(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0003207
(43) 공개일자 2010년01월07일

(51) Int. Cl.
H04L 27/01 (2006.01) *H04B 7/005* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0056339
(22) 출원일자 2009년06월24일
심사청구일자 2009년06월24일
(30) 우선권주장
JP-P-2008-170041 2008년06월30일 일본(JP)

(71) 출원인
닛본 덴끼 가부시끼가이샤
일본국 도꾜도 미나도꾸 시바 5쪼메 7방 1고
(72) 발명자
후타츠기 야스노리
일본국 108-8001 도꾜도 미나도꾸 시바 5쪼메 7방 1고 닛본 덴끼 가부시끼가이샤 나이
요시다 쇼세이
일본국 108-8001 도꾜도 미나도꾸 시바 5쪼메 7방 1고 닛본 덴끼 가부시끼가이샤 나이
(74) 대리인
조의제

전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 싱글 캐리어 전송 방식에 있어서의 무선 통신 방법 및 장치

(57) 요 약

나이키스트 대역의 부분 스펙트럼으로 송신되는 싱글 캐리어 신호를 수신하는 무선 통신장치에 있어서,

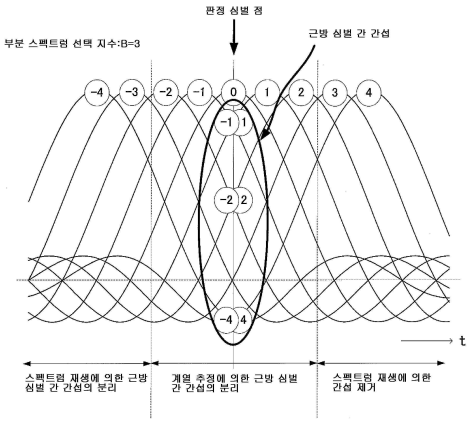
판정 심벌 점에서 소정 거리보다 떨어진 심벌에 의해 발생한 심벌 간 간섭을 심벌 레플리카를 이용하여 비-송신 스펙트럼의 스펙트럼 재생에 의해 수신 신호로부터 제거하여 간섭 제거 신호를 출력하는 간섭 제거 수단;

상기 간섭 제거 신호에 기초하여 상기 판정 심벌 점에서 상기 소정 거리 이내의 근방 심벌 간 간섭을 분리함으로써 송신 심벌 계열을 추정하고 판정 신호를 출력하는 심벌 계열 추정 수단; 및

상기 판정 신호의 복호 결과로부터 상기 심벌 레플리카를 생성하고, 이 심벌 레플리카는 주파수 영역 간섭 제거 수단으로 피드백되는 레플리카 생성 수단;

을 포함하는 무선 통신 장치.

대 표 도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

나이키스트 주파수 대역의 부분 스펙트럼으로 송신되는 싱글 캐리어 신호를 수신하는 무선 통신장치에 있어서,

판정 심벌 점에서 소정 거리보다 떨어진 심벌에 의해 발생한 심벌 간 간섭을 심벌 레플리카를 이용하여 비-송신 스펙트럼의 스펙트럼 재생에 의해 수신 신호로부터 제거하여 간섭 제거 신호를 출력하는 간섭 제거 수단;

상기 간섭 제거 신호에 기초하여 상기 판정 심벌 점에서 상기 소정 거리 이내의 근방 심벌 간 간섭을 분리함으로써 송신 심벌 계열을 추정하고 판정 신호를 출력하는 심벌 계열 추정 수단; 및

상기 판정 신호의 복호 결과로부터 상기 심벌 레플리카를 생성하고, 이 심벌 레플리카는 주파수 영역 간섭 제거 수단으로 피드백되는 레플리카 생성 수단;

을 포함하는 무선 통신 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

송신되는 상기 부분 스펙트럼을 1이라고 했을 때에, 상기 부분 스펙트럼의 대역폭에 대한 상기 나이키스트 주파수 대역의 대역폭의 비율을 B, 여기서 B는 1이상의 실수, 라고 하면, 상기 부분 스펙트럼은 상기 나이키스트 주파수 대역의 중앙 1/B 대역의 스펙트럼인 무선 통신 장치.

청구항 3

제 1항 또는 2항에 있어서,

상기 소정 거리는 판정 심벌에 주는 심벌 간 간섭의 정도에 의존하는 무선 통신 장치.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 소정 거리는 판정 심벌보다 시간적으로 먼저 혹은 후의 심벌 수인 무선 통신 장치.

청구항 5

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 간섭 제거 수단은:

상기 부분 스펙트럼 이외의 비-송신 스펙트럼 부분을 상기 심벌 레플리카에 의해 재생하여, 주파수 영역에 있어서 모든 심벌 간 간섭을 제거하고, 간섭 제거 신호를 출력하는 심벌 간 간섭 제거 수단,

여기서 상기 심벌 계열 추정 수단은 상기 심벌 레플리카를 이용하여 상기 소정 거리 이내의 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 시간 영역에서 생성하기 위한 근방 심벌 간 간섭 레플리카 생성 수단을 포함함;

상기 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 상기 간섭 제거 신호에 가산해 간섭 가산 신호를 생성하는 가산 수단; 및

상기 간섭 가산 신호로부터 상기 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 분리함으로써 최대 우도를 포함하는 송신 심벌 계열을 선택하여 판정 신호로 출력하는 계열 선택 수단;

을 포함하는 무선 통신 장치.

청구항 6

제 1항 또는 2항에 있어서,

상기 심벌 계열 추정 수단은 상기 수신 신호의 초회 수신시만 계열을 추정하는 무선 통신 장치.

청구항 7

나이키스트 주파수 대역의 부분 스펙트럼으로 송신되는 싱글 캐리어 신호를 수신하는 무선 통신방법에 있어서,

판정 심벌 점에서 소정 거리보다 떨어진 심벌에 의해 발생한 심벌 간 간섭을 심벌 레플리카를 이용하여 비-송신 스펙트럼의 스펙트럼 재생에 의해 수신 신호로부터 제거하여 간섭 제거 신호를 생성하는 단계;

상기 간섭 제거 신호에 기초하여 상기 판정 심벌 점에서 상기 소정 거리 이내의 근방 심벌 간 간섭을 분리함으로써 송신 심벌 계열을 추정하고 판정 신호를 출력하는 단계; 및

상기 판정 신호의 복호 결과로부터 상기 심벌 레플리카를 생성하고, 이 심벌 레플리카는 주파수 영역 간섭 제거 수단으로 피드백되는 단계;

를 포함하는 무선 통신 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 부분 스펙트럼을 1이라고 했을 때에, 상기 부분 스펙트럼의 대역폭에 대한 상기 나이키스트 주파수 대역의 대역폭의 비율을 B, 여기서 B는 1이상의 실수, 라고 하면, 상기 부분 스펙트럼은 상기 나이키스트 주파수 대역 중 중앙 1/B의 스펙트럼인 무선 통신 방법.

청구항 9

제 7항 또는 8항에 있어서,

상기 소정 거리는 판정 심벌에 주는 심벌 간 간섭의 정도에 의존하여 결정되는 방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 소정 거리는 판정 심벌보다 시간적으로 먼저 혹은 후의 심벌 수인 무선 통신 방법.

청구항 11

제 7항 또는 8항에 있어서,

상기 부분 스펙트럼 이외의 비-송신 스펙트럼 부분을 상기 심벌 레플리카에 의해 재생하고, 주파수 영역에 있어서 모든 심벌 간 간섭을 제거하는 것으로 간섭 제거 신호를 생성하고,

여기서 판정 신호는:

상기 심벌 레플리카를 이용하여 상기 소정 거리 이내의 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 시간 영역에서 생성하는 단계;

상기 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 상기 간섭 제거 신호에 가산해 간섭 가산 신호를 생성하는 단계; 및

상기 간섭 가산 신호로부터 상기 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 분리함으로써 최대 우도를 포함하는 송신 심벌 계열을 선택하여 판정 신호로 출력하는 단계;

에 의해 얻어지는 무선 통신 방법.

청구항 12

제 7항 또는 8항에 있어서,

상기 수신 신호의 초회 수신 시에만 계열을 추정하는 무선 통신 방법.

청구항 13

나이키스트 주파수 대역의 부분 스펙트럼으로 송신으로 되는 싱글 캐리어 신호를 무선 통신 장치에서 수신하기 위한 프로그램을 기록하는 컴퓨터-가독 매체로서,

판정 심벌 점에서 소정 거리보다 떨어진 심벌에 의해 발생한 심벌 간 간섭을 심벌 레플리카를 이용하여 비-송신

스펙트럼의 스펙트럼 재생에 의해 수신 신호로부터 제거하여 간섭 제거 신호를 출력하는 것;

상기 간섭 제거 신호에 기초하여 상기 판정 심벌 점에서 상기 소정 거리 이내의 근방 심벌 간 간섭을 분리함으로써 송신 심벌 계열을 추정하고 판정 신호를 출력하는 것; 및

상기 판정 신호의 복호 결과로부터 상기 심벌 레플리카를 생성하고, 이 심벌 레플리카는 주파수 영역 간섭 제거 수단으로 피드백되는 것;

을 포함하는 컴퓨터-가독 매체.

청구항 14

나이키스트 주파수 대역의 부분 스펙트럼으로 싱글 캐리어 신호를 무선 수신장치로 전송하는 적어도 하나의 무선 송신 장치 및 적어도 하나의 무선 수신 장치를 포함하는 시스템에 있어서,

상기 무선 송신 장치는:

송신 정보 비트 열을 부호화해서 부호화 비트 열을 출력하는 부호화 수단;

상기 부호화 비트 열을 저차원 변조해서 저차원 변조된 신호를 출력하는 변조 수단;

상기 저차원 변조된 신호를 주파수 영역 신호로 변환하는 주파수 영역 변환 수단;

상기 주파수 영역 신호의 나이키스트 주파수 대역 중 중앙 1/B(B는 1이상의 실수) 대역의 스펙트럼을 선택하는 부분 스펙트럼 선택 수단, 여기서 B는 상기 부분 스펙트럼을 1이라고 했을 때에, 상기 부분 스펙트럼의 대역폭에 대한 상기 나이키스트 주파수 대역의 대역폭의 비율임; 및

상기 중앙 1/B 스펙트럼의 주파수 영역 신호를 시간 영역의 신호로 변환하는 시간 영역 변환 수단, 여기서 시간 영역의 신호는 싱글 캐리어 신호로서 무선 수신 장치로 송신됨;

을 포함하고,

상기 무선 수신 장치는:

판정 심벌 점에서 소정 거리보다 떨어진 심벌에 의해 발생한 심벌 간 간섭을 심벌 레플리카를 이용하여 비-송신 스펙트럼의 스펙트럼 재생에 의해 수신 신호로부터 제거하여 간섭 제거 신호를 출력하는 간섭 제거 수단;

상기 간섭 제거 신호에 기초하여 상기 판정 심벌 점에서 상기 소정 거리 이내의 근방 심벌 간 간섭을 분리함으로써 송신 심벌 계열을 추정하고 판정 신호를 출력하는 심벌 계열 추정 수단; 및

상기 판정 신호의 복호 결과로부터 상기 심벌 레플리카를 생성하고, 이 심벌 레플리카는 주파수 영역 간섭 제거 수단으로 피드백되는 레플리카 생성 수단, ;

을 포함하는 시스템.

청구항 15

제 14항에 있어서,

간섭 제거 수단은:

수신 신호를 주파수 스펙트럼의 주파수 영역 수신 신호로 변환하는 수신측 제 1 주파수 영역 변환 수단;

수신 레퍼런스 신호를 포함하는 주파수 영역 신호를 필터링하는 수신 필터;

수신 레퍼런스 신호에 기초하여 채널을 추정하여 채널 추정치를 출력하는 채널 추정 수단;

채널 추정치를 사용하여 주파수 영역 신호를 등화하고, 주파수 영역 심벌 레플리카를 사용하여 잔류 멀티패스 간섭 및 심벌 간 간섭을 반복 제거하여 등화 신호를 출력하는 반복 등화 수단; 및

등화 신호를 간섭 제거 신호로서의 시간 영역 등화 신호로 변환하는 수신측 시간 영역 변환 수단;

을 포함하고, 여기서

레플리카 생성 수단은:

판정 신호를 복호화하고 복호 결과로부터 심벌 레플리카를 생성하는 복호화 및 레플리카 생성 수단; 및

심벌 레플리카를 주파수 영역 심벌 레플리카로 변환하고 반복 등화 수단으로 출력하는 수신측 제 2 주파수 영역 변환 수단;

을 포함하는 시스템.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 반복 등화 수단은 주파수 영역 심벌 레플리카를 사용하여 송신된 상기 부분 스펙트럼 이외의 비-송신 스펙트럼 부분을 재생하고, 주파수 영역에 있어서 모든 심벌 간 간섭을 제거하고, 등화 신호를 출력하고,

여기서 상기 심벌 계열 추정 수단은:

상기 심벌 레플리카를 이용하여 상기 소정 거리 이내의 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 시간 영역에서 생성하는 근방 심벌 간 간섭 레플리카 생성 수단;

상기 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 상기 간섭 제거 신호에 가산하여 간섭 가산 신호를 생성하는 가산 수단;

상기 간섭 가산 신호로부터 상기 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 분리함으로써 최대 우도를 포함하는 송신 심벌 계열을 선택하여 우도 정보를 출력하는 계열 선택 수단; 및

소프트 판정 신호로서 출력되는 대수 우도비를 산출하기 위한 대수 우도비 산출 수단;

을 포함하는 시스템.

청구항 17

제 15항에 있어서,

상기 반복 등화 수단은:

상기 채널 추정치를 써서 등화 웨이트를 계산하는 등화 웨이트 계산 수단;

상기 등화 웨이트에 근거해서 상기 수신 필터 수단으로부터의 주파수 영역 수신 입력을 등화해 등화 신호를 필터링하는 등화 필터 수단;

상기 등화 웨이트를 써서 등화 후 채널 이득을 생성하는 등화 후 채널 이득 생성 수단;

상기 등화 후 채널 이득으로부터 등화 소망 성분을 생성하는 등화 소망 성분 생성 수단;

상기 등화 후 채널 이득과, 상기 등화 소망 성분과, 상기 수신측 제 2 주파수 영역 변환 수단으로부터 입력되는 심벌 레플리카로부터 잔류 멀티패스 간섭 레플리카를 생성하는 잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성 수단;

상기 등화 신호로부터 상기 잔류 멀티패스 간섭 레플리카를 이용하여 잔류 멀티패스 간섭을 제거하고, 얻어진 신호를 잔류 멀티패스 간섭 제거 후의 등화 신호로서 출력하는 잔류 멀티패스 간섭 제거 수단;

상기 등화 소망 성분과 상기 수신측 제 2 주파수 영역 변환 수단으로부터 입력되는 주파수-영역 심벌 레플리카로부터 심벌 간 간섭 레플리카를 생성하는 심벌 간 간섭 레플리카 생성 수단; 및

상기 잔류 멀티패스 간섭 제거 후의 등화 신호로부터 상기 심벌 간 간섭 레플리카를 이용하여 심벌 간 간섭을 제거하고, 상기 간섭 제거 신호를 출력하는 심벌 간 간섭 제거 수단;

을 포함하는 시스템.

