

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷
H04B 7/04

(11) 공개번호 10-2005-0034476
(43) 공개일자 2005년04월14일

(21) 출원번호 10-2003-0070396
(22) 출원일자 2003년10월09일

(71) 출원인 한국전자통신연구원
대전 유성구 가정동 161번지
(72) 발명자 유희정
대전광역시유성구신성동162-4번지201호
이희수
대전광역시유성구노은동560-4번지101호
이석규
대전광역시유성구전민동나래아파트101동1102호

(74) 대리인 유미특허법인

심사청구 : 있음

(54) 다중 입력 다중 출력 (MIMO) 기술을 이용한 공간다중화 검파 시스템 및 그 방법

요약

본 발명은 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템 및 그 방법은, 공간 다중화 시스템에서 같은 시간 슬롯을 이용하는 단말들의 집합을 단말 그룹으로 하여 다수의 안테나가 설치되어 있는 기지국에 일정 수의 단말이 동시에 접속 가능하고, 이렇게 동시 접속한 단말들을 MIMO 검파 방식을 이용하여 구분하도록 한다.

이와 같이 하면, 전체적인 시스템 용량을 향상시키고, 채널 용량을 최대로 하는 방향으로 단말들을 그룹핑하므로 채널 용량을 더욱 향상시킬 수 있다.

대표도

도 3

색인어

다중 입력 다중 출력, 기지국, 단말 그룹, 채널 용량, 널링 벡터, 채널 행렬의 특이치

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 적용되는 MIMO 시스템의 송수신기의 구조를 도시한 것이다.

도 2는 MIMO 시스템에서 다중 사용자 공간 다중화 형태의 일례를 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템의 구성을 도시한 것이다.

도 4는 채널 행렬의 특이치를 이용한 단말 그룹의 할당 방식에서 채널 용량의 합에 따른 최적 그룹핑과 최악 그룹핑의 예를 도시한 것이다.

도 5는 기지국에서 V-BLAST 형태의 검파 방식을 사용할 경우에 널링 벡터를 이용한 단말 그룹의 할당 방식에서 채널 용량의 합에 따른 최적 그룹핑과 최악 그룹핑의 예를 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 방법의 순서도를 도시한 것이다.

도 7은 기지국에서 V-BLAST 형태의 검파 방식을 사용하고 첫 계층의 널링 벡터만으로 단말 그룹의 준 최적 할당할 경우에 그룹핑 예를 도시한 것이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

MIMO 기술은 주파수 효율을 높이기 위한 것으로 송수신단에 다중 안테나를 사용하는 방식을 의미한다. 이러한 MIMO 기술은 송신단의 각 안테나를 통하여 서로 다른 데이터를 동시에 전송하므로 송신단의 안테나 수만큼 주파수 효율을 높일 수 있다.

MIMO 시스템에서의 검파는 동시에 수신되는 여러 개의 데이터 스트림을 각각 분리하는 것이다. 그러므로 MIMO 시스템의 수신단에서는 하나의 단말에서 여러 개의 데이터 스트림이 수신되거나, 또는 여러 개의 데이터 스트림이 각각 다른 사용자의 신호이거나 동일한 관점에서 취급하게 된다.

MIMO 시스템은 기존의 SISO 시스템에 비하여 다수의 송수신 안테나를 이용하여 주어진 대역에서의 전송률을 향상시킬 수 있다. 이러한 주파수 효율의 증대는 각 송신 및 수신 채널들 사이의 독립성이 어느 정도 보장되는지에 따라 좌우된다.

그리고 MIMO 채널의 독립성을 좌우하는 것이 안테나 사이의 간격이기 때문에 단말에서는 안테나의 수가 제한될 수밖에 없고, 상향 링크의 경우에는 전송률을 높이는 데는 한계가 있다는 문제점이 있다. 그러나 수신단인 기지국은 안테나 수나 전송률 향상에 제약이 거의 없다.

이런 상황에서 채널 활용을 최대화하기 위한 방법에는 기지국에서 검파가 가능한 수만큼의 사용자가 동시에 접속 방식을 고려해 볼 수 있다.

위와 같이 동시에 여러 사용자가 채널을 이용할 경우에, 아무런 규칙 없이 사용자들을 할당할 경우에는 채널들 사이의 상관(correlation)과 같은 채널 특성에 의해서 채널 용량이 떨어질 수 있다는 문제점이 있다.

이러한 문제점들을 극복하기 위해 기지국에서는 각 사용자 안테나의 채널을 이용하여 채널 용량이 최대가 될 수 있도록 사용자를 할당하는 방식을 고려해야 하며, 성능 저하가 거의 없는 준 최적 알고리즘이 간단한 구현을 위해 필요하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 MIMO 기술을 사용자 구분을 위한 다중화(multiplexing)에 이용하여 같은 시간에 여러 사용자가 동시 접속할 수 있도록 하여 기지국의 용량을 높일 수 있는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템 및 그 방법을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

이러한 과제를 해결하기 위해 본 발명은 MIMO 시스템의 상향 링크를 위한 다중 사용자 공간 다중화 방식을 제안한다.

