리모트를 포함함을 특징으로 한다.

- <43> 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.
- <44> 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 TDD방식의 이동통신시스템에서 무선 상방향 신호를 송수신하기 위한 RoF 링크장치의 구성을 나타낸 도면이다.
- <45> 도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 RoF 링크장치는 이동통신 시스템의 기지국(Access Point; AP)(100)과 무선(Radio Frequency) 케이블을 통해 연결된 중앙기지국(200)과, 광섬유(250)를 통해 상기 중앙기지국(200)과 연결된 광중계기의 리모트(300)를 포함한다. 중앙기지국(200)은 AP(100)로부터 수신한 RF신호를 전광변환을 통해 광신호로 변환한 후 광섬유(250)를 통해 광중계기의 리모트(300)로 전송하며, 리모트(300)로부터 수신한 광신호를 광전변환을 통해 RF 신호로 변환한 후 RF 케이블을 통해 AP(100)로 전송한다. 광중계기의 리모트(300)는 중앙기지국(200)으로부터 수신한 광신호를 광전변환을 통해 RF 신호로 변환한 후 안테나(400)를 통해 휴대용 단말(미도시)로 전송하며, 휴대용 단말로부터 수신한 RF 신호를 전광변환을 통해 광신호로 변환한 후 광섬유(250)를 통해 중앙기지국(200)으로 전송한다.
- <46> 중앙기지국(200)과 광중계기의 리모트(300)의 세부 구성은 다음과 같다.
- <47> 중앙기지국(200)은 이득증폭부(Gain Block, 201), 전광변환부(E/O,202), WDM(Wavelength Division Multiplexer, 203), 광전변환부(O/E,204) 및 저잡음증폭부(Low Noise Amplifier,205)를 포함한다. 광중계기의 리모트(300)는 WDM(301), 광전변환부(302), 하향 저잡음증폭부(LNA_{DL},303), DC커플러(304), HPA(305), 스위치(306), 대역통과필터(BPF,307), 상향 저잡음증폭부(LNA_{UL},308), 전광변환부(309) 및 스위칭 타이밍 생성회로(310)를 포함한다.
- <48> 전술한 바와 같이 구성된 중앙기지국(200) 및 리모트(300)의 하향 링크 및 상향 링크의 데이터 전송과정을 도 2를 참조하여 설명하면 다음과 같다.
- <49> 먼저, 하향 링크(Tx mode)의 경우 상위 계층인 AP(100)에서 RF 케이블을 통해 전송한 RF 신호는 중앙기지국(200)의 이득증폭부(201)에 전달된다. 이득증폭부(201)는 RF 신호의 잡음 성분을 줄이고 신호 성분을 증폭하여 전광변환부(202)에 전달한다. 전광변환부(202)는 수신한 RF 신호를 광신호로 변조하여 WDM(203)에 전송한다. 이때, AP(100)로부터 제공되는 TDD 신호의 스위칭에 의해 전광변환부(202)의 바이어스를 제어하며, 구체적인 바이어스 제어동작에 대해서는 후술하기로 한다.
- <50> 중앙기지국에 위치한 WDM(203)은 전광변환부(202)로부터 수신한 다채널 광신호를 파장분할 다중화하여 광섬유(250)를 통해 리모트(300)의 WDM(301)에 전송한다. 리모트(300)의 WDM(301)은 파장분할 다중화된 광신호를 파장분할 역다중화하여 광전변환부(302)에 전달하고, 광전변환부(302)는 광전변환을 통해 광신호를 RF 신호로 변환하여 하향 저잡음증폭기(LNA_{DL}, 303)에 전달한다.
- <51> 하향 저잡음증폭기(LNA_{DL}, 303)는 잡음을 제거하고 신호성분만을 증폭하여 고효율증폭기(HPA, 305)에 전달하며 HPA(305)는 RF 신호를 무선으로 송출하기 위한 실효 출력까지 증폭하여 스위치(306)로 전달한다. 스위치(306)에서는 안테나(400)를 통해 RF 신호를 휴대용 단말로 전송한다. 이때, 대역통과필터(BPF,307)를 통과한 해당 채널 신호만이 전송된다.
- <52> 한편, 리모트(300)의 커플러(304)는 하향 저잡음증폭기(LNA_{DL}, 303)에서 HPA(305)로 전송되는 RF 신호의 일부를 추출하여 스위칭 타이밍신호 생성회로(310)에 전달하며, 스위칭 타이밍신호 생성회로(310)에서는 추출한 RF 신호를 분석하여 RF 신호의 전송을 위한 스위칭 타이밍 신호를 생성하여 스위치(306)로 전달한다. 스위치(306)는 수신한 스위칭 타이밍신호의 제어에 의해 스위치(306)에 하향 신호가 입력된 경우에는 안테나를 통해 단말로 전송하게 되며, 스위치(306)에 상향 신호가 입력된 경우에는 HPA(305)와 연결되는 경로를 차단하고 상향신호가 상향 저잡음증폭기(LNA_{UL}, 308)로 입력되도록 경로를 설정한다.
- <53> 상향 링크(Rx mode)의 경우 안테나(400)를 통해 RF 신호를 수신하면 상향 저잡음증폭기(LNA_{UL}, 308)는 잡음을

