

(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호

10-2016-0094934

(43) 공개일자

2016년08월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

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

(52) CPC특허분류

H04B 7/024 (2013.01)

H04B 7/0413 (2013.01)

(21) 출원번호

10-2016-7010896

(22) 출원일자(국제)

2014년12월05일

심사청구일자

없음

(85) 번역문제출일자

2016년04월25일

(86) 국제출원번호

PCT/KR2014/011927

(87) 국제공개번호

WO 2015/084104

국제공개일자

2015년06월11일

(30) 우선권주장

61/912,531 2013년12월05일 미국(US)

(71) 출원인

엘지전자 주식회사

서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

채혁진

서울특별시 서초구 양재대로11길 19

민병윤

서울특별시 서대문구 연희로12길 10-10

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김용인, 방해철

전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 계층적 협력구조의 V-MIMO 방법 및 장치

### (57) 요약

본 발명의 일 실시예는, 무선통신시스템에서 단말이 V-MIMO(Virtual Multiple Input and Multiple Output) 클러스터를 결정하는 방법에 있어서, 임시 클러스터에 포함된 하나 이상의 진입 후보 노드를 선택하는 단계; 상기 진입 후보 노드의 진입에 따른 전송 효율을 결정하는 단계; 및 상기 결정된 전송 효율로부터 상기 진입 후보 노드의 V-MIMO 단위 클러스터 진입 여부를 결정하는 단계를 포함하며, 상기 진입 여부는 상기 결정된 전송 효율과 상기 진입 후보 노드의 진입 전의 전송 효율을 비교함으로써 결정되는, V-MIMO 클러스터 결정 방법이다.

(72) 발명자

**김기연**

서울특별시 마포구 망원로11길 73, 1105호

**김동구**

서울특별시 강남구 일원로 120, 103동 1104호

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

무선통신시스템에서 단말이 V-MIMO(Virtual Multiple Input and Multiple Output) 클러스터를 결정하는 방법에 있어서,

임시 클러스터에 포함된 하나 이상의 진입 후보 노드를 선택하는 단계;

상기 진입 후보 노드의 진입에 따른 전송 효율을 결정하는 단계; 및

상기 결정된 전송 효율로부터 상기 진입 후보 노드의 V-MIMO 단위 클러스터 진입 여부를 결정하는 단계,

를 포함하며,

상기 진입 여부는 상기 결정된 전송 효율과 상기 진입 후보 노드의 진입 전의 전송 효율을 비교함으로써 결정되는, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 진입 후보 노드의 진입에 따른 전송 효율은, 상기 하나 이상의 진입 후보 노드를 포함하는 클러스터의 채널 사용량 및 V-MIMO 전송시 전송률로부터 결정되는, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 전송 효율은 다음 수학식에 의해 결정되며,

$$\frac{R(M)}{\beta_{LDS}(M)}$$

상기  $R(M)$  는 클러스터 M의 V-MIMO 전송시 전송률,  $\beta_{LDS}(M)$  는 클러스터 M의 채널 사용량인, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기  $\beta_{LDS}(M)$  는 다음 수학식에 의해 결정되며,

$$\beta_{LDS}(M) = \sum_{\forall l \in M} \beta_{LDS}(M(l))$$

$$\beta_{LDS}(M(l)) = \max_{\forall l, k \in M, l \neq k} \frac{T_l}{\log_2 \left( 1 + \frac{\eta_{lk} |g_{lk}|^2 P_{TX}}{\sigma^2 + \bar{p}^I(M)} \right)}$$

$\eta_{lk}$  는 롱텀(long term) 채널 이득,  $g_{lk}$  1번째 송신 노드에서 k번째 송신 노드간의 소규모 페이딩(small scale fading) 값,  $n_i$  는  $\sigma^2$  전력을 갖는 잡음 신호,  $T_l$  은 l번째 송신 노드의 전송 데이터 양,  $\bar{p}^I(M)$  는 클러스터 M이 주변 임의의 노드 집합으로부터 받는 평균적인 간섭량,  $P_{TX}$  는 송신 전력인, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

#### 청구항 5

제3항에 있어서,

상기 채널 사용량은 단위 클러스터 내 로컬 데이터 셰어링(Local data sharing)에 사용되는 자원 양인, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 진입 여부의 결정을 대표 노드가 수행하는 경우, 상기 진입 여부의 결정은 브로드캐스트되는, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 진입 후보 노드가 V-MIMO 단위 클러스터에 진입하는 것으로 결정된 경우, V-MIMO 단위 클러스터는 업데이트 되는, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 하나 이상의 진입 후보 노드는 상기 임시 클러스터의 잔여 노드 집합에서 제외되는, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 진입 여부의 결정은 상기 잔여 노드 집합에 포함된 노드가 없을 때까지 반복되는, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 V-MIMO 단위 클러스터는 전송 효율에 따라 다른 V-MIMO 단위 클러스터와 병합 가능한, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 병합 여부는 상기 V-MIMO 단위 클러스터의 전송 효율과 상기 다른 V-MIMO 단위 클러스터와 병합시 전송 효율을 비교함으로써 결정되는, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

#### 청구항 12

제1항에 있어서,

상기 병합 여부는 다음 수학적식에 의해 결정되며,

$$\max \left[ \frac{R(S^{[q]})}{\beta_{Used}^{[q]}(S^{[q]})}, \frac{R(S^{[q]} \cup L^{[q]})}{\beta_{Used}^{[q]}(S^{[q]}) + \beta_{New}^{[q]}(S^{[q]} \cup L^{[q]})} \right]$$

상기  $R(S^{[q]})$  는 상기 V-MIMO 단위 클러스터의 전송률,  $R(S^{[q]} \cup L^{[q]})$  는 상기 V-MIMO 단위 클러스터와 상기 다른

V-MIMO 단위 클러스터의 병합시 전송률,  $\beta_{Used}^{[q]}(S^{[q]})$  는 V-MIMO 단위 클러스터의 채널사용량,  $\beta_{New}^{[q]}(S^{[q]} \cup L^{[q]})$  는 병합시 발생하는 채널 사용량인, V-MIMO 클러스터 결정 방법.

### 청구항 13

무선통신시스템에서 V-MIMO(Virtual Multiple Input and Multiple Output) 클러스터를 결정하는 장치에 있어서,

수신 모듈; 및

프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는, 임시 클러스터에 포함된 하나 이상의 진입 후보 노드를 선택하고, 상기 진입 후보 노드의 진입에 따른 전송 효율을 결정하며, 상기 결정된 전송 효율로부터 상기 진입 후보 노드의 V-MIMO 단위 클러스터 진입 여부를 결정하며,

상기 진입 여부는 상기 결정된 전송 효율과 상기 진입 후보 노드의 진입 전의 전송 효율을 비교함으로써 결정되는, 장치.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 이하의 설명은 무선 통신 시스템에 대한 것으로, 보다 상세하게는 계층적 협력구조의 V-MIMO 방법 및 장치에 대한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 무선 통신 시스템이 음성이나 데이터 등과 같은 다양한 종류의 통신 서비스를 제공하기 위해 광범위하게 전개되고 있다. 일반적으로 무선 통신 시스템은 가용한 시스템 자원(대역폭, 전송 파워 등)을 공유하여 다중 사용자와의 통신을 지원할 수 있는 다중 접속(multiple access) 시스템이다. 다중 접속 시스템의 예들로는 CDMA(code division multiple access) 시스템, FDMA(frequency division multiple access) 시스템, TDMA(time division multiple access) 시스템, OFDMA(orthogonal frequency division multiple access) 시스템, SC-FDMA(single carrier frequency division multiple access) 시스템, MC-FDMA(multi carrier frequency division multiple access) 시스템 등이 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0003] 본 발명에서는 계층적 협력구조의 V-MIMO 방법을 기술적 과제로 한다.

[0004] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 제1 기술적인 측면은, 무선통신시스템에서 단말이 V-MIMO(Virtual Multiple Input and Multiple Output) 클러스터를 결정하는 방법에 있어서, 임시 클러스터에 포함된 하나 이상의 진입 후보 노드를 선택하는 단계; 상기 진입 후보 노드의 진입에 따른 전송 효율을 결정하는 단계; 및 상기 결정된 전송 효율로부터 상기 진입 후보 노드의 V-MIMO 단위 클러스터 진입 여부를 결정하는 단계를 포함하며, 상기 진입 여부는 상기 결정된 전송 효율과 상기 진입 후보 노드의 진입 전의 전송 효율을 비교함으로써 결정되는, V-MIMO 클러스터 결정 방법이다.

[0006] 본 발명의 제2 기술적인 측면은, 무선통신시스템에서 V-MIMO(Virtual Multiple Input and Multiple Output) 클

러스터를 결정하는 장치에 있어서, 수신 모듈; 및 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 임시 클러스터에 포함된 하나 이상의 진입 후보 노드를 선택하고, 상기 진입 후보 노드의 진입에 따른 전송 효율을 결정하며, 상기 결정된 전송 효율로부터 상기 진입 후보 노드의 V-MIMO 단위 클러스터 진입 여부를 결정하며, 상기 진입 여부는 상기 결정된 전송 효율과 상기 진입 후보 노드의 진입 전의 전송 효율을 비교함으로써 결정되는, 장치이다.

[0007] 상기 제1 기술적인 측면 및 제2 기술적인 측면은 다음 사항들의 전/일부를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 진입 후보 노드의 진입에 따른 전송 효율은, 상기 하나 이상의 진입 후보 노드를 포함하는 클러스터의 채널 사용량 및 V-MIMO 전송시 전송률로부터 결정될 수 있다.

[0009] 상기 전송 효율은 다음 수학식에 의해 결정되며,  $\frac{R(M)}{\beta_{LDS}(M)}$  상기  $R(M)$  는 클러스터 M의 V-MIMO 전송시 전송률,  $\beta_{LDS}(M)$  는 클러스터 M의 채널 사용량일 수 있다.

[0010] 상기  $\beta_{LDS}(M)$  는 다음 수학식에 의해 결정되며,  $\beta_{LDS}(M) = \sum_{\forall i \in M} \beta_{LDS}(M(i))$ ,

$$\beta_{LDS}(M(i)) = \max_{\forall l, k \in M, l \neq k} \frac{T_l}{\log_2 \left( 1 + \frac{\eta_{lk} |g_{lk}|^2 P_{TX}}{\sigma^2 + \bar{p}'(M)} \right)}$$

[0011]  $\eta_{lk}$  는 롱텀(long term) 채널 이득,  $g_{lk}$  1번째 송신 노드에서 k번째 수신 노드간의 소규모 페이딩(small scale fading) 값,  $\eta_i$  는  $\sigma^2$  전력을 갖는 잡음 신호,  $T_l$  은 1번째 송신 노드의 전송 데이터 양,  $\bar{p}'(M)$  는 클러스터 M이 주변 임의의 노드 집합으로부터 받는 평균적인 간섭량,  $P_{TX}$  는 송신 전력일 수 있다.

[0012] 상기 채널 사용량은 단위 클러스터 내 로컬 데이터 셰어링(Local data sharing)에 사용되는 자원 양일 수 있다.

[0013] 상기 진입 여부의 결정을 대표 노드가 수행하는 경우, 상기 진입 여부의 결정은 브로드캐스트될 수 있다.

[0014] 상기 하나 이상의 진입 후보 노드가 V-MIMO 단위 클러스터에 진입하는 것으로 결정된 경우, V-MIMO 단위 클러스터는 업데이트 될 수 있다.

[0015] 상기 하나 이상의 진입 후보 노드는 상기 임시 클러스터의 잔여 노드 집합에서 제외될 수 있다.

[0016] 상기 진입 여부의 결정은 상기 잔여 노드 집합에 포함된 노드가 없을 때까지 반복될 수 있다.

[0017] 상기 V-MIMO 단위 클러스터는 전송 효율에 따라 다른 V-MIMO 단위 클러스터와 병합 가능할 수 있다.

[0018] 상기 병합 여부는 상기 V-MIMO 단위 클러스터의 전송 효율과 상기 다른 V-MIMO 단위 클러스터와 병합시 전송 효율을 비교함으로써 결정될 수 있다.

[0019] 상기 병합 여부는 다음 수학식에 의해 결정되며,

$$\max \left[ \frac{R(S^{[q]})}{\beta_{Used}^{[q]}(S^{[q]})}, \frac{R(S^{[q]} \cup L^{[q]})}{\beta_{Used}^{[q]}(S^{[q]}) + \beta_{New}^{[q]}(S^{[q]} \cup L^{[q]})} \right]$$

[0021] 상기  $R(S^{[q]})$  는 상기 V-MIMO 단위 클러스터의 전송률,  $R(S^{[q]} \cup L^{[q]})$  는 상기 V-MIMO 단위 클러스터와 상기 다른

V-MIMO 단위 클러스터의 병합시 전송률,  $\beta_{Used}^{[q]}(S^{[q]})$  는 V-MIMO 단위 클러스터의 채널사용량,

$\beta_{New}^{[q]}(S^{[q]} \cup L^{[q]})$  는 병합시 발생하는 채널 사용량일 수 있다.

### 발명의 효과

[0022] 본 발명에 따르면 계층적 협력 구조에서 V-MIMO 기법의 적용시 최대 효율을 주는 클러스터/병합 클러스터를 결정할 수 있다.

[0023] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0024] 본 명세서에 첨부되는 도면은 본 발명에 대한 이해를 제공하기 위한 것으로서 본 발명의 다양한 실시형태들을 나타내고 명세서의 기재와 함께 본 발명의 원리를 설명하기 위한 것이다.

- 도 1은 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 하향링크 슬롯에서의 자원 그리드(resource grid)를 나타내는 도면이다.
- 도 3은 하향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 4는 상향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 MIMO를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 의한 계층적 협력 구조의 V-MIMO 기법을 나타낸다.
- 도 7은 본 발명에 의한 계층적 협력구조의 V-MIMO 기법의 순서도이다.
- 도 8은 V-MIMO 단위 클러스터 결정 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 9는 V-MIMO 단위 클러스터와 전송효율을 나타내는 도면이다.
- 도 10은 본 발명에 의한 병합/비병합 알고리즘의 순서도이다.
- 도 11 내지 도 16에는 본 발명이 실시예에 따른 실험 결과가 도시되어 있다.
- 도 17은 송수신 장치의 구성을 도시한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하의 실시예들은 본 발명의 구성요소들과 특징들을 소정 형태로 결합한 것들이다. 각 구성요소 또는 특징은 별도의 명시적 언급이 없는 한 선택적인 것으로 고려될 수 있다. 각 구성요소 또는 특징은 다른 구성요소나 특징과 결합되지 않은 형태로 실시될 수 있다. 또한, 일부 구성요소들 및/또는 특징들을 결합하여 본 발명의 실시예를 구성할 수도 있다. 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.

[0026] 본 명세서에서 본 발명의 실시예들을 기지국과 단말 간의 데이터 송신 및 수신에 중점을 두어 설명한다. 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.

[0027] 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(BS: Base Station)'은 고정국(fixed station), Node B, eNode B(eNB), 액세스 포인트(AP: Access Point) 등의 용어에 의해 대체될 수 있다. 중계기는 Relay Node(RN), Relay Station(RS) 등의 용어에 의해 대체될 수 있다. 또한, '단말(Terminal)'은 UE(User Equipment), MS(Mobile Station), MSS(Mobile Subscriber Station), SS(Subscriber Station) 등의 용어로 대체될 수 있다. 또한, 이하의 설명에서 '기지국'이라 함은 스케줄링 수행 노드, 클러스터 헤더(cluster header) 등을 장치를 지칭하는 의미로써도 사용될 수 있

다. 만약 기지국이나 릴레이도 단말이 전송하는 신호를 전송한다면, 일종의 단말로 간주할 수 있다.

[0028] 이하에서 기술되는 셀의 명칭은 기지국(base station, eNB), 섹트(sector), 리모트라디오헤드(remote radio head, RRH), 릴레이(relay)등의 송수신 포인트에 적용되며, 또한 특정 송수신 포인트에서 구성 반송파(component carrier)를 구분하기 위한 포괄적인 용어로 사용되는 것일 수 있다.

[0029] 이하의 설명에서 사용되는 특정 용어들은 본 발명의 이해를 돕기 위해서 제공된 것이며, 이러한 특정 용어의 사용은 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 다른 형태로 변경될 수 있다.

