



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0007132  
(43) 공개일자 2010년01월22일

(51) Int. Cl.

H04B 7/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0067622

(22) 출원일자 2008년07월11일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

서강대학교산학협력단

서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교

(72) 발명자

황성택

경기도 평택시 독곡동 대림아파트 102동 303호

성원진

서울특별시 서초구 잠원동 60-7 녹원한신아파트 101동505호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이건주

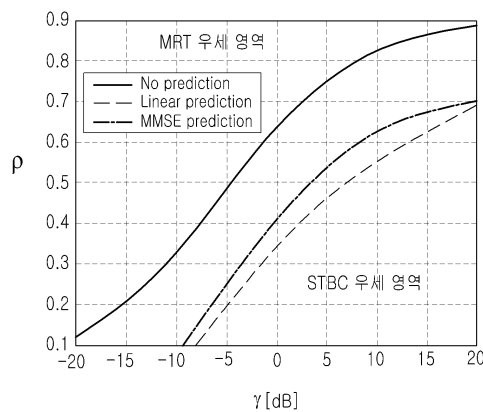
전체 청구항 수 : 총 10 항

#### (54) 분산 안테나 시스템에서 전송 용량 증대 장치 및 방법

##### (57) 요약

분산 안테나 시스템에서 전송 용량 증대 방법에 있어서, 기지국(Base Station)에서 궤환 채널을 통하여 이동단말기(Mobile Station)로부터 하향 링크의 채널 상태 정보 값 및 간섭 및 잡음 신호 전력을 합한 값을 보고 받는 과정과, 궤환 채널을 통하여 보고 받은 하향 링크의 채널 상태 정보 값을 활용하여 보고받게 될 채널 상태 정보 값을 예측하는 과정과, 예측한 현재 하향 링크의 채널 상태 정보 값을 적용하여 중계국(Remote Station) 간의 신호 전송 방법을 결정하는 과정을 포함함을 특징으로 한다.

대표도 - 도7



(72) 발명자

**김재원**

서울특별시 마포구 도화동 마포트라펠리스 A동  
3110호

**이재환**

서울특별시 마포구 성산동 637-3 삼성하이빌 301호

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

분산 안테나 시스템에서 전송 용량 증대 방법에 있어서,

기지국(Base Station)에서 케환 채널을 통하여 이동단말기(Mobile Station)로부터 하향 링크의 채널 상태 정보 값 및 간섭 및 잡음 신호 전력을 합한 값을 보고 받는 과정과,

상기 케환 채널을 통하여 상기 보고 받은 하향 링크의 채널 상태 정보 값을 활용하여 보고받게 될 채널 상태 정보 값을 예측하는 과정과,

상기 예측한 현재 하향 링크의 채널 상태 정보 값을 적용하여 중계국(Remote Station) 간의 신호 전송 방법을 결정하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 전송 용량 증대 방법.

### 청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 채널 상태 정보 값을 보고 받는 과정은

상기 이동단말기가 주위의 중계국들로부터의 수신 신호 전력을 측정하고, 측정된 상기 중계국들 중 수신 신호 전력이 좋은 순으로 미리 정해진 특정 수의 중계국을 선택하는 단계와,

상기 선택된 특정 수의 중계국들과 상기 이동단말기 간의 하향 링크의 채널상태 정보 값을 보고 받는 단계를 포함함을 특징으로 하는 전송 용량 증대 방법.

### 청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 간섭 및 잡음 신호 전력을 합한 값은

상기 선택된 특정 수의 중계국들로부터의 수신 신호 전력을 제외한 셀 내외부로부터 들어오는 간섭 신호 성분 및 잡음 신호 성분의 전력을 합한 값을 특징으로 하는 전송 용량 증대 방법.

### 청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 중계국 간의 신호 전송 방법을 결정하는 과정은

신호 전송에 참여하는 중계국의 수가 하나이면, 해당 중계국만 사용하여 독립적 신호 전송을 수행하는 단계와,

신호 전송에 참여하는 중계국의 수가 둘 이상이면, 상기 참여하는 둘 이상의 중계국을 이용하여 협조적 신호 전송을 수행하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 전송 용량 증대 방법.

### 청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 독립적 신호 전송 및 상기 협조적 신호 전송은

신호 전송에 참여한 중계국의 수를 고려하여 정규화된 대역폭 효율을 구하고, 상기 대역폭 효율을 활용하여 상기 독립적 신호 및 상기 협조적 신호 전송에 참여하는 중계국의 수를 결정하는 것을 특징으로 하는 전송 용량 증대 방법.

### 청구항 6

제 4항에 있어서, 상기 협조적 신호 전송은

중계국 간의 채널 상태 정보 값이 송신 신호 처리에 활용되지 않는 개방 루프 방식의 협조적 신호 전송과, 중계국 간의 채널 상태 정보 값이 송신 신호 처리에 활용되는 폐 루프 방식의 협조적 신호 전송으로 나누어짐을 특징으로 하는 전송 용량 증대 방법.

### 청구항 7

제 1항에 있어서, 채널 상태 정보를 예측하는 과정은

상기 케환 채널을 통하여 상기 보고 받은 하향 링크의 채널 상태 정보 값과 하향 채널의 시간 변화 값을 활용하여 을 활용하여 보고받게 될 하향 링크의 채널 상태 정보 값을 예측하는 과정임을 특징으로 하는 전송 용량 증

대 방법.

## 청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 예측된 채널 상태 정보 값과 궤환 지연 후 보고 받은 실제 하향 링크의 채널 상태 정보 값과의 상관도를 계산하여 폐 루프 기반과 개방 루프 기반의 협조적신호 전송 방법 간의 전환 조건을 결정짓는 것을 특징으로 하고,

상기 상관도는 하기의 수학적식을 이용하여 구하여짐을 특징으로 하는 전송 용량 증대 방법.

### 수학식 14

$$\hat{\rho} = \frac{E[h \hat{h}^*]}{\sigma_h \sigma_{\hat{h}}}$$

상기 수학식 14에서  $h$ 는 실제 하향 링크의 채널 상태 정보 값을 의미하고,  $\hat{h}^*$ 은 예측된 채널 상태 정보 값을 의미하고,  $\sigma_h \sigma_{\hat{h}}$ 는 각각 상기  $h$ 와 상기  $\hat{h}^*$ 의 표준편차를 의미한다.