제거하고 신호성분만을 증폭하여 전광변환부(309)에 전달한다. 전광변환부(309)는 전광변환을 통해 RF 신호를 광신호로 변환하여 리모트(300)의 WDM(301)에 전달하며, WDM(301)은 전광변환부(309)로부터 수신한 광신호를 파장분할 다중화하여 광섬유(250)를 통해 중앙기지국(200)의 WDM(203)에 전송한다. 여기서, 리모트(300)의 전광변환부(309)도 AP(100)로부터 제공되는 TDD 신호의 스위칭에 의해 바이어스를 제어할 수 있다. 다만, 중앙기지국(200)의 전광변환부(202)는 반드시 TDD 신호의 스위칭에 의해 바이어스 제어하는 것에 비해 리모트(300)의 전광변환부(309)에서는 선택적으로 적용할 수 있다.

<54> 중앙기지국(200)의 WDM(203)은 파장분할 다중화된 광신호를 파장분할 역다중화하여 광전변환부(204)에 전달하고, 광전변환부(204)는 광전변환을 통해 광신호를 RF 신호로 변환한 후 저잡음증폭기(LNA, 205)에 전달한다.

<55> 중앙기지국(200)에 위치한 저잡음증폭기(205)는 RF 신호를 AP(100)로 전송하기 위한 실효 출력까지 증폭한 후 RF 케이블을 통해 AP(100)로 전달한다.

<56> 도 3 및 도 4를 참조하여 본 발명에 따른 전광변환부의 구성 및 바이어스 제어동작을 설명하면 다음과 같다.

<57> 도 3은 본 발명에 따른 전광변환부(202-1)의 일 실시예의 구성을 나타낸 도면으로, 전광변환부는 레이저 다이오드(10)와, 마하젠더변조기(20) 및 바이어스-티(Bias-T, 30)로 구성된다. 레이저 다이오드(10)로부터 DC의 광신호가 발생되며, 간섭계형태의 마하젠더변조기(20)에 의해 변조가 이루어진다. 마하젠더변조기(20)의 바이어스-티(30)는 커패시터(C)와 인덕터(L)로 구성되며 RF 신호(Tx)는 커패시터를 통해 마하젠더 변조기(20)로 인가되고, TDD 신호는 인덕터를 통해 마하젠더 변조기(20)에 인가된다.

<58> 도 4는 도 3의 광출력 파형을 나타낸 도면이다. 마하젠더변조기의 변조곡선(Modulation Curve)의 최소점(null point, A)과 동작점(B) 사이에서 RF 신호(Tx)와 TDD 신호가 합쳐져서 인가될 경우 TDD 신호가 하이(high) 일 때에만 RF 신호(Tx)가 출력됨을 알 수 있다.

<59> 마하젠더변조기는 일반적으로 소광비가 20 dB 이상으로 매우 우수하므로 수신모드(Rx mode)의 광출력을 송신모드(Tx mode)와 대비하여 약 20dB이하로 낮추어서 출력할 수 있게 된다. 이 경우, RIN 잡음은 다음의 식에서 알 수 있듯이 약 40 dB 억제되어 -93 dBm / 100 MHz의 아주 작은 값을 갖게 된다.

