



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년10월01일
(11) 등록번호 10-0762219
(24) 등록일자 2007년09월20일

(51) Int. Cl.

H04B 7/02 (2006.01) H04B 7/06 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0061081

(22) 출원일자 2006년06월30일

심사청구일자 2006년06월30일

(56) 선행기술조사문헌

10200020035133

(73) 특허권자

삼성탈레스 주식회사

경북 구미시 공단2동 259

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

조형원

경기 수원시 장안구 천천동 566 현대아파트
305-507

정성현

경기 성남시 분당구 수내동 푸른마을 신성아파트
307-1202

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 천대녕

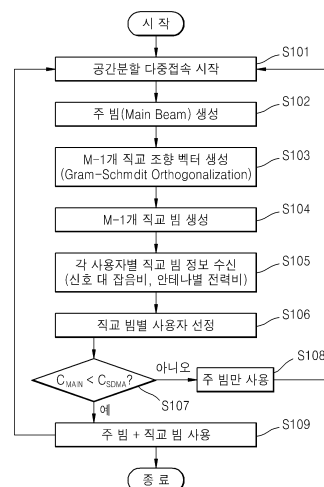
(54) 공간분할 다중접속 방법

(57) 요약

본 발명은 무선통신 시스템에서 다중안테나를 이용한 빔 형성 기술을 통한 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속(SDMA; Spatial Division Multiple Access) 방법에 관한 것이다.

이를 위한 본 발명은, 기지국에서 주 빔(Main Beam)을 생성하는 단계; 상기 주 빔을 사용하는 대상의 채널 정보를 이용하여 주 빔 조향 벡터를 생성하는 단계; 상기 주 빔 조향 벡터와 직교성을 갖는 다수의 직교 조향 벡터를 생성하는 단계; 상기 다수의 직교 조향 벡터를 이용하여 다수개(M-1 개) 직교 빔을 생성하는 단계; 상기 직교 빔들에 의한 신호 대 잡음비와 해당 직교 빔에 대한 각 안테나별 전력비를 기지국으로 전송하는 단계; 기지국에서 상기 각 직교 빔에 대한 사용자를 선정하고, 상기 각 직교 빔에 선정된 사용자들의 용량의 합(C_{SDMA})과 상기 주 빔만을 사용한 용량(C_{MAIN})을 비교하여, 상기 주 빔만을 사용한 용량의 크기(C_{MAIN})이 더 크면 상기 주 빔만을 사용한 빔을 형성하고, 상기 각 직교 빔에 선정된 사용자들의 용량의 합(C_{SDMA})가 더 큰 경우에는 주 빔과 직교 빔 모두를 사용한 빔을 형성하여 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 공간분할 다중접속 방법이 제공된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

정재학

서울 서초구 서초2동 무지개아파트 3-1207

권양수

서울 구로구 신도림동 대림7차아파트 804-1702

지영근

경기 광명시 광명1동 11-3 대영빌라 가동 402호

특허청구의 범위

청구항 1

기지국에서 주 빔(Main Beam)을 생성하는 단계;

상기 주 빔을 사용하는 사용자의 채널 정보를 이용하여 주 빔 조향 벡터를 생성하는 단계;

상기 주 빔 조향 벡터와 직교성을 갖는 다수의 직교 조향 벡터를 생성하는 단계;

상기 다수의 직교 조향 벡터를 이용하여 다수개(M-1 개) 직교 빔을 생성하는 단계;

상기 직교 빔들에 의한 신호 대 잡음비와 해당 직교 빔에 대한 각 안테나별 전력비를 기지국으로 전송하는 단계;

기지국에서 상기 각 직교 빔에 대한 사용자를 선정하고, 상기 각 직교 빔에 선정된 사용자들의 용량의 합(C_{SDMA})과 상기 주 빔만을 사용한 용량(C_{MAIN})을 비교하여, 상기 주 빔만을 사용한 용량의 크기(C_{MAIN})이 더 크면 상기 주 빔만을 사용한 빔을 형성하고, 상기 각 직교 빔에 선정된 사용자들의 용량의 합(C_{SDMA})가 더 큰 경우에는 주 빔과 직교 빔 모두를 사용한 빔을 형성하여 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 공간분할 다중접속 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 주 빔 조향 벡터를 생성하는 단계와 상기 다수의 직교 조향 벡터를 생성하는 단계 및 상기 다수개 직교 빔을 생성하는 단계를 거쳐 생성된 직교 조향 벡터와 직교 빔을 전송하고, 상기 해당 직교 빔에 대한 각 안테나별 전력비를 기지국으로 전송하는 단계는,

