



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0051479
(43) 공개일자 2011년05월18일

(51) Int. Cl.

H04B 7/26 (2006.01) H04B 7/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0108083

(22) 출원일자 2009년11월10일

심사청구일자 2009년11월10일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

강충구

서울특별시 성북구 안암동1가 삼성래미안아파트
110동 802호

김진우

서울특별시 성북구 정릉2동 226-62호 동방그린빌
라 302호

류현석

서울특별시 성북구 안암동1가 삼성래미안아파트

(74) 대리인

전중학

전체 청구항 수 : 총 8 항

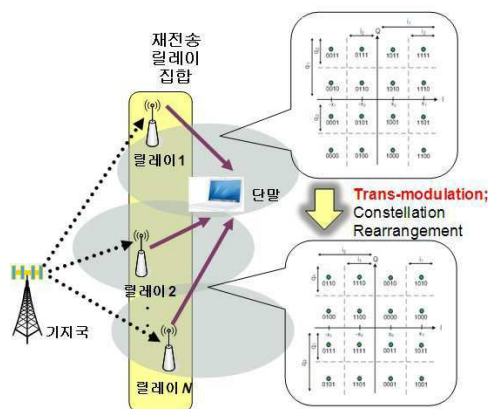
(54) 릴레이 시스템에서 성상도 재배열을 이용한 신호 전송 방법

(57) 요약

본 발명은 릴레이 시스템에서 복수의 릴레이 노드에서 서로 다른 성상도를 사용하여 2개 이상의 독립적인 채널로 수신되는 신호의 결합으로 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 신호 전송 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 신호 전송 방법은 (a) 송신단이 복수의 릴레이 노드들에게 동일한 비트열의 신호를 전달하는 단계; (b) 상기 복수의 릴레이 노드들이 상기 전달된 신호를 서로 다른 성상도에 맵핑하여 수신단으로 전송하는 단계; 및 (c) 상기 수신단이 상기 복수의 릴레이 노드들로부터 수신된 서로 다른 성상도에 맵핑된 신호들을 결합하여 수신할 심볼을 검출하는 단계를 포함한다.

본 발명에 따르면, 둘 이상의 릴레이에서 서로 다른 성상도를 사용함으로써 신호점을 구성하는 비트들 간의 신뢰도 차이를 줄이고 이를 통해 오류율을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 복수의 채널을 통해 수신된 신호를 결합함으로써 다이버시티 이득을 얻을 수 있다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 ITAA1100090100400001000200200

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 IT산업원천기술개발사업

연구과제명 다중셀 협력 통신환경에서 효율적인 기지국 무선접속 운용기술 개발

기여율

주관기관 서울대학교 산학협력단

연구기간 2009년 03월 01일 ~ 2010년 02월 28일

특허청구의 범위

청구항 1

릴레이 시스템에서 협력 통신을 수행하는 복수의 릴레이 노드들을 통한 신호 전송 방법에 있어서,

송신단이 복수의 릴레이 노드들에게 신호를 전달하는 단계;

상기 복수의 릴레이 노드들이 상기 전달된 신호를 비트들의 위치에 따른 성상도에 서로 다른 성상도에 맵핑하여 수신단으로 전송하는 단계; 및

상기 수신단이 상기 복수의 릴레이 노드들로부터 수신된 서로 다른 성상도에 맵핑된 신호들을 결합하여 수신할 심볼을 검출하는 단계를 포함하는 신호 전송 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 송신단으로부터 상기 복수의 릴레이 노드들에게 전달되는 신호는 M -QAM 변조된 동일한 비트열의 신호인 것을 특징으로 하는 신호 전송 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 서로 다른 성상도는 상기 각 릴레이 노드에서 비트오류율로 주어지는 다음의 수학적식이 최소가 되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 신호 전송 방법.

$$P_e = \frac{1}{M \log_2 M} \sum_{\mathbf{b} \in \mathcal{B}} \sum_{m=1}^{\log_2 M} Q\left(\sqrt{\bar{L}(m|\mathbf{b})}/2\right).$$