청구항 18

제 15항 내지 17항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 심벌 계열 추정 수단은 상기 수신 신호의 초회수신시만 계열을 추정하는 시스템.

청구항 19

제 15항 내지 17항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 무선 송신장치를 복수개 소유하고, 상기 반복 등화 수단은 상기 복수의 송신 장치 각각에 대하여, 안테나 간섭, 잔류 멀티패스 간섭, 및 상기 판정 심벌 점에서 소정 거리보다 떨어진 심벌에 의해 발생한 심벌 간 간섭을 반복 제거함으로써 상기 간섭 제거 신호를 출력하는 시스템.

청구항 20

제 1항에 있어서,

간섭 제거 수단은:

수신 신호를 주파수 스펙트럼의 주파수 영역 수신 신호로 변환하는 주파수 영역 변환 수단;

레퍼런스 수신 신호를 포함하는 주파수 영역 신호를 필터링하는 수신 필터 수단;

상기 레퍼런스 수신 신호에 근거해서 채널 추정을 행하고, 채널 추정치를 출력하는 채널 추정 수단;

상기 주파수 영역 신호를 상기 채널 추정치를 써서 등화하는 동시에 주파수 영역 심벌 레플리카를 이용하여 잔류 멀티패스 간섭과 심벌 간 간섭을 반복 제거해서 등화 신호를 출력하는 반복 등화 수단; 및

상기 등화 신호를 간섭 제거 신호로서의 시간 영역 등화 신호로 변환하는 시간 영역 변환 수단;

을 포함하는 무선 통신 장치.

청구항 21

제 7항에 있어서,

간섭 제거 신호는:

수신 신호를 주파수 스펙트럼의 주파수 영역 수신 신호로 변환하는 단계;

레퍼런스 수신 신호를 포함하는 주파수 영역 신호를 필터링하는 단계;

상기 레퍼런스 수신 신호에 근거해서 채널 추정을 행하고, 채널 추정치를 출력하는 단계;

상기 주파수 영역 신호를 상기 채널 추정치를 써서 등화하는 동시에 주파수 영역 심벌 레플리카를 이용하여 잔류 멀티패스 간섭과 심벌 간 간섭을 반복 제거해서 등화 신호를 출력하는 단계; 및

상기 등화 신호를 간섭 제거신호로서의 시간 영역 등화 신호로 변환하는 단계;

에 의해 얻어지는 무선 통신 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본출원은 2008년 6월 30일 출원된 일본 특허 출원 번호 제 2008-170041호에 기초하고, 이에 대해 우선권을 주장하고, 그 개시 내용은 참고로서 전체가 본명세서에 포함된다.

<2> 본발명은 싱글 캐리어 신호를 무선 전송하는 통신 시스템, 특히 간섭 제거 기능을 포함하는 무선 통신 방법 및 장치에 관한다.

배 경 기 술

<3> 차세대 이동 통신의 상향 회선에서는 단말측에 있어서 높은 송신 전력효율을 실현할 필요가 있기 때문에 무선 액세스 방식으로서 피크 전력 대 평균 전력비 (PAPR: Peak to Average Power Ratio)가 작은 싱글 캐리어(SC: Single Carrier) 전송 방식이 사용되고 있다.

<4> 또한 무선 패킷 통신에서는 수신 SINR(Signal to Interference and Noise power Ratio)에 따라서 변조 방식을 선택하는 적응 변조(AMC: Adaptive Modulation and channel Coding)가 이용되고 있다. 구체적으로는 수신

SINR가 양호하면, 전송 속도가 빠른 16 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 등의 고차 변조 방식이 선택되고, 수신 SINR이 열화하면, 내잡음성이 비교적 높은 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 등의 저차원 변조 방식이 선택된다.

<5> 그렇지만, 싱글 캐리어 신호를 이용하여 데이터 전송을 행하면, 멀티패스 간섭이 문제가 된다. 특히, 고차 변조 방식을 이용할 경우에 수신 특성열화가 현저해진다. 이 멀티패스 간섭을 억제하는 기술이 여러 가지 제안되고 있다. 예를 들면, Falconer, D., Ariyavisitakul, S. L., Benyamin-seeyar, A., and Eidson, B., "Frequency Domain Equalization for Single-Carrier Broadband Wireless Systems," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 4 (April 2002), pp. 58-66에는 싱글 캐리어 신호의 수신 장치에 있어서, 주파수 영역에서 멀티패스 간섭을 등화하는 주파수 영역 등화기가 검토되고 있다. Nakajima, A., and Adachi, F., "Iterative Frequency-domain Interference Cancellation of Inter-code Interference and Inter-antenna Interference," Technical Report of IEICE (Institute of Electronics, Information and Communication Engineers), Vol. 106, No. 555 (March 2007), pp. 61-64에는 주파수 영역 등화 후의 신호를 이용하여 멀티패스 간섭 레플리카를 생성하고, 잔류 멀티패스 간섭 성분을 주파수 영역에서 제거하는 수신 장치가 검토되고 있다. 또한, Futatsugi, Y., and Yoshida, S., "Iterative Frequency Domain Equalization for MIMO Multiplexing in Uplink Single-Carrier FDMA," in the Proceedings of IEICE Society Conference 2007, B-5-55에는 멀티패스 간섭 레플리카를 복호 후의 비트 레플리카로 생성하는 수신 장치가 검토되고 있다.

<6> 또한 심벌 간 간섭을 제거하는 기술로서는 예를 들면 일본 특허 공개 공보 제 H11-122312호에, 나이키스트 대역보다 좁은 대역 필터를 써서 송신 신호의 사용 대역을 제한하고, 수신측에 있어서 사용 대역 제한에 기인하는 심벌 간 간섭을 시간 영역의 적응 등화기에 의해 분리하는 통신 시스템이 제안되고 있다.

<7> 또한, 일본 특허 공개 공보 제 2004-530365호에 제안된 주파수 영역/시간 영역 하이브리드(hybrid)형 등화기는 트렐리스 디코드(decoding) 전의 피드백 신호로부터 생성된 오차 벡터를 써서 시간 영역 등화기 및 주파수 영역 등화기가 심벌 간 간섭을 제거한다.

<8> 상술한 것 같이, 고차 변조 방식을 이용하면, 저차원 변조 방식에 비교해서 신호 점수가 많아지고, 평균 심벌 전력에 대한 신호 점간 거리가 축소하여 수신 특성이 열화한다. 특히, 멀티패스 전파로에 있어서의 싱글 캐리어 신호의 QAM 전송에서는 잔류 멀티패스 간섭을 완전히 제거할 수 없어, 이 잔류 멀티패스 간섭의 영향에 의해 QAM 변조의 수신 특성이 크게 열화해버린다.

<9> 또한 일본 특허 공개 공보 제 H11-122312호에 개시된 시스템에서는 심벌 간 간섭을 시간 영역의 적응 등화기에 의해 분리하므로, 롤 오프 율이 작고 간섭 심벌 길이가 클 경우에, 적응 등화기의 상태수가 증대해 연산량이 커진다고 하는 어려움이 있다.

<10> 일본 특허 공개 공보 제 2004-530365호에 개시된 등화기에서는 큰 심벌 간 간섭이 생기면, 복호 전의 피드백 신호로부터 생성되는 오차 벡터의 정밀도가 열화한다. 따라서, 오차 벡터 거기에 의존한 주파수 영역 등화기 및 시간 영역의 캔슬러(canceller)에서는 충분히 심벌 간 간섭을 제거할 수 없다고 하는 어려움이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<11> 그리하여 본발명의 목적은 멀티패스 전파로에 있어서의 싱글 캐리어 신호의 전송 특성을 향상시켜 고속 무선 전송이 실현 가능해지는 무선 통신 방법 및 통신 장치를 제공하는 것에 있다.

과제 해결수단

<12> 본발명에 따르면, 나이키스트 대역의 부분 스펙트럼으로 송신되는 싱글 캐리어 신호를 수신하는 무선 통신 장치는: 판정 심벌 점에서 소정 거리보다 떨어진 심벌에 의해 발생한 심벌 간 간섭을 심벌 레플리카를 이용하여 비-송신 스펙트럼의 스펙트럼 재생에 의해 수신 신호로부터 제거하고 간섭 제거 신호를 출력하는 간섭 제거 수단; 상기 간섭 제거 신호에 기초하여 상기 판정 심벌 점에서 상기 소정 거리 이내의 근방 심벌 계열을 분리함으로써 송신 심벌 계열을 추정하고, 판정 신호를 출력하는 심벌 계열 추정 수단; 상기 판정 신호의 복호 결과로부터 상기 심벌 레플리카를 생성하고, 이 심벌 레플리카는 주파수 영역 간섭 제거 수단으로 피드백되는 레플리카 생성 수단;을 포함한다.

<13> 본발명에 따르면, 나이키스트 대역의 부분 스펙트럼으로 송신되는 싱글 캐리어 신호를 수신하는 무선 통신 방법

은: 판정 심벌 점에서 소정 거리보다 떨어진 심벌에 의해 발생한 심벌 간 간섭을 심벌 레플리카를 이용하여 비-송신 스펙트럼의 스펙트럼 재생에 의해 수신 신호로부터 제거하고 간섭 제거 신호를 출력하는 단계; 상기 간섭 제거 신호에 기초하여 상기 판정 심벌 점에서 상기 소정 거리 이내의 근방 심벌 계열을 분리함으로써 송신 심벌 계열을 추정하고, 판정 신호를 출력하는 단계; 및 상기 판정 신호의 복호 결과로부터 상기 심벌 레플리카를 생성하고, 이 심벌 레플리카는 주파수 영역 간섭 제거 수단으로 피드백되는 단계를 포함한다.

효 과

<14> 상기한 바와 같이, 본발명에 따르면, 멀티패스 전파로에 있어서 싱글 캐리어 신호의 전송 특성이 향상하고, 고속 무선 전송이 실현 가능해진다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<15> 1. 실시 형태

<16> 본발명의 실시 형태에 따르면, 송신 장치가 부분 스펙트럼 선택에 의해 송신하고, 수신 장치는 수신 신호를 복호 장치로 복호하고, 이 복호 후의 신호를 사용한 주파수 영역에서의 처리에 의한 스펙트럼 재생과 시간 영역의 처리에 의한 심벌 계열 추정에 의해 잔류 멀티패스 간섭과 부분 스펙트럼 선택에 기인하는 심벌 간 간섭이 제거된다. 후술하는 것 같이, 판정 심벌 점에서 소정거리보다 떨어진 간섭 성분의 제거는 주파수 영역에서의 스펙트럼 재생에 의해 실행되고, 판정 심벌 점에서 소정거리 이내의 근방의 간섭은 시간 영역의 심벌 계열 추정에 의해 분리된다. 이하, 상술한다.

<17> a) 부분 스펙트럼 전송

<18> 도 1(A)는 부분 스펙트럼 선택에 의해 송신했을 경우의 심벌의 임펄스 응답을 나타내는 파형도이고, 도 1(B)는 나이키스트 대역의 송신 스펙트럼에 의해 송신한 경우의 심벌의 임펄스 응답을 제시하는 파형도이다.

<19> 도 1(A)에 나타내어진 파형은 일예로서, 부분 스펙트럼 선택 지수 B=3, 롤 오프 율=0의 경우를 나타낸다. 여기서, 송신 주파수 스펙트럼을 1이라고 했을 때에, 송신 주파수 스펙트럼의 대역폭에 대한 나이키스트 대역의 대역폭의 비율을 B(1이상의 실수)로 하고, 나이키스트 대역의 중앙 1/B 대역을 송신 스펙트럼으로 한다. B > 1이면, 송신 주파수 스펙트럼은 나이키스트 대역의 중앙부분 스펙트럼(1/B)이 되고, B = 1이면 송신 주파수 스펙트럼은 나이키스트 대역이 된다. 이하, B를 부분 스펙트럼 선택 지수라고 한다.

<20> 부분 스펙트럼 전송에서는 나이키스트 대역의 주파수 스펙트럼 중 중앙 1/B 대역의 스펙트럼만을 송신하기 때문에 각 심벌의 임펄스 응답이 퍼지고, 각 심벌에 대해 심벌 간 간섭이 생긴다. 이것에 대하여, 도 1(B)에서는 나이키스트 대역의 스펙트럼 전송을 행하므로, 각 심벌 점에 있어서 다른 모든 심벌의 임펄스 응답이 널(null)점이 되어 심벌 간 간섭은 생기지 않는다.

<21> 본실시 형태에 따르면, 도 1(A)에 나타낸 바와 같은 부분 스펙트럼 전송에 기인하는 심벌 간 간섭 및 잔류 멀티패스 간섭은 주파수 영역에서의 스펙트럼 재생과 시간 영역의 심벌 계열 추정에 의해 제거한다.

<22> b) 주파수 영역에서의 스펙트럼 재생

<23> 도 2(A)는 본발명의 일실시 형태에 의한 통신 시스템에 있어서의 스펙트럼 재생법에 의한 멀티패스 간섭의 제거를 설명하기 위한 스펙트럼 도이고, 도 2(B)는 비교 예로서, 나이키스트 대역의 송신 스펙트럼에 의한 멀티패스 간섭의 제거를 설명하기 위한 스펙트럼 도이다.

<24> 도 2(A)에 나타낸 바와 같이, 본실시 형태에서는 수신 SINR가 좋을 때, 송신 장치에 있어서 저차(비교적 저차) 변조를 사용하여 광대역의 송신신호를 생성하고, 주파수 영역에서 외측 (B-1)/B의 스펙트럼을 제외하고, 중앙 1/B의 스펙트럼만을 송신한다.

<25> 수신 장치는 주파수 영역에서 송신 스펙트럼은 통상적으로 행해지는 대로 등화하여, 잔류 멀티패스 간섭을 제거한다. 송신 장치로 송신하지 않은 스펙트럼에 대해서는 수신 장치는 레플리카를 이용하여 재생하는데, 상세한 것은 후술한다.

<26> 이것에 대하여, 도 2(B)에 나타내어진 비교 예에서는 SINR가 좋을 때, 송신 장치는 고차 변조(비교적 고차)에 의해 송신 신호를 변조하고, 나이키스트 대역의 신호를 송신한다. 수신 장치는 송신 스펙트럼의 수신 신호를 등화하고, 잔류 멀티패스 간섭을 제거한다. 그렇지만, 이미 말한 것 같이, 일본 특허 공개 공보 H11-122312호

및 일본 특허 공개 공보 제 2004-530365호에 개시된 기술을 사용해도 충분한 간섭 제거를 할 수 없다.

<27> c) 시간 영역에서의 심벌 계열 추정

<28> 벡터 재생법에서는 초회의 수신시는 레플리카를 얻을 수 없기 때문에 심벌 간 간섭을 제거할 수 없어 특성이 크게 열화한다. 따라서, 본실시 형태에서는 판정 심벌 점에서 벗어난 많은 심벌의 비교적 작은 간섭은 주파수 영역에서 제거하고(스펙트럼 재생법), 심벌 간 간섭 중 전력이 지배적인 판정 심벌 점의 근방의 심벌의 심벌 간 간섭은 시간 영역에서의 계열 추정에 의해 분리한다. 여기에서, 판정 심벌의 근방 심벌(이하, 경우에 따라 '근방 심벌'로 칭함)로는 판정 심벌 점에 주는 심벌 간 간섭이 지배적이고 시간적으로 판정 심벌 점에 전후한 심벌을 말한다.

