



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년04월30일
(11) 등록번호 10-0826529
(24) 등록일자 2008년04월24일

(51) Int. Cl.

HO4L 27/26 (2006.01) HO4B 7/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0096167

(22) 출원일자 2006년09월29일

심사청구일자 2006년09월29일

(65) 공개번호 10-2008-0030282

(43) 공개일자 2008년04월04일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020060012825 A

KR1020060098890 A

US20040165675 A1

WO03049397 A2

전체 청구항 수 : 총 10 항

(73) 특허권자

한국전자통신연구원

대전 유성구 가정동 161번지

(72) 발명자

이유로

대전 유성구 전민동 엑스포아파트 410-807

정민호

대전 유성구 가정동 ETRI기숙사 2동 304호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 신성

심사관 : 복상문

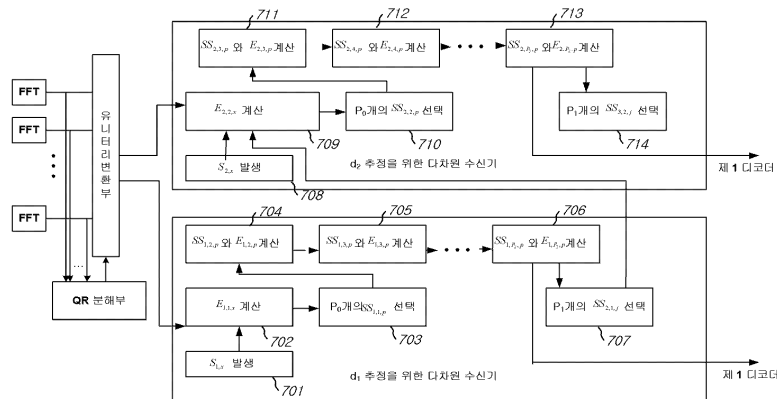
(54) 다수의 송수신 안테나를 갖는 직교주파수 분할 다중 접속시스템에서 효율적인 신호 수신 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 다수의 송수신 안테나를 갖는 직교주파수 분할 다중 접속 시스템에서 효율적인 신호 수신 장치 및 방법에 관한 것이다.

본 발명은 미리 설정된 일부의 데이터스트림을 다차원 수신과정에 따라 복조하는 단계; 상기 복조된 데이터스트림에 대응하는 심볼을 재발생하는 단계; 나머지 데이터 스트림으로부터 상기 재발생된 심볼을 제거하는 단계; 상기 재발생된 심볼이 제거된 나머지 데이터 스트림을 복조하는 단계; 및 상기 다차원 수신과정에 따라 복조된 데이터 및 상기 복조된 나머지 데이터 스트림을 직렬변환하여 출력하는 단계;를 포함하는 다수의 송수신 안테나를 갖는 직교주파수 분할 다중 접속 시스템의 신호 수신 방법을 개시한다.

대표도



(72) 발명자

유희정

대전 유성구 지족동 열매아울아파트 702-803

오종익

대전 유성구 송강동 청솔아파트 309-1505

윤찬호

대전 유성구 장대동 323-2 신성월드컵패밀리타운
106-801

김영균

미국 92653 캘리포니아주 라구나힐스 스위트 141
트리톤 웨이22941

이석규

대전 유성구 전민동 나래아파트 101-1102

방승찬

대전 서구 월평동 누리아파트 111-1102

특허청구의 범위

청구항 1

다수의 안테나를 갖는 직교주파수 분할 다중 접속 시스템의 신호 수신 방법으로서,
 상기 다수의 안테나 중 어느 하나의 안테나를 통해 수신된 신호에 대한 심볼의 복제본을 생성하는 제1단계;
 상기 생성된 복제본의 신뢰도를 계산하여 신뢰도가 높은 복제본을 선택하는 제2단계;
 상기 선택된 신뢰도가 높은 복제본을 이용하여, 상기 다수의 안테나 중 나머지 안테나를 통해 수신된 신호의 신뢰도를 계산함으로써 상기 어느 하나의 안테나를 통해 수신된 신호를 추정하는 제3단계; 및
 상기 추정된 신호를 복조하는 제4단계
 를 포함하는 수신 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 제1단계 내지 제4단계는
 상기 다수의 안테나 중 소정 개수의 안테나를 통해 수신된 신호에 대해 수행되며,
 상기 수신 방법은
 상기 제4단계에 의해 복조된 신호에 대한 심볼을 재발생시키는 제5단계;
 상기 다수의 안테나로부터 수신된 신호로부터 상기 재발생된 심볼을 제거하는 제6단계; 및
 상기 재발생된 심볼이 제거된 신호로부터 상기 다수의 안테나 중 소정 개수의 안테나를 제외한 나머지 안테나를 통해 수신된 신호를 복조하는 제7단계
 를 더 포함하는 수신 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
 상기 제4단계에서 복조된 신호의 데이터스트림 및 상기 제7단계에 의해 복조된 신호의 데이터 스트림을 직렬 변환하는 제8단계
 를 더 포함하는 수신 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
 상기 심볼 복제본은 변조방식에 따라 개수가 결정되는
 수신 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
 상기 신뢰도는 유클리디안 거리에 의해 결정되는
 수신 방법.

