



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0100177
(43) 공개일자 2009년09월23일

(51) Int. Cl.

H04L 27/26 (2006.01) H04L 5/22 (2006.01)

H04B 7/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0025620

(22) 출원일자 2008년03월19일

심사청구일자 2008년03월19일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

정재학

서울 서초구 서초2동 무지개아파트 3동 1207호

권양수

서울 구로구 신도림동 e편한세상대림7차아파트
804동 1702호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인태동

전체 청구항 수 : 총 3 항

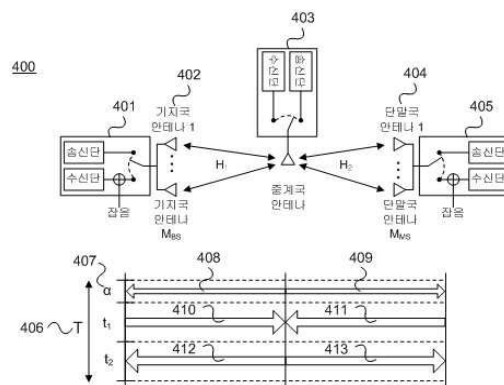
(54) 중계국 기반의 무선통신환경에서의 시역전 방법을 이용한양방향 부호화 방법

(57) 요약

본 발명은 셀 외곽에 위치한 단말기와 기지국의 데이터 교환을 지원하기 위한 중계국(Relay Station) 기반의 무선통신시스템에서 시역전 방법(Time Reversal Mirror)을 이용한 양방향 부호화 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 (1) 중계국에서 기지국과 단말국에 탐침신호(Probe Source)를 전송하는 제1 단계; (2) 상기 기지국과 상기 단말국에서, 상기 제1 단계에 의해 수신된 탐침신호를 이용하여 시간에 따른 각 채널 상태 정보(Channel State Information)를 저장하고, 데이터를 시역전시켜 상기 중계국에 송신하는 제2 단계; (3) 상기 중계국에서, 상기 제2 단계에 의해 수신된 상기 기지국과 상기 단말국의 시역전된 데이터를 전력 정규화(Power Normalization) 후 상기 기지국과 상기 단말국에 재전송하는 제3 단계; 및 (4) 상기 기지국과 상기 단말국에서, 상기 제2 단계에서 송신한 데이터를 이용하여 상기 기지국과 상기 단말국에서 상기 제3 단계에 의해 수신된 신호를 복호화하는 제4 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명의 양방향 부호화 방법에 따르면, 기지국과 단말국이 채널 상태를 이용한 전치 필터를 사용함으로써, 중계국의 채널 추정이 불필요해 중계국 기반의 무선이동통신 시스템에서의 중계국의 복잡도를 감소시킬 수 있다. 또한, 중계국이 기지국과 단말국의 신호를 전송함에 있어, 중계국에 별도의 신호처리과정 없이 기지국과 단말국의 신호를 동시에 송수신함으로써, 기존의 방법보다 데이터 전송 시간을 단축해 시스템의 용량을 대폭 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

김석현

전남 여주시 학동 6-1

김현수

충남 논산시 내동 동신아파트 101동 402호

특허청구의 범위

청구항 1

셀 외곽에 위치한 단말국과 기지국의 데이터 교환을 지원하기 위한 중계국(Relay Station) 기반의 무선통신시스템에서 시역전 방법(Time Reversal Mirror)을 이용한 양방향 부호화 방법으로서,

- (1) 중계국에서 기지국과 단말국에 탐침신호(Probe Source)를 전송하는 제1 단계;
- (2) 상기 기지국과 상기 단말국에서, 상기 제1 단계에 의해 수신된 탐침신호를 이용하여 시간에 따른 각 채널 상태 정보(Channel State Information)를 저장하고, 데이터를 시역전시켜 상기 중계국에 송신하는 제2 단계;
- (3) 상기 중계국에서, 상기 제2 단계에 의해 수신된 상기 기지국과 상기 단말국의 시역전된 데이터를 전력 정규화(Power Normalization) 후 상기 기지국과 상기 단말국에 재전송하는 제3 단계; 및
- (4) 상기 기지국과 상기 단말국에서, 상기 제2 단계에서 송신한 데이터를 이용하여 상기 기지국과 상기 단말국에서 상기 제3 단계에 의해 수신된 신호를 복호화하는 제4 단계