## 청구항 9

분산 안테나 시스템에서 전송 용량 증대 장치에 있어서,

채널 상태 정보 값을 예측하고, 상기 예측된 채널 상태 정보 값과 궤환 채널을 통하여 보고받은 채널 상태 정보 값 간의 상관도를 계산하여, 중계국 간의 독립적 신호 전송 및 협조적 신호 전송을 판단하는 기지국(Base Station)과,

상기 기지국과 유선으로 연결되어 있고, 이동단말기로 신호를 전송하는 중계국(Remote Antenna)과,

주위의 중계국으로부터 수신 전력을 측정하고, 채널 상태 정보를 추정하며, 간섭 신호 및 잡음 신호 전력의 합을 측정하여 궤환 채널을 통하여 상기 기지국으로 보고하는 이동단말기(Mobile Station)를 포함하는 것을 특징으로 하는 전송 용량 증대 장치.

## 청구항 10

제 9항에 있어서, 상기 기지국은

상기 협조적 신호 전송 선택 시 개방 루프 기반의 신호 전송 모드 또는 폐 루프 기반의 신호 전송 모드 중 하나를 선택함을 특징으로 하는 전송 용량 증대 장치.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

<1> 본 발명은 분산 안테나 시스템에 관한 것으로, 특히 이동 단말기의 지리적인 위치와 중계국으로부터의 수신 전력에 따라 송수신단 간의 궤환 지연에 의해 발생하는 하향 채널의 시변성을 고려하여 채널 상태 정보를 예측하고, 이를 송신 신호 처리에 활용하여 전송 용량을 증대하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

<2> 과거 음성 신호 위주의 데이터를 송수신하는 이동 통신 시스템과는 달리, 현재 및 미래의 이동 통신 시스템은 인터넷 및 멀티미디어 콘텐츠의 발달에 의해 대용량 데이터 트래픽을 송수신 해야 하는 요구에 직면하고 있다. 이러한 요구에 부합하기 위한 방법의 일환으로 새로운 구조의 이동통신 시스템에 대한 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있으며, 그 중 다수개의 송신 안테나에 의한 공간 다이버시티를 활용하여 전송 효율을 높이는 방안이

크게 주목 받고 있다.

- <3> 기존에 진행되어 온 다수개의 송신 안테나에 의한 공간 다이버시티에 관한 연구 결과들은 하나의 송신기에 다수개의 안테나가 설치되어 있고, 이를 활용하여 마이크로스코픽 공간 다이버시티 이득을 얻는데 주력해 왔으며, 만약 송수신 안테나간 서로 완벽히 독립적인 특성을 갖고 외부 셀에 의한 간섭이 없는 경우에는 전송 용량 증대에 효과적인 성능을 보이는 것으로 알려져 있다. 그러나 실제 상황에서는 다수의 송신 안테나가 근거리에서 설치되어 있기 때문에 서로 완벽히 독립적인 특성을 갖기가 어렵고, 이동 통신 시스템의 멀티 셀 구조에서는 셀 간 간섭에 의한 영향에 의하여 셀 경계 지역에서 그 성능이 매우 열화되는 문제점이 발생한다. 또한 하나의 송신단에서 다수의 안테나를 활용하여 신호를 전송하여야 함으로 송신 전력 측면에서는 안테나 개수만큼 반비례하여 작아짐으로, 수신 전력이 작아지는 문제점이 발생한다.
- <4> 이러한 문제점을 극복하기 위하여 지리적으로 분산된 다수개의 송신 안테나에 의한 공간 다이버시티를 활용하여 전송 효율을 높이는 분산 안테나 시스템에 대한 관심이 증대되고 있다.
- <5> 분산 안테나 시스템에서 다수의 중계국간 협력적 신호 전송은 별도의 송신 신호 처리 과정 없이 수신기에서 EGC(Equal Gain Combining), MRC(Maximum Ratio Combining) 방식 등을 활용하거나, STBC(Space Time Block Coding) 송수신 신호처리과정을 통하여 구현될 수 있다. 이러한 EGC, MRC 또는 STBC 수신 신호 처리는 이동 단말기가 하향링크 채널 상태 정보를 추정하고, 이를 활용하여 수신신호의 신호 대 간섭 및 잡음비를 높이는 방법이다. 그러나 이동 단말기에서 추정한 하향링크 채널 상태 정보가 송신단 신호 처리 과정에는 사용되지 않으며, 따라서 이러한 방안을 개방 루프 기반의 다수의 중계국간 협조적 전송이라 분류 할 수 있다.
- <6> 이러한 개방 루프 기반의 신호 결합 방식과는 달리, 특정 궤환 채널을 통하여 이동 단말기에서 추정한 하향링크 채널 상태 정보를 송신 신호 처리에 사용함으로써 추가적인 성능 이득을 얻을 수 있는 폐 루프 기반의 다수의 중계국간 협조적 신호 전송 방안이 있으며, 이러한 폐 루프 기반의 다수의 중계국간 협조적 신호 전송은 송신단 신호 처리 과정에서 활용되는 채널 상태 정보가 실제 하향링크 채널 상태 정보와 같을 때 개방 루프 기반의 다수의 중계국간 협조적 신호 전송보다 높은 전송 효율을 보장한다. 그러나 실제 시변성이 존재하는 채널에서는 채널 궤환 지연 및 이동 단말기의 이동성에 의한 도플러 영향들에 의하여 송신단 신호처리에 활용되는 채널 상태 정보와 하향링크 채널 상태 정보간 오차가 발생하게 되며, 이는 폐 루프 기반의 다수의 중계국간 협조적 신호 전송 방안의 성능 열화 요인으로 작용하는 문제점이 발생한다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

- <7> 본 발명은 유선 중계국을 활용한 분산 안테나 시스템의 구조적 장점을 이용하여 이동단말기의 지리적 위치에 따라 선택적으로 신호 전송에 참여하는 단일 또는 다수의 송신 안테나를 이용하여 중계국 간의 독립적 또는 협조적으로 신호를 전송하는 장치 및 방법을 제공하고, 궤환 지연이 존재하는 시스템에서 하향 채널의 시변성을 고려하여 채널 상태 정보를 예측하여 분산 안테나 시스템의 전송 용량을 극대화 할 수 있는 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