청구항 6

다수의 안테나를 갖는 직교주파수 분할 다중 접속 시스템의 신호 수신 장치로서,

상기 다수의 안테나 중 어느 하나의 안테나를 통해 수신된 신호에 대한 심볼의 복제본을 생성하는 심볼 복제 수단;

상기 생성된 복제본의 신뢰도를 계산하여 신뢰도가 높은 복제본을 선택하는 신뢰도 계산 수단;

상기 선택된 신뢰도가 높은 복제본을 이용하여, 상기 다수의 안테나 중 나머지 안테나를 통해 수신된 신호의 신뢰도를 계산함으로써 상기 어느 하나의 안테나를 통해 수신된 신호를 추정하는 신호 추정 수단; 및

상기 추정된 신호를 복조하는 제1복조수단

을 포함하는 수신 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제1복조수단은

상기 다수의 안테나 중 소정 개수의 안테나를 통해 수신된 신호를 복조하며,

상기 수신 장치는

상기 복조수단에 의해 복조된 신호에 대한 심볼을 재발생시키는 심볼재발생수단;

상기 다수의 안테나로부터 수신된 신호로부터 상기 재발생된 심볼을 제거하는 간섭제거수단; 및

상기 재발생된 심볼이 제거된 신호로부터 상기 다수의 안테나 중 소정 개수의 안테나를 제외한 나머지 안테나를 통해 수신된 신호를 복조하는 제2복조수단

을 더 포함하는 수신 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제1복조수단에 의해 복조된 신호의 데이터스트림 및 상기 제2복조수단에 의해 복조된 신호의 데이터 스트림을 직렬변환하는 병/직렬 변환수단

을 더 포함하는 수신 장치.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 심볼 복제본은 변조방식에 따라 개수가 결정되는

수신 장치.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 신뢰도는 유클리디안 거리에 의해 결정되는

수신 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<9> 다수의 송수신 안테나를 갖는 직교주파수 분할 다중 접속 시스템에서 효율적인 신호 수신 장치 및 방법에 관한

것이다.

- <10> 현재의 무선통신 시스템은 제한된 주파수에 고품질, 대용량의 멀티미디어 데이터 전송을 목표로 한다. 이를 위해서 제한된 주파수를 사용해서 많은 용량의 데이터를 보내는 방법이 대두되고 있다. 이 방법이 MIMO 시스템이다.
- <11> MIMO 시스템은 송수신단에 다중 안테나를 사용함으로써 독립적인 페이딩 채널을 다수 개 형성하고 송신 안테나마다 다른 신호를 전송함으로써 데이터 전송 속도를 크게 향상시킬 수 있다. 따라서, 주파수를 더 늘리지 않고도 보다 많은 양의 데이터를 보낼 수 있다.
- <12> 그러나 MIMO 시스템은 고속 전송 시 발생하는 심벌간의 간섭, 주파수 선택적 페이딩에 약하다는 단점이 있다. 이런 단점을 극복하기 위해 OFDM 방식을 함께 사용한다. OFDM 방식은 현재 고속 데이터 전송에 가장 적합한 변조 방식으로, 하나의 데이터열이 보다 낮은 데이터 전송률을 갖는 부반송파를 통해 전송한다. 무선통신을 위한 채널환경은 건물과 같은 장애물로 인해 다중경로를 갖는다. 다중경로가 있는 무선채널에서는 다중경로에 의한 지연확산이 생기고 다음 심벌이 전송되는 시간 보다 지연확산시간이 클 경우 심벌 간 간섭(ISI)이 발생하게 된다. 이 경우 주파수 영역에서 보면 선택적으로 페이딩(Frequency Selective Fading)이 발생하는데 하나의 반송 주파수(single-carrier)를 사용하는 경우 심벌 간 간섭성분을 제거하기 위해 등화기를 사용한다. 하지만, 점점 데이터의 속도가 증가하면서 등화기의 복잡도도 함께 증가한다.
- <13> 결국 MIMO 시스템과 OFDM 시스템을 결합하게 되면, MIMO 시스템의 장점은 그대로 이용하고 단점은 OFDM 시스템을 이용해 상쇄시킬 수 있다. 즉, N개의 송신 안테나와 N개의 수신 안테나를 가지는 형태가 일반적인 MIMO 시스템이며, 이 시스템에 OFDM을 결합한 구조가 MIMO-OFDM 시스템의 기본이 된다.
- <14> 도 1a 및 1b는 MIMO-OFDM 시스템의 구성을 개략적으로 보여주는 블록도이다.
- <15> 도 1a는 MIMO-OFDM 시스템의 송신단으로서, 직/병렬변환부(S/P)(101)는 송신 데이터를 인코딩(encoding) 하기 전에 송신 안테나를 통하여 전송하고자 하는 다수의 데이터 열로 분리 하며, 각각의 인코더(encoder)(102)에서는 이를 인코딩한다. 인코딩 후 데이터는 QAM 매핑(103)에서, 변조 방식에 따라(e.g. BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM)으로 변조되며, 변조된 심볼은 IFFT(104)를 통하여 시간축의 신호로 변환 된다. 시간축으로 변환된 심볼은 CP 추가부(105)에서 앞단에 CP가 추가된다. 그 다음에 D/A & R/F 부(106)는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하여 RF단을 통하여 전송한다.
- <16> 도 1b는 MIMO-OFDM 시스템의 수신단으로서, A/D & RF부(107)에서 RF단을 통하여 수신된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환한다. 다음에 CP 제거부(108)에서 CP를 제거한 후에 병렬 신호로 변환한다. FFT(109)는 입력되는 병렬 신호에 대해 FFT를 수행한다. MIMO 수신기(110)는 송신 데이터 심볼을 추정한다. 추정된 심볼로부터 LLR (Log Likelihood Ratio)을 계산하며, 디코더(111)(decoder)에서 각 데이터 열을 디코딩(decoding)하여, 송신 데이터를 추정한다.
- <17> 상기 MIMO 수신기(110)로는 DFE (Decision Feedback Equalizer), ZF (Zero Forcing), MMSE (Minimum Mean Square Error Estimation), BLAST (Bell Labs Layered Space-Time)이 있으며, 복잡도는 MLD(Maximum Likelihood Detection)에 비하여 간단하나, 성능이 크게 저하된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <18> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 비교적 낮은 복잡도를 가지면서, 선형수신기에 비해 성능이 우수한 MIMO-OFDM 시스템의 신호 수신 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- <19> 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

