



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0064909
(43) 공개일자 2009년06월22일

(51) Int. Cl.

H04B 7/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0132285

(22) 출원일자 2007년12월17일

심사청구일자 2007년12월17일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

김덕경

인천 남구 용현3동 인하대학교

최두환

인천 남구 용현3동 인하대학교

(74) 대리인

이원희

전체 청구항 수 : 총 15 항

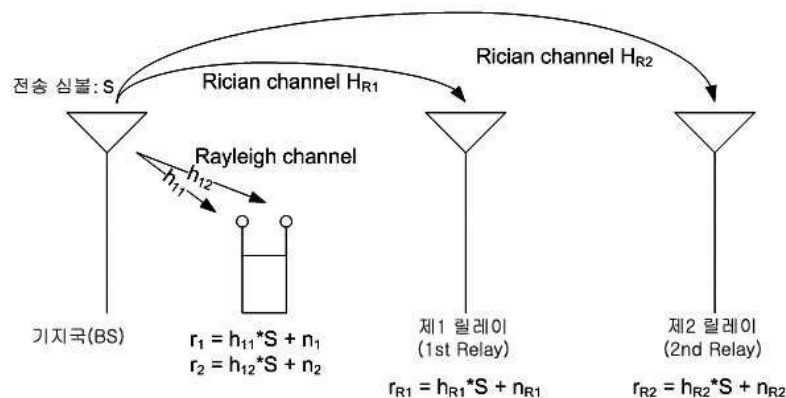
(54) 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상방법

(57) 요약

본 발명은 무선통신에 있어서 고용량의 데이터를 넓은 영역에서 제공하기 위한 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 기지국에서 계층적 변조 방식을 이용해 전송함으로써 두 개의 릴레이를 제한된 홉에서 동시에 동작하도록 하고, 계층적 변조 방식으로 단말기에 수신된 신호를 검출 가능한 변조 레벨에 맞춰 복조하는 과정을 통해 기존의 제한된 전송시간에서 단말기가 신호를 수신할 수 있는 영역을 확장하고 수율을 높일 수 있는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법에 관한 것으로,

본 발명에 따른 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법은 기지국에서 계층적 변조 방식을 이용해 신호를 전송하는 단계; 분산 릴레이 방식으로 동작하는 제1, 제2 릴레이가 상기 기지국에서 전송된 신호를 수신하는 단계; 상기 제1 릴레이는 상기 기지국으로부터 수신한 모든 신호를 계층적 변조 방식을 이용해 단말기에 재전송하고, 상기 제2 릴레이는 상기 기지국으로부터 수신한 신호 중 일부 신호만 단말기에 재전송하는 단계; 및, 상기 제1, 제2 릴레이로부터 신호를 수신한 상기 단말기가 선택적인 복조 과정을 수행하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

기지국에서 계층적 변조 방식을 이용해 신호를 전송하는 단계;

분산 릴레이 방식으로 동작하는 제1, 제2 릴레이가 상기 기지국에서 전송된 신호를 수신하는 단계;

상기 제1 릴레이는 상기 기지국으로부터 수신한 모든 신호를 계층적 변조 방식을 이용해 단말기에 재전송하고,

상기 제2 릴레이는 상기 기지국으로부터 수신한 신호 중 일부 신호만 단말기에 재전송하는 단계; 및,

상기 제1, 제2 릴레이로부터 신호를 수신한 상기 단말기가 선택적인 복조 과정을 수행하는 단계

를 포함하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 기지국은 제1 시간 슬롯에만 계층적 변조 방식으로 변조된 신호를 전송하고, 제2 시간 슬롯에는 동작하지 않는 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제1 및 제2 릴레이는 제1 시간 슬롯에는 동작하지 않고, 제2 시간 슬롯에만 동작하며, 각각 다른 변조 레벨을 가지고 신호를 재전송하는 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 제1 릴레이는 상기 기지국으로부터 전송되는 모든 레벨의 신호를 수신할 수 있는 위치에 배치되는 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제2 릴레이는 상기 제1 릴레이와 멀티플렉싱을 통해 수율의 이득을 얻을 수 있고 협력을 통해 최소 10^{-2} 이상의 수신 비트 오류율을 제공할 수 있는 곳에 배치되는 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 제2 릴레이가 재전송하는 신호는 QPSK로 변조된 신호인 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 단말기가 제1 시간 슬롯에 수신하는 신호와, 상기 제1 릴레이 및 제2 릴레이가 제1 시간 슬롯에 수신하는 신호를 이용하여 선택적인 복조 과정을 수행하는 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 단말기가 제1 시간 슬롯에 수신하는 신호는 하기의 식(1)이고, 상기 제1 릴레이 및 제2 릴레이가 제1 시간 슬롯에 수신하는 신호는 하기의 식(2)인 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

$$\text{식 (1)} : r_1 = h_{11}s + n_1, \quad r_2 = h_{12}s + n_2$$

$$\text{식 (2)} : r_{r1} = h_{r1}s + n_{r1}, \quad r_{r2} = h_{r2}s + n_{r2}$$

(여기서, r_1, r_2 는 단말기의 두 개의 안테나가 수신하는 신호, r_{r1} 은 제1 릴레이, r_{r2} 는 제2 릴레이가 수신하는 신호이고, h_{11}, h_{12} 는 기지국으로부터 단말기에 전송된 신호가 경험한 릴레이 채널 값, h_{r1}, h_{r2} 는 기지국으로부터 제1, 제2릴레이로의 전송된 신호가 경험한 라이시안(Rician) 채널 값을 나타낸다. n_1, n_2, n_{r1}, n_{r2} 는 단말기의 두 개의 안테나, 제1 릴레이, 제2 릴레이에서의 잡음이다. 그리고, s 는 기지국에서 전송된 신호이다.)

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 단말기가 제2 시간 슬롯에 수신하는 신호를 이용하여 선택적인 복조 과정을 수행하는 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 단말기가 제2 시간 슬롯에 수신하는 신호는 하기의 식(3)인 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

$$\text{식 (3)} : r_3 = h_{21}s + h_{22}s_Q + n_3, \quad r_4 = h_{31}s + h_{32}s_Q + n_4$$

(여기서, r_3, r_4 는 단말기의 두 개의 안테나가 수신하는 신호이고, $h_{21}, h_{22}, h_{31}, h_{32}$ 는 릴레이들과 단말기 사이에 발생하는 릴레이 채널 값이며, n_3, n_4 는 단말기의 잡음이다. 그리고, s 는 기지국에서 수신된 신호를 복조한 후 재 변조한 신호, s_Q 는 QPSK로 변조된 신호이다.)