<29> 도 3은 주파수 영역에서의 스펙트럼 재생과 시간 영역의 심벌 계열 추정에 의한 간섭 제거에 대해서 설명하기 위한 부분 스펙트럼 전송시의 파형도이다. 여기에서는 도 1과 같이, B=3의 경우를 나타내고 있다.

<30> 도 3에 나타낸 바와 같이, 심벌 0을 판정 심벌 점이라고 하면, 심벌 0의 신호는 3배수 떨어진 심벌의 간섭은 받지 않지만, 그 밖의 모든 심벌의 간섭을 받는다. 특히, 판정 심벌 점에 가까운 심벌 ㅁ 1, ㅁ 2의 간섭이 크다. 그리하여 본실시 형태에 따르면, 심벌 0, ㅁ 1, ㅁ 2은 시간 영역의 계열 추정에 의해 분리하고, 심벌 ㅁ 4보다 떨어진 심벌 간섭은 주파수 영역에서의 스펙트럼 재생에 의해 제거한다. 이것에 의해 계열 추정에 필요한 연산량을 적게 억제하면서 초회의 수신시의 특성을 개선할 수 있다. 이하, 본발명의 실시 예에 대해서 구체적에 대하여 설명한다.

<31> 2. 제 1 실시 예

<32> 이하, 저차원 변조 방식으로 변조된 신호를 부분 스펙트럼 전송에 의해 송신하고, 수신 신호의 스펙트럼 재생 및 심벌 계열 추정에 의해 심벌 간섭을 제거하는 통신 시스템에 대해서 상세에 설명한다.

<33> 2. 1) 송신 장치

<34> 도 4은 본발명의 제 1 실시 예에 의한 통신 시스템에 있어서의 송신 장치의 개략적 구성을 나타내는 블록도이다. 송신 장치는 부호화부(101), 저차원 변조부(102), 주파수 영역 변환부(103), 부분 스펙트럼 선택부(협대역 송신 필터)(104), 및 시간 영역 변환부(105)를 포함한다.

<35> 부호화부(101)는 송신 정보 비트 열을 부호화하고, 부호화 비트를 인터리브(interleave)하고, 인터리브된 부호화 비트를 저차원 변조부(102)로 출력한다. 부호화에는 일반적으로 콘벌루션 부호나 터보 부호를 이용할 수 있다.

<36> 저차원 변조부(102)는 부호화부(101)로부터 입력한 부호화 비트 열을 내잡음성이 상대적으로 높은 저차원 변조 방식 (예를 들면, PSK 등)에 의해 변조하고, 저차원 변조된 신호를 주파수 영역 변환부(103)로 출력한다.

<37> 주파수 영역 변환부(103)는 저차원 변조부(102)에 의해 변조된 신호를 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환하고, 주파수 영역 신호를 부분 스펙트럼 선택부(104)로 출력한다. 주파수 영역 변환부(103)의 변환 방식으로서는 일반적으로, 이산 푸리에 변환(DFT: Discrete Fourier Transform)이나 고속 푸리에 변환(FFT: Fast Fourier Transform)를 쓸 수 있다.

<38> 부분 스펙트럼 선택부(104)는 주파수 영역 변환부(103)로부터 입력한 주파수 영역 신호, 즉 나이키스트 대역의 신호로부터 그 주파수 스펙트럼의 중앙 1/B 대역의 부분 스펙트럼을 선택하고, 선택된 부분 스펙트럼을 시간 영역 변환부(105)로 출력한다. 선택된 부분 스펙트럼에 주파수특성을 갖게 할 경우는 협대역의 송신 필터를 이용한다. 송신 필터에는 예를 들면, 나이키스트 대역의 1/B 대역의 레이즈드-코사인 롤 오프 필터를 사용할 수 있다.

<39> 시간 영역 변환부(105)는 부분 스펙트럼 선택부(104)에 의해 스펙트럼 선택된 신호를 주파수 영역에서 시간 영역으로 변환하고, 이 시간 영역 신호를 출력한다. 일반적으로 시간 영역으로의 변환에는 역 이산 푸리에 변환(IDFT: Inverse Discrete Fourier Transform)이나 역 고속 푸리에 변환(IFFT: Inverse Fast Fourier Transform)를 사용할 수 있다.

<40> 송신 장치는 부분 스펙트럼 선택부(104)에 의해 나이키스트 대역의 주파수 스펙트럼 중 중앙 1/B 대역의 스펙트럼만을 송신하기 때문에 도 1(A)에 나타낸 바와 같이, 각 심벌의 임펄스 응답이 퍼져 서로 심벌 간 간섭이 생긴다.

<41> 또한, 송신 장치를 구성하는 부호화부(101), 저차원 변조부(102), 주파수 영역 변환부(103), 부분 스펙트럼 선택부 (협대역 송신 필터)(104) 및 시간 영역 변환부(105)는 각각의 프로그램을 CPU 등의 프로그램 제어 프로세서 상에서 실행하는 것에 의해 같은 기능을 실현할 수도 있다.

<42> 2.2) 수신 장치

<43> 수신 장치는 복호 결과로부터 주파수 영역 심벌 레플리카를 생성한다. 주파수 영역에 있어서 잔류 멀티패스 간섭 제거와 부분 스펙트럼 선택에 기인하는 심벌 간 간섭 중 판정 심벌 점으로부터 떨어진 심벌 간 간섭을 제거한다. 시간 영역에 있어서 판정 심벌 점의 근방의 심벌을 계열 추정에 의해 분리한다. 특히, 부분 스펙트럼 선택에 기인하는 심벌 간 간섭 중, 초회의 수신시에 주파수 영역에서는 제거할 수 없는 판정 심벌 점의 근방의 심벌 간 간섭에 대해서는 계열 추정에 의해 시간 영역에서 분리한다. 이것에 의해 초회의 수신시의 특성을 대폭 개선할 수 있다.

<44> 도 5은 본발명의 제 1 실시 예에 의한 통신 시스템에 있어서의 수신 장치의 개략적 구성을 가리키는 블록도이다. 수신 장치는 주파수 영역 변환부(201), 수신 필터(202), 채널 추정부(203), 반복 등화부(204), 시간 영역 변환부(205), 심벌 계열 추정부(206), 복호/레플리카 생성부(207), 및 주파수 영역 변환부(208)를 포함한다.

<45> 주파수 영역 변환부(201)는 수신 신호를 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환하고, 주파수 영역 신호를 수신 필터(202)로 출력한다. 수신 필터(202)는 주파수 영역 변환부(201)로부터 입력한 주파수 영역 신호를 필터 처리하는 것으로 심벌 파형정형 및 잡음억압을 행하고, 얻어진 신호를 채널 추정부(203) 및 반복 등화부(204)로 출력한다. 수신 필터(202)에는 예를 들면, 나이키스트 대역의 1/B 대역의 레이즈드-코사인 롤 오프 필터를 사용할 수 있다.

<46> 채널 추정부(203)는 수신 필터(202)로부터 입력한 주파수 영역에서의 수신 신호로부터 레퍼런스(reference) 신호를 추출하고, 미리 설정된 레퍼런스 신호와의 상관 계산에 의해 채널 추정치를 계산한다. 그 채널 추정치는 반복 등화부(204)로 출력된다.

<47> 반복 등화부(204)는 수신 필터(202)로부터 입력한 주파수 영역에서의 수신 신호를, 채널 추정부(203)로부터 주어진 채널 추정치에 근거하는 등화 웨이트(weight)에 의해 등화한다. 또한, 반복 등화부(204)는 후술하는 주파수 영역 변환부(208)로부터 입력한 심벌 레플리카를 이용하여, 스펙트럼 재생에 의해 등화 후의 수신 신호로부터 간섭 성분을 제거하고, 간섭 제거 후의 수신 신호를 시간 영역 변환부(205)로 출력한다. 또한, 반복 등화부(204)는 후술하는 것 같이, 등화 후 채널 이득의 평균치인 등화 소망 성분을 심벌 계열 추정부(206)로 출력한다.

<48> 시간 영역 변환부(205)는 반복 등화부(204)로부터 간섭 제거 후의 신호를 입력으로서 수신하고, 그 신호를 주파수 영역에서 시간 영역으로 변환하고, 그 시간 영역의 신호를 심벌 계열 추정부(206)로 출력한다.

<49> 심벌 계열 추정부(206)는 시간 영역 변환부(205)로부터 시간 영역의 신호를 입력으로서 수신하고, 판정 심벌 점 근방의 심벌을 계열 추정에 의해 분리하고, 소프트 판정 신호를 복호/레플리카 생성부(207)로 출력한다. 심벌 계열 추정부(206)는 연산량 삭감 때문에 계열 추정을 초회의 수신시만 행하도록 구성될 수 있다.

<50> 복호/레플리카 생성부(207)는 심벌 계열 추정부(206)로부터 입력한 시간 영역의 신호를 복호하고, 그 신호를 수신 비트 열로서 출력한다. 또한, 복호/레플리카 생성부(207)는 복호 결과, 즉 복호로 의해 신뢰도가 향상한 정보 비트 및 패리티 비트를 사용하여 시간 영역의 심벌 레플리카를 생성하고, 시간 영역의 심벌 레플리카를 주파수 영역 변환부(208) 및 심벌 계열 추정부(206)로 각각 출력한다.

<51> 주파수 영역 변환부(208)는 복호/레플리카 생성부(207)로부터 입력한 심벌 레플리카를 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환하고, 주파수 영역 심벌 레플리카를 반복 등화부(204)로 출력한다.

<52> 또한, 수신 장치를 구성하는 주파수 영역 변환부(201), 수신 필터(202), 채널 추정부(203), 반복 등화부(204), 시간 영역 변환부(205), 심벌 계열 추정부(206), 복호/레플리카 생성부(207), 및 주파수 영역 변환부(208)는 각각의 프로그램을 CPU 등의 프로그램 제어 프로세서 상에서 실행하는 것에 의해 같은 기능을 실현할 수도 있다.

<53> 이하, 반복 등화부(204) 및 심벌 계열 추정부(206)에 대해서 더욱 상세하게 설명한다.

<54> 2.3) 반복 등화부

<55> 도 6은 도 5에 나타내어진 수신 장치에 있어서의 반복 등화부(204)의 상세한 기능적 구성 예를 나타내는 블록도

이다. 반복 등화부(204)는 수신 신호를 등화하는 동시에 심벌 레플리카를 이용하여 등화 신호의 잔류 멀티패스 간섭과 송신장치에서 행해진 부분 스펙트럼 선택에 기인하는 심벌 간 간섭을 제거한다.

<56> 반복 등화부(204)는 등화 웨이트 계산부(301), 등화 필터(302), 등화 후 채널 이득 생성부(303), 등화 소망 성분 생성부(304), 잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부(305), 잔류 멀티패스 간섭 제거부(306), 심벌 간 간섭 레플리카 생성부(307), 및 심벌 간 간섭 제거부(308)를 포함한다.

<57> 등화 웨이트 계산부(301)는 채널 추정부(203)로부터 채널 추정치를 입력으로서 수신하고, 등화 웨이트를 계산한다. 계산한 등화 웨이트는 등화 필터(302) 및 등화 후 채널 이득 생성부(303)로 출력된다. 등화 웨이트 계산부(301)에 의한 계산에는 일반적으로, Zero-Forcing 법, 최소평균 2승 오차법(MMSE: Minimum Mean Square Error)을 쓸 수 있다. MMSE을 사용한 경우, 송신 서브캐리어 k'(k' = 1, 2, …), 및 반복=i(i=1, 2, …)에 대한 등화 웨이트 $W^{(i)}(k')$는 다음 식 (1)으로 나타내어진다.

$$W^{(i)}(k') = \frac{H^*(k')}{\left|H(k')\right|^2 \rho^{(i)} + \sigma^2} \qquad (1)$$

<58>

<59> 여기서, H(k'), $\rho^{(i)}$, σ^2은 각각 송신 서브캐리어 k'의 채널 추정치, 반복=i의 잔류 간섭 전력계수, 잡음전력을 나타낸다. 한편, 첨자"*"는 복수 공역을 나타낸다. 또한 잔류 간섭 전력계수$\rho^{(i)}$는 다음 식 (2)으로 나타내어진다.

$$\rho^{(i)} = 1 - \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left|\hat{s}^{(i-1)}(t)\right|^2 \qquad (2)$$

<60>

<61> 여기서, T는 시간 영역의 심벌 수,

<62> $\hat{s}^{(i-1)}(t)$ 는 시간 영역의 심벌 레플리카를 나타낸다.

<63> 또한, 초회의 등화시의 잔류 간섭 전력계수$\rho^{(1)}$=1이고, 심벌 레플리카의 신뢰도가 향상하면, ρ(i)는 0으로 감소하고, 등화 웨이트는 MMSE 기준으로부터 MRC(Maximal Ratio Combining)으로 변경된 기준에 따라서 생성된다.

<64> 등화 필터(302)는 수신 필터(202)로부터 주파수 영역에서의 수신 신호를, 등화 웨이트 계산부(301)로부터 등화 웨이트를 각각 입력으로서 수신하고, 수신 신호에 등화 웨이트를 서브캐리어마다 곱하는 것에 의해 수신 신호가 송신 장치에서의 송신 스펙트럼에 대응하도록 수신 신호를 등화한다. 이 등화 후의 수신 신호를 잔류 멀티패스 간섭 제거부(306)로 출력한다.

<65> 등화 후 채널 이득 생성부(303)는 채널 추정부(203)로부터 채널 추정치를 등화 웨이트 계산부(301)로부터 등화 웨이트를 각각 입력으로서 수신하고 등화 후 채널 이득을 생성한다. 이 등화 후 채널 이득을 등화 소망 성분 생성부(304)와 잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부(305)로 출력한다.

<66> 등화 소망 성분 생성부(304)는 등화 후 채널 이득 생성부(303)로부터의 등화 후 채널 이득을 입력으로서 수신하고 등화 후 채널 이득의 평균치인 등화 소망 성분을 계산하고, 등화 소망 성분을 잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부(305), 심벌 간 간섭 레플리카 생성부(307), 및 심벌 계열 추정부(206)로 각각 출력한다. 반복=i의 등화 소망 성분 $A^{(i)}$는 다음 식 (3)으로 나타내어진다.

$$A^{(i)} = \frac{1}{K_{TX}}\sum_{k'\in K'} W^{(i)}(k')H(k') \qquad (3)$$

<67>

<68> 여기에서, K_{TX}는 송신 서브캐리어 수, K'은 송신 서브캐리어를 요소로 하는 집합을 나타낸다.

<69> 잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부(305)는 채널 이득 생성부(303)로부터 등화 후 채널 이득을, 등화 소망 성분 생성부(304)로부터 등화 소망 성분을, 주파수 영역 변환부(208)로부터 주파수 영역 심벌 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 잔류 멀티패스 간섭 레플리카를 생성한다. 생성한 잔류 멀티패스 간섭 레플리카는 잔류 멀티패스 간섭 제거부(306)로 출력된다.