여기서 $\bar{L}(m|\mathbf{b})$ 는 비트열 $\mathbf{b}$ 의 m 번째 비트의 로그 우도비(log-likelihood ratio)이고, $Q(\cdot)$ 는 Q-함수이다.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 로그 우도비는 다음의 수학적식에 따라 계산되는 것을 특징으로 하는 신호 전송 방법.

$$\bar{L}(m|\mathbf{b}) = \min_{\mathbf{b} \in \mathcal{B}_m^0} \left(\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |h_n d^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}, \mathbf{b})|^2 \right) - \min_{\mathbf{b} \in \mathcal{B}_m^1} \left(\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |h_n d^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}, \mathbf{b})|^2 \right).$$

여기서 h_n 은 n 번째 릴레이 노드와 수신단 사이의 복소채널이득이고, $d^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}, \mathbf{b})$ 는 두 비트열 $\bar{\mathbf{b}}$ 와 $\mathbf{b}$ 사이의 유클리디언 거리이며, $\mathcal{B}_m^1$ 와 $\mathcal{B}_m^0$ 는 m 번째 비트가 각각 1과 0인 비트열 $\mathbf{b}$ 의 집합이다.

청구항 5

협력 통신을 수행하는 복수의 릴레이 노드들을 통한 송신단과 수신단 사이의 신호 중계 방법에 있어서,

상기 복수의 릴레이 노드들이 상기 송신단으로부터 상기 수신단으로 전달할 신호를 각각 수신하는 단계;

상기 수신단이 위치한 릴레이 노드에 구비된 성상도를 기준으로 나머지 릴레이 노드 각각이 비트 위치에 따른 신뢰도가 달라지도록 상이하게 설정된 성상도를 구비하여 상기 모든 릴레이 노드가 상기 송신단으로부터 수신된 신호를 자신이 구비한 성상도에 맵핑하는 단계; 및

상기 복수의 릴레이 노드들이 상기 서로 다른 성상도에 맵핑된 신호를 상기 수신단으로 각각 전송하는 단계를

포함하는 신호 중계 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 송신단으로부터 수신된 신호는 M -QAM 변조된 동일한 비트열의 신호인 것을 특징으로 하는 신호 중계 방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 서로 다른 성상도는 상기 각 릴레이 노드에서 비트오류율로 주어지는 다음의 수학식이 최소가 되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 신호 중계 방법.

$$P_e = \frac{1}{M \log_2 M} \sum_{\bar{\mathbf{b}} \in \mathcal{B}} \sum_{m=1}^{\log_2 M} Q\left(\sqrt{\bar{L}(m|\bar{\mathbf{b}})/2}\right).$$

여기서 $\bar{L}(m|\bar{\mathbf{b}})$ 는 비트열 $\bar{\mathbf{b}}$ 의 m 번째 비트의 로그 우도비(log-likelihood ratio)이고, $Q(\cdot)$ 는 Q-함수이다.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 로그 우도비는 다음의 수학식에 따라 계산되는 것을 특징으로 하는 신호 중계 방법.

$$\bar{L}(m|\bar{\mathbf{b}}) = \min_{\mathbf{b} \in \mathcal{B}_m^0} \left(\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |h_n d^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}, \mathbf{b})|^2 \right) - \min_{\mathbf{b} \in \mathcal{B}_m^1} \left(\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |h_n d^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}, \mathbf{b})|^2 \right).$$

여기서 h_n 은 n 번째 릴레이 노드와 수신단 사이의 복소채널이득이고, $d^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}, \mathbf{b})$ 는 두 비트열 $\bar{\mathbf{b}}$ 와 $\mathbf{b}$ 사이의 유클리디언 거리이며, $\mathcal{B}_m^1$ 와 $\mathcal{B}_m^0$ 는 m 번째 비트가 각각 1과 0인 비트열 $\mathbf{b}$ 의 집합이다.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무선 통신 기술에 관한 것으로, 좀 더 구체적으로 릴레이 시스템에서 복수의 릴레이 노드에서 서로 다른 성상도를 사용하여 2개 이상의 독립적인 채널로 수신되는 신호의 결합으로 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 신호 전송 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 16-QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 변조 심볼의 신호점을 구성하는 비트들은 비트 단위로 신뢰도가 다르게 분포하고, 이에 따라 동일한 신호점의 심볼을 두 번 이상 단순히 전송할 때 수신한 신호를 결합하게 되면 비트간 비균일적인 신뢰도 문제는 더욱 심해진다.