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 제1, 제2 릴레이로부터 신호를 수신한 상기 단말기가 선택적인 복조 과정을 수행하는 단계는,

상기 제2 릴레이로부터 수신한 신호가 상기 기지국과 상기 제1 릴레이로부터 수신된 신호와 협력을 통한 이득이 없다고 판단되는 경우, 상기 단말기가 수신한 신호는 상기 기지국으로부터 제1 시간 슬롯에 수신된 신호와 상기 제1 릴레이로부터 제2 시간 슬롯에 수신된 신호들의 최대비 결합(MRC:Maximal Ratio Combining)인 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 단말기가 수신한 신호는 하기의 식(4)로 된 복조 과정을 수행하는 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

식 (4) :

$$\tilde{s} = \mathbf{H}^* \mathbf{r}$$

$$\tilde{s} = |H|^2 s + H^* H_{r2} S_Q + H^* n$$

(여기서, H 는 송신단과 단말기 사이의 채널 행렬(두 시간 슬롯동안 단말기에 수신된 신호의 채널 값), H_{r2} 는 제2 릴레이와 단말기 사이에 발생된 채널, s 는 주 송신단과 제1 릴레이로부터 수신된 신호, n 은 두 시간 슬롯의 수신 안테나의 잡음 벡터, 단말기의 H^* 는 H 채널의 결재 복소 행렬을 의미한다.)

청구항 13

청구항 1에 있어서,

상기 제1, 제2 릴레이로부터 신호를 수신한 상기 단말기가 선택적인 복조 과정을 수행하는 단계는,

상기 기지국로부터 수신한 신호가 상기 제1 릴레이와 상기 제2 릴레이로부터 수신된 신호와 협력을 통한 이득이 없다고 판단되는 경우, 제2 시간슬롯에 상기 제1 릴레이에서 높은 변조방식으로 변조된 신호로, 상기 제2 릴레이에서 낮은 변조방식으로 변조된 신호로 전송되는 신호가 각각 멀티플렉싱되어 상기 단말기에 수신되고, 각 스트림을 Zero Forcing으로 각각 검출하는 복조과정을 수행하는 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 단말기는 하기의 식(5)로 된 복조 과정을 수행하는 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

식 (5) :

$$r = Hs + n$$

$$z = H^+ r$$

$$z = H^+ Hs + H^+ n$$

$$z = s + H^+ n$$

(여기서, H 는 송신단과 단말기 사이의 채널 행렬(송신 안테나 $\times$ 단말기의 수신 안테나), s 는 제1 릴레이로부터 수신된 신호 S 와 제2 릴레이로부터 수신된 신호 S_0 로 이루어진(1 $\times$ 2) 벡터, n 은 (단말기의 수신 안테나 $\times$ 1)의 잡음 벡터, 단말기의 H^+ 는 채널의 의사역행렬, z 는 ZF(Zero Focusing)된 수신 신호(S, S_0)를 의미한다.)

청구항 15

청구항 1에 있어서,

상기 제1, 제2 릴레이로부터 신호를 수신한 상기 단말기가 선택적인 복조 과정을 수행하는 단계는,

상기 기지국과 상기 제1 릴레이로부터 수신된 신호와 상기 제2 릴레이로부터 수신된 신호와 협력을 통한 이득이 없다고 판단되는 경우 상기 제2 릴레이로부터 전송된 신호를 검출하는 것을 특징으로 하는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명은 무선통신에 있어서 고용량의 데이터를 넓은 영역에서 제공하기 위한 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 기지국에서 계층적 변조 방식을 이용해 전송함으로써 두 개의 릴레이를 제한된 홉에서 동시에 동작하도록 하고, 계층적 변조 방식으로 단말기에 수신된 신호를 검출 가능한 변조 레벨에 맞춰 복조하는 과정을 통해 기존의 제한된 전송시간에서 단말기가 신호를 수신할 수 있는 영역을 확장하고 수율을 높일 수 있는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 최근의 무선통신은 고용량의 데이터를 좀 더 넓은 영역에서 서비스하기 위해 많은 연구들이 계속되고 있고, 그 중 릴레이를 이용해 단말기가 고용량의 데이터를 수신하는 영역을 확장하는 방법이 많이 제안되고 있다. 기존에 제안된 방법들은 고용량 데이터를 좀 더 넓은 범위에 전송하기 위해 릴레이가 다중안테나를 사용해 신호를 재전송하는 방식과, 다중 홉을 이용해 신호를 재전송하는 방식 등이 있다. 하지만, 다중안테나를 이용하는 경우 릴레이의 복잡도가 높고, 다중 홉을 이용하는 경우 추가적인 전송시간이 요구된다는 단점이 있다.
- <3> 계층적 변조 전송 방식은 신호를 계층적으로 구분하여 변조하는 방식이다. 계층적 변조 방식을 이용해 기지국에서 전송률이 높은 방식으로 변조된 신호를 전송해도 단말기는 수신된 신호의 품질에 따라 다른 레벨의 복조를 통해 신호를 검출할 수 있기 때문에 총 서비스 영역에 큰 변화없이 고속의 전송 구간을 계층적으로 증대할 수 있다.
- <4> 기존의 시스템에서 단말기의 서비스 지역을 확대하기 위해 이용하는 릴레이는 기지국과의 통신에서 음영영역을 발생시키지 않는 위치에 존재해야 하는 제약이 있고 서비스 범위를 확대하기 위해서 릴레이를 추가하는 경우, 단말기가 신호를 전송받기 위한 추가적인 시간 슬롯이 요구되는 문제가 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <5> 본 발명은 상기한 바와 같은 종래의 문제점을 개선하기 위한 것으로서, 계층적 변조 방식을 이용해 릴레이의 복잡도가 높지 않고, 추가적인 전송시간이 필요없는 방법으로 단말기의 수신가능 영역을 확장하고 수율을 높일 수 있는 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제 해결수단