송수신단에서 상호 알고 있는 기준신호는 직교 조향 벡터 생성기에 의해 생성된 상기 직교 조향 벡터와 빔 조향 벡터 곱셈기에서 곱해지고,

상기 직교 조향 벡터와 곱해진 송신신호는 안테나 전력 조정기에서 생성된 안테나 전력 벡터와 안테나 전력 벡터 곱셈기에서 곱해지고,

상기 전력 벡터 곱셈기를 거친 각각의 송신신호는 송신신호 가산기에서 합쳐진 후 송신단 다중안테나를 통해 전송되는 것을 특징으로 하는 공간분할 다중접속 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 기지국에서 상기 각 직교 빔에 대한 사용자를 선정하는 단계는,

다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위해 순시적인 신호 대 간섭잡음비가 최고치에 달하는 사용자를 찾아 직교 빔을 할당하는 것을 특징으로 하는 공간분할 다중접속 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<10> 본 발명은 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속(SDMA; Spatial Division Multiple Access) 방법에 관한 것으로서, 더 상세하게는 무선통신 시스템에서 다중안테나를 이용한 빔 형성 기술을 통한 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속 방법에 관한 것이다.

<11> 당업자에게 잘 알려져 있는 바와 같이, 공간분할 다중접속 방식은 동일 주파수 대역을 사용하여 공간상에 분포된 다수의 사용자에게 각각의 데이터를 전송하는 방식으로 주파수 사용 효율을 극대화하는 다중접속 방식이다. 공간분할 다중접속 방식은 다수의 사용자들에게 데이터를 전송하기 때문에 다중화 이득(Multiplexing Gain)을 얻을 수 있고, 형성된 각 빔에 대해 효과적인 자원할당 알고리즘을 적용하면 다중사용자 다이버시티 이득(Multiuser Diversity Gain)을 함께 얻을 수 있다. 공간분할 다중접속을 구현하기 위하여 기지국은 각 사용자들

을 공간상의 특성(Spatial signature)을 이용해 구분해야 한다. 공간상의 특성(위치)을 이용하여 각 사용자를 구분하는 방식은 많이 연구되고 있으나 많은 연산량과 구현의 어려움, 생성된 빔간의 간섭이 문제로 대두되고 있다.

