



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0077185
(43) 공개일자 2009년07월15일

(51) Int. Cl.

H04B 7/04 (2006.01) H04B 7/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0002996

(22) 출원일자 2008년01월10일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

엘지전자 주식회사

서울특별시 영등포구 여의도동 20번지

(72) 발명자

김재완

경기 안양시 동안구 호계동 533번지 LG제1연구단지

임빈철

경기 안양시 동안구 호계동 533번지 LG제1연구단지

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김용인, 박영복

전체 청구항 수 : 총 9 항

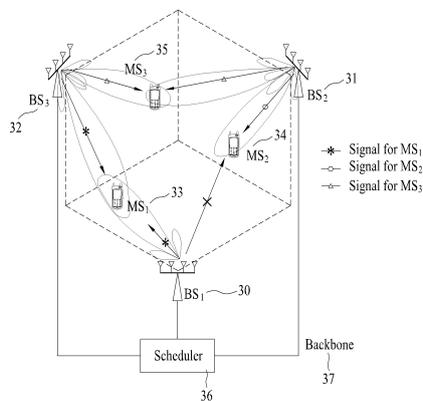
(54) 협력적 다중 입출력 통신 시스템에서 코드북 기반의 빔포밍을 수행하는 방법

(57) 요약

본 문서는 협력적 다중 입출력 통신 시스템에서, 코드북 기반의 빔포밍을 수행하는 방법을 개시한다.

본 문서에서 개시하는 협력적 다중 입출력 통신 시스템에서, 코드북 기반의 빔포밍을 수행하는 방법의 일례는 단말에서 서빙 기지국과 인접 기지국으로부터 신호를 수신하는 단계 및 상기 수신되는 신호를 기초로 상기 서빙 기지국과 인접 기지국 중 일부 기지국에 대해 결정된 프리코딩 행렬 인덱스(PMI: Precoding Matrix Index)를 전송하는 단계를 포함하되, 상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)는, 협력적 MIMO 수행하는데 이용되거나 간섭 완화를 위해 이용됨을 특징으로 한다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

임동국

경기 안양시 동안구 호계동 533번지 LG제1연구단지

김수남

경기 안양시 동안구 호계동 533번지 LG제1연구단지

정진혁

경기 안양시 동안구 호계동 533번지 LG제1연구단지

특허청구의 범위

청구항 1

다중 입출력 통신 시스템에서, 코드북 기반의 빔포밍을 수행하는 방법에 있어서,

단말에서 서빙 기지국과 인접 기지국으로부터 신호를 수신하는 단계; 및

상기 수신되는 신호를 기초로 상기 서빙 기지국과 인접 기지국 중 일부 기지국에 대해 결정된 프리코딩 행렬 인덱스(PMI: Precoding Matrix Index)를 전송하는 단계를 포함하되,

상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)는, 협력적 MIMO 수행하는데 이용되거나 간섭 완화를 위해 이용되는 것을 특징으로 하는, 코드북 기반의 빔포밍 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 서빙 기지국과 인접 기지국에 구비되는 안테나 간 간격은 $\lambda/2$ 인 것을 특징으로 하는, 코드북 기반의 빔포밍 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)는, DFT(Discrete Fourier Transform) 기반의 코드북에서 결정되는 것을 특징으로 하는, 코드북 기반의 빔포밍 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 협력적 MIMO를 수행하는데 이용되는 경우 해당 기지국에서 빔포밍 수행 시 사용되는 것을 특징으로 하는, 코드북 기반의 빔포밍 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 간섭 완화를 위해 이용되는 경우 해당 기지국에서 빔포밍 수행 시 사용되지 않는 것을 특징으로 하는, 코드북 기반의 빔포밍 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 협력적 MIMO를 수행하는데 이용되는지, 간섭 완화를 위해 이용되는지 여부를 알려주는 모드 선택 정보를 함께 전송하는 것을 특징으로 하는, 코드북 기반의 빔포밍 방법.

청구항 7

제 1 항 또는 제 6 항에 있어서,

상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI) 및 상기 모드 선택 정보는 백본망을 통해 스케줄러로 전달되는 것을 특징으로 하는, 코드북 기반의 빔포밍 방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 스케줄러(36)는, 전달되는 다수의 기지국에 대한 상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI) 및 상기 모드 선택 정보를 이용하여 스케줄링을 수행하여 상기 다수의 기지국에 대한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 결정하는 것을 특징으로 하는, 코드북 기반의 빔포밍 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 단말은, 다중 셀 환경에서 셀 가장자리에 위치하는 단말인 것을 특징으로 하는, 프리코딩 정보 송신 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 문서는 협력적 다중 입출력 통신 시스템에 관한 것으로 보다 구체적으로 협력적 다중 입출력 통신 시스템에서 코드북 기반의 빔포밍을 수행하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

<2> 최근 정보통신 서비스의 보편화와 다양한 멀티미디어 서비스들의 등장, 그리고 고품질 서비스의 출현 등으로 인해 무선통신 서비스에 대한 요구가 급속히 증대되고 있다. 이에 능동적으로 대처하기 위해서는 통신 시스템의 용량을 증대시키는 한편 데이터의 전송 신뢰도를 높여야 한다.

<3> 무선통신 환경에서 통신 용량을 늘리기 위한 방안으로는 이용 가능한 주파수 대역을 새롭게 찾아내는 방법과, 주어진 자원의 효율성을 높이는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이 중 후자의 방법으로 송수신기에 다수의 안테나를 장착하여 자원 활용을 위한 공간적인 영역을 추가로 확보하여 다이버시티 이득을 취하거나, 각각의 안테나를 통해 데이터를 병렬로 전송함으로써 전송 용량을 늘리는 이른바 다중 안테나 송수신 기술(Multiple Input Multiple Output Antenna; 이하 MIMO)이 최근 큰 주목을 받으며 활발하게 개발되고 있다.

<4> 일반적으로 MIMO 기법은 통신시스템의 신뢰도를 높이거나 전송 효율을 향상시키기 위해 고려되며, 빔포밍 기법 (beamforming), 공간 다이버시티 기법(spatial diversity), 및 공간 다중화 기법(spatial multiplexing)으로 크게 세 가지로 분류 할 수 있다.

<5> 신뢰도를 높이기 위해 여러 개의 송신안테나를 이용하는 빔형성 기법과 공간 다이버시티 기법은 일반적으로 단일 데이터 스트림을 여러 개의 송신 안테나를 통해 전송하며, 전송효율을 높이기 위해 사용되는 공간 다중화 기법은 여러 개의 데이터 스트림을 동시에 여러 개의 송신 안테나를 통해 전송한다.