를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 단계는, 탐침신호에 의해 수신된 시간 영역의 채널 상태를 저장하고, 시간 영역에서 역전시켜 데이터와 컨볼루션(convolution) 연산 후 상기 중계국에 송신하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제4 단계는, 각각의 채널 상태 정보를 측정하고 측정된 상기 각각의 채널 상태 정보를 이용하여 상기 중계국으로부터의 수신 신호의 채널 값을 보정한 후, 자신의 신호를 제외한 나머지 신호를 이용하여 신호를 복호화하는 단계를 더 포함하는 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 양방향 부호화 방법에 관한 것으로서, 시역전 방법(Time Reversal Mirror)을 적용한 중계국 기반 시스템에서 중계국의 복잡도를 감소시키고 동시에 시스템의 용량을 향상시킬 수 있는 양방향 부호화 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 도 1은 본 발명이 적용될 수 있는 중계국 기반의 무선통신환경을 나타내는 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 무선통신시스템에서 셀 영역(101) 바깥이나 음영지역과 같이 단말국(104)이 기지국(102)의 신호를 직접 수신하지 못하는 경우, 단말국(104)의 서비스 품질을 향상시키기 위하여 중계국(103)이 사용된다. 즉, 중계국(103)을 사용함으로써 단말국(104)의 용량 향상이나 비트 오류율 성능 향상을 통한 데이터의 안정적인 전송 효과를 얻을 수 있다. 중계국 도입에 따른 안정적인 데이터 전송 성능의 향상을 위해 중계국이 기지국의 신호를 수신한 후 단말국에 송신하는 방법에는, 증폭 후 전달(Amplify and Forward) 방법과 복호 후 전달(Decode and Forward) 방법이 있다. 증폭 후 전달 방법은 중계국이 기지국으로부터 수신한 신호의 전력을 중계국 송신 전력으로 증폭 후 단말국에 전달하는 방법이다. 그러나 이 방법은 중계국에서 신호의 전력을 증폭하는 과정에서 잡음도 함께 증폭되는 단점이 있다. 복호 후 전달 방법은 기지국의 신호를 중계국이 복호화하고 이를 다시 부호화하여 단말국에 재송신하는 방법이다. 이는 증폭 후 전달 방법에 비하여 데이터 전송의 안정성은 높으나, 신호를 복호 후 다시 부호화를 하기 때문에 중계국의 복잡도가 높아지는 단점이 있다.
- <3> 도 2는 시역전 방법(Time Reversal Mirror)을 나타내는 도면이다. 시역전 방법에서는, 1개의 안테나(204)를 가

진 수신기(205)가 M_t 개의 안테나(202)를 가진 송신기(201)로부터 데이터를 수신하기 전에, 송신기가 채널 상태 정보(Channel State Information)를 측정할 수 있도록 송신기의 k 번째 수신 안테나(204)를 통해 탐침신호(Probe Source) $s(t)$ 를 t 시간 동안 채널(203) $h_k(t)$ 를 통해 전송한다. 송신기(201)의 각 안테나(202)는 P 개의 다중 경로를 통해 수신되며 이는 다음의 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있으며, 주파수 영역 표현으로 변환하면 다음 수학적 식 2와 같이 표현될 수 있다. 이는 시간 영역에서의 컨볼루션 연산이 주파수 영역에서는 곱으로 표현될 수 있기 때문이다.

수학적 식 1

<4>

$$y_k(t) = h_k(t) \otimes s(t)$$

수학적 식 2

<5>

$$Y_k(w) = H_k(w) S(w)$$

<6>

채널의 임펄스 응답에 해당하는 $h_k(t)$ 는 P 개의 다중 경로에 의한 성분을 포함하며 다음의 수학적 식 3 및 4로 표현된다.

수학적 식 3

<7>

$$h_k(t) = \sum_{p=1}^P h_{k,p}(t)$$

수학적 식 4

<8>

$$H_k(w) = \sum_{p=1}^P H_{k,p}(w)$$

<9>

송신기의 k 번째 수신 안테나는 측정된 신호 $y_k(t)$ 를 시간 반전시킨 $y_k(-t)$ 을 동일 채널(206)을 통해 재전송한다. 이때, 수신기에서 수신된 시간 영역의 신호는 다음의 수학적 식 5와 같이 표현될 수 있으며, 이를 주파수 영역 표현으로 고치면 다음 수학적 식 6과 같다.

수학적 식 5

<10>

$$z(t) = s(-t) \otimes \sum_{k=1}^K h_k(t) \otimes h_k(-t)$$

수학적 식 6

<11>

$$\begin{aligned} Z(w) &= S^*(w) \sum_{k=1}^K H_k(w) H_k^*(w) \\ &= S^*(w) \sum_{k=1}^K |H_k(w)|^2 \end{aligned}$$

<12>

상기 수학적 식 6에서 $()^*$ 는 켤레 복소수를 나타낸다. 수학적 식 6에서, 주파수 상에서 수신된 신호의 성분인

$$\sum_{k=1}^K |H_k(w)|^2$$

는 임의의 실수로서 공간 다중 경로에 의한 송신 다이버시티 이득 및 안테나 배열을 의미한다. 이는 송신기에서 채널 정보를 알고 통신을 하는 경우와 동일한 효과를 얻는다. 이러한 이득을 통한 수신 신호 대 잡음비 증가는 비트 오류율 성능을 향상시킬 뿐만 아니라 무선 채널 용량을 증가시킬 수 있다.

