



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0024980
(43) 공개일자 2009년03월10일

(51) Int. Cl.

H04B 7/04 (2006.01) H04B 7/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0089989

(22) 출원일자 2007년09월05일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

엘지전자 주식회사

서울특별시 영등포구 여의도동 20번지

서강대학교산학협력단

서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교

(72) 발명자

고현수

경기 안양시 동안구 호계1동 LG연구소

임빈철

경기 안양시 동안구 호계1동 LG연구소

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양문옥

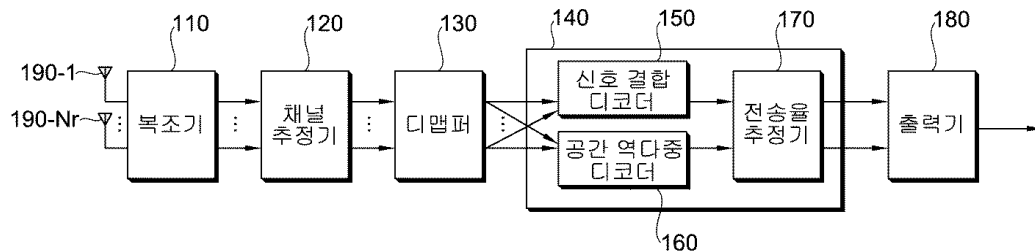
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 다중안테나를 이용한 수신기 및 데이터 수신 방법

(57) 요약

다중안테나를 이용한 수신기는 복수의 수신 안테나, 상기 복수의 수신 안테나를 통하여 수신되는 수신 안테나별 수신 신호를 결합하여 제1 추정 신호를 구하는 신호 결합 디코더, 상기 복수의 수신 안테나를 통하여 수신되는 수신 신호로부터 데이터 신호에 대한 추정값과 간섭 신호에 대한 추정값을 포함하는 제2 추정 신호를 구하는 공간 역다중 디코더 및 상기 제1 추정 신호와 상기 제2 추정 신호 중 어느 하나를 선택하여 출력 신호로 출력하는 출력기를 포함한다. 다중안테나를 가지는 수신기가 수신신호를 셀간 간섭에 따라 적응적으로 수신 모드를 선택할 수 있으므로 셀간 간섭을 줄이고 수신기의 성능을 향상시킬 수 있다.

대표도



(72) 발명자

천진영

경기 안양시 동안구 호계1동 LG연구소

이육봉

경기 안양시 동안구 호계1동 LG연구소

박성호

경기 안양시 동안구 호계1동 LG연구소

장재원

서울 마포구 신수동 1번지 서강대학교 산학협력단

성원진

서울 마포구 신수동 1번지 서강대학교 산학협력단

정진혁

경기 안양시 동안구 호계1동 LG연구소

이문일

경기 안양시 동안구 호계1동 LG연구소

김재완

경기 안양시 동안구 호계1동 LG연구소

특허청구의 범위

청구항 1

복수의 수신 안테나;

상기 복수의 수신 안테나를 통하여 수신되는 수신 안테나별 수신 신호를 결합하여 제1 추정 신호를 구하는 신호 결합 디코더;

상기 복수의 수신 안테나를 통하여 수신되는 수신 신호로부터 데이터 신호에 대한 추정값과 간섭 신호에 대한 추정값을 포함하는 제2 추정 신호를 구하는 공간 역다중 디코더; 및

상기 제1 추정 신호와 상기 제2 추정 신호 중 어느 하나를 선택하여 출력 신호로 출력하는 출력기를 포함하는 것을 특징으로 하는 다중안테나를 이용한 수신기.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 신호 결합 디코더는 MRC(maximal ratio combining) 기법을 사용하는 것을 특징으로 하는 다중안테나를 이용한 수신기.

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 공간 역다중 디코더는 SD(spatial demultiplexing) 기법을 사용하는 것을 특징으로 하는 다중안테나를 이용한 수신기.

청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 출력기는 상기 제1 추정 신호에 대한 평균 유효 신호 대 간섭비와 상기 제2 추정 신호에 대한 평균 유효 신호 대 간섭비를 서로 비교하여 평균 유효 신호 대 간섭비가 큰 추정 신호를 상기 출력 신호로 선택하는 것을 특징으로 하는 다중안테나를 이용한 수신기.

청구항 5

제1 항에 있어서, 상기 출력기는 상기 제1 추정 신호에 대한 전송 효율과 상기 제2 추정 신호에 대한 전송 효율을 서로 비교하여 전송 효율이 큰 추정 신호를 상기 출력 신호로 선택하는 것을 특징으로 하는 다중안테나를 이용한 수신기.

청구항 6

k개의 안테나를 통하여 데이터 신호와 n-1개의 간섭 신호를 수신하는 단계($k \geq n$ 이고 k, n은 자연수);

상기 k개의 안테나를 통하여 k개로 수신되는 상기 데이터 신호를 결합하여 제1 추정 신호를 구하는 단계;

상기 데이터 신호와 상기 n-1개의 간섭 신호 각각이 상기 k개의 안테나와 이루는 채널 행렬에 대한 유사 역행렬을 이용하여 제2 추정 신호를 구하는 단계; 및

상기 제1 추정 신호와 상기 제2 추정 신호 중 어느 하나를 수신 데이터로 수용(reception)하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다중안테나를 이용한 데이터 수신 방법.

청구항 7

제6 항에 있어서, 상기 데이터 신호를 전송하는 기지국으로부터의 거리가 상기 제1 추정 신호의 평균 유효 신호 대 간섭비와 상기 제2 추정 신호의 평균 유효 신호 대 간섭비가 동일하게 되는 모드 변경점보다 큰 경우 상기 제2 추정 신호를 상기 수신 데이터로 수용하는 것을 특징으로 하는 다중안테나를 이용한 데이터 수신 방법.