본 발명의 첫 번째 특징에 따른 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템은, 다수의 안테나가 설치된 기지국에 동시 접속이 가능한 단말들을 묶어 놓은 단말 그룹이 상기 기지국으로 송신 데이터를 전송하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 검파 시스템에 있어서, 상기 기지국은, 상기 단말 그룹에서 송신하는 송신 데이터가 수신 안테나를 통해 수신되면, 상기 수신 신호에서 상기 송신 안테나를 거쳐 송신된 심벌에 해당하는 수신 심벌을 검파하는 MIMO 검파부; 상기 MIMO 검파부에서 검파된 수신 심벌을 상기 단말 그룹 내의 각 단말에 해당하는 심벌로 구분하는 단말 구분부; 상기 단말 구분부에서 구분된 단말의 수신 심벌을 상기 단말 그룹에서 사용한 변조 방식에 부합되는 이진 데이터로 디매핑하는 심벌 디매핑부; 및 상기 심벌 디매핑부에서 디매핑된 이진 데이터를 디인터리빙, 오류 정정 부호의 복호화, 디스크램블링 처리를 수행하여 각 단말의 수신 데이터를 검출하는 데이터 역처리부를 포함하는 것이 바람직하다.

상기 심벌 디매핑부와 데이터 역처리부는, 상기 단말 그룹 내의 단말 수와 동일하게 구비되는 것이 바람직하다.

상기 단말 그룹의 각 단말들은, 송신 데이터를 스크램블링, 오류 정정 부호화, 및 인터리빙을 거쳐 이진 데이터로 처리하는 데이터 처리부; 상기 데이터 처리부에서 전달되는 이진 데이터를 원하는 변조 방식에 따라 매핑하는 심벌 매핑부; 및 상기 심벌 매핑부에서 매핑된 심벌을 송신 안테나의 개수를 고려하여 각 안테나로 병렬화하여 나누어주는 병렬 변환부를 포함하는 것이 바람직하다.

본 발명의 두 번째 특징에 따른 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 방법은, A) 다수의 안테나가 설치된 기지국과 제1 단말간 데이터 전송이 진행되는 도중에 제2 단말이 접속되면, 제1 단말 및 제2 단말들의 채널 정보를 이용하여 모든 단말들의 최적 그룹 할당 방식을 탐색하는 단계; B) 상기 A) 단계의 최적 그룹 할당 방식에 따라 각 단말을 해당 시간 슬롯에 할당하고 데이터를 전송하는 단계; 및 C) 상기 B) 단계에서 데이터 전송 채널 변화의 심각도를 감지하여 상기 감지된 채널 변화의 심각도에 따라 각 단말의 그룹 할당 방식을 변경할지를 결정하고, 이를 해당 단말에 알려주는 단계를 포함하는 것이 바람직하다.

상기 A) 단계는, a) 상기 제2 단말의 채널을 추정하고, 모든 단말에 대한 그룹 할당 방식을 구분하는 단계; b) 상기 a) 단계에서 구분된 각 그룹 할당 방식마다 채널 용량을 계산하는 단계; 및 c) 상기 b) 단계에서 계산된 채널 용량 중에서 최대 채널 용량을 갖는 그룹 할당 방식을 선택하는 단계를 포함하는 것이 바람직하다.

상기 b) 단계에서 채널 용량을 계산하는 단계는, 상기 추정된 채널에 대해 채널 행렬의 특이치들을 이용한 이론적 채널 용량을 아래 수학적 식 3과 같이 계산하는 것이 바람직하다.

상기 b) 단계에서 채널 용량을 계산하는 단계는, 상기 기지국에서 직교 벨연구소 층적 공간 시간(V-BLAST) 형태의 검파를 수행할 경우에, 상기 송신 심벌을 검파하기 위한 널링 벡터(nulling vector)(\mathbf{W}_i)의 놈(norm)을 이용하여 아래 수학적 식 7과 같이 채널 용량(C)을 구하는 것이 바람직하다.

상기 채널 용량은 V-BLAST의 첫 계층 검파에 사용하는 널링 벡터의 놈만을 이용한 첫 계층의 부분적 채널 용량만을 구하는 것이 바람직하다.

상기 c) 단계는, 상기 b) 단계에서 계산한 최소 채널 용량을 갖는 단말의 채널 용량을 최대화할 수 있는 최적 그룹 할당 방식을 선택하는 것이 바람직하다.

상기 B) 단계에서 시간 슬롯을 정하는 단계는, 상기 기지국 내의 단말 수가 많을 경우에, 상기 단말들을 일정 수 이하로 제한한 집합을 구성하고, 상기 구성된 집합 내에서 각 단말을 할당하고, 상기 각 집합 사이에는 시간 슬롯을 다르게 하여 구분하는 것이 바람직하다.

아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였다. 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다.

도 1은 본 발명에 적용되는 MIMO 시스템의 송수신기의 구조를 도시한 것이다.

도 1에 도시된 바와 같이, MIMO 시스템의 송수신기는 M개의 송신 안테나를 사용하는 송신단(10), N개의 수신 안테나를 사용하는 수신단(20)으로 구성되어 있다.

송신단(10)의 송신 데이터는 데이터 처리부(11), 심벌 맵핑부(12), 병렬 변환부(13)를 거쳐 송신 심벌 벡터로 송신 안테나를 통해 수신단(20)으로 송신된다.