<60> 예) $RIN = -120dB/Hz, P_{in} = -20dBm, R_{responsivity} = 1, R_{load} = 50ohm, BW = 100MHz$

<61> $P_{RIN} = [-120 + (-50) \times 2 + 0 + 17 + 80] + 30$

<62> $= -93 \text{ dBm} / 100 \text{ MHz}$

<63> RIN 잡음이 -93 dBm / 100 MHz인 경우, 리모트 노드의 송신경로(Tx path)로부터 누화되어 수신경로(Rx path)로 입력되는 잡음의 크기를 계산하면 다음과 같다.

<64> $-93 \text{ dBm}(\text{Rx mode 시 O/E 변환기 출력 level, 실시 예})]$

<65> $+ 5 \text{ dB}(\text{HPA 전체 RF Gain, 실시 예}) - 25\text{dB}(\text{Switch isolation})$

<66> $= -113 \text{ dBm} / 100\text{MHz}$

<67> 계산결과, 리모트 노드의 송신경로(Tx path)로부터 누화되어 수신경로(Rx path)로 입력되는 잡음의 크기는 -113 dBm/100MHz이 된다. 이값은 열잡음 -94 dBm/100MHz보다도 훨씬 작은 값으로 수신감도에 아무런 영향도 주지 않게 된다. 이는 RIN 값을 최악의 조건인 -120 dB/Hz로 가정했음에도 열잡음 이하로 억제된 것이므로 상당한 효과가 있음을 알 수 있다.

<68> 한편, 본 실시예에서 바이어스-티는 커패시터와 인덕터로 구현하였으나, 본 실시예에 국한되지 않으며 다양한 실시예가 가능하다.

<69> 도 5는 본 발명에 따른 중앙기지국측 전광변환부(202-2)의 다른 실시예의 구성을 나타낸 도면으로, 전광변환부는 레이저 다이오드(40)와, 바이어스-티(Bias-T, 50)로 구성된다. RF 신호(Tx)와 TDD 스위치 신호는 바이어스-티(50)에 의해 합쳐져서 레이저 다이오드(40)에 인가되어 광신호로 변조된다.

<70> 도 6은 도 5의 광출력 파형을 나타낸 도면이다. 마찬가지로 변조곡선(Modulation Curve)의 최소점(null point, C)과 동작점(D) 사이에서 RF 신호(Tx)와 TDD 스위치 신호가 합쳐져서 인가될 경우 TDD 스위치 신호가 하이

(high) 일 때에만 RF 신호(Tx)가 출력됨을 알 수 있다.

<71> 레이저 다이오드는 일반적으로 소광비가 10 dB 내외의 소광비를 보이며, 더 큰 소광비를 얻기 위해서는 레이저 다이오드를 완전히 오프(OFF)시켜야 하는데 이 경우 TDD 스위칭 시간 내에 다시 온(ON)시켜서 안정적인 상태로 동작시키는 것은 현실적으로 불가능하다. 이는 반도체 레이저의 바이어스 전류를 항상 일정한 상태를 유지하기 위하여 PID (proportional integral differential) 제어를 해야 하는데 수msec나 수sec가 소요되기 때문이다.

<72> 따라서, 레이저 다이오드를 완전히 OFF하지 않고서 RIN 잡음이 전력의 제공에 비례하는 특징을 이용하여, 수신 모드(Rx mode)의 경우 광출력을 송신모드(Tx mode)와 대비하여 약 10 dB 내외로 낮추어서 출력할 수 있게 된다. 이 경우, 아래의 식에서 알 수 있듯이 RIN 잡음은 약 20 dB 억제되어 -73dBm/100 MHz의 작은 값을 갖게 된다.

<73> 예) $RIN = -120dB/Hz, P_{in} = -10dBm, R_{responsivity} = 1, R_{load} = 50ohm, BW = 100MHz$

<74>
$$P_{RIN} = [-120 + (-40) \times 2 + 0 + 17 + 80] + 30$$

<75>
$$= -73 \text{ dBm}/100 \text{ MHz}$$

<76> RIN 잡음이 -73 dBm / 100 MHz인 경우, 리모트 노드의 송신경로로부터 누화되어 수신경로에 입력되는 잡음의 크기를 계산하면 다음과 같다.