- <6> 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법은,
- <7> 기지국에서 계층적 변조 방식을 이용해 신호를 전송하는 단계; 분산 릴레이 방식으로 동작하는 제1, 제2 릴레이가 상기 기지국에서 전송된 신호를 수신하는 단계; 상기 제1 릴레이는 상기 기지국으로부터 수신한 모든 신호를 계층적 변조 방식을 이용해 단말기에 재전송하고, 상기 제2 릴레이는 상기 기지국으로부터 수신한 신호 중 일부 신호만 단말기에 재전송하는 단계; 및, 상기 제1, 제2 릴레이로부터 신호를 수신한 상기 단말기가 선택적인 복조 과정을 수행하는 단계를 포함한다.
- <8> 또한, 상기 기지국은 제1 시간 슬롯에만 계층적 변조 방식으로 변조된 신호를 전송하고, 제2 시간 슬롯에는 동작하지 않는 것을 특징으로 한다.
- <9> 또한, 상기 제1 및 제2 릴레이는 제1 시간 슬롯에는 동작하지 않고, 제2 시간 슬롯에만 동작하며, 각각 다른 변조 레벨을 가지고 신호를 재전송하는 것을 특징으로 한다.
- <10> 또한, 상기 제1 릴레이는 상기 기지국으로부터 전송되는 모든 레벨의 신호를 수신할 수 있는 위치에 배치되는 것을 특징으로 한다.
- <11> 또한, 상기 제2 릴레이는 상기 제1 릴레이와 멀티플렉싱을 통해 수율의 이득을 얻을 수 있고 협력을 통해 최소 10^{-2} 이상의 수신 비트 오류율을 제공할 수 있는 곳에 배치되는 것을 특징으로 한다.
- <12> 또한, 상기 제2 릴레이가 재전송하는 신호는 QPSK로 변조된 신호인 것을 특징으로 한다.
- <13> 또한, 상기 단말기가 제1 시간 슬롯에 수신하는 신호와, 상기 제1 릴레이 및 제2 릴레이가 제1 시간 슬롯에 수신하는 신호를 이용하여 선택적인 복조 과정을 수행하는 것을 특징으로 한다. 이때, 상기 단말기가 제1 시간 슬롯에 수신하는 신호는 하기의 식(1)이고, 상기 제1 릴레이 및 제2 릴레이가 제1 시간 슬롯에 수신하는 신호는 하기의 식(2)인 것이 바람직하다.
- <14> 식 (1) : $r_1 = h_{11}s + n_1$, $r_2 = h_{12}s + n_2$
- <15> 식 (2) : $r_{r1} = h_{r1}s + n_{r1}$, $r_{r2} = h_{r2}s + n_{r2}$

<16> (여기서, r_1, r_2 는 단말기의 두 개의 안테나가 수신하는 신호, r_{r1} 은 제1 릴레이, r_{r2} 는 제2 릴레이가 수신하는 신호이고, h_{11}, h_{12} 는 기지국으로부터 단말기에 전송된 신호가 경험한 릴레이 채널 값, h_{r1}, h_{r2} 는 기지국으로부터 제1, 제2릴레이로의 전송된 신호가 경험한 라이시안(Rician) 채널 값을 나타낸다. n_1, n_2, n_{r1}, n_{r2} 는 단말기의 두 개의 안테나, 제1 릴레이, 제2 릴레이에서의 잡음이다. 그리고, S 는 기지국에서 전송된 신호이다.)

<17> 또한, 상기 단말기가 제2 시간 슬롯에 수신하는 신호를 이용하여 선택적인 복조 과정을 수행하는 것을 특징으로 한다. 이때, 상기 단말기가 제2 시간 슬롯에 수신하는 신호는 하기의 식(3)인 것이 바람직하다.

<18> 식 (3) : $r_3 = h_{21}S + h_{22}S_Q + n_3$, $r_4 = h_{31}S + h_{32}S_Q + n_4$

<19> (여기서, r_3, r_4 는 단말기의 두 개의 안테나가 수신하는 신호이고, $h_{21}, h_{22}, h_{31}, h_{32}$ 는 릴레이들과 단말기 사이에 발생하는 릴레이 채널 값이며, n_3, n_4 는 단말기의 잡음이다. 그리고, s 는 기지국에서 수신된 신호를 복조한 후 재 변조한 신호, s_Q 는 QPSK로 변조된 신호이다.)

<20> 또한, 상기 제1, 제2 릴레이로부터 신호를 수신한 상기 단말기가 선택적인 복조 과정을 수행하는 단계는,

<21> 상기 제2 릴레이로부터 수신한 신호가 상기 기지국과 상기 제1 릴레이로부터 수신된 신호와 협력을 통한 이득이 없다고 판단되는 경우, 상기 단말기가 수신한 신호는 상기 기지국으로부터 제1 시간 슬롯에 수신된 신호와 상기 제1 릴레이로부터 제2 시간 슬롯에 수신된 신호들의 최대비 결합(MRC:Maximal Ratio Combining)인 것을 특징으로 한다. 이때, 상기 단말기는 하기의 식(4)로 된 복조 과정을 수행하는 것이 바람직하다.

<22> 식 (4) :

$$\tilde{s} = H^* r$$

$$\tilde{s} = |H|^2 s + H^* H_{r2} S_Q + H^* n$$

<23>

<24> (여기서, H 는 송신단과 단말기 사이의 채널 행렬(두 시간 슬롯동안 단말기에 수신된 신호의 채널 값), H_{r2} 는 제2 릴레이와 단말기 사이에 발생된 채널, s 는 주 송신단과 제1 릴레이로부터 수신된 신호, n 은 두 시간 슬롯의 수신 안테나의 잡음 벡터, 단말기의 H^* 는 H 채널의 켤레 복소 행렬을 의미한다.)

<25> 상기 제1, 제2 릴레이로부터 신호를 수신한 상기 단말기가 선택적인 복조 과정을 수행하는 단계는,

<26> 상기 기지국로부터 수신한 신호가 상기 제1 릴레이와 상기 제2 릴레이로부터 수신된 신호와 협력을 통한 이득이 없다고 판단되는 경우, 제2 시간슬롯에 상기 제1 릴레이에서 높은 변조방식으로 변조된 신호로, 상기 제2 릴레이에서 낮은 변조방식으로 변조된 신호로 전송되는 신호가 각각 멀티플렉싱되어 상기 단말기에 수신되고, 각 스트림을 Zero Forcing으로 각각 검출하는 복조과정을 수행하는 것을 특징으로 한다. 이때, 상기 단말기는 하기의 식(5)로 된 복조 과정을 수행하는 것이 바람직하다.

<27> 식 (5) :

$$r = Hs + n$$

$$z = H^+ r$$

$$z = H^+ Hs + H^+ n$$

$$z = s + H^+ n$$

<28>

<29> (여기서, H 는 송신단과 단말기 사이의 채널 행렬(두 번째 시간 슬롯에 릴레이들로부터 단말기에 수신된 신호의 채널 값), s 는 제1 릴레이로부터 수신된 신호 S 와 제2 릴레이로부터 수신된 신호 S_Q 로 이루어진(1×2) 벡터, n 은 (단말기의 수신 안테나 × 1)의 잡음 벡터, 단말기의 H^+ 는 채널의 의사역행렬, z 는 ZF(Zero Focusing)된 수신 신호(S, S_Q)를 의미한다.)

<30> 또한, 상기 제1, 제2 릴레이로부터 신호를 수신한 상기 단말기가 선택적인 복조 과정을 수행하는 단계는,

<31> 상기 기지국과 상기 제1 릴레이로부터 수신된 신호와 상기 제2 릴레이로부터 수신된 신호와 협력을 통한 이득이 없다고 판단되는 경우 상기 제2 릴레이로부터 전송된 신호를 검출하는 것을 특징으로 한다.