[0003] 도 1은 Gray 맵핑이 적용된 일반적인 16-QAM의 성상도(constellation)이고, 도 2는 한 신호점을 구성하는 4개의 각 비트에 대하여 비트오류율(Bit Error Rate; BER) 성능을 보여주는 그래프이다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 심볼을 구성하는 1번째와 3번째 비트에 비해 2번째와 4번째 비트의 오류율이 상대적으로 크게 나타남을 알 수 있다. 즉, 1번째와 3번째 비트는 상대적으로 높은 신뢰도를 갖게 되고, 2번째와 4번째 비트는 상대적으로 낮은 신

되도록 갖게 된다. 따라서 둘 이상의 릴레이에서 도 1의 성상도를 공통적으로 사용한다면, 신호점을 구성하는 비트들간의 신뢰도 격차는 더욱 벌어지게 된다.

[0004] 한편, 독립적인 2개 이상의 채널을 통해 동일한 심볼을 전송할 때 서로 다른 성상도를 적용함으로써 16-QAM 이상의 고차원 변조 심볼의 신호점을 구성하는 비트간의 상이한 신뢰도를 균일화하는 방식이 Hybrid ARQ(Automatic Repeat Request)에 적용되고 있다.

[0005] 도 3은 도 1에 도시된 성상도(a)와 신호점 재배열이 이루어진 또 다른 성상도(b)를 보여준다. Hybrid ARQ 시스템의 경우, 한 성상도(a)가 먼저 초기 전송에 사용되고 다른 성상도(b)가 재전송에 사용되는 형태로 두 성상도가 활용된다. 두 성상도는 높은 신뢰도를 갖는 비트들의 위치가 서로 다르기 때문에, 동일한 성상도를 반복적으로 사용하는 것에 비해 이득을 얻을 수 있다.

[0006] 따라서 릴레이 시스템에 이러한 신호점 재배열 방식을 적용하여 수신 신호의 다이버시티 성능을 향상시킬 수 있는 기술에 대한 요구가 절실한 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 릴레이 노드를 통해 2개 이상의 독립적인 채널로 수신되는 신호를 결합하되, 각 채널에 대하여 서로 다른 성상도를 적용함으로써 추가적인 결합 이득을 얻을 수 있는 신호 전송 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제 해결수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 신호 전송 방법은, 릴레이 시스템에서 협력 통신을 수행하는 복수의 릴레이 노드들을 통한 신호 전송 방법에 있어서, 송신단이 복수의 릴레이 노드들에게 동일한 비트열의 신호를 전달하는 단계; 상기 복수의 릴레이 노드들이 상기 전달된 신호를 높은 신뢰도를 갖는 비트들의 위치가 서로 다른 성상도에 맵핑하여 수신단으로 전송하는 단계; 및 상기 수신단이 상기 복수의 릴레이 노드들로부터 수신된 서로 다른 성상도에 맵핑된 신호들을 결합하여 수신할 심볼을 검출하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 신호 중계 방법은, 협력 통신을 수행하는 복수의 릴레이 노드들을 통한 신호 중계 방법에 있어서, 상기 복수의 릴레이 노드들이 송신단으로부터 신호를 각각 수신하는 단계; 상기 복수의 릴레이 노드들이 상기 송신단으로부터 수신된 신호를 높은 신뢰도를 가지는 비트들의 위치가 서로 다른 성상도에 각각 맵핑하는 단계; 및 상기 복수의 릴레이 노드들이 상기 서로 다른 성상도에 맵핑된 신호를 수신단으로 각각 전송하는 단계를 포함한다.