- <12> 상기한 바와 같은 공간분할 다중접속을 구현하기 위한 종래기술은 크게 전환형 빔(Switched Beam)을 이용한 공간분할 다중접속 방식과, 적응형 필터를 이용하여 생성한 빔을 이용한 공간분할 다중접속 방식, 그리고 랜덤 빔(Random Beam)을 이용한 공간분할 다중접속 방식 등이 있다.
- <13> 전환형 빔을 이용한 공간분할 다중접속 방식은 기지국에서 사전에 설정한 빔 패턴을 이용한다. 전환형 빔 공간분할 다중접속 방식은 이미 정해져 있는 빔 패턴 중에서 각 사용자에게 가장 적합한 빔 패턴을 선정하여 데이터를 전송하는 방식이다. 전환형 빔 공간분할 다중접속 방식은 빔이 고정되어 있어서 사용자마다 최적의 성능을 얻을 수 없고, 적은 다중사용자 다이버시티 이득만을 얻는다.
- <14> 적응형 필터를 이용한 빔 형성을 통해 공간분할 다중접속을 하는 방법은 기지국에서 공간분할 다중접속을 위한 사용자들을 고정하고, 각 사용자들로부터 수신한 신호를 조향 벡터의 기준이 되는 기준신호(Reference Signal)에 적응시켜 빔 형성을 위한 조향 벡터를 구하는 방법이다. 적응형 필터를 이용한 빔 형성방법은 적응과정에서 각 빔간의 간섭의 영향이 적어지게 되어 상대적으로 큰 다중화 이득을 얻을 수는 있지만, 다중접속을 위해서는 사용자들을 고정해야 하므로 다중사용자 다이버시티 이득은 얻을 수 없다.
- <15> 랜덤 빔을 이용한 공간분할 다중접속 방식은 기지국에서 랜덤 빔을 형성한 후 사용자들에게 신호의 세기와 채널의 정보를 재전송 받아 각 랜덤 빔에 대한 사용자를 선정, 데이터를 전송하는 방식이다. 이는 랜덤 빔을 순차적으로 증가시켜 나가면서 다중화 이득과 적합한 할당 알고리즘을 적용하여 다중 사용자 다이버시티를 얻는다.
- <16> 그런데, 상기한 전환형 빔 공간분할 다중접속 방식은 제한된 빔 패턴을 이용하여 사용자에게 서비스를 하기 때문에 모든 사용자에게 최적의 빔을 제공할 수 없으며, 이로 인해 상대적으로 적은 다중화 이득을 얻는다. 그리고, 적응형 필터에 의해 형성된 빔 공간분할 다중접속 방식은 조향 벡터를 산출하기 위해 송수신 단에서 사전에 정해진 기준신호에 수신신호를 적응시키는 방식으로 빔 수에 비례하여 각각의 적응형 필터가 필요하다. 따라서 구현 복잡도가 증가하고, 각 빔에 대한 사용자를 미리 결정하기 때문에 다중사용자 다이버시티 이득을 얻을 수 없다. 또한, 랜덤 빔 공간분할 다중접속 방식은 첫번 째 랜덤 빔을 형성하기 위해 랜덤 조향 벡터를 생성한 후 각 사용자들로부터 랜덤 빔에 대한 신호 대 잡음비를 재전송 받아 첫번 째 랜덤 빔에 대한 사용자를 선정하고, 선정된 사용자의 채널정보를 재전송 받아 이를 이용하여 조향 벡터를 산출한 후 첫번 째 랜덤 빔을 수정한다. 랜덤 빔을 추가하기 위해서는 상기와 같은 빔 생성을 반복하여야 하며, 이미 생성되어 있는 빔과 신규 빔간 간섭을 고려하여야 한다. 랜덤 빔 공간분할 다중접속 방식은 빔 형성을 위한 재전송 과정으로 인하여 빠르게 변화하는 채널에서는 적용하기 어렵다는 단점과, 추가 랜덤 빔 형성 시 반복되는 과정과 간섭제거를 위한 추가적인 연산량 등으로 실제 구현이 용이하지 않으며 채널이 지속적으로 변화하는 경우에는 모든 과정을 새롭게 해야 하는 단점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <17> 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 기지국에서 한 명의 주 빔 사용자를 선정하고 주 빔 사용자에게 데이터 전송을 위한 빔과 그와 직교하는 다수의 직교 빔을 한 번의 직교화 연산을 통해 형성하여 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속 방법을 제공하는 데 있다.
- <18> 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 종래기술에서와 같이 랜덤 빔을 형성하여 그와 적은 간섭을 일으키는 또 다른 랜덤 빔을 순차적 형성하여 생기던 지연시간의 문제를 보완하고, 한 번에 다수의 직교 빔을 형성함으로써 빔 완성까지의 지연시간 단축과 무시할 수 없는 크기의 채널변화로 인한 빔의 재 형성이 용이하게 하며, 나아가 주 빔 사용자를 기준으로 직교 조향 벡터를 생성함으로써 주 빔 사용자에게는 간섭의 영향이 전혀 없는 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속 방법을 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

- <19> 본 발명은 상기한 기술적 과제를 달성하기 위하여, 기지국에서 주 빔(Main Beam)을 생성하는 단계; 상기 주 빔을 사용하는 사용자의 채널 정보를 이용하여 주 빔 조향 벡터를 생성하는 단계; 상기 주 빔 조향 벡터와 직교성을 갖는 다수의 직교 조향 벡터를 생성하는 단계; 상기 다수의 직교 조향 벡터를 이용하여 다수개(M-1 개) 직교 빔을 생성하는 단계; 상기 직교 빔들에 의한 신호 대 잡음비와 해당 직교 빔에 대한 각 안테나별 전력비를 기지

국으로 전송하는 단계; 기지국에서 상기 각 직교 빔에 대한 사용자를 선정하고, 상기 각 직교 빔에 선정된 사용자들의 용량의 합(C_{SDMA})과 상기 주 빔만을 사용한 용량(C_{MAIN})을 비교하여, 상기 주 빔만을 사용한 용량의 크기(C_{MAIN})이 더 크면 상기 주 빔만을 사용한 빔을 형성하고, 상기 각 직교 빔에 선정된 사용자들의 용량의 합(C_{SDMA})이 더 큰 경우에는 주 빔과 직교 빔 모두를 사용한 빔을 형성하여 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 공간분할 다중접속 방법이 제공된다.