<77> -73 dBm(Rx mode시 O/E 변환기 출력 level, 실시 예)

<78> + 5 dB(HPA 전체 RF Gain, 실시 예) - 25dB(Switch isolation)

<79> = -93 dBm / 100MHz

<80> 계산결과, 리모트 노드의 송신경로로부터 누화되어 수신경로에 입력되는 잡음의 크기는 -93 dBm / 100MHz이 되며, 열잡음 -94 dBm / 100MHz과 대동소이하게 되어 수신감도에 거의 영향을 미치지 않게 된다. 이 경우 RIN 값을 최악의 조건인 -120 dB/Hz로 가정했음에도 열잡음과 비슷하게 억제됨을 알 수 있다.

<81> 이와 같이 송신경로로부터 누화되어 수신경로에 입력되는 잡음(Tx noise leakage level)의 감쇄는 수신모드시의 매우 높은 SNR 값을 갖게 함으로써 수신 감도를 향상시켜 TDD 통신을 가능하게 한다.

<82> 한편, 별도의 도면으로 도시하지는 않았으나, 중앙기지국은 광섬유를 통해 다수의 리모트와 연결되어 광증계기의 커버리지를 확장할 수 있다. 이를 위해 중앙기지국은 다채널을 가지는 신호분배기 및 신호결합기를 포함할 수 있으며, 상위 계층인 AP로부터 전달받은 RF 신호를 신호 분배기를 통해 분기하여 이득증폭기로 전달하며, 저잡음 증폭기로부터 수신한 RF 신호를 결합기를 통해 다른 리모트의 출력과 결합하여 RF 케이블을 통해 AP로 전송할 수 있다.

<83> 도 7은 본 발명의 제2 실시예에 따른 TDD방식의 이동통신시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 RoF 링크장치의 구성을 나타낸 도면이다.

<84> 도 7을 참조하면, 본 실시예에 따른 RoF 링크장치는 이동통신 시스템의 기지국(Access Point; AP)(100-1)과 무선(Radio Frequency) 케이블을 통해 연결된 중앙기지국(200-1)과, 광섬유(250-1)를 통해 상기 중앙기지국(200-1)과 연결된 광증계기의 리모트(300-1)를 포함한다. 중앙기지국(200-1)은 AP(100-1)로부터 수신한 RF신호를 전광변환을 통해 광신호로 변환한 후 광섬유(250-1)를 통해 광증계기의 리모트(300-1)로 전송하며, 리모트(300-1)로부터 수신한 광신호를 광전변환을 통해 RF 신호로 변환한 후 RF 케이블을 통해 AP(100-1)로 전송한다. 광증계기의 리모트(300-1)는 중앙기지국(200-1)으로부터 수신한 광신호를 광전변환을 통해 RF 신호로 변환한 후 안테나(400-1)를 통해 휴대용 단말(미도시)로 전송하며, 휴대용 단말로부터 수신한 RF 신호를 전광변환을 통해 광신호로 변환한 후 광섬유(250-1)를 통해 중앙기지국(200-1)으로 전송한다.

<85> 중앙기지국(200-1)과 광증계기의 리모트(300-1)의 세부 구성은 다음과 같다.

<86> 중앙기지국(200-1)은 이득증폭부(Gain Block, 211), 전광변환부(E/O,212), WDM(Wavelength Division Multiplexer, 213), 광전변환부(O/E,214) 및 저잡음증폭부(Low Noise Amplifier, 215)를 포함한다. 광증계기의 리모트(300-1)는 WDM(311), 광전변환부(312), 하향 저잡음증폭부(LNA_{DL},313), DC커플러(314), HPA(315), 써큘레이터(316), 대역통과필터(BPF,317), 상향 저잡음증폭부(LNA_{UL},318), 전광변환부(319) 및 스위칭 타이밍신호 생성회로(320)를 포함한다.

<87> 본 실시예의 구성은 도 2의 스위치 대신 써큘레이터(circulator)를 채용한 예를 나타낸 것으로, 낮은 송신전력

을 필요로 하는 곳에 사용된다. 동작원리는 도 2와 동일하므로 중복설명은 생략한다.