청구항 8

제6 항에 있어서, 상기 데이터 신호를 전송하는 기지국으로부터의 거리가 상기 제1 추정 신호의 전송 효율과 상기 제2 추정 신호의 전송 효율이 동일하게 되는 모드 변경점보다 큰 경우에는 상기 제2 추정 신호를 상기 수신

데이터로 수용하는 것을 특징으로 하는 다중안테나를 이용한 데이터 수신 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 무선통신에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 셀 경계에서 수신 성능을 향상시킬 수 있는 다중안테나를 이용한 수신기 및 데이터 수신방법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 최근에는 무선통신 시스템의 성능과 통신용량을 극대화하기 위하여 다중입출력(Multiple Input Multiple Output; MIMO) 시스템이 주목받고 있다. MIMO 기술은 지금까지 하나의 송신 안테나와 하나의 수신 안테나를 사용했던 것에서 탈피하여, 다중 송신 안테나와 다중 수신 안테나를 채택해 송수신 데이터 전송 효율을 향상시킬 수 있는 방법이다. MIMO 시스템을 다중안테나(Multiple antenna) 시스템이라고도 한다. MIMO 기술은 하나의 전체 메시지를 수신하기 위해 단일 안테나 경로에 의존하지 않고 여러 안테나에서 수신된 독립적인 데이터 조각을 한데 모아 완성하는 기술을 응용한 것이다. 그 결과, 특정 범위에서 데이터 전송 속도를 향상시키거나 특정 데이터 전송 속도에 대해 시스템 범위를 증가시킬 수 있다.
- <3> MIMO 기술에는 송신 다이버시티(transmit diversity), 공간 다중화(spatial multiplexing) 및 빔형성(Beamforming) 등이 있다. 송신 다이버시티는 다중 송신 안테나에서 동일한 데이터를 전송하여 전송 신뢰도를 높이는 기술이다. 공간 다중화는 다중 송신 안테나에서 서로 다른 데이터를 동시에 전송하여 시스템의 대역폭을 증가시키지 않고 고속의 데이터를 전송할 수 있는 기술이다. 빔 형성은 다중안테나에서 채널 상태에 따른 가중치를 가하여 신호의 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)을 증가시키기 위해 사용된다.
- <4> 한편, 무선통신 시스템은 서비스 지역의 제한과 사용자의 수용 용량의 한계를 극복하기 위하여 서비스 지역을 다수의 셀(Cell)로 나누어 통신 서비스를 제공한다. 인접한 셀 간에는 서로 다른 주파수 대역을 사용하고, 충분히 멀리 떨어진 셀 간에 동일한 주파수 대역을 사용함으로써 공간적으로 주파수 대역을 재사용할 수 있다. 공간적으로 주파수 대역을 재사용할 수 있으므로 다수의 셀 분포에서 채널의 수를 증가시켜 충분한 사용자를 수용할 수 있다.
- <5> 인접한 셀 간에 서로 다른 주파수 대역을 사용하더라도 셀 간의 경계에 위치하는 사용자들은 인접하는 셀로부터 전송되는 간섭 신호에 의해 셀간 간섭(inter-cell interference)을 받게 된다. 셀간 간섭으로 인하여 사용자의 송신신호 및 수신신호는 열화(depletion)될 수 있다. 이러한 셀간 간섭을 줄이기 위하여 단일 안테나를 가진 수신기에서 다양한 간섭 제거 및 완화 기술들이 제안되고 있다.
- <6> 그러나 송신 다이버시티, 공간 다중화 등의 기술이 적용되는 다중안테나 시스템에서 셀간 간섭을 줄이고 수신기의 성능을 향상시킬 수 있는 방법에 대하여는 제시되고 있지 않다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <7> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 다중안테나 시스템에서 셀간 간섭을 줄여서 수신기의 성능을 향상시킬 수 있는 다중안테나를 이용한 수신기 및 데이터 수신 방법을 제공함에 있다.

과제 해결수단

- <8> 본 발명의 일 양태에 따른 다중안테나를 이용한 수신기는 복수의 수신 안테나, 상기 복수의 수신 안테나를 통하여 수신되는 수신 안테나별 수신 신호를 결합하여 제1 추정 신호를 구하는 신호 결합 디코더, 상기 복수의 수신 안테나를 통하여 수신되는 수신 신호로부터 데이터 신호에 대한 추정값과 간섭 신호에 대한 추정값을 포함하는 제2 추정 신호를 구하는 공간 역다중 디코더 및 상기 제1 추정 신호와 상기 제2 추정 신호 중 어느 하나를 선택하여 출력 신호로 출력하는 출력기를 포함한다.
- <9> 본 발명의 다른 양태에 따른 다중안테나를 이용한 데이터 수신 방법은 k개의 안테나를 통하여 데이터 신호와 n-1개의 간섭 신호를 수신하는 단계($k \geq n$ 이고 k, n은 자연수), 상기 k개의 안테나를 통하여 k개로 수신되는 상기

데이터 신호를 결합하여 제1 추정 신호를 구하는 단계, 상기 데이터 신호와 상기 n-1개의 간섭 신호 각각이 상기 k개의 안테나와 이루는 채널 행렬에 대한 유사 역행렬을 이용하여 제2 추정 신호를 구하는 단계 및 상기 제1 추정 신호와 상기 제2 추정 신호 중 어느 하나를 수신 데이터로 수용(reception)하는 단계를 포함한다.