그리고 수신단(20)에 송신 안테나를 통해 송신 심벌 벡터가 전송되어 수신 안테나에서 수신 심벌 벡터로 수신하면, 이 수신 심벌 벡터는 MIMO 검파 기술을 이용하여 검파하는 MIMO 검파부(21), 직렬 변환부(22), 심벌 디맵핑부(23), 데이터 역처리부(24)를 순차적으로 거치면서 수신 데이터로 검출된다.

수신단(20)에서의 수신 신호의 모델을 살펴보면, 송신 안테나를 통하여 ($M \times 1$) 송신 심벌 벡터($\mathbf{d}(n)$)가 전송되고, 수신 안테나로부터 ($N \times 1$) 수신 심벌 벡터($\mathbf{y}(n)$)를 수신할 때, 수신 신호는 아래 수학적 식 1과 같이 표현된다.

$$\mathbf{d}(n) = [d_1(n), d_2(n), \dots, d_M(n)]^T$$

$$\mathbf{y}(n) = [y_1(n), y_2(n), \dots, y_N(n)]^T$$

$$\mathbf{u}(n) = [u_1(n), u_2(n), \dots, u_N(n)]^T$$

수학적 식 1에 나타나 있듯이, 수신 신호는 각 송수신 안테나 사이의 플랫 페이딩 채널 이득으로 이루어진 ($N \times M$) 채널 행렬 ($\mathbf{H}(n)$)을 통과한 후 잡음 벡터($\mathbf{u}(n)$)가 더해진다.

이러한 수신 신호 $\mathbf{y}(n)$ 를 가지고, 송신 신호 $\mathbf{d}(n)$ 를 복원하는 형태의 송수신 기법이 MIMO 기술이다. 이와 같은 MIMO 시스템의 채널 용량(channel capacity)(C)은 아래 수학적 식 2와 같이 주어진다.

수학적 식 2에서 I는 ($N \times N$) 항등 행렬이고, SNR은 수신단에서의 신호 대 잡음비이며, 윗 첨자 H는 행렬의 공액 전치 연산을 가리킨다. 수학적 식 2는 수학적 식 3과 같이 달리 표현될 수도 있다.

여기서, K 는 채널 행렬 H 의 랭크(rank)이고, $\sigma_i, i=1, \dots, K$ 는 채널 행렬의 특이치(singular value)들이다.

수학식 3에서 알 수 있듯이, 채널 용량을 결정하는 요인에는 채널 행렬의 랭크와 특이치의 크기가 있다. 즉 같은 송수신 안테나 수를 갖는다고 해도 채널 상태에 따라 채널 용량이 달라진다는 것이다.

이와 같은 MIMO 시스템에서 검파하는 방법에는 여러 가지가 있는데, 그 중에서 최우 검파(maximum likelihood detection), 선형 검파(linear detection), 직교 벨연구소 층적 공간 시간(Vertical Bell Labs Layered Space Time; V-BLAST) 기법 등이 대표적인 검파 방법이다. 위의 검파 방법들 중에서 성능 및 구현 복잡도를 비교해 보면 V-BLAST가 합리적이라 할 수 있다.

V-BLAST의 동작과정을 살펴보면, V-BLAST는 M 개의 송신 데이터 중에서 널링 벡터(nulling vector, 이하 \mathbf{w}_i 라고 함)의 놈(norm)이 가장 작은, 즉 가장 오류 확률이 작은 송신 심벌을 검파한다.

V-BLAST는 위에서 검파된 결과와 채널을 이용하여 수신 신호에서 그 신호의 영향을 제거(canceling)하고, 채널 행렬에서 이미 검파된 송신 데이터에 해당하는 열(column)의 성분을 제거한 후에 다시 생성된 채널 행렬로 위의 검파 과정을 반복 수행한다.

위의 수학식 3과 같이 표현되는 채널 용량은 MIMO 검파 방식으로 특이치 분해(Singular Value Decomposition, SVD) 사용시 얻게 된다. MIMO 채널은 SVD에 의해서 K 개의 독립적인 채널로 모델링 할 수 있고, 각 채널을 등가 채널 이득을 σ_i 라고 한다. 그래서 채널 용량은 K 개의 각각의 플랫 페이딩 채널의 용량 합으로 표현할 수 있다.

V-BLAST를 검파 방식을 사용할 경우에, 각 검파 과정에서 사용되는 널링 벡터 놈의 역수($1/\|\mathbf{w}_i\|$)을 등가 채널 이득으로 이용할 수 있다. 널링 벡터를 결정하는 기준으로 ZF(Zero-forcing) 방법을 사용할 경우에, 널링 벡터는 아래 수학식 4와 같은 관계를 갖는다.

여기서, $(\mathbf{H})_k$ 는 채널 행렬의 k 번째 열을 나타낸다. 그래서 i 번째 송신 심벌에 해당하는 결정 통계치(Decision Statistic)는 수학식 5와 같이 주어진다.

즉, 등화기 출력에서 $\|\mathbf{w}_i\|^2$ 만큼 잡음의 전력이 증가하기 때문에 등가 채널 이득을 $1/\|\mathbf{w}_i\|$ 이라고 할 수 있다. 그래서 V-BLAST 수신기를 갖는 MIMO 시스템에서 최적의 성능을 얻기 위해서 $\|\mathbf{w}_i\|, i=1, \dots, M$ 들의 합이 최소가 되어야 한다.