- <88> 도 8은 본 발명의 제3 실시예에 따른 TDD방식의 이동통신시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 RoF 링크장치의 구성을 나타낸 도면이다.
- <89> 도 8을 참조하면, 본 실시예에 따른 RoF 링크장치는 이동통신 시스템의 기지국(Access Point; AP)(100-2)과 무선(Radio Frequency) 케이블을 통해 연결된 중앙기지국(200-2)과, 광섬유(250-2)를 통해 상기 중앙기지국(200-2)과 연결된 광증계기의 리모트(300-2)를 포함한다.
- <90> 중앙기지국(200-2)은 이득증폭부(Gain Block, 221), 전광변환부(E/O,222), WDM(Wavelength Division Multiplexer, 223), 광전변환부(O/E,224) 및 저잡음증폭부(Low Noise Amplifier, 225)를 포함한다.
- <91> 광증계기의 리모트(300-2)는 WDM(321), 광전변환부(322), 하향 저잡음증폭부(LNA_{DL},323), DC커플러(324), HPA(325), 써클레이터(326), 대역통과필터(BPF,327), RF 스위치(328), 상향 저잡음증폭부(LNA_{UL},329), 전광변환부(330) 및 스위칭 타이밍신호 생성회로(331)를 포함한다.
- <92> 본 실시예의 구성은 도 2의 스위치 대신 써클레이터와 스위치를 채용한 예를 나타낸 것으로, 높은 송신전력을 필요로 하는 곳에 사용된다. 동작원리는 도 2와 동일하므로 중복설명은 생략한다.
- <93> 본 발명의 다른 실시예로써 광전변환기의 앞단에 TDD 스위치 신호에 의해 제어되는 광스위치를 배치하는 구성도 가능하다. 다만, IMT-어드밴스트(advanced) 시스템과 같은 차세대 이동통신시스템의 TDD 스위치 요구조건인 마이크로세컨드(usec)의 스위칭 타임을 만족시키는 광스위치는 현재 매우 고가여서 실질적으로 채택하여 사용하기는 어렵다. 그러나, 만일 상기 조건을 만족시키는 광스위치를 저렴하게 구현할 수 있다면 TDD 스위치 신호를 바이어스 제어신호로 사용하지 않고, 광전변환기의 앞단에 광스위치를 배치하는 구성도 가능하다.
- <94> 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위를 초과하지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

발명의 효과

- <95> 상술한 바와 같이 본 발명은 TDD 방식 무선통신 시스템의 상하향 신호 전송을 위한 RoF 링크에서 TDD 스위치 신호를 인가하여 전광변환기의 바이어스를 제어함으로써 수신모드시 중앙기지국의 전광변환기에서 발생한 RIN 잡음으로 인해 누적된 송신잡음누설정도(Tx noise leakage level)를 낮출 수 있다. 이에 따라 높은 SNR 값을 갖도록 함으로써 원활한 TDD기반 RoF 링크 장치를 구현할 수 있다.
- <96> 또한, 전광변환기를 TDD 스위치 신호에 의해 온/오프 함으로써 전체 소모전력을 줄일 수 있어 시스템 효율도 개선할 수 있다.

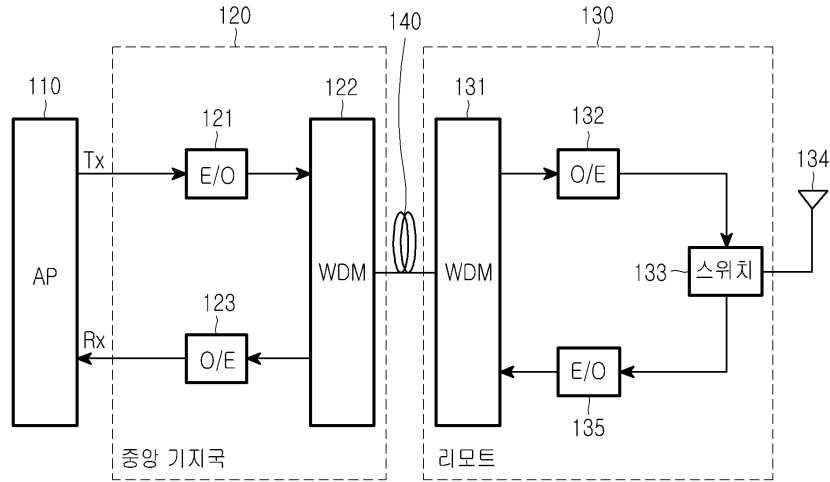
도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 종래의 TDD 방식의 이동통신 시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 무선광섬유 링크 장치의 구성예를 나타낸 도면,
- <2> 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 TDD방식의 이동통신시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 RoF 링크장치의 구성을 나타낸 도면,
- <3> 도 3은 본 발명에 따른 중앙기지국측 전광변환부의 일 실시예의 구성을 나타낸 도면,
- <4> 도 4는 도 3의 광출력 파형을 나타낸 도면,
- <5> 도 5는 본 발명에 따른 중앙기지국측 전광변환부의 다른 실시예의 구성을 나타낸 도면,
- <6> 도 6은 도 5의 광출력 파형을 나타낸 도면,
- <7> 도 7은 본 발명의 제2 실시예에 따른 TDD방식의 이동통신시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 RoF 링크장치의 구성을 나타낸 도면,
- <8> 도 8은 본 발명의 제3 실시예에 따른 TDD방식의 이동통신시스템에서 무선 상하향 신호를 송수신하기 위한 RoF