[0030] 몇몇 경우, 본 발명의 개념이 모호해지는 것을 피하기 위하여 공지의 구조 및 장치는 생략되거나, 각 구조 및 장치의 핵심기능을 중심으로 한 블록도 형식으로 도시될 수 있다. 또한, 본 명세서 전체에서 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용하여 설명한다.

[0031] 본 발명의 실시예들은 무선 접속 시스템들인 IEEE 802 시스템, 3GPP 시스템, 3GPP LTE 및 LTE-A(LTE-Advanced)시스템 및 3GPP2 시스템 중 적어도 하나에 개시된 표준 문서들에 의해 뒷받침될 수 있다. 즉, 본 발명의 실시예들 중 본 발명의 기술적 사상을 명확히 드러내기 위해 설명하지 않은 단계들 또는 부분들은 상기 문서들에 의해 뒷받침될 수 있다. 또한, 본 문서에서 개시하고 있는 모든 용어들은 상기 표준 문서에 의해 설명될 수 있다.

[0032] 이하의 기술은 CDMA(Code Division Multiple Access), FDMA(Frequency Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access), SC-FDMA(Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 등과 같은 다양한 무선 접속 시스템에 사용될 수 있다. CDMA는 UTRA(Universal Terrestrial Radio Access)나 CDMA2000과 같은 무선 기술(radio technology)로 구현될 수 있다. TDMA는 GSM(Global System for Mobile communications)/GPRS(General Packet Radio Service)/EDGE(Enhanced Data Rates for GSM Evolution)와 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. OFDMA는 IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802-20, E-UTRA(Evolved UTRA) 등과 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. UTRA는 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)의 일부이다. 3GPP(3rd Generation Partnership Project) LTE(long term evolution)는 E-UTRA를 사용하는 E-UMTS(Evolved UMTS)의 일부로써, 하향링크에서 OFDMA를 채용하고 상향링크에서 SC-FDMA를 채용한다. LTE-A(Advanced)는 3GPP LTE의 진화이다. WiMAX는 IEEE 802.16e 규격(WirelessMAN-OFDMA Reference System) 및 발전된 IEEE 802.16m 규격(WirelessMAN-OFDMA Advanced system)에 의하여 설명될 수 있다. 명확성을 위하여 이하에서는 3GPP LTE 및 3GPP LTE-A 시스템을 위주로 설명하지만 본 발명의 기술적 사상이 이에 제한되는 것은 아니다.

### [0033] LTE/LTE-A 자원 구조/채널

[0034] 도 1을 참조하여 무선 프레임의 구조에 대하여 설명한다.

[0035] 셀룰라 OFDM 무선 패킷 통신 시스템에서, 상/하향링크 데이터 패킷 전송은 서브프레임(subframe) 단위로 이루어지며, 한 서브프레임은 다수의 OFDM 심볼을 포함하는 일정 시간 구간으로 정의된다. 3GPP LTE 표준에서는 FDD(Frequency Division Duplex)에 적용 가능한 타입 1 무선 프레임(radio frame) 구조와 TDD(Time Division Duplex)에 적용 가능한 타입 2의 무선 프레임 구조를 지원한다.

[0036] 도 1(a)는 타입 1 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 하향링크 무선 프레임(radio frame)은 10개의 서브프레임(subframe)으로 구성되고, 하나의 서브프레임은 시간 영역(time domain)에서 2개의 슬롯(slot)으로 구성된다. 하나의 서브프레임이 전송되는 데 걸리는 시간을 TTI(transmission time interval)이라 하고, 예를 들어 하나의 서브프레임의 길이는 1ms이고, 하나의 슬롯의 길이는 0.5ms 일 수 있다. 하나의 슬롯은 시간 영역에서 복수의 OFDM 심볼을 포함하고, 주파수 영역에서 다수의 자원블록(Resource Block; RB)을 포함한다. 3GPP LTE/LTE-A 시스템에서는 하향링크에서 OFDMA를 사용하므로, OFDM 심볼이 하나의 심볼 구간을 나타낸다. OFDM 심볼은 또한 SC-FDMA 심볼 또는 심볼 구간으로 칭하여질 수도 있다. 자원 블록(Resource Block; RB)은 자원 할당 단위이고, 하나의 블록에서 복수개의 연속적인 부반송파(subcarrier)를 포함할 수 있다.

[0037] 하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 CP(Cyclic Prefix)의 구성(configuration)에 따라 달라질 수 있다. CP에는 확장된 CP(extended CP)와 일반 CP(normal CP)가 있다. 예를 들어, OFDM 심볼이 일반 CP에 의해 구성된 경우, 하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 7개일 수 있다. OFDM 심볼이 확장된 CP에 의해 구성된 경우, 한 OFDM 심볼의 길이가 늘어나므로, 한 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 일반 CP인 경우보다 적다. 확장된 CP의 경우에, 예를 들어, 하나의 슬롯에 포함되는 OFDM 심볼의 수는 6개일 수 있다. 단말이 빠른 속도로 이동하는



등의 경우와 같이 채널상태가 불안정한 경우, 심볼간 간섭을 더욱 줄이기 위해 확장된 CP가 사용될 수 있다.

- [0038] 일반 CP가 사용되는 경우 하나의 슬롯은 7개의 OFDM 심볼을 포함하므로, 하나의 서브프레임은 14개의 OFDM 심볼을 포함한다. 이때, 각 서브프레임의 처음 2개 또는 3개의 OFDM 심볼은 PDCCH(physical downlink control channel)에 할당되고, 나머지 OFDM 심볼은 PDSCH(physical downlink shared channel)에 할당될 수 있다.
- [0039] 도 1(b)는 타입 2 무선 프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 타입 2 무선 프레임은 2개의 해프 프레임(half frame)으로 구성되며, 각 해프 프레임은 5개의 서브프레임과 DwPTS(Downlink Pilot Time Slot), 보호구간(Guard Period; GP), UpPTS(Uplink Pilot Time Slot)로 구성되며, 이 중 1개의 서브프레임은 2개의 슬롯으로 구성된다. DwPTS는 단말에서의 초기 셀 탐색, 동기화 또는 채널 추정에 사용된다. UpPTS는 기지국에서의 채널 추정과 단말의 상향 전송 동기를 맞추는 데 사용된다. 보호구간은 상향링크와 하향링크 사이에 하향링크 신호의 다중경로 지연으로 인해 상향링크에서 생기는 간섭을 제거하기 위한 구간이다. 한편, 무선 프레임의 타입에 관계 없이 1개의 서브프레임은 2개의 슬롯으로 구성된다.
- [0040] 무선 프레임의 구조는 예시에 불과하고, 무선 프레임에 포함되는 서브프레임의 수 또는 서브프레임에 포함되는 슬롯의 수, 슬롯에 포함되는 심볼의 수는 다양하게 변경될 수 있다.
- [0041] 도 2는 하향링크 슬롯에서의 자원 그리드(resource grid)를 나타내는 도면이다. 하나의 하향링크 슬롯은 시간 영역에서 7개의 OFDM 심볼을 포함하고, 하나의 자원블록(RB)은 주파수 영역에서 12개의 부반송파를 포함하는 것으로 도시되어 있지만, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 일반 CP(Cyclic Prefix)의 경우에는 하나의 슬롯이 7 OFDM 심볼을 포함하지만, 확장된 CP(extended-CP)의 경우에는 하나의 슬롯이 6 OFDM 심볼을 포함할 수 있다. 자원 그리드 상의 각각의 요소는 자원 요소(resource element)라 한다. 하나의 자원블록은  $12 \times 7$  자원 요소를 포함한다. 하향링크 슬롯에 포함되는 자원블록들의 개수( $N^{\text{DL}}$ )는 하향링크 전송 대역폭에 따른다. 상향링크 슬롯의 구조는 하향링크 슬롯의 구조와 동일할 수 있다.
- [0042] 도 3은 하향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 하나의 서브프레임 내에서 첫 번째 슬롯의 앞 부분의 최대 3개의 OFDM 심볼은 제어 채널이 할당되는 제어 영역에 해당한다. 나머지 OFDM 심볼들은 물리하향링크공유채널(Physical Downlink Shared Channel; PDSCH)이 할당되는 데이터 영역에 해당한다. 3GPP LTE/LTE-A 시스템에서 사용되는 하향링크 제어 채널들에는, 예를 들어, 물리제어포맷지시자채널(Physical Control Format Indicator Channel; PCFICH), 물리하향링크제어채널(Physical Downlink Control Channel; PDCCH), 물리HARQ지시자채널(Physical Hybrid automatic repeat request Indicator Channel; PHICH) 등이 있다. PCFICH는 서브프레임의 첫 번째 OFDM 심볼에서 전송되고 서브프레임 내의 제어 채널 전송에 사용되는 OFDM 심볼의 개수에 대한 정보를 포함한다. PHICH는 상향링크 전송의 응답으로서 HARQ ACK/NACK 신호를 포함한다. PDCCH를 통하여 전송되는 제어 정보를 하향링크제어정보(Downlink Control Information; DCI)라 한다. DCI는 상향링크 또는 하향링크 스케줄링 정보를 포함하거나 임의의 단말 그룹에 대한 상향링크 전송 전력 제어 명령을 포함한다. PDCCH는 하향링크공유채널(DL-SCH)의 자원 할당 및 전송 포맷, 상향링크공유채널(UL-SCH)의 자원 할당 정보, 페이징채널(PCH)의 페이징 정보, DL-SCH 상의 시스템 정보, PDSCH 상으로 전송되는 임의접속응답(Random Access Response)과 같은 상위계층 제어 메시지의 자원 할당, 임의의 단말 그룹 내의 개별 단말에 대한 전송 전력 제어 명령의 세트, 전송 전력 제어 정보, VoIP(Voice over IP)의 활성화 등을 포함할 수 있다. 복수의 PDCCH가 제어 영역 내에서 전송될 수 있다. 단말은 복수의 PDCCH를 모니터링할 수 있다. PDCCH는 하나 이상의 연속하는 제어 채널요소(Control Channel Element; CCE)의 조합(aggregation)으로 전송된다. CCE는 무선 채널의 상태에 기초한 코딩 레이트로 PDCCH를 제공하기 위해 사용되는 논리 할당 단위이다. CCE는 복수개의 자원 요소 그룹에 대응한다. PDCCH를 위해 필요한 CCE의 개수는 DCI의 크기와 코딩 레이트 등에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, PDCCH 전송에는 CCE 개수 1, 2, 4, 8(각각 PDCCH 포맷 0, 1, 2, 3에 대응)개 중 어느 하나가 사용될 수 있으며, DCI의 크기가 큰 경우 및/또는 채널 상태가 좋지 않아 낮은 코딩 레이트가 필요한 경우 상대적으로 많은 개수의 CCE가 하나의 PDCCH 전송을 위해 사용될 수 있다. 기지국은 단말에게 전송되는 DCI의 크기, 셀 대역폭, 하향링크 안테나 포트의 개수, PHICH 자원 양 등을 고려하여 PDCCH 포맷을 결정하고, 제어 정보에 순환잉여검사(Cyclic Redundancy Check; CRC)를 부가한다. CRC는 PDCCH의 소유자 또는 용도에 따라 무선 네트워크 임시 식별자(Radio Network Temporary Identifier; RNTI)라 하는 식별자로 마스킹된다. PDCCH가 특정 단말에 대한 것이라면, 단말의 cell-RNTI(C-RNTI) 식별자가 CRC에 마스킹될 수 있다. 또는, PDCCH가 페이징 메시지에 대한 것이라면, 페이징 지시자 식별자(Paging Indicator Identifier; P-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다. PDCCH가 시스템 정보(보다 구체적으로, 시스템 정보 블록(SIB))에 대한 것이라면, 시스템 정보 식별자 및 시스템 정보 RNTI(SI-RNTI)가 CRC에 마스킹될 수 있다. 단말의 임의 접속 프리앰블의 전송에 대한 응답인 임의접속응답을 나

타내기 위해, 임의접속-RNTI(RA-RNTI)가 CRC에 마스크될 수 있다.

[0043] 도 4는 상향링크 서브프레임의 구조를 나타내는 도면이다. 상향링크 서브프레임은 주파수 영역에서 제어 영역과 데이터 영역으로 분할될 수 있다. 제어 영역에는 상향링크 제어 정보를 포함하는 물리상향링크제어채널(Physical Uplink Control Channel; PUCCH)이 할당된다. 데이터 영역에는 사용자 데이터를 포함하는 물리상향링크공유채널(Physical Uplink Shared Channel; PUSCH)이 할당된다. 단일 반송파 특성을 유지하기 위해서, 하나의 단말은 PUCCH와 PUSCH를 동시에 전송하지 않는다. 하나의 단말에 대한 PUCCH는 서브프레임에서 자원블록 쌍(RB pair)에 할당된다. 자원블록 쌍에 속하는 자원블록들은 2 슬롯에 대하여 상이한 부반송파를 차지한다. 이를 PUCCH에 할당되는 자원블록 쌍이 슬롯 경계에서 주파수-호핑(frequency-hopped)된다고 한다.

[0044] 도 5는 다중안테나를 갖는 무선 통신 시스템의 구성도이다.

[0045] 도 5(a)에 도시된 바와 같이 송신 안테나의 수를  $N_T$  개로, 수신 안테나의 수를  $N_R$  개로 늘리면, 송신기나 수신기에서만 다수의 안테나를 사용하게 되는 경우와 달리 안테나 수에 비례하여 이론적인 채널 전송 용량이 증가한다. 따라서, 전송 레이트를 향상시키고 주파수 효율을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 채널 전송 용량이 증가함에 따라, 전송 레이트는 이론적으로 단일 안테나 이용시의 최대 전송 레이트( $R_0$ )에 레이트 증가율( $R_i$ )이 곱해진 만큼 증가할 수 있다.

[0046] [수학식 1]

[0047] 
$$R_i = \min(N_T, N_R)$$

[0048] 예를 들어, 4개의 송신 안테나와 4개의 수신 안테나를 이용하는 MIMO(Multiple Input and Multiple Output) 통신 시스템에서는 단일 안테나 시스템에 비해 이론상 4배의 전송 레이트를 획득할 수 있다.

[0049] 다중안테나 시스템에서의 통신 방법을 수학적 모델링을 이용하여 보다 구체적으로 설명한다. 상기 시스템에는  $N_T$ 개의 송신 안테나와  $N_R$ 개의 수신 안테나가 존재한다고 가정한다.

[0050] 송신 신호를 살펴보면,  $N_T$ 개의 송신 안테나가 있는 경우 전송 가능한 최대 정보는  $N_T$ 개이다. 전송 정보는 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0051] [수학식 2]

[0052] 
$$\mathbf{s} = [s_1, s_2, \dots, s_{N_T}]^T$$

[0053] 각각의 전송 정보  $s_1, s_2, \dots, s_{N_T}$  는 전송 전력이 다를 수 있다. 각각의 전송 전력을  $P_1, P_2, \dots, P_{N_T}$  라고 하면, 전송 전력이 조정된 전송 정보는 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0054] [수학식 3]

[0055] 
$$\hat{\mathbf{s}} = [\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_{N_T}]^T = [P_1 s_1, P_2 s_2, \dots, P_{N_T} s_{N_T}]^T$$

[0056] 또한,  $\hat{\mathbf{s}}$  는 전송 전력의 대각행렬  $\mathbf{P}$  를 이용해 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0057] [수학식 4]

[0058] 
$$\hat{\mathbf{s}} = \begin{bmatrix} P_1 & & 0 \\ & P_2 & \\ & & \ddots \\ 0 & & & P_{N_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{P}\mathbf{s}$$

[0059] 전송전력이 조정된 정보 벡터  $\hat{\mathbf{s}}$  에 가중치 행렬  $\mathbf{W}$  가 적용되어 실제 전송되는  $N_T$ 개의 송신신호  $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_{N_T}$  가 구성되는 경우를 고려해 보자. 가중치 행렬  $\mathbf{W}$  는 전송 정보를 전송 채널 상황 등에 따라

각 안테나에 적절히 분배해 주는 역할을 한다.  $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_{N_T}$  는 벡터  $\mathbf{X}$  를 이용하여 다음과 같이 표현될 수 있다.