대부분 MIMO 기술은 위와 같이 채널 용량을 늘려 주어진 대역폭, 주어진 시간 동안에 많은 데이터를 전송하고자 하는 기술로, 하나의 단말과 기지국 사이의 일대일 링크에서 주로 연구되고 있다.

그러나 단말은 공간적인 제약으로 인하여 안테나를 많이 설치한다고 하더라도 안테나 사이의 상관(correlation)이 많아서 채널 용량이 제한되는 반면에 기지국에서는 채널 용량의 제한에 거의 문제가 없다.

이런 상황을 고려하여, 수신단에서는 MIMO 검파 기법을 이용하여 각 사용자를 간단히 분리해 낼 수 있기 때문에 한 순간에 여러 개의 단말들이 접속하는 방식을 생각해 볼 수 있다.

V-BLAST 검파를 적용하기 위해서는 같은 시간에 접속하는 단말의 안테나 수의 합이 기지국의 안테나 수보다 작거나 같아야 한다.

도 2는 MIMO 시스템에서 다중 사용자 공간 다중화 형태의 일례를 도시한 것이다.

도 2에 나타나 있듯이, 기지국의 안테나가 4개이고, 모든 단말은 안테나를 2개씩 가지고 있다고 가정하면, 동시에 채널을 사용할 수 있는 단말의 수는 2개이고, 2개의 단말을 하나의 단말 그룹으로 할 경우에 총 N 개의 단말 그룹이 각각 다른 시간에 접속 가능하다.

이와 같은 다중 사용자 공간 다중화 형태의 MIMO 시스템은 기존의 시분할 다중 접속(Time Division Multiple Access, TDMA)에서 6개의 단말이 각각 다른 시간을 사용하는 것에 비하여 채널 용량이 훨씬 증가하게 된다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템의 구성을 도시한 것이다.

도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템은, 각 단말 그룹(100)이 2개의 단말로 이루어져 있다고 가정할 경우에, 기지국(200)은 MIMO 검파부(210), 단말 구분부(220), 심벌 디맵핑부(231, 232), 및 데이터 역처리부(241, 242)를 포함한다.

먼저, 단말 그룹(100) 내의 제1 및 제2 단말(110, 120)은 데이터 처리부(111, 121), 심벌 맵핑부(112, 122), 병렬 변환부(113, 123)를 포함한다.

데이터 처리부(111, 121)는 송신 데이터를 여러 목적으로 처리하는 부분으로 스크램블링(scrambling), 오류 정정 부호화(error correction coding), 그리고 인터리빙(interleaving) 과정을 거쳐 이진 데이터로 처리한다.

여기서, 송신 데이터는 제1 단말(110)과 제2 단말(120)로부터 전송되는 데이터를 의미하며, 매체 접속 제어(Medium Access Control; MAC) 계층으로부터 물리 계층으로 전달된다.

심벌 맵핑부(112, 122)는 데이터 처리부(111, 121)에서 전달되는 이진 데이터를 원하는 변조 방식에 따라 맵핑한다. 그리고 병렬 변환부(113, 123)는 송신 안테나의 개수를 고려하여 맵핑된 송신 심벌을 각 안테나로 병렬화하여 나누어 준다.

그러면, 송신 안테나에서는 병렬 변환부(113, 123)에서 병렬화된 송신 심벌을 무선 환경으로 송신한다.

이렇게 송신 안테나를 통해 송신되는 데이터는 플랫폼 페이딩 채널을 거쳐서 수신 안테나를 통하여 기지국(200)에서 수신한다.

MIMO 검파부(210) 수신 안테나에서 수신한 신호를 각 송신 안테나에서 송신된 심벌에 해당하는 수신 심벌을 검파하는데, 대표적으로 V-BLAST 방식이 사용된다.

단말 구분부(220)는 MIMO 검파부(210)에서 검파된 수신 심벌을 각 단말에 해당하는 심벌끼리 구분하고, 심벌 디맵핑부(231, 232)는 각 단말의 심벌 맵핑부(112, 122)의 역과정을 수행하여 수신 심벌을 해당 이진 데이터로 디맵핑한다.

데이터 역처리부(241, 242)는 각 단말의 데이터 처리부(111, 121)의 역과정을 수행하는데, 디스크램블링(descrambling), 오류 정정 부호의 복호화(decoding), 및 디인터리빙(deinterleaving) 과정을 데이터 처리부(111, 121)의 역순으로 수행한다.

데이터 역처리부(241, 242)를 거쳐 검출된 각 단말의 수신 데이터는 MAC 계층으로 전달될 정보를 의미한다.

여기서, 심벌 디맵핑부(231, 232)와 데이터 역처리부(241, 242)는 단말 그룹(100) 내의 단말의 개수만큼 구비되는데, 도 3에 나타나 있듯이 2개의 단말씩 묶어서 1개의 단말 그룹이 만들어졌으므로 각각 2개가 설치되는 것이 바람직하다.

위에서 다수의 단말들을 특정 개수씩 묶어서 단말 그룹을 만들 경우에, 채널 용량을 고려하여 최적 그룹핑을 수행할 수 있다.

예를 들어, 6개 단말의 각 안테나에 해당하는 채널 정보를 기지국(200)에서 알고 있다고 가정하면, 15가지의 각각 다른 그룹 할당 방식 중에서 모든 단말의 채널 용량의 합이 가장 큰 것을 선택할 수 있다. 이러한 최적의 그룹 할당 방식에는 채널 용량의 정의 방법에 따라 여러 가지가 있다.