효 과

<32> 상기와 같은 본 발명에 따른 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법에 의하면,

<33> 추가적인 시간 슬롯을 요구하지 않고 고속 데이터의 영역을 넓힐 수 있으며, 저속 데이터의 수신영역을 좀 더 넓게 제공할 수 있게되어, 그 만큼 수율을 높이는 이득을 얻을 수 있는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<34> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 우선, 도면들 중 동일한 구성요소 또는 부품들은 가능한 한 동일한 참조부호를 나타내고 있음에 유의해야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명은 본 발명의 요지를 모호하게 하지 않기 위해 생략한다.

<35> 도 1은 본 발명에 따른 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법에서 제1 시간 슬롯 동안 기지국과 제1, 제2 릴레이가 동작하는 과정과 수신되는 신호를 개념적으로 도시한 도, 도 2은 본 발명에 따른 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법에서 제2 시간 슬롯 동안 기지국과 제1, 제2 릴레이가 동작하는 과정과 수신되는 신호를 개념적으로 도시한 도, 도 3은 단말기의 위치에 따른 수신 방식을 개념적으로 도시한 도, 도 4는 직진파와 비 직진파 채널 환경에서 릴레이의 수신 비트 오류율을 나타낸 그래프, 도 5는 일반 변조 방식들을 이용했을 때 단말기의 수신 비트 오류율을 나타낸 그래프, 도 6은 일반 변조 방식들을 이용했을 때 각각의 변조 방식 별로 단말기의 수율을 도시한 도, 도 7은 계층적 변조 방식의 64QAM을 이용했을 때 단말기의 수신 비트 오류율을 나타낸 그래프, 도 8은 계층적 변조 방식의 64QAM을 이용했을 때 단말기의 수율을 도시한 도이다.

<36> 본 발명에서 제안하는 릴레이 시스템은 총 두 번의 시간 슬롯(제1 시간 슬롯, 제2 시간 슬롯)이 요구되고, 각 시간 슬롯에 기지국과 릴레이들(제1 릴레이, 제2 릴레이)은 각각의 신호를 단말기를 향해 전송한다. 각각의 시간 슬롯에 송신되는 신호가 [표 1]에 나타나 있다.

<37> [표 1]

transmit symbol	기지국(BS)	제1 릴레이	제2 릴레이
제1 시간 슬롯	S	X	X
제2 시간 슬롯	X	S	S _q

<39> 여기서, 기지국은 제1 시간 슬롯에만 계층적 변조 방식으로 변조된 신호를 전송하고 제2 시간 슬롯에는 동작을 하지 않는다(X로 표시됨). 제1 릴레이는 기지국으로부터 수신한 모든 신호(S)를 계층적 변조방식을 이용해 재전송하고, 제2 릴레이는 기지국으로부터 수신한 신호 중 일부 신호(S_q)만 재전송한다. 여기서, 상기 일부 신호(S_q)는 QPSK(직교 위상 편이 변조; quadrature phase shift keying)로 변조된 신호인 것이 바람직하다.

<40> 상기 QPSK는 위상 편이 방식(PSK)의 하나로, 전송하고자 하는 두 값(0 또는 1)의 전송 신호를 반송파의 0위상(同位相)과 π 위상(逆位相)에 대응시켜 전송하는 2진 위상 편이 변조(BPSK:binary PSK)와는 달리, 두 값의 디지털 신호인 0과 1의 2비트를 모아서 반송파의 4위상에 대응시켜 전송하는 방식. 예를 들면 0위상에 (0, 0), $\pi/2$ 위상에 (0, 1), π 위상에 (1, 0), $3\pi/2$ 위상에 (1, 1)을 대응시켜 전송한다. 반송파의 위상 변화를 90° 간격으로 취하여 하나의 부호로 1비트를 전송하는 2진 위상 편이 변조와는 달리 하나의 부호로 2비트를 전송하는 방식으로, 4위상 편이 변조(quadri-phase PSK)라고도 한다. 4위상 편이 변조파는 2위상 편이 변조파와 같은 주파수 대역폭에서 2배의 정보를 전송할 수 있다. 위성 방송에서 음성 신호의 전송이나 위성 통신에 널리 사용되고 있다.

<41> 도 1에 도시된 바와 같이, 제1 시간 슬롯에 단말기는 두 개의 수신 안테나를 이용하고 릴레이들은 하나의 수신 안테나를 이용해 수신하게 된다. 제1 시간 슬롯에 기지국이 단말기와 릴레이들이 수신하는 신호는 하기 식(1)과 같이 나타낸다.

<42> 식 (1) : $r_1 = h_{11}s + n_1$, $r_2 = h_{12}s + n_2$

<43> 식 (2) : $r_{r1} = h_{r1}s + n_{r1}$, $r_{r2} = h_{r2}s + n_{r2}$

<44> 여기서, r_1 , r_2 는 단말기의 두 개의 안테나가 수신하는 신호, r_{r1} 은 제1 릴레이, r_{r2} 는 제2 릴레이가 수신하는 신호이고, h_{11} , h_{12} 는 기지국으로부터 단말기에 전송된 신호가 경험한 릴레이 채널 값, h_{r1} , h_{r2} 는 기지국으로부터 제1, 제2릴레이로의 전송된 신호가 경험한 라이시안(Rician) 채널 값을 나타낸다. n_1 , n_2 , n_{r1} , n_{r2} 는 단말기의 두 개의 안테나, 제1 릴레이, 제2 릴레이에서의 잡음이다. 그리고, s 는 기지국에서 전송된 신호이다.

<45> 이 때, 단말기에 전송된 신호는 비직진파(NLOS; near line of sight) 채널환경을 경험하고 릴레이들에 전송된 신호는 직진파(LOS; light-of sight) 채널환경을 경험한다.

<46> 그 다음, 도 2에 도시된 바와 같이, 제2 시간 슬롯에 기지국은 동작을 하지 않고 두 릴레이들은 단말기에 신호를 전송하기 위해 제1 시간 슬롯에 수신한 신호를 재변조 하고 재전송한다. 이 때, 상기 단말기는 비직진파 채널환경을 경험한 신호를 수신하게 된다. 제2 시간 슬롯에 단말기가 수신하는 신호는 하기 식(3)과 같다.

<47> 식 (3) : $r_3 = h_{21}s + h_{22}s_Q + n_3$, $r_4 = h_{31}s + h_{32}s_Q + n_4$

<48> 여기서, r_3 , r_4 는 단말기의 두 개의 안테나가 수신하는 신호이고, h_{21} , h_{22} , h_{31} , h_{32} 는 릴레이들과 단말기 사이에 발생하는 릴레이 채널 값이며, n_3 , n_4 는 단말기의 잡음이다. 그리고, s 는 기지국에서 수신된 신호를 복조한 후 재 변조한 신호, s_Q 는 QPSK로 변조된 신호이다.