[수학식 5]

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{x}_i \\ \vdots \\ \mathbf{x}_{N_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1N_T} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{i1} & w_{i2} & \cdots & w_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N_T1} & w_{N_T2} & \cdots & w_{N_TN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{s}_1 \\ \hat{s}_2 \\ \vdots \\ \hat{s}_j \\ \vdots \\ \hat{s}_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{W}\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{W}\mathbf{P}\mathbf{s}$$

여기에서,  $w_{ij}$  는  $i$ 번째 송신 안테나와  $j$ 번째 정보간의 가중치를 의미한다.  $\mathbf{W}$  는 프리코딩 행렬이라고도 불린다.

수신신호는  $N_R$  개의 수신 안테나가 있는 경우 각 안테나의 수신신호  $\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \dots, \mathbf{y}_{N_R}$  은 벡터로 다음과 같이 표현될 수 있다.

[수학식 6]

$$\mathbf{y} = [\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \dots, \mathbf{y}_{N_R}]^T$$

다중안테나 무선 통신 시스템에서 채널을 모델링하는 경우, 채널은 송수신 안테나 인덱스에 따라 구분될 수 있다. 송신 안테나  $j$ 로부터 수신 안테나  $i$ 를 거치는 채널을  $h_{ij}$  로 표시하기로 한다.  $h_{ij}$  에서, 인덱스의 순서가 수신 안테나 인덱스가 먼저, 송신 안테나의 인덱스가 나중에 유의한다.

한편, 도 5(b)는  $N_T$  개의 송신 안테나에서 수신 안테나  $i$ 로의 채널을 도시한 도면이다. 상기 채널을 묶어서 벡터 및 행렬 형태로 표시할 수 있다. 도 5(b)에서, 총  $N_T$  개의 송신 안테나로부터 수신 안테나  $i$ 로 도착하는 채널은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 7]

$$\mathbf{h}_i^T = [h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{iN_T}]$$

따라서,  $N_T$  개의 송신 안테나로부터  $N_R$  개의 수신 안테나로 도착하는 모든 채널은 다음과 같이 표현될 수 있다.

[수학식 8]

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_1^T \\ \mathbf{h}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_i^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_{N_R}^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix}$$

실제 채널에는 채널 행렬  $\mathbf{H}$  를 거친 후에 백색잡음(AWGN; Additive White Gaussian Noise)이 더해진다.  $N_R$  개의 수신 안테나 각각에 더해지는 백색잡음  $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2, \dots, \mathbf{n}_{N_R}$  은 다음과 같이 표현될 수 있다.

[수학식 9]

$$\mathbf{n} = [\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2, \dots, \mathbf{n}_{N_R}]^T$$

[0076] 상술한 수학적 모델링을 통해 수신신호는 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0077] [수학식 10]

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_{N_R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_j \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_i \\ \vdots \\ n_{N_R} \end{bmatrix} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n}$$

[0078]

[0079] 한편, 채널 상태를 나타내는 채널 행렬  $\mathbf{H}$ 의 행과 열의 수는 송수신 안테나의 수에 의해 결정된다. 채널 행렬  $\mathbf{H}$ 에서 행의 수는 수신 안테나의 수  $N_R$ 과 같고, 열의 수는 송신 안테나의 수  $N_T$ 와 같다. 즉, 채널 행렬  $\mathbf{H}$ 는 행렬이  $N_R \times N_T$ 된다.

[0080] 행렬의 랭크(rank)는 서로 독립인(independent) 행 또는 열의 개수 중에서 최소 개수로 정의된다. 따라서, 행렬의 랭크는 행 또는 열의 개수 보다 클 수 없다. 채널 행렬  $\mathbf{H}$ 의 랭크( $rank(\mathbf{H})$ )는 다음과 같이 제한된다.

[0081] [수학식 11]

$$rank(\mathbf{H}) \leq \min(N_T, N_R)$$

[0082]

[0083] 랭크의 다른 정의는 행렬을 고유치 분해(Eigen value decomposition) 하였을 때, 0이 아닌 고유치들의 개수로 정의할 수 있다. 유사하게, 랭크의 또 다른 정의는 특이치 분해(singular value decomposition) 하였을 때, 0이 아닌 특이치들의 개수로 정의할 수 있다. 따라서, 채널 행렬에서 랭크의 물리적인 의미는 주어진 채널에서 서로 다른 정보를 보낼 수 있는 최대 수라고 할 수 있다.

#### [0084] 계층적 협력구조의 V-MIMO 기법

[0085] 한편, V-MIMO(Virtual Multiple Input and Multiple Output)에 관련하여 'Virtual-MIMO Transmission and Feedback for Wireless Ad Hoc Networks, IEEE Journal on Selected Areas in Communications (2013), Sungyoon Cho, Kaibin Huang, Byoung-Yoon Min and Dong Ku Kim) 등에서 논의되었다. 또한, 계층적 협력기법에 관련해서는 'Hierarchical cooperation achieves optimal capacity scaling in ad hoc networks, IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 53, no. 10, pp. 3549-3572, Oct. 2007, A. Ozgur, O. Leveque and D.N.C. Tse'에서 처음 연구되었으며, 이 연구를 통해 점근적 분석을 통해서 HC의 단계가 무한 할수록 전송률이 근사적으로 선형 증가함이 알려졌다. 다만, 이 연구의 경우 데이터 공유 및 전송에 사용하는 채널을 고려하지 않았다는 한계가 있고, V-MIMO에 관한 기존 연구에서는 클러스터 구성에 대한 언급 및 다중 클러스터에 대한 고려가 없었다. 클러스터 구성 노드 수가 단순히 늘어난다고 송수신 효율이 늘어나는 것이 아니다. 특히 다중 클러스터에서 V-MIMO를 기법을 이용할 경우에는 효율적인 로컬 데이터 셰어링(Local data sharing, LDS) 방식을 선택하는 것도 중요하다. 따라서, 계층적 협력 구조를 V-MIMO에 적용 시키기 위한 연구가 필요하며, 클러스터를 구성하는 V-MIMO에 대한 연구 역시 필요하다. 따라서, 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 계층적 협력구조를 V-MIMO에 적용시키기 위한 방법들에 대해 살펴본다. 구체적으로, 임시 구성 방법, V-MIMO 클러스터 구성 방법, 클러스터를 구성하는 최적 노드 수 결정 알고리즘, 다중 클러스터에서 효율적인 LDS 방식 결정 알고리즘, 계층적 협력구조 V-MIMO 전송 알고리즘 등에 대해 설명한다. 이하의 설명은 기본적으로 송신기-수신기 짝이 일대 일인 경우에 대해서 발명을 설명하지만 일대 다/다대 일인 경우에도 적용 가능하다. 예를 들어, 단말이 협력하여 전송하고, 수신기 쪽이 기지국과 같은 경우에도 적용할 수 있다. 또는, 이와 반대로 기지국이 전송하고 수신 쪽이 다수개의 단말일 경우에도 적용할 수 있다.

[0086] 도 6에는 이하에서 설명되는 본 발명의 실시예에 의한 계층적 협력 구조의 V-MIMO 기법이 도시되어 있다. 도 6의 노드/클러스터 개수, 형성 등은 어디까지나 예시임을 밝혀 둔다.

[0087] 도 6을 참조하면, 도 6(a)의 11개의 노드들이 도 6(b)와 같이 3개의 임시 클러스터를 형성한다. 각 임시 클러스터에서 V-MIMO 클러스터를 결정 방법에 따라 도 6(c)와 같이 V-MIMO 단위 클러스터(각 임시 클러스터에서 음영 노드를 포함)를 결정한다. 도 6(b)를 참조하면, 각 V-MIMO 단위 클러스터에서는 LDS를 수행한다. 이후, 도 6(e)와 같이, V-MIMO 단위 클러스터 간의 병합/비병합 여부를 결정할 수 있고, V-MIMO 단위 클러스터를 병합하기

로 한 경우, 병합 수행 후 도 6(f)와 같이 V-MIMO 전송을 수행할 수 있다.

[0088] 도 7은 본 발명에 의한 계층적 협력구조의 V-MIMO 기법의 순서도이다. 도 7을 참조하면, 임시 클러스터를 결정(S701)하고, 결정된 임시 클러스터에서 V-MIMO 단위 클러스터 결정 여부를 판단(S702)한다. V-MIMO 단위 클러스터를 결정하기로 한 경우 각 임시(부) 클러스터 당 V-MIMO 단위 클러스터를 결정(S703)한다. 이후 각 V-MIMO 단위 클러스터에서 LDS를 수행(S704)한다. 각 단위 클러스터에 대해 병합을 하려 하는 경우, 병합/비병합 알고리즘 통과 여부를 판단(S705)한다. 병합/비병합 알고리즘을 통과한 경우, 병합을 수행(S706)하고, 병합된 V-MIMO 클러스터 단위로 V-MIMO 전송을 수행(S707)한다.

[0089] 상술한 도 6 및 도 7의 설명은 반드시 전체로서 실시되어야 함을 의미하는 것은 아니다. 예를 들어, V-MIMO 단위 클러스터 결정과 병합/비병합 결정은 함께 실시될 수도 있지만, 도 6 및 도 7에 예시된 바와 달리 개별적으로 실시될 수도 있다. 구체적으로, 병합 판단 없이 V-MIMO 단위 클러스터의 결정을 통해 결정된 V-MIMO 단위 클러스터에서 V-MIMO 전송을 수행할 수도 있다.

[0090] 이하에서는 도 6 및 도 7에서 개략적으로 살펴본 계층적 협력구조의 V-MIMO 기법의 각 단계에 대해 상세히 살펴본다.

#### [0091] V-MIMO 단위 클러스터의 결정

[0092] V-MIMO 단위 클러스터란 임시 클러스터 중에서 실제 V-MIMO전송에 참여하는 노드들 집합을 의미한다. V-MIMO 단위 클러스터는 V-MIMO를 위해 사용되는 자원의 양 (예를 들어, LDS에 필요한 자원의 양)대비 V-MIMO로 인해 얻는 전송률의 비율을 새로운 메트릭(metric)으로 정의하여 이를 기반으로 V-MIMO 단위 클러스터를 그리디(greedy)하게 결정할 수 있다.

[0093] 보다 상세히, V-MIMO 단위 클러스터 결정 방법은, 임시 클러스터에 포함된 하나 이상의 진입 후보 노드를 선택하고, 진입 후보 노드의 진입에 따른 전송 효율을 결정하며, 상기 결정된 전송 효율로부터 상기 진입 후보 노드의 V-MIMO 단위 클러스터 진입 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 진입 여부는 상기 결정된 전송 효율과 상기 진입 후보 노드의 진입 전의 전송 효율을 비교함으로써 결정될 수 있으며, 임시 클러스터의 결정은 후술하는 바에 따를 수 있다. 또한, 진입 후보 노드의 진입에 따른 전송 효율은, 상기 하나 이상의 진입 후보 노드를 포함하는 클러스터의 채널 사용량 및 V-MIMO 전송시 전송률로부터 결정될 수 있다.

[0094] 전송 효율은 다음 수학적 식 11에 의해 결정되며,

[0095] [수학적 식 11]

$$\frac{R(M)}{\beta_{LDS}(M)}$$

[0096]

[0097]  $R(M)$  는 (임시) 클러스터 M의 V-MIMO 전송시 전송률,  $\beta_{LDS}(M)$  는 클러스터 M의 (LDS시) 채널 사용량이다.

[0098] 상기  $\beta_{LDS}(M)$  는 다음 수학적 식 12에 의해 결정되며,

[0099] [수학적 식 12]

$$\beta_{LDS}(M) = \sum_{\forall i \in M} \beta_{LDS}(M(i))$$

$$\beta_{LDS}(M(i)) = \max_{\forall l, k \in M, l \neq k} \frac{T_l}{\log_2 \left( 1 + \frac{\eta_{lk} |g_{lk}|^2 P_{TX}}{\sigma^2 + \bar{p}^I(M)} \right)}$$

[0100]

[0101]  $\eta_{lk}$  는 롱텀(long term) 채널 이득,  $g_{lk}$  1번째 송신 노드에서 k번째 수신 노드간의 소규모 페이딩(small scale fading) 값,  $n_i$  는  $\sigma^2$  전력을 갖는 잡음 신호,  $T_l$  은 1번째 송신 노드의 전송 데이터 양,  $\bar{p}^I(M)$  는 클러스터

M이 주변 임의의 노드 집합으로부터 받는 평균적인 간섭량,  $P_{TX}$  는 송신 전력이다.

또는, 전송 효율  $E(M)$  은 다음 수학적 식 13에 의해 결정될 수도 있다.

[수학적 식 13]

$$\beta_{LDS}(M(i)) = \max_{\substack{\forall i, j \in M \\ i \neq j}} \left( \frac{T_i}{\log_2 \left( 1 + \frac{\rho_{ij} |e_{ij}|}{\sigma^2 + I} \right)} \right)$$

여기서,  $T_i$  는 i번째 송신 노드의 전송 데이터 양,  $\beta_{LDS}(M(i))$  는 i 번째 송신 노드가 자신의 데이터를 교환 하는 데 드는 채널 사용량을 의미한다. 클러스터 내에서 가장 자신의 노드와 가장 먼 노드에 데이터 공유를 위한 전송의 채널사용량이 제일 크기 때문에 (8)과 같이 결정 된다. 또한  $I$  는 LDS를 하는 때에 간섭 전력을 의미한다. 위에서  $R(M)$  은 임의 클러스터 M 이 V-MIMO전송을 통해 얻을 수 있는 전송률이며, 이는 후술하지만, 교환 된 채널 정보의 종류에 따라서 달라 질 수 있다.  $\beta_{LDS}(M)$  는 LDS를 수행시 사용하는 채널 사용량이다.

또한, 전송 효율은 다음 수학적 식 14 또는 15에 의해 결정될 수도 있다.

[수학적 식 14]

$$E(M) = - \left( \frac{\sum_i T_i}{R(M)} + \beta_{LDS}(M) \right)$$

[수학적 식 15]

$$E(M) = \frac{1}{\frac{\sum_i T_i}{R(M)} + \beta_{LDS}(M)}$$

상기 수학적 식 14에서 우측변 괄호 안의 첫번째 항은 V-MIMO 전송시 필요한 시간 자원을 나타내고, 두번째 항은 LDS로 사용되는 시간 자원을 나타낸다. 첫번째 항이 작을 수록 V-MIMO의 이득이 크이득을 갖음을 나타내고, 두 번째항은 실제 데이터 전송이 일어나는 부분이 아니기 때문에 역시 최소화되는 것이 바람직하다. 따라서 수학적 식 14의 우측 변의 음수 또는 그 역수가 최대화 되는 것을 V-MIMO 클러스터 결정의 메트릭으로 사용할 수 있다.

전송 효율의 결정은 위 열거된 수식에만 제한되는 것은 아니다. 즉, 중요한 점은 클러스터간에 교환된(또는 channel reciprocity를 이용하여 획득한) 채널 정보를 사용하여 V-MIMO 전송시 예상되는 전송률을 추정하는 부분과, LDS를 통해 손실되는 자원을 함께 고려하여 전송 효율이라는 메트릭을 정의 하는 것이다. 즉 V-MIMO 전송 시 기대 전송률은 최대화는 동시에, LDS를 통한 자원 손실을 최소화함을 나타내는 어떠한 메트릭도 본 발명의 범주에 포함될 수 있다.

도 8은 V-MIMO 단위 클러스터 결정 방법을 나타낸 순서도이다. 도 8을 참조하여 각 단계에 대해 상세히 살펴본다.

단계 S801은 초기 설정 단계이다. 초기 i 번째 임의 클러스터 집합은 ( $T_i$ )으로 정해져 있을 수 있다. 초기 V-MIMO 단위 클러스터 집합은 ( $V_i^{[0]}$  =대표 노드 ID)으로 정하고 대표 노드가 속해 있다. 또한, 초기 V-MIMO 단위 클러스터 잔여 노드 집합은( $R_i^{[0]}$ )으로 정하며 이는 임의 클러스터 집합( $M_i$ )에서 V-MIMO 단위 클러스터 집합 ( $V_i^{[0]}$ ) 제외한 나머지 노드들의 집합이다. 그리고 단위 클러스터 진입 후보 집합은 ( $L_i^{[0]} = \emptyset$ )이다. 또한, 각 집합간에는 교집합 원소가 없다. 즉,  $M_i = L_i^{[0]} \cup R_i^{[0]} \cup V_i^{[0]}, (\emptyset = L_i^{[0]} \cap R_i^{[0]} \cap V_i^{[0]})$  관계에 있다. 초기 설정 시에



각 노드들은 같은 임시 클러스터에 서로 간의 ID를 공유하고 있으며, 기준 노드를 알고 있을 수 있다. 여기서 극단적으로 초기 상태에서 임시 클러스터 내의 원소가 단일 단말일 수도 있다.