발명의 구성 및 작용

- <20> 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 미리 설정된 일부의 데이터스트림을 다차원 수신과정에 따라 복조하는 단계; 상기 복조된 데이터스트림에 대응하는 심볼을 재발생하는 단계; 나머지 데이터 스트림으로부터 상기 재발생된 심볼을 제거하는 단계; 상기 재발생된 심볼이 제거된 나머지 데이터 스트림을 복조하는 단계; 및 상기 다차원 수신과정에 따라 복조된 데이터 및 상기 복조된 나머지 데이터 스트림을 직렬변환하여 출력하는 단계;를

포함하는 다수의 송수신 안테나를 갖는 직교주파수 분할 다중 접속 시스템의 신호 수신 방법을 개시한다.

- <21> 또한 본 발명은 미리 설정된 일부의 데이터스트림을 다차원 수신과정에 따라 복조하는 다차원 수신수단; 상기 복조된 데이터스트림에 대응하는 심볼을 재발생하는 심볼재발생수단; 나머지 데이터 스트림으로부터 상기 재발생된 심볼을 제거하는 간섭제거수단; 상기 재발생된 심볼이 제거된 나머지 데이터 스트림을 복조하는 복조수단; 및 상기 다차원 수신과정에 따라 복조된 데이터 및 상기 복조된 나머지 데이터 스트림을 직렬변환하여 출력하는 병/직렬 변환수단;을 포함하는 다수의 송수신 안테나를 갖는 직교주파수 분할 다중 접속 시스템의 신호 수신 장치를 개시한다.
- <22> 상술한 목적 및 특징은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 또한 본 발명을 설명함에 있어서 본발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- <23> 도 2는 본 발명이 적용되는 MIMO-OFDM 시스템의 송신단 구성을 개략적으로 보여주는 블록도이다.
- <24> 도 2를 참조하면, 송신단의 데이터 열은 g 개의 인코더(encoder)(201)로 입력되며, 인코더에 연결되는 있는 q 개의 QAM 매핑(202)는 각각 서로 다른 채널 코드레이트와 변조 방식을 가질 수 있다. 상기 도 2에서, IFFT(203), CP추가부(204), D/A & RF(205)는 각각 도 1a의 IFFT(104), CP추가부(105), D/A & RF(106)과 동일한 기능을 수행하므로 자세한 설명은 생략한다.
- <25> 도 3은 본 발명이 적용되는 MIMO-OFDM 시스템의 수신단 구성을 개략적으로 보여주는 블록도이다.
- <26> 도 3을 참조하면, 수신단은 FFT(303) 이후에 MIMO 수신기 & 디코더를 통하여 수신데이터를 복조하게 된다. 예를 들어, 상기 도 2에서 인코더 블록(201)이 $g=4$ 개이고, 각각의 인코더 블록이 2개의 송신안테나를 통하여 전송되는 $q=8$ 경우에 다양한 MIMO 수신 방식이 존재할 수 있으며, 도 4 내지 도 6은 이러한 경우의 수신기 구성예를 보여주는 도면이다.
- <27> 도 4는 본 발명의 제1실시예에 따른 MIMO 수신기와 디코더단의 구성을 보여주는 도면이다.
- <28> 도 4를 참조하면, 고속푸리에변환(FFT)된 수신신호를 QR 분해하는 QR분해부(401), 상기 QR 분해에 따라 생성되는 유니타리 변환행렬(Q^H)를 이용하여 유니타리변환을 수행하는 유니타리 변환부(402), 후술하는 다차원 수신과정에 따라 미리 설정된 일부의 데이터스트림($q=8$ 인 경우, d_1, d_2, d_3, d_4)을 복조하는 다차원 수신부(403), 상기 복조된 신호를 디코딩하기 위한 제1디코더(404) 및 제2디코더(405), 디코딩된 신호를 다시 변조하여 심볼을 재발생시키는 심볼 재발생부(406), 상기 재발생된 심볼을 상기 유니타리변환부(402)의 출력신호로부터 제거하여 간섭을 제거하기 위한 간섭제거부(407), 상기 간섭 제거된 수신신호에서 나머지 수신신호($q=8$ 경우, d_5, d_6, d_7, d_8)를 복조하기 위한 선형수신기(409)를 포함하여 구성된다. 상기 복조된 나머지 수신신호는 제3디코더(411) 및 제4디코더(410)에서 디코딩되어 P/S 변환부(412)로 입력된다. 상기 P/S 변환부(412)는 상기 다차원 수신부(403)에 의해 복조된 데이터(d_1, d_2, d_3, d_4) 및 상기 복조된 나머지 데이터 스트림을 직렬변환하여 출력한다. 도 4에서, 선형필터(w)계산부(408)는 상기 간섭제거부(407)의 출력 심볼 벡터를 추정하기 위한 선형필터를 의미한다.
- <29> 상기 도 4에서 송신안테나가 M 개이고, 수신안테나가 N 개라고 가정하면, 고속푸리에변환 후의 임의의 부 반송파에서 수신벡터 \mathbf{Y} 는 하기 <수학식 1>과 같이 표현된다. 하기의 설명에 있어서, 벡터표시 및 아래첨자는 별도의 설명이 없는한, 앞서 사용된 의미와 동일하게 사용되는 것으로 가정한다.