효과

[0010] 이상의 구성을 통한 본 발명의 신호 전송 방법에 따르면, 둘 이상의 릴레이에서 서로 다른 성상도를 사용함으로써 신호점을 구성하는 비트들 간의 신뢰도 차이를 줄이고 이를 통해 오류율을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 복수의 채널을 통해 수신된 신호를 결합함으로써 다이버시티 이득을 얻을 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0011] 도 4는 본 발명에 따른 릴레이 시스템을 보여주는 예시도이다. 도 4를 참조하면, 기지국이 서비스하는 셀 내에 복수의 릴레이들이 존재한다. 이때 릴레이들은 기지국으로부터 전송된 신호를 단말에게 중계해 준다. 도 4에서 단말이 릴레이 1로부터 서비스를 받는다고 가정하면, 릴레이 1을 제외한 나머지 릴레이들(릴레이 2, ..., N)은 릴레이 1로부터 서비스를 받는 단말을 위해 협력 통신을 수행한다.

[0012] 즉, 릴레이 1은 자신의 서빙(serving) 단말을 위해 본 발명에 따라 최적화된 성상도를 이용하여 전송하며, 자신이 서비스하는 단말은 아니지만 기지국으로부터 협력 통신을 수행하도록 명령을 받은 재전송 릴레이 집합들에 속한 릴레이들(릴레이 2, ..., N)이 릴레이 1이 전송한 성상도와 다른 성상도를 이용하여 단말에게 전송한다. 단말은 복수의 릴레이들로부터 수신한 서로 다른 성상도들로부터 자신이 수신할 심볼을 검출한다.

[0013] 상술한 바와 같이 변조 심볼의 신호점을 구성하는 비트들은 비트 단위로 신뢰도가 다르게 분포한다. 따라서 본 발명은 다음과 같이 릴레이 노드별로 높은 신뢰도를 갖는 비트들의 위치가 서로 다른 성상도에 맵핑하여 신호를

전송한다.

[0014] N 개의 릴레이 노드를 가정할 때, n 번째 릴레이 노드로부터 수신단인 단말에 수신된 신호는 다음의 수학적 식 1과 같이 표현된다.

수학적 식 1

[0015]
$$y_n = h_n x_n + \omega_n, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

[0016] 여기서 여기서 ω_n 은 차원당 분산이 $N_0/2$ 인 가산성 잡음을 나타내고, h_n 은 n 번째 릴레이 노드와 단말 사이의 복소채널이득이다. $\mathbf{b}$ 를 M -QAM 신호를 구성하는 비트열이라 할 때, 모든 가능한 비트열의 집합을 $\mathcal{B}$ 로 표기한다. 즉, $\mathbf{b} = [b_1, b_2, \dots, b_K] \in \mathcal{B}$ 인 관계가 형성되며 이때 $b_m \in \{0, 1\}$ 이고 $K = \log_2 M$ 이다. 기저대역 신호 x_n 은 릴레이 노드별로 사용되는 심볼매핑함수 $X^{(n)}(\cdot)$ 의 출력으로 주어지며, $x_n = X^{(n)}(\mathbf{b})$ 로 표현된다.

[0017] 임의의 비트열 $\mathbf{b}$ 에 대하여 수신신호 $\mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_N]$ 의 조건부 확률밀도함수는 다음의 수학적 식 2와 같이 주어진다.

수학적 식 2

[0018]
$$\begin{aligned} p(\mathbf{y} | \mathbf{b}) &= \frac{1}{(2\pi N_0)^{N/2}} \exp \left(-\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |y_n - h_n x_n|^2 \right) \\ &= \frac{1}{(2\pi N_0)^{N/2}} \exp \left(-\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |y_n - h_n X^{(n)}(\mathbf{b})|^2 \right). \end{aligned}$$

[0019] 주어진 $\mathbf{y}$ 에 대하여, $\mathbf{b}$ 의 m 번째 비트의 LLR(Log-Likelihood Ratio)는 다음의 수학적 식 3과 같이 주어진다.