효 과

- <10> 다중안테나를 가지는 수신기가 수신신호를 셀간 간섭에 따라 적응적으로 수신 모드를 선택할 수 있으므로 셀간 간섭을 줄이고 수신기의 성능을 향상시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <11> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세히 설명한다.
- <12> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 셀 환경의 무선통신 시스템을 도시한 블록도이다. 무선통신 시스템은 음성, 패킷 데이터 등과 같은 다양한 통신 서비스를 제공하기 위해 널리 배치된다.
- <13> 도 1을 참조하면, 무선통신 시스템은 단말(10; User Equipment, UE) 및 기지국(20 또는 30; Base Station, BS)을 포함한다. 하나의 기지국(20 또는 30)은 적어도 하나의 셀(cell)을 가질 수 있다. 셀은 하나의 기지국이 통신 서비스를 제공하는 영역이다. 다중 셀 환경은 적어도 하나의 셀을 가지는 기지국(20, 30)이 복수로 배치되어 이루어질 수 있다.
- <14> 단말(10)은 고정되거나 이동성을 가질 수 있으며, MS(Mobile Station), UT(User Terminal), SS(Subscriber Station), 무선기기(wireless device) 등 다른 용어로 불릴 수 있다. 기지국(20, 30)은 일반적으로 단말(10)과 통신하는 고정된 지점(fixed station)을 말하며, 노드-B(Node-B), BTS(Base Transceiver System), 액세스 포인트(Access Point) 등 다른 용어로 불릴 수 있다.
- <15> 무선통신 시스템에 적용되는 다중 접속 기법에는 제한이 없다. 무선통신 시스템은 CDMA(Code Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), FDMA(Frequency Division Multiple Access) 및 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)와 같은 다양한 다중 접속 기법을 사용할 수 있다. 설명을 명확히 하기 위해, 이하에서는 OFDMA 기반의 무선통신 시스템에 대하여 설명한다.
- <16> 무선통신 시스템은 다중안테나(multiple antenna) 시스템일 수 있다. 다중안테나 시스템은 다중입출력(multiple-input multiple-output; MIMO) 시스템일 수 있다. 또는 다중안테나 시스템은 다중 입력 싱글 출력(multiple-input single-output; MISO) 시스템 또는 싱글 입력 다중 출력(single-input multiple-output; SIMO) 시스템일 수도 있다. MIMO 시스템은 다수의 전송 안테나와 다수의 수신 안테나를 사용한다. MISO 시스템은 다수의 송신 안테나와 하나의 수신 안테나를 사용한다. SIMO 시스템은 하나의 송신 안테나와 다수의 수신 안테나를 사용한다.
- <17> 여기서, 단말(10)은 하나의 기지국(20)으로부터 데이터 신호를 수신하고, 다른 하나의 인접 기지국(30)으로부터 간섭 신호를 수신하는 것으로 가정한다. 단말(10)에게 데이터 신호를 전송하는 기지국(20)이 서빙 기지국(Serving BS)이 된다.
- <18> 서빙 기지국(20)이 하나의 송신 안테나를 사용하고, 단말(10)은 2개의 수신 안테나를 사용하는 것으로 가정하면, 데이터 신호는 서빙 기지국(20)과 단말(10) 사이에서 채널 h_1 , h_2 를 겪게 된다. 인접 기지국(30)으로부터의 간섭 신호를 무시하였을 때, 단말(10)이 2개의 수신 안테나로 수신하는 데이터 신호는 다음 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

<19>
$$y = hx + n$$

- <20> 여기서, y 는 수신되는 데이터 신호 벡터, h 는 서빙 기지국(20)과 단말(10) 사이의 채널 벡터, x 는 데이터 심볼, n 은 잡음 벡터이다. 데이터 신호 벡터 $y = [y_1, y_2]^T$, 채널 벡터 $h = [h_1, h_2]^T$, 잡음 벡터 $n = [n_1, n_2]^T$ 로 표현할 수 있다.

- <21> 이와 같이 2개의 안테나로 수신된 데이터 신호에 최대비 결합(Maximal Ratio Combining; MRC) 기법을 적용하여 다음 수학적 식 2와 같이 추정 신호를 구할 수 있다. MRC 기법은 각각의 데이터에 가중치를 주어 결합하는 방식이

다.

수학식 2

<22>

$$y_{MRC} = h^H y = (|h_1|^2 + |h_2|^2)x + (h_1^* n_1 + h_2^* n_2)$$

<23>

여기서, y_{MRC} 는 추정 신호, $(\cdot)^H$ 는 허미션(Hermitian) 행렬, $(\cdot)^*$ 는 켤레 복소수(complex conjugate)를 의미한다. MRC 기법은 인접 셀의 간섭을 고려하지 않는 경우 최적의 성능을 나타낼 수 있다. 이외에도 추정 신호를 구하는 방법으로 선택 결합(selective combining) 기법, 동일 이득 결합(equal gain combining) 기법 등의 신호 결합 기법이 사용될 수 있다. 선택 결합 기법은 데이터를 선택적 결합하는 방식이고, 동일 이득 결합 기법은 각각의 데이터에 동일한 가중치를 주고 평균값을 통해 결합하는 방식이다.

<24>

MRC 기법을 적용하여 구한 추정 신호는 인접 셀의 간섭 신호의 영향을 고려하지 않은 것이다. 그러나 실제 다중 셀 환경에서 셀 경계에 위치하는 단말은 인접 셀의 영향을 받게 되어 낮은 SINR을 가지게 된다. 즉, 다중셀 환경에서 셀 경계에 위치한 단말은 MRC 기법을 사용하여 최적의 성능을 가질 수 없게 된다.

<25>

한편, 서빙 기지국(20)이 하나의 송신 안테나를 사용하지 않고 2 이상의 송신 안테나로 데이터 신호를 공간 다중화하여 전송한다고 가정하면, 단말(10)이 수신하는 데이터 신호는 다음 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

<26>

$$y = Hx + n$$

<27>

여기서, y 는 수신되는 데이터 신호 벡터, H 는 채널 행렬, x 는 데이터 심볼, n 은 잡음 벡터이다.