수학식 1

$$\mathbf{Y} = \mathbf{H}\mathbf{d} + \mathbf{n}$$

<30>

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_N \\ y_{N-1} \\ \vdots \\ y_1 \end{bmatrix} \text{이고, 채널은 } \mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_{1,1} & h_{1,2} & \cdots & h_{1,M} \\ h_{2,1} & h_{2,2} & \cdots & h_{2,M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N,1} & h_{N,2} & \cdots & h_{N,M} \end{bmatrix}, \text{ 송신심볼은 } \mathbf{d} = \begin{bmatrix} d_M \\ d_{M-1} \\ \vdots \\ d_1 \end{bmatrix} \text{이고, } \mathbf{n} \text{ 은 잡음벡터이다.}$$

<31>

<32> 상기 채널 \mathbf{H} 는 상기 QR분해부(401)에서 QR분해 되어, $\mathbf{H} = \mathbf{QR}$ 로 표현될 수 있다. 따라서, 위의 \mathbf{R} 매트릭스(Matrix)는 하기 <수학식 2>가 된다.

수학식 2

$$\mathbf{R} = \mathbf{Q}^H \mathbf{H} = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,M} \\ 0 & r_{2,2} & \cdots & r_{2,M} \\ 0 & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & r_{M,M} \end{bmatrix}$$

<33>

<34> 상기 수학식 2에 따라, 상기 유니터리변환부(402)를 거친 수신벡터는 하기 <수학식 3>과 같다.

수학식 3

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_M \\ z_{M-1} \\ \vdots \\ z_1 \end{bmatrix} = \mathbf{Q}^H \mathbf{Y} = \mathbf{R} \mathbf{d} + \mathbf{n}' = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,M} \\ 0 & r_{2,2} & \cdots & r_{2,M} \\ 0 & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & r_{M,M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_M \\ d_{M-1} \\ \vdots \\ d_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n'_1 \\ n'_2 \\ \vdots \\ n'_M \end{bmatrix}$$

<35>

<36> 상기 도 4는 상기, 수학식 1 내지 수학식 3에서, $M=8, N \geq 8$ 인 경우이다.

<37> 상기 심볼 재발생부(406), 상기 간섭제거부(407)에 의해 수행되는 신호 발생 및 간섭 제거 과정과 초기에 몇 개의 데이터 스트림을 복조 할 지는 다양한 조합들이 있을 수 있다. 예를 들면 모든 데이터 스트림을 다차원 수신기로 복조 할 수도 있으며(도 8 참조), 간섭 제거 및 선형 수신기와 결합하여 수신 데이터를 복조 할 수도 있다.

<38> 도 5는 본 발명의 제2실시예에 따른 MIMO 수신기와 디코더단의 구성을 보여주는 도면이고, 도 6은 본 발명의 제3실시예에 따른 MIMO 수신기와 디코더단의 구성을 보여주는 도면이다.

<39> 도 5와 도 6에 도시된 구성은 간섭 제거 및 선형 수신기와 결합된 예로서, 도 5는 신호 발생, 간섭 제거 과정을 2단계로 나누어 수행한 경우이다. 도 6은 하나의 데이터 스트림을 먼저 복조하고 심볼 재 발생 및 간섭 제거 과정을 수행한 후에 선형 수신기를 사용하여 나머지 3개의 데이터 스트림을 복조한 경우이다. 도 5 및 도 6에서 상기 도 4와 동일한 명칭으로 사용된 구성요소는 도 4의 구성과 동일한 기능을 수행하므로, 중복되는 설명은 생략한다.

<40> 도 7은 도 6에 도시된 다차원 수신부(603)의 상세 구성을 보여주는 도면이다. 도 4의 다차원 수신부(403), 도 5의 다차원 수신부(503, 504)는 모두 이하의 설명과 동일한 원리로 다차원 수신과정을 수행한다.

<41> 도 7을 참조하면, 다차원 수신부는, 복조를 위한 심볼의 심볼 복제본을 생성하는 심볼 복제부(701), 상기 복제본의 신뢰도를 계산하여 신뢰도가 높은 복제본을 선택하는 신뢰도 계산부(702, 703), 상기 선택된 신뢰도가 높은 복제본을 이용하여 다른안테나의 심볼에 대해 경관정 및 신뢰도 계산하는 경관정 및 신뢰도 계산부(704, 705, 706)를 포함하여 구성된다.

<42> 상기 <수학식 3> 맨 아래 열에 위치하는 심볼 d_1 의 복조를 위해서, 상기 심볼 복제부(701)은 d_1 에 대한 심볼 복제본(replica) X개를 생성한다. 심볼 복제본의 개수는 QAM 변조 방식에 따라 결정된다.. 예를 들면 QPSK는 4개의 가능 심볼 $\{(1,1) (1,-1) (-1,1) (-1,-1)\}$ 이 있고, 16QAM은 16개의 가능 심볼이 있다. 즉 QPSK는 $X=4$ 이고, 16QAM은 $X=16$ 이고, 64QAM은 $X=64$ 이다.

<43> 상기 신뢰도 계산부(702, 703)의 702블록은 심볼 복제본으로부터 d_1 의 검출을 위한 신뢰도를 계산한다. 상기 심볼 복제본을($x=1, \dots, X$)라고 하면, 이러한 심볼 복제본으로부터 d_1 의 검출을 위한 신뢰도를 구할 수 있으며, 신뢰도는 다양한 방법으로 구할 수 있다. 신뢰도를 구하기 위한 방법으로는 유클리디안 거리 (Euclidian distance),

$E_{1,1,x} = |z_1 - r_{M,M} S_{1,x}|$ (여기서 첫번째 첨자 1은 d_1 의 검출을 위한 검출기를 의미함) 또는 유클리디안 거리의 제곱등 다양한 방법이 있을 수 있다. 본 발명에서는 설명의 편의를 위하여 신뢰도로서 유클리디안 거리의 제곱을 사용하며, 유클리디안 거리가 작을수록 신뢰도가 높다.