수학적 식 3

[0020]
$$L(m | \mathbf{y}) = \log \left(\frac{\sum_{\mathbf{b} \in \mathcal{B}_m^1} p(\mathbf{y} | \mathbf{b})}{\sum_{\mathbf{b} \in \mathcal{B}_m^0} p(\mathbf{y} | \mathbf{b})} \right)$$

[0021] 여기서 $\mathcal{B}_m^1$ 와 $\mathcal{B}_m^0$ 는 m 번째 비트가 각각 1과 0인 $\mathbf{b}$ 의 집합이다. $\bar{\mathbf{b}}$ 가 전송되었다는 가정하에, m 번째 비트의 LLR은 다음의 수학적 식 4와 같이 주어진다.

수학식 4

$$\begin{aligned}
 E\{L(m|\mathbf{y}, \bar{\mathbf{b}})\} &\triangleq \bar{L}(m|\bar{\mathbf{b}}) \\
 &\approx \log \left(\frac{\sum_{\mathbf{b} \in B_m^1} p(E\{\mathbf{y}\}|\bar{\mathbf{b}})}{\sum_{\mathbf{b} \in B_m^0} p(E\{\mathbf{y}\}|\bar{\mathbf{b}})} \right) \\
 &= \log \left(\frac{\sum_{\mathbf{b} \in B_m^1} \exp \left(-\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |h_n X^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}) - h_n X^{(n)}(\mathbf{b})|^2 \right)}{\sum_{\mathbf{b} \in B_m^0} \exp \left(-\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |h_n X^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}) - h_n X^{(n)}(\mathbf{b})|^2 \right)} \right) \\
 &= \log \left(\frac{\sum_{\mathbf{b} \in B_m^1} \exp \left(-\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |h_n d^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}, \mathbf{b})|^2 \right)}{\sum_{\mathbf{b} \in B_m^0} \exp \left(-\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |h_n d^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}, \mathbf{b})|^2 \right)} \right)
 \end{aligned}$$

여기서 $d^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}, \mathbf{b})$ 는 두 비트열 $\bar{\mathbf{b}}$ 와 $\mathbf{b}$ 사이의 유클리디언 거리이다. 수학식 4는 다음의 수학식 5와 같이 간략화될 수 있다.

수학식 5

$$\bar{L}(m|\bar{\mathbf{b}}) = \min_{\mathbf{b} \in B_m^0} \left(\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |h_n d^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}, \mathbf{b})|^2 \right) - \min_{\mathbf{b} \in B_m^1} \left(\frac{1}{N_0} \sum_{n=1}^N |h_n d^{(n)}(\bar{\mathbf{b}}, \mathbf{b})|^2 \right).$$

각 릴레이 노드에서 사용할 심볼맵핑함수 $X^{(n)}(\cdot)$ 는 비트오류율로 주어지는 다음의 수학식 6으로 표현된 목적함수를 최소화하도록 설계된다.

수학식 6

$$P_e = \frac{1}{M \log_2 M} \sum_{\mathbf{b} \in \mathcal{B}} \sum_{m=1}^{\log_2 M} Q \left(\sqrt{\bar{L}(m|\bar{\mathbf{b}})/2} \right).$$

여기서 $Q(\cdot)$ 는 Q-function이다. 이를 다시 정식화하면 다음의 수학식 7과 같다.

수학식 7

$$\{X_{opt}^{(1)}(\mathbf{b}), X_{opt}^{(2)}(\mathbf{b}), \dots, X_{opt}^{(N)}(\mathbf{b})\} = \arg \min_{\{X^{(1)}(\mathbf{b}), X^{(2)}(\mathbf{b}), \dots, X^{(N)}(\mathbf{b})\}} P_e(\cdot)$$

도 5는 본 발명에 따른 신호 전송 방법을 예시적으로 보여주는 흐름도이다. 도 5를 참조하면, 먼저 기지국이 복수의 릴레이 노드들에게 동일한 비트열 $\mathbf{b}$ 를 각각 전달한다(S501). 각 릴레이 노드는 수학식 7로 표현된 심볼맵

핑함수 $X_{opt}^{(n)}(\mathbf{b})$ 를 사용하여 서로 다른 성상도에 매핑된 기저대역 신호 x_n 을 생성한 후, 단말로 전송한다(S503). 단말은 복수의 릴레이 노드들로부터 독립적인 N 개의 링크를 통해 수신된 신호를 결합하여 수신할 심볼을 검출(S505)함으로써 다이버시티 이득을 얻을 수 있다.