<28>

이와 같이 공간 다중화되어 전송되는 데이터 신호 벡터에 공간 역다중화(Spatial Demultiplexing; SD) 기법을 적용하여 추정 신호를 구할 수 있다. 공간 역다중화 기법으로 ZF(zero-forcing), 최소 평균 제곱 에러(Minimum Mean Squared Error; MMSE) 등이 사용될 수 있다. ZF는 수신신호에 채널 행렬의 유사역행렬(pseudo-inverse matrix)을 곱하여 송신 신호를 분리하는 방법이다. MMSE는 잡음의 영향까지 고려하여 검출 오류를 줄이는 것으로 MSE(Mean Square Error)를 최소화하는 방법이다. 추정 신호는 다음 수학식 4와 같이 구할 수 있다.

수학식 4

<29>

$$y_{SD} = W(Hx + n)$$

<30>

여기서, ZF를 사용하는 경우에 $W = (H^H H)^{-1} H^H$ 이고, MMSE를 사용하는 경우에 $W = (H^H H + \sigma^2 I)^{-1} H^H$ 이다.

<31>

SD 기법은 서로 다른 안테나에서 송신되는 서로 다른 신호에서 하나의 송신 신호를 분리할 수 있는 기법이다. SD 기법은 하나의 기지국이 복수의 송신 안테나로 서로 다른 신호를 전송하는 공간 다중화에 적용되는 기법이다. 만일, 복수의 기지국이 각각 하나의 안테나를 사용하여 서로 다른 신호를 전송하는 경우에는 단말은 SD 기법을 적용하여 하나의 기지국이 전송한 송신 신호를 분리할 수 있다. 예를 들어, 서빙 기지국(20)이 데이터 신호를 전송하고 인접 기지국(30)이 간섭 신호를 전송하는 경우 단말(10)은 SD 기법으로 서빙 기지국(20)의 데이터 신호를 분리해낼 수 있다.

<32>

이하에서는 다중셀 환경에서 MRC 기법과 SD 기법을 이용하여 다중안테나를 가진 단말의 수신 성능을 향상시킬 수 있는 수신기 및 수신 방법에 대하여 설명한다.

<33>

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중안테나를 가진 수신기를 도시한 블록도이다.

<34>

도 2를 참조하면, 수신기(100)는 복조기(110), 채널추정기(120), 디맵퍼(130), 디코딩부(140) 및 출력기(180)를 포함한다. 디코딩부(140)는 신호 결합 디코더(150), 공간 역다중 디코더(160) 및 전송율 추정기(170)를 포함한다. 수신기(100)는 $N_r(N_r > 1)$ 개의 수신 안테나(190-1, ..., 190- N_r)를 포함한다. 수신기(100)는 하향링크(downlink)에서 단말의 일부분일 수 있다. 수신기(100)는 상향링크(uplink)에서 기지국의 일부분일 수 있다. 하향링크는 기지국에서 단말로의 전송을 의미하며, 상향링크는 단말에서 기지국으로의 전송을 의미한다.

<35>

수신 안테나(190-1, ..., 190- N_r)로부터 수신된 신호는 복조기(110)에 의해 복조된다. 채널 추정기(120)는 채널을

추정하고, 디맵퍼(130)는 입력심벌을 부호화된 데이터로 디맵핑한다. 디코딩부(140)는 부호화된 데이터를 디코딩하여 원래 데이터로 복원한다. 이때, 디코딩부(140)의 신호 결합 디코더(150)는 MRC(Maximal Ratio Combining) 기법으로 부호화된 데이터를 디코딩할 수 있다. 신호 결합 디코더(150)는 선택 결합(selective combining) 기법, 동일 이득 결합(equal gain combining) 기법 등의 신호 결합 기법을 사용할 수도 있다. 공간 역다중 디코더(160)는 SD(Spatial Demultiplexing) 기법으로 부호화된 데이터를 디코딩할 수 있다. 공간 역다중 디코더(160)는 ZF(zero-forcing), MMSE(Minimum Mean Squared Error) 등을 사용할 수 있다. 전송율 추정기(170)는 신호 결합 디코더(150)와 공간 역다중 디코더(160)에서 디코딩된 데이터의 각 디코더별 유효 신호 대 간섭비(effective signal to interference ratio) 또는 전송 효율(spectral efficiency)을 구할 수 있다. 출력기(180)는 각 디코더별 유효 신호 대 간섭비 또는 전송 효율을 이용하여 출력 신호를 선택하여 출력한다. 출력 신호가 수신 데이터로서 수용(reception)된다.

<36> 이하, 상술한 수신기(100)를 이용하여 다중셀 환경에서의 셀간 간섭에 따라 적응적으로 수신 기법을 선택하여 수신 성능을 향상시킬 수 있는 수신 방법에 대하여 설명한다. 상술한 수신기(100)는 2개의 수신 안테나(190-1, 190-2)를 가지고 단말에 포함되며, 서빙 기지국은 1개의 송신 안테나로 데이터 신호를 전송하고 인접 기지국은 1개의 송신 안테나로 간섭 신호를 전송하는 것으로 가정한다. 즉, 다중셀 환경의 SIMO(single-input multiple-output) 시스템인 것으로 가정한다.