<70> 잔류 멀티패스 간섭 제거부(306)는 등화 필터(302)로부터 등화 신호를, 잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부(305)로부터 잔류 멀티패스 간섭 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 등화 신호로부터 잔류 멀티패스 간섭 레플리카를 감산해서 간섭을 제거하고, 잔류 멀티패스 간섭 제거한 등화 신호를 심벌 간 간섭 제거부(308)로 출력한다. 송신 서브캐리어 k', 반복=i의 잔류 멀티패스 간섭 제거 후의 등화 신호 $\hat{R}^{(i)}(k')$는 다음 식 (4)으로 나타내어진다.

<71>
$$\hat{R}^{(i)}(k') = W^{(i)}(k')R(k') - \left(W^{(i)}(k')H(k') - A^{(i)}\right)\hat{S}^{(i-1)}(k') \qquad (4)$$

<72> 여기서, R(k')은 송신 서브캐리어 k'의 수신 신호를 나타내고,

<73> $\hat{S}^{(i-1)}(k')$ 는 송신 서브캐리어 k' 및 반복=(i-1)의 복호 후 심벌 레플리카를 나타낸다.

<74> 심벌 간 간섭 레플리카 생성부(307)는 등화 소망 성분 생성부(304)로부터 등화 소망 성분을, 주파수 영역 변환부(208)로부터 주파수 영역 심벌 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 심벌 간 간섭 레플리카를 생성한다. 생성한 심벌 간 간섭 레플리카는 심벌 간 간섭 제거부(308)로 출력된다.

<75> 심벌 간 간섭 제거부(308)는 잔류 멀티패스 간섭 제거부(306)로부터 잔류 멀티패스 간섭이 제거된 등화 신호를, 심벌 간 간섭 레플리카 생성부(307)로부터 심벌 간 간섭 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 송신 장치로 송신하지 않은 스펙트럼을 레플리카에 의해 재생하는 것에 의해 심벌 간 간섭을 제거한다. 이렇게 해서 심벌 간 간섭이 제거된 신호는 시간 영역 변환부(205)로 출력된다. 서브캐리어 k, 반복=i의 심벌 간 간섭 제거 후의 신호 $\tilde{R}^{(i)}(k)$ 는 다음 식 (5)로 나타내진다.

<76>
$$\tilde{R}^{(i)}(k) = \hat{R}^{(i)}(k) + \left(1 - G(k)\right)A^{(i)}\hat{S}^{(i-1)}(k) \qquad (5)$$

<77> 여기에서, G(k)는 주파수 영역에서의 송수신 필터 특성을 나타내고, 예를 들면, 레이즈드-코사인 롤 오프 특성을 나타낸다.

<78> 2.4) 심벌 계열 추정부

<79> 2, 4 .1) 구성

<80> 도 7은 도 5에 나타낸 수신 장치에 있어서의 심벌 계열 추정부(206)의 상세한 기능적 구성 예를 나타내는 블록도이다. 심벌 계열 추정부(206)는 근방 심벌 간 간섭 레플리카 생성부(401), 근방 심벌 간 간섭 가산부(402), 계열 추정부(403), 및 대수 우도비 계산부(404)를 포함한다.

<81> 근방 심벌 간 간섭 레플리카 생성부(401)는 반복 등화부(204)로부터 등화 소망 성분을, 복호/레플리카 생성부(207)로부터 시간 영역의 심벌 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 판정 심벌 점의 근방의 심벌들의 심벌 간 간섭의 레플리카인 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 생성한다. 생성된 근방 심벌 간 간섭 레플리카는 근방 심벌 간 간섭 가산부(402)로 출력된다.

<82> 근방 심벌 간 간섭 가산부(402)는 시간 영역 변환부(205)로부터 간섭 제거 신호를, 근방 심벌 간 간섭 레플리카 생성부(401)로부터 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 간섭 제거 신호에 근방 심벌 간 간섭 레플리카를 가산하고, 얻어진 신호를 계열 추정부(403)로 출력한다. 다시 말해, 반복 등화부(204)에서 제거된 심벌 간 간섭 중 판정 심벌 점의 근방의 심벌 간 간섭을 간섭 제거 신호에 다시 더하고, 근방 심벌 간 간섭을 다시 더한 신호를 계열 추정부(403)로 출력한다. 한편, 초회의 수신시는 반복 등화부(204)에 의해 심벌 간 간섭은 제거되지 않으므로, 근방 심벌 간 간섭 가산부(402)에 있어서 근방 심벌 간 간섭을 다시 더하는 처리를 실행하지 않도록 제어된다.

<83> 계열 추정부(403)는 근방 심벌 간 간섭 가산부(402)로부터 근방 심벌 간 간섭을 다시 더한 신호를 입력으로서 수신하고, 판정 심벌 점의 근방의 심벌을 계열 추정에 의해 분리하는 것으로 가장 확실한 듯한 송신 심벌 계열을 선택한다. 이후 계열 추정부(403)는 선택된 송신 심벌 계열에 관한 우도 정보를 대수 우도비 계산부(404)로 출력한다. 계열 추정부(403)에는 MAP(Maximum a Posteriori Probability) 알고리즘, 소프트 출력 비터비 알고리즘(SOVA: Soft Output Viterbi Algorithm) 등을 쓸 수 있다. SOVA은 MAP 알고리즘의 지수계산, 가산 및 대수계산을 가산, 비교 처리 및 선택 처리(ACS: Add-Compare-Select)로 각각 치환한 간략방식이고, 등화나 복호처리에 널리 사용되고 있다.

<84> 2. 4. 2) 동작

<85> 이하, 계열 추정부(403)에 SOVA를 사용했을 경우의 계열 추정 동작에 대하여 설명한다. 여기에서는 변조 방식에 BPSK(Binary Phase Shift Keying)를 가정하고, 변조 심벌 $S_n \in (1, -1)$로 하고 메모리 길이(L)의 트렐리스에 있어서의 시간 n의 각 상태인 S_n를 $S_n = (s_{n-L+1}, s_{n-L+2}, \cdots, s_n)$이라고 정의한다.

<86> 도 8은 L=4(상태수 16)이라고 했을 경우의 계열 추정부(403)의 트렐리스 상태변이도이다. 도 8은 도 3에 나타내어진 계열 추정 처리에 대응하고 있고, 상태 S_{n-1}= (심벌 -2, 심벌 -1, 심벌 0, 심벌 1)로부터 상태 S_n=(심벌 -1, 심벌 0, 심벌 1, 심벌 2)로의 트렐리스 상태변이를 나타내고 있다. 한편, 사용되는 변조 방식으로서 QPSK을 가정해도 마찬가지로 트렐리스 상태변이 도를 그릴 수 있다.

<87> 도 8에 있어서, 최신의 심벌 2이 "1"인 변이는 실선에서 나타내고, "-1"인 변이는 파선으로 나타낸다. 비타비 알고리즘에 있어서의 상태 S_n의 생존 패스의 우도는 다음 식 (6)으로 나타내어진다.

$$\Gamma(S_n) = \min_{\{S_{n-1}\}} \left(\Gamma(S_{n-1}) + \lambda(S_{n-1}, S_n) \right) \qquad (6)$$

<88>

<89> 여기서, $\lambda(S_{n-1}, S_n)$는 상태 S_{n-1}, S_n의 가지(branch) 우도를 나타내고, 다음 식 (7)으로 나타내어진다.

$$\lambda(S_{n-1}, S_n) = \left| r_{n-L/2} - A^{(i)} \sum_{j=0}^{L} g_{j-L/2} s_{n-j} \right|^2 \Big/ 2\sigma^2 \qquad (7)$$

<90>

<91> 여기서, $r_{n-L/2}$은 근방 심벌 간 간섭을 다시 더한 신호이고, $g_{j-L/2}$은 각 심벌의 임펄스 응답이다. $g_{j-L/2}$은 예를 들면 롤 오프 율 α의 레이즈드-코사인 롤 오프 특성을 나타내고, 다음 식 (8)으로 나타내어진다.

$$g_j = \frac{\sin \pi(j/B)}{\pi(j/B)} \frac{\cos \alpha\pi(j/B)}{1 - \left(2\alpha(j/B)\right)^2} \qquad (8)$$

<92>

<93> 단, 실제로 시간 영역 변환한 신호에는 반환이 생긴다. 따라서 상기 식 (8)로부터 g_j를 구하는 방법의 이외에, 레이즈드-코사인 롤 오프 특성을 시간 영역 변환해서 g_j를 구하는 방법도 고려된다.

<94> 초회의 수신 때는 반복 등화부(204)에서 심벌 간 간섭은 제거되지 않는다. 따라서, 지연 판정 피드백 계열 추정(DDFSE: delayed decision feedback sequence estimator)을 사용하여, 과거의 심벌 간 간섭을 판정 심벌에 의해 제거하는 구성도 고려된다. DDFSE를 사용한 경우의 상태 S_{n-1}, S_n의 가지 우도는 다음 식 (9)으로 나타내어진다.

$$\lambda(S_{n-1}, S_n) = \left| r_{n-L/2} - A^{(i)} \sum_{j=0}^{L} g_{j-L/2} s_{n-j} - A^{(i)} \sum_{j=L+1}^{L'} g_{j-L/2} \hat{s}_{n-j} \right|^2 \Big/ 2\sigma^2 \qquad (9)$$

<95>

<96> 여기에서, L '은 판정 심벌을 사용하여 간섭이 제거되는 심벌의 길이,

<97> $\hat{s}_{n-i}$ 는 상태 S_{n-1}의 생존 패스의 심벌 계열을 나타낸다. 또한, 시간 영역 변환부(205)의 출력은 순회 신호이기 때문에 계열 추정을 복수회 순회해서 행하는 것에 의해, 미래의 심벌 간 간섭도 전회의 판정 심벌로 제거할 수 있다.

<98> 대수 우도비 계산부(404)는 계열 추정부(403)로부터 송신 심벌 계열에 관한 우도 정보를 입력해서 각 비트의 대수 우도비를 계산하고, 각 비트의 대수 우도비를 소프트 판정 신호로서 복호/레플리카 생성부(207)로 출력한다. 시각 (n-L)에서의 비트 p의 대수 우도비는 생존 후보 패스의 우도 정보를 이용하여 다음 식 (10)으로 나타내어진다.

$$L(b_{n-L,p}) = \min_{\{S_{n-1},S_n\}|b_{n-L,p}=-1} \left(\Gamma(S_{n-1}) + \lambda(S_{n-1},S_n)\right) - \min_{\{S_{n-1},S_n\}|b_{n-L,p}=1} \left(\Gamma(S_{n-1}) + \lambda(S_{n-1},S_n)\right) \quad (10)$$

<99>

<100> 또한 심벌 계열 추정부(206)는 복호/레플리카 생성부(207)로부터 복호기 외부 정보를 입력으로서 수신하고, 계열 추정부(403)에 있어서 복호기 외부 정보를 사전정보로서 사용하는 것에 의해 계열 추정의 정밀도를 향상시킬 수 있다. 이 경우, 대수 우도비 계산부(404)의 출력측에 감산기(405)를 추가하고, 복호기 외부 정보를 감산한다. 구체적 동작은 다음과 같다.

<101> 계열 추정부(403)는 근방 심벌 간 간섭 가산부(402)로부터 근방 심벌 간 간섭을 다시 더한 신호를, 복호/레플리카 생성부(207)로부터 복호기 외부 정보(사전정보)를 각각 입력으로서 수신하고, 판정 심벌 점의 근방의 심벌을 계열 추정에 의해 분리하고, 가장 확실한 듯한 송신 심벌 계열을 선택한다. 계열 추정부(403)는 선택된 송신 심벌 계열에 관한 우도 정보를 대수 우도비 계산부(404)로 출력한다. 상태 S_{n-1}, S_n의 가지 우도는 시각 (n-L/2)에서의 심벌의 사전정보를 이용하여, 다음 식 (11)으로 나타내어진다.

$$\lambda(S_{n-1},S_n) = \left| r_{n-L/2} - A^{(i)} \sum_{j=0}^{L} g_{j-L/2} s_{n-j} \right|^2 \Big/ 2\sigma^2 - L(s_{n-L/2}) \quad (11)$$

<102>

<103> 여기서, 시각(n-L/2)에서의 심벌의 사전정보 $L(s_{n-L/2})$는 심벌을 구성하는 비트가 "1"인 비트의 대수 우도비를 가산하는 것에 의해 다음 식 (12)에서 계산된다.

$$L(s_{n-L/2}) = \frac{\prod_p P\left(b_{n-L/2,p} = s_{n-L/2}(p)\right)}{\prod_p P\left(b_{n-L/2,p} = -1\right)} = \sum_{s_{n-L/2}(p)=1} L(b_{n-L/2,p}) \quad (12)$$

<104>

<105> 감산기(405)는 대수 우도비 계산부(404)로부터 각 비트의 대수 우도비를, 복호/레플리카 생성부(207)로부터 복호기 외부 정보(사전정보)를 각각 입력으로서 수신하고, 그 차이를 계산한다. 이렇게 해서 사전정보를 뺀 각 비트의 대수 우도비를 소프트 판정 신호로서 복호/레플리카 생성부(207)로 출력한다.

<106> 이상의 설명에서는 심벌 계열 추정부(206)의 처리를 복소수 연산에서 행하는 것을 상정하고 있다. 하지만, 시간 영역 변환부(205)로부터 공급되는 신호는 채널 위상동기가 설정되어 있기 때문에, 예를 들면, QPSK 신호에서는 복소평면 상에서 I 축과 Q 축에 대한 심벌 간 간섭을 포함하는 신호는 직교하고 있다. 그 때문에 계열 추정을 I 축과 Q 축에서 독립적인 실수 연산으로 행할 수 있다. 따라서 트렐리스 상태수를 대폭 삭감할 수 있다. 상태 S_{n-1}, S_n의 I 축의 가지 우도는 다음 식 (13)으로 나타내어진다.

$$\lambda_I(S_{n-1},S_n) = \left(\mathrm{Re}[r_{n-L/2}] - \frac{A^{(i)}}{\sqrt{2}} \sum_{j=0}^{L} g_{j-L/2} s'_{n-j} \right)^2 \Big/ \sigma^2 \quad (13)$$

<107>

<108> 여기서, 변조 심벌 $s'n \in (1, -1)$는 QPSK 신호를 I 축으로 투영하여 얻어진 BPSK 신호이다. Q 축의 가지 우도도 마찬가지로 계산할 수 있다.

<109> 2.5) 복호/레플리카 생성부

<110> 도 9은 도 5에 나타내어진 수신 장치에 있어서의 복호/레플리카 생성부(207)의 상세한 기능적 구성 예를 나타내는 블록도이다. 복호/레플리카 생성부(207)는 디-인터리버(de-interleaver)(501), 복호기(502), 인터리버(503) 및 심벌 레플리카 생성부(504)를 포함한다.

<111> 디-인터리버(501)는 심벌 계열 추정부(206)로부터 소프트 판정 신호를 입력으로서 수신하고, 각 비트의 대수 우도비를 디-인터리버하고, 디-인터리버한 대수 우도비를 복호 기(502)로 출력한다.

<112> 복호기(502)는 디-인터리버(501)로부터 입력한 각 비트의 대수 우도비의 복호처리를 행하고, 복호에 의해 신뢰도가 향상한 정보 비트 및 패리티 비트의 대수 우도비를 인터리버(503)로 출력한다.