[0030] 도 6은 본 발명에 따른 릴레이 시스템의 성능 결과를 보여주는 그래프이다. 도 6에서 동일한 성상도로 신호를 전송하는 종래의 전송 방법에 따른 성능 결과는 "conventional"로 표시되어 있고, 본 발명에 따른 성능 결과는 "proposed"로 표시되어 있으며, N은 릴레이 노드의 개수이다. 도 6을 참조하면, 본 발명에 따라 각 릴레이 노드에서 서로 다른 성상도를 사용하는 경우 종래의 전송 방법에 비하여 비트오류율 성능이 전체적으로 향상되고, 특히 릴레이 노드의 개수가 증가함에 따라 비트오류율 성능이 현저하게 향상됨을 알 수 있다.

[0031] 이상의 본 발명의 신호 전송 방법에 따르면, 협력 통신을 수행하는 복수의 릴레이 노드들이 서로 다른 성상도를 사용함으로써 신호점을 구성하는 비트들 간의 신뢰도 차이를 줄이고 이를 통해 오류율을 최소화할 수 있다.

[0032] 한편, 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관하여 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지로 변형할 수 있다. 그러므로 본 발명의 범위는 상술한 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 발명의 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 Gray 맵핑이 적용된 일반적인 16-QAM의 성상도를 보여주는 예시도