<6> 공간 다중화 기법에서 동시에 전송되는 데이터 스트림의 개수를 공간 다중화율(spatial multiplexing rate)이라 하는데 공간 다중화율은 송수신 안테나의 개수와 채널 상황에 따라서 적절하게 선택되어야 한다. 일반적으로 최대로 얻을 수 있는 공간 다중화율은 송신 안테나 개수와 수신 안테나 개수 중 작은 값에 의해 제한되며, 채널의 상관도가 높아지면 작은 공간 다중화율을 사용한다.

<7> 공간 다중화 기법을 사용하는 경우 가상 안테나 시그널링 기법을 적용하면 여러 가지 이득을 얻을 수 있다. 예를 들면, 가상 안테나 시그널링 기법을 적용하게 되면 여러 개의 데이터 스트림의 채널환경을 동일하게 되므로 강인한 채널상태 정보(Channel quality information: CQI)를 제공할 수 있게 되고 나쁜 채널상황을 가진 데이터 스트림의 신뢰도를 증가시킬 수 있게 된다.

<8> 또한, 가상 안테나 시그널링 기법이 적용되는 물리 안테나들에서의 송신 전력이 거의 일정하게 유지할 수 있게 된다. 상세히 살펴보면, 물리적 송신 안테나들은 세트를 이루어 복수 개의 빔들을 만드는데, 이들 각각의 빔들은 각각의 가상 안테나에 해당한다. 서로 다른 빔들은 모든 물리적인 안테나들로부터 똑같은 전력을 전송하도록 할 뿐만 아니라 채널 특성을 보존하도록 생성된다.

<9> 기본적으로, 만들어진 가상 안테나의 총 수는 이용 가능한 공간 다이버시티 또는 공간 다중화율을 지칭한다. 이 수는 또한 공간 채널들을 측정하기 위해 필요한 오버헤드(overhead)의 양을 지칭한다. 이하에서 물리적 송신 안테나의 수를 M_t , 물리적 수신 안테나의 수를 M_r , 이용 가능한 가상 송신 안테나의 수를 M_e 라 하고 동시에 송신되는 레이어들을 M 으로 나타낸다. 여기서, 레이어는 독립적으로 부호화되고 변조된 송신 심볼을 의미한다.

<10> 한편, 통신시스템의 신뢰도를 높이거나 전송 효율을 향상시키기 위한 공간 처리 기법으로 프리코딩 기법이 있다. 프리코딩 기법은 다중안테나 시스템에서 공간 다중화율에 상관없이 사용할 수 있는 기법으로서 보통 채널의 신호대잡음비 (signal to noise ration: SNR)의 크기를 높여주는 기법이다. 일반적으로 송신단에서 현 채널

환경에 가장 적절한 행렬 또는 벡터를 데이터에 곱하여 전송하는데, 여기서 곱해지는 행렬 또는 벡터는 수신단 으로부터 피드백 받아 사용하거나, 또는 송신단에서 하향링크의 채널정보를 알 수 있는 경우 알맞은 행렬 또는 벡터를 계산하여 사용할 수 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<11> 상술한 바와 같은 종래기술에 있어서 본 발명은 협력적 다중 입출력 통신 시스템 및 협력적 다중 입출력 통신 시스템에서 코드북 기반의 빔포밍을 수행하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

<12> 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 양태에 따른 협력적 다중 입출력 통신 시스템에서, 코드북 기반의 빔포밍을 수행하는 방법은, 단말에서 서빙 기지국과 인접 기지국으로부터 신호를 수신하는 단계 및 상기 수신되는 신호를 기초로 상기 서빙 기지국과 인접 기지국 중 일부 기지국에 대해 결정된 프리코딩 행렬 인덱스(PMI: Precoding Matrix Index)를 전송하는 단계를 포함하되, 상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)는, 협력적 MIMO 를 수행하는데 이용되거나 간섭 완화를 위해 이용될 수 있다.

<13> 상기 서빙 기지국과 인접 기지국에 구비되는 안테나 간 간격은 $\lambda/2$ 이 될 수 있다.

<14> 상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)는 DFT(Discrete Fourier Transform) 기반의 코드북에서 결정될 수 있다.

<15> 상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 협력적 MIMO를 수행하는데 이용되는 경우 해당 기지국에서 빔포밍 수행 시 사용될 수 있다. 상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 간섭 완화를 위해 이용되는 경우 해당 기지국에서 빔포밍 수행 시 사용되지 않을 수 있다.

<16> 상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 협력적 MIMO를 수행하는데 이용되는지, 간섭 완화를 위해 이용되는지 여부를 알려주는 모드 선택 정보를 함께 전송할 수 있다.

<17> 상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI) 및 상기 모드 선택 정보는 백분율을 통해 스케줄러로 전달될 수 있다.

<18> 상기 스케줄러(36)는 전달되는 다수의 기지국에 대한 상기 프리코딩 행렬 인덱스(PMI) 및 상기 모드 선택 정보를 이용하여 스케줄링을 수행하여 상기 다수의 기지국에 대한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 결정할 수 있다.

<19> 상기 단말은 다중 셀 환경에서 셀 가장자리에 위치하는 단말이 될 수 있다.

효과

<20> 본 문서에 따르면, 협력적 다중 입출력 통신 시스템에서, 보다 효과적으로 코드북 기반의 빔포밍을 수행할 수 있다.

<21> 다중 셀 환경에서 셀 가장자리에 위치하는 단말은 셀 간 간섭에 취약 수신 성능을 보이는 문제점이 있지만, 상술한 실시예에 따르면 페-루프 방식의 코드북 기반의 빔포밍 기법을 적용할 수 있다.

<22> 이러한, 코드북 기반의 빔포밍을 적용하여 셀 경계에 있는 단말에게 신호 세기가 증폭된 빔을 사용하여 신호를 전송하여 수신 성능을 높일 수 있을 것이다. 그리고, 각 기지국의 빔을 통해 협력적 MIMO를 구현할 수도 있고, 특정 기지국에 대해서는 빔 사용을 배제하도록 요청하여 간섭을 완화시킬 수도 있을 것이다.

<23> 또한 본 실시예에 따르면 단말에서 인접 기지국들에 대한 채널 특성을 파악하여 협력적 MIMO 또는 간섭 완화를 적절히 선택적으로 사용할 수 있을 것이다. 특히, 단말에서 인접 기지국에 대한 채널 특성을 고려하여 각 기지국에 대한 프리코딩 행렬 인덱스를 결정하고, 이들을 포함하는 프리코딩 행렬 집합 정보를 서빙 기지국으로 전송하여 스케줄러에서는 이를 이용하여 스케줄링 하도록 할 수 있다.