[0115] 단계 S802는 진입 후보 노드 설정 단계이다. 예를 들어 q번째 반복 과정에서 진입 후보 노드 또는 후보 집합 ( $L_i^{[q]}$ )은 잔여 노드 집합( $R_i^{[q]}$ )에서 하나의 노드 또는 다수의 노드를 결정하게 된다( $L_i^{[q]} \subset R_i^{[q]}$ ). 이 때 진입 후보 노드를 결정하게 되는 기준은 ID 순서로 결정할 수 있으며, 부록. A에서 언급한 값을 이용 할 수도 있다. 후술 하는 '기타 A'에 따라 진입 후보 기준 정보가 대표 노드만 알고 있는 경우에는, 진입 후보 노드를 대표 노드가 Broadcasting(브로드캐스트) 해 줄 수 있다. 또는 정보를 클러스터 내 모든 노드가 공유 하고 있으면, 별다른 브로드캐스트 없이 진입 후보 노드가 설정될 수 있다.

[0116] 단계 S803에서 전송 효율 계산된다. 전송 효율은 두 가지를 계산해야 한다. 하나는 현재 V-MIMO 단위 클러스터 집합( $V_i^{[q]}$ )을 가정하고, 전송 효율을 수학적 식 16과 같이 계산 한다. 또 하나는 진입 후보 노드 집합과 V-MIMO 단위 클러스터 집합( $V_i^{[q]}$ )을 합한 합집합으로 V-MIMO를 전송 했을 경우(수학적 식 17)이다.

[0117] [수학적 식 16]

$$\frac{R(V_i^{[q]})}{\beta_{LDS}(V_i^{[q]})}$$

[0118]

[0119] [수학적 식 17]

$$\frac{R(V_i^{[q]} \cup L_i^{[q]})}{\beta_{LDS}(V_i^{[q]} \cup L_i^{[q]})}$$

[0120]

[0121] 여기서 채널 사용량은 후술하는 기타 D에 의거 하여 구할 수 있으며, 전송효율은 후술하는 기타 F에 의거 하여 구할 수 있다. 앞서 언급하였듯이 본 발명에는 V-MIMO 전송시 기대 전송효율은 최대화는 동시에, LDS를 통한 자원 손실을 최소화함을 나타내는 어떠한 메트릭도 포함한다. 따라서 본 발명의 사상이 수학적 식 16, 17과 같은 전송효율 메트릭에만 제한되는 것은 아니다.

[0122] 이렇게 각 노드들이 구한 채널 사용값을 대표 노드에게 전달 또는 클러스터 내의 다른 노드들에게 브로드캐스트 하고, 대표 노드 또는 다른 노드는 위 계산을 통하여 새로 진입하는 노드가 전송효율을 향상시킬 수 있을지 여부를 판단할 수 있게 된다. 대표 노드들은 진입 후보 노드들의 송수신 채널 정보를 이용하여 전송효율을 계산하여 다음 단계로 이어진다. 만약, 위의 채널 사용값을 임시 클러스터 내 모든 노드들에게 브로드캐스트 한다면, 대표 노드가 한 연산을 임시 클러스터 내 모든 노드들도 동시에 할 수 있다.

[0123] 단계 S804에서 V-MIMO 클러스터 병합 여부를 판단하고, 단계 S805에서 V-MIMO 단위 클러스터를 갱신할 수 있다.

[0124] 즉, 다음 수학적 식 18에 의해, 대표 노드가 또는 임시/부 클러스터 내의 모든 노드들이 V-MIMO 단위 클러스터 집합을 갱신할 수 있다.

[0125] [수학적 식 18]

$$\max \left\{ \frac{R(V_i^{[q]})}{\beta_{LDS}(V_i^{[q]})}, \frac{R(V_i^{[q]} \cup L_i^{[q]})}{\beta_{LDS}(V_i^{[q]} \cup L_i^{[q]})} \right\} = \text{if} \begin{cases} \frac{R(V_i^{[q]})}{\beta_{LDS}(V_i^{[q]})}, V_i^{[q+1]} = V_i^{[q]} \\ \frac{R(V_i^{[q]} \cup L_i^{[q]})}{\beta_{LDS}(V_i^{[q]} \cup L_i^{[q]})}, V_i^{[q+1]} = V_i^{[q]} \cup L_i^{[q]} \end{cases}$$

[0126]

[0127] 만약 대표 노드만 연산을 하게 된다면, 수학적 식 18의 값에 따라서 해당 부 클러스터의 대표 노드는 병합 여부를 다른 노드들에게 브로드캐스트하게 된다. 예를 들어, 수학적 식 18의 값이 앞의 항으로 결정이 되면 1, 아니면 0을 브로드캐스트한다. 그리고 잔여 노드 집합은  $R_i^{[q+1]} = R_i^{[q]} - L_i^{[q]}$  로 갱신된다.

[0128] 이후, 잔여 노드 여부와 반복 여부 결정하게 된다. 잔여 노드 집합이 공집합이면 반복을 멈추고, 잔여 노드 집

합이 공집합이 아니면 다시 진입 후보 결정 단계로 돌아가서 반복한다. 만약 대표 노드만이 알고리즘 연산을 한다면, 반복을 끝내는 대표 노드가 알고리즘 종료 신호를 부 클러스터 내의 다른 노드들에게 브로드캐스트한다.

[0129] 상술한 바와 같이 V-MIMO 단위 클러스터를 결정함으로써, V-MIMO 단위 클러스터에 참여하는 노드들이 늘어나면 LDS를 하는 채널 사용량이 커져서 실효 전송율(effective transmission rate)이 떨어지는 것을 방지할 수 있다. 도 9에서 볼 수 있듯이 클러스터 크기가 커지면 LDS가 함께 증가하게 되고 이는 V-MIMO로 인해 얻는 이득을 상쇄시키는 결과를 낳을 수 있는데, 위 V-MIMO 단위 클러스터 결정 방법을 통해 최적의 클러스터 크기를 구할 수 있다.

#### [0130] 임시 클러스터의 결정

[0131] 상술한 임시 클러스터는 노드 간 거리가 가까워서 협력을 통해 이득이 보일 가능성이 높은 노드들로 구성될 수 있다. 거리가 가까워서 협력이 가능한 노드들의 집합(T, R)을 정의한다. 여기서 T는 클러스터에 속한 노드들의 집합, R은 클러스터에 속하지 못한 노드들의 집합을 나타낸다.

[0132] 임의의 기준 노드가 약속된 시간에 클러스터 구성 기준 신호를 전송하여 임시클러스터 구성을 요청함을 다른 노드에게 알린다. 여기서, 기준 노드는 여러 가지 경우일 수 있다. 예를 들면, 단일 송수신 노드간 전송으로는 전송효율이 원하는 목표 전송율 보다 낮아서 V-MIMO를 통해 전송 효율을 높여야 하는 노드일 수 있다. 또는 랜덤하게 선택된 임의의 노드일 수 있다. 또는 자신 주변에 다수의 노드들이 존재함을 인지한 (예를 들면 D2D discovery를 통하여 주변에 노드들이 일정 수 이상임을 인지) 특정 노드일 수도 있다.

[0133] 임시 클러스터 구성 기준 신호를 들은 다른 노드들은 수신 SNR(또는 RSRP)을 측정하여, 일정 기준을 넘기는 수신 신호에 자신의 ID와 함께 임시 클러스터에 참여하는 신호를 다른 노드들에게 전한다. 이때 클러스터 구성 기준 신호를 전송한 노드의 ID도 함께 전송할 수 있다. 왜냐하면 기준 신호를 전송한 노드가 여러 개일 수 있기 때문이다. 여기서, SNR 기준 설정의 이유는 너무 멀리 떨어진 노드가 클러스터로 들어오게 되면 V-MIMO를 구성 시 서로 간의 데이터를 교환하는 과정에서 채널 사용이 증가하여 전송 효율이 떨어질 수 있기 때문이다. 즉, 전송 효율의 향상을 위해서 SNR 기준을 설정할 수 있다.

[0134] 미리 정해 놓은 일정 기간까지 참여 노드들의 참여 신호 발산이 이루어지고, 임시클러스터 구성이 종료될 수 있다. 이 단계를 통해서 결과적으로, 임시 클러스터에 속한 노드들은 서로간의 ID를 알게 되고, 임시 클러스터 내의 참여 노드들의 개수도 알게 된다.

[0135] 만약 임시 클러스터 구성 기준 노드들이 여러 개가 동시에 존재할 경우도 생길 수 있는데, 이 경우에는 각 기준 노드들을 중심으로 여러 개의 임시 클러스터 구성도 가능하다. 또는 구성 기준 노드들 간의 조건을 정해서 하나의 클러스터로 V-MIMO를 구성할 수도 있다. 예를 들어, 기준 노드간의 거리가 기준 신호를 통해서 SNR을 측정했을 경우 일정값보다 큰 경우(즉, 거리가 가까운 경우)는 여러 개의 기준 노드 중 하나만 또는 일부만 기준 노드로 남고 나머지는 다른 임시 클러스터에 포함하게 된다. 또는, 꼭 전송이 필요한 경우는 전송 우선 순위를 부여해서 V-MIMO 단위 클러스터에 항상 포함시키는 경우도 고려 가능하다.

[0136] 기준 노드 외의 모든 노드들은 사전에 설정된 기준 SNR 보다 크고, 가장 구성 기준 신호가 큰 노드에 임시 클러스터 참여 의사 신호를 발산한다. 만약, 한 노드가 여러 임시 클러스터에 참여하는 것이 가능할 수도 있는데, 이 때에는 기준 노드로 부터의 기준신호의 SNR이 기준치 보다 크고, 크기 순으로 복수의 기준 노드에 참여 의사를 밝힐 수도 있다.

[0137] 임시 클러스터는 위의 예시 또는 그 이외의 어떤 방법으로든 이미 결정되어 있는 것일 수도 있다. 즉, 임시 클러스터 내의 모든 노드들은 임시 클러스터에 참여하는 다른 노드들 ID를 알고 있으며, 따라서 몇 개의 노드가 참여하는지 알고 있다. 또한 임시클러스터의 대표 노드가 어떤 노드인지도 알고 있다.

[0138] 한편 극단적으로 임시 클러스터의 크기는 단일 노드일 수도 있다. 즉 임시 클러스터링 없이 바로 다음 단계로 진입하여 V-MIMO 클러스터링 과정을 수행할 수 있다. 임시 클러스터링을 수행하는 이유는 매우 가까이 있는 단말간에는 명백히 V-MIMO전송을 통한 이득이 예상되므로 그러한 단말은 사전에 클러스터링하여 추가적인 시그널링 오버헤드를 줄이기 위함이다.

[0139] 또한 본 발명에서 임시 클러스터가 만약 특정 기준노드로부터 가까운 거리의 단말들의 집합으로 구성될 경우 해당 임시클러스터가 바로 V-MIMO 클러스터로 사용될 수도 있다. 이 경우에는 V-MIMO클러스터 결정 알고리즘을 거치지 않고 바로 LDS과정으로 집입하고 LDS이후, 클러스터간 병합 알고리즘으로 진입할 수 있다.



[0140] **LDS 단계**

[0141] V-MIMO 단위 클러스터 결정 후에는 각 V-MIMO 단위 클러스터 별로 V-MIMO 단위 클러스터 내에서 동시에 LDS를 진행하게 된다. 또는 클러스터간에 LDS를 위한 채널 사용을 나눠서 간섭이 없이 진행할 수도 있다. 각 V-MIMO 단위 클러스터 별로 LDS가 끝났으면 각 대표는 종료 신호를 다른 V-MIMO 단위 클러스터의 노드들과 자신이 속한 노드들에게 브로드캐스트한다. 만약, V-MIMO 단위 클러스터 구성 알고리즘을 이용 하지 않는다면, 부 클러스터 내의 모든 노드가 전송함을 가정하고 후술하는 기타 A, B, C, D를 이용하여 LDS 단계를 수행할 수 있다.

[0142] **V-MIMO 단위 클러스터 병합 단계**

[0143] 상기 V-MIMO 단위 클러스터는 전송 효율에 따라 다른 V-MIMO 단위 클러스터와 병합 가능하다. 병합 여부는 상기 V-MIMO 단위 클러스터의 전송 효율과 상기 다른 V-MIMO 단위 클러스터와 병합시 전송 효율을 비교함으로써 결정될 수 있다. 즉, 상기 병합 여부는 다음 수학적 식 19에 의해 결정될 수 있다.

[0144] [수학적 식 19]

$$\max \left[ \frac{R(S^{[q]})}{\beta_{Used}^{[q]}(S^{[q]})}, \frac{R(S^{[q]} \cup L^{[q]})}{\beta_{Used}^{[q]}(S^{[q]}) + \beta_{New}^{[q]}(S^{[q]} \cup L^{[q]})} \right]$$

[0145] 상기  $R(S^{[q]})$  는 상기 V-MIMO 단위 클러스터의 전송률,  $R(S^{[q]} \cup L^{[q]})$  는 상기 V-MIMO 단위 클러스터와 상기 다른 V-MIMO 단위 클러스터의 병합시 전송률,  $\beta_{Used}^{[q]}(S^{[q]})$  는 V-MIMO 단위 클러스터의 채널사용량,  $\beta_{New}^{[q]}(S^{[q]} \cup L^{[q]})$  는 병합시 발생하는 채널 사용량이다.

[0147] 만약, 이러한 병합/비병합 알고리즘을 사용하지 않는다면 V-MIMO 단위 클러스터가 Orthogonal한 채널을 사용하여 순차적인 V-MIMO 전송을 할 수 있다.

[0148] 도 10에는 병합/비병합 알고리즘의 순서도가 도시되어 있다. 도 10을 참조하면, 단계 S1001에서 초기 설정(V-MIMO 단위 클러스터 개수, 노드 수, 목표 전송량 공유)한다. 클러스터 내에 V-MIMO 단위 클러스터 집합이 모두 이루어져 있는 상태이고, 기타 H를 통해서 V-MIMO 단위 클러스터 집합은 서로 V-MIMO 단위 클러스터 집합 내의 기준 노드 또는 모든 노드에게 병합 및 비 병합 알고리즘에 참여하는 V-MIMO 단위 클러스터 집합의 수, 각각에 속해있는 노드의 수를 공유할 수 있다. 또한 같은 V-MIMO 단위 클러스터 집합 내에서는 서로간의 LDS를 할 수 있다.

[0149] 또한, 알고리즘 시작 전에 모든 대표 노드들은 1)현재 V-MIMO 단위 클러스터 집합, 2)현재까지 사용된 채널 사용량, 3) 평균 간섭 양 집합을 정의한다. V-MIMO 단위 클러스터들의 집합은  $X^{[0]} = \{V_1, V_2, \dots, V_k\}$  으로 정의된다. 이는 V-MIMO 단위 클러스터 병합 비 병합 알고리즘에 참여하는 V-MIMO 단위 클러스터들의 집합이다.

[0150] 각 V-MIMO 단위 클러스터들의 현재까지 사용된 채널 사용량은  $B_{Used}^{[0]} = \{\beta_{Used}^{[0]}(V_1), \beta_{Used}^{[0]}(V_2), \dots, \beta_{Used}^{[0]}(V_k)\}$  로 정의되며, 이는 현재 V-MIMO 단위 클러스터 집합이 현 단계까지 오면서 사용한 채널의 양을 의미한다.