<37> 서빙 기지국이 전송한 데이터 신호는 단말의 2개 수신 안테나로 수신되는 동안 채널 h_{11} , h_{21} 을 겪는다. 인접 기지국이 전송한 간섭 신호는 단말의 2개의 수신 안테나로 수신되는 동안 h_{12} , h_{22} 를 겪는다. 채널 추정기(120)는 데이터 신호의 안테나별 채널값을 추정한다. 채널 추정기(120)는 간섭 신호의 안테나별 채널값을 추정한다. 추정된 채널값을 이용하여 신호 결합 디코더(150)는 추정신호 y_{MRC} 를 구한다. 추정된 채널값을 이용하여 공간 역다중 디코더(160)는 추정신호 $y_{SD} = [y_{SD,0}, y_{SD,1}]^T$ 를 구한다. 이때, $y_{SD,0}$ 은 서빙 기지국으로부터 수신되는 데이터 신호에 대한 추정값, $y_{SD,1}$ 은 인접 기지국으로부터 수신되는 간섭 신호에 대한 추정값을 의미한다. 이하, $(\cdot)_{MRC}$ 는 MRC 기법을 적용한 경우이고, $(\cdot)_{SD}$ 는 SD 기법을 적용한 경우이다.

<38> 전송율 추정기(170)는 y_{MRC} 와 $y_{SD,0}$ 을 이용하여 유효 신호 대 간섭비를 구할 수 있다. 전송율 추정기(170)는 추정신호 y_{MRC} 에 대한 유효 신호 대 간섭비 μ_{MRC} 와 추정신호 $y_{SD,0}$ 에 대한 유효 신호 대 간섭비 μ_{SD} 를 구할 수 있다.

전송율 추정기(170)는 평균 유효 신호 대 간섭비(Mean effective signal to interference ratio) $\overline{\mu_{MRC}}$, $\overline{\mu_{SD}}$ 를 다음 수학식 5와 같이 구할 수 있다.

수학식 5

<39>
$$\overline{\mu_{MRC}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \mu_{MRC,k}$$

<40>
$$\overline{\mu_{SD}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \mu_{SD,k}$$

<41> k번째 유효 신호 대 간섭비를 $\mu_{MRC,k}$ 와 $\mu_{SD,k}$ 라 할 때, n개의 수신 신호에 대한 평균 유효 신호 대 간섭비이다.

<42> 전송율 추정기(170)는 유효 신호 대 간섭비 μ_{MRC} 와 μ_{SD} 를 이용하여 다음 수학식 6과 같이 전송 효율 η_{MRC} , η_{SD} 을 구할 수 있다.

수학식 6

$$\eta_{MRC} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \log_2(1 + \mu_{MRC,k})$$

<43>

$$\eta_{SD} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \log_2(1 + \mu_{SD,k})$$

<44>

<45> k번째 유효 신호 대 간섭비를 $\mu_{MRC,k}$ 와 $\mu_{SD,k}$ 라 할 때, n개의 수신 신호에 대한 전송 효율이다.

<46> 출력기(180)는 평균 유효 신호 대 간섭비 또는 전송 효율을 이용하여 출력 신호를 선택한다. 평균 유효 신호 대 간섭비를 이용하는 경우 출력 신호 y_{out} 은 다음 수학식 7과 같이 선택될 수 있다.

수학식 7

$$y_{out} = y_{MRC}, \text{ when } \bar{\mu}_{MRC} > \bar{\mu}_{SD}$$

<47>

$$y_{out} = y_{SD}, \text{ when } \bar{\mu}_{MRC} < \bar{\mu}_{SD}$$

<48>

<49> $\bar{\mu}_{MRC}$ 가 $\bar{\mu}_{SD}$ 보다 큰 경우에는 출력 신호 y_{out} 은 추정 신호 y_{MRC} 가 되고, $\bar{\mu}_{SD}$ 가 $\bar{\mu}_{MRC}$ 보다 큰 경우에는 출력 신호 y_{out} 은 추정 신호 y_{SD} 가 된다. 즉, 출력기(180)는 MRC 기법으로 구한 추정 신호와 SD 기법으로 구한 추정 신호 중에서 평균 유효 신호 대 간섭비가 좋은 기법의 추정 신호를 출력 신호로 선택하여 출력할 수 있다. MRC 기법과 SD 기법의 평균 유효 신호 대 간섭비가 동일한 경우에는 출력 신호로 y_{MRC} 와 y_{SD} 중 어느 것이나 선택할 수 있다.

<50> 전송 효율을 이용하는 경우 출력 신호 y_{out} 은 다음 수학식 8과 같이 선택될 수 있다.

수학식 8

$$y_{out} = y_{MRC}, \text{ when } \eta_{MRC} > \eta_{SD}$$

<51>

$$y_{out} = y_{SD}, \text{ when } \eta_{MRC} < \eta_{SD}$$

<52>

<53> η_{MRC} 가 η_{SD} 보다 큰 경우에는 출력 신호 y_{out} 은 추정 신호 y_{MRC} 가 되고, η_{SD} 가 η_{MRC} 보다 큰 경우에는 출력 신호 y_{out} 은 추정 신호 y_{SD} 가 된다. 즉, 출력기(180)는 MRC 기법으로 구한 추정 신호와 SD 기법으로 구한 추정 신호 중에서 전송 효율이 좋은 기법의 추정 신호를 출력 신호로 선택하여 출력할 수 있다. MRC 기법과 SD 기법의 전송 효율이 동일한 경우에는 출력 신호로 y_{MRC} 와 y_{SD} 중 어느 것이나 선택할 수 있다.

<54> 이상에서 단말이 2개의 수신 안테나를 가지는 것으로 설명하였으나, 이는 제한이 아니며 예시에 불과하다. 단말은 2 이상의 수신 안테나를 가질 수 있다.