- <20> 바람직하게는, 상기 직교 조향 벡터를 생성하기 위해 그람-슈미트 직교화(Gram-Schmidt orthogonalization)를 사용한다.
- <21> 바람직하게는, 송수신단에서 상호 알고 있는 기준신호는 직교 조향 벡터 생성기에 의해 생성된 상기 직교 조향 벡터와 빔 조향 벡터 곱셈기에서 곱해지고; 상기 직교 조향 벡터와 곱해진 송신신호는 안테나 전력 조정기에서 생성된 안테나 전력 벡터와 안테나 전력 벡터 곱셈기에서 곱해지고; 상기 전력 벡터 곱셈기를 거친 각각의 송신신호는 송신신호 가산기에서 합쳐진 후 송신단 다중안테나를 통해 전송된다.
- <22> 바람직하게는, 상기 각 직교 빔에 대한 사용자 선정이 이루어지기 전의 상기 안테나 전력 벡터는 각 안테나 별로 모두 동일하게 설정된다.
- <23> 바람직하게는, 상기 직교 빔 사용자의 선정 시, 각 사용자로부터 재전송된 신호 대 잡음비 뿐만 아니라 각 사용자의 해당 빔에 대해 해당하지 않는 다른 빔의 간섭을 고려한다.
- <24> 바람직하게는, 선정된 사용자의 빔과 선정된 사용자의 채널이 다른 사용자의 그것들과 직교성을 갖으면, 간섭이 존재하지 않고, 최대의 신호 대 간섭잡음비가 된다.
- <25> 바람직하게는, 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위해 순시적인 신호 대 간섭잡음비가 최고치에 달하는 사용자를 찾아 직교 빔을 할당한다.
- <26> 이하, 첨부한 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속 방법의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기술 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 것이다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- <27> 도 1은 본 발명에 따른 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속 방법의 동작 흐름도이고, 도 2는 본 발명에 따른 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속 방법을 구현하기 위한 송신 구조도이다.
- <28> 본 발명은 공간분할 다중접속 방법으로 기지국에서 주 빔 사용자를 위한 주 빔과 주 빔에 직교하는 직교 빔을 생성한 후 기지국 내 사용자로부터 신호 대 잡음비, 안테나 전력 비를 재전송 받은 후 각 직교 빔에 대한 사용자를 선정하고 데이터를 전송하는 방법이다. 본 발명은 직교 빔을 이용하여 다중화 이득과 적합한 사용자 할당 알고리즘을 통해 다중사용자 다이버시티를 얻는다.
- <29> 도 1을 참조하면, 공간분할 다중접속을 시작(S101)할 경우 기지국은 우선 주 빔(Main Beam)을 생성한다(S102). 주 빔을 생성하기 위해 기지국은 주 빔의 사용자를 할당 알고리즘을 통해 선정하고, 알고 있는 주 빔 사용자의 채널 정보를 이용하여 주 빔 조향 벡터를 생성한다. 주 빔 조향 벡터 생성 후 기지국은 주 빔 조향 벡터와 직교성을 갖는 다수의 직교 빔 조향 벡터를 생성한다(S103). 이때 직교 빔 조향 벡터를 생성하기 위해 본 발명에서는 공지된 그람-슈미트 직교화(Gram-Schmidt orthogonalization) 기법을 활용한다. 기지국은 생성한 직교 조향 벡터(Orthogonal steering vector)들을 이용하여 M-1개 직교 빔을 생성한다(S104). 각 사용자들은 형성된 직교 빔들에 의한 신호 대 잡음비와 해당 직교 빔에 대한 각 안테나별 전력비를 기지국으로 전송한다(S105). 기지국은 전송 받은 정보와 적합한 알고리즘을 적용하여 각 직교 빔에 대한 사용자를 선정한다(S106). 기지국에서는 각 직교 빔에 선정된 사용자들의 용량의 합, C_{SDMA} 와 주 빔만을 사용한 용량, C_{MAIN} 을 비교하여(S107), 주 빔만을 사용한 용량의 크기, C_{MAIN} 이 더 크면 주 빔만을 사용한 빔을 형성하고(S108), 고정 빔과 직교 빔 모두를 사용한 용량의 합, C_{SDMA} 가 더 큰 경우에는 주 빔과 직교 빔 모두를 사용한 빔을 형성한다(S109).
- <30> 도 2를 참조하면, 도 1의 S101 단계 내지 S104 단계의 과정을 통해 형성된 주 빔과 직교 빔은 다음과 같이 전송

된다.