### 과제 해결수단

- <8> 본 발명의 일 견지에 따르면, 분산 안테나 시스템에서 전송 용량 증대 방법에 있어서, 기지국(Base Station)에서 궤환 채널을 통하여 이동단말기(Mobile Station)로부터 하향 링크의 채널 상태 정보 값 및 간섭 및 잡음 신호 전력을 합한 값을 보고 받는 과정과, 상기 궤환 채널을 통하여 상기 보고 받은 하향 링크의 채널 상태 정보 값을 활용하여 보고받게 될 채널 상태 정보 값을 예측하는 과정과, 상기 예측한 현재 하향 링크의 채널 상태 정보 값을 적용하여 중계국(Remote Station) 간의 신호 전송 방법을 결정하는 과정을 포함함을 특징으로 한다.
- <9> 본 발명의 다른 견지에 따르면, 분산 안테나 시스템에서 전송 용량 증대 장치에 있어서, 채널 상태 정보 값을 예측하고, 상기 예측된 채널 상태 정보 값과 궤환 채널을 통하여 보고받은 채널 상태 정보 값 간의 상관도를 계산하여, 중계국 간의 독립적 신호 전송 및 협조적 신호 전송을 판단하는 기지국(Base Station)과, 상기 기지국과 유선으로 연결되어 있고, 이동단말기로 신호를 전송하는 중계국(Remote Antenna)과, 주위의 중계국으로부터 수신 전력을 측정하고, 채널 상태 정보를 추정하며, 간섭 신호 및 잡음 신호 전력의 합을 측정하여 궤환 채널을 통하여 상기 기지국으로 보고하는 이동단말기(Mobile Station)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

## 효 과

- <10> 본 발명에 의하면, 분산 안테나 시스템을 활용하여 이동단말기의 지리적 위치에 따라서 독립적 또는 협조적 전송에 참여할 중계국을 선택적으로 결정함으로써 최적의 전송효율을 내기 위한 중계국을 선택할 수 있고, 제한 채널을 통하여 채널 상태 정보 예측 기술을 적용함으로써 폐 루프 기반의 협조적 전송의 성능을 향상시키는 통신 신호의 품질 향상 및 시스템 전송 용량이 증대되는 효과가 있다.

## 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <11> 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기 설명에서는 구체적인 구성 소자 등과 같은 특정 사항들이 나타나고 있는데 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐 이러한 특정 사항들이 본 발명의 범위 내에서 소정의 변형이나 혹은 변경이 이루어질 수 있음은 이 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다.
- <12> 먼저, 본 발명에서 제시하는 분산 안테나를 활용한 다수의 중계국 간의 협조적 신호 전송 방안으로 다양한 방법들이 모두 적용 가능하나, 개방 루프 기반의 다수의 중계국 간의 협조적 신호 전송 방안으로 STBC(Space Time Block Coding) 방식을, 폐 루프 기반의 다수의 중계국 간의 협조적 신호 전송 방안으로 MRT(Maximum Ratio Transmission) 방식을 일 실시 예로 적용하여 본 발명을 설명한다. 이하 본 발명의 내부 구성을 도시한 구성도와 흐름도를 참조하여 자세히 설명한다.
- <13> 도 1은 본 발명이 적용되는 분산 안테나를 활용한 셀룰러 시스템의 개략적인 일 예시 구성도이다. 도 1에서는 하나에 기지국(Base Station)에 7개의 중계국(Remote Antenna)이 유선으로 연결되어 있는 분산 안테나 시스템을 도시하고 있다.
- <14> 도 1을 참조하면, 하나의 기지국에 7개의 중계국이 유선으로 연결되어 셀을 이루고 있으며, 같은 구조로 이루어진 셀들이 주위에 인접해 있다. 각 중계국 중위의 원으로 표시된 영역은 각각의 중계국이 다른 중계국과 신호 결합을 하지 않고 독립적으로 신호를 전송 할 경우, 전송 가능한 최하의 SINR(Signal to Interference ratio) 값을 포함한 커버리지를 나타낸다. 커버리지와 커버리지 사이에 서로 중복된 영역은 해당 커버리지를 구성하는 중계국 간의 신호 간섭이 심한 영역으로, 중계국 간의 협조적 신호 전송에 의해 큰 채널 품질이 예상되는 지역이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 셀 내에는 다수의 이동단말기가 다양한 위치에 분포하고 있으며, 각각의 이동단말기는 주위의 중계국으로부터의 수신 신호 전력을 측정하고 해당 중계국과 이동단말기 간의 송수신 안테나 간의 채널 상태 정보 값을 추정한다.
- <15> 도 1에서와 같이, 하나의 셀 내에 위치한 특정 이동단말기를 포함하는 중계국 간의 협력적 신호 전송을 수행하며 참여하는 중계국의 개수를 S개로 가정하였을 경우, 다수 중계국의 수신 전력 값 중 상위 S개에 포함되는 중계국들로 결정된다. 중계국들로부터의 수신 전력 값을 크기 순으로 P1, P2 순으로 표기할 때, S개의 중계국이 참여하는 협조적 신호 전송 시 수신 SINR 값은 하기의 수학적식과 같다.

### 수학적식 1

$$\text{SINR}^{(S)} = \frac{f_S(P_1, \dots, P_S)}{\sigma_S^2}$$

<16>

- <17> 수학적식 1에서  $f_S(P_1, \dots, P_S)$  는 S개의 중계국이 협조적으로 신호를 전송 시 수신 신호 전력을 의미하고,  $\sigma_S^2$  은 신호 전송에 참여하는 S개의 중계국을 제외한 셀 내 또는 셀 외부의 중계국으로부터의 간섭 신호 및 잡음 신호 전력의 합을 의미한다. 만약, 여러 중계국으로부터 협력적 신호 전송이 아닌, 하나의 중계국으로부터 독립적 신호 전송을 수행하는 경우에 수신 SINR 값은 하기의 수학적식과 같다.