[0034] 도 2는 한 신호점을 구성하는 4개의 각 비트에 대하여 비트오류율 성능을 보여주는 그래프

[0035] 도 3은 도 1에 도시된 성상도와 신호점 재배열이 이루어진 또 다른 성상도를 보여주는 예시도

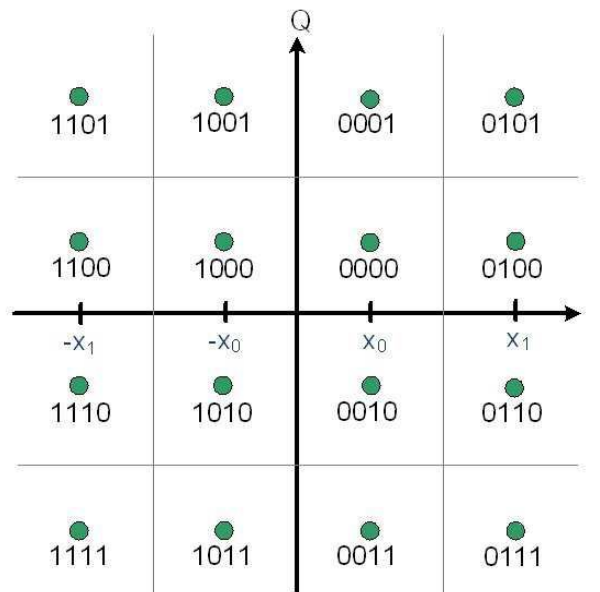
[0036] 도 4는 본 발명에 따른 릴레이 시스템을 보여주는 예시도

[0037] 도 5는 본 발명에 따른 신호 전송 방법을 예시적으로 보여주는 흐름도

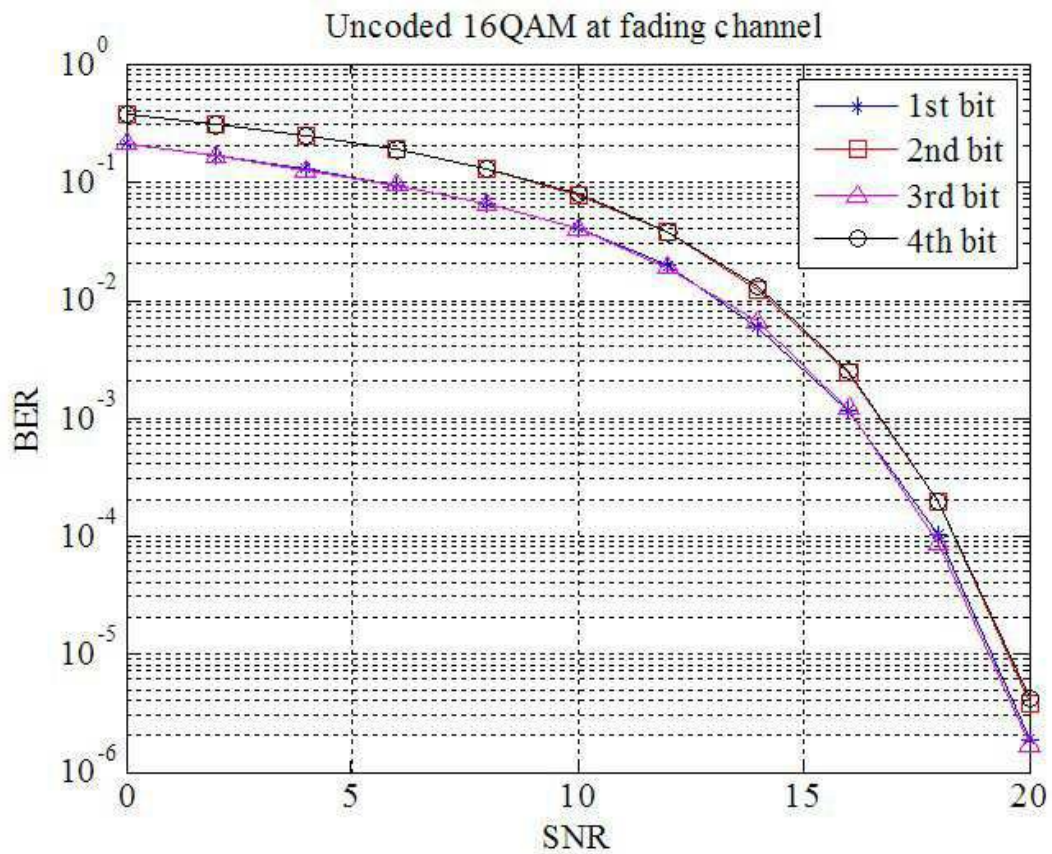
[0038] 도 6은 본 발명에 따른 릴레이 시스템의 성능 결과를 보여주는 그래프