<55> 단말은 수신 안테나의 수에 따라 다수의 인접 기지국으로부터의 수신되는 간섭 신호를 제거하고 서빙 기지국의 데이터 신호를 검출할 수 있다. 즉, 각 하나의 송신 안테나를 가지는 하나의 서빙 기지국과 n-1개의 인접 기지국이 데이터 신호 및 간섭 신호를 전송하는 경우, n개의 수신 안테나를 가진 단말은 인접 기지국의 간섭 신호를 제거하고 서빙 기지국의 데이터 신호를 검출할 수 있다(n은 자연수). 이는 n개의 송신 안테나와 n개의 수신 안테나를 이용하는 $n \times n$ MIMO 시스템에서 공간 다중화된 신호를 SD 기법으로 검출하는 것과 같은 원리이다. 따라서, n개의 수신 안테나를 가지는 단말은 SD 기법을 사용하여 추정신호 $y_{SD} = [y_{SD,0}, y_{SD,1}, y_{SD,2}, \dots, y_{SD,n-1}]$

$\mathbf{I}_1^T$ 를 구할 수 있으며, 이 중에서 서빙 기지국이 전송한 데이터 신호의 추정값 $y_{SD,0}$ 을 검출할 수 있다.

- <56> 이하, 상술한 수신기(100)의 수신 성능에 대한 시뮬레이션 결과에 대하여 설명한다.
- <57> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기의 수신 성능의 시뮬레이션을 위한 다중 셀 환경의 일 예를 도시한 블록도이다.
- <58> 도 3을 참조하면, 다중 셀은 7개의 셀로 구성되고 각 셀마다 하나씩의 기지국이 위치하는데, 7개의 기지국은 하나의 서빙 기지국(B_0)과 주변으로 6개의 인접 기지국($B_1, \dots, B_6$)이며, 각 기지국 간의 거리는 2로 서로 동일한 것으로 가정한다. 서빙 기지국(B_0)과 단말과의 거리를 d 라 하면, 하나의 인접 기지국(B_1)과 단말과의 최소 거리는 $2-d$ 가 된다.
- <59> 이하, 이러한 조건의 다중 셀 환경에서의 유효 신호 대 간섭비 및 전송 효율과 그 이득에 대하여 설명한다.
- <60> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기에서 MRC 기법과 SD 기법을 사용한 경우의 유효 신호 대 간섭비를 도시한 그래프이다. 도 3의 다중 셀 환경을 가정하여 서빙 기지국과 단말 간의 거리 d 에 따른 유효 신호 대 간섭비를 구한 시뮬레이션 결과이다.
- <61> 도 4를 참조하면, MRC 기법을 사용한 경우의 유효 신호 대 간섭비 곡선과 SD 기법을 사용한 경우의 유효 신호 대 간섭비 곡선은 모드 변경점(C)에서 교차한다. 모드 변경점(C)은 수신기에서 출력 신호가 y_{MRC} 에서 y_{SD} 로, 또는 y_{SD} 에서 y_{MRC} 로 바뀌는 지점을 의미한다. 여기서, 모드 변경점(C)은 0.6에서 0.7 사이 값을 가진다. 서빙 기지국과 단말과의 거리 d 가 모드 변경점(C)보다 작은 경우에는 MRC 기법의 유효 신호 대 간섭비가 SD 기법의 유효 신호 대 간섭비보다 더 크다. 그리고 d 가 모드 변경점(C)보다 큰 경우에는 SD 기법의 유효 신호 대 간섭비가 MRC 기법의 유효 신호 대 간섭비보다 더 크다.
- <62> 따라서, 단말의 위치가 모드 변경점(C) 이내에 있는 경우 수신기는 MRC 기법을 사용하여 출력 신호를 생성하고, 단말의 위치가 모드 변경점(C) 밖에 있는 경우 수신기는 SD 기법을 사용하여 출력 신호를 생성한다. 즉, 단말은 모드 변경점(C)을 기준으로 사용하는 수신 기법을 적응적 변경하여 더 좋은 품질의 출력 신호를 생성할 수 있다.
- <63> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기에서 MRC 기법과 SD 기법을 사용한 경우의 전송 효율을 도시한 그래프이다. 도 3의 다중 셀 환경을 가정하여 서빙 기지국과 단말 간의 거리 d 에 따른 전송 효율을 구한 시뮬레이션 결과이다.
- <64> 도 5를 참조하면, MRC 기법을 사용한 경우의 전송 효율 곡선과 SD 기법을 사용한 경우의 전송 효율 곡선은 모드 변경점(C)에서 교차한다. 서빙 기지국과 단말과의 거리 d 가 모드 변경점(C)보다 작은 경우에는 MRC 기법의 전송 효율이 SD 기법의 전송 효율보다 더 크다. 그리고 d 가 모드 변경점(C)보다 큰 경우에는 SD 기법의 전송 효율이 MRC 기법의 전송 효율보다 더 크다.
- <65> 단말의 위치가 모드 변경점(C) 이내에 있는 경우 수신기는 MRC 기법을 사용하여 출력 신호를 생성하고, 단말의 위치가 모드 변경점(C) 밖에 있는 경우 수신기는 SD 기법을 사용하여 출력 신호를 생성한다. 즉, 단말은 MRC 기법의 전송 효율과 SD 기법의 전송 효율을 서로 비교하여 더 좋은 품질의 출력 신호를 생성할 수 있는 수신 기법을 선택할 수 있다. 단말은 서빙 기지국과 단말 간의 거리에 따라 수신 기법을 적응적으로 선택할 수 있다.
- <66> 유효 신호 대 간섭비를 이용하여 수신 기법을 선택하는 경우의 시뮬레이션 결과(도4)와 전송 효율을 이용하여 수신 기법을 선택하는 경우의 시뮬레이션 결과(도5)를 서로 비교하면, 모드 변경점(C)의 위치만 약간의 차이가 있을 뿐이며 모드 변경점을 기준으로 단말이 기지국과 가까이 있는 경우에는 MRC 기법을 사용하고 기지국과 멀리 있는 경우에는 SD 기법을 사용하여 출력 신호를 생성할 수 있다. 이로써, 하나의 MRC 기법 하나만을 사용하여 수신 신호를 검출하는 경우에 비하여 셀 경계 부근에서 더욱 효과적으로 수신 신호를 검출할 수 있다.
- <67> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 유효 신호 대 간섭비의 이득 및 전송 효율의 이득을 도시한 그래프이다. 도 3의 다중 셀 환경을 가정하여 상술한 수신기로 얻을 수 있는 유효 신호 대 간섭비 이득(gain)과 전송 효율 이득을 구한 시뮬레이션 결과이다.
- <68> 도 6을 참조하면, 서빙 기지국과 단말 간의 거리에 따라 수신 기법을 적응적으로 선택함에 따라, 유효 신호 대 간섭비 이득과 송전 효율 이득 모두 셀 경계로 갈수록 높아지는 것을 알 수 있다. 특히, 유효 신호 대 간섭비 이득은 셀 경계에서 매우 높게 나타난다. 시뮬레이션 결과, 셀 경계에서 유효 신호 대 간섭비 이득은 173.93%,