### 수학적식 2

$$\text{SINR}^{(1)} = \frac{P_1}{\sigma_1^2}$$

<18>

<19> 수학식 2에서 수신 신호 전력은 S가 1이므로  $f1(P1)=P1$ 로 나타낼 수 있고,  $\sigma_s^2$ 은 신호 전송에 참여하는 하나의 중계국을 제외한 셀 내 혹은 셀 외부 중계국으로부터의 간섭 신호 및 잡음 신호 전력의 합을 의미한다. 이하에서 설명되는 두 실시 예에서는 S의 값을 2로 가정하여 설명한다.

<20> 먼저, 개방 루프 기반의 다수의 중계국 간의 협조적 신호 전송을 위한 STBC 방식은 다수의 송신 안테나에서 서로 다른 전송 구간을 사용하여 신호를 전송할 때 송수신 안테나 간의 채널 상태 정보 값이 활용되지 않는 방식이다. 이동단말기에서 측정한 상위 2개의 전력 값을 가지는 제1 중계국과 제2 중계국으로부터 송신된 STBC 신호의 SINR은 제1 중계국 및 제2 중계국과 이동단말기 간의 하향 링크 채널 상태 정보 값과, 제1 중계국 및 제2 중계국을 제외한 셀 내 혹은 셀 외부의 중계국들로부터의 간섭 신호 및 잡음 신호의 합을 이용하여 STBC 복조과정을 거쳐 하기의 수학식을 이용하여 구할 수 있다.

### 수학식 3

$$SINR_{Open} = SINR_{STBC} = \frac{E[|h_1|^2 + |h_2|^2]}{\sigma_s^2} = \frac{P_1 + P_2}{\sigma_s^2}$$

<21>

<22> 수학식 3에서  $h_1$  및  $h_2$ 는 각각 제1 중계국 및 제2 중계국과 이동단말기 간의 하향 링크 채널 상태 정보 값을 의미하고,  $P_1$  및  $P_2$ 는 각각 제1 중계국 및 제2 중계국의 수신 신호 전력을 의미한다.

<23> 다음으로, 폐 루프 기반의 다수의 중계국 간의 협조적 신호 전송을 위한 MRT 방식은 다수의 송신 안테나에서 서로 같은 전송 구간을 사용하여 신호를 전송할 경우, 송수신 안테나 간의 채널 상태 정보 값이 송신 신호 처리에 활용되는 방식이다. MRT 신호의 SINR은 STBC 신호의 SINR에 사용되는 값들 이외에, 폐환 채널을 통하여 보고받은 제1 중계국 및 제2 중계국과 이동단말기 간의 하향 링크 채널 상태 정보 값을 추가로 이용하여 SINR 값을 하기와 같이 구할 수 있다.

### 수학식 4

$$SINR_{Closed} = SINR_{MRT} = \frac{2|h_1 w_1^* + h_2 w_2^*|^2}{\sigma_s^2 (|w_1|^2 + |w_2|^2)}$$

<24>

<25> 수학식 4에서 송신 신호 처리 계수  $w_1$  및  $w_2$ 는 각각 폐환 채널을 통해 보고받은 제1 중계국 및 제2 중계국과 이동단말기 간의 하향 링크 채널 상태 정보 값을 의미한다.

<26> 만약,  $w_1$  및  $w_2$ 가  $h_1$  및  $h_2$ 와 같은 값을 가지는 경우, 수학식 4로 표현된 MRT 방식의 수신신호 SINR 값은 수학식 3에 표현된 STBC의 수신신호 SINR 값보다 2배만큼 더 큰 값을 가지게 되며, 이는 폐 루프 협조적 신호 전송의 하향링크 채널 상태 정보를 활용한 송신신호를 처리하는데 이득으로 작용한다. 하지만, 실제 시변하는 채널의 특성에 의하여 신호 처리 계수가 실제 하향 링크 채널 상태 정보 간에 오차가 발생할 수 있고, 이러한 경우, 송신 신호의 처리 이득은 감소하게 되며, 상기 오차가 특정 값보다 더 커지게 되는 경우에는 오히려 개방 루프 방식의 협조적 신호전송이 폐 루프 방식의 협조적 신호전송보다 더 큰 SINR 값을 가지게 되는 경우가 발생한다. 따라서 두 협조적 전송 방안 중 더 큰 SINR 값을 갖는 방식을 선택하여 사용한다. 본 발명에서 제시하는 개방 루프 기반과 폐 루프 기반의 협조적 전송 방식 간의 전환 조건은  $P_1$  및  $P_2$ 의 평균 전력 값에 따라 변화가 가능하며, 도 2에서 제1 중계국 및 제2 중계국의 평균 수신 신호 전력 값이 같은 경우를 일 예로 도시하였다.

<27> 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 폐 루프 및 개방 루프 기반의 협조적 전송 방식 간의 우세 영역을 나타낸 그래프이다. 도 2에 도시된 바와 같이 해당 SINR의 값에 따라서 선택적으로 개방 루프 또는 폐 루프 기반의 협조적 전송 방식을 선택하여 이득을 극대화 할 수 있다. 도 2에서 세로축을 신호 처리 계수  $w$ 와 하향링크 채널 상태 정보 값  $h$  간의 상관도  $\rho$ 로 정의하고, 가로축을  $1/\sigma_s^2$ 을 의미하는  $g$ 로 정의하여 두 파라미터에 의한 STBC 및 MRT 전송 방식 간의 전송 효율이 높은 조건을 제시한다. 상관도는 하기의 수학식을 이용하여 구할 수 있다.

### 수학식 6

$$\rho = \frac{E[h w^*]}{\sigma_h \sigma_w}$$

<28>

<29>

상기에서는 협조적 신호 전송을 위하여 참여한 중계국의 수를 2로 한정하였으나, 평균 대역폭 효율을 구하여 참여할 중계국의 수를 결정할 수 있다. S개의 중계국이 참여하는 협조적 전송 방식에서 평균 대역폭 효율은 하기의 수학식을 이용하여 구할 수 있다.

### 수학식 7

$$\eta^{(S)} = \frac{1}{S} \log_2(1 + SINR^{(S)})$$

<30>

<31>

수학식 7의 대역폭 효율을 이용하여 분산 안테나 시스템 내에 랜덤하게 분포하는 다수개의 이동단말기가 독립적 또는 협조적 신호 전송을 위해 참여할 중계국의 수 S는 하기의 수학식을 이용하여 구할 수 있다.