도면

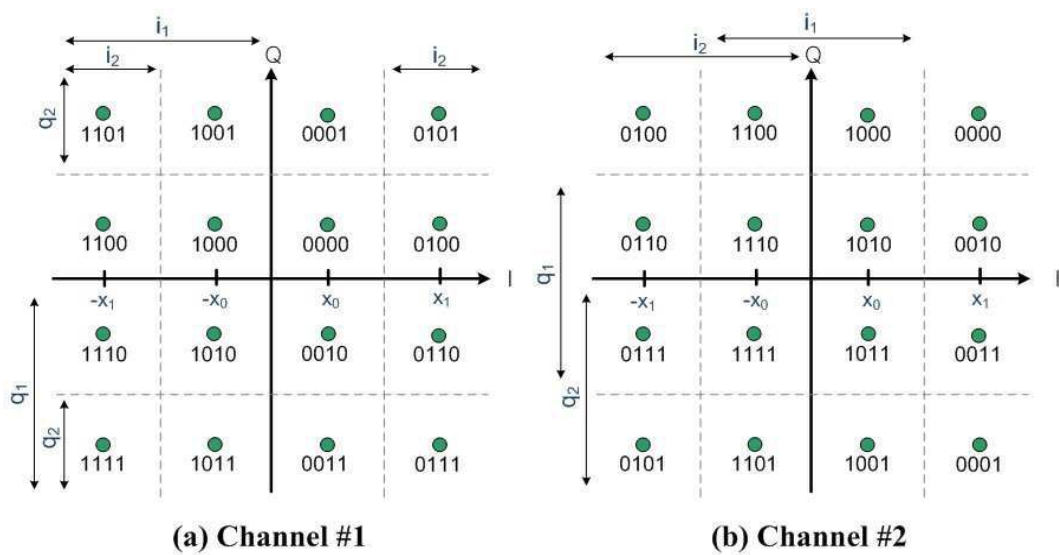
도면1



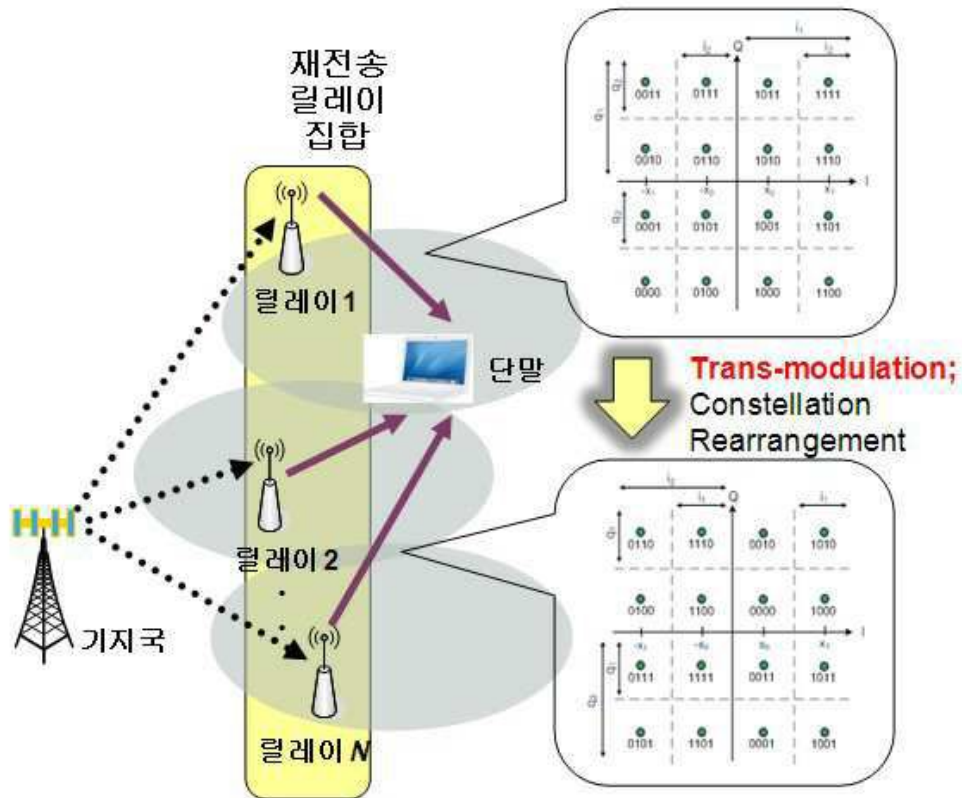
도면2



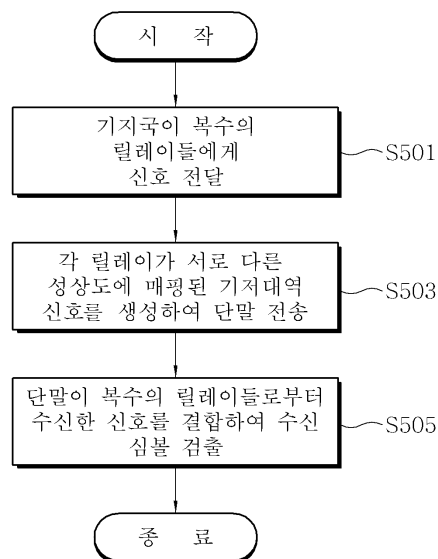
도면3



도면4



도면5



도면6