- <13> 도 3은 중계국 기반의 기존의 무선통신환경에서 기지국과 단말국 사이에서 중계국을 통한 데이터의 교환 흐름을 나타내는 도면이다. 먼저, 기지국(301)은 기지국의 안테나(302)로부터 중계국(303)에게 데이터를 T/4 시간 동안 송신한다(308). 다음 단계로, 상기 기지국(301)의 신호를 수신한 중계국(303)은 기지국(301)의 신호를 다시 단말국(305)에 동일한 T/4 시간 동안 송신함으로써 단말국은 기지국의 데이터를 얻게 된다(309). 마찬가지로, 단말국(305)은 중계국(303)에 신호를 송신하고(310), 중계국(303)은 다시 기지국(301)에 재송신함으로써(311) 기지국과 단말국은 서로 데이터를 교환할 수 있다. 이때, 전체 시간은 T가 된다. 그러나 기지국, 단말국 및 중계국은 하나의 국이 신호를 송신할 경우 다른 국은 간섭을 피하기 위하여 신호를 송신할 수 없기 때문에, 기존의 시스템은 동일한 T 시간 동안 데이터를 전송할 수 없다. 또한 기지국과 단말국이 동시에 중계국에 신호를 전송하더라도 중계국은 두 국의 신호를 동시에 복호화해야 하므로 복잡한 간섭제거 기술이나 다중 안테나를 적용해야 하는 단점이 있다. 그러므로 중계국의 복잡도를 최소화함과 동시에 기지국, 중계국 및 단말국의 적절한 송신 순차를 통해 시스템의 안정적인 데이터 전송과 채널 용량 향상을 도모해 볼 필요성이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <14> 본 발명은, 상기와 같은 필요성 인식 및 문제점 해결을 위해 제안된 것으로서, 시역전 방법을 중계국 기반의 무선이동통신 시스템에 적용함으로써 기지국과 단말국이 채널 상태를 이용한 전치 필터를 사용하는 것에 의해 중계국의 채널 추정기 불필요해 중계국 기반의 무선이동통신 시스템에서의 중계국의 복잡도를 감소시킬 수 있는 양방향 부호화 방법을 제안하는 것을 그 목적으로 한다.
- <15> 또한 본 발명은, 중계국이 기지국과 단말국의 신호를 전송함에 있어, 중계국에 별도의 신호처리과정 없이 기지국과 단말국의 신호를 동시에 송수신함으로써, 기존의 방법보다 데이터 전송 시간을 단축해 시스템의 용량을 향상시키는 방법을 제안하는 것을 그 또 다른 목적으로 한다.

과제 해결수단

- <16> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 양방향 부호화 방법은,
- <17> 셀 외곽에 위치한 단말국과 기지국의 데이터 교환을 지원하기 위한 중계국(Relay Station) 기반의 무선통신시스템에서 시역전 방법(Time Reversal Mirror)을 이용한 양방향 부호화 방법으로서,
- <18> (1) 중계국에서 기지국과 단말국에 탐침신호(Probe Source)를 전송하는 제1 단계;
- <19> (2) 상기 기지국과 상기 단말국에서, 상기 제1 단계에 의해 수신된 탐침신호를 이용하여 시간에 따른 각 채널 상태 정보(Channel State Information)를 저장하고, 데이터를 시역전시켜 상기 중계국에 송신하는 제2 단계;
- <20> (3) 상기 중계국에서, 상기 제2 단계에 의해 수신된 상기 기지국과 상기 단말국의 시역전된 데이터를 전력 정규화(Power Normalization) 후 상기 기지국과 상기 단말국에 재전송하는 제3 단계; 및
- <21> (4) 상기 기지국과 상기 단말국에서, 상기 제2 단계에서 송신한 데이터를 이용하여 상기 기지국과 상기 단말국에서 상기 제3 단계에 의해 수신된 신호를 복호화하는 제4 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.
- <22> 바람직하게는, 상기 제2 단계는, 탐침신호에 의해 수신된 시간 영역의 채널 상태를 저장하고, 시간 영역에서 역전시켜 데이터와 컨볼루션(convolution) 연산 후 상기 중계국에 송신하는 단계를 더 포함한다.
- <23> 바람직하게는, 상기 제4 단계는, 각각의 채널 상태 정보를 측정하고 측정된 상기 각각의 채널 상태 정보를 이용하여 상기 중계국으로부터의 수신 신호의 채널 값을 보정한 후, 자신의 신호를 제외한 나머지 신호를 이용하여 신호를 복호화하는 단계를 더 포함한다.

효과

- <24> 본 발명의 양방향 부호화 방법에 따르면, 기지국과 단말국이 채널 상태를 이용한 전치 필터를 사용함으로써, 중

계국의 채널 추정치 불필요해 중계국 기반의 무선이동통신 시스템에서의 중계국의 복잡도를 감소시킬 수 있다.

<25> 또한, 중계국이 기지국과 단말국의 신호를 전송함에 있어, 중계국에 별도의 신호처리과정 없이 기지국과 단말국의 신호를 동시에 송수신함으로써, 기존의 방법보다 데이터 전송 시간을 단축해 시스템의 용량을 대폭 향상시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<26> 이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명에 따른 실시예에 대하여 상세하게 설명하기로 한다.