<24> 그리고, 프리코딩 행렬 집합 정보를 통해 스케줄러에서 각 기지국 사이에 사용되는 프리코딩 행렬 인덱스를 결정하여 스케줄링 함으로써 인접 셀로부터의 간섭을 최대한 줄일 수 있다. 그리고, 이로써 단말의 수신 성능을 높일 수 있을 수 있을 것이다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<25> 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시형태들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부된 도면과 함께

이하에 개시되는 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 실시형태를 설명하고자 하는 것이며, 본 발명이 실시될 수 있는 유일한 실시형태를 나타내고자 하는 것이 아니다. 이하의 상세한 설명은 본 발명의 완전한 이해를 돕기 위해 구체적인 세부사항을 포함한다. 그러나, 당업자는 본 발명이 이러한 구체적 세부사항 없이도 실시될 수 있음을 알 것이다. 예를 들어, 이하의 설명에서 일정 용어를 중심으로 설명하나, 이들 용어에 한정될 필요는 없으며 임의의 용어로서 지칭되는 경우에도 동일한 의미를 나타낼 수 있다.

- <26> 몇몇 경우, 본 발명의 개념이 모호해지는 것을 피하기 위하여 공지의 구조 및/또는 장치는 생략될 수 있고, 각 구조 및/또는 장치의 핵심기능을 중심으로 도시한 블록도 및/또는 흐름도 형식으로 나타낼 수 있다. 또한, 본 명세서 전체에서 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하여 설명한다.
- <27> 이하의 실시예들은 본 발명의 구성요소들과 특징들이 소정 형태로 결합된 것들이다. 각 구성요소 또는 특징은 별도의 명시적 언급이 없는 한 선택적인 것으로 고려되어야 한다. 각 구성요소 또는 특징은 다른 구성요소나 특징과 결합되지 않은 형태로 실시될 수 있다. 또한, 일부 구성요소들 및/또는 특징들을 결합하여 본 발명의 실시예를 구성하는 것도 가능하다. 본 발명의 실시예들에서 설명되는 동작들의 순서는 변경될 수 있다. 어느 실시예의 일부 구성이나 특징은 다른 실시예에 포함될 수 있고, 또는 다른 실시예의 대응하는 구성 또는 특징과 교체될 수 있다.
- <28> 본 문서에서 본 발명의 실시예들은 기지국과 단말 간의 데이터 송수신 관계를 중심으로 설명되었다. 여기서, 기지국은 단말과 직접적으로 통신을 수행하는 네트워크의 종단 노드(terminal node)로서의 의미를 갖는다. 본 문서에서 기지국에 의해 수행되는 것으로 설명된 특정 동작은 경우에 따라서는 기지국의 상위 노드(upper node)에 의해 수행될 수도 있다. 즉, 기지국을 포함하는 다수의 네트워크 노드들(network nodes)로 이루어지는 네트워크에서 단말과의 통신을 위해 수행되는 다양한 동작들은 기지국 또는 기지국 이외의 다른 네트워크 노드들에 의해 수행될 수 있음은 자명하다. '기지국'은 고정국(fixed station), Node B, eNode B(eNB), 액세스 포인트(access point) 등의 용어에 의해 대체될 수 있다. 또한, '단말'은 UE(User Equipment), MS(Mobile Station), MSS(Mobile Subscriber Station) 등의 용어로 대체될 수 있다.
- <29> 다중 셀 환경에서 통신 중인 단말 특히, 각 셀의 가장자리에 위치하는 단말의 경우, 서비스를 제공받는 서빙 기지국으로부터 송신되는 신호는 그 세기가 약한 반면, 다른 인접한 기지국들로부터 송신되는 신호로 간섭이 발생할 확률이 높다. 따라서, 이러한 셀 가장자리에 위치하는 단말의 경우 그 통신 환경을 고려하여 이하 설명하는 협력적 다중 입출력 (Collaborative MIMO) 기법을 통해 사용자의 수신성능을 높일 수 있을 것이다.
- <30> 도 1은 다중 셀 환경에서 협력적 다중 입출력 기법을 적용하는 통신 시스템에서의 신호 송수신 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- <31> 다중 입출력 방식에 따르면, 기존 단일 셀 단위로 MIMO를 적용하여 다이버시티(Diversity), 단일 사용자 MIMO(Single-user MIMO), 다중 사용자 MIMO(Multi-user MIMO)를 구현하였던 것과는 달리, 다중 셀 환경에서 복수개의 기지국을 이용하여 MIMO를 적용할 수 있다.
- <32> 도 1을 참조하면, MS1(13)은 BS1(10) 및 BS3(12)로부터 신호를 수신하고, MS2(14)은 BS1(10) 및 BS2(11)로부터 신호를 수신하고, MS3(15)은 BS2(11) 및 BS3(12)로부터 신호를 수신함을 확인할 수 있다. 그리고, 다수의 기지국에서 단말로 전송되는 데이터는 스케줄러(16)에서 다수의 기지국을 고려하여 구성한 후 백본망(17)을 통해서 각 기지국으로 전달하여 준다.
- <33> 이때 각 기지국으로부터 수신되는 신호는 서로 동일하거나 다른 데이터일 수 있다. 각 기지국으로부터 동일한 데이터를 수신하는 경우에는 다이버시티 이득을 획득할 수 있고, 각 기지국으로부터 다른 데이터를 수신하는 경우에는 데이터 전송 속도 즉, 데이터 처리량을 높일 수 있을 것이다.
- <34> 단말이 동일 셀 기지국의 다중 안테나를 통해 단일 사용자 MIMO 또는 다중 사용자 MIMO에 의해 수신성능을 높인 것과 유사한 방법으로, 인접한 다수의 셀에 위치하는 기지국들로부터 동일 채널에 대한 신호를 수신하여 다이버시티, 단일 사용자 MIMO 또는 다중 사용자 MIMO를 구현할 수 있다. 특히, 인접 셀로부터 간섭을 받기 쉬운 셀 가장자리에 위치하는 단말은 이러한 상황을 역으로 이용하여, 인접 기지국들로부터 동일 채널에 대한 신호를 수신하여, 다이버시티, 단일 사용자 MIMO 또는 다중 사용자 MIMO를 구현할 수 있을 것이다.
- <35> 여러 단말 또는 특정 단말에 대해 다수의 독립적인 스트림을 보내므로, 단일 사용자 MIMO 또는 다중 사용자 MIMO를 구현하기 위해 협력적 다중 입출력 방식을 적용할 때, 다수의 기지국들이 단말로부터 채널추정 관련정보(CSI: Channel Status Information)를 수신하고 이를 이용하여 채널을 추정할 수 있다. 그리고, 이러한 채널

추정 결과를 기초로 각 기지국에서 독립적으로 안테나 가중치를 생성하여 프리코딩 하여 전송할 수 있다.