### 수학식 8

$$S = \arg \max_{i=1, 2, \dots} (\eta^{(i)})$$

<32>

<33>

이상에서 설명한 분산 안테나 시스템의 전송 방안은 독립적 전송, 개방 루프 기반의 협조적 전송 또는 폐 루프 기반의 협조적 전송 중 평균 대역폭 효율이 가장 높은 전송 방식을 선택하여 전송 용량을 증대할 수 있다.

<34>

한편, 채널 정보 값이 같은 값을 가지는 경우, 폐 루프 방식의 수신신호 SINR이 개방 루프 방식의 수신신호 SINR보다 2배만큼 더 큰 값을 가지게 되는 점을 이용하여, 궤환 지연이 존재하는 시스템에서 하향 채널의 시변성을 고려하여 채널 상태 정보를 예측하여 시스템의 오차를 줄여 폐 루프 기반의 협조적 전송을 선택하는 폭을 넓힐 수 있다. 본 발명에서 제안하는 채널 상태 정보 예측 방식으로, 선형 예측(Linear Prediction) 방식 및 최소 평균 제곱 오차(Minimum Mean Squared Error : MMSE) 방식을 일 실시 예로 설명한다.

<35>

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 선형 예측 방식을 사용하여 채널을 예측한 그래프이다. 도 3에서 x축은 시간을 나타내며, y축은 채널 상태 정보 값을 나타낸다. 일반적으로 채널 상태 정보 값은 복소수 값을 가지지만, 본 발명에서는 그 개념을 설명하기 위하여 실수 값을 가지는 것으로 가정하여 설명한다.

<36>

도 3을 참조하면, 선형 예측 방식에서는 N1개의 파일럿 심볼들을 이용하여 추정된 채널 상태 정보들의 평균 값인  $\bar{h}_1$ , N2개의 파일럿 심볼을 이용하여 추정된 채널 상태 정보들의 평균 값인  $\bar{h}_2$ ,  $\bar{h}_1$ 과  $\bar{h}_2$  사이의 간격인 N,  $\bar{h}_2$ 와 예측하고자 하는 채널 상태 정보  $\hat{h}_i$  간의 거리인 M을 이용하여 미래에 전송하게 될 하향 링크 채널 정보를 1차 직선으로 모델링하고, 이를 통하여  $\hat{h}_i, \hat{h}_{i+1}, \hat{h}_{i+2}, \hat{h}_{i+3}$  등을 예측한다. 도 3에 도시된 1차 선형 예측 모델을 생성하는 방법을 설명하면,  $N=N1=N2=Np$ 이고,  $M=1.5Np$ 일 때, DLi의 Np개의 파일럿 심볼들을 이용하여 추정된 채널 상태 정보들의 평균값을 구하고 이를  $\bar{h}_n = \bar{h}_i$  값으로 저장한다. 또한 DLi+1의 Np개의 파일럿 심볼들을 이용하여 추정된 채널상태 정보를 평균값을 구하고 이를  $\bar{h}_{i+1} = \bar{h}_{i+1}$  값으로 저장한다. 계산된  $\bar{h}_i$  및  $\bar{h}_{i+1}$ 는 도 3에 도시된 바와 같이, 프레임의 중간에 위치한 채널 상태 정보 값들로 활용되며, 이를 이용하여 선형 예측 모델의 기울기를 하기의 수학식을 이용하여 구할 수 있다.

### 수학식 9

$$\Delta h = \frac{\bar{h}_{i+1} - \bar{h}_i}{Nt_p}$$

<37>

<38>

수학식 9에서 계산된 선형 예측 모델의 기울기를 이용하여 DLi+3의 p번째 파일럿 위치에서의 하향 링크 채널 상태 정보  $\hat{h}_{i+3,p}$ 를 하기의 수학식을 이용하여 구하면 다음과 같다.

**수학식 10**

$$\hat{h}_{i+3,p} = \bar{h}_{i+1} - \Delta h t_p (M + p)$$

<39>

<40>

이와 같이, 선형 예측 방식은 매우 낮은 이동성을 가지는 이동단말기나 궤환 지연이 작은 프레임 구조에서 활용 시 높은 예측 성능을 기대할 수 있다.

<41>

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 MMSE 방식을 사용하여 채널 예측 방법을 적용한 구성도이다. 도 4는 하향 링크 채널 상태 정보 예측 기술 중 하나로 사용 될 수 있는 MMSE 기준을 적용한 Wiener filtering 채널 예측 방식의 일 실시 예를 나타낸다. 도 4를 매트릭스 형태의 수학식으로 표현하면 하기와 같다.

**수학식 11**

$$h(n) = \mathbf{w}^H \mathbf{h}_d$$

<42>

$$\mathbf{h}_d = [h(n-d) \quad h(n-d-1) \quad \dots \quad h(n-d-(L-1))]^T$$

<43>

<44>

수학식 11에서 H(n)은 예측된 채널 상태 정보 값을 의미하고, W는 Wiener filter 계수를 의미하고, hd는 궤환 채널을 통하여 이동단말기로부터 보고 받은 과거의 하향 링크 채널 정보 값을 의미한다. MMSE criterion을 만족 하는 Wiener filter 계수는  $\mathbf{w} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{p}$  와 같이 결정되며, R 및 p는 하기의 수학식을 통하여 구할 수 있다.

**수학식 12**

$$\mathbf{R}^{-1} = \mathbf{E}[\mathbf{h}_d \mathbf{h}_d^H]$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & r(t_p) & r(2t_p) & \dots & r((L-2)t_p) & r((L-1)t_p) \\ r(t_p) & 1 & r(t_p) & \dots & r((L-3)t_p) & r((L-2)t_p) \\ r(2t_p) & r(t_p) & 1 & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & 1 & r(t_p) & r(2t_p) \\ r((L-2)t_p) & r((L-3)t_p) & r((L-4)t_p) & \vdots & 1 & r(t_p) \\ r((L-1)t_p) & r((L-2)t_p) & r((L-3)t_p) & \dots & r(t_p) & 1 \end{bmatrix}$$

<45>

$$\mathbf{p} = \mathbf{E}[\mathbf{h}_d h(n)^*]$$

$$= \begin{bmatrix} r(dt_p) \\ r((d+1)t_p) \\ \vdots \\ r((d+1)t_p) \\ r((d+L-1)t_p) \end{bmatrix}$$

<46>

<47>

수학식 12에서 r(t)는 하향 링크 채널의 자기 상관 값을 의미한다. 일반적으로 무선 이동통신 채널로 모델링

되는 Rayleigh 페이딩 채널의 자기 상관 함수는  $r(\tau) = J_0(2\pi f_d \tau)$  로 알려져 있고, 수학식 12에서  $J_0$ 는 zero order Bessel function,  $f_d$ 는 도플러 주파수를 의미한다.