첫째로, 수학식 3과 같이 주어지는 채널 용량을 특성을 이용하는 것으로서, 도 2를 참조하면 세 개의 단말 그룹에 대한 채널은 다음 수학식 6과 같이 주어진다.

최적의 그룹 할당은 수학식 6과 같이 주어지는 3개의 채널에 대하여 각 특이치들을 구하고, 채널 용량을 계산한 후에 채널 용량을 최대화하는 조합을 선택하여 이루어진다.

도 4는 채널 행렬의 특이치를 이용한 단말 그룹의 할당 방식에서 채널 용량의 합에 따른 최적 그룹핑과 최악 그룹핑의 예를 도시한 것이다.

만약 채널이 평균이 0이고, 분산이 1인 복소 가우시안(Gaussian) 확률 변수로 주어진다고 가정한다면, 확률적으로 생성된 채널 행렬에 대하여 15가지의 조합에 대한 채널 용량의 합은 도 4와 같이 주어진다.

도 4에 나타나 있듯이, 최적의 조합과 최악의 조합에 대한 채널 용량의 차이가, 10dB SNR에서 약 7 bits/sec/Hz만큼 남을 알 수 있다.

기지국(200)에서 V-BLAST 형태의 검파를 수행하는 경우에, 각 송신 심벌을 검파하기 위한 널링 벡터의 놈(norm)을 이용하여 아래 수학식 7과 같이 채널 용량을 계산한다.

위에서 언급한 채널 행렬의 특이치를 이용한 채널 용량과 비교해 볼 때, 수학식 7에 의한 널링 벡터를 이용한 채널 용량이 더욱 효과적이다.

이는, 널링 벡터를 구하는 연산은 검파 과정에서도 사용하는 것이지만, 채널 행렬의 특이치를 구하는 과정은 추가적인 연산 과정이기 때문에 널링 벡터를 이용한 채널 용량 계산이 현실적이다.

도 5는 기지국에서 V-BLAST 형태의 검파 방식을 사용할 경우에 널링 벡터를 이용한 단말 그룹의 할당 방식에서 채널 용량의 합에 따른 최적 그룹핑과 최악 그룹핑의 예를 도시한 것이다.

널링 벡터를 이용한 수학적 3에 의한 각 단말의 채널 용량의 합은 도 5와 같이 주어진다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 방법의 순서도를 도시한 것이다.

도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 다중 입력 다중 출력 기술을 이용한 공간 다중화 검파 방법은, 기지국(200)이 제1 단말과 계속 통신을 수행하는 도중에 데이터를 전송하고 있는 상태에서 제2 단말이 접속을 요구하면(S1, S2), 제1 단말과 제2 단말들의 채널을 추정한다.(S3)

기지국(200)은 모든 단말에 대한 그룹 할당 방식을 구분하고(S4), 위에서 설명한 채널 행렬의 특이치 또는 널링 벡터를 이용하여 각 그룹 할당 방식의 채널 용량을 계산한다.(S5)

그 후, 기지국은 최대 채널 용량을 갖는 그룹 할당 방식을 선택하고(S6), 이렇게 선택한 최적 그룹 할당 방식에 따라 적절한 시간 슬롯에 단말들에게 할당한다.(S7)

기지국(200)은 위에서 그룹화된 단말 그룹과 채널 변화에 의하여 그룹 할당 방식을 변경해야 한다고 판단될 때까지 통신을 계속한다. (S8)

채널 변화가 심각한 수준인 경우에, 기지국(200)은 단말의 그룹 할당 방식을 변경해야 한다고 판단하고, S4 단계로 가서 현재의 채널 정보를 이용하여 다시 그룹을 할당한 후에 단말에 알려준다.(S9)

이와 같은 통신 및 그룹 할당 과정을 거치면서 단말과 기지국(200)은 통신을 계속 진행할 수 있게 된다.

기지국이 모든 단말을 그룹핑 할 때, 1개의 단말 그룹에 할당되는 단말의 수를 줄이면, 더욱 간단하게 최적 그룹 할당이 가능하다. 예를 들어, 1개의 기지국에 접속하는 단말의 수가 18개라고 하면, 이를 6개씩 3개의 집합으로 나누고 6개씩의 단말을 가지고 3번의 그룹 할당 알고리즘을 통하여 최적 그룹 할당을 하는 것이다.

일반적으로 전체 채널 용량을 결정하는 데 있어 첫 계층의 널링 벡터 높의 크기가 모든 널링 벡터의 높의 크기를 좌우하므로, 첫 계층의 널링 벡터만을 이용해서 단말 그룹을 할당할 수 있다.

즉, 첫 계층의 널링 벡터 높의 크기가 작으면, 그 이후의 다른 계층의 널링 벡터의 높 역시 작은 경향이 있어 전체적인 채널 용량이 커지고, 반대로 첫 계층의 널링 벡터의 높의 크기가 크면 채널 용량이 작아지는 경향이 있다.

도 7은 기지국에서 V-BLAST 형태의 검파 방식을 사용하고 첫 계층의 널링 벡터만으로 단말 그룹의 준 최적 할당할 경우에 그룹핑 예를 도시한 것이다.