- <36> 도 2는 다중 셀 환경에서 협력적 다중 입출력 기법을 적용하는 통신 시스템에서의 신호 송수신에 있어서 가능한 간섭을 고려하여 설명하기 위한 도면이다.
- <37> 상술한 바와 같이 둘 이상의 셀에 위치하는 다수의 기지국에서 하나의 단말로 신호를 송신하는 경우 도 2에 도시된 바와 같이 타 셀에 있는 단말로 송신하는 신호로 인해 자기 셀에 위치하는 단말에 간섭을 일으킬 수 있다.
- <38> 도 2를 참조하면, MS1(23), MS2(24) 및 MS3(25)은 각각 BS1(20), BS2(21) 및 BS3(22)로부터 신호를 수신함을 확인할 수 있다. 하지만, BS1(20)에서 MS2(24) 및 MS3(25)으로 전송하는 신호(①)는 MS1(23)에 대해서 간섭을 일으킬 수 있다. 그리고, BS2(21)에서 MS3(25)으로 전송하는 신호(②)는 MS2(24)에 대해서 간섭을 일으킬 수 있다. 마찬가지로, BS3(22)에서 MS1(23)으로 전송하는 신호(③)는 MS3(25)에 대해서 간섭을 일으킬 수 있다.
- <39> 따라서, 이하에서 설명하는 본 발명의 실시예에서는 협력적 다중 입출력 방식을 적용하는 통신 시스템에서의 프리코딩 정보를 사용함에 있어서 코드북을 이용하여 페-루프 동작을 통해, 다수의 기지국에서 전송하는 신호가 서로 간섭이 되는 경우를 줄일 수 있는 신호 송신 방법을 제공하고자 한다.
- <40> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 협력적 다중 입출력 기법을 적용하는 통신 시스템에서의 코드북 기반 빔포밍을 적용하여 신호를 송수신하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- <41> 본 실시예에 따르면, 단말, 특히 특정 기지국의 셀 경계에 위치하는 단말은 인접 기지국의 신호로부터 채널을 추정한 후, 각 인접 기지국에 대한 채널 추정 결과를 토대로 어떤 기지국과는 협력적(Collaborative) MIMO를 수행할 수 있고 어떤 기지국에 대해서는 특정 빔을 사용하지 못하도록 할 것이지 판단할 수 있다.
- <42> 특히, 코드북 기반의 빔포밍이 적합한 코드 북을 통해 특정 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 사용하도록 하여 인접 기지국과의 협력적(Collaborative) MIMO를 수행할 수도 있고, 또는 해당 기지국으로부터의 간섭을 완화하기 위해 해당 기지국에서 특정 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 쓰지 못하도록 할 수도 있다.
- <43> 예를 들어, 도 3을 참조하면 기지국 BS_1(30)의 셀 경계에 있는 단말 MS_1(33)은 서빙 기지국인 기지국 BS_1(30)과 인접 기지국인 기지국 BS_3(32)로부터 신호를 수신할 수 있다. 이때 각 기지국으로부터 동일한 신호를 수신하여 특정 QoS(Quality of Service)를 만족시키기 위한 수신 SINR을 높일 수 있다. 또는 각 기지국으로부터 서로 다른 신호를 수신하여 데이터 처리량을 높일 수 있다.
- <44> BS_2(31)의 셀 경계에 있는 단말 MS_2(34)는 기지국 BS_2(31)을 통해 기지국 BS_1(30)에서 단말 MS_2(34)를 향하는 빔이 형성될 수 있는 특정 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 쓰지 못하도록 요청할 수 있다. 이에 따라 기지국 BS_1(30)에서 해당 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 사용하지 않으므로, 단말 MS_2(34)의 입장에서는 셀간 간섭(ICI: Inter-cell interference)을 줄일 수 있을 것이다.
- <45> 또한, 기지국 BS_3(32)의 셀 경계에 있는 단말 MS_3(35)은 서빙 기지국인 기지국 BS_3(32)과 인접 셀의 기지국인 기지국 BS_2(31)로부터 동시에 신호를 수신할 수 있다. 이 경우에도 상술한 단말 MS_1(33)의 경우와 마찬가지로 각 기지국으로부터 동일한 신호를 수신하여 특정 QoS를 만족시키기 위한 수신 SINR을 높일 수 있다. 또는 각 기지국으로부터 서로 다른 신호를 수신하여 데이터 처리량을 높일 수 있다.
- <46> 특히, 이때 기지국 BS_3(32)에서는 단말 MS_1(33)과 단말 MS_3(35)를 향한 코드북에 의해 생성되는 빔간 간섭이 발생할 수 있는데 이는 각 프리코딩 행렬 간에 직교성을 유지할 수 있는 유니터리(Unitary) 특성을 가진 코드북을 사용함으로써 간섭을 최소화하도록 할 수 있다. 그리고, 동시에 SDM(Spatial Division Multiplexing) 기능이 가능하다.
- <47> 본 실시예에서는 유니터리(Unitary) 특성을 가진 코드북의 예로 DFT(Discrete Fourier Transform) 기반의 코드북을 사용하는 경우를 설명한다. 이때 빔포밍에 적용하는 안테나 간격은 $\lambda/2$ 로 이루어질 수 있을 것이다. DFT 기반의 코드북 특성상 빔간에는 직교성이 유지되며, 안테나가 4개의 경우, 다음 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$\{\mathbf{b}_0, \mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \mathbf{b}_3\} = \frac{1}{2} \left\{ \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ j \\ -1 \\ -j \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ -j \\ -1 \\ j \end{pmatrix} \right\}$$

<48>

<49>

만약 안테나 수를 8개로 확장할 수 있다면, 직교하는 빔의 수가 8개로 증가하여 빔 지향성에 대한 정확도 및 수신 성능을 높일 수 있다. 그리고 필요한 경우 위상을 변화시켜 감으로써 단말의 이동을 추적하는 빔 트래킹을 수행할 수 있다. 이때 아래 수학식 2와 같은 위상 천이 행렬을 이용할 수 있다.

수학식 2

$$\mathbf{P}_N(\phi_i) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{j\phi_i} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & e^{j2\phi_i} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & e^{j(N-1)\phi_i} \end{pmatrix}$$

<50>

<51>

수학식 2에서, N는 안테나의 수를 나타내고, ϕ_i 는 빔 트래킹을 위한 소정의 위상 천이 각도를 나타낸다.

<52>

셀 가장자리에 위치하는 단말은 동일한 채널로 수신되는 간섭 신호 중, 강한 신호를 찾아내어 해당 신호에 대해 협력적 MIMO를 수행할 것인지, 아니면 간섭완화를 위해 사용할 것인지 결정할 수 있는데 이때 특정한 매트릭을 통해 생성되는 DUR(Desired and Undesired signal power Ratio)을 가지고 비교하여 결정할 수 있다.