<44> 상기 신뢰도 계산부(702, 703)의 703블럭은 복제본에서 신뢰도가 높은 복제본 P₀ 개를 선택한다.

<45> 상기 경관정 및 신뢰도 계산부(704, 705, 706)의 동작은 다음과 같다. 먼저 선택된 P₀ 개의 심볼 복제본중 p번째 심볼 복제본에 대한 경관정 값을 SS_{1,1,p} (p=1, ..., P₀)라고 하면, SS_{1,2,p} 의 경관정 값은,

<46> $SS_{1,2,p} = slicer\left\{z_2 - r_{M-1,M}SS_{1,1,p}\right\}/r_{M-1,M-1}$ 이고, 여기서, slicer{ } 는 각 변조 방식(QPSK, 16QAM, 64QAM, ...)에서 가장 가까운 격자점(constellation)으로 매핑(mapping)을 의미한다. 도 7의 704블럭은, 이러한 경관정과정에 따라 격자점을 구하고, 하기 수학적 식 4에 의해 신뢰도를 구할 수 있다.

수학적 식 4

<47> $E_{1,2,p} = |z_2 - r_{M-1,M-1}SS_{1,2,p} - r_{M-1,M}SS_{1,1,p}|^2 + E_{1,1,p}$

<48> 도 7의 705블럭은 SS_{1,1,p} 및 SS_{1,2,p} 를 이용하여 SS_{1,3,p} 를 경관정하고,

<49> 여기서, $SS_{1,3,p} = slicer\left\{z_3 - r_{M-2,M-1}SS_{1,2,p} - r_{M-2,M}SS_{1,1,p}\right\}/r_{M-2,M-2}$ 이고, 하기 수학적 식 5에 의해 신뢰도를 구할 수 있다.

수학적 식 5

<50> $E_{1,3,p} = |z_3 - r_{M-2,M-2}SS_{1,3,p} - r_{M-2,M-1}SS_{1,2,p} - r_{M-2,M}SS_{1,1,p}|^2 + E_{1,2,p}$

<51> 상기의 경관정 과정과 신뢰도 계산은 SS_{1,p2,p} 를 경관정하고, E_{1,p2,p} 를 구할때 까지 반복된다(706). 여기서, P₂ 는 2부터 M까지의 값 중에 하나이며, 이를 일반화 하면 하기 수학적 식 6과 같다.

수학적 식 6

$$SS_{1,P_2,p} = slicer\left\{z_{P_2} - \sum_{i=1}^{P_2-1} r_{M-(P_2-1),M-(i-1)}SS_{1,i,p}\right\}/r_{M-(P_2-1),M-(P_2-1)}$$

$$E_{1,P_2,p} = \left|z_{P_2} - \sum_{i=1}^{P_2} r_{M-(P_2-1),M-(i-1)}SS_{1,i,p}\right|^2 + E_{1,P_2-1,p}$$

<52>

<53> 도 7에서, d₂ 을 추정하기 위한 다차원 수신기의 구성도 심볼 복제부(708), 신뢰도 계산부(709, 710), 경관정 및 신뢰도 계산부(711, 712, 713)를 포함하여 구성된다.

<54> d₂ 을 추정하기 위하여, 먼저, 경관정된 P₀ 개의 복제된 심볼 중에서 신뢰도가높은(유클리디안 거리가 작은) 순으로, 707블럭에서 P₁ 개의 심볼 SS_{2,1,j} 를 선택한다. 여기서, j는 1,2, ..., P₁ 이다. 여기서, 유클리디안 거리는 E_{1,1,j} 이다.

<55> 심볼 복제부(708) 에서 생성되는 d₂ 를 위한 심볼 복제본을 S_{2,x} 라고 하면, 709블럭에서 계산되는 신뢰도는

$E_{2,2,x} = |z_2 - r_{M-1,M-1}SS_{2,x} - r_{M-1,M}SS_{2,1,j}|^2 + E_{1,1,j}$ 이고, 여기서 x는 1, 2, ..., P₁ × X 이다. 다음에 710블럭에서, P₁ × X 개의 신뢰도(E_{2,2,j})중 유클리디안 거리가 작은 순으로 P₀ 개의 심볼을 선택한다. 이후 711블럭부터 순서대로 경관정 후 신뢰도를 계산한다.

<56> 상기 710블럭에서 선택된 P₀ 개의 심볼들 중에서 p번째 심볼을 SS_{2,2,p} (p=1,2, ..., P₀), 이때의 신뢰도를 E_{2,2,p} 라고 하면, S_{2,3,p} 의 경관정 값은 ,

<57> $SS_{2,3,p} = slicer\left\{z_3 - r_{M-2,M-1}SS_{2,2,p}\right\}/r_{M-2,M-2}$ 이고, 신뢰도는,

<58> $E_{2,3,p} = |z_3 - r_{M-2,M-2}SS_{2,3,p} - r_{M-2,M-1}SS_{2,2,p}|^2 + E_{2,2,p}$ 이다.

<59> d_1 을 추정하는 과정과 유사하게, d_2 을 추정하는 과정도 $SS_{2,p2,p}$ 를 경관정하여 $E_{2,p2,p}$ 를 구할 때까지 반복한다.

<60> 상기 도 6에서, 디코더 출력결과가 송신 데이터와 동일하다고 가정하면, 수신신호(Z)로부터 심볼 재 발생부(605)에서 재 발생된 심볼 d_1 과 d_2 가 간섭 제거부(606)에서 완전히 제거되며, 제거된 후의 수신신호 Z' 는 하기 수학식 7과 같다.