<49> 그 다음, 상기 신호를 수신한 단말기는 두 개의 시간 슬롯에 수신된 신호를 이용해 세 가지 선택적인 복조 과정을 수행한다.

<50> 첫 번째 복조과정(조건 1의 복조과정)은 제2 릴레이로부터 수신되는 신호가 상기 기지국(주 송신단)과 제1 릴레이로부터 수신된 신호와 협력을 통한 이득이 없다고 판단되는 경우로, 상기 단말기는 하기의 식 (4)로 이루어진 복조 과정을 수행한다.

<51> 식 (4) :

$$\tilde{s} = H^* * r$$

$$\tilde{s} = |H|^2 s + H^* H_{r2} S_Q + H^* n$$

<52>

<53> 여기서, H 는 송신단과 단말기 사이의 채널 행렬(두 시간 슬롯동안 단말기에 수신된 신호의 채널 값), H_{r2} 는 제2 릴레이와 단말기 사이에 발생된 채널, s 는 주 송신단과 제1 릴레이로부터 수신된 신호, n 은 두 시간 슬롯의 수신 안테나의 잡음 벡터, 단말기의 H^* 는 H 채널의 켤레 복소 행렬을 의미한다.

<54> 이 때, 수신된 신호는 기지국으로부터 제1 시간 슬롯에 수신된 신호와 제1 릴레이로부터 제2 시간 슬롯에 수신된 신호들의 최대비 결합(MRC:Maximal Ratio Combining)이 된다. 상기 과정을 통해 단말기는 계층적 변조를 이용해 송신된 신호 s 에서 정확히 검출 가능한 심볼까지 검출하게 된다.

<55> 두 번째 복조과정(조건 2의 복조과정)은 기지국으로부터 수신되는 신호가 릴레이들로부터 수신되는 신호와 협력을 통한 이득이 없다고 판단되는 경우로, 단말기는 하기의 식 (5)로 이루어진 복조 과정을 수행한다.

<56> 식 (5) :

$$r = Hs + n$$

$$z = H^+ r$$

$$z = H^+ Hs + H^+ n$$

$$z = s + H^+ n$$

<57>

<58> 여기서, H 는 송신단과 단말기 사이의 채널 행렬(두 번째 시간 슬롯에 릴레이들로부터 단말기에 수신된 신호의 채널 값), s 는 제1 릴레이로부터 수신된 신호 s 와 제2 릴레이로부터 수신된 신호 s_Q 로 이루어진(1×2) 벡터, n

은 (단말기의 수신 안테나 $\times$ 1)의 잡음 벡터, 단말기의 H^+ 는 채널의 의사역행렬, z 는 ZF(Zero Focusing)된 수신 신호(S, S_0)를 의미한다.

<59> 64QAM과 QPSK로 전송되는 부분이 각기 멀티플렉싱되어 수신되고 각 스트림을 Zero Forcing으로 각각 검출하는 복조 과정을 수행한다. 상기 과정을 통해 단말기는 릴레이들로부터 수신된 신호를 정확히 검출 가능한 심볼까지 검출하게 된다.

<60> 제1 릴레이를 통해 수신되는 신호 중에 S_0 신호는 제2 릴레이로부터 수신된 신호와 동일하다. 이 부분의 검출은 수신된 신호를 선택적 방식(수신된 신호 중 절대 값이 좀 더 큰 신호를 선택)을 이용해 신호를 검출한다.

<61> 세 번째 복조 과정(조건 3의 복조과정)은 주 송신단과 제1 릴레이로부터 수신되는 신호와 제2 릴레이로부터 수신되는 신호의 협력을 통한 이득이 없다고 판단되는 경우, 이 과정에서 단말기는 제2 릴레이로부터 수신된 신호를 검출하는 복조과정을 수행한다. 상기 각각의 복조과정은 도 3을 참조하면 이해할 수 있다.

<62> [모의실험 결과]

<63> 1. 실험 파라미터

<64> 본 발명에서 제안된 방법의 비교를 위해 기존 릴레이 시스템을 이용하는 경우, 변조 레벨 변화에 따른 송신 가능 범위와 수율을 확인하도록 한다. 기존 릴레이 시스템 방식은 기지국에서 QPSK, 16QAM, 64QAM을 각각 전송하고 두 개의 송, 수신 안테나를 갖는 릴레이는 수신된 신호를 재전송한다.

<65> 본 발명에서 제안하는 방식은, 기지국에서 64QAM을 계층적 변조 방식으로 신호를 전송하면, 위치에 따라 분산된 두 릴레이는 수신된 신호를 릴레이의 변조 방식을 이용해 재전송하는 역할을 수행한다. 두 방식에서 수신 단말기는 두 개의 수신 안테나를 이용한다.

<66> [표 2] simulation parameter

Name	Value
셀 스타일	macro cell
전송파워 (BS, 릴레이s)	43dBm
노이즈파워	-104dBm
신호 감쇄 모델 기지국과 릴레이들 사이의 직진파	$23.8 \log_{10}(d) + 41.6 + \delta_{LOS}$
신호 감쇄 모델 (기지국, 릴레이들)과 단말기 사이의 비 직진파	$40.2 \log_{10}(d[m]) + 27.7 + \delta_{NLOS}$
직진파 감쇄 모델의 쉐도잉	4dB
비 직진파 감쇄 모델의 쉐도잉	8dB
일반 변조 모델	QPSK, 16QAM, 64QAM
계층적 변조 모델	64 QAM, 변조 지수 0.3

<68> 상기 [표 2]에 제시된 변조지수 0.3을 이용해 3개의 레벨로 이루어진 64QAM을 각각의 레벨사이에 0.3의 비율값을 갖는 형태로 계층적 변조를 실행한다.

<69> 2. 결과 분석

<70> 도 4를 참조하면, 계층적 변조 방식으로 릴레이에 전송했을 때 기지국으로부터 전송된 신호를 정확히 수신 가능한 범위를 확인하고, 이를 이용해 제안된 방식에서의 제1 릴레이의 최대 위치 가능한 범위를 설정할 수 있다. 즉, 10^{-4} 의 비트오류율을 가지는 위치에 릴레이를 설정한다.

<71> 도 5는 송신 단에서 전송하는 신호의 변조 방식에 따른 단말기의 수신 비트오류율이다. 각 변조 방식의 레벨에 따라 수신 릴레이의 위치는 64QAM 변조 방식에서 600M, 16QAM 변조 방식에서 800M, QPSK 변조 방식에서 1600M에 릴레이를 위치시켰다.