<53>

그리고, 단말에서 결정 결과에 따라 협력적 MIMO를 수행하기 위한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI) 또는 간섭완화를 위한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 해당 기지국으로 알려줄 수 있다. 이때 단말은 서빙 기지국을 통해 해당 기지국으로 정보를 알려줄 수 있다. 그리고, 필요한 경우 서빙 기지국은 수신한 정보들을 백본망(37)을 통해 인접 기지국들과 연결되어 있는 스케줄러(36)로 전달하여 기지국간에 서로 조정하도록 할 수도 있다.

<54>

예를 들어, 스케줄러(36)는, 각 기지국에서 전달되는 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)들을 이용하여 인접 기지국들간에 협력적 MIMO를 수행하기에 적합한 프리코딩 행렬들을 조합하되, 간섭 완화를 위한 프리코딩 행렬은 배제하여 조합하도록 스케줄링 할 수 있다. 스케줄링 결과, 최적의 협력적 MIMO를 통해 단말이 동일한 채널에 동일한 신호가 두 개 이상의 기지국으로부터 수신하도록 하여 수신성능을 높일 수 있고, 또는 인접 기지국에서 특정 빔 또는 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 사용되는 것으로 인한 간섭으로 수신 성능이 떨어지는 것을 방지할 수 있다.

<55>

그리고, 이때 단말 또는 스케줄러(36)는 각 기지국에 대해 결정된 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 협력적 MIMO를 위한 것인지 간섭 완화를 위한 것인지 알려주는 모드 선택 정보를 추가적으로 알려줄 수 있다. 이는 각 프리코딩 행렬 인덱스에 1 비트의 정보 비트를 추가하여 알려줄 수도 있고, 각각의 별도의 집합으로 구성하여 이 집합 정보로서 알려줄 수도 있을 것이다.

<56>

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 협력적 다중 입출력 기법을 적용하는 통신 시스템에서의 코드북 기반 빔포밍을 적용하여 신호를 송수신하는 방법을 설명하기 위한 시스템 블록 구성도이다.

<57>

도 4에서 단말(40)의 서빙 기지국 BS_1(41-1)과 M-1개의 인접 기지국을 포함하는 M 개의 기지국들은, 선택적으로 협력적 MIMO 방식을 적용하여 단말(40)로 데이터를 전송할 수 있다. 이때 각 기지국 특히 협력적 MIMO 방식을 적용하는 서빙 기지국 BS_1(41-1) 내지 기지국 BS_M(41-M)은 스케줄러(45)에서 수신한 정보를 기초로 구성되

어 백본망(44)을 통해 전달된 데이터 1(d1) 내지 데이터 M(dM)을 각각 전송한다.

- <58> 이때 각 기지국으로 전달되는 데이터는 상술한 바와 같이 서로 다른 데이터가 될 수도 있고 동일한 데이터가 될 수도 있다. 다만, 각 기지국으로 전달되는 데이터는 각 기지국으로부터 전달되는 채널 정보에 따라 적절히 코딩 및 변조되어 구성되는 데이터가 되는 것이 바람직할 것이다.
- <59> 다수의 기지국 중 기지국 BS_1(41-1)을 통해 데이터를 전송하는 각 기지국의 구성을 보다 구체적으로 설명하면, 기지국 BS_1(41-1)은 데이터 1(d1)을 백본망(44)를 통해 전달받고 난 후, 이를 단말(40)로 송신하기 전에 데이터 1(d1)에 대해 프리코딩을 수행한다. 즉, 프리코딩 행렬 생성부(42-1)는 프리코딩을 수행할 때 이용되는 가중치 또는 프리코딩 행렬을 생성한다.
- <60> 이때의 프리코딩은 특히 코드북 기반의 빔포밍을 수행하기 위한 프리코딩이 될 수 있으며, 이러한 빔포밍을 수행하기 위해서는 각 기지국에 구비된 안테나 간 간격은 $\lambda/2$ 가 됨이 바람직하다.
- <61> 이때 프리코딩 행렬 생성부(42-1)는 코드북 기반의 빔포밍을 수행하기 위해 소정의 코드북을 이용하여 가중치 또는 프리코딩 행렬을 생성할 수 있다. 예를 들어, 단말에서는 본 실시예에 따라 피드백 정보로 프리코딩 행렬 인덱스(PMI: Precoding Matrix index)를 전송하고, 프리코딩 행렬 생성부(42-1)에서는 단말(40)로부터 피드백 정보로 수신되는 프리코딩 행렬 인덱스(PMI: Precoding Matrix index)를 이용하여 프리코딩 행렬을 생성할 수 있을 것이다.
- <62> 그리고, 프리코더(43-1)는 이 생성된 가중치 또는 프리코딩 행렬을 데이터 1(d1)에 곱하여 프리코딩을 수행한다. 그리고, 프리코딩된 신호를 단말(40)로 전송한다.
- <63> 본 실시예에 따라 각 기지국에서 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 이용하여 프리코딩 행렬을 생성할 수 있도록, 기지국 특히 서빙 기지국(41-1)에서는 단말(40)로부터 피드백 정보로 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 수신하되, 이때 서빙 기지국(41-1)에 대한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)뿐만 아니라 BS_M(41-M)를 포함하는 인접 기지국들에 대한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)도 함께 수신한다.
- <64> 이때 각 기지국에 대한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)는 상술한 바와 같이 각 기지국에서 협력적 MIMO를 수행하기 위한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 될 수도 있고, 각 기지국에서 사용하지 못하도록 하여 간섭 완화를 도모하기 위한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 될 수도 있을 것이다.
- <65> 그리고, 각 기지국에 대한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 백본망(44)을 통해 해당 기지국으로 전달하여 준다. 즉, 여기서 백본망은 다수의 인접한 기지국들 간에 정보의 송수신 및 공유를 위해 정의된 통신망으로 볼 수 있다.
- <66> 이때 중간에 스케줄러(45)가 관여하여 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 보다 바람직한 경우로 조정하여 전달하여 줄 수도 있을 것이다. 즉, 각 기지국에서 협력적 MIMO를 수행하기 위해 전달한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI) 위주로 프리코딩 행렬을 선택하되, 간섭 완화를 도모하기 위해 전달한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)는 배제하여 각 기지국에 대한 프리코딩 행렬 인덱스를 결정하여 이를 각 기지국으로 전달하여 줄 수 있을 것이다.
- <67> 추가적으로, 스케줄러(45)는 각 기지국에서 단말로부터 수신된 신호를 통해 획득한 채널 정보를 백본망(44)을 통해 수신하여, 이를 이용하여 해당 단말로 전송하는 데이터를 구성할 수 있다. 즉, 채널 정보에는 상술한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)뿐만 아니라, 채널 품질 정보(CQI: Channel Quality Information) 및 랭크 정보(Rank information) 등을 포함할 수 있다. 그리고, 이러한 채널 정보를 통해 스케줄러(45)에서는 해당 단말의 채널 상태에 최적의 코딩 및 변조 기법을 선택하고 이를 적용하여 구성된 데이터를 각 기지국에 백본망(44)을 통해 전달하여 단말로 전송되도록 할 수 있다.
- <68> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 협력적 다중 입출력 기법을 적용하는 통신 시스템에서의 코드북 기반 빔포밍을 적용하여 신호를 송수신하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- <69> 먼저 단말은 단계 S50에서, 서빙 기지국으로부터 전송되는 신호뿐만 아니라 동일한 채널로 전송되는 인접 기지국들로부터 전송되는 신호도 수신할 수 있다. 그리고, 단계 S51에서 수신되는 신호를 통해 신호가 강하게 검출되는 일부 인접 기지국에 대해서는 상술한 본 실시예에 따라 협력적 MIMO 수행을 도모하거나, 간섭 배제를 요청할 수 있는 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 결정할 수 있다.
- <70> 그리고, 단계 S52에서 단말은 결정 결과에 따라 협력적 MIMO를 수행하기 위한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI) 또는 간섭완화를 위한 일부 기지국의 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 서빙 기지국으로 알려줄 수 있다. 그리고, 이때