즉, 도 7은 첫 계층의 널링 벡터를 이용한 준 최적(sub-optimal) 그룹 할당 방식의 성능과 모든 널링 벡터를 이용한 그룹 할당 방식의 성능을 비교한 것으로, 최적 그룹 할당 방식에 비하여 성능 저하가 거의 없음을 알 수 있다.

도 7은 6개의 단말이 각각 2개의 안테나를 가지고 있고, 기지국에는 4개의 안테나가 있다는 가정 하에서 모의 실험한 결과로서, 채널은 1000번에 걸쳐 확률적으로 생성하여 1000 가지의 채널 상태에서의 채널 용량을 평균한 것을 도시한 것이다.

모든 단말 그룹 내의 단말들의 채널 용량의 합이 최대가 되는 방향으로 그룹을 할당하는 방식 외에, 최소의 채널 용량을 갖는 단말의 용량을 최대로 하는 그룹 할당 방식을 사용하여 모든 단말의 어느 정도 이상의 성능을 보이도록 할 수도 있다.

본 발명의 실시예에 따른 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템 및 그 방법은 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing; OFDM)와 결합하여 각 부방송과 별로 적용하여 위에서 언급한 내용과 거의 동일한 결과를 얻을 수 있다.

이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니며, 그 외의 다양한 변형이나 변형이 가능하다.

발명의 효과

이와 같이, 본 발명에 의한 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템 및 그 방법은 MIMO 기술을 공간 다중화를 이용한 사용자 구분에 이용하여 전체적인 시스템 용량을 향상시키고, 동시에 접속하는 단말들을 채널 정보를 이용하여 단말 그룹으로 그룹핑 하여 기지국에서 최적 단말 할당을 할 경우에 채널 용량을 더욱 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

다수의 안테나가 설치된 기지국에 동시 접속이 가능한 단말들을 묶어 놓은 단말 그룹이 상기 기지국으로 송신 데이터를 전송하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템에 있어서,

상기 기지국은,

상기 단말 그룹에서 송신하는 송신 데이터가 수신 안테나를 통해 수신되면, 상기 수신 신호에서 상기 송신 안테나를 거쳐 송신된 심벌에 해당하는 수신 심벌을 검파하는 MIMO 검파부;

상기 MIMO 검파부에서 검파된 수신 심벌을 상기 단말 그룹 내의 각 단말에 해당하는 심벌로 구분하는 단말 구분부;

상기 단말 구분부에서 구분된 단말의 수신 심벌을 상기 단말 그룹에서 사용한 변조 방식에 부합되는 이진 데이터로 디맵핑하는 심벌 디맵핑부; 및

상기 심벌 디맵핑부에서 디맵핑된 이진 데이터를 디인터리빙, 오류 정정 부호의 복호화, 디스크램블링 처리를 수행하여 각 단말의 수신 데이터를 검출하는 데이터 역처리부

를 포함하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 심벌 디맵핑부와 데이터 역처리부는,

상기 단말 그룹 내의 단말 수와 동일하게 구비되는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 단말 그룹의 각 단말들은,

송신 데이터를 스크램블링, 오류 정정 부호화, 및 인터리빙을 거쳐 이진 데이터로 처리하는 데이터 처리부;

상기 데이터 처리부에서 전달되는 이진 데이터를 원하는 변조 방식에 따라 매핑하는 심벌 매핑부; 및

상기 심벌 매핑부에서 매핑된 심벌을 송신 안테나의 개수를 고려하여 각 안테나로 병렬화하여 나누어주는 병렬 변환부

를 포함하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 시스템.

청구항 4.

A) 다수의 안테나가 설치된 기지국과 제1 단말간 데이터 전송이 진행되는 도중에 제2 단말이 접속되면, 제1 단말 및 제2 단말들의 채널 정보를 이용하여 모든 단말들의 최적 그룹 할당 방식을 탐색하는 단계;

B) 상기 A) 단계의 최적 그룹 할당 방식에 따라 각 단말을 해당 시간 슬롯에 할당하고 데이터를 전송하는 단계; 및

C) 상기 B) 단계에서 데이터 전송 채널 변화의 심각도를 감지하여, 상기 감지된 채널 변화의 심각도에 따라 각 단말의 그룹 할당 방식의 변경 여부를 결정하고 이를 해당 단말에 알려주는 단계

를 포함하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 방법.

청구항 5.

제4항에 있어서,

상기 A) 단계는,

- a) 상기 제2 단말의 채널을 추정하고, 모든 단말에 대한 그룹 할당 방식을 구분하는 단계;
- b) 상기 a) 단계에서 구분된 각 그룹 할당 방식마다 채널 용량을 계산하는 단계; 및
- c) 상기 b) 단계에서 계산된 채널 용량 중에서 최대 채널 용량을 갖는 그룹 할당 방식을 선택하는 단계를 포함하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 방법.

청구항 6.

제5항에 있어서,

상기 b) 단계에서 채널 용량을 계산하는 단계는,

상기 추정된 채널에 대해 채널 행렬의 특이치들을 이용한 이론적 채널 용량을 아래 수학적식과 같이 계산함;

$$C = \sum_{i=1}^K \log_2 \left(1 + \frac{SNR}{M} \sigma_i^2 \right)$$

여기서, K는 채널 행렬 H의 랭크(rank), $\sigma_i, i=1, \dots, K$ 는 채널 행렬의 특이치(singular value)들, M은 송신 안테나 수임을 특징으로 하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 방법.