<27> 본 발명은 중계국의 데이터 전송과 관련하여, 시분할 복신(Time Division Duplexing; TDD) 시스템의 프레임을 통해 중계국이 단말국과 기지국으로 전송하는 방법을 기반으로 하고 있다. 본 발명은, 기지국과 단말국 사이의 데이터를 교차 전송하기 위해 중계국을 적용한 시스템에서 기존의 기지국에서 중계국으로, 중계국에서 단말국으로 데이터를 전송하고, 마찬가지로 반대의 과정을 반복하는 종래의 시스템과 달리, 실제 데이터가 전송되기 전 중계국이 기지국과 단말국에 탐침신호를 전송한 후 이를 전치 필터로 이용해 각 국은 중계국에 데이터를 전송하고 중계국은 수신된 데이터의 전력 정규화 후 재전송하도록 구성된다. 기지국과 단말국에 사용되는 채널의 시역전된 값을 이용한 전치 필터는, 중계국에서 송신한 탐침신호에 의해 근거하여 계산된다. 계산된 전치 필터를 이용하여 기지국과 단말국은 중계국에 신호를 송신하고, 이를 수신한 중계국은 전력 조절 후 재 송신하여 기지국과 단말국은 서로 데이터를 교환한다.

<28> 본 발명의 일 실시예는, 도 1과 같은 중계국 기반의 무선통신환경에 대하여, 중계국이 데이터를 중계하기 전에 시역전 방법을 이용해 기지국과 단말국의 양방향 부호화 방법을 적용하도록 구현할 수 있다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 시역전 방법을 이용한 양방향 부호화 방법을 나타내는 도면이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예가 구현된 시스템(400)에서, 기지국(401)은 M_{BS} 개의 송수신 안테나(402)에서 송신 전력 P_{BS} 와 평균이 0이고 분산이 σ_n^2 인 복소 가우시안 랜덤 잡음으로 구성되어 있다. 마찬가지로 단말국(405)도 M_{MS} 개의 송수신 안테나(404)로 구성되어 있으며 송신 전력 P_{MS} 와 상기의 복소 가우시안 랜덤 잡음으로 구성된다. 또한, 중계국(403)은 한 개의 안테나를 가지며 송신 전력은 P_{RS} 로 나타낸다.

<29> 도 4에 도시된 바와 같이, 중계국(403)은 기지국(401)과 단말국(405)의 데이터를 교차 전송하게 된다. 중계국(403)은 기지국(401)과 단말국(405)이 각각의 데이터를 송신하기에 앞서, 시간 α (407)동안 탐침신호 $s(t)$ 를 송신한다. 상기 탐침신호 $s(t)$ 는 각각 서로 독립적인 무선 채널 $\mathbf{h}_1(t) = [h_{11} \ h_{12} \ \dots \ h_{1M_{BS}}]^T$ 과 $\mathbf{h}_2(t) = [h_{21} \ h_{22} \ \dots \ h_{2M_{MS}}]^T$ 을 통해 기지국(401)과 단말국(405)에 수신된다. h_{ij} 에서 $i = 1$ 은 기지국을 나타내고 $i = 2$ 는 단말국을 나타낸다. 그리고 j 는 각 국에서의 수신 안테나의 인덱스를 나타내며, 이하의 설명에서 탐침신호를 나타내는 $s(t)$ 는 이상적 임펄스 신호로 가정하였다. 따라서 각 국에서 수신하는 시간 영역에서의 탐침신호는 다음의 수학적 식 7 및 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 7

<30>
$$\mathbf{y}_1(t) = \mathbf{h}_1(t)$$

수학적 식 8

<31>
$$\mathbf{y}_2(t) = \mathbf{h}_2(t)$$

<32> 상기 수학적 식 7 및 8에서 다중 채널을 통해 수신되는 신호는 컨볼루션으로 표현할 수 있으며, $\mathbf{y}_1(t) = [y_{11} \ y_{12} \ \dots \ y_{1M_{BS}}]^T$ 는 기지국에서의 수신신호, $\mathbf{y}_2(t) = [y_{21} \ y_{22} \ \dots \ y_{2M_{MS}}]^T$ 는 단말국에서의 수신신호를 각각 나타낸다. 상기 수학적 식 7 및 8을 주파수 영역으로 표현하면 다음의 수학적 식 9와 10과 같다.

수학적 식 9

<33>
$$\mathbf{Y}_1(w) = \mathbf{H}_1(w)S(w)$$

수학식 10

<34>

$$\mathbf{Y}_2(w) = \mathbf{H}_2(w) S(w)$$

<35>

상기 수학식 9 및 10에서, $Y_1(w)$ 와 $Y_2(w)$ 는 기지국과 중계국에서의 주파수 영역 수신신호를 나타내며, 시간 영역에서의 컨볼루션은 주파수 영역에서의 곱과 같다. 상기의 수학식 9 및 10은 라디오 주파수 대역(Radio Frequency)에서 신호처리가 이루어지기 때문에, 저잡음증폭기(LNA: Low Noise Amplifier)를 거치지 않으므로 잡음이 더해지지 않는다.