<113> 인터리버(503)는 복호기(502)로부터 복호 후의 각 비트의 대수 우도비를 입력으로서 수신하고, 각 비트의 대수

우도비를 인터리브하고, 인터리브한 대수 우도비를 심벌 레플리카 생성부(504)로 출력한다.

<114> 심벌 레플리카 생성부(504)는 인터리버(503)로부터 각 비트의 대수 우도비를 입력으로서 수신하고 심벌 레플리카를 생성하고, 생성된 심벌 레플리카를 주파수 영역 변환부(208)로 출력한다. 반복=(i-1)에 대한 시간 영역 심벌 t의 심벌 레플리카 $\hat{s}^{(i-1)}(t)$ 는 예를 들면, 변조 방식이 QPSK의 경우, 다음 식 (14)로 나타내어진다.

$$\hat{s}^{(i-1)}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}}\hat{b}^{(i-1)}(2t) + j\frac{1}{\sqrt{2}}\hat{b}^{(i-1)}(2t+1) \qquad (14)$$

<115>

<116> 또한 예를 들면, 변조 방식이 16 QAM의 경우, 다음 식 (15)으로 나타내어진다.

$$\hat{s}^{(i-1)}(t) = \frac{1}{\sqrt{10}}\hat{b}^{(i-1)}(4t)\left(2-b^{(i-1)}(4t+2)\right) + j\frac{1}{\sqrt{10}}\hat{b}^{(i-1)}(4t+1)\left(2-b^{(i-1)}(4t+3)\right) \qquad (15)$$

<117>

<118> 여기에서, $\hat{b}^{(i-1)}(p)$ 는 심벌을 구성하는 비트 p의 비트 레플리카를 나타내고, 다음 식 (16)으로 나타내어진다.

$$\hat{b}^{(i-1)}(p) = \tanh\left(\frac{b^{(i-1)}(p)}{2}\right) \qquad (16)$$

<119>

<120> 여기서, $b^{(i-1)}(p)$는 비트 p의 대수 우도비를 나타낸다.

<121> 또한 복호/레플리카 생성부(207)는 감산기(505) 및 인터리버(506)를 추가로 구비하고, 상술한 것 같이, 필요에 따라서 복호기 외부 정보를 생성해 심벌 계열 추정부(206)로 출력할 수도 있다.

<122> 감산기(505)는 디-인터리버(501)로부터 입력한 각 비트의 대수 우도비와 복호기(502)로부터 입력한 복호 후의 각 비트의 대수 우도비와의 차이를 계산하는 것으로 복호자 외부 정보를 추출한다. 인터리버(506)는 감산기(505)로부터 입력한 각 비트의 복호자 외부 정보를 인터리브하고, 인터리브한 복호기 외부 정보를 심벌 계열 추정부(206)로 출력한다.

<123> 2.6) 효과

<124> 상술한 것 같이, 본발명의 제 1 실시 예에 따르면, 수신 SINR가 좋을 때에 신호 점간 거리가 비교적 작은 고차 변조를 사용하지 않고, 신호 점간 거리가 비교적 큰 저차원 변조를 사용하고, 광대역에 생성된 스펙트럼의 일부(부분 스펙트럼)를 선택해서 송신한다. 비-송신 스펙트럼에 의한 심벌 간 간섭은 수신 장치로 간섭 제거 혹은 계열 추정에 의해 분리된다. 따라서, 종래와 같은 주파수이용 효율로 잔류 멀티패스 간섭에 강한 싱글 캐리어 신호의 고속 무선 전송을 실현할 수 있다.

<125> 3. 제 2 실시 예

<126> 상술한 제 1 실시 예에서는 부분 스펙트럼 전송을 써서 SISO(Single Input Single Output) 통신을 행하는 경우를 예시했다. 하지만, 본발명은 이것에 한정되는 것이 아니다. 다음에 설명하는 것 같이, 부분 스펙트럼 전송을 써서 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 다중통신을 행할 경우에도 적용할 수도 있다. 차세대이동 통신의 상향 회선으로는 셀 스루풋(throughput)의 향상 때문에 멀티유저 MIMO 통신이 기대되고 있다. 멀티유저 MIMO 통신에서는 복수의 유저가 동일 주파수에서 동시에 데이터 신호를 송신한다.

<127> 도 10은 멀티유저 MIMO 통신 시스템의 구성을 나타내는 블록도이다. 동시 송신 유저수 혹은 송신 안테나 수를 M(M은 2이상의 정수)이라고 하면, 유저의 송신 장치(1001-1~1001-M)는 각각의 정보 비트 계열을 각각 오류 정정 부호화해서 변조한다. 유저의 송신 안테나(1002-1~1002-M)는 각각의 유저의 변조된 신호를 무선송신한다. 수신 안테나(1003-1~1003-N)는 각각의 유저의 송신 암호의 다중신호를 수신한다. 수신 장치(1004)는 각각의 유저의 데이터 신호를 분리해서 복조하고, 오류 정정 복호를 행하고, 수신 비트 열을 출력한다.

<128> 도 10에 나타내어진 본실시 예에 의한 멀티유저 MIMO 통신 시스템에서는 각 유저의 송신 장치(1001-1~1001-M)는 도 4에 나타내어진 송신 장치와 같은 구성을 포함하는 것으로 한다. 다시 말해, 상술한 것 같이, 정보 비트를 부호화, 저차원 변조하고, 주파수 영역 신호로 변환한 후, 부분 스펙트럼 선택 혹은 협대역의 송신 필터

처리를 행하고, 시간 영역의 신호로 변환하는 것에 의해 송신 신호를 생성한다.

<129> 수신 장치(1004)는 안테나 수신 신호를 주파수 영역 신호로 변환하고, 주파수 영역에서의 처리에 의해 채널을 추정하고, 수신 신호를 등화하고, 등화 신호를 시간 영역의 신호로 변환해서 복호한다. 또한, 수신 장치(1004)는 각각의 복호 결과에 기초하여 주파수 영역 심벌 레플리카를 생성하고, 주파수 영역에 있어서 안테나 간섭, 멀티패스 간섭과 부분 스펙트럼 선택에 기인하는 심벌 간 간섭 중 판정 심벌 점에서 벗어난 심벌의 심벌 간 간섭을 제거한다. 수신 장치(1004)는 멀티패스 간섭과 부분 스펙트럼 선택에 기인하는 심벌 간 간섭 중 시간 영역에 있어서의 판정 심벌 점의 근방의 심벌을 계열 추정에 의해 분리한다. 이하, 상술한다.

<130> 3.1) 수신 장치

<131> 도 11은 본발명의 제 2 실시 예에 의한 수신 장치의 개략적 구성을 나타내는 블록도이다. 수신 장치(1004)는 주파수 영역 변환부(1101-1~1101-N), 수신 필터(1102-1~1102-N), 채널 추정부(1103), 반복 MIMO 등화부(1104), 시간 영역 변환부(1105-1~1105-M), 심벌 계열 추정부(1106-1~1106-M), 복호/레플리카 생성부(1107-1~1107-M), 및 주파수 영역 변환부(1108-1~1108-M)를 포함한다.

<132> 주파수 영역 변환부(1101-1~1101-N)는 각각 안테나 수신 신호를 입력으로서 수신하고, 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환한 후, 주파수 영역 신호를 수신 필터(1102-1~1102-N)로 각각 출력한다.

<133> 수신 필터(1102-1~1102-N)는 주파수 영역 변환부(1101-1~1101-N)로부터 주파수 영역에서의 수신 신호를 각각 입력으로서 수신하고, 필터 처리에 의해 심벌 파형정형과 잡음억압을 행하고, 각각의 얻어진 신호를 채널 추정부(1103) 및 반복 MIMO 등화부(1104)로 각각 출력한다. 수신 필터(1102-1~1102-N)에는 예를 들면, 나이키스트 대역의 1/B 대역의 레이즈드-코사인 롤 오프 필터를 사용할 수 있다.

<134> 채널 추정부(1103)는 수신 필터(1102-1~1102-N)로부터 주파수 영역에서의 레퍼런스 수신 신호를 입력으로서 수신하고, 소정의 레퍼런스 신호와의 상관 관계를 계산함으로써 송수신 안테나 간의 채널 추정치를 계산한다. 계산된 채널 추정치는 반복 MIMO 등화부(1104)로 출력된다.

<135> 반복 MIMO 등화부(1104)는 수신 필터(1102-1~1102-N)의 각각으로부터 주파수 영역에서의 수신 신호를, 채널 추정부(1103)로부터 채널 추정치를, 주파수 영역 변환부(1108-1~1108-M)의 각각으로부터 대응하는 송신 안테나의 심벌 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 등화 및 간섭 제거를 행한다. 다시 말해, 송수신 안테나 간의 채널 추정치인 상응하는 채널 추정치에 근거해서 계산된 등화 웨이트를 사용하여 안테나 수신 신호를 등화한다. 이후, 각 송신 안테나의 심벌 레플리카를 이용하여 수신 신호로부터 안테나 간섭을 제거하고, 잔류 멀티패스 간섭 및 부분 스펙트럼 전송에 기인하는 심벌 간 간섭 중 판정 심벌 점에서 벗어난 심벌의 심벌 간 간섭을 제거한다. 이렇게 해서 간섭 제거된 신호가 시간 영역 변환부(1105-1~1105-M)로 각각 출력된다.

<136> 시간 영역 변환부(1105-1~1105-M)는 반복 MIMO 등화부(1104)로부터 간섭 제거 후의 신호를 각각 입력으로서 수신하고, 주파수 영역에서 시간 영역으로 변환한 후, 시간 영역의 신호를 심벌 계열 추정부(1106-1~1106-M)로 각각 출력한다.

<137> 심벌 계열 추정부(1106-1~1106-M)는 시간 영역 변환부(1105-1~1105-M)로부터 시간 영역의 신호를 각각 입력으로서 수신하고, 판정 심벌 점의 근방의 심벌을 계열 추정에 의해 분리하고, 소프트 판정 신호를 복호/레플리카 생성부(1107-1~1107-M)로 각각 출력한다. 한편, 심벌 계열 추정부(1106-1~1106-M)는 연산량 삭감 때문에, 계열 추정을 초회의 수신시에만 행하도록 구성될 수 있다.

<138> 복호/레플리카 생성부(1107-1~1107-M)은 심벌 계열 추정부(1106-1~1106-M)로부터 시간 영역의 신호를 각각 복호하고, 수신 비트 열로서 출력한다. 또한, 복호/레플리카 생성부(1107-1~1107-M)는 복호로 의해 신뢰도가 향상한 정보 비트 및 패리티 비트를 사용하여 시간 영역의 심벌 레플리카를 생성하고, 주파수 영역 변환부(1108-1~1108-M)로 출력한다.

<139> 주파수 영역 변환부(1108-1~1108-M)는 복호/레플리카 생성부(1107-1~1107-M)로부터 시간 영역의 심벌 레플리카를 입력으로서 수신하고, 그것을 주파수 영역으로 변환한 후, 그 주파수 영역 심벌 레플리카를 반복 MIMO 등화부(1104)로 출력한다.

<140> 3.2) 반복 MIMO 등화부

<141> 도 12는 도 11에 나타내어진 수신 장치에 있어서의 반복 MIMO 등화부(1104)의 상세한 기능적 구성을 나타내는 블록도이다. 반복 MIMO 등화부(1104)는 안테나 간섭 레플리카 생성부(1201), 안테나 간섭 제거부(1202), 등화

웨이트 계산부(1203), 등화 필터(1204), 등화 후 채널 이득 생성부(1205), 등화 소망 성분 생성부(1206), 잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부(1207), 잔류 멀티패스 간섭 제거부(1208), 심벌 간 간섭 레플리카 생성부(1209), 및 심벌 간 간섭 제거부(1210)를 포함한다.

<142> 안테나 간섭 레플리카 생성부(1201)는 채널 추정부(1103)로부터 채널 추정치를 입력으로서 수신하고, 주파수 영역 변환부(1108-1~1108-M)로부터 각 송신 안테나의 심벌 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 안테나 간섭 레플리카를 생성해서 안테나 간섭 제거부(1202)로 출력한다.

<143> 안테나 간섭 제거부(1202)는 수신 필터(1102-1~1102-N)로부터 주파수 영역에서의 수신 신호를, 안테나 간섭 레플리카 생성부(1201)로부터 안테나 간섭 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 수신 신호로부터 안테나 간섭 레플리카를 감산해서 간섭을 제거하고, 안테나 간섭 제거한 신호를 등화 필터(1204)로 출력한다. 송신 안테나 m(=1, 2 ,…, M), 송신 서브캐리어 k', 반복=i에 대한 안테나 간섭 제거 후의 수신 신호 벡터 $Rm^{(i)}$ (k')는 다음 식 (17)으로 나타내어진다.

$$\mathbf{R}_m^{(i)}(k') = \mathbf{R}(k') - \sum_{m'=1, m' \neq m}^{M} \mathbf{H}_{m'}(k') \hat{S}_{m'}^{(i-1)}(k') \qquad (17)$$

<144>

<145> 여기서, R(k')은 송신 서브캐리어 k'의 안테나 수신 신호 벡터를 나타내고, Hm (k')은 송신 서브캐리어 k', 송신 안테나 m의 채널 추정치 벡터를 나타내고,

<146> $\hat{S}_m^{(i-1)}(k')$ 는 송신 안테나 m, 송신 서브캐리어 k', 반복=(i-1)의 복호 후 심벌 레플리카를 나타낸다.

<147> 등화 웨이트 계산부(1203)는 채널 추정부(1103)로부터 채널 추정치를 입력으로서 수신하고, 등화 웨이트를 계산해서 등화 필터(1204) 및 등화 후 채널 이득 생성부(1205)로 각각 출력한다. 등화 웨이트 계산부(1203)에 의한 계산에는 일반적으로, Zero-Forcing 법, 최소평균 2승 오차법 (MMSE: Minimum Mean Square Error)을 사용할 수 있다. MMSE을 사용한 경우, 송신 안테나 m, 송신 서브캐리어 k', 반복=i의 등화 웨이트 벡터 $Wm^{(i)}$ (k')는 다음 식 (18)으로 나타내어진다.

$$\mathbf{W}_m^{(i)}(k') = \mathbf{H}_m^H(k') \left[\mathbf{H}(k') \mathbf{P}^{(i)} \mathbf{H}^H(k') + \sigma^2 \mathbf{I} \right]^{-1} \qquad (18)$$

<148>

<149> 여기서, H(k')는 송신 서브캐리어 k'의 채널 추정치의 행렬을 나타내고, $P^{(i)}$는 반복=i의 잔류 간섭 전력의 행렬을 나타내고, I 은 단위행렬을 나타낸다. 단, 위첨자 H는 에르미트(Hermite) 전치(transposition)를 나타낸다. 또한, 잔류 간섭 전력 행렬 $P^{(i)}$는 다음 식 (19)으로 나타내어진다.

$$\mathbf{P}^{(i)} = diag[\rho_1^{(i)}, \ldots, \rho_M^{(i)}] \qquad (19)$$

<150>

<151> 여기서, $\rho_m^{(i)}$는 송신 안테나 m의 잔류 간섭 전력계수이고, 다음 식 (20)으로 나타내어진다.

$$\rho_m^{(i)} = 1 - \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T} \left| \hat{s}_m^{(i-1)}(t) \right|^2 \qquad (20)$$

<152>

<153> 여기서,

<154> $\hat{s}_m^{(i-1)}(t)$ 는 송신 안테나 m의 시간 영역 심벌 레플리카를 나타낸다. 한편, 초회의 등화시의 잔류 간섭 전력계수 $\rho_m^{(1)}$=1이다.