단말은 각 기지국에 대해 결정된 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 협력적 MIMO를 위한 것인지 간섭 완화를 위한 것인지 알려주는 모드 선택 정보를 추가적으로 알려줄 수 있다.

- <71> 서빙 기지국은 단말로부터 프리코딩 행렬 인덱스(PMI) 정보를 수신하여 이를 단계 S53에서 백본망을 통해 인접 기지국들과 연결되어 있는 스케줄러로 전달하여 기지국간에 서로 조정하도록 할 수도 있다.
- <72> 스케줄러는, 단계 S54에서 각 기지국에서 전달되는 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)들을 이용하여 인접 기지국들 간에 협력적 MIMO를 수행하기에 적합한 프리코딩 행렬들을 조합하되, 간섭 완화를 위한 프리코딩 행렬은 배제하여 조합하도록 스케줄링 할 수 있다.
- <73> 스케줄링 결과, 최적의 협력적 MIMO를 통해 단말이 동일한 채널에 동일한 신호가 두 개 이상의 기지국으로부터 수신하도록 하여 수신성능을 높일 수 있고, 또는 인접 기지국에서 특정 빔 또는 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)가 사용되는 것으로 인한 간섭으로 수신 성능이 떨어지는 것을 방지할 수 있다.
- <74> 스케줄러는 스케줄링 결과 결정된 각 기지국의 프리코딩 행렬 인덱스(PMI) 정보를 단계 S55에서 백본망을 통해 서빙 기지국 및 각 인접 기지국으로 전달하고, 이를 수신하는 기지국들은 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 이용하여 코드북 기반의 빔포밍을 수행하여 단계 S58에서 해당 단말로 신호를 전송할 수 있다.
- <75> 이때 기지국 예를 들어, 서빙 기지국 BS_1에서 협력적 MIMO를 수행하기 위한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 수신하는 경우 서빙 기지국 BS_1에서는 단계 S56에서 수신되는 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)에 따라 코드북 기반의 빔포밍을 수행하여 단말로 송신할 신호를 구성할 수 있다.
- <76> 그리고, 기지국 예를 들어, 이웃 기지국들 중 하나인 기지국 BS_2에서 간섭 완화를 위해 사용 배제를 위한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 수신하는 경우 기지국 BS_2에서는 단계 S57에서 수신되는 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)는 사용하지 않고, 코드북 기반의 빔포밍을 수행하여 단말로 송신할 신호를 구성할 수 있다.
- <77> 이때 물론 스케줄러에서 수신되는 프리코딩 행렬 인덱스(PMI)를 조합하여 각 기지국의 빔포밍에 적합한 프리코딩 행렬 인덱스(PMI) 정보를 알려주는 경우에는 각 기지국에서 별도의 단계 S57 동작은 생략될 수 있음은 당연할 것이다.
- <78> 이때 코드북은 유니터리(Unitary) 특성으로 빔간 직교성을 유지하여 간섭을 줄일 수 있는 DFT 기반의 코드북을 사용할 수 있으며, 각 기지국에서 빔포밍에 적용하는 안테나 간격은 $\lambda/2$ 로 이루어질 수 있을 것이다. 단말은 각 기지국으로부터 동일한 신호를 수신하여 특정 QoS(Quality of Service)를 만족시키기 위한 수신 SINR을 높일 수 있다. 또는 각 기지국으로부터 서로 다른 신호를 수신하여 데이터 처리량을 높일 수 있다.
- <79> 다중 셀 환경에서 셀 가장자리에 위치하는 단말은 셀 간 간섭에 취약 수신 성능을 보이는 문제점이 있지만, 상술한 실시예에 따르면 페-루프 방식의 코드북 기반의 빔포밍 기법을 적용할 수 있다.
- <80> 이러한, 코드북 기반의 빔포밍을 적용하여 셀 경계에 있는 단말에게 신호 세기가 증폭된 빔을 사용하여 신호를 전송하여 수신 성능을 높일 수 있을 것이다. 그리고, 각 기지국의 빔을 통해 협력적 MIMO를 구현할 수도 있고, 특정 기지국에 대해서는 빔 사용을 배제하도록 요청하여 간섭을 완화시킬 수도 있을 것이다.
- <81> 또한 본 실시예에 따르면 단말에서 인접 기지국들에 대한 채널 특성을 파악하여 협력적 MIMO 또는 간섭 완화를 적절히 선택적으로 사용할 수 있을 것이다. 특히, 단말에서 인접 기지국에 대한 채널 특성을 고려하여 각 기지국에 대한 프리코딩 행렬 인덱스를 결정하고, 이들을 포함하는 프리코딩 행렬 집합 정보를 서빙 기지국으로 전송하여 스케줄러에서는 이를 이용하여 스케줄링 하도록 할 수 있다.
- <82> 그리고, 프리코딩 행렬 집합 정보를 통해 스케줄러에서 각 기지국 사이에 사용되는 프리코딩 행렬 인덱스를 결정하여 스케줄링 함으로써 인접 셀로부터의 간섭을 최대한 줄일 수 있다. 그리고, 이로써 단말의 수신 성능을 높일 수 있을 수 있을 것이다.
- <83> 특허청구범위에서 명시적인 인용 관계가 있지 않은 청구항들을 결합하여 실시예를 구성하거나 출원 후의 보정에 의해 새로운 청구항으로 포함시킬 수 있음은 자명하다.
- <84> 본 발명에 따른 실시예는 다양한 수단, 예를 들어, 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어 또는 그것들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시예에 따른 협력적 다중 입출력 통신 시스템에서, 코드북 기반의 빔포밍을 수행하는 방법은 하나 또는 그 이상의 ASICs(application specific integrated circuits), DSPs(digital signal processors), DSPDs(digital signal processing devices), PLDs(programmable logic devices), FPGAs(field programmable gate arrays), 프로세서, 콘트롤러, 마이크로

컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

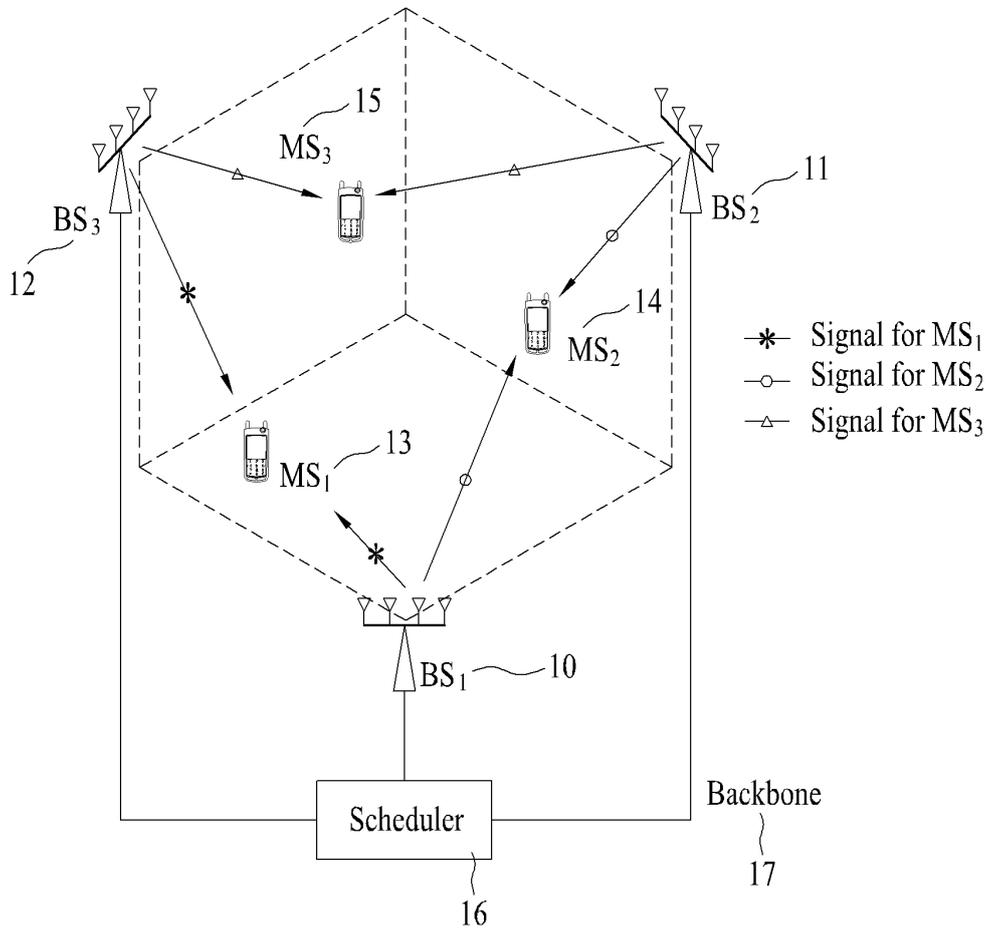
- <85> 펌웨어나 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시예에 따른 협력적 다중 입출력 통신 시스템에서, 코드북 기반의 빔포밍을 수행하는 방법은 이상에서 설명된 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차, 함수 등의 형태로 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드는 메모리 유닛에 저장되어 프로세서에 의해 구동될 수 있다. 상기 메모리 유닛은 상기 프로세서 내부 또는 외부에 위치하여, 이미 공지된 다양한 수단에 의해 상기 프로세서와 데이터를 주고 받을 수 있다.
- <86> 본 발명은 본 발명의 기술적 사상 및 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있음은 당업자에게 자명하다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

도면의 간단한 설명

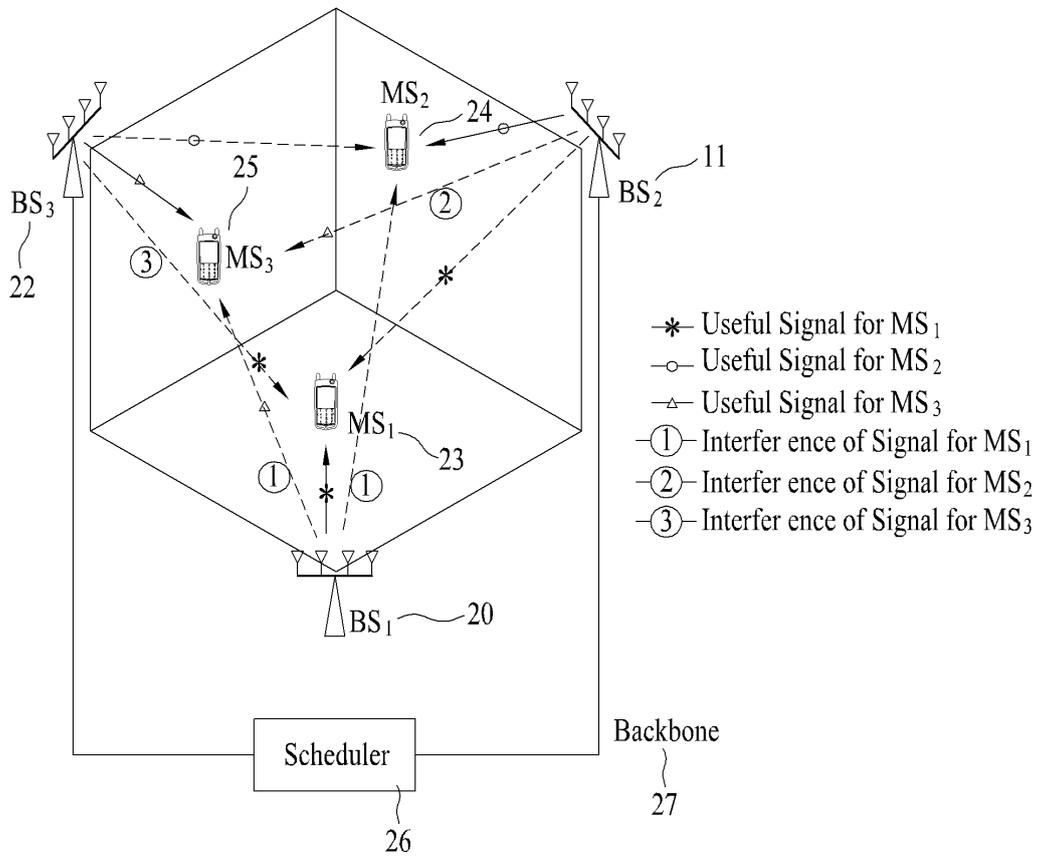
- <87> 도 1은 다중 셀 환경에서 협력적 다중 입출력 기법을 적용하는 통신 시스템에서의 신호 송수신 방법을 설명하기 위한 도면.
- <88> 도 2는 다중 셀 환경에서 협력적 다중 입출력 기법을 적용하는 통신 시스템에서의 신호 송수신에 있어서 가능한 간섭을 고려하여 설명하기 위한 도면.
- <89> 도 3는 본 발명의 일 실시예에 따른 협력적 다중 입출력 기법을 적용하는 통신 시스템에서의 코드북 기반 빔포밍을 적용하여 신호를 송수신하는 방법을 설명하기 위한 도면.
- <90> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 협력적 다중 입출력 기법을 적용하는 통신 시스템에서의 코드북 기반 빔포밍을 적용하여 신호를 송수신하는 방법을 설명하기 위한 시스템 블록 구성도.
- <91> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 협력적 다중 입출력 기법을 적용하는 통신 시스템에서의 코드북 기반 빔포밍을 적용하여 신호를 송수신하는 방법을 설명하기 위한 흐름도.