<31> 먼저, 송수신단에서 상호 알고 있는 기준신호가 직교 조향 벡터 생성기(203)에 의해 생성된 직교 조향 벡터와 빔 조향 벡터 곱셈기(205)에서 곱해진다. 직교 조향 벡터와 곱해진 송신신호는 안테나 전력 조정기(204)에서 생성된 안테나 전력 벡터와 안테나 전력 벡터 곱셈기(206)에서 곱해진다. 전력 벡터 곱셈기(206)를 거친 각각의 송신신호는 송신신호 가산기(207)에서 합쳐진 후 송신단 다중안테나(208)를 통해 전송된다. 각 직교 빔에 대한 사용자 선정이 이루어지기 전의 안테나 전력 벡터는 각 안테나 별로 모두 동일하게 설정한다.

<32> 도 1의 각 사용자별로 송신된 직교 빔에 대한 정보를 재전송 받고(S105), 각 직교 빔에 대한 사용자 선정 후의 신호 전송은 다음과 같은 구조를 통해 전송된다.

<33> 도 2의 도면부호 201부터 202에 걸친 M개 사용자에 대한 데이터는 빔 조향 벡터 곱셈기(205)에서 각 해당 빔 조향 벡터와 곱해진다. 재전송 받은 각 안테나 별 전력비를 이용하여 안테나 전력 조정기(204)에서는 각 안테나 별 전력 벡터를 생성하고 안테나 전력 벡터 곱셈기(206)에서 빔 조향 벡터 곱셈기(205)를 거친 신호와 곱해진다. 곱해진 송신신호들은 송신신호 가산기(207)를 통해 더해지고 송신단 다중 안테나(208)를 통해 전송된다.

<34> 본 발명에 따른 직교 빔 형성을 통한 공간분할 다중접속 방법은 다음의 채널모델을 가정한다.

<35> 송신단 다중 안테나(208) 수가 M인 경우 하향링크 채널은 식 (1)과 같이 $1 \times M$ 이득, $g(t)$ 와 $1 \times M$ 조향 벡터의 곱으로 표현된다.

<36> 식 (1) :
$$h(t) = g(t) \cdot a$$

<37> 직교 빔 공간분할 다중접속은 도 1의 S102 단계와 같이 주 빔 사용자를 적합한 선정 알고리즘에 의해 선정함으로 시작된다. 주 빔 사용자 선정을 위한 선정 알고리즘은 다양하게 적용 가능하다. 주 빔 사용자 선정은 공간분할 다중접속을 하지 않고 단순히 배열이득을 얻는 빔 형성 기술의 할당 알고리즘에 의해 선정될 수도 있고, 특정 사용자를 계속해서 주 빔 사용자로 선정할 수도 있으며, 고정 사용자 선정기준을 임의의 순간까지 전송받은 데이터 양을 가지고 선정할 수도 있다.

<38> 선정된 주 빔 사용자의 조향 벡터는 주 빔 사용자로부터 재전송된 각 안테나별 채널 정보를 알고 있는 상황에서 채널의 에르미트(Hermite) 연산을 통해 $M \times 1$ 의 $w = h^H$ 으로 간단히 구해진다. 조향 벡터를 이용한 송신신호의 모델은 식 (2)와 같이 표현되고, d 는 전송하고자 하는 데이터이다.

<39> 식 (2) :
$$x = w \cdot d$$

<40> 공간상의 직교 빔을 이용한 다중화 이득을 얻기 위한 직교 조향 벡터는 공지된 그람-슈미츠 직교화를 통해 구해진다. 첫번째 직교 빔(주 빔)을 형성하기 위한 조향 벡터를 기준으로 그와 선형 독립적인 M-1개의 선형 독립벡터를 생성한다. 생성된 선형 독립벡터는 식 (3)과 같다.

<41> 식 (3) :
$$v_m = [w_1 \quad \cdots \quad w_m + \alpha \quad \cdots \quad w_M]^T, \quad (m=2,3,\cdots,M)$$

<42> 상기 식 (3)에서 α 는 임의의 상수이다. 위에서 생성한 선형 독립벡터들을 이용하여 주 빔과 직교하는 직교 벡터를 구하는 방법은 식 (4)와 같다.