<72> 도 6은 릴레이를 이용한 전송방식에서 각각 다른 변조 방식에 따라 단말기의 수신가능 영역을 나타낸 것으로 QPSK변조 방식을 이용한 경우, 가장 넓은 서비스 영역을 제공하고, 64QAM 변조 방식을 이용한 경우, 가장 좁은 서비스 영역을 제공한다.

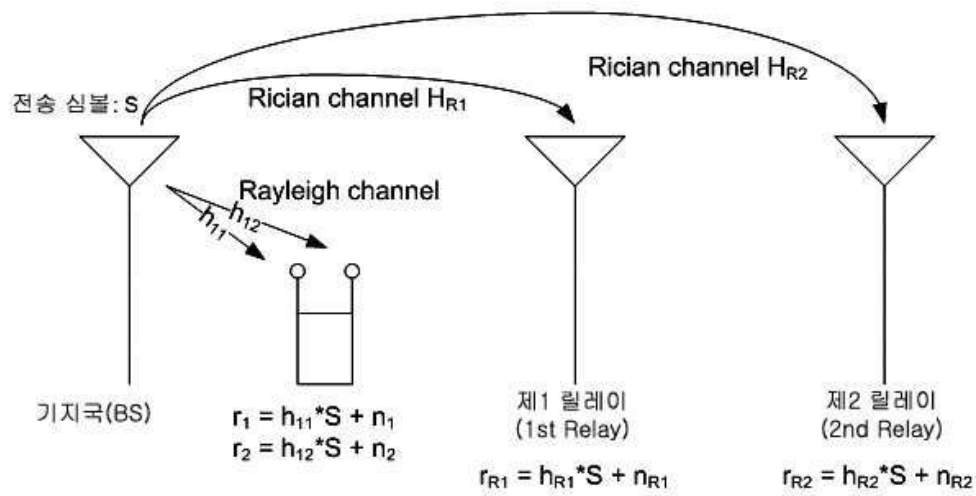
- <73> 도 7은 송신단에서 계층적 변조 방식을 이용해 신호를 전송하고, 제1 릴레이와 제2 릴레이가 재전송했을 때, 단말기가 수신한 신호의 비트 오류율을 나타낸 것이다. 도 7에서 각 커브는 단말기에 수신된 신호의 레벨별 비트 오류율을 의미한다. 단말기는 위치에 따라 수신 신호를 계층적으로 검출할 수 있는 결과를 얻을 수 있었다.
- <74> 도 8은 64QAM을 계층적 변조를 이용해 송신단에서 전송한 경우, 단말기의 위치에 따라 검출 가능한 변조방식을 나타낸 것이다. 송신단에서 가까운 영역과 제1 릴레이에 가까운 영역은 64QAM 변조 방식으로 검출이 가능하고, 제2 릴레이에 가까운 영역은 QPSK 변조 방식으로 검출이 가능하다. 그 외 영역은 16QAM 변조 방식으로 검출이 가능하다.
- <75> 도 5와 도 7을 통해 계층적 변조 방식의 수신 레벨에 따른 비트 오류율과 일반 변조 방식의 수신 비트 오류율의 차이를 확인할 수 있다. 도 5에서 단말기의 수신가능 범위는, 이용되는 변조 방식에 따라 최소 800M 최대 2200M의 범위에 신호의 전송이 가능하다. 도 7에서 단말기의 수신 범위는 MS(Mobile Station)가 수신하는 신호의 최대 변조 레벨에 따라 각각 다른 레벨로 수신 가능 영역이 존재하지만, 일반 변조 방식의 영역에서 주어진 변조 방식의 신호만 수신 가능하다.
- <76> 도 6과 도 8의 비교를 통해 도 8의 전체적인 수율의 범위는 도 6의 일반 변조 방식에서 QPSK를 이용한 경우의 범위와 거의 같지만, 단말기의 위치에 따라 검출 가능한 신호의 레벨이 다르기 때문에 전체적인 수율에서 이득이 발생하였음을 알 수 있다.
- <77> 이상과 같이 본 발명에 따른 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법을 예시한 도면을 참조로 하여 설명하였으나, 본 명세서에 개시된 실시예와 도면에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술사상 범위내에서 당업자에 의해 다양한 변형이 이루어질 수 있음은 물론이다.

도면의 간단한 설명

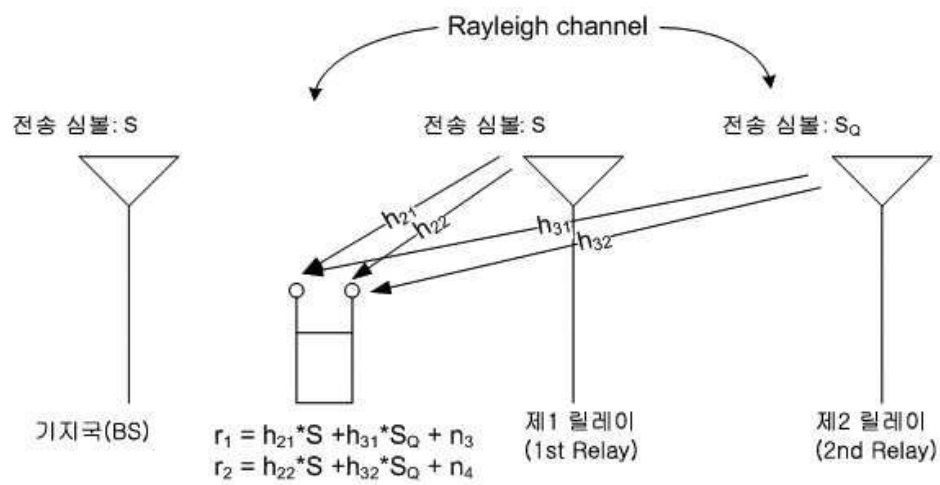
- <78> 도 1은 본 발명에 따른 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법에서 제1 시간 슬롯 동안 기지국과 제1, 제2 릴레이가 동작하는 과정과 수신되는 신호를 개념적으로 도시한 도,
- <79> 도 2은 본 발명에 따른 분산 릴레이 시스템에서 계층적 변조를 이용한 성능 향상 방법에서 제2 시간 슬롯 동안 기지국과 제1, 제2 릴레이가 동작하는 과정과 수신되는 신호를 개념적으로 도시한 도,
- <80> 도 3은 단말기의 위치에 따른 수신 방식을 개념적으로 도시한 도,
- <81> 도 4는 직진파와 비 직진파 채널 환경에서 릴레이의 수신 비트 오류율을 나타낸 그래프,
- <82> 도 5는 일반 변조 방식들을 이용했을 때 단말기의 수신 비트 오류율을 나타낸 그래프,
- <83> 도 6은 일반 변조 방식들을 이용했을 때 각각의 변조 방식 별로 단말기의 수율을 도시한 도,
- <84> 도 7은 계층적 변조 방식의 64QAM을 이용했을 때 단말기의 수신 비트 오류율을 나타낸 그래프,
- <85> 도 8은 계층적 변조 방식의 64QAM을 이용했을 때 단말기의 수율을 도시한 도이다.