<36>

기지국과 단말국은 상기의 수학식 9와 10을 수신하고 이를 시역전 시킨 후 각자의 신호와 함께 중계국에 이를 재송신하게 되며 중계국은 두 신호를 동시에 수신한다. 이는 시간 영역에서 수학식 11과 같이 표현할 수 있고, 주파수 영역에서는 수학식 12와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 11

<37>

$$\mathbf{y}_{RS}(t) = \frac{P_1}{\sqrt{M_{BS}}} \mathbf{h}_1(t) \otimes \mathbf{h}_1(-t) \otimes x_1(t) + \frac{P_2}{\sqrt{M_{MS}}} \mathbf{h}_2(t) \otimes \mathbf{h}_2(-t) \otimes x_2(t)$$

수학식 12

<38>

$$\begin{aligned} \mathbf{Y}_{RS}(w) &= \frac{P_1}{\sqrt{M_{BS}}} \mathbf{H}_1(w) \mathbf{H}_1^*(w) X_1(w) + \frac{P_2}{\sqrt{M_{MS}}} \mathbf{H}_2(w) \mathbf{H}_2^*(w) X_2(w) \\ &= \frac{P_1}{\sqrt{M_{BS}}} \|\mathbf{H}_1(w)\|^2 X_1(w) + \frac{P_2}{\sqrt{M_{MS}}} \|\mathbf{H}_2(w)\|^2 X_2(w) \end{aligned}$$

<39>

상기 수학식 11 및 12에서 $\|\cdot\|$ 는 놈(Norm)을 나타내며, P_1 과 P_2 는 기지국과 단말국의 송신 전력을 나타낸다. 기지국과 단말국은 송신 전력 제한(Power Constraint)을 만족하기 위해 송신 안테나의 개수에 따라 송신 전력을 할당한다. $\mathbf{h}_1(-t)$ 와 $\mathbf{h}_2(-t)$ 는 기지국과 단말국의 수신 신호를 시역전 시킨 값을 나타내며, 이는 원래의 무선채널을 통해 다시 중계국으로 송신하게 되므로 상기 두 수학식과 같이 나타낼 수 있다.

<40>

상기 수학식 11 및 12에서 수신된 신호는 중계국의 송신 전력(P_{RS})에 의해 정규화 되어 송신될 필요가 있으며, 이를 고려하여 중계국은 수신 신호를 기지국과 단말국에 재송신하게 된다. 중계국에서 재송신된 신호는 기지국과 단말국에 수신되며, $z_1(t)$ 과 $z_2(t)$ 로서 시간 영역에서 나타내면 다음의 수학식 13 및 14로 나타낼 수 있다.

수학식 13

<41>

$$\mathbf{z}_1(t) = \mathbf{h}_1(t) \otimes \frac{P_{RS} \mathbf{y}_{RS}(t)}{\|\mathbf{y}_{RS}(t)\|^2} + \sigma_1^2 \mathbf{n}_1(t)$$

수학식 14

<42>

$$\mathbf{z}_2(t) = \mathbf{h}_2(t) \otimes \frac{P_{RS}}{\|\mathbf{y}_{RS}(t)\|^2} + \sigma_2^2 \mathbf{n}_2(t)$$

<43>

수학식 13 및 14에서 $\mathbf{n}_1(t) = [n_{11} \ n_{12} \ \cdots \ n_{1M_{BS}}]^T$ 과 $\mathbf{n}_2(t) = [n_{21} \ n_{22} \ \cdots \ n_{2M_{MS}}]^T$ 는 중계국의 신호를 수신하면서 더해지는 기지국과 단말국의 잡음을 나타낸다. 상기 수학식 13 및 14는 주파수 영역으로 변환하면 다음의 수학식 15 및 16과 같이 표현된다.

수학식 15

$$\mathbf{Z}_1(w) = \mathbf{H}_1(w) \frac{P_{RS} \mathbf{Y}_{RS}(w)}{\|\mathbf{Y}_{RS}(w)\|^2} + \sigma_1^2 \mathbf{N}_1(w)$$

<44>

수학식 16

$$\mathbf{Z}_2(w) = \mathbf{H}_2(w) \frac{P_{RS} \mathbf{Y}_{RS}(w)}{\|\mathbf{Y}_{RS}(w)\|^2} + \sigma_2^2 \mathbf{N}_2(w)$$

<45>

<46>

상기 수학식 15를 참조하면, 기지국은 탐침신호 수신단계에서 중계국과 기지국 사이의 채널 값 $h_1(t)(H_1(w))$ 을 측정하였고, 단말기에 전송해야 하는 데이터 $x_1(t)(X_1(w))$ 을 알고 있다. 또한 단말국도 단말국과 중계국 사이의 채널 값 $h_2(t)(H_2(w))$ 과 기지국에 전송해야 하는 데이터 $x_2(t)(X_2(w))$ 을 알고 있다. 따라서 기존의 채널 값과 전송한 데이터를 이용하여 기지국과 단말국이 수신 신호에서 송신 신호를 제거함으로써 해당하는 데이터를 복호화할 수 있고 시간 영역에서 다음의 수학식 17 및 18을 통해 복호화할 수 있다.