<43> 식 (4) :
$$u_i = v_i - \sum_{j=1}^{i-1} \frac{u_j^H v_i}{u_j^H u_j} \cdot v_j, \quad (i=2,3,\cdots,N)$$

<44> 직교 빔 형성을 위한 직교 조향 벡터는 식 (4)에서 구해진 직교 벡터들의 정규화 과정을 통해 구할 수 있다.

$$w_i = \frac{u_i}{\|u_i\|}, \quad (i = K + 1, \dots, N)$$

<45> 식 (5) :

<46> 식 (5)의 조향 벡터를 이용하여 직교 빔을 형성하면 송신신호 모델은 식 (6)과 같이 확장된다.

$$x(t) = w_1 d_1(t) + w_2 d_2(t) + \dots + w_M d_M(t)$$

<47> 식 (6) :

<48> 식 (6)의 직교 조향 벡터는 아래 조건을 만족하게 된다.

$$\langle w_i, w_j \rangle = \begin{cases} 0 & (i \neq j) \\ 1 & (i = j) \end{cases}$$

<49> 식 (7) :

<50> 첫번째 직교 빔, 즉 주 빔을 통해 신호를 수신한 주 빔 사용자의 수신신호 모델은 아래 식 (8)과 같아지게 된다. 각 직교 조향 벡터들의 특성에 의해 직교 조향 벡터에 의한 직교 빔들은 주 빔 사용자를 위한 주 빔에 간섭을 주지 않는다.

$$y_1 = h_1 x + n_1 = h_1 w_1 d_1 + h_1 w_2 d_2 + \dots + h_1 w_M d_M + n_1 = h_1 w_1 d_1 + n_1$$

<51> 식 (8) :

<52> 직교 빔 형성을 통한 용량의 합을 증대하기 위해서 주 빔 사용자의 전력이득은 감소하게 된다. 송신단 안테나 수 M개 보다 하나 적은 M-1개의 직교 빔을 형성하게 되면 주 빔 사용자의 전력이득은 단일 안테나의 경우와 같아진다. 식 (6)과 같이 확장된 송신신호를 수신하는 k번째 사용자의 m번째 빔의 수신신호 모델은 다음과 같다.

$$y_{k,m} = h_k w_m d_m + n_k$$

<53> 식 (9) :

<54> k번째 사용자의 m번째 빔에 의한 신호의 신호 대 잡음비는 식 (10)과 같다.

$$SNR_{k,m,m \neq 1} = \frac{\|h_k w_m\|^2}{\sigma_N^2}$$

<55> 식 (10) :

<56> 각 사용자들은 식 (10)을 이용하여 각 직교 빔에 대한 신호 대 잡음비를 양자화하여 기지국으로 재전송한다. 기지국에서는 각 사용자로부터 재전송된 각 직교 빔에 대한 신호 대 잡음비를 이용하여 직교 빔에 할당할 사용자들을 선정하게 된다. 이때 할당 알고리즘을 통한 효과적인 사용자 선정은 각 직교 빔에 대한 신호 대 잡음비뿐만 아니라 여타의 실효성이 있는 기준정보를 활용할 수도 있다.

<57> 직교 빔 사용자의 선정은 각 사용자로부터 재전송된 신호 대 잡음비 뿐만 아니라 각 사용자의 해당 빔에 대해 해당하지 않는 다른 빔의 간섭을 고려하여야 한다. 이때 선정된 사용자의 빔과 선정된 사용자의 채널이 다른 사용자의 그것들과 직교성을 갖는다면 간섭이 존재하지 않게 되고, 최대의 신호 대 간섭잡음비가 된다. 선정의 기준이 되는 k번째 사용자의 m번째 직교 빔에 의한 신호 대 간섭잡음비는 아래의 식 (11)과 같다.

$$SINR_{k,m} = \frac{\|h_k w_m\|^2}{\sum_{j=1, j \neq m}^M \|h_k w_j\|^2 + \sigma_N^2}$$

<58> 식 (11) :

<59> 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위해서는 순시적인 신호 대 간섭잡음비가 최고치에 달하는 사용자를 찾아 직교 빔을 할당하여야 한다. 이때 각 사용자간의 데이터 전송량의 형평성이 고려되어야 한다. 사용자 할당 방식

에는 Max SINR 할당 방식과 PFS(Proportional Fair Scheduling) 방식 등이 있다.