청구항 7.

제5항에 있어서,

상기 b) 단계에서 채널 용량을 계산하는 단계는,

상기 기지국에서 직교 벨연구소 층적 공간 시간(V-BLAST) 형태의 검파를 수행할 경우에, 상기 송신 심벌을 검파하기 위한 널링 벡터(nulling vector)(\mathbf{w}_i)의 놈(norm)을 이용하여 아래 수학적식과 같이 채널 용량(C)을 구함;

$$C = \sum_{i=1}^M \log_2 \left(1 + \frac{SNR}{M \cdot \|\mathbf{w}_i\|^2} \right)$$

여기서, SNR은 수신 신호대잡음비, M은 송신 안테나의 수임.

을 특징으로 하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 방법.

청구항 8.

제7항에 있어서,

상기 채널 용량은 V-BLAST의 첫 계층 검파에 사용하는 널링 벡터의 놈만을 이용한 첫 계층의 부분적 채널 용량만을 구하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 방법.

청구항 9.

제5항에 있어서,

상기 c) 단계는,

상기 b) 단계에서 계산한 최소 채널 용량을 갖는 단말의 채널 용량을 최대화할 수 있는 최적 그룹 할당 방식을 선택하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 방법.

청구항 10.

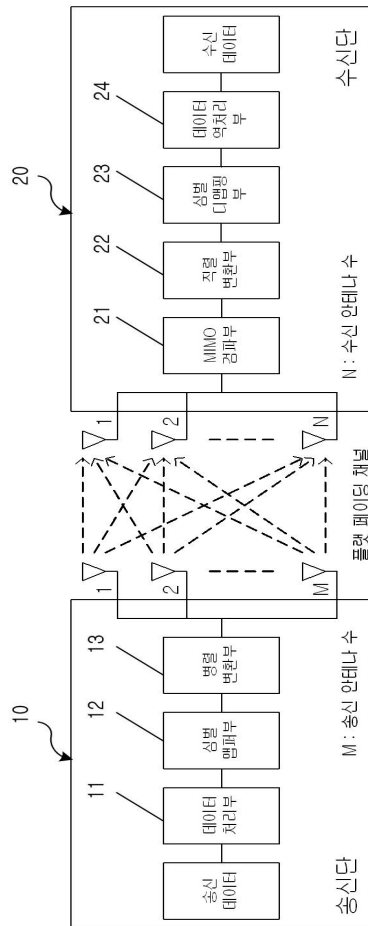
제4항에 있어서,

상기 B) 단계에서 시간 슬롯을 정하는 단계는,

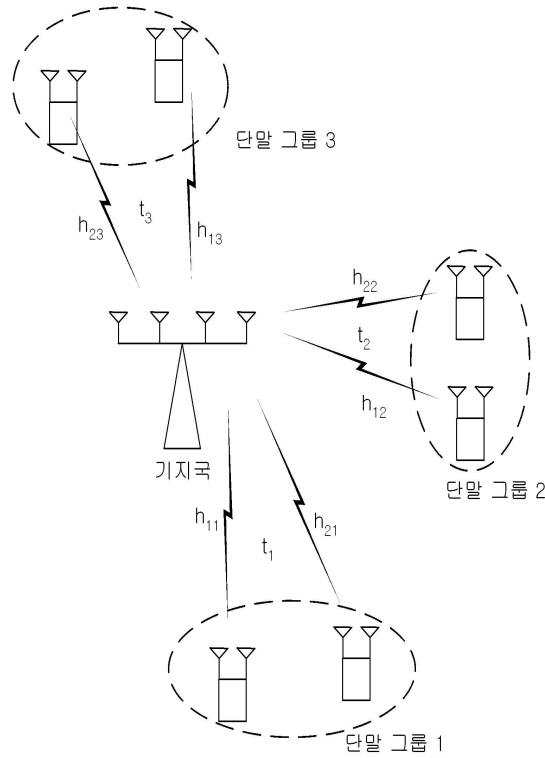
상기 기지국 내의 단말 수가 많을 경우에, 상기 단말들을 일정 수 이하로 제한한 집합을 구성하고, 상기 구성된 집합 내에서 각 단말을 할당하고, 상기 각 집합 사이에는 시간 슬롯을 다르게 하여 구분하는 다중 입력 다중 출력(MIMO) 기술을 이용한 공간 다중화 검파 방법.