수학식 17

$$\begin{aligned} \hat{x}_2(t) &= \mathbf{h}_1^{-1}(t) \mathbf{z}_1(t) - \frac{\frac{P_{RS} P_1}{\sqrt{M_{BS}}} \|\mathbf{h}_1(t)\|^2 x_1(t)}{\|\mathbf{y}_{RS}(t)\|^2} \\ &= \frac{P_{RS} P_2}{\sqrt{M_{MS}}} \frac{\|\mathbf{h}_2(t)\|^2 x_2(t)}{\|\mathbf{y}_{RS}(t)\|^2} + \mathbf{h}_1^{-1}(t) \sigma_1^2 \mathbf{n}_1(t) \end{aligned}$$

<47>

수학식 18

$$\begin{aligned} \hat{x}_1(t) &= \mathbf{h}_2^{-1}(t) \mathbf{z}_2(t) - \frac{\frac{P_{RS} P_2}{\sqrt{M_{MS}}} \|\mathbf{h}_2(t)\|^2 x_2(t)}{\|\mathbf{y}_{RS}(t)\|^2} \\ &= \frac{P_{RS} P_1}{\sqrt{M_{BS}}} \frac{\|\mathbf{h}_1(t)\|^2 x_1(t)}{\|\mathbf{y}_{RS}(t)\|^2} + \mathbf{h}_2^{-1}(t) \sigma_2^2 \mathbf{n}_2(t) \end{aligned}$$

<48>

<49>

상기 설명된 본 발명과 종래 기술의 용량을 비교하여 성능 향상을 알아보기 위해 종래 기술의 용량과 본 발명의 용량을 알아볼 필요가 있다. 도 3에 도시된 바와 같이 기지국과 단말국이 서로 데이터를 교환하기 위해서는 기지국의 데이터를 단말국에 전송하고 단말국의 데이터를 기지국이 얻기 위해서는 기지국이 중계국에 데이터를 전송하고 중계국은 수신한 데이터를 단말국에 재전송하는 총 네 단계를 통해 이루어진다. 마찬가지로 단말국은 중계국에 데이터를 전송하고 중계국은 기지국에 재전송함으로써 데이터 교환을 이룰 수 있다.

<50>

도 3을 참조하면, 기지국과 단말국이 전송할 데이터의 양이 동일할 경우 데이터 교환이 이루어지는 전체 시간을 T라고 할 때, 각 단계는 T/4로 동일한 시간을 갖는다. M_{BS} 개의 안테나를 가진 기지국의 송신전력을 P_1 , M_{MS} 개의 안테나를 가진 단말국의 송신전력을 P_2 라 한다. 중계국은 1개의 송수신 안테나를 가지고 송신 전력은 P_{RS} 라 한다. 기지국, 단말국 및 중계국의 잡음 전력을 각각 σ_1^2 , σ_2^2 및 σ_{RS}^2 라고 하고, 기지국과 중계국 사이의 무선 채널을 $\mathbf{h}_1(t) = [h_{11} \ h_{12} \ \dots \ h_{1M_{BS}}]^T$, 중계국과 단말국 사이의 무선 채널을 $\mathbf{h}_2(t) = [h_{21} \ h_{22} \ \dots \ h_{2M_{MS}}]^T$ 로 나타

낼 수 있다. h_{ij} 에서, $i = 1$ 은 기지국을 나타내고 $i = 2$ 는 단말국을 나타낸다. 그리고 j 는 각 국에서의 수신 안테나 인덱스를 나타낸다. 상기 네 단계로 이루어진 시스템의 용량은 두 부분으로 나뉘는데 기지국에서 단말국 방향의 용량은 기지국과 중계국 사이의 용량과 송신 전력 정규화 후 중계국과 단말국 사이의 용량 중 적은 양의 용량에 의해 결정된다. 또한 단말국에서 기지국 방향의 용량은 단말국과 중계국 사이의 용량과 송신 전력 정규화 후 중계국과 기지국 사이의 용량 중 적은 양의 용량에 의해 결정된다. 상기 네 가지 경우 각각의 용량은 다음의 수학적 식 19 내지 22로 나타낼 수 있다.

수학적 식 19

$$C_{BR} = \frac{T}{4} \log_2 \left(1 + \frac{P_1 \| \mathbf{h}_1 \|^2}{\sigma_{RS}^2} \right)$$

<51>

수학적 식 20

$$C_{RM} = \frac{T}{4} \log_2 \left(1 + \frac{P_1 \| \mathbf{h}_1 \|^2 \| \mathbf{h}_2 \|^2 \frac{P_{RS}}{P_1 \| \mathbf{h}_1 \|^2 + \sigma_{RS}^2}}{\sigma_2^2} \right)$$

<52>

수학적 식 21

$$C_{MR} = \frac{T}{4} \log_2 \left(1 + \frac{P_2 \| \mathbf{h}_2 \|^2}{\sigma_{RS}^2} \right)$$

<53>

수학적 식 22

$$C_{RB} = \frac{T}{4} \log_2 \left(1 + \frac{P_2 \| \mathbf{h}_1 \|^2 \| \mathbf{h}_2 \|^2 \frac{P_{RS}}{P_2 \| \mathbf{h}_2 \|^2 + \sigma_{RS}^2}}{\sigma_1^2} \right)$$

<54>

<55>

상기 수학적 식 19 내지 22에서, C_{BR} 은 기지국으로부터 중계국 사이의 용량을, C_{RM} 은 중계국으로부터 단말국 사이의 용량을, C_{MR} 은 단말국으로부터 중계국 사이의 용량을, C_{RB} 은 중계국으로부터 기지국 사이의 용량을 각각 나타낸다. 기지국에서 단말국 방향으로의 용량은 C_{BR} 과 C_{RM} 중 적은 용량에 의해 결정되고, 단말국에서 기지국 방향으로의 용량도 같은 비교에 의해 결정되며 수학적 식 23 및 24로 나타낼 수 있다. 그리고 상기 시스템의 용량은 수학적 식 25과 같이 두 용량의 합으로 나타낼 수 있다.