<48> 도 4에서 도시된 바와 같이, MMSE 방식은 예측된 채널 상태 정보 값  $h(n)$ 을 필터의 입력으로 케환 시킴으로써  $h(n+1)$ 을 예측하기 위하여 활용되는 방식이다. 즉,  $L=2Np$ 이고, 케환 채널을 통하여 기지국에 보고된  $DLi$ ,  $DLi+1$ 의 채널 상태 정보를 활용하여  $DLi+3$ 의 채널 상태 정보를 예측하는 방법을 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

<49> 우선,  $hd=[hi+1,Np, hi+1,Np-1, \dots, hi,2, hi,1]$ 와 도 5와 같은 Wiener filter를 사용하여  $h(n)=\hat{h}_{i+2,1}$ 을 예측한다. 예측된  $\hat{h}_{i+2,1}$ 을 활용하여  $hd$ 를  $[\hat{h}_{i+2,1}, hi+1,Np, hi+1,Np-1, \dots, hi,2]$ 와 같이 업데이트하고,  $h(n)=\hat{h}_{i+2,2}$ 을 예측한다. 이와 같은 방법을 계속 반복 수행하여  $h(n)=\hat{h}_{i+3,1}, \hat{h}_{i+3,2}, \dots, \hat{h}_{i+3,Np}$ 일 때에는  $hd$ 는  $[\hat{h}_{i+2,Np}, \hat{h}_{i+2,Np-1}, \dots, hi+1,2, hi+1,1], [\hat{h}_{i+3,1}, \hat{h}_{i+2,Np}, \dots, hi+1,3, hi+1,2], \dots, [\hat{h}_{i+3,Np-1}, \hat{h}_{i+2,Np-2}, \dots, \hat{h}_{i+2,1}, hi+1,Np]$ 을 활용하여 예측이 가능하다.

<50> 상기에서 설명한 채널 예측 기법을 통하여 예측된 채널 상태 정보 값과, 케환 지연 후 보고받은 실제 하향 링크 채널 상태 정보 값의 상관도 계산을 통하여 폐 루프 기반과 개방 루프 기반의 협조적 신호 전송 방법 간의 전환 조건을 결정짓는 파라미터로 활용된다. 예측된 채널 상태 정보 값과 실제 하향 링크 채널 상태 정보 값 간의 상관도는 하기의 수학식으로 결정된다.

### 수학식 13

$$\hat{\rho} = \frac{E[h \hat{h}^*]}{\sigma_h \sigma_{\hat{h}}}$$

<51> 수학식 13에서 상관도의 값이 1에 가까울수록 채널 예측 기법의 정확도가 높음을 의미한다. 예측된 채널 상태 정보 값과 실제 하향 링크 채널 상태 정보 값 간의 상관도  $\hat{\rho}$ 를 활용하여 폐 루프 기반과 개방 루프 기반 중 하나를 결정하게 된다. 즉 도 2에서 설명되었던 협조적 방식 전환의 두 가지 조건으로  $(r, \rho)$ 를 사용하는 대신 채널 예측을 통해 도출한  $(r, \hat{\rho})$ 을 통하여 폐 루프 혹은 개방 루프 협조적 전송 방식을 결정할 수 있다. 채널 예측의 정확도가 높은 경우에는  $\rho$  대비  $\hat{\rho}$  값이 크므로, 결과적으로 폐 루프 기반의 협조적 전송 방식이 우세한 영역이 증가하는 효과가 있으며, 이를 통하여 분산 안테나 시스템의 전체적인 전송 용량 증대 효과를 기대할 수 있다. 하기의 채널 예측 기법을 이용하여 신호 전송 방법을 선택하는 과정을 하기의 흐름도를 이용하여 나타내었다.

<53> 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 예측 기법을 이용하여 신호 전송 방법을 선택하는 과정을 나타낸 흐름도이다.

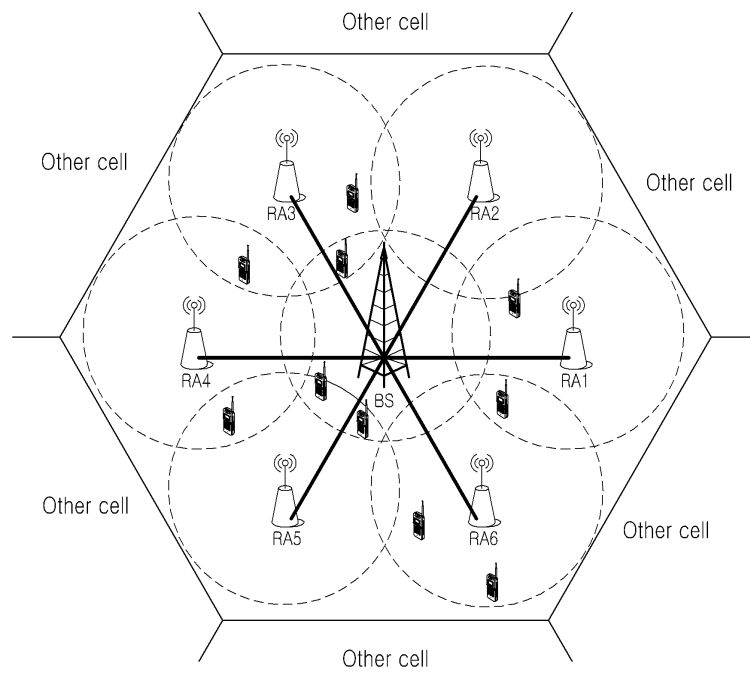
<54> 도 5를 참조하면, 501단계에서 중계국과 이동단말기 간의 채널 상태 정보 값을 획득하여 케환 채널을 통해 기지국에 그 값을 보고하게 된다. 503단계에서는 채널 상태 정보 값을 획득하는데 참여한 중계국을 제외한 다른 간섭 신호 성분 및 잡음 성분 신호의 합을 케환 채널을 통하여 기지국에 보고한다. 505단계에서 채널 상태 정보를 예측하게 되는데, 여기에서 상기에 설명하였던 MMSE 방식, 선형 예측 방식 또는 다른 예측 방식을 이용하여 채널 상태 정보를 예측할 수 있다. 507단계에서 채널 상태 정보를 획득하는데 참여한 중계국이 하나인지 다수인지를 여부를 확인한다. 만약, 중계국이 하나라면 517단계로 진행하여 인접 중계국과의 협조적 전송 없이 해당 중계국만을 사용하여 독립적 신호를 전송한다. 만약, 중계국이 하나가 아닌 다수라면, 509단계로 진행하여 폐 루프 기반의 협조적 전송 방식의 SINR 값과 개방 루프 기반의 협조적 전송 방식의 SINR 값을 비교한다. 이 비교에 의해서, 개방 루프 기반의 SINR 값이 더 크다면, 511단계로 진행하여, 개방 루프 기반의 협조적 신호를 전송하고, 폐 루프 기반의 SINR 값이 더 크다면, 513단계로 진행하여 폐 루프 기반의 협조적 신호를 전송한다. 515단계에서 추가 전송의 필요하다면, 본 흐름도의 처음으로 돌아가 신호 전송을 수행하고, 추가 전송이 필요하지 않