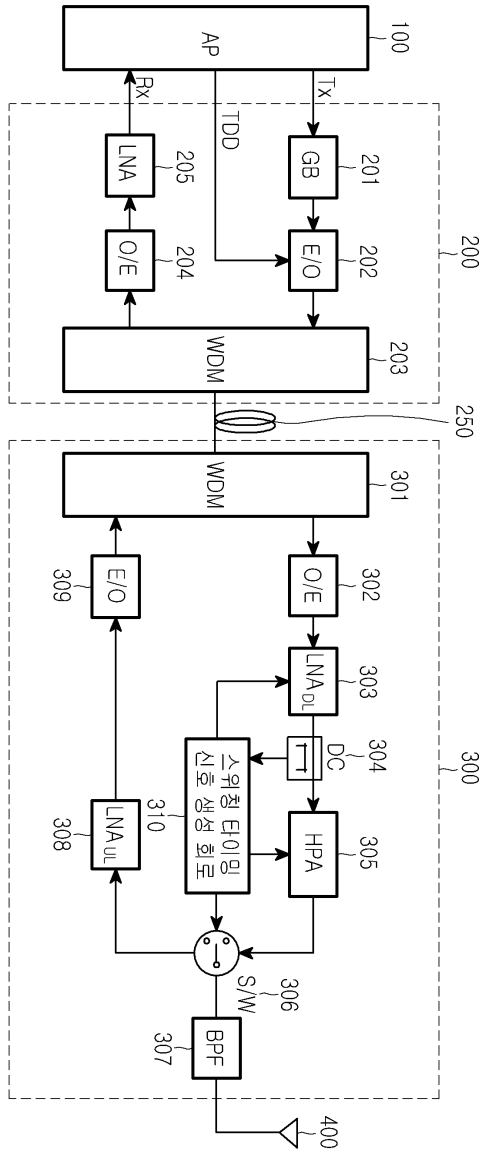
링크장치의 구성을 나타낸 도면.