도면

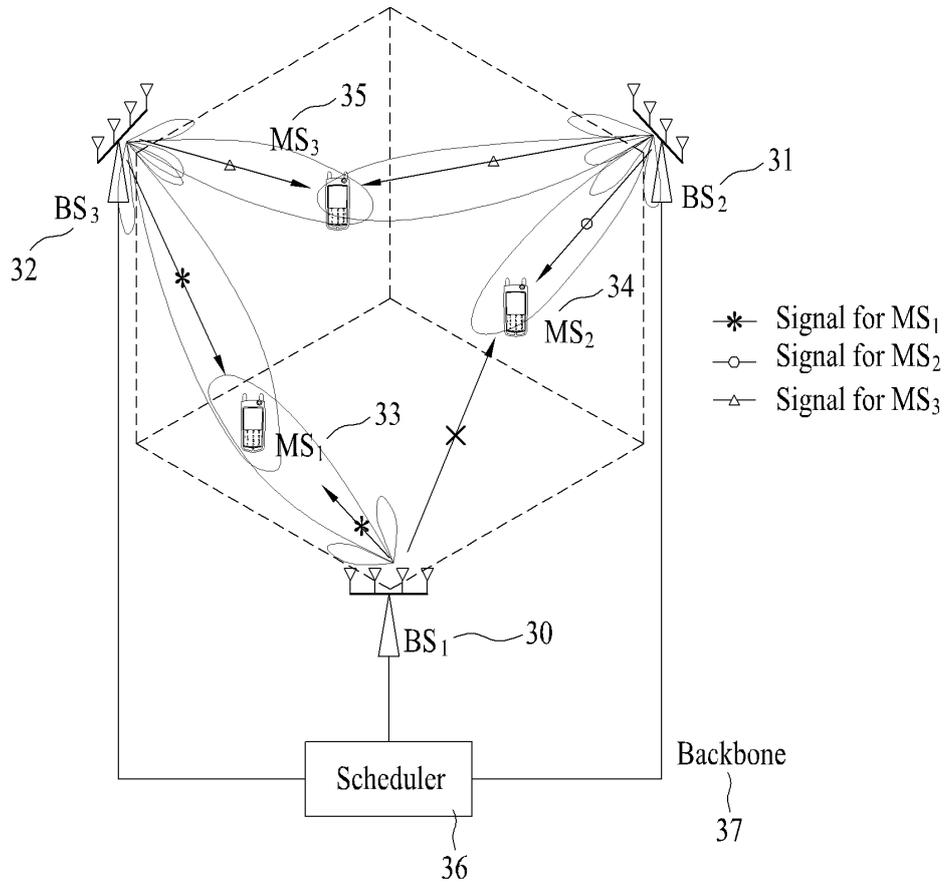
도면1



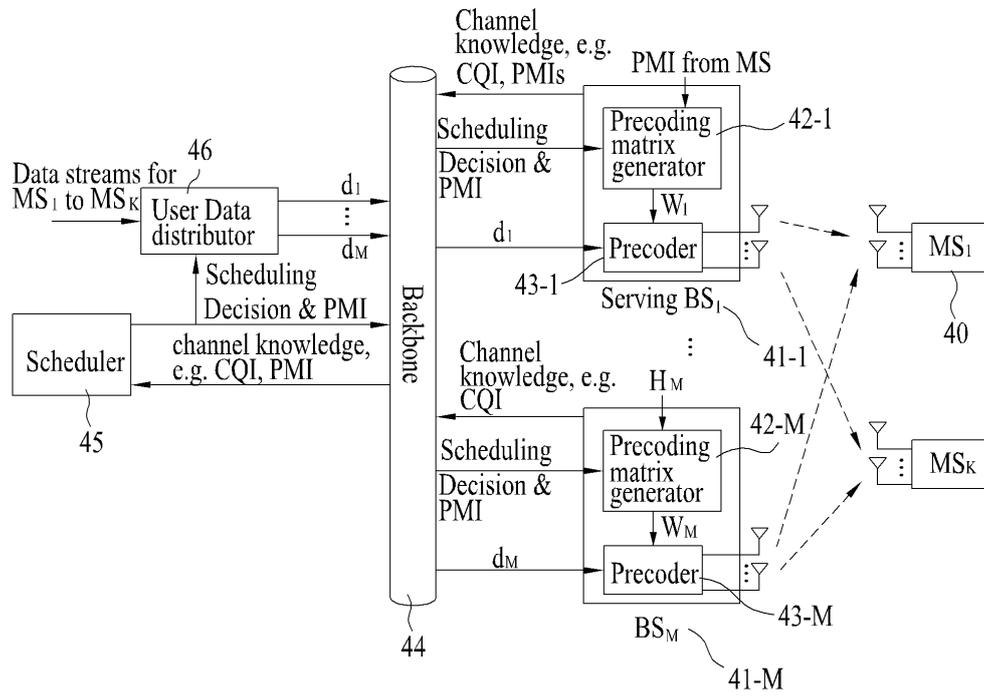
도면2



도면3



도면4



도면5