다면, 본 흐름도를 종료한다.

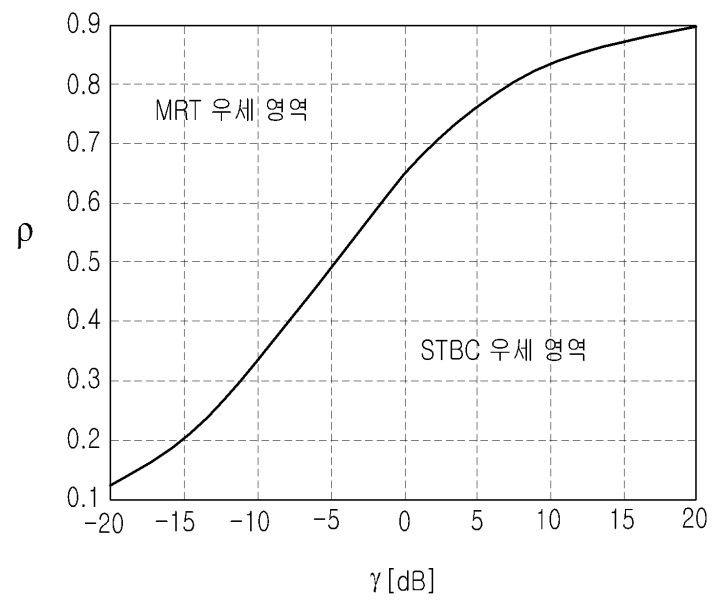
- <55> 상기에서 설명된 바와 같이, 본 발명의 채널 예측 방법은 파일럿 심볼 기반의 어떠한 프레임구조에서도 적용 가능하며, 하향 링크와 상향 링크가 서로 다른 시간 전송 구간을 사용하는 TDD 방식 및 서로 다른 주파수 전송 구간을 사용하는 FDD 방식에도 적용 가능하다.
  - <56> 또한, 상관도  $\hat{\rho}$  는 채널 예측 방식의 정확도를 향상하기 위한 방법으로 관련 파라미터를 조절하기 위해서 사용될 수도 있다. 예를 들어, 선형 예측 방식을 사용할 경우, 상관도  $\hat{\rho}_i$ 에 따라서 채널 추정을 위하여 사용할  $N_1, N_2, N, M$ 의 크기를 적응적으로 변화시킬 수 있으며, MMSE 방식을 사용할 경우에도 상관도  $\hat{\rho}$ 에 따라서 채널 추정을 위해 사용할 필터 길이에 해당하는  $L$ 의 크기를 적응적으로 변화시킴으로써 채널 예측 성능을 향상시킬 수 있다. 하기에 채널 예측 기법을 수행하였을 경우를 일 실시 예로 나타내었다.
  - <57> 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 상태 정보 예측 적용 여부에 따른 대역폭 효율을 도시한 그래프이다. 도 5에서는 채널 예측이 이상적으로 수행되었을 때와 채널 예측이 수행되지 않았을 때, 페 루프 기반의 협조적 전송 방식 중 하나인 MRT 전송 기법의 성능을 대역폭 효율로 도시하고 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 중간 값에서 약 0.25bps/Hz의 전송 용량 이득을 확인할 수 있다.
  - <58> 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 상태 정보 예측 기법 적용 시 페 루프 및 개방 루프 기반의 협조적 전송 방식 간의 우세 영역을 나타낸 그래프이다. 도 6에서는 채널 예측을 적용하지 않았을 경우를 도시한 도 2를 동시에 도시하였다.
  - <59> 도 7을 참조하면, 성능 평가를 위하여 MMSE 필터의 길이를  $L=1000$ 으로 설정하였고, 선형 필터의 파라미터는  $N_1=N_2=N=500$  및  $M=750$ 으로 설정하였다. 도 6에 도시된 바와 같이 MMSE 방식을 사용할 경우,  $\rho=0.5$  지점에서 페 루프 기반인 MRT의 우세 영역이 약  $r=7\text{dB}$ 까지 확대됨을 알 수 있고, 선형 예측 방식을 사용할 경우,  $r=3\text{dB}$ 까지 확대됨을 알 수 있다. 즉, 하향 링크 채널 상태 정보 예측 기술을 적용함으로써 페 루프 기반의 전송 모드의 성능을 향상시킬 수 있고, 페 루프 기반 전송 모드의 우세 영역이 확대되었으므로, 전체적인 시스템의 전송 용량이 증가한 것임을 알 수 있다.
  - <60> 상기와 같이 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 안테나 시스템에서 전송 용량 증대 장치 및 방법의 구성 및 동작이 이루어질 수 있으며, 한편 상기한 본 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나 여러 가지 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 실시될 수 있다. 따라서 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 의하여 정할 것이 아니고 청구범위와 청구범위의 균등한 것에 의하여 정하여져야 할 것이다.
- 도면의 간단한 설명**
- <61> 도 1은 본 발명이 적용되는 분산 안테나를 활용한 셀룰러 시스템의 개략적인 일 예시 구성도
  - <62> 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 페 루프 및 개방 루프 기반의 협조적 전송 방식 간의 우세 영역을 나타낸 그래프
  - <63> 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 선형 예측 방식을 사용하여 채널을 예측한 그래프
  - <64> 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 MMSE 방식을 사용하여 채널 예측 방법을 적용한 구성도
  - <65> 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 예측 기법을 이용하여 신호 전송 방법을 선택하는 과정을 나타낸 흐름도
  - <66> 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 상태 정보 예측 적용 여부에 따른 대역폭 효율을 도시한 그래프
  - <67> 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 채널 상태 정보 예측 기법 적용 시 페 루프 및 개방 루프 기반의 협조적 전송 방식 간의 우세 영역을 나타낸 그래프