도면

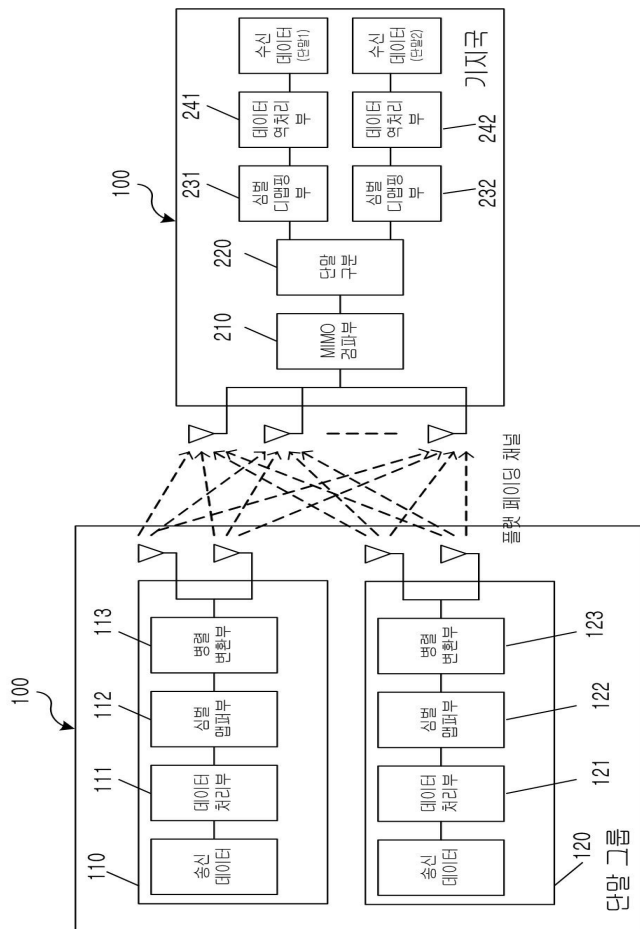
도면1



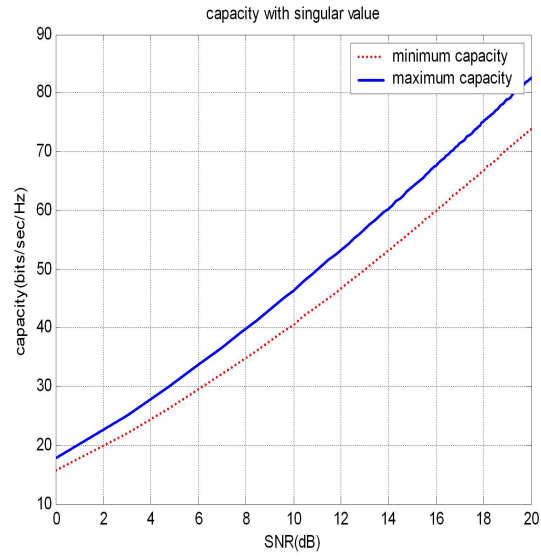
도면2



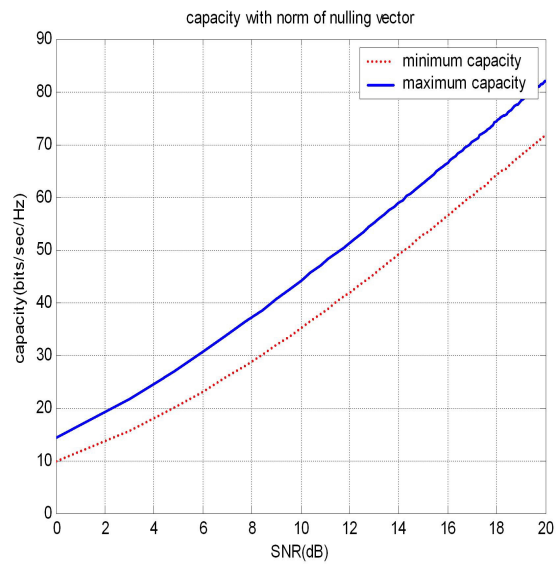
도면3



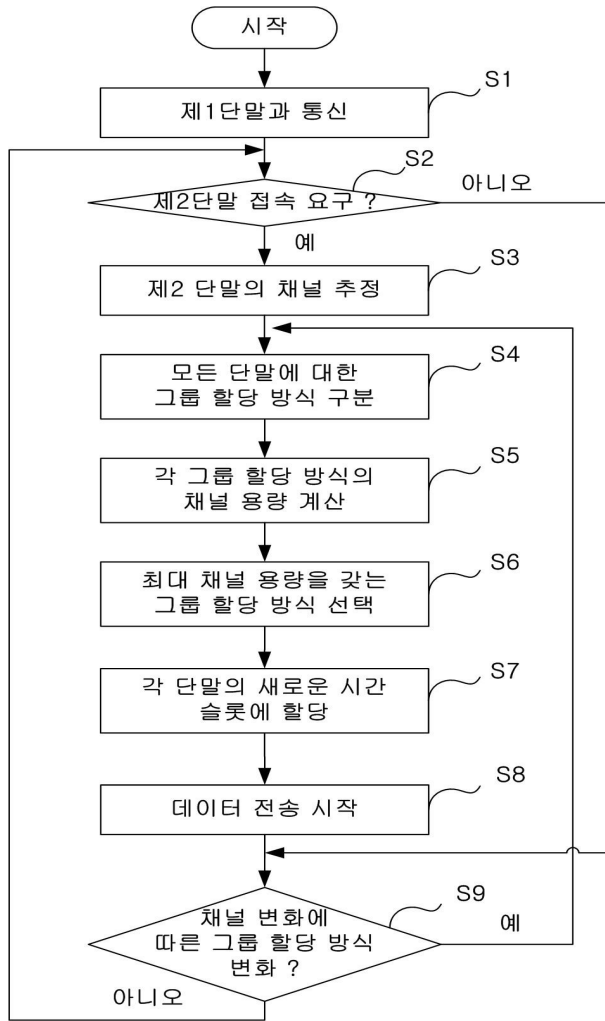
도면4



도면5



도면6



도면7