<60> Max SINR 할당 방식은 단순히 순시적인 신호 대 간섭잡음비가 최고치에 달하는 사용자에게 할당을 한다. Max SINR 할당 방식은 채널 변화가 빠르게 일어나는 경우에는 데이터 전송량의 형평성이 짧은 시간에 걸쳐 잘 유지된다. 하지만 채널의 변화가 비교적 느리게 일어나는 경우에는 데이터 전송량의 형평성이 오랜 시간에 걸쳐 일어나게 된다. m번째 직교 빔에 대한 사용자 선정을 위한 Max SINR 할당방식은 식(12)로 표현된다.

$$k_m^*(t) = \arg \max \{ \text{SINR}_{k,m}(t) \}$$

<61> 식 (12) :

<62> 이와는 달리 PFS(Proportional Fair Scheduling) 방식은 데이터 전송량의 형평성을 보다 짧은 시간에 걸쳐 유지할 수 있다. 할당을 위한 사용자 선정은 신호 대 잡음간섭비 뿐만 아니라 시간 t까지의 전송된 전송량 함께 고려한다. m번째 직교 빔을 위한 직교 빔 사용자는 식(13), (14)와 같이 선정된다.

$$k_m^*(t) = \arg \max \left\{ \frac{\text{SINR}_{k,m}(t)}{T_k(t)} \right\}$$

<63> 식 (13) :

$$T_k^T(t+1) = \left(1 - \frac{1}{t_c}\right) T_k^*(t) + \frac{1}{t_c} R_t^*(t), \quad T_k(t+1) = \left(1 - \frac{1}{t_c}\right) T_k(t)$$

<64> 식 (14) :

<65> 식(13)은 m번째 직교 빔 할당을 위한 PFS 방식의 사용자 선정방식이다. 식(14)은 시간 t+1까지의 데이터 전송량의 갱신을 의미한다. T_k^* 는 선정된 사용자의 데이터 전송량의 갱신을 의미하고, T_k 는 선정되지 못한 사용자의 데이터 전송량의 갱신을 의미한다. t_c 는 전송량의 형평성이 만족되는 시간의 길이를 의미한다. 패킷 스위칭방식의 시스템에서 전송량 형평성이 만족되는 패킷의 수와 패킷 전송시간의 곱을 의미 하기도 한다. R_t^* 는 선정된 사용자가 시간 t에서 전송받는 데이터의 양이다.

<66> 기지국에서 모든 직교 빔을 위한 사용자 선정을 끝내고 난 다음의 송신신호의 모델은 식(15)와 같아지게 된다.

$$x = w_1 d_1 + w_2 d_2 + \dots + w_M d_M$$

<67> 식 (15) :

<68> 또한 각 선정된 사용자들의 용량의 합(Sum-rate capacity)는 식 (16)과 같다.

$$C_{SDMA} = \sum_{m=1}^M \log_2 \left(1 + \text{SINR}_{k^*,m} \right)$$

<69> 식 (16) :

<70> MISO 채널환경에서는 각 송신단 안테나를 통해 송신되는 송신신호는 각기 다른 채널을 통해 전파된다. 각기 다른 채널은 순시적 순간에 각기 다른 채널이득을 가지게 되고 채널이득의 정보를 이용하여 송신단 안테나 전력제어를 통해 추가의 이득을 얻을 수 있다. 이 경우 기지국은 각 사용자들로부터 직교 빔에 대한 신호 대 잡음비 정보 뿐만 아니라 추가적인 각 안테나 별 채널이득에 대한 정보(각 안테나 별 채널이득의 비)를 필요로 하게 된다. 각 안테나 별 전력제어는 흔히 water pouring 또는 water filling 이라 알려져 있는 방식으로 각 직교 빔에 대한 직교-조향 벡터의 크기를 조정함으로 추가적인 이득을 얻을 수 있다.

<71> 안테나 전력제어를 위하여 가중치 벡터, α 가 고려된 직교 빔을 이용한 송신신호 모델은 식(17)의 형태가 된다.

$$x = w_1 \alpha_1 d_1 + w_2 \alpha_2 d_2 + \dots + w_M \alpha_M d_M$$

<72> 식 (17) :

<73> 안테나 전력제어를 위한 가중치 벡터, α 는 식 (18)을 통해 생성된다.

$$\alpha_i = \sqrt{\frac{|h_i|^2}{\sum_{j=1}^M |h_j|^2}}$$

<74> 식(18) :

<75> 이로써, 본 발명은 기지국에서 한 명의 주 빔 사용자를 선정하고 주 빔 사용자에게 데이터 전송을 위한 빔과 그와 직교하는 다수의 직교 빔을 한 번의 직교화 연산을 통해 형성하여 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속을 할 수 있다.