[0151] 또한 V-MIMO 단위 클러스터간에 간섭을 측정하기 위해서 앞서 말한 기타 C를 이용해서 평균 간섭량을 측정할 수 있다. 같은 V-MIMO 단위 클러스터내의 노드들은 다른 V-MIMO 단위 클러스터로부터의 평균 간섭량을 공유한다.

$$\bar{P}_{Inter}^{[0]} = \{\bar{P}_{Inter}^{[0]}(V_1), \bar{P}_{Inter}^{[0]}(V_2), \dots, \bar{P}_{Inter}^{[0]}(V_k)\}$$

[0152] 단계 S1002에서 잔여 기준 단위 클러스터 집합 초기화한다. 잔여 기준 단위 클러스터 집합은 병합 및 비 병합의 기준이 되는 기준 단위 클러스터의 남은 집합을 의미하며, 잔여 기준 단위 클러스터 집합은 알고리즘의 반복을 결정하는 판단 근거가 된다. 초기에는  $R^{[0]} = \{V_1, V_2, \dots, V_k\}$  이며, 이후, 예를 들어 q 번째 반복이라고 하면,  $R^{[q]}$

$= X^{[q]}$  로 정의된다.

[0154] 현재 V-MIMO 단위 클러스터 집합으로 선언 하게 된다. 이 집합은 모든 노드들이 본 알고리즘의 S1005 및 S1007 단계에서 병합 비 병합의 한 단계가 끝나고 나면 기준 노드가 결과를 브로드캐스트 하는 신호에 맞춰서 갱신 할 수 있다.

[0155] 단계 S1003에서 기준 V-MIMO 단위 클러스터 선언 및 병합 대상 클러스터 선언할 수 있다. q 번째 반복 단계라고 가정하면, 잔여 기준 단위 클러스터 집합 중에서 하나의 V-MIMO 단위 클러스터 집합을 기준 V-MIMO 단위 클러스터 집합으로 선언하며 이는  $S^{[q]} = V_i, (\exists V_i \in R^{[q]})$  로 표현된다. 기준 V-MIMO 단위 클러스터는 임의의 순서로 뽑힐 수도 있고, 특정 기준 예를 들면, 간섭을 가장 많이 서로 주고 받는 V-MIMO 단위 클러스터 중에 하나를 기준 V-MIMO 단위 클러스터로 결정할 수도 있다.

[0156] 기준 클러스터가 결정되면, 기준 클러스터와 병합할 대상이 되는 병합 대상 클러스터를  $L^{[q]} = \max_{V_j \in X^{[q]}} [\bar{P}_{\text{Inter}}(V_j \rightarrow S^{[q]})]$  에 의해 결정할 수 있다. 기준 클러스터의 대표 노드가 병합 대상 클러스터 대표 노드에게 알릴 수도 있고, 이미 간섭 정보를 공유 했기 때문에 기준 노드 정보만 있으면, 어떤 클러스터가 병합 대상 클러스터인지 알 수 있다.

[0157] 단계 S1004에서 전송 효율 계산할 수 있다. 즉, 병합을 할 전송 효율을 계산하게 되는데, 이는 두 가지로 나누어 계산한다. 병합하지 않고, 지금 기준 노드의 전송 효율과, 병합했을 경우의 전송 효율로 나누어 계산할 수 있다.

[0158] 비 병합 시 전송 효율은 앞서 설명된 것과 같은 방식으로 계산이 가능하며, 따라서  $\frac{R(S^{[q]})}{\beta_{\text{Used}}^{[q]}(S^{[q]})}$  이다. 그리고 병합 시 전송 효율을 위한 계산 중, 병합 시 전송을  $(S^{[q]} \cup L^{[q]})$  은 기타 F와 같이 계산이 가능하고 전송 효율은  $\frac{R(S^{[q]} \cup L^{[q]})}{\beta_{\text{Used}}^{[q]}(S^{[q]}) + \beta_{\text{New}}^{[q]}(S^{[q]} \cup L^{[q]})}$  이다.

[0159] 여기서  $\beta_{\text{New}}^{[q]}(S^{[q]} \cup L^{[q]})$  는 새로 병합 과정에서 서로간의 전송 데이터 교환, 전송 데이터를 기준 클러스터와 병합 대상 클러스터 내의 노드에서 공유할 때 새로 발생하는 채널 사용량을 의미한다. 이는 기타 I, J, K를 통해  $\beta_{\text{New}}^{[q]}(S^{[q]} \cup L^{[q]}) = \beta_{\text{Trans}}^{[q]}(S^{[q]}, L^{[q]}) + \beta_{\text{Trans}}^{[q]}(L^{[q]}, S^{[q]}) + \beta_{\text{HC-LDS}}^{[q]}(S^{[q]}) + \beta_{\text{HC-LDS}}^{[q]}(L^{[q]})$  로써 계산 할 수 있다.

[0160] 단계 S1005에서 V-MIMO 클러스터 병합 및 비 병합을 판단한다. 이어서, 병합 및 비 병합시 전송 효율을 기준으

로 병합 여부를 판단 하는 과정을 거친다. 즉,  $\max \left[ \frac{R(S^{[q]})}{\beta_{\text{Used}}^{[q]}(S^{[q]})}, \frac{R(S^{[q]} \cup L^{[q]})}{\beta_{\text{Used}}^{[q]}(S^{[q]}) + \beta_{\text{New}}^{[q]}(S^{[q]} \cup L^{[q]})} \right]$  의 값에 따라서 해당 V-MIMO 단위 클러스터의 대표 노드는 병합 여부를 다른 노드들에게 브로드캐스트하게 된다. 예를 들어, 위 수식의 값이 앞의 항으로 결정이 되면 1, 아니면 0을 브로드캐스트한다. 만약 병합 결정 브로드캐스트 신호를 수신한 모든 V-MIMO 단위 클러스터의 대표 노드는 다음과 같이 갱신한다.

$$\begin{aligned} S^{[q+1]} &= S^{[q]} \cup L^{[q]} \\ X^{[q+1]} &= X^{[q]} - L^{[q]} \\ \beta_{Used}^{[0]}(S^{[q]}) &= \beta_{Used}^{[q]}(S^{[q]}) + \beta_{New}^{[q]}(S^{[q]} \cup L^{[q]}), \\ B_{Used}^{[q+1]} &= B_{Used}^{[q]} - \beta_{Used}^{[q]}(L^{[q]}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{P}_{Inter}^{[q+1]}(S^{[q+1]}) &= \frac{\bar{P}_{Inter}^{[q]}(L^{[q]}) + \bar{P}_{Inter}^{[q]}(S^{[q]})}{2} \\ \bar{P}_{Inter}^{[q+1]} &= \bar{P}_{Inter}^{[q]} - \bar{P}_{Inter}^{[q]}(L^{[q]}) \end{aligned}$$

[0161]

[0162] 비 병합이 결정 된다면 이전 단계의 정보를 단계만 바꿔서 사용한다.

$$\begin{aligned} X^{[q+1]} &= X^{[q]} \\ B_{Used}^{[q+1]} &= B_{Used}^{[q]} \\ \bar{P}_{Inter}^{[q+1]} &= \bar{P}_{Inter}^{[q]} \end{aligned}$$

[0163]

[0164] 단계 S1006에서 잔여 기준 V-MIMO 단위 클러스터 집합 갱신할 수 있다. 이어서 병합이 결정 되거나 비 병합이 결정되면, 기준 V-MIMO 단위 클러스터는 잔여 기준 V-MIMO 단위 클러스터 집합에서 제외 시킨다. 이는 다음과 같이 표현 가능하다.  $R^{[q+1]} = R^{[q]} - S^{[q]}$

[0165]

단계 S1007에서 잔여 기준 V-MIMO 단위 클러스터 집합의 존재 여부를 판단한다. 잔여 기준 V-MIMO 단위 클러스터 집합에 원소가 존재 하는지를 확인하고 만약에 남아 있으면 S1003으로 돌아간다. 그렇지 않고 잔여 기준 V-MIMO 단위 클러스터 집합이 공 집합이면 다음 단계로 넘어간다. 이는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\text{if} \begin{cases} R^{[q+1]} = \emptyset, & \text{go back to the iteration step} \\ R^{[q+1]} \neq \emptyset, & \text{to the next step} \end{cases}$$

[0166]

[0167] 역시, 두 단계에 따라 대표 노드가 결과를 알려주는 신호를 브로드캐스트 할 수 있다.

[0168]

단계 S1008에서 V-MIMO 단위 클러스터 집합의 변화 여부 및 알고리즘 종료를 판단한다. 만약에 이전 단계의 V-MIMO 단위 클러스터 집합과 현재 단계의 V-MIMO 단위 클러스터 집합 사이에 변화가 없으면 알고리즘을 종료하고, 변화가 있었으면, S1002 단계로 돌아가서 반복한다.

$$\text{if} \begin{cases} X^{[q+1]} = X^{[q]}, & \text{algorithm be terminated} \\ X^{[q+1]} \neq X^{[q]}, & \text{go back to the iteration step} \end{cases}$$

[0169]

[0170] 이 단계 역시, 기준 V-MIMO 단위 클러스터의 대표 노드가 결과를 모든 노드들에게 브로드캐스트 할 수 있다.

[0171]

위 설명에서 각 단계 별로 결과를 브로드캐스트 했던 주체는 기준 V-MIMO 단위 클러스터의 대표 노드 였지만, 초기 설정에 필요한 정보들을 모든 노드들이 공유하고 있으면, 모든 노드들이 병합 비 병합 결과에 따라서 본 알고리즘에서 필요한 집합들의 갱신이 이뤄질 수 있다.

[0172]

#### V-MIMO 단위 클러스터 전송 단계

[0173]

V-MIMO 단위 클러스터 결정 알고리즘과 병합 비 병합 알고리즘을 통과한 후, V-MIMO 전송이 수행될 수 있다. 기본적으로 V-MIMO의 전송시에는 Orthogonal channel 사용(예를 들어, 시분할 주파수 분할 코드 분할 등)을 이용할 수 있다. 수신 단에는 송신 클러스터의 결과를 알려주고, 어떤 송신 프리코더를 사용했는지를 알려주는 신호를 대표 노드 또는 전체 노드가 각자의 수신 노드에 신호를 보낼 수 있다. 이에 수신 노드 측에서도 클러스터를 구성 할 수 있으면, 수신 데이터를 공유하는 방법을 사용 할 수 있다. 모든 기술들은 수신 협력으로 대치 가능하다. 예를 들어 프리코더 구성이 아닌, 수신 포스트 코더를 사용한다면, 수신 노드들이 클러스터를 구성해서

수신 앞서 말한 결과를 수신기에서 같이 할 수 있다.

[0174] **시뮬레이션 결과**

[0175] 도 11 내지 도 16에는 본 발명이 실시예에 따른 실험 결과가 도시되어 있다. 실험 조건은 각 노드는 23dBm의 최대 송신 전력을 갖고, 송신 노드와 수신 노드간에는 Non Line of Sight(NLOS)채널, 송신 노드간의 채널은 Line of Sight(LOS)을 가정한다. 그리고 채널 path loss 모델은 다음과 같이 가정한다. 만약 50m 이내이면,  $98.45+20\log_{10}(D)$ ,  $D$  는 km 이고, 50m 이상 이면,  $55.78+40\log_{10}(D)$ ,  $D$  는 m 임을 가정했으며, 기본적으로 송수신 노드간의 거리가 가장 크고, 송신 클러스터간 거리가 다음으로 크며, 클러스터내의 노드간 거리가 가장 짧은 가정을 다음과 같이  $d_{TX-RX} > d_{Inter-cluster} > d_{Intra-cluster}$  했다.

[0176] 도 11에는 단일 송신 클러스터(송신 클러스터 지름 10m)의 송수신 노드의 평균 거리와 클러스터 크기에 따른 전송 효율이, 도 12에는 단일 송신 클러스터(송신 클러스터 지름 10m)의 송수신 노드의 평균 거리와 클러스터 크기에 따른 합 전송률이 도시되어 있다.

[0177] 도 11은 송신 클러스터가 10m지름안에 모여 있을 경우를 가정했으며, 다양한 클러스터 크기에 따라서 노드당 평균 전송효율을 거리에 따라서 본 것이다. 송수신 클러스터간 거리가 늘어 날 수록 전송 효율은 줄어들고, 단말의 수가 늘어날수록 단말당 전송효율은 줄어 든다. 하지만 전체 전송효율은 노드 수가 4일 경우에 제일 높은 것을 살펴 볼 수 있다. 도 12는 도 11과 같은 조건에서의 합 전송률을 나타낸다. 전송률이 V-MIMO를 통한 합 전송률이 가장 높게 나타난 지점은 M=4인 경우이며, 이때 19.498 bps/Hz를 보인다. 송 수신 노드간 평균 거리가 늘어날수록 합 전송률은 떨어지는 경향을 보였으며, 거리가 늘어남에 따라 많은 노드가 협력할 경우의 얻는 전송률 이득이 높아지는 것을 확인 할 수 있다. 반면에 송수신 노드간 평균 거리가 가까울 경우에는 적절한 클러스터 크기를 통한 합 전송률이 높다는 것을 알 수 있다. 이는 LDS를 통해서 사용하는 채널 사용량이 클러스터 내의 노드 수가 증가함에 따라 같이 증가하여 전송 효율을 악화 시키는 요인이 협력을 통해 얻는 이득 보다 크기 때문에 나타나는 현상이다.

[0178] 다음 도 13과 도 14는 각각 송신 부 클러스터의 지름이 5m인 경우 클러스터 크기와 송수신 클러스터의 평균 거리에 따른 노드당 전송 효율과 합 전송률이다. 결과의 경향성은 위의 도 11, 12와 같은 경향을 보이며, 다만 전송 효율이 10m의 경우 보다 모든 조건에서 향상 되었다. 이유는 가까운 거리로 인해서 채널 이득이 늘어서 클러스터 내에서 데이터 공유 하는 채널 사용량이 줄어들었기 때문이다.

[0179] 도 15와 도 16은 다중 송신 서브 클러스터의 경우에 노드당 전송 효율을 보여준다. 두 개의 클러스터가 같은 크기로 구성 되었을 경우의 전송효율 실험 결과이다. 도 14는 송신 서브 클러스터간 평균 거리가 25m이고, 도 15는 5m인 경우에 실험으로 송신 서브 클러스터간 평균 거리가 멀 경우와 가까울 경우에 성능을 비교한 것이다. 서브 클러스터간 거리가 멀면 LDS시에 인접 부 클러스터의 간섭량이 적고, 부 클러스터간 거리가 가까우면 LDS시에 간섭이 커서 채널 사용량이 늘어나게 된다. 따라서 채널 사용이 늘어남에 따라 성능이 저하된다. 심지어는 같은 조건에서 V-MIMO ZF 전송 방식 보다 클러스터링 없이 각 송수신 노드가 순서대로 TDMA전송을 하는 방식보다도 전송 효율이 낮아지기도 한다.

[0180] **기타**

[0181] 이하에서는, 상술한 설명들 중 '기타 x'라 표시되었던 내용들이 설명된다.

[0182] A. 클러스터 구성 후, 자신의 필요 정보 전송

[0183] 일시 클러스터 구성이 끝난 후, 각 노드들은 대표 노드와의 기준 신호를 통한 SNR 측정 값을 임시 클러스터의 대표 노드 또는/뿐만 아니라 모든 노드들에게 브로드캐스트한다. SNR의 크기는 대표 노드에 미치는 영향 정도와 비례한다고 볼 수 있으며, 1) V-MIMO 단위 클러스터 결정시 후보 노드 설정 기준으로 큰 SNR 값을 갖는 노드부터 설정 할 수 있다. 또한, 2) 각 노드들은 자신의 목표 전송률을 임시 클러스터 내의 다른 노드들에게 브로드캐스트할 수 있다. 이 역시 진입 후보 노드 결정의 기준으로 사용 할 수 있다.

[0184] B. 채널 정보를 얻는 방법 (임시 클러스터 내에서의 송신 노드 간 채널)

[0185] 임시 클러스터 내에서의 노드 간 채널은 노드간 약속된 기준 신호를 각 노드 별로 (순차적 또는 사전에 설정된 순서 또는 랜덤한 순서로) 발산 하여 나머지 임시 클러스터 내에서의 노드들이 채널을 추정한다. 만약 새로 V-MIMO클러스터에 진입하려는 노드가 있을 경우 해당 노드는 기준신호를 발산하고 나머지 노드들이 이를 들어서 후보노드로부터 채널을 추정할 수 있다. 이를 이용하여 임시 클러스터내의 다른 노드들 또는 대표노드는 수식

(11)을 계산할 수 있다.