전송 효율 이득은 40.08%로 나타났다.

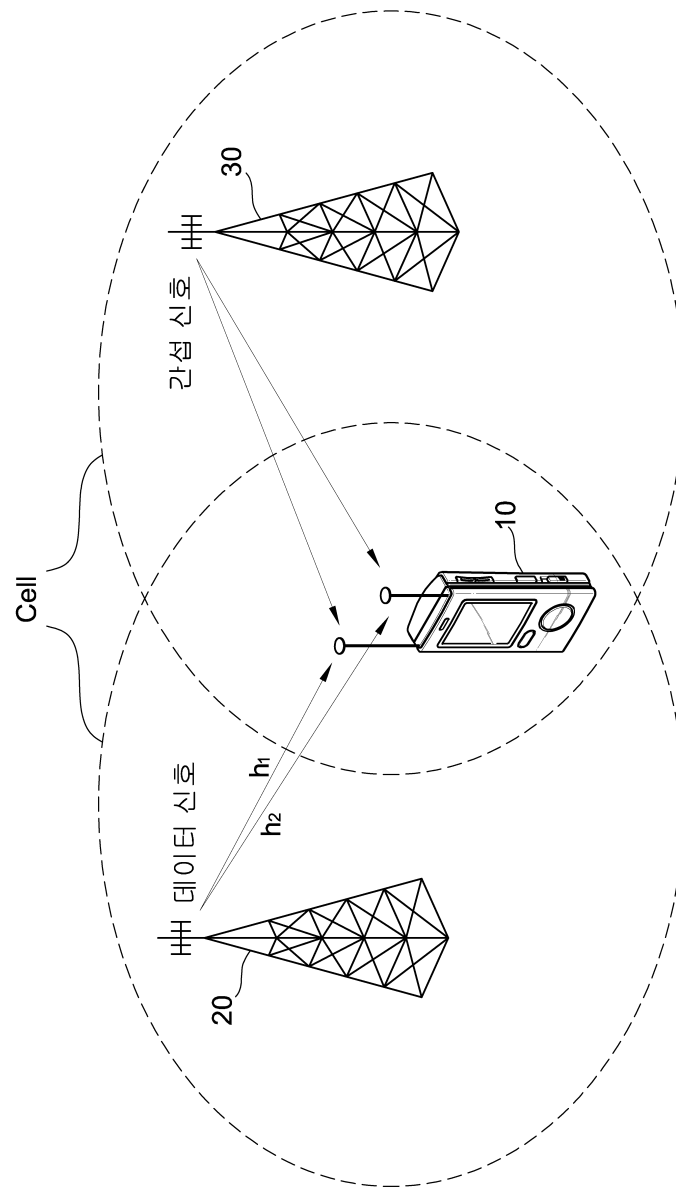
- <69> 상술한 시뮬레이션 결과들의 수치는 예시에 불과하며 한정 사항이 아니다. 시뮬레이션 결과들은 주어지는 조건에 따라 그 결과값이 달라질 수 있다. 시뮬레이션의 결과값이 달라지더라도 본 발명의 취지에 부합한다면 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 것이다.
- <70> 상술한 모든 기능은 상기 기능을 수행하도록 코딩된 소프트웨어나 프로그램 코드 등에 따른 마이크로프로세서, 제어기, 마이크로제어기, ASIC(Application Specific Integrated Circuit) 등과 같은 프로세서에 의해 수행될 수 있다. 상기 코드의 설계, 개발 및 구현은 본 발명의 설명에 기초하여 당업자에게 자명하다고 할 것이다.
- <71> 이상 본 발명에 대하여 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시켜 실시할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 상술한 실시예에 한정되지 않고, 본 발명은 이하의 특허청구범위의 범위 내의 모든 실시예들을 포함한다고 할 것이다.