수학식 7

$$Z' = \begin{bmatrix} z'_M \\ z'_{M-1} \\ \vdots \\ z'_3 \end{bmatrix} = R'd' = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,M-3} \\ 0 & r_{22} & \cdots & r_{2,M-3} \\ 0 & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & r_{M-3,M-3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_M \\ d_{M-1} \\ \vdots \\ d_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n'_1 \\ n'_2 \\ \vdots \\ n'_{M-3} \end{bmatrix}$$

<61> 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다. 예를 들어, 상기 설명에서는 4개의 데이터 스트림을 인코딩 한 후에 각각의 데이터 스트림을 2개의 안테나씩 총 8개의 안테나로 신호를 송신한 경우를 중심으로 설명하였으나, 상기 수학식 1 내지 수학식 7, 도 4, 도 5, 도 6등에 의해 X개의 임의의 데이터 스트림을 Y개의 송신 안테나로 전송하는 경우에도 적용가능함은 자명하다.

<63> 따라서, 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 이러한 변경 등은 이하의 특허 청구의 범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

발명의 효과

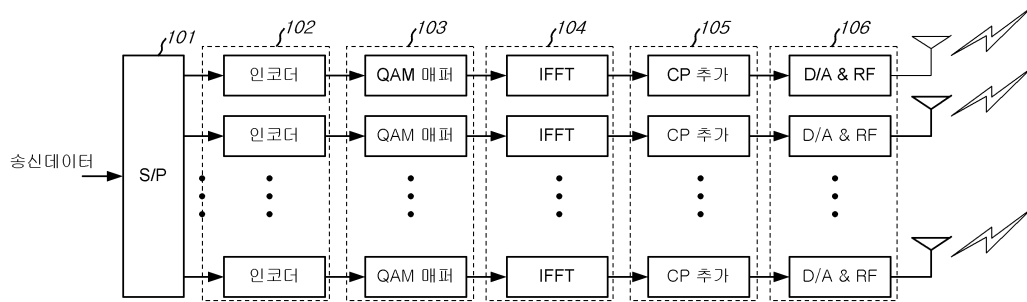
<64> 본 발명은 비교적 낮은 복잡도를 가지면서, 선형수신기에 비해 성능이 우수한 MIMO-OFDM 시스템의 신호 수신 장치 및 방법을 제공하는 이점이 있다. 즉, 일부의 송신 안테나로부터 전송되는 스트림을 다차원 수신기(Multi-Dimensional Detector))로 먼저 복조한 후에, 이를 재 발생하여 수신신호에서 제거하고, 제거되고 남은 신호를 선형 수신기를 사용하여 복조함으로써 수신 성능을 향상시키고, 복잡도를 감소할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

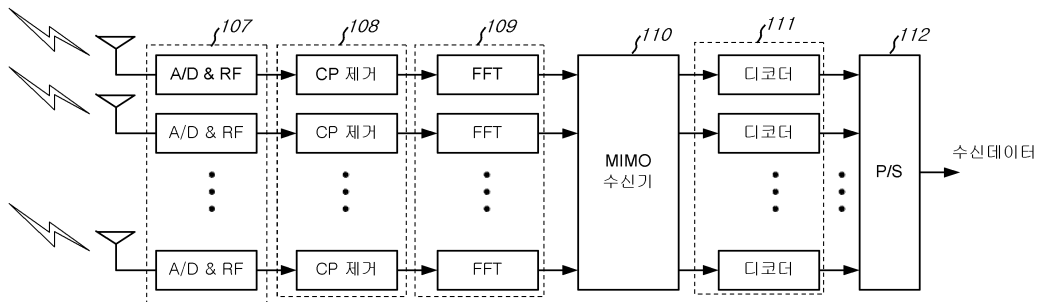
- <1> 도 1a 및 1b는 MIMO-OFDM 시스템의 구성을 개략적으로 보여주는 블록도,
- <2> 도 2는 본 발명이 적용되는 MIMO-OFDM 시스템의 송신단 구성을 개략적으로 보여주는 블록도,
- <3> 도 3은 본 발명이 적용되는 MIMO-OFDM 시스템의 수신단 구성을 개략적으로 보여주는 블록도,
- <4> 도 4는 본 발명의 제1실시예에 따른 MIMO 수신기와 디코더단의 구성을 보여주는 도면,
- <5> 도 5는 본 발명의 제2실시예에 따른 MIMO 수신기와 디코더단의 구성을 보여주는 도면,
- <6> 도 6은 본 발명의 제3실시예에 따른 MIMO 수신기와 디코더단의 구성을 보여주는 도면,
- <7> 도 7은 본 발명에 따른 다차원 수신기의 구성예를 보여주는 도면,
- <8> 도 8은 본 발명의 제4실시예에 따른 MIMO 수신기와 디코더단의 구성을 보여주는 도면이다.