[0186] C. 임시 클러스터간 평균 간섭 측정 방법

[0187] 클러스터가 여럿 존재 한다면, LDS를 동시에 진행할 때에 간섭을 알아야 한다. 우선, 1장 에서 언급한 대로 임시 클러스터가 결정되면 주변 임시 클러스터의 개수와 각 임시 클러스터내의 노드 수를 공유 할 수 있다. 만약 개수를 공유 할 수 없는 상황이라면, 임시 클러스터당 평균 노드 수로 대체도 가능하다.

[0188] 임의 순서를 통해서 순서가 된 임시 클러스터( $T_i$ )내의 모든 노드들은 정해진 전력 크기인  $P_{TX}$  로 전력을 발산하고, 나머지 임시 클러스터 ( $T_j, \forall j \neq i$ )의 노드들은 간섭 전력( $P_{Inter}(T_j \rightarrow T_i)$ )을 측정한다. 또한 이를 통해 임시 클러스터의 평균 간섭 전력( $\bar{P}_{Inter}(T_i \rightarrow T_i)$ )을 추정할 수 있다. 이를 이용해서 모든 임시 클러스터의 총 평균 간섭 전력( $\bar{P}_{Inter}(T) = \text{mean}\{P_{Inter}(T_j \rightarrow T_i)\}$ )을 계산 한다. 또는 임시 클러스터가 여럿 존재 하지만, 주변 간섭 전력을 측정할 수 없을 경우에는 평균 간섭전력을 0으로 간주하고 알고리즘을 실행할 수도 있다.

[0189] 이때 임시 클러스터 내의 모든 노드들이 전력을 발산하지 않고 특정 노드 또는 특정 노드 그룹만 대표로 발산할 수도 있다. 이 경우 이를 수신한 다른 클러스터의 노드들은 모든 노드들이 전력을 발산하지 않았음을 인지하고 일정 수를 scaling하거나 보정하여 평균 전송전력을 추정할 수 도 있다. 예를 들어 특정 임시 클러스터의 노드 수를 알고 있고, 대표 노드만 평균 전력을 추정하기 위한 전력을 발산한다면, 이를 수신한 노드는 수신된 전력\*보정상수와 같은 방식으로 평균 전송전력을 추정할 수 있다. 이때, 특정 임시클러스터내의 노드들이 매우 근거리 에 위치하여 오차가 적어야 한다는 가정이 필요할 수 있는데, 만약 특정 임시 클러스터내의 노드들이 약간은 분산된 위치에 존재한다면, 보정 상수등을 도입하여 평균 전송 전력 추정에 보정값으로 사용할 수 있다. 이때 보정 상수는 LDS시 평균 간섭을 추정할때마다 특정 난수를 발생하여 사용할 수도 있다. 실제 다른 클러스터에서 LDS를 수행하는 순서는 모를 수 있기 때문에 발생하는 간섭은 평균값에서 일정 범위 이내의 변화를 보이게 될 것이다. 이러한 현상을 직접 시그널링 하는 부담을 줄이로 개략적인 추정을 위하여 난수를 발생하여 특정 노드가 발산한 신호의 수신전력에 변화를 준다면 실제와 유사한 추정 성능을 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 또는 보정 상수는 임시 클러스터의 평균적인 분포부터 유추하여 구할 수도 있고, 특정 임시클러스터의 대표노드 또는 특정 노드가 평균 거리 또는 평균 SNR을 통하여 유추하여 보정상수를 다른 클러스터로 브로드캐스트할 수도 있다.

[0190] 한편 다른 클러스터가 LDS를 수행할 때 TDM방식으로 수행할 경우 특정 노드가 전송한 전력을 해당 클러스터에서 다른 클러스터로 LDS시 주는 평균 간섭으로 간주할 수도 있다. 이 경우에는 LDS시 단일 단말만 전송할 것이고, 클러스터내의 단말간 거리는 매우 가깝다고 가정한다면 특정 노드가 전송한 전력은 다른 노드가 전송한 전력과 매우 유사할 것이기 때문이다. LDS시 (TDM manner) 평균 간섭을 측정하기 위해서 클러스터 내에서 대표로 전력을 발산하는 노드는 특정 대표노드 이거나, 또는 사전에 정해진 노드이거나, 또는 랜덤하게 선택된 노드일 수 있다.

[0191] D. V-MIMO 단위 클러스터 결정시 임의의 노드 집합(A)의 LDS 채널 사용량 계산 방식  $\beta_{LDS}(A)$ .

$$\beta_{LDS}(A) = \sum_{l \in A} \beta_{LDS}(A(l)), \quad (A-1)$$

$$\beta_{LDS}(A(l)) = \max_{\substack{\forall l, k \in A \\ l \neq k}} \frac{T_l}{\log_2 \left( 1 + \frac{\eta_{lk} |g_{lk}|^2 P_{TX}}{\sigma^2 + \bar{P}'(A)} \right)} \quad (A-2)$$

[0192]

[0193] 여기서  $A(l)$  는 노드 집합(A)의 속한 노드  $l$  이다.  $\bar{P}'(A)$  는 A 가 주변 임의의 노드 집합으로부터 받는 평균적인 간섭량을 의미하며 부록 B와 같은 과정으로 구할 수 있다. 자신의 목표 전송률을 부록 A와 같은 방법으로 대표 노드 또는 A 내의 모든 노드들에게 브로드캐스트 할 수 있다. (A-1), (A-2)에서 A 내의 노드 간 채널 정보는 부록. B에 의해서 구할 수 있다.

[0194] E. 채널 정보를 얻는 방법(임의의 두 클러스터 간 또는 송 수신 노드간의 채널)

[0195] 수신 노드 쪽에서 기준 신호를 발산하여 송신 노드 쪽에서 채널 정보를 추정하여 송신 노드 자신과 연결된 채널



정보를 얻을 수 있다. 이후 각자 자신의 채널을 양자화 이후 궤환이나, channel reciprocity를 이용한 방법등을 사용하여 자신이 속한 임시 클러스터 내의 송신 노드에 브로드캐스트하여 공유 한다. 특별히, 채널 변화량이 적거나, 복잡도 및 브로드캐스트할 수 있는 양이 제한 적일 경우에는 모든 채널 중 Long term 채널만을 브로드캐스트하여 공유 할 수도 있다.

[0196] 송신 노드 쪽에서 기준 신호를 발산하여 수신 노드 쪽에서 채널 정보를 추정한 후, 코드북 기반 또는 양자화 하여 송신 노드 쪽에 브로드캐스트하여 송신 노드 쪽에서 채널을 자연 스레 공유 할 수 있다.

[0197] F. 임의의 전송 노드 집합(A)로 부터 해당 수신 노드 집합으로의 전송을 계산 방법

[0198] Short term 채널 피드백을 받을 경우:

$$R_{\text{Short}}(\mathbf{A}) = \log_2 \det \left( \mathbf{I}_{|\mathbf{A}|} + \frac{P_{\text{TX}} \{\mathbf{H}_A \mathbf{G}_A\}^H \mathbf{H}_A \mathbf{G}_A}{\sigma^2} \right) \quad (\text{A-3})$$

[0200] 여기서  $\mathbf{G}_A$  는 A 로 만든 V-MIMO 프리 코더 (이때 이 프리코더는 수신 클러스터가 특정 데이터 스트림을 디코딩 하는데 도움을 줄 수 있는 프리코더이다. 예를 들어 ZF 프리코더 또는 MMSE 프리코더가 사용될 수 있다. 또는 이밖에 DPC(dirty paper code) 프리코더와 같은 비선형 프리코더도 사용될 수 있다.)  $P_{\text{TX}}$  는 송신 전력을 의미한다. 채널 정보  $\mathbf{H}_A$  는 부록 E와 같은 방법으로 알아 낼 수 있다.

[0201] Long term 채널 정보를 이용한 경우:

$$R_{\text{Long}}(\mathbf{A}) = |\mathbf{A}| \log_2 \left( 1 + \frac{\mu_{|\mathbf{A}|} \bar{\alpha}_A P_{\text{TX}}}{\sigma^2} \right) \quad (\text{A-4})$$

[0203] 전송 효율은  $\sqrt{\alpha_A} \cdot \bar{\mathbf{H}}_A \approx \sqrt{\bar{\alpha}_A} \bar{\mathbf{H}}_A$  근사화를 통해서 계산을 한다. 여기서  $\bar{\alpha}_A$  는 그룹 A 의 송수신 노드 간 long term 채널 이득의 평균 값이다. 조정 계수  $\mu_{|\mathbf{A}|}$  는 long term 채널 정보만 이용한 rate approximation에서 발생 하는 오차를 보정하기 위한 값이다. Long term 채널 정보만을 이용한 경우의 전송효율과 정확한 채널을 모두 알 경우의 전송효율과의 평균적인 차이를 줄이는 근사화 조정계수를 도입한다. 상기 조정 계수는 사전에 정해진 값 일 수도 있고, 송수신 클러스터사이에 피드백으로 configurable한 값일 수도 있다. 또는 송신 클러스터에서 long term SINR또는 수신 클러스터의 거리에 기반하여 유도된 값일 수도 있다. 일례로 송수신 클러스터사이에 성공적인 데이터 송수신이 일어날 경우 점진적으로 조정계수를 증가 시키는 시그널을 송수신 클러스터 사이에 주고 받을 수 있다. 이때 수신 클러스터에서 SINR margin이 일정 수준 이하인 경우 조정계수 증가를 멈추도록 송수신 클러스터 사이에 시그널링할 수 있다.

[0204] G. LDS 방법(임의의 클러스터 내의 노드들)

[0205] 임의의 임의의 노드 집합(A)의 LDS 방법은 부록 D와 같은 방법으로 구한 채널 사용량에 맞춰서 임의의 클러스터 내의 노드가 자원을 직교하게 나눠서 자신의 데이터를 전송 할 수 있다.

[0206] H. 다중 클러스터 간 정보 교환

[0207] 다중 임시 클러스터가 존재할 경우, 임시 클러스터당 대표 노드는 이미 자신이 속한 1)임시 클러스터의 크기와 2)노드 ID, 3)속한 임시 클러스터의 LDS를 위한 채널 사용량을 모두 알고 있다고 가정한다. 이는 부록 A,B,C,D 등을 통해 가능하다. 위와 같은 가정에서, 대표 노드가 속하지 않은 다른 클러스터에게 자신이 속한 클러스터의 크기와 노드들의 ID, LDS 채널 사용량을 브로드캐스트하여 공유할 수 있다. 또한, 임시 클러스터간 정보를 주고 받기 위해서 각 임시 클러스터간 대표 노드를 브로드캐스트 하는 신호가 필요하다. 이를 통해서 각 임시 클러스터내의 노드들은 다른 임시 클러스터의 크기, 노드 ID, LDS 채널 사용량, 대표 노드들을 공유 할 수 있다. 각 임시 클러스터가 부록C에서와 같이 켜 다른 임시 클러스터로부터의 간섭량을 대표 노드가 브로드캐스트 함으로 모든 노드들과 공유 할 수 있다. 간섭량을 서로 교환 하면서 간섭량이 가장 크게 작용하는 두 임시 클러스터를 병합 비병합 알고리즘의 기준 노드의 판단근거로 사용 할 수 있다.

[0208] I. 임의의 두 V-MIMO 단위 클러스터간 데이터 교환을 위한 전송을 계산

[0209] 임의의 두 V-MIMO 단위 클러스터 A 에서 B 로의 프리코더를 사용한 전송율은 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$R_{\text{Trans}}(A, B) = \log_2 \det \left( \mathbf{I}_{|B|} + \frac{P_{TX} \{ \mathbf{E}_{B,A} \mathbf{F}_A \}^H \mathbf{E}_{B,A} \mathbf{F}_A}{\sigma^2} \right) \quad (\text{A-5})$$

[0210] 여기서  $\mathbf{F}_{A,B} \in \mathbb{C}^{|A| \times \min\{|A|, |B|\}}$  는 A 로 만든 V-MIMO 프리 코더 (이때 이 프리코더는 수신 클러스터가 특정 데이터 스트림을 디코딩하는데 도움을 줄 수 있는 프리코더이다. 예를 들어 ZF 프리코더 또는 MMSE 프리코더가 사용될 수 있다. 또는 이밖에 DPC (dirty paper code) 프리코더와 같은 비선형 프리코더도 사용될 수 있다.)를 의미하고, 이 프리코더는 V-MIMO 단위 클러스터 열 벡터의 Frobenius norm 크기가 노드의 전송 전력을 넘지 못한다.  $P_{TX}$  는 송신 전력을 의미한다. 또한, 데이터 스트림 수는 |A| 와 |B| 중 작은 값에 제한된다.

[0212] 또는 수신 포스트 코더를 사용하면

$$R_{\text{Trans}}(A, B) = \log_2 \det \left( \mathbf{I}_{|B|} + \frac{P_{TX} \{ \mathbf{U}_B^H \mathbf{E}_{B,A} \}^H \mathbf{U}_B^H \mathbf{E}_{B,A}}{\sigma^2} \right) \quad (\text{A-6})$$

[0213] 여기서  $\mathbf{U}_{A,B}^H \in \mathbb{C}^{|B| \times \min\{|A|, |B|\}}$  는 A 로 만든 V-MIMO 포스트 코더 (이때 이 포스트 코더는 수신 클러스터가 특정 데이터 스트림을 디코딩하는데 도움을 줄 수 있는 포스트 코더이다. 예를 들어 ZF 포스트 코더 또는 MMSE 포스트 코더가 사용될 수 있다. 또는 이밖에 SIC (dirty paper code) 포스트 코더와 같은 비선형 포스트 코더도 사용될 수 있다.)를 의미하고, 이 포스트 코더는 수신 V-MIMO 단위 클러스터 열 벡터의 Frobenius norm 크기가 노드의 전송 전력을 넘지 못한다.

[0215] 역시, 데이터 스트림 수는 |A| 와 |B| 중 작은 값에 제한된다. 두 채널 정보는  $(\mathbf{E}_{A,B}, \mathbf{E}_{B,A})$  부록 E와 같은 방법으로 알아 낼 수 있다.

[0216] J. 두 V-MIMO 단위 클러스터 간 데이터 교환을 위한 채널 사용량 계산

[0217] 임의의 두 V-MIMO 단위 클러스터 A 에서 B 로의 프리코더를 사용한 데이터를교환 하기 위한 채널 사용량은 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$\beta_{\text{Trans}}(A, B) = \frac{\sum_{j \in A} T_j}{R_{\text{Trans}}(A, B)} \quad (\text{A-7})$$

[0219] K. 계층적 협력구조를 위한 LDS 채널 사용량

[0220] 임의의 두 V-MIMO 단위 클러스터 A 에서 B 로의 데이터를 교환 후 V-MIMO 단위 클러스터 내에서의 LDS를 위한 채널 사용량은 다음과 같이 정의 될 수 있다.

$$\beta_{\text{HC-LDS}}(A) = \sum_{l \in A} \beta_{\text{HC-LDS}}(A(l)), \quad \beta_{\text{HC-LDS}}(A(l)) = \max_{\substack{\forall l, k \in A \\ j \neq k}} \frac{Q_l}{\log_2 \left( 1 + \frac{\eta_{lk} |g_{lk}|^2 P_{TX}}{\sigma^2 + \bar{P}'(B)} \right)} \quad (\text{A-8})$$

[0222] 여기서  $Q_l$  는 V-MIMO 단위 클러 스텐터 B 의 데이터를 공유하기 위한 A(l) 의 목표 전송율을 의미한다.

[0223] L. 시스템 모델

[0224] a. 송신 노드와 수신 노드간의 송수신 신호

[0225] 또한 임의의 송신 클러스터 M 과 그의 수신 클러스터간의 V-MIMO 를 통한 송수신 신호는 다음과 같이

$$\mathbf{y}_M = \underbrace{\mathbf{H}_M \mathbf{G}_M}_{\text{desired}} + \underbrace{\mathbf{H}_{MN} \mathbf{G}_N}_{\text{Interference}} + \mathbf{n}_M, \quad \mathbf{H}_M = \sqrt{\alpha_M} \cdot \bar{\mathbf{H}}_M$$

[0226]

[0227] 나타낼 수 있다. 여기서  $G_M \in C^{M \times M}$  는 송신 프리 코더를 의미하고, 이 프리코더는 송신 클러스터 열 벡터의 Frobenius norm 크기가 노드의 전송 전력을 넘지 못한다. 또한 프리 코더는 송 수신 클러스터 크기 중 작은 클러스터의 크기를 넘지 않는 데이터 스트림 수를 갖게 된다.  $G_N \in C^{N \times N}$  는 인접한 다른 클러스터 N 에서 송신 시에 사용하는 프리코더 이다. 따라서  $H_{MN}G_N$  는 간섭 부분을 의미한다.