수학적 식 23

<56>

$$C_{BM} = \min\{C_{BR}, C_{RM}\}$$

수학적 식 24

<57>

$$C_{MB} = \min\{C_{MR}, C_{RB}\}$$

수학적 식 25

<58>

$$C_{Total} = C_{BM} + C_{MB}$$

<59> 상기와 동일한 조건에서 본 발명의 시스템 용량은 두 부분으로 나타낼 수 있으며, 기지국에서 단말국 방향의 용량 C_{BM} 과 단말국에서 기지국 방향으로의 용량 C_{MB} 의 합으로 표현된다. 이는 다음의 수학적 식 26 내지 28로 나타낼 수 있다.

수학적 식 26

$$C_{BM} = \frac{T-\alpha}{2} \log_2 \left(1 + \frac{P_1 \|\mathbf{h}_1\|^2 \|\mathbf{h}_2\|^2 \frac{P_{RS}}{P_1 \|\mathbf{h}_1\|^2 + P_2 \|\mathbf{h}_2\|^2}}{\sigma_2^2} \right)$$

<60>

수학적 식 27

$$C_{MB} = \frac{T-\alpha}{2} \log_2 \left(1 + \frac{P_2 \|\mathbf{h}_1\|^2 \|\mathbf{h}_2\|^2 \frac{P_{RS}}{P_1 \|\mathbf{h}_1\|^2 + P_2 \|\mathbf{h}_2\|^2}}{\sigma_1^2} \right)$$

<61>

수학적 식 28

$$C_{Total} = C_{BM} + C_{MB}$$

<62>

<63> 상기 수학적 식 26 내지 28에서 α 는 중계국이 탐침신호를 송신하는 시간을 나타내며, 바람직하게는 실제 환경에서 매우 짧은 시간($\alpha \approx 0$)동안 송신하게 된다.

<64> 도 5는, 기지국과 단말국 사이의 기존의 데이터 교환 방법과 시역전 방법을 적용한 본 발명의 일 실시예에 따른 양방향 부호화 방법의 시스템 용량을 비교하여 나타내는 도면이다. 도 5에서는, 기지국, 중계국 및 단말국의 송신 전력을 10W로 하였고, 상대적인 전체 송신시간을 1로 하였으며, 탐침신호 전송 시간을 0.1로 가정하였다. 또한, 기지국의 안테나 개수와 단말국의 안테나 개수를 각각 1개씩으로 하였다. 도 5로부터, 본 발명에 따른 방법을 적용할 경우, 기존의 데이터 교환 방법과 비교할 경우, 신호대 잡음비 0dB에서는 약 0.6bps/Hz의 시스템 용량의 이득이 발생한 것을 확인할 수 있다. 또한, 15dB에서는 3.24bps/Hz로써 기존의 시스템에 비해 약 1.23bps/Hz의 용량의 증가를 확인할 수 있다. 즉, 기존의 방법과 비교해 중계국이 추가적인 연산을 수행하지 않으므로 중계국의 복잡도를 증가시키지 않으며, 그 결과 시스템 용량을 향상시킬 수 있다는 결과를 확인하였다.

<65> 도 6은 기지국과 단말국 사이의 기존의 데이터 교환 방법과 시역전 방법을 적용한 본 발명의 일 실시예에 따른 양방향 부호화 방법의 시스템 용량을 비교하여 나타내는 도면이다. 도 6에서는, 기지국, 중계국 및 단말국의 송신 전력을 10W로 하였고, 상대적인 전체 송신시간을 1로 하였으며, 탐침신호 전송 시간을 0.1로 가정하였다. 또한, 기지국의 안테나 개수와 단말국의 안테나 개수를 각각 3개로 하였다. 도 6으로부터, 본 발명에 따른 방법을 적용할 경우, 기존의 데이터 교환 방법과 비교할 경우, 신호대 잡음비 0dB에서는 약 3.2bps/Hz로써 약 1.2bps/Hz의 시스템 용량의 이득이 발생한 것을 확인할 수 있다. 또한, 15dB에서는 5.4bps/Hz로써 기존의 시스템에 비해 약 2bps/Hz의 용량의 증가를 확인할 수 있다. 즉, 기존의 방법과 비교해 중계국이 추가적인 연산을 수행하지 않으므로 중계국의 복잡도를 증가시키지 않으며, 그 결과 시스템 용량을 향상시킬 수 있다는 결과를 확인하였다.

<66> 이상 설명한 본 발명은 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형이나 응용이 가능하며, 본 발명에 따른 기술적 사상의 범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

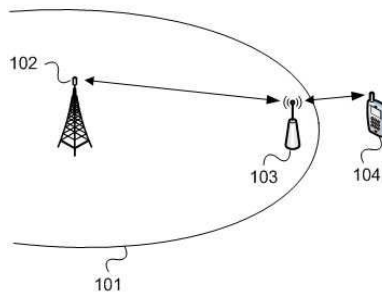
도면의 간단한 설명

<67> 도 1은 본 발명이 적용될 수 있는 중계국 기반의 무선통신환경을 나타내는 도면.