<155> 등화 필터(1204)는 안테나 간섭 제거부(1202)로부터 안테나 간섭 제거한 신호를, 등화 웨이트 계산부(1203)로부터 등화 웨이트를 각각 입력으로서 수신하고, 안테나 간섭 제거 신호에 등화 웨이트를 서브캐리어마다 곱하고, 이에 의해 송신 장치로 송신한 스펙트럼에 대응하는 수신 신호를 등화한다. 이렇게 해서 등화된 신호가 잔류 멀티패스 간섭 제거부(1208)로 출력된다.

<156> 등화 후 채널 이득 생성부(1205)는 채널 추정부(1103)로부터 채널 추정치를, 등화 웨이트 계산부(1203)로부터

등화 웨이트를 각각 입력으로서 수신하고, 등화 후 채널 이득을 생성해서 등화 소망 성분 생성부(1206) 및 잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부(1207)로 각각 출력한다.

<157> 등화 소망 성분 생성부(1206)는 등화 후 채널 이득 생성부(1205)로부터 등화 후 채널 이득을 입력으로서 수신하고, 등화 후 채널 이득의 평균치인 등화 소망 성분을 계산하고, 계산된 등화 소망 성분을 잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부(1207) 및 심벌 간 간섭 레플리카 생성부(1209)로 각각 출력한다. 송신 안테나 m, 반복=i의 등화 소망 성분 $Am^{(i)}$는 다음 식 (21)으로 나타내어진다.

$$A_m^{(i)} = \frac{1}{K_{TX}} \sum_{k' \in K'} \mathbf{W}_m^{(i)}(k') \mathbf{H}_m(k') \qquad (21)$$

<158>

<159> 잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부(1207)는 등화 후 채널 이득 생성부(1205)로부터 등화 후 채널 이득을, 등화 소망 성분 생성부(1206)로부터 등화 소망 성분을, 주파수 영역 변환부(1108-1~1108-M)로부터 각 송신 안테나의 심벌 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 잔류 멀티패스 간섭 레플리카를 생성하고 이를 잔류 멀티패스 간섭 제거부(1208)로 출력한다.

<160> 잔류 멀티패스 간섭 제거부(1208)는 등화 필터(1204)로부터 등화 신호를, 잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부(1207)로부터 잔류 멀티패스 간섭 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 등화 신호로부터 잔류 멀티패스 간섭 레플리카를 감산함으로써 간섭을 제거한다. 이렇게 해서 잔류 멀티패스 간섭이 제거된 등화 신호가 심벌 간 간섭 제거부(1210)로 출력된다. 송신 안테나 m, 송신 서브캐리어 k', 반복=i에 대한 잔류 멀티패스 간섭 제거 후의 등화 신호는 다음 식 (22)으로 나타내어진다.

$$\hat{R}_m^{(i)}(k') = \mathbf{W}_m^{(i)}(k') \mathbf{R}_m^{(i)}(k') - \left(\mathbf{W}_m^{(i)}(k') \mathbf{H}_m(k') - A_m^{(i)} \right) \hat{S}_m^{(i-1)}(k') \qquad (22)$$

<161>

<162> 심벌 간 간섭 레플리카 생성부(1209)는 등화 소망 성분 생성부(1206)로부터 등화 소망 성분을, 주파수 영역 변환부(1108-1~1108-M)로부터 각 송신 안테나의 심벌 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 심벌 간 간섭 레플리카를 생성하고 이를 심벌 간 간섭 제거부(1210)로 출력한다.

<163> 심벌 간 간섭 제거부(1210)는 잔류 멀티패스 간섭 제거부(1208)로부터 멀티패스 간섭 제거된 등화 신호를, 심벌 간 간섭 레플리카 생성부(1209)로부터 심벌 간 간섭 레플리카를 각각 입력으로서 수신하고, 송신 장치로 송신하지 않은 스펙트럼을 레플리카에 의해 재생하는 것에 의해 심벌 간 간섭을 제거한다. 이렇게 해서 심벌 간 간섭이 제거된 신호가 시간 영역 변환부(1105-1~1105-M)로 각각 출력된다. 송신 안테나 m, 서브캐리어 k, 반복=i에 대한 심벌 간 간섭 제거 후의 신호 $\tilde{R}_m^{(i)}(k)$ 는 다음 식 (23)으로 나타내진다.

$$\tilde{R}_m^{(i)}(k) = \hat{R}_m^{(i)}(k) + \left(1 - G(k)\right) A_m^{(i)} \hat{S}_m^{(i-1)}(k) \qquad (23)$$

<164>

<165> 심벌 계열 추정부(1106-1~1106-M) 및 복호/레플리카 생성부(1107-1~1107-M)의 상세한 구성은 도 7 및 도 9에 각각 나타낸 블록도와 기본적으로 같다. 또한, 그것들의 동작도 제 1 실시 예에 있어서의 심벌 계열 추정부(206) 및 복호/레플리카 생성부(207)와 같다.

<166> 3.3) 효과

<167> 이상의 구성에 의해, 본발명의 제 2 실시 예에 따르면, 수신 SINR가 좋을 때에 신호 점간 거리가 비교적 작은 고차 변조를 사용하지 않고, 신호 점간 거리가 비교적 큰 저차 변조를 써서 광대역에 생성된 스펙트럼의 일부를 송신하고, 비-송신 스펙트럼에 의한 심벌 간 간섭을 수신 장치로 간섭 제거 혹은 계열 추정에 의해 분리한다. 이것에 의해, 주파수이용 효율을 유지한 채, 잔류 안테나 간섭 및 잔류 멀티패스 간섭에 강한 싱글 캐리어 신호의 고속 무선 MIMO 전송을 실현가능하다.

<168> 또한, 본실시 예에서는 송신 안테나 신호의 복조, 복호, 간섭 제거를 병렬 처리에 의해 행하는 구성을 제시했지만, 송신 안테나 신호의 수신 전력 혹은 수신 품질에 근거해 순서를 매기고, 복조, 복호, 간섭 제거를 직렬처리에 의해 행하는 구성도 생각되고, 그러한 구성도 본발명에 포함된다.

<169> 또한 본실시 예에서는 멀티유저 MIMO 통신을 예로 들었지만, 단일 유저가 복수의 송신장치 (혹은 송신 안테나)를 구비하고, 각 송신 안테나로부터 다른 데이터 신호를 송신으로 하는 싱글 유저 MIMO 통신을 행할 경우도 본

발명에 포함된다.

<170> 또한, 본실시 예에서는 각 안테나 신호는 개별로 오류 정정 부호화, 변조를 행하고 있지만, 모든 안테나 신호로 공통적으로 오류 정정 부호화, 변조를 행하는 구성도 생각되고, 그러한 구성도 본발명에 포함된다.

<171> 또한 상술한 제 1 실시 예에서는 복호 후의 각 비트의 대수 우도비를 이용하여 소프트 판정 레플리카를 생성하고, 잔류 멀티패스 간섭 및 심벌 간 간섭을 제거하고, 또한 제 2 ○실시 예에서는 안테나 간섭도 제거한다. 하지만, 복호 후의 각 비트의 하드(hard) 판정 값을 써서 하드(hard) 판정 레플리카를 생성하는 구성도 생각되고, 그러한 구성도 본발명에 포함시킨다. 또한, 복호를 통하지 않고, 복조 신호로부터 레플리카를 생성하는 구성도 생각되고, 그러한 구성도 본발명에 포함된다. 또한, 복호기의 외부 정보를 이용하여 소프트 판정 레플리카를 생성하는 구성도 생각되고, 그러한 구성도 본발명에 포함된다.

산업이용 가능성

<172> 본발명은 싱글 캐리어 신호의 무선송수신장치에 적용가능하다.

<173> 본발명은 본발명의 사상 또는 기본적 특징을 벗어남 없이 다른 특정 형태로 구체화될 수 있다. 상기한 실시 형태 및 실시예는 따라서 모두 예시적인 것이지 제한적인 것이 아니며, 본발명의 범위는 상기한 설명이 아닌 첨부된 청구범위에 의해 나타내어지는 것이며, 따라서 청구범위와 동등한 의미 및 범위 내에서의 모든 변경은 본발명에 포함되는 것으로 간주된다.

도면의 간단한 설명

<174> 도 1(A)는 부분 스펙트럼 선택에 의해 송신했을 경우의 심벌의 임펄스 응답을 나타내는 파형도이다.

<175> 도1(B)는 나이키스트 대역의 송신 스펙트럼에 의해 송신했을 경우의 심벌의 임펄스 응답을 나타내는 파형도이다.

<176> 도 2(A)는 본발명의 일실시 형태에 의한 통신 시스템에 있어서의 스펙트럼 재생법에 의한 멀티패스 간섭의 제거를 설명하기 위한 스펙트럼 도이다.

<177> 도 2(B)는 비교 예로서, 나이키스트 대역의 송신 스펙트럼에 의한 멀티패스 간섭의 제거를 설명하기 위한 스펙트럼 도이다.

<178> 도 3은 주파수 영역에서의 스펙트럼 재생과 시간 영역의 심벌 계열 추정에 의한 간섭 제거에 대해서 설명하기 위한 부분 스펙트럼 전송시의 파형도이다.

<179> 도 4는 본발명의 제 1 실시 예에 의한 통신 시스템에 있어서의 송신 장치의 개략적 구성을 가리키는 블록도이다.

<180> 도 5는 본발명의 제 1 실시 예에 의한 통신 시스템에 있어서의 수신 장치의 개략적 구성을 가리키는 블록도이다.

<181> 도 6은 도 5에 나타내어진 수신 장치에 있어서의 반복 등화부의 상세한 기능적 구성 예를 나타내는 블록도이다.

<182> 도 7은 도 5에 나타내어진 수신 장치에 있어서의 심벌 계열 추정부의 상세한 기능적 구성 예를 나타내는 블록도이다.

<183> 도 8은 L=4(상태수 16)로 했을 경우의 계열 추정부의 트렐리스 상태변이 도이다.

<184> 도 9는 도 5에 나타내어진 수신 장치에 있어서의 복호/레플리카 생성부의 상세한 기능적 구성 예를 나타내는 블록도이다.

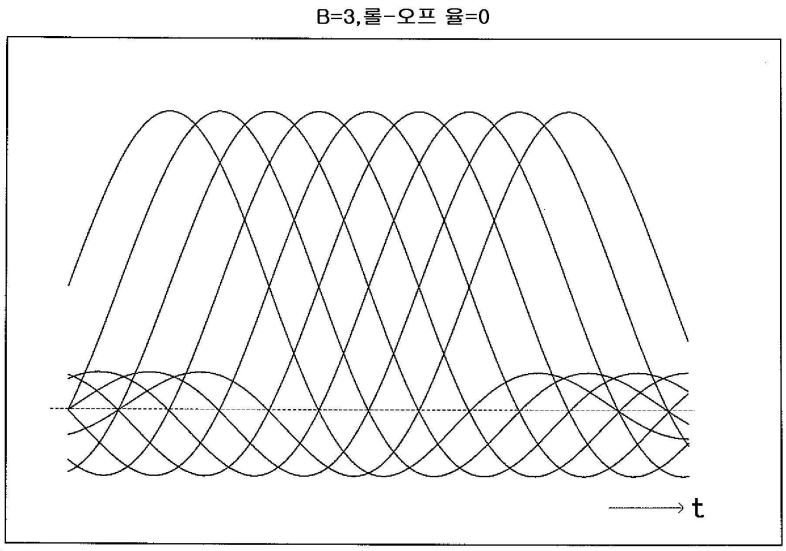
<185> 도 10은 멀티유저 MIMO 통신 시스템의 구성을 나타내는 블록도이다.

<186> 도 11은 본발명의 제 2 실시 예에 의한 수신 장치의 개략적 구성을 나타내는 블록도이다.

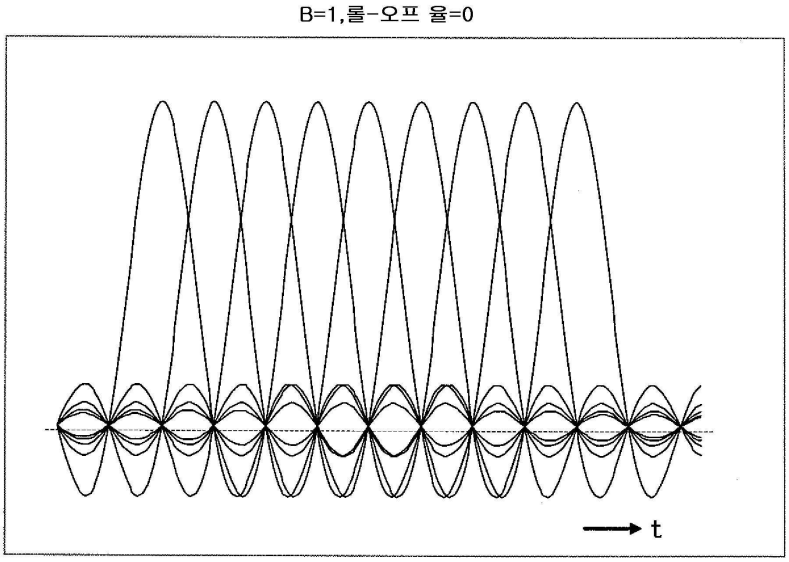
<187> 도 12는 도 11에 나타내어진 수신 장치에 있어서의 반복 MIMO 등화부의 상세한 기능적 구성을 나타내는 블록도이다.