[0228]  $\bar{H}_M$  와  $\sqrt{\alpha_M} \in C^{M \times M}$  는 두 클러스터간의 short term채널과 long term채널을 의미하며 채널의  $(i, j)$  번째 원소는 송신 클러스터 M 의  $i$  째 노드로부터 수신 클러스터의  $j$  째 노드 사이의 채널을 의미 한다. 연산  $A \cdot B$  는 행렬 A 와 B 의 원소 곱을 뜻한다. 각 행렬의 원소는 역시  $n_M$  은 잡음 신호를 의미한다. 또한 수신 노드에서 선형 수신 등화기  $D_M \in C^{M \times M}$  를 설계 할 수 있는데 이는  $y_M$  에 곱해진다.

[0229] b. 동일 클러스터 내에서 송신 노드간의 송수신 신호

[0230] 동일 클러스터간 노드들은 단일 안테나를 가지고 있으며, 각  $i$  번째 수신 노드의  $j$  번째 송신 노드로 부터 수신 신호는

[0231] 
$$y_i = \sqrt{\eta_y} g_{ij} x_j + n_i$$

[0232] 로 표기가 가능하고, 여기서  $\sqrt{\beta_y}$  는 long term 채널 이득을 의미하고,  $g_{ij}$  j 번째 송신 노드에서 i 번째 송신 노드간의 small scale fading 값을 의미하며  $n_i$  는  $\sigma^2$  전력을 갖는 잡음 신호를 의미한다.

[0233] c. 송신 클러스터 간 Local Data Sharing을 위한 송수신 수식

[0234] 또한 임의의 송신 클러스터 M 과 다른 송신 클러스터 L 간의 V-MIMO 를 통한 송수신 신호는 다음과 같이

$$\mathbf{y}_L = \mathbf{E}_{L,M} \mathbf{F}_{L,M} + \mathbf{E}_{L,M} \mathbf{n}_M$$

[0235] 
$$\mathbf{E}_{L,M} = \sqrt{\rho_{L,M}} \cdot \bar{\mathbf{E}}_{L,M}$$

[0236] 나타 낼 수 있다. 여기서  $F_{L,M} \in C^{M \times \min\{L, M\}}$  는 송신 프리 코더를 의미하고, 이 프리코더는 송신 클러스터 열 벡터의 Frobenius norm 크기가 노드의 전송 전력을 넘지 못한다. 또한 프리 코더는 두 송수신 클러스터의 크기 중 작은 클러스터의 크기를 넘지 않는 데이터 스트림 수를 갖게 된다.  $\bar{\mathbf{E}}_{L,M}$  와  $\sqrt{\rho_{L,M}}$  는 두 부 클러스터간의 short term채널과 long term채널을 의미하며 채널의  $(i, j)$  번째 원소는 송신 클러스터 M 의  $i$  째 노드로부터 수신 클러스터 L 의  $j$  째 노드 사이의 채널을 의미 한다.  $n_L$  은 잡음 신호 벡터를 의미한다. 또한 수신 노드에서 선형 수신 등화기  $U_{L,M} \in C^{\min\{L, M\} \times M}$  를 설계 할 수 있는데 이는  $y_M$  에 곱해진다.

# [0237] 본 발명의 실시예에 의한 장치 구성

[0238] 도 17은 본 발명의 실시 형태에 따른 전송포인트 장치 및 단말 장치의 구성을 도시한 도면이다.

[0239] 도 17을 참조하여 본 발명에 따른 전송포인트 장치(10)는, 수신모듈(11), 전송모듈(12), 프로세서(13), 메모리(14) 및 복수개의 안테나(15)를 포함할 수 있다. 복수개의 안테나(15)는 MIMO 송수신을 지원하는 전송포인트 장치를 의미한다. 수신모듈(11)은 단말로부터의 상향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 수신할 수 있다. 전송모듈(12)은 단말로의 하향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 전송할 수 있다. 프로세서(13)는 전송포인트 장치(10) 전반의 동작을 제어할 수 있다.

[0240] 본 발명의 일 실시예에 따른 전송포인트 장치(10)의 프로세서(13)는, 앞서 설명된 각 실시예들에서 필요한 사항들을 처리할 수 있다.

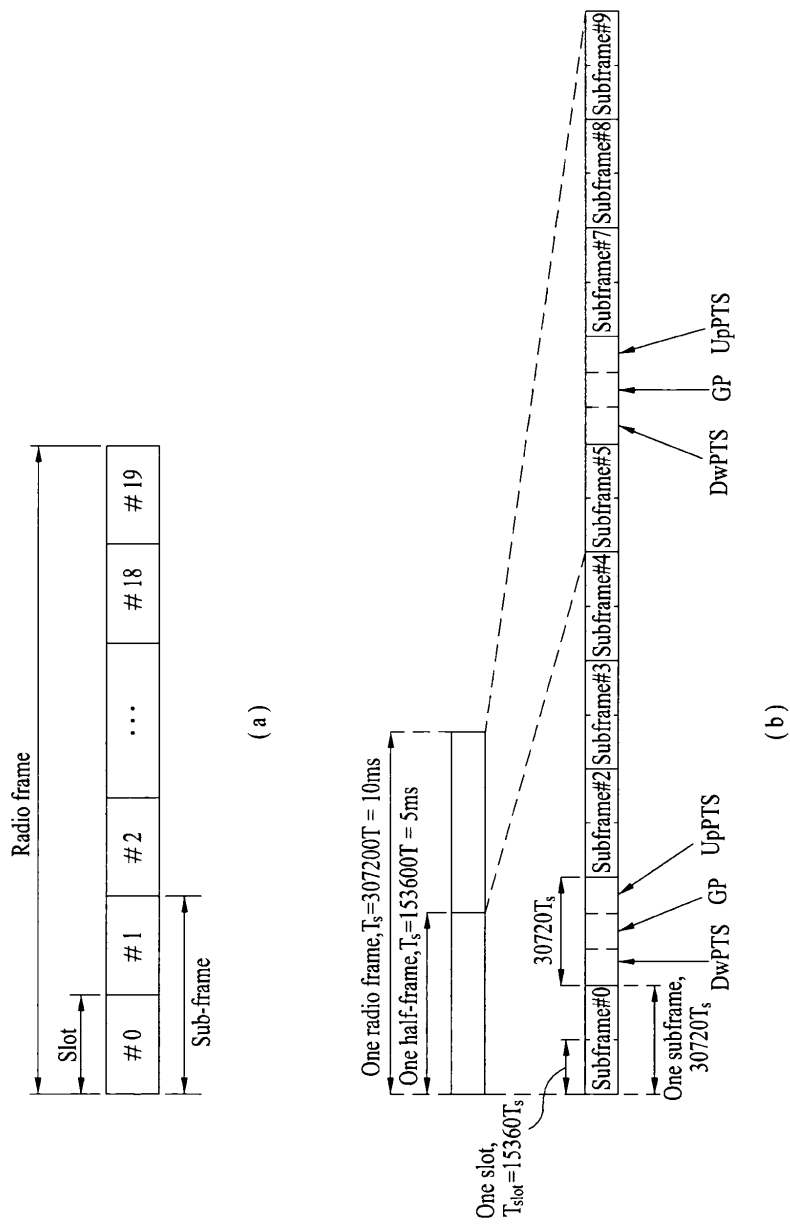
[0241] 전송포인트 장치(10)의 프로세서(13)는 그 외에도 전송포인트 장치(10)가 수신한 정보, 외부로 전송할 정보 등을 연산 처리하는 기능을 수행하며, 메모리(14)는 연산 처리된 정보 등을 소정시간 동안 저장할 수 있으며, 버퍼(미도시) 등의 구성요소로 대체될 수 있다.



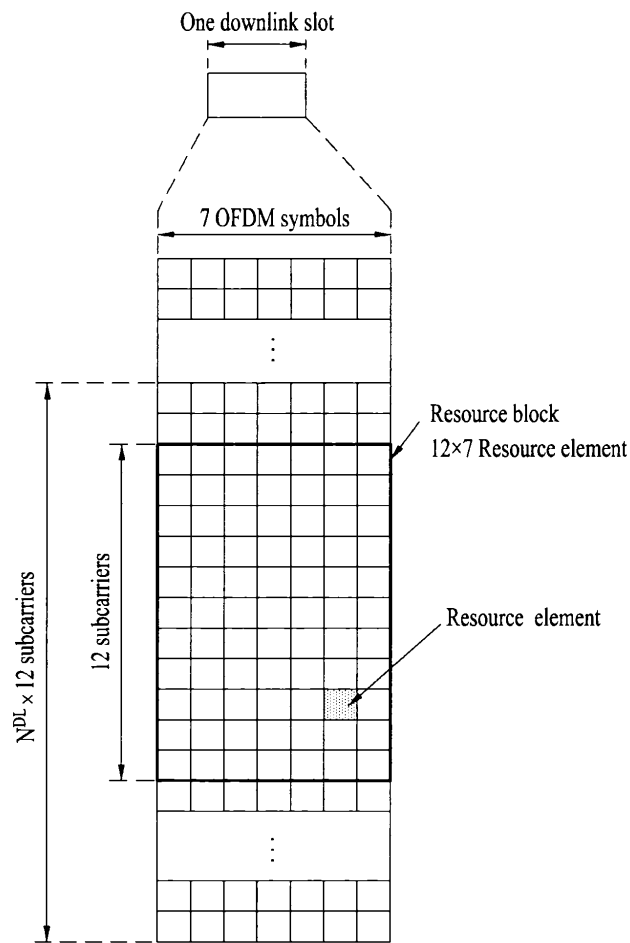
- [0242] 계속해서 도 17을 참조하면 본 발명에 따른 단말 장치(20)는, 수신모듈(21), 전송모듈(22), 프로세서(23), 메모리(24) 및 복수개의 안테나(25)를 포함할 수 있다. 복수개의 안테나(25)는 MIMO 송수신을 지원하는 단말 장치를 의미한다. 수신모듈(21)은 기지국으로부터의 하향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 수신할 수 있다. 전송모듈(22)은 기지국으로의 상향링크 상의 각종 신호, 데이터 및 정보를 전송할 수 있다. 프로세서(23)는 단말 장치(20) 전반의 동작을 제어할 수 있다.
- [0243] 본 발명의 일 실시예에 따른 단말 장치(20)의 프로세서(23)는 앞서 설명된 각 실시예들에서 필요한 사항들을 처리할 수 있다.
- [0244] 단말 장치(20)의 프로세서(23)는 그 외에도 단말 장치(20)가 수신한 정보, 외부로 전송할 정보 등을 연산 처리하는 기능을 수행하며, 메모리(24)는 연산 처리된 정보 등을 소정시간 동안 저장할 수 있으며, 버퍼(미도시) 등의 구성요소로 대체될 수 있다.
- [0245] 위와 같은 전송포인트 장치 및 단말 장치의 구체적인 구성은, 전술한 본 발명의 다양한 실시예에서 설명한 사항들이 독립적으로 적용되거나 또는 2 이상의 실시예가 동시에 적용되도록 구현될 수 있으며, 중복되는 내용은 명확성을 위하여 설명을 생략한다.
- [0246] 또한, 도 8에 대한 설명에 있어서 전송포인트 장치(10)에 대한 설명은 하향링크 전송 주체 또는 상향링크 수신 주체로서의 중계기 장치에 대해서도 동일하게 적용될 수 있고, 단말 장치(20)에 대한 설명은 하향링크 수신 주체 또는 상향링크 전송 주체로서의 중계기 장치에 대해서도 동일하게 적용될 수 있다.
- [0247] 상술한 본 발명의 실시예들은 다양한 수단을 통해 구현될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 실시예들은 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어 또는 그것들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다.
- [0248] 하드웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 실시예들에 따른 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, 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.
- [0249] 펌웨어나 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 실시예들에 따른 방법은 이상에서 설명된 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차 또는 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.
- [0250] 상술한 바와 같이 개시된 본 발명의 바람직한 실시예들에 대한 상세한 설명은 당업자가 본 발명을 구현하고 실시할 수 있도록 제공되었다. 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 본 발명의 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어, 당업자는 상술한 실시예들에 기재된 각 구성을 서로 조합하는 방식으로 이용할 수 있다. 따라서, 본 발명은 여기에 나타난 실시형태들에 제한되려는 것이 아니라, 여기서 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 최광의 범위를 부여하려는 것이다.
- [0251] 본 발명은 본 발명의 정신 및 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니 되고 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. 본 발명은 여기에 나타난 실시형태들에 제한되려는 것이 아니라, 여기서 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 최광의 범위를 부여하려는 것이다. 또한, 특허청구범위에서 명시적인 인용 관계가 있지 않은 청구항들을 결합하여 실시예를 구성하거나 출원 후의 보정에 의해 새로운 청구항으로 포함할 수 있다.
- 산업상 이용가능성**
- [0252] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시형태들은 다양한 이동통신 시스템에 적용될 수 있다.