도면

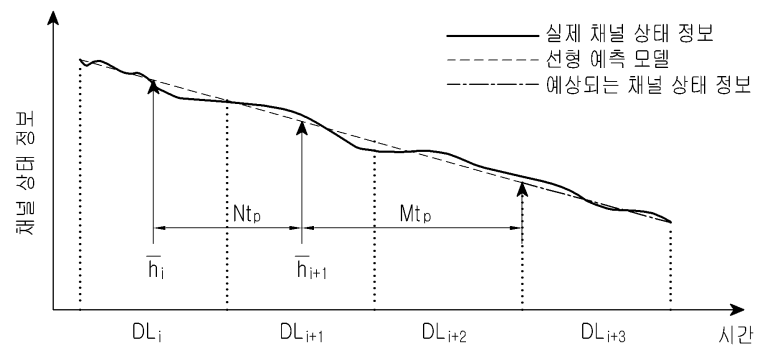
도면1



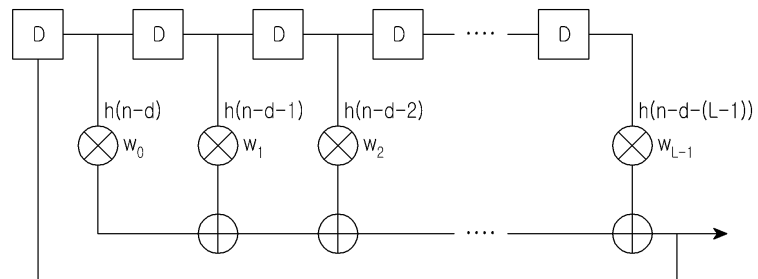
도면2



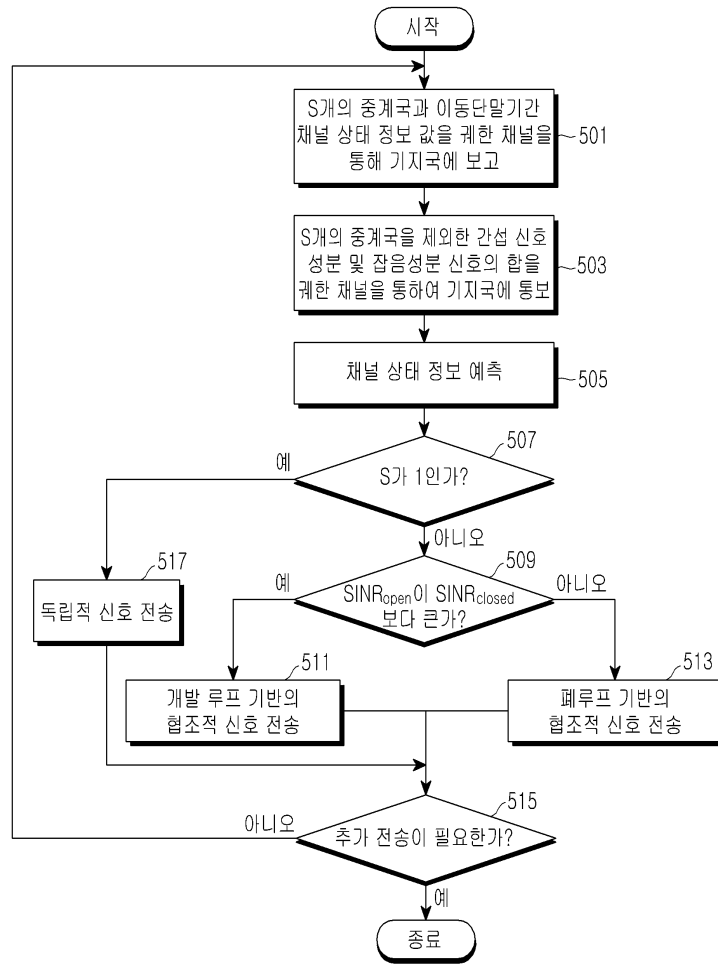
도면3



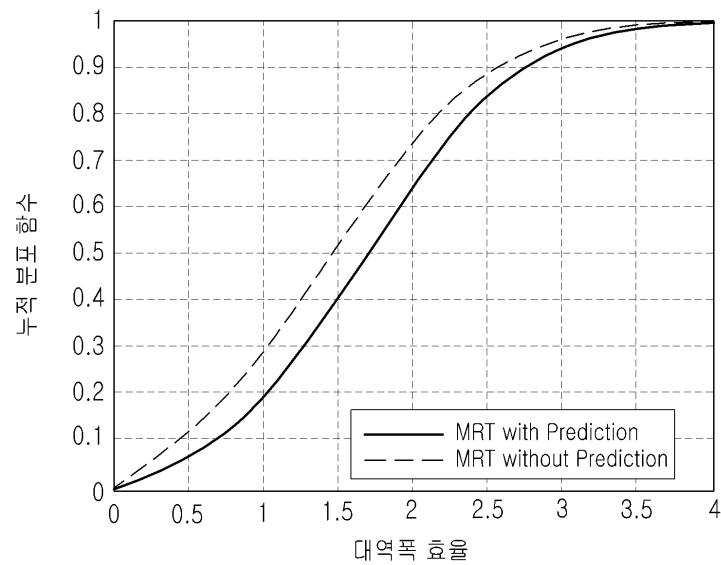
도면4



도면5



도면6



도면7