도면

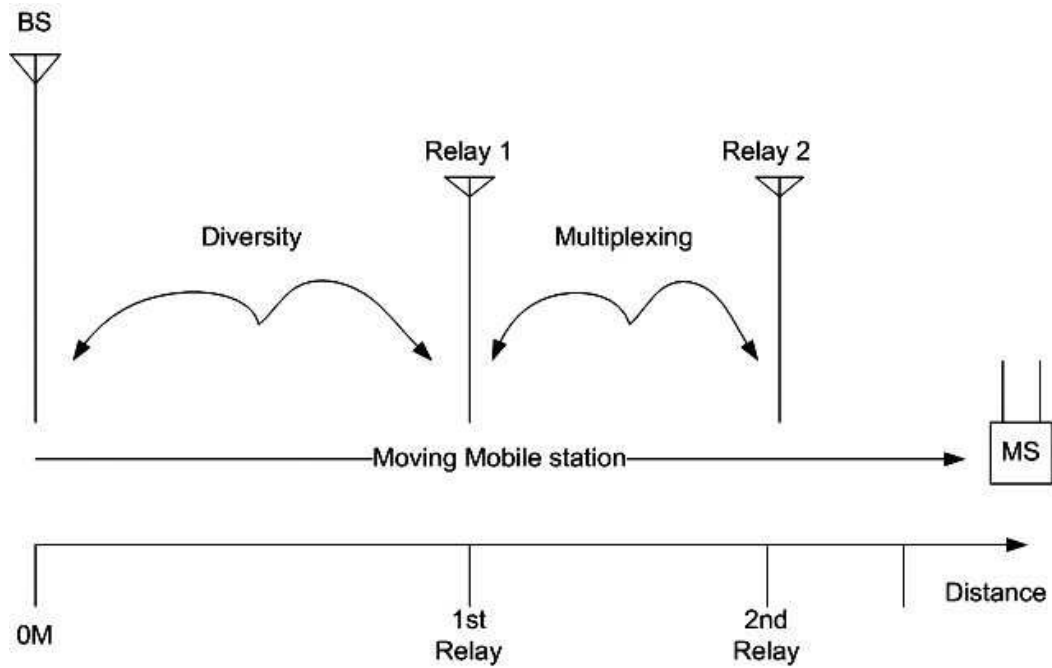
도면1



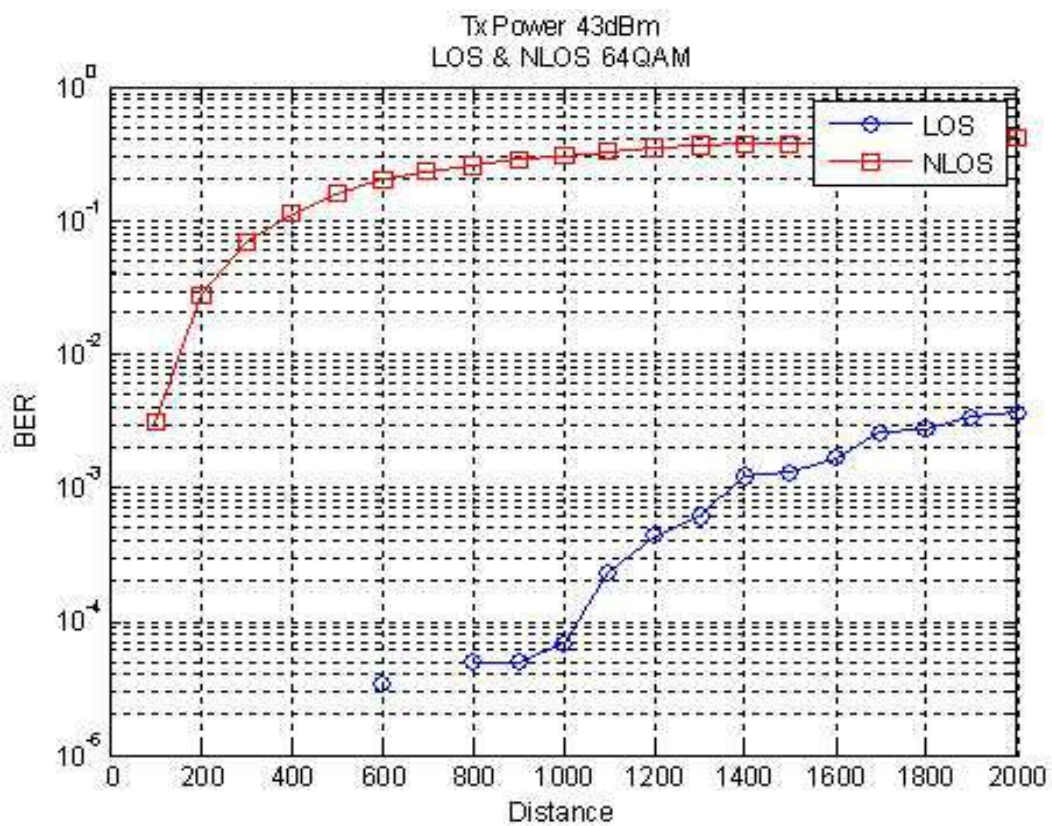
도면2



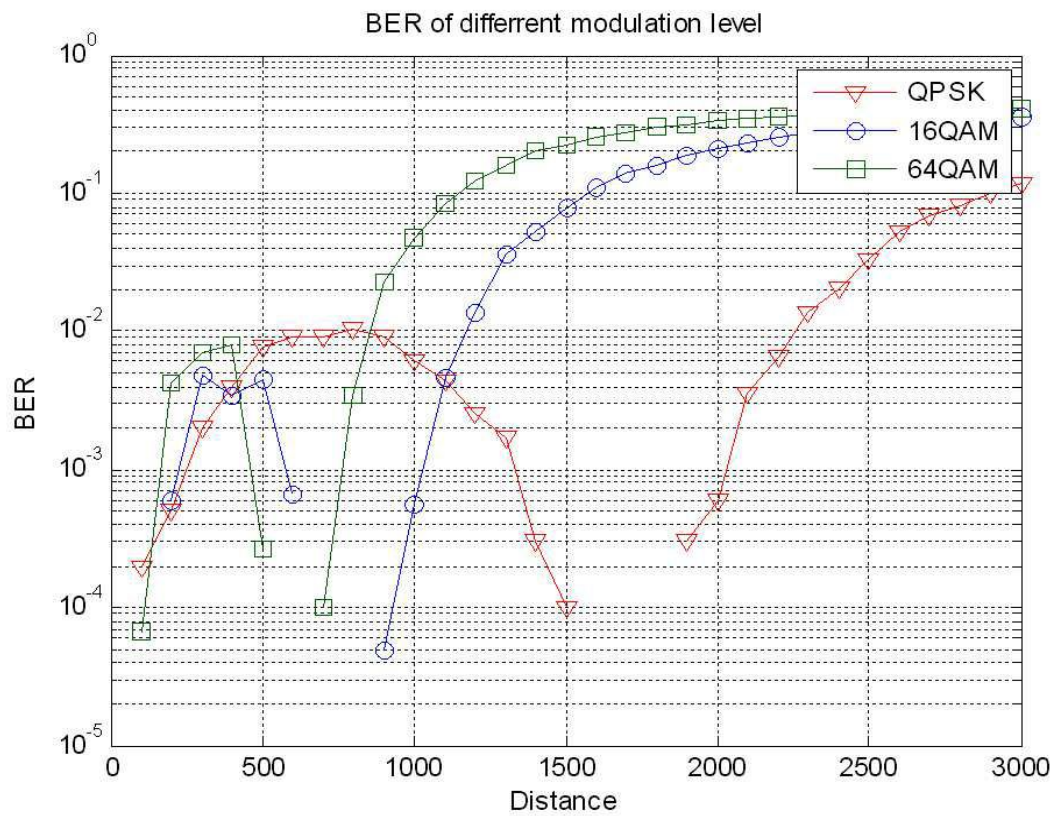