도면

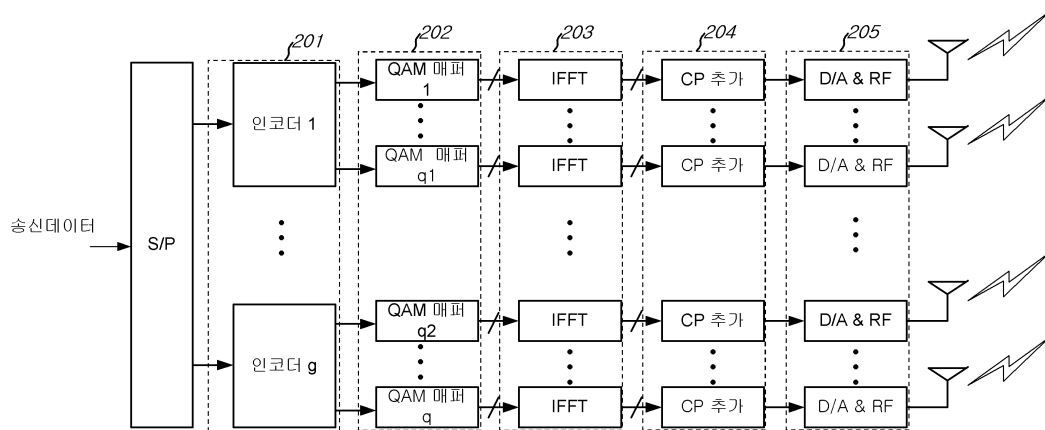
도면1a



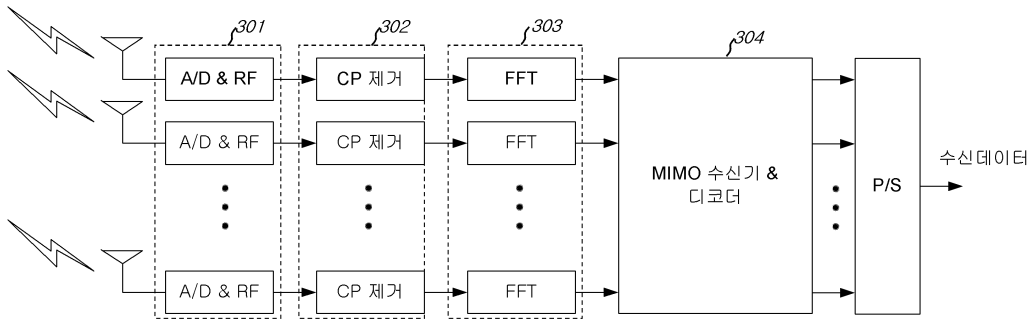
도면1b



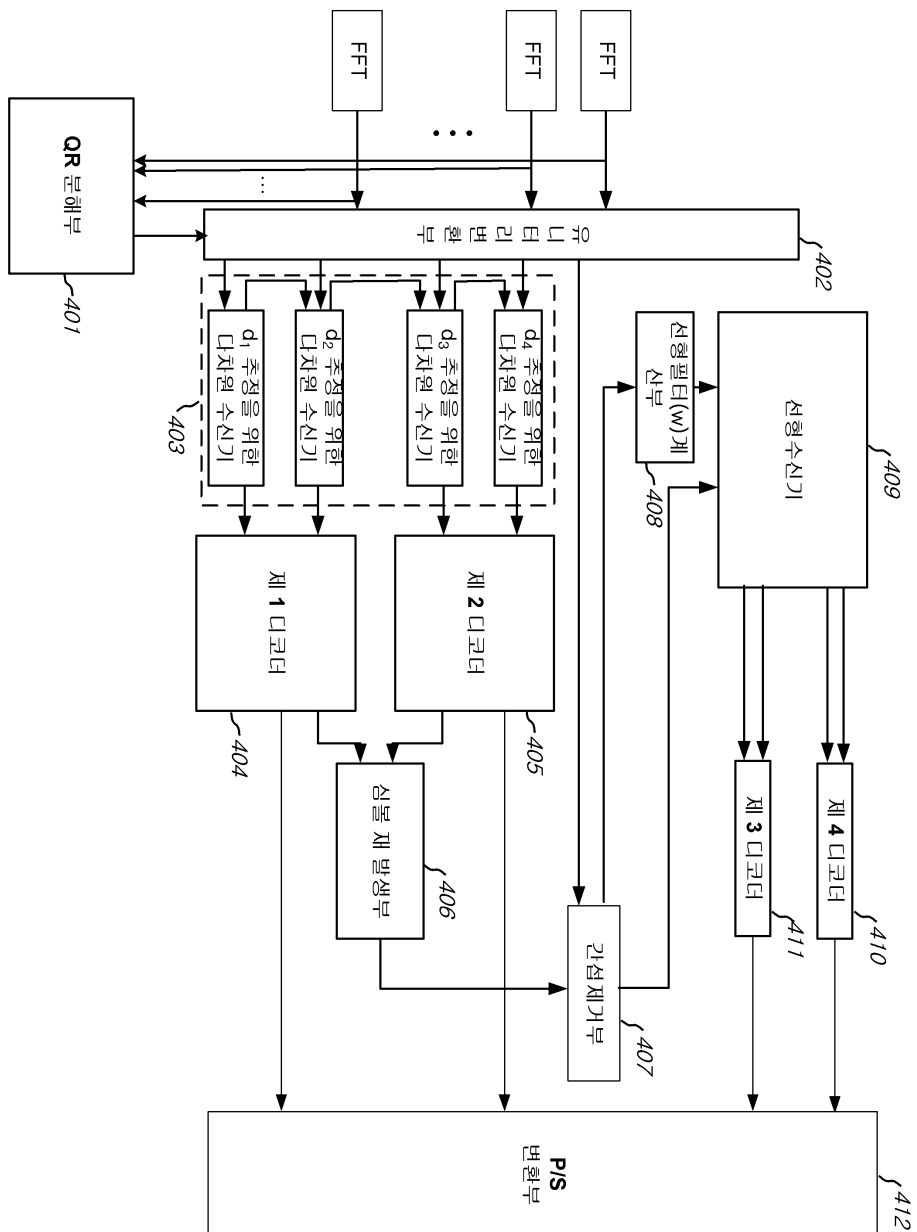