도면

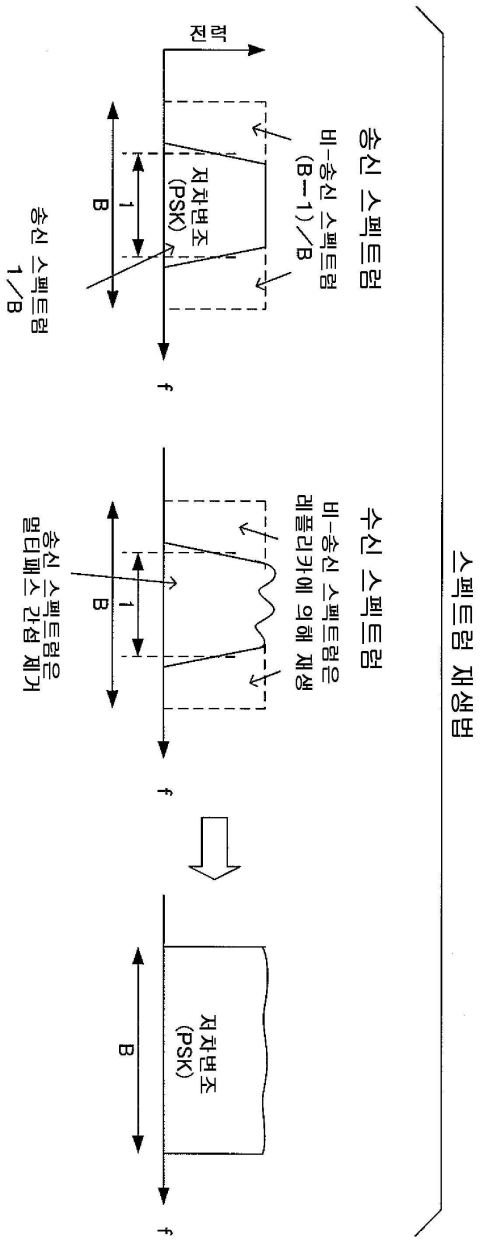
도면1a



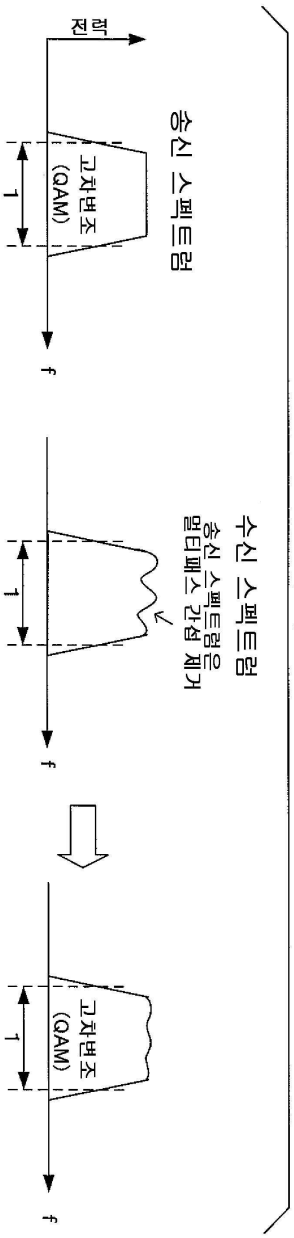
도면1b



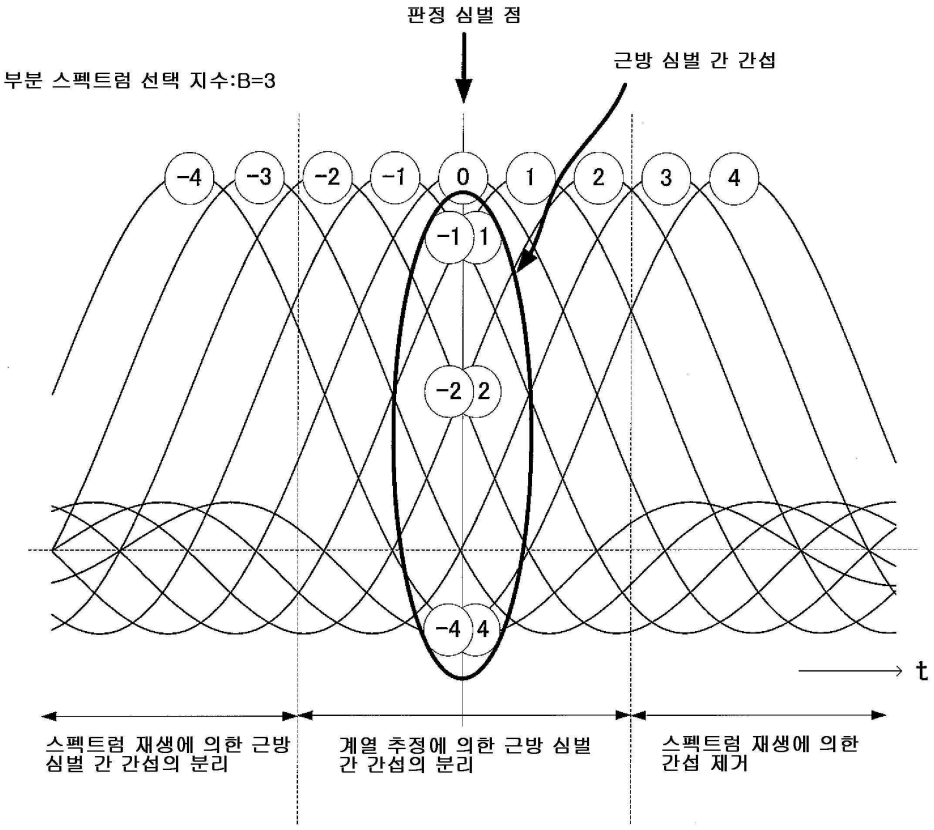
도면2a


스펙트럼 재생법
송신 스펙트럼
비-송신 스펙트럼
(B-1)/B
전력
저차변조
(PSK)
B
1
f
송신 스펙트럼
1/B
수신 스펙트럼
비-송신 스펙트럼은
레플리카에 의해 재생
송신 스펙트럼은
멀티패스 간섭 제거
B
1
f
저차변조
(PSK)
B
f

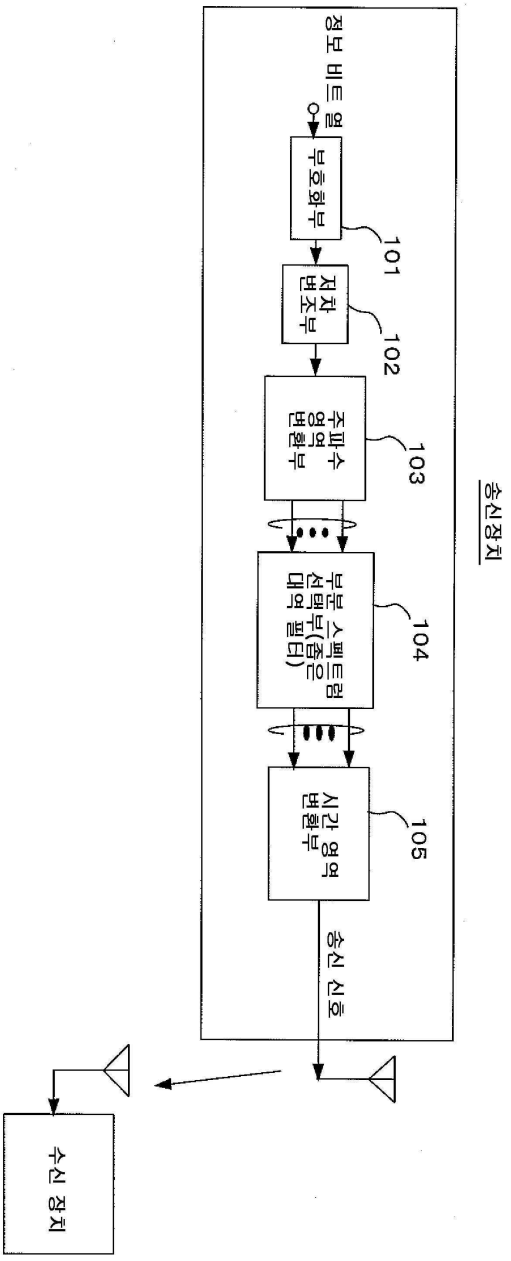
도면2b



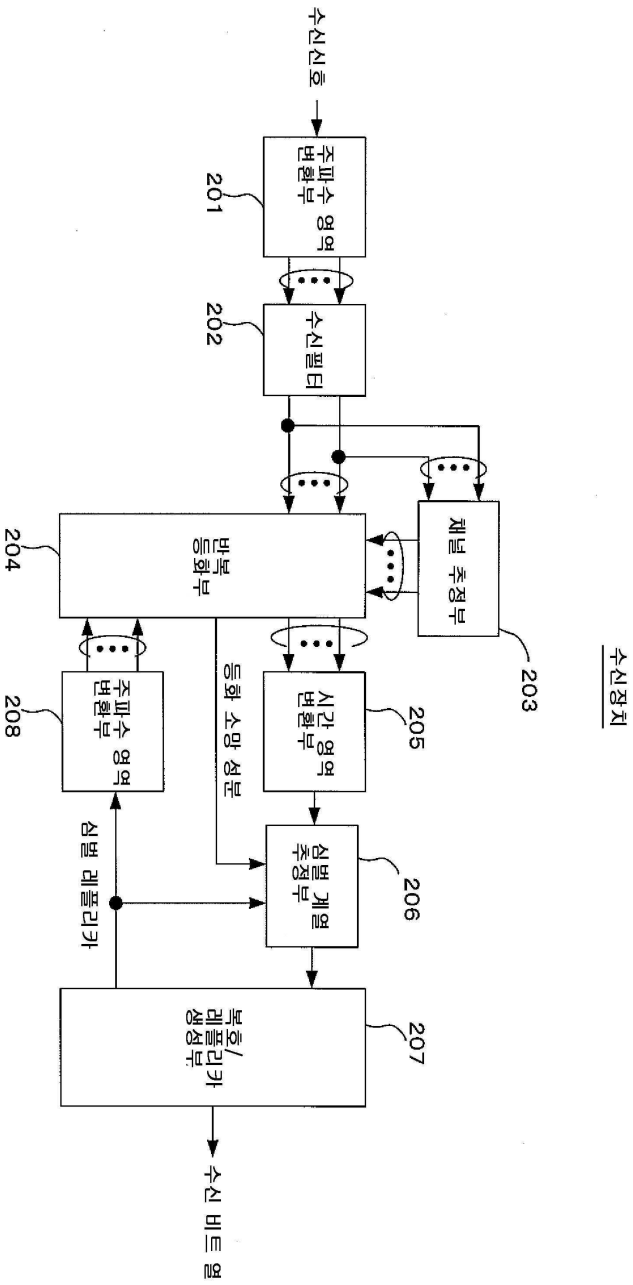
도면3


판정 심벌 점
부분 스펙트럼 선택 지수:B=3
근방 심벌 간 간섭
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
-1 1
-2 2
-4 4
t
스펙트럼 재생에 의한 근방 심벌 간 간섭의 분리
계열 추정에 의한 근방 심벌 간 간섭의 분리
스펙트럼 재생에 의한 간섭 제거

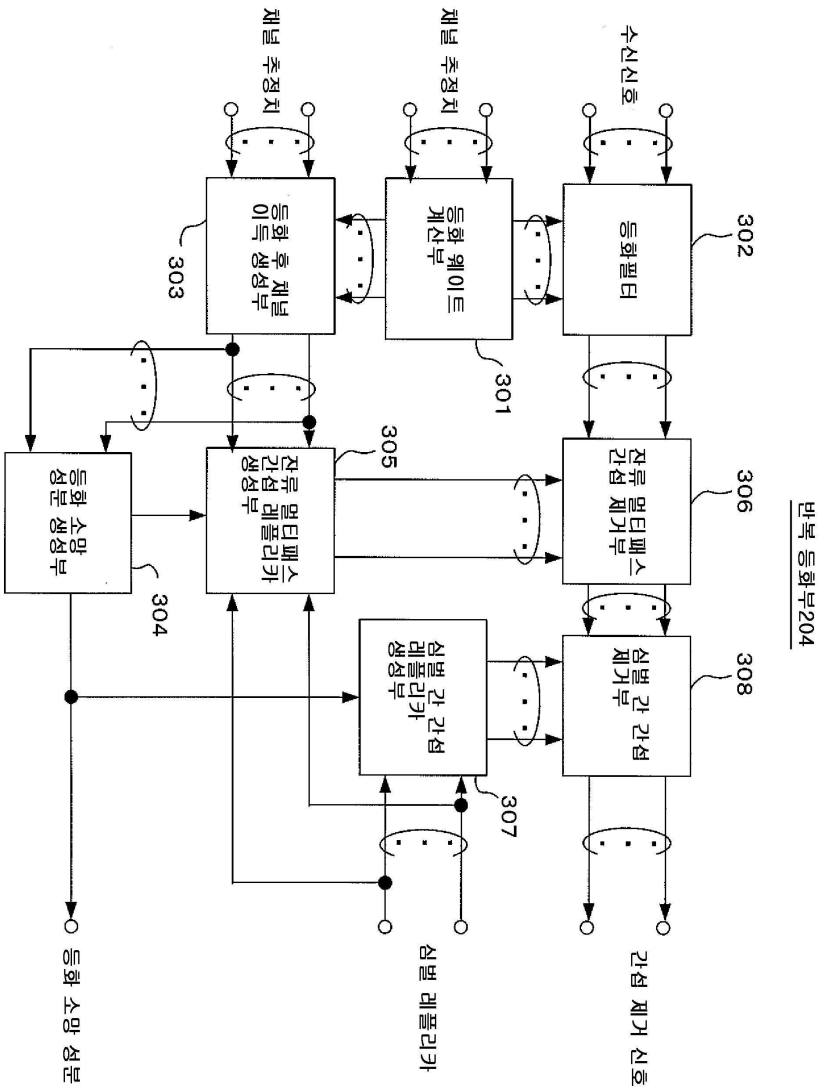
도면4


송신장치
정보 비트 열
부호화부
101
저장 변조부
102
주파수 영역 변환부
103
부분 스펙트럼 선택부(중간 대역 필터)
104
시간 영역 변환부
105
송신 신호
수신 장치

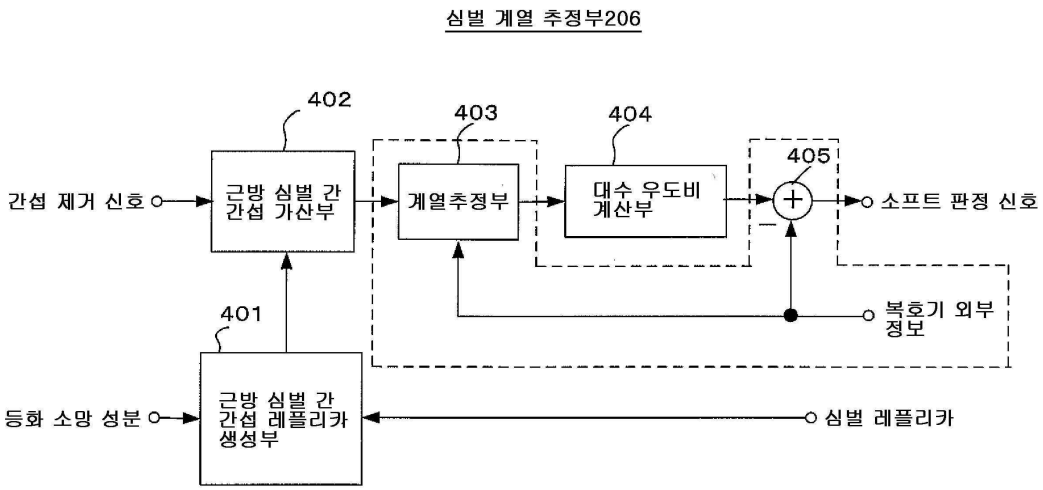
도면5


수신신호
주파수 영역 변환부
201
수신필터
202
반복 등화부
204
채널 추정부
203
주파수 영역 변환부
208
시간 영역 변환부
205
등화 소망 성분
심벌 레플리카
심벌 계열 추정부
206
복호/레플리카 생성부
207
수신 비트 열
수신장치