도면3



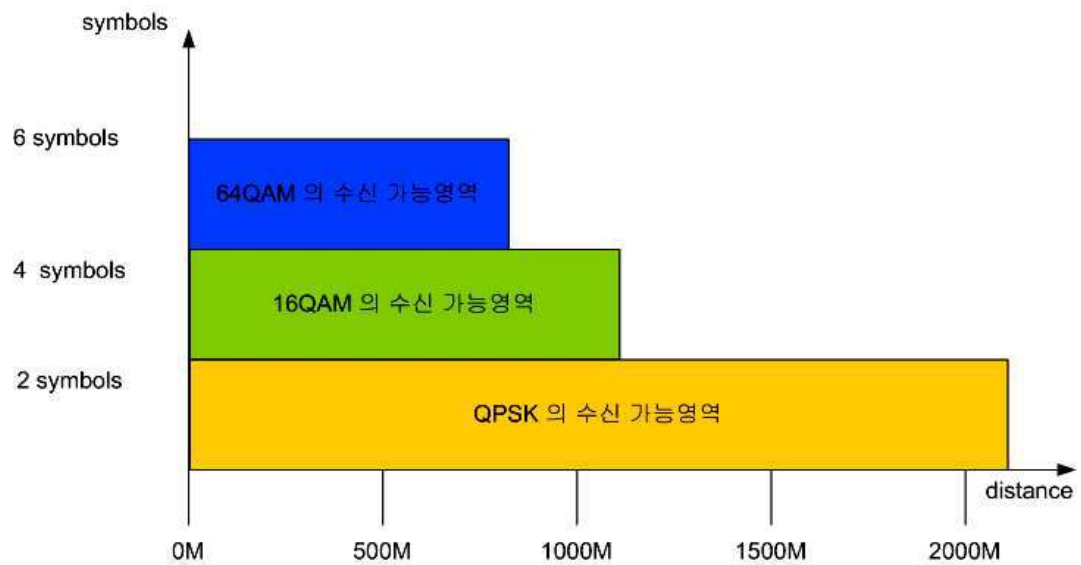
도면4



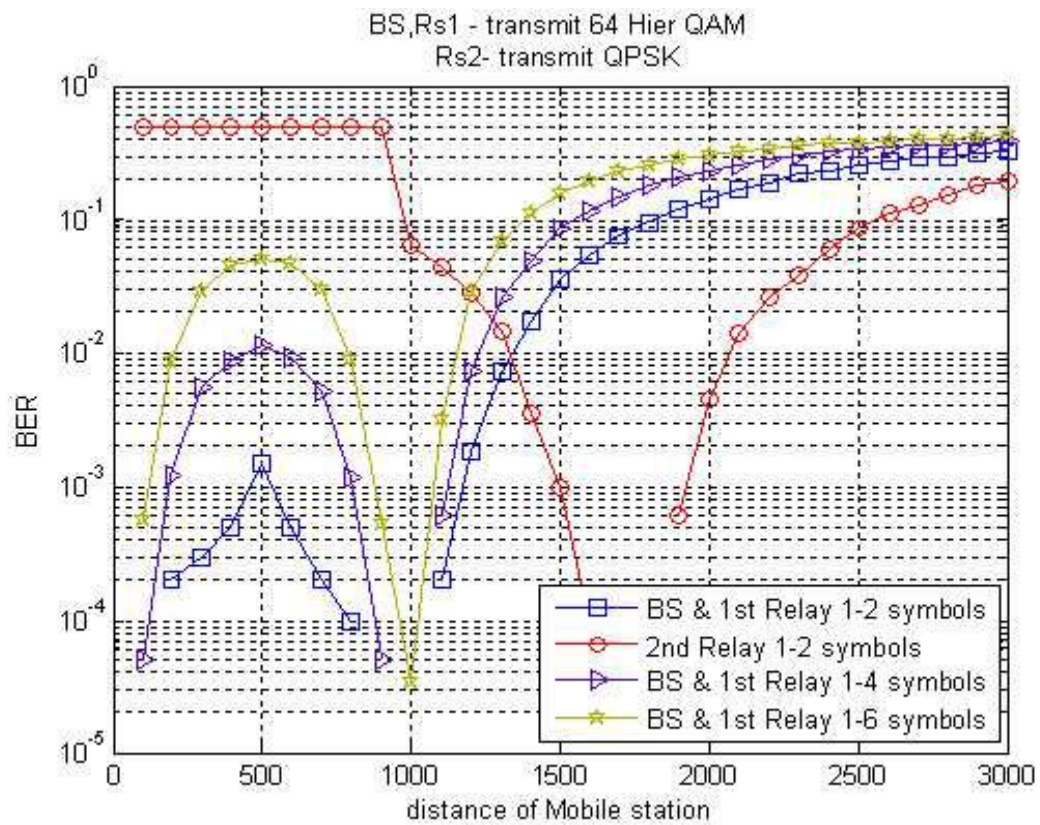
도면5



도면6



도면7



도면8