도면2



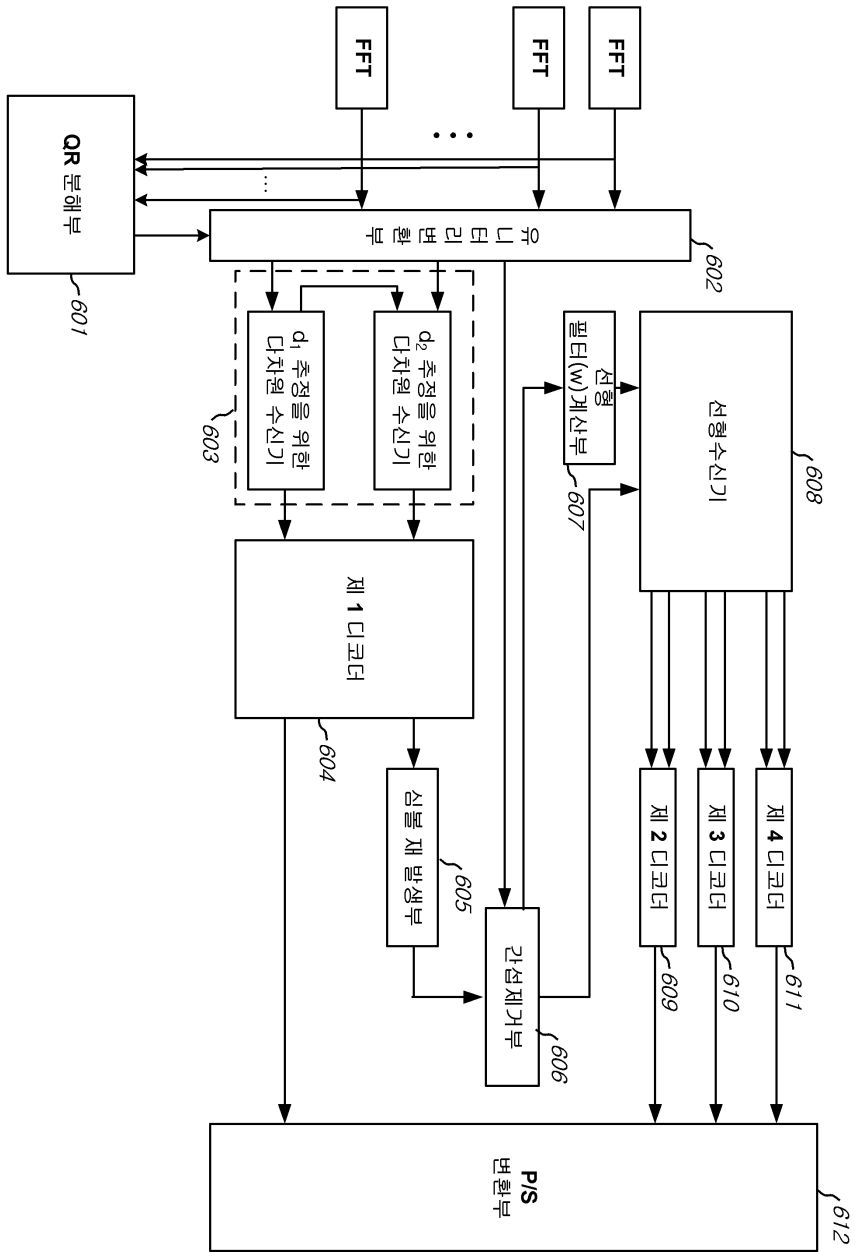
도면3



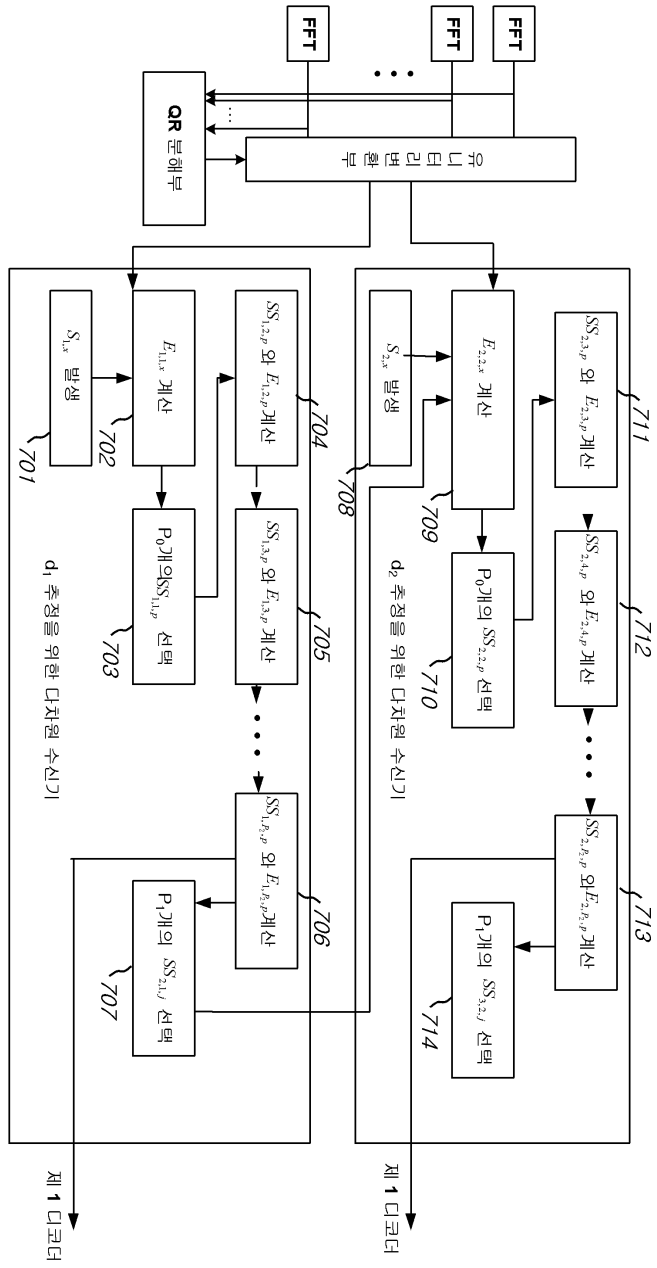
도면4



도면6



도면7



도면8