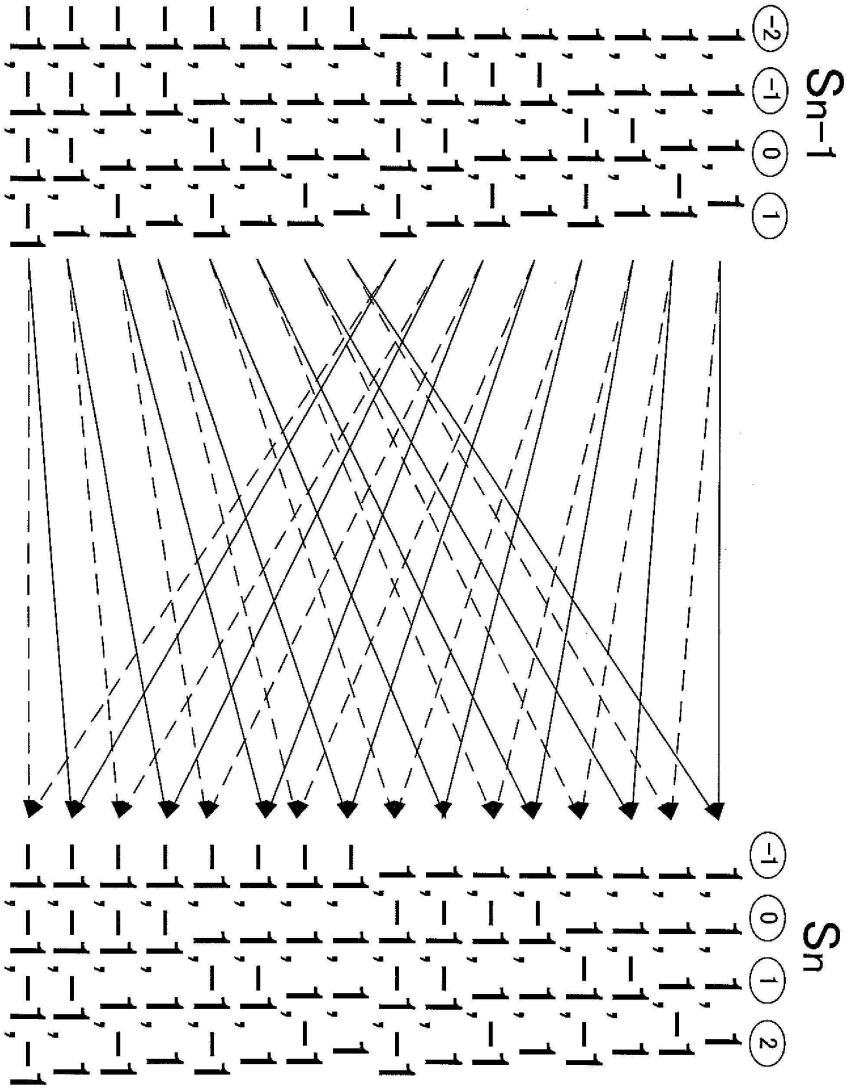
도면6


채널 추정치
채널 추정치
수신신호
등화 후 채널 이득 생성부
303
등화 웨이트 계산부
301
등화필터
302
등화 소망 성분 생성부
304
잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부
305
잔류 멀티패스 간섭 제거부
306
반복 등화부204
심벌 간 간섭 레플리카 생성부
307
심벌 간 간섭 제거부
308
등화 소망 성분
심벌 레플리카
간섭 제거 신호

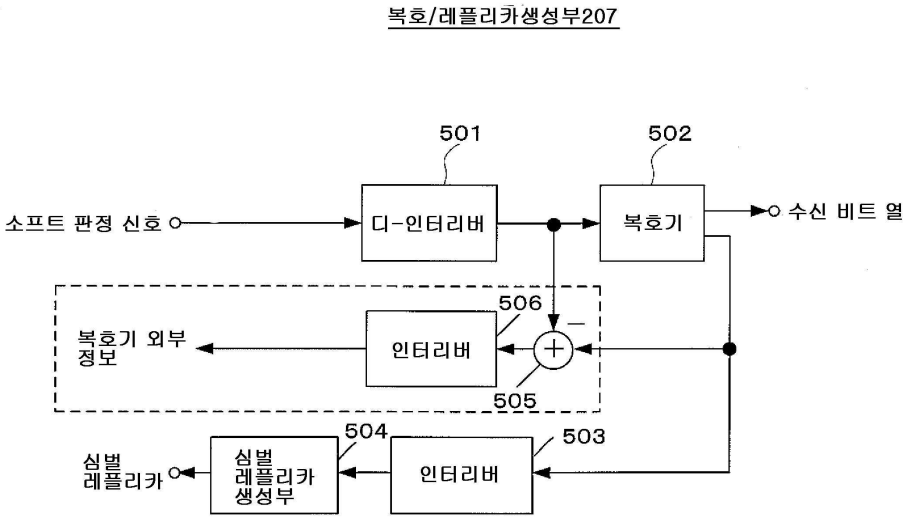
도면7


심벌 계열 추정부206
402
403
404
405
간섭 제거 신호
근방 심벌 간 간섭 가산부
계열추정부
대수 우도비 계산부
소프트 판정 신호
복호기 외부 정보
401
등화 소망 성분
근방 심벌 간 간섭 레플리카 생성부
심벌 레플리카

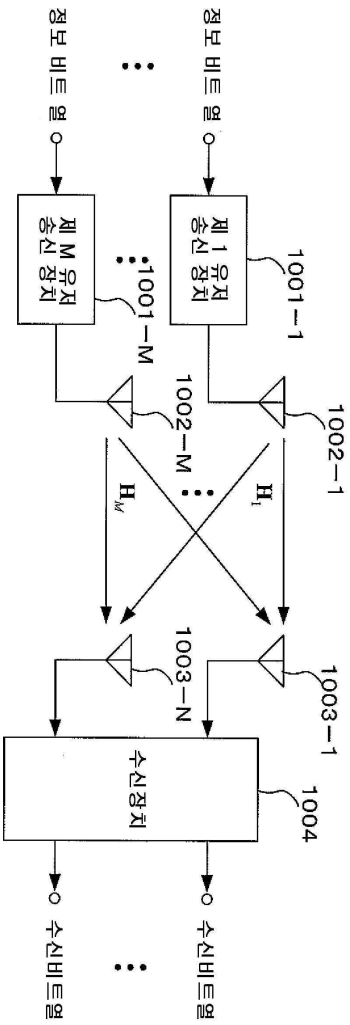
도면8


-2
-1
0
1
Sn-1
-1
0
1
2
Sn

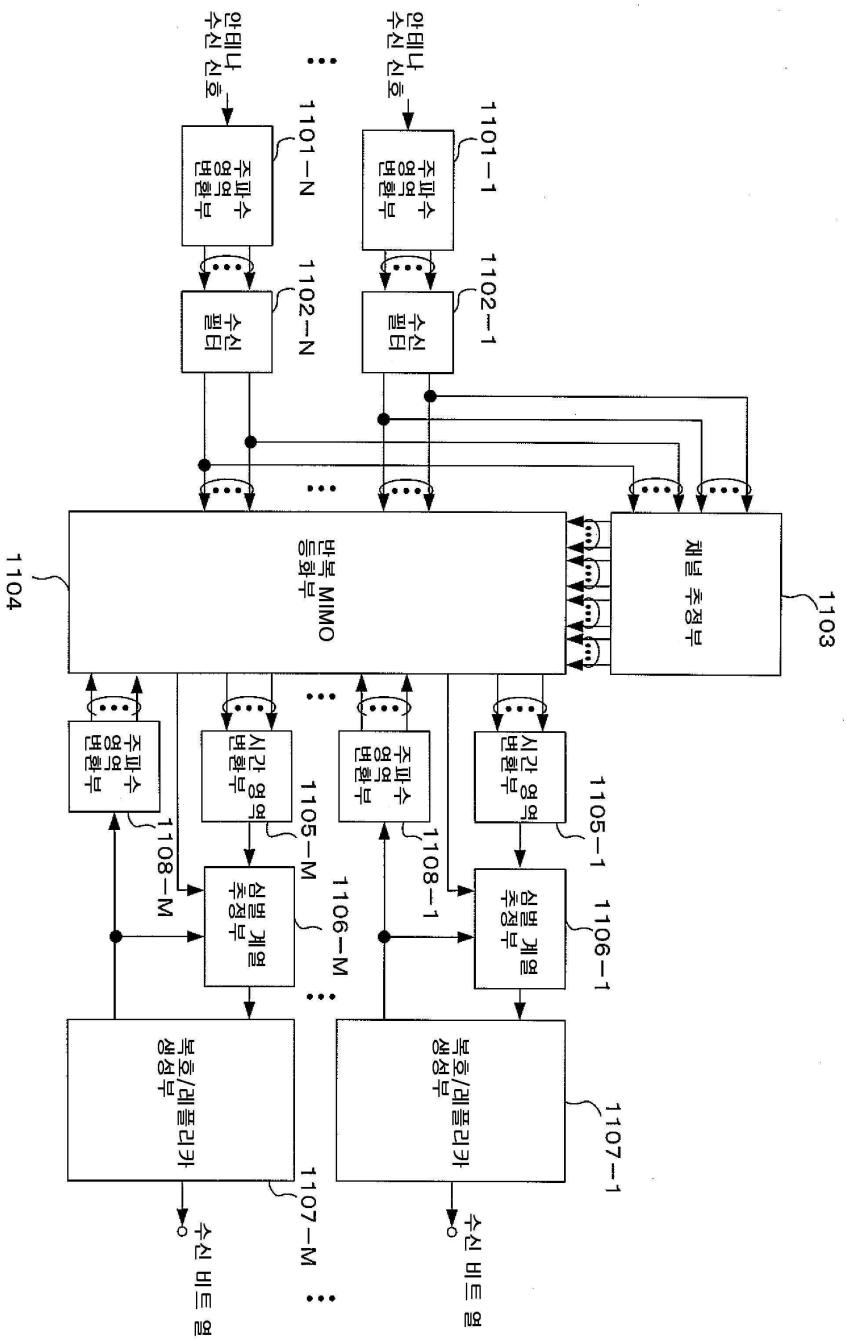
도면9


복호/레플리카생성부207
501
502
소프트 판정 신호
디-인터리버
복호기
수신 비트 열
506
복호기 외부 정보
인터리버
505
504
503
심벌 레플리카
심벌 레플리카 생성부
인터리버

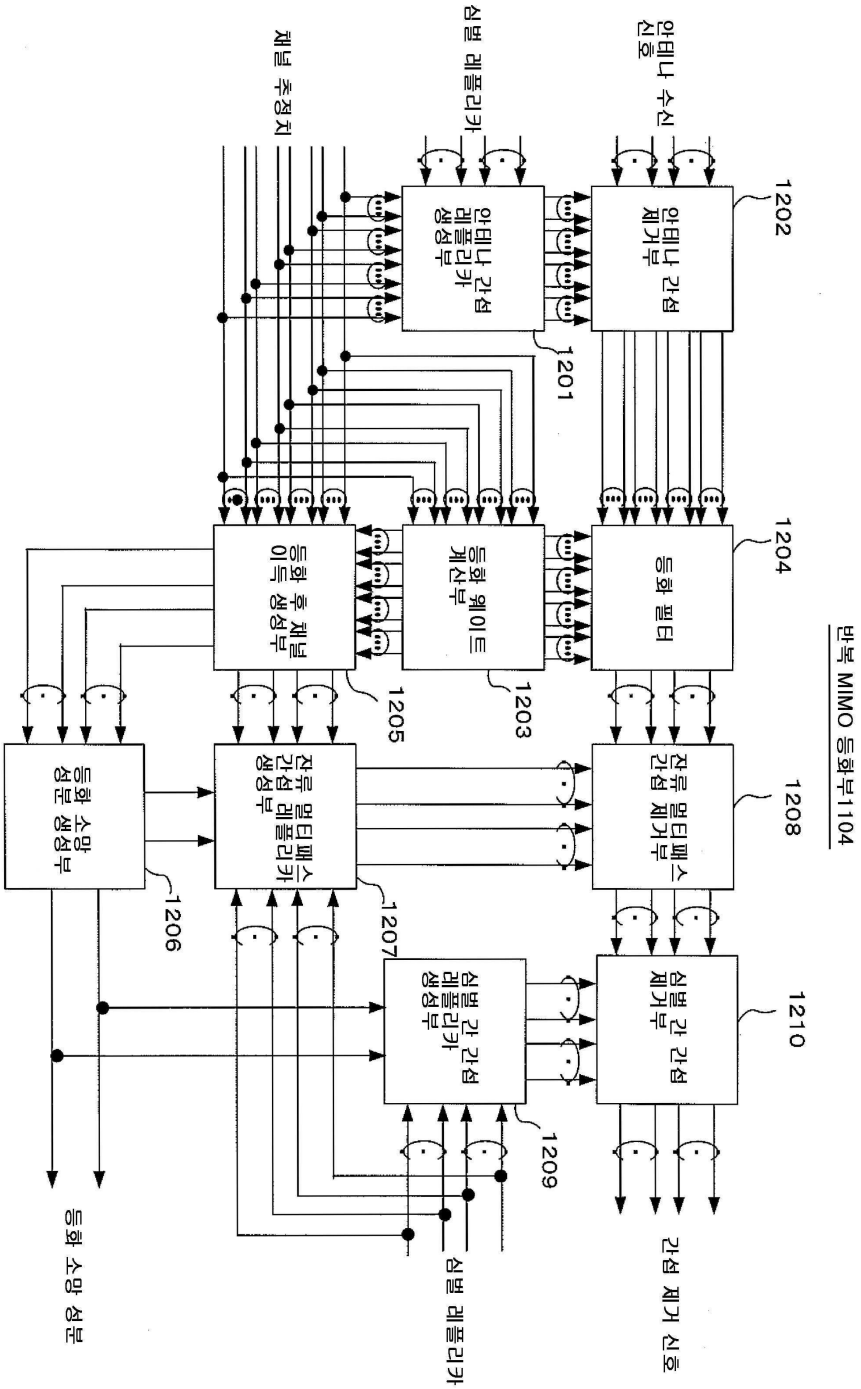
도면10


정보 비트 열
정보 비트 열
제 1 유저 송신 장치
제 M 유저 송신 장치
1001-1
1001-M
1002-1
1002-M
H_1
H_M
1003-1
1003-N
수신장치
1004
수신비트열
수신비트열

도면11


안테나 수신 신호
안테나 수신 신호
1101-N
1101-1
주파수 영역 변환부
주파수 영역 변환부
1102-N
1102-1
수신 필터
수신 필터
반복 MIMO 등화부
1104
채널 추정부
1103
주파수 영역 변환부
시간 영역 변환부
주파수 영역 변환부
시간 영역 변환부
1108-M
1105-M
1108-1
1105-1
심벌 계열 추정부
심벌 계열 추정부
1106-M
1106-1
복호/레플리카 생성부
복호/레플리카 생성부
1107-M
1107-1
수신 비트 열
수신 비트 열

도면12


반복 MIMO 등화부1104
안테나 수신 신호
심벌 레플리카
채널 추정치
안테나 간섭 제거부
1202
안테나 간섭 레플리카 생성부
1201
등화 필터
1204
등화 웨이트 계산부
1203
등화 후 채널 이득 생성부
1205
잔류 멀티패스 간섭 제거부
1208
잔류 멀티패스 간섭 레플리카 생성부
1207
등화 소망 성분 생성부
1206
심벌 간 간섭 제거부
1210
심벌 간 간섭 레플리카 생성부
1209
간섭 제거 신호
심벌 레플리카
등화 소망 성분