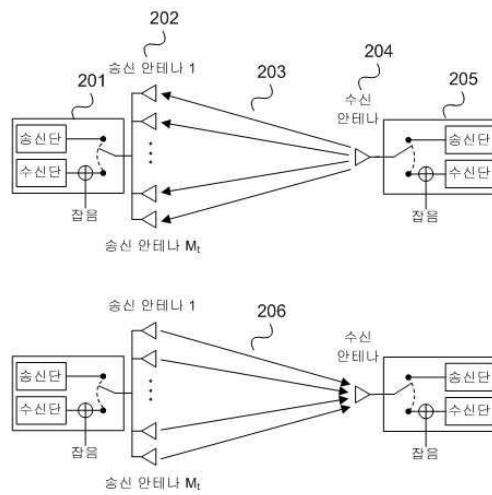
- <68> 도 2는 시역전 방법(Time Reversal Mirror)을 나타내는 도면.
- <69> 도 3은 중계국 기반의 기존의 무선통신환경에서 기지국과 단말국 사이에서 중계국을 통한 데이터의 교환 흐름을 나타내는 도면.
- <70> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 시역전 방법을 이용한 양방향 부호화 방법을 나타내는 도면.
- <71> 도 5는, 기지국과 단말국 사이의 기존의 데이터 교환 방법과 시역전 방법을 적용한 본 발명의 일 실시예에 따른 양방향 부호화 방법의 시스템 용량을 비교하여 나타내는 도면.
- <72> 도 6은 기지국과 단말국 사이의 기존의 데이터 교환 방법과 시역전 방법을 적용한 본 발명의 일 실시예에 따른 양방향 부호화 방법의 시스템 용량을 비교하여 나타내는 도면.
- <73> <도면 중 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- <74> 101: 셀 영역
- <75> 102, 301: 기지국
- <76> 103, 303: 중계국
- <77> 104, 305: 단말국
- <78> 201: 송신기
- <79> 202: 송신 안테나
- <80> 203, 206: 채널
- <81> 204: 수신 안테나
- <82> 205: 수신기
- <83> 302: 기지국 안테나
- <84> 304: 단말국 안테나
- <85> 400: 본 발명의 일 실시예가 구현된 시스템.
- <86> 401: 기지국의 송수신단 구조.
- <87> 402: 기지국의 안테나 개수
- <88> 403: 중계국의 송수신단 구조.
- <89> 404: 단말국의 안테나 개수
- <90> 405: 단말국의 송수신단 구조
- <91> 406: 본 발명의 일 실시예가 적용되기 위한 전체 시간.
- <92> 407: 본 발명의 시역전 방법이 적용되기 위한 시간.
- <93> 408, 409: 중계국으로부터 기지국과 단말국으로 송신되는 탐침신호 부분.
- <94> 410, 411: 기지국과 단말국으로부터 중계국으로 송신되는 시역전된 데이터 신호 부분.
- <95> 412, 413: 중계국이 수신한 두 신호를 전력 정규화 후 기지국과 단말국에 재전송하는 부분.

도면

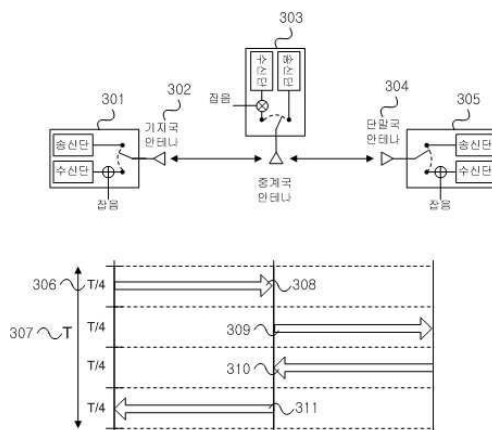
도면1



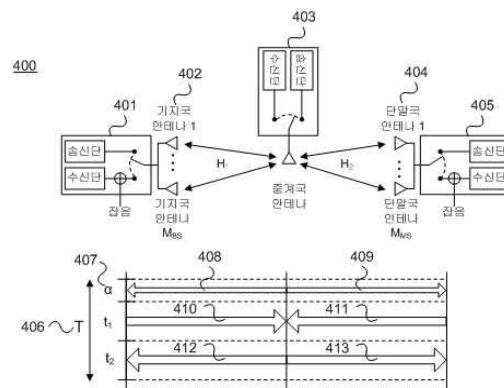
도면2



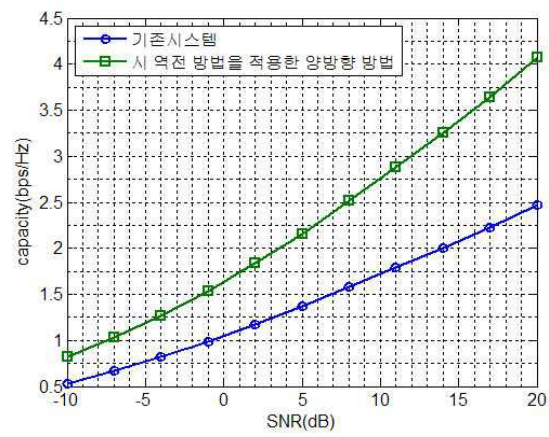
도면3



도면4



도면5



도면6