도면의 간단한 설명

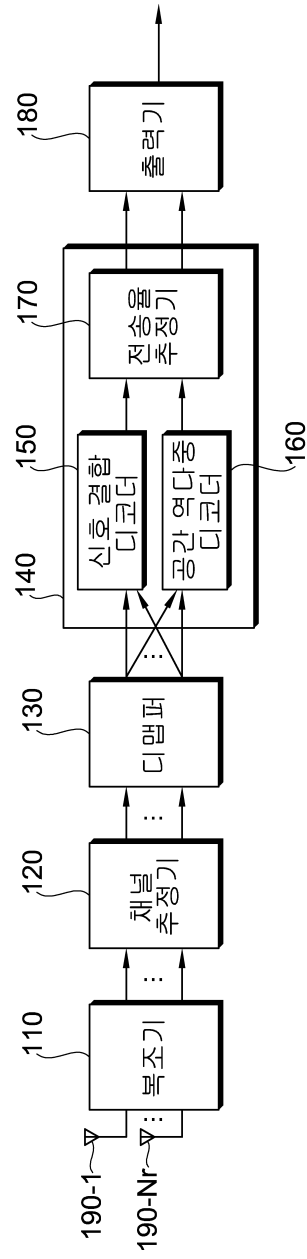
- <72> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 셀 환경의 무선통신 시스템을 도시한 블록도이다.
- <73> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중안테나를 가진 수신기를 도시한 블록도이다.
- <74> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기의 수신 성능의 시뮬레이션을 위한 다중 셀 환경의 일 예를 도시한 블록도이다.
- <75> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기에서 MRC 기법과 SD 기법을 사용한 경우의 유효 신호 대 간섭비를 도시한 그래프이다.
- <76> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기에서 MRC 기법과 SD 기법을 사용한 경우의 전송 효율을 도시한 그래프이다.
- <77> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 유효 신호 대 간섭비의 이득 및 전송 효율의 이득을 도시한 그래프이다.

도면

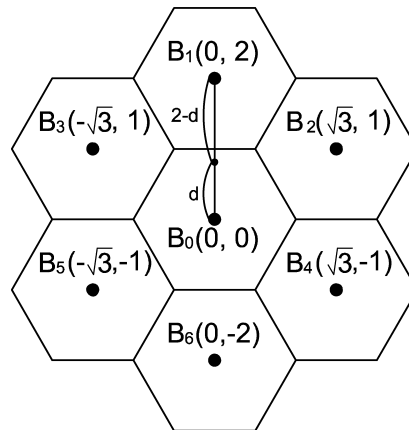
도면1



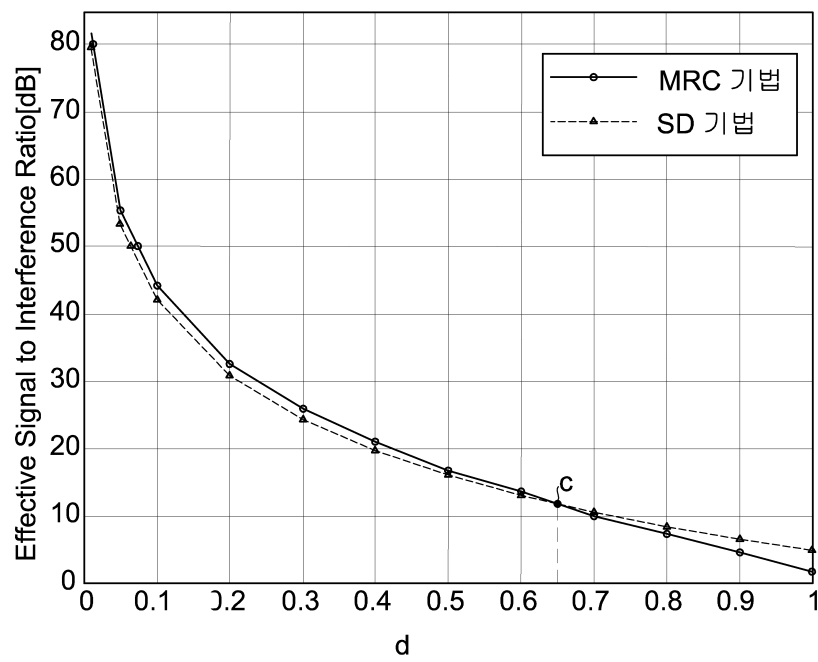
도면2



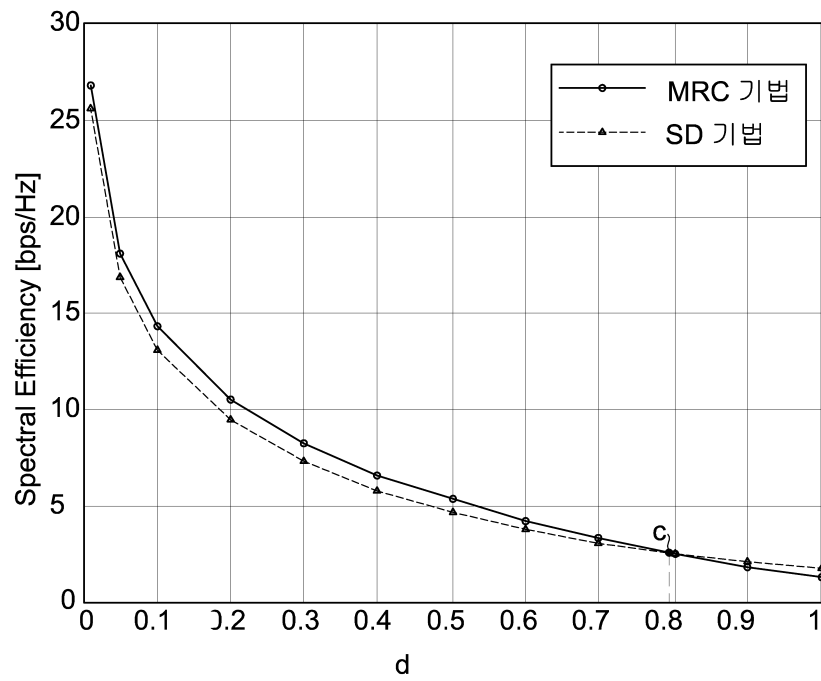
도면3



도면4



도면5



도면6