도면

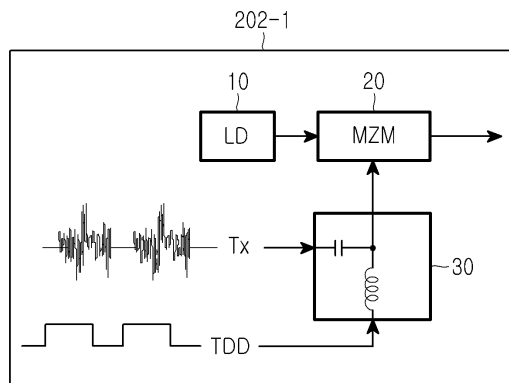
도면1



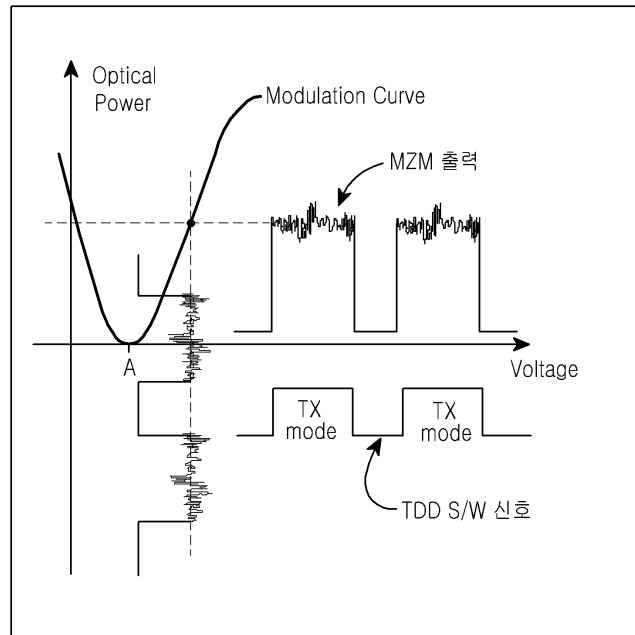
도면2



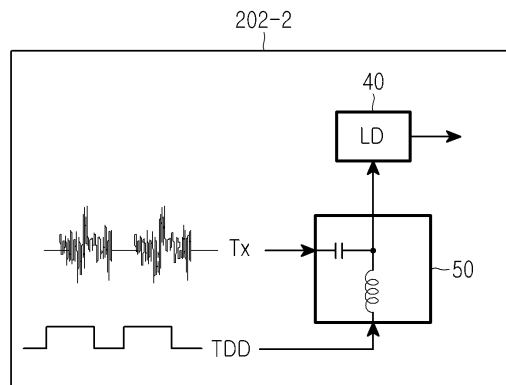
도면3



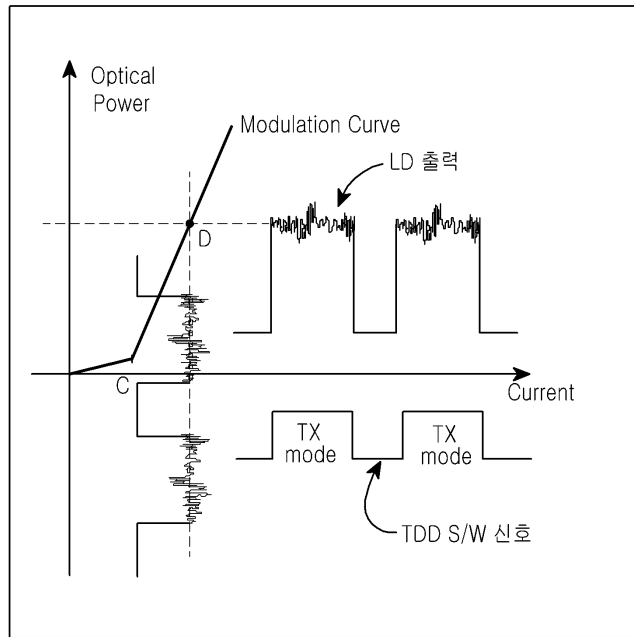
도면4



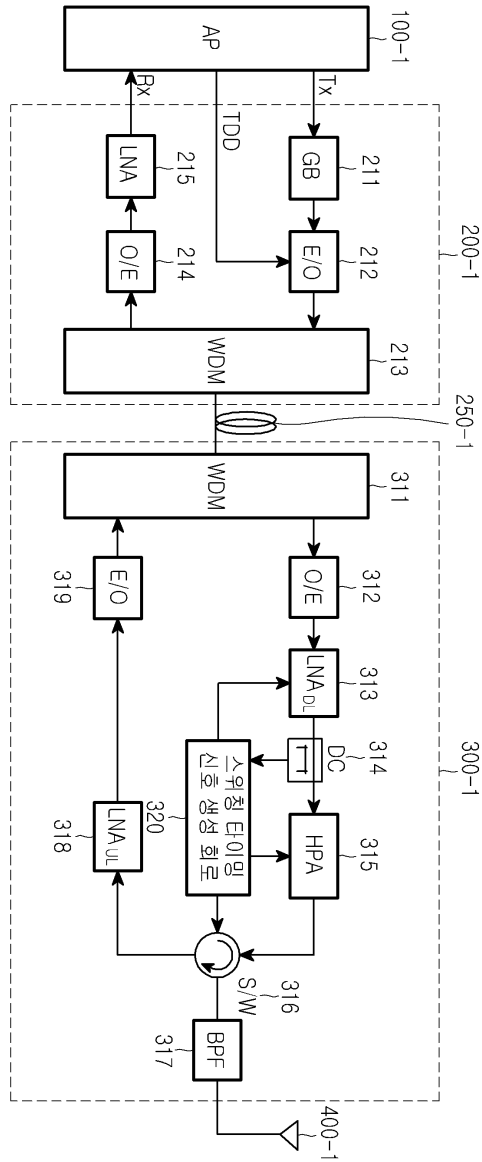
도면5



도면6



도면7



도면8