도면

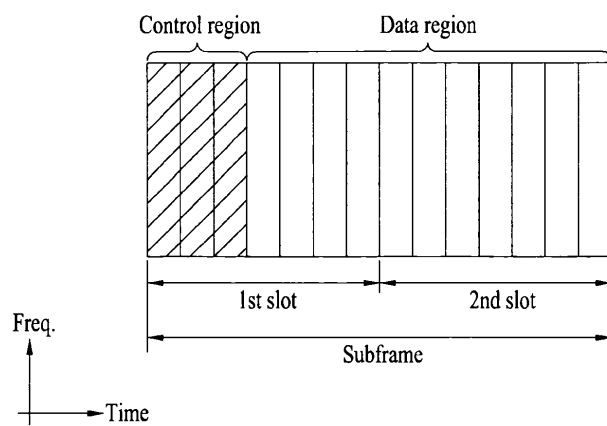
도면1



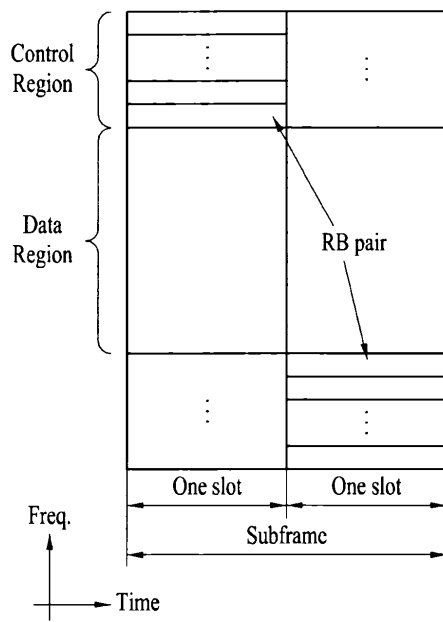
도면2



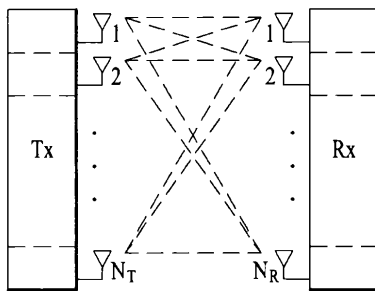
도면3



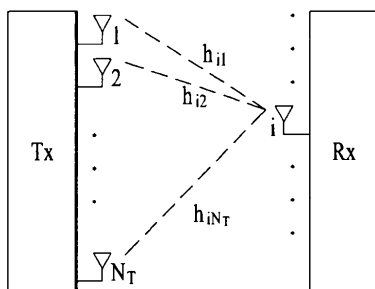
도면4



도면5

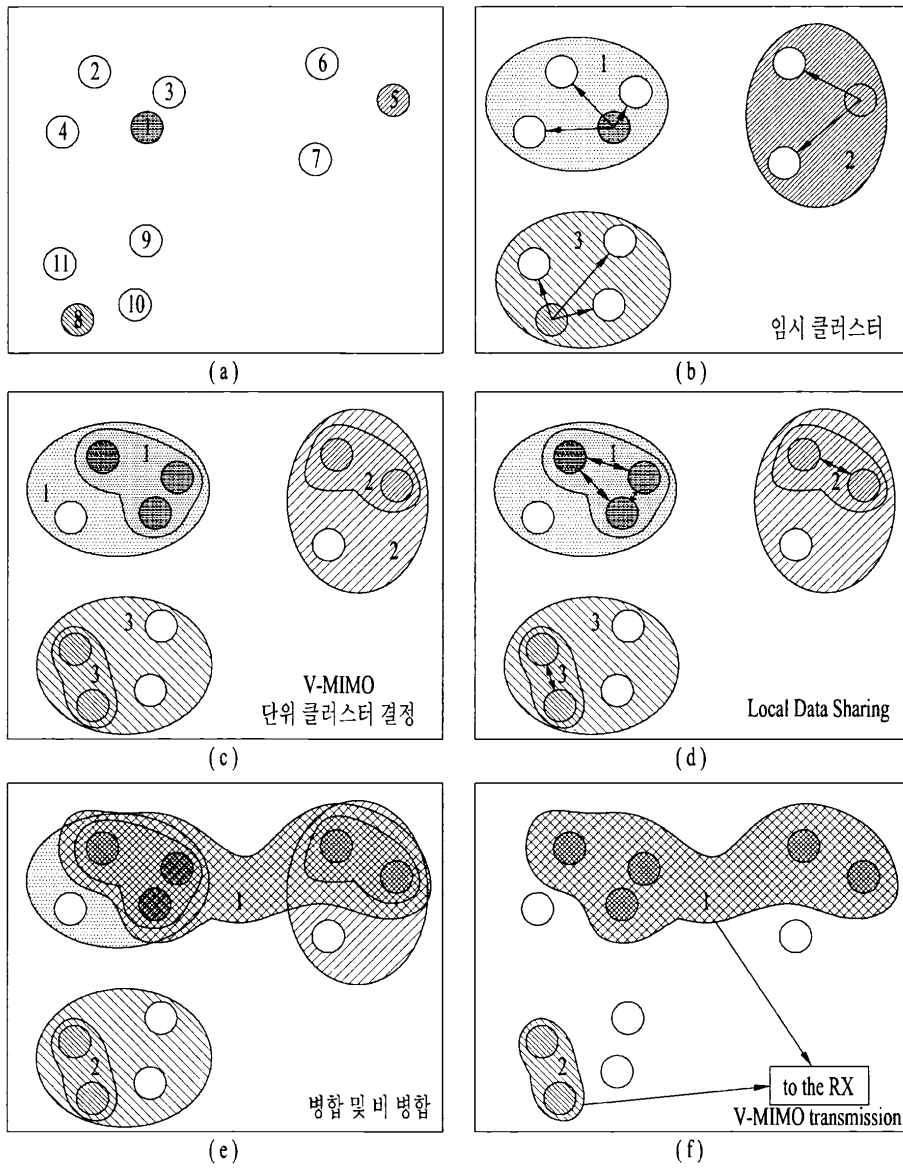


(a)

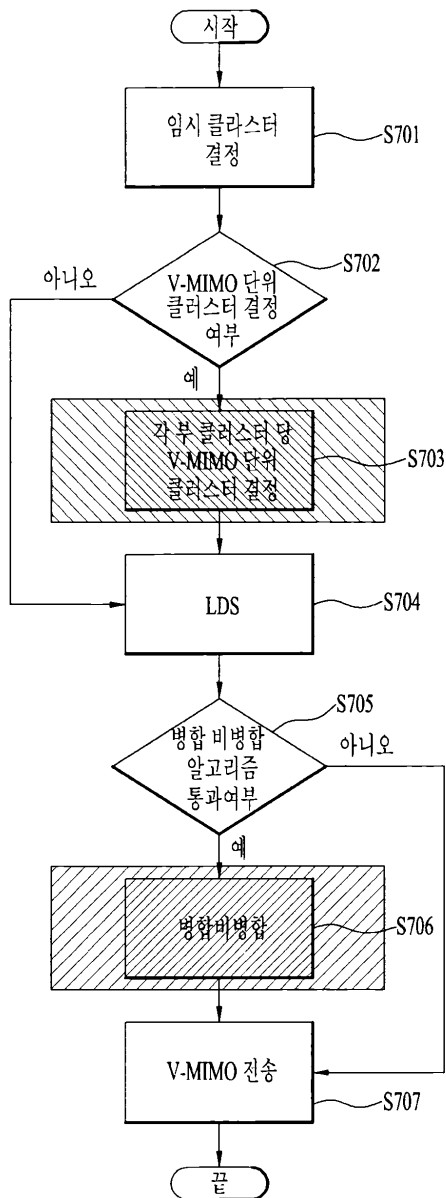


(b)

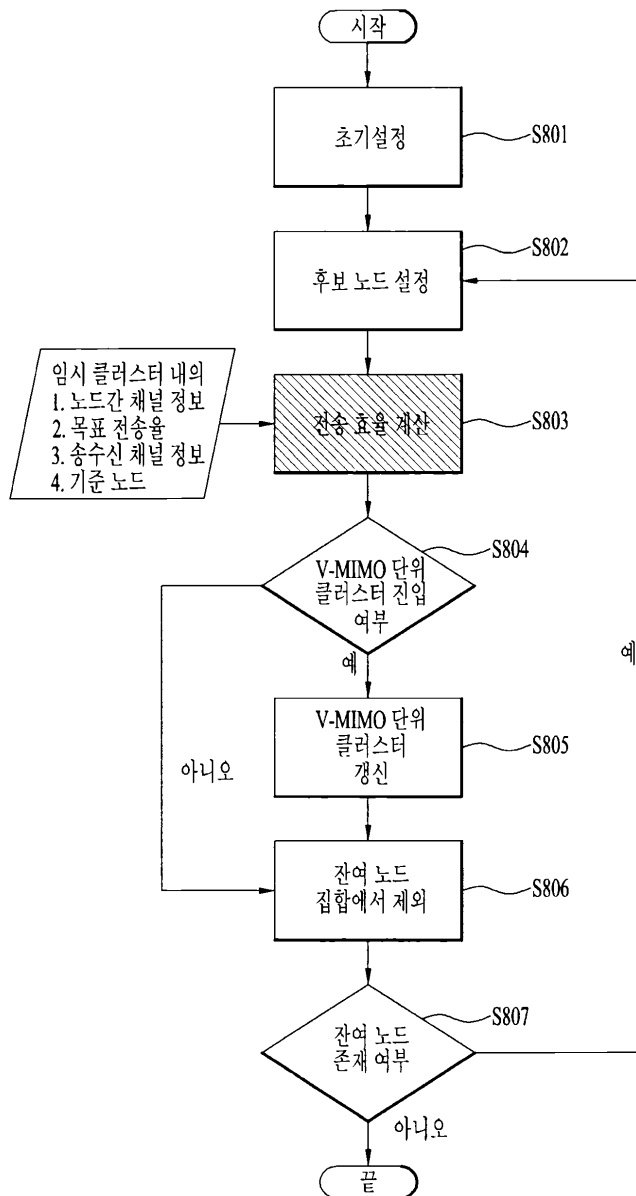
도면6



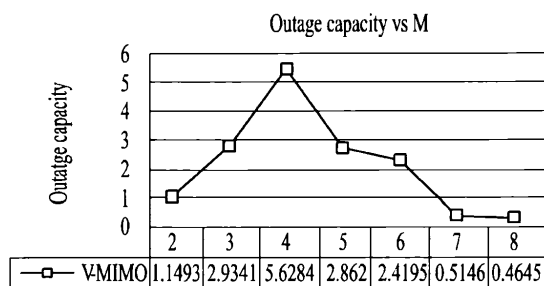
도면7



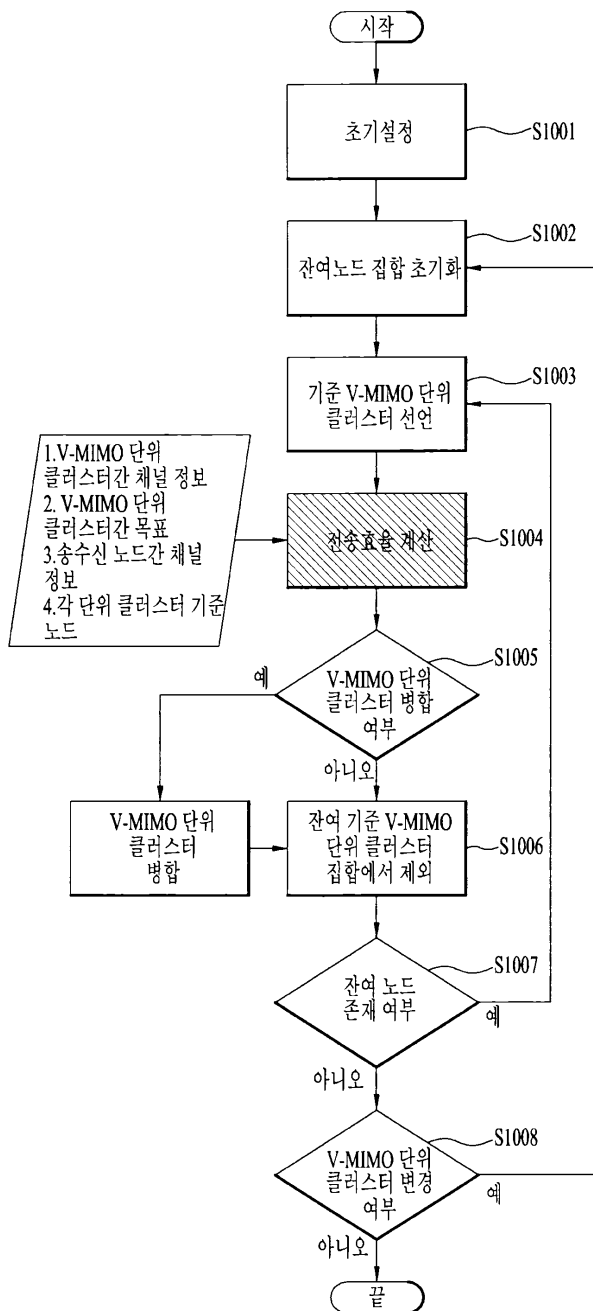
도면8



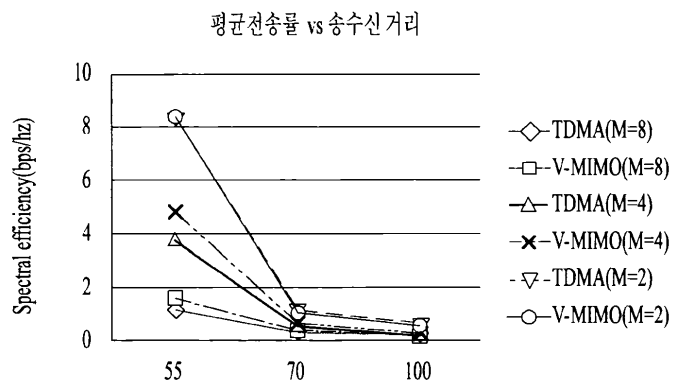
도면9



도면10

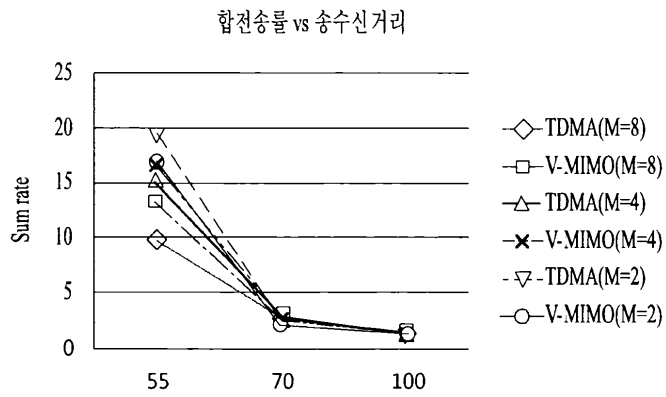


도면11

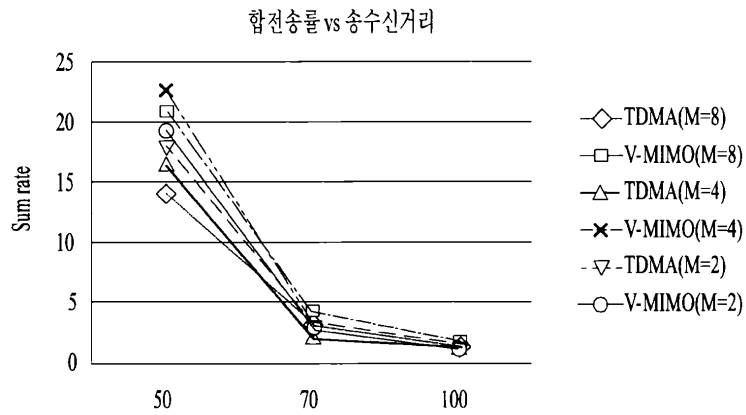




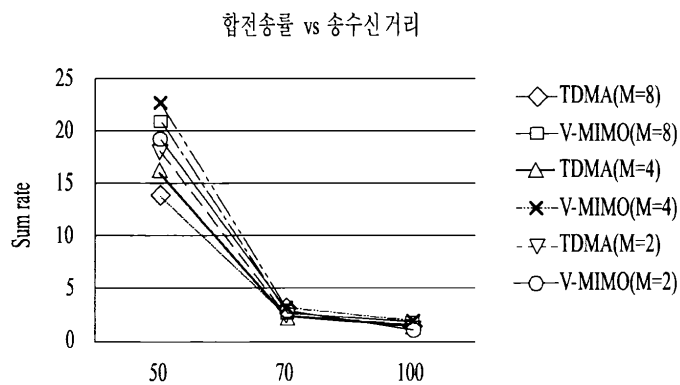
도면12



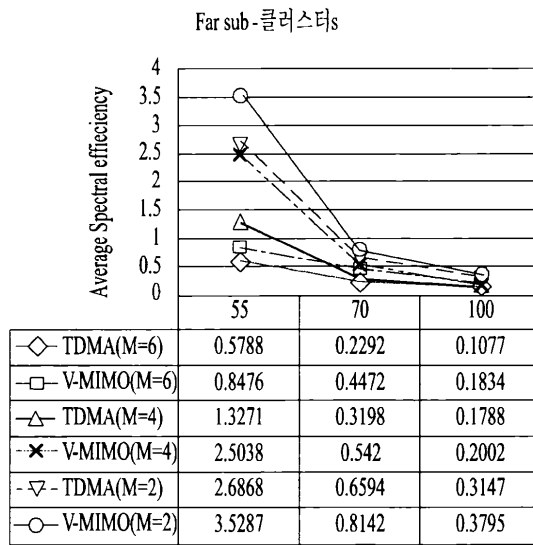
도면13



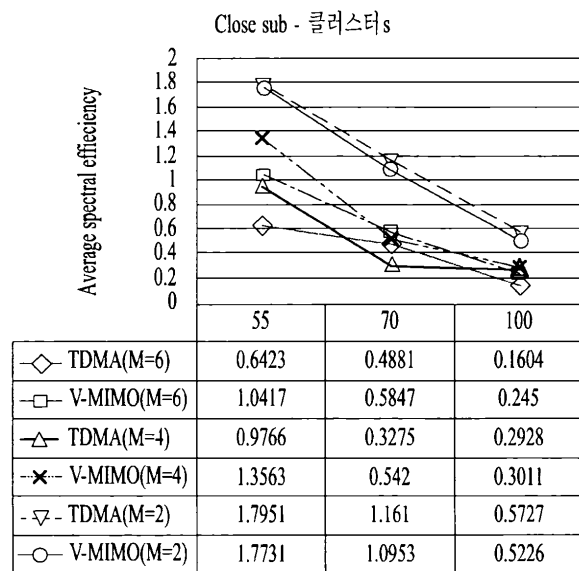
도면14



도면15



도면16



도면17