발명의 효과

<76> 이상에서 살펴본 바와 같은 본 발명에 따른 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속 방법은, 종래기술의 문제점을 보완하기 위해 기지국에서 한 명의 주 빔 사용자를 지정하여 주 빔과 그와 직교성을 갖는 직교 빔을 한 번의 연산과정을 통해 형성하여 공간분할 다중접속을 하는 방법으로, 종래기술이 순차적으로 빔을 형성하는 것과 달리 그람-슈미츠 직교화를 통해 한 번에 직교 조향 벡터를 생성함으로써 종래 랜덤 빔 형성 방법의 빔 형성 지연시간 문제를 완화하는 이점과, 한 번에 직교 빔을 형성함으로써 채널변화에 따른 빔 재형성이 용이하게 하는 이점을 제공한다.

<77> 그리고, 본 발명에 따른 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속 방법은, 한 주 빔 사용자 선정 시 다양한 할당 알고리즘 적용이 가능하게 하며, 주 빔 사용자를 기준으로 직교 조향 벡터를 생성함으로써 주 빔 사용자에게 대한 간섭이 없는 이점을 제공한다.

<78> 더욱이, 본 발명에 따른 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속 방법은, 각 사용자로부터 신호 대 잡음비와 함께 안테나 전력비를 함께 재전송받아 송신신호의 안테나 전력을 제어함으로써 추가적인 이득을 얻을 수 있게 하는 이점을 제공한다.

<79> 이상 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 상세히 기술하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에 있어서 통상의 지식을 가진 사람이라면, 첨부된 청구 범위에 정의된 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 본 발명을 여러 가지로 변형 또는 변경하여 실시할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 앞으로의 실시예들의 변경은 본 발명의 기술을 벗어날 수 없을 것이다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 본 발명에 따른 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속 방법의 동작 흐름도.

<2> 도 2는 본 발명에 따른 다중사용자 다이버시티 이득을 얻기 위한 직교 빔 공간분할 다중접속 방법을 구현하기 위한 송신 구조도.

<3> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

<4> 203 : 직교 조향 벡터 생성기

<5> 204 : 안테나 전력 조정기

<6> 205 : 빔 조향 벡터 곱셈기

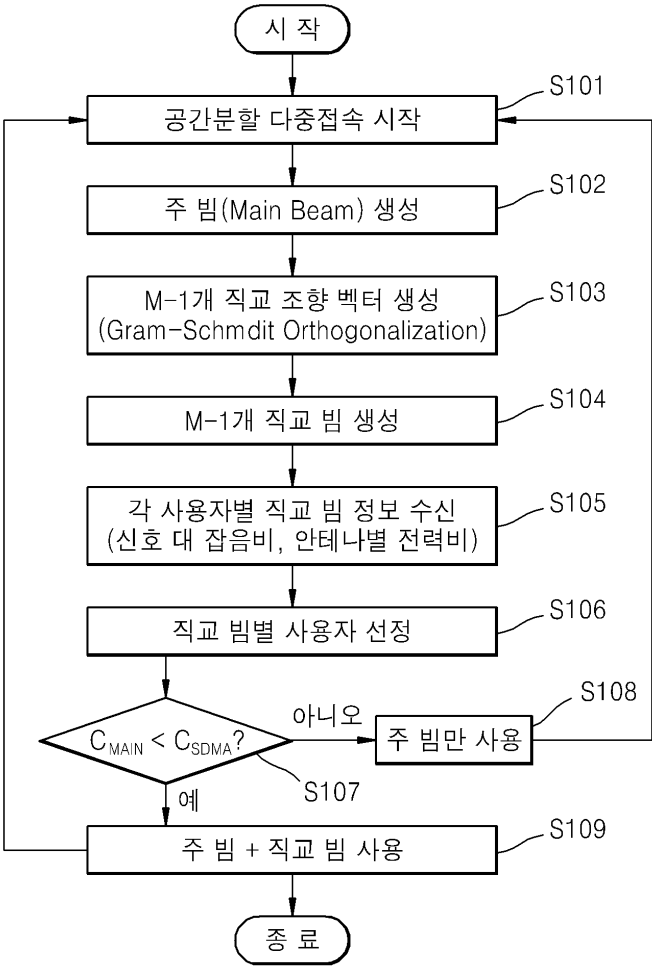
<7> 206 : 안테나 전력 벡터 곱셈기

<8> 207 : 송신신호 가산기

<9> 208 : 송신단 다중안테나

도면

도면1



도면2

