



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월06일
(11) 등록번호 10-2007879
(24) 등록일자 2019년07월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/38 (2006.01) H04L 25/03 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 27/3881 (2013.01)
H04L 25/03261 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0023636
(22) 출원일자 2017년02월22일
심사청구일자 2017년02월22일
(65) 공개번호 10-2018-0097046
(43) 공개일자 2018년08월30일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020060076189 A*
KR1020140124715 A*
Paolo Banelli, Non-Linear Transformations of Gaussians and Gaussian-Mixtures with implications on Estimation and Information Theory, <https://arxiv.org/pdf/1111.5950.pdf>, 2013.5.10*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
국방과학연구소
대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160 (수남동)
(72) 발명자
남해운
서울특별시 동작구 사당로16마길 9
오형국
경기도 안양시 만안구 안양로398번길 59-6
(74) 대리인
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 4 항

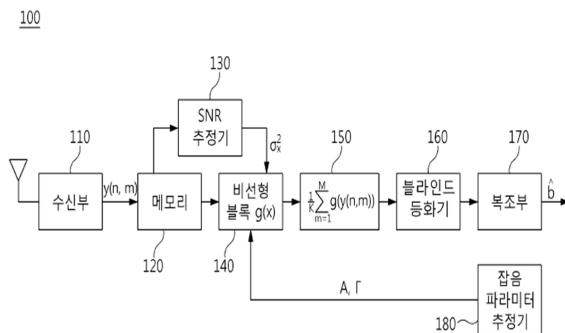
심사관 : 이은규

(54) 발명의 명칭 블라인드 통신 시스템의 수신기 및 이의 동작 방법

(57) 요약

본 발명은 블라인드 통신 시스템의 수신기 및 이의 동작 방법에 관한 것이다. 이를 위한 본 발명의 임펄스성 잡음 및 멀티탭 채널 환경에서 신호를 수신하는 블라인드 통신 시스템의 수신기는 신호를 수신하기 전 수신 대기 상태에서 잡음 파라미터를 추정하는 잡음 파라미터 추정기; 멀티탭 채널 환경을 통해 과표본화된 샘플들을 수신하는 수신부; 과표본화된 샘플들을 메모리에 저장하고, 메모리에 저장한 과표본화된 샘플들을 분석함으로써 신호에 대한 파워를 추정하는 SNR 추정기; 및 잡음 파라미터와 신호에 대한 파워를 이용하여 각 과표본화된 샘플과 문턱값을 비교하고, 비교 결과를 근거로 상기 과표본화된 샘플들에 포함된 임펄스성 잡음의 영향을 감소시키는 비선형 블록을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도



공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

임펄스성 잡음 및 멀티탭 채널 환경에서 상기 임펄스성 잡음의 영향을 줄여 비트 오류율을 낮추기 위해 신호를 수신하는 블라인드 통신 시스템의 수신기로서,

상기 신호를 수신하기 전 수신 대기 상태에서 잡음 파라미터를 추정하는 잡음 파라미터 추정기;

상기 멀티탭 채널 환경을 통해 과표본화된 샘플들을 수신하는 수신부;

상기 과표본화된 샘플들을 메모리에 저장하고, 메모리에 저장한 과표본화된 샘플들을 분석함으로써 상기 신호에 대한 파워를 추정하는 SNR 추정기; 및

상기 잡음 파라미터와 상기 신호에 대한 파워를 이용하여 각 과표본화된 샘플과 문턱값을 비교하고, 비교 결과를 근거로 상기 과표본화된 샘플들에 포함된 임펄스성 잡음의 영향을 감소시키는 비선형 블록을 포함하며,

상기 메모리는 상기 SNR 추정기의 앞단에 배치되며, 상기 SNR 추정기는 상기 비선형 블록의 앞단에 배치되고,

상기 비선형 블록은 과표본화된 샘플들에 포함된 임펄스성 잡음의 영향을 감소시키기 위해 각 과표본화된 샘플의 절대값과 문턱값을 비교하고, 상기 문턱값을 초과하는 과표본화된 샘플을 0으로 출력하는 것을 특징으로 하는 수신기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 문턱값은 아래의 수학적식:

(수학적식)

$$c = \sqrt{\left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^4}{\sigma^2} + \sigma_x^2 + \sigma^2 \frac{\Gamma}{1+\Gamma} \right) \ln \left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2}{A^3((1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2\Gamma)} \right)}$$

으로 표현되는 것을 특징으로 하는 수신기.

(상기 수학적식에서, c는 문턱값을 나타내고, A는 임펄스성 잡음의 차수의 평균을 나타내고, Γ는 가우시안 잡음과 임펄스성 잡음의 파워의 비를 나타내고, σ_x^2 는 가우시안 분포의 분산을 나타내고, σ^2 는 평균 잡음 파워를 나타냄).

청구항 3

삭제

청구항 4

임펄스성 잡음 및 멀티탭 채널 환경에서 상기 임펄스성 잡음의 영향을 줄여 비트 오류율을 낮추기 위해 신호를 수신하는 블라인드 통신 시스템의 수신기의 동작 방법으로서,

잡음 파라미터 추정기에 의해, 상기 신호를 수신하기 전 수신 대기 상태에서 잡음 파라미터를 추정하는 단계;

수신부에 의해, 상기 멀티탭 채널 환경을 통해 과표본화된 샘플들을 수신하는 단계;

SNR 추정기에 의해, 상기 과표본화된 샘플들을 메모리에 저장하고, 메모리에 저장한 과표본화된 샘플들을 분석함으로써 상기 신호에 대한 파워를 추정하는 단계; 및

비선형 블록에 의해, 상기 잡음 파라미터와 상기 신호에 대한 파워를 이용하여 각 과표본화된 샘플과 문턱값을

비교하고, 비교 결과를 근거로 상기 과표본화된 샘플들에 포함된 임펄스성 잡음의 영향을 감소시키는 단계를 포함하며,

상기 메모리는 상기 SNR 추정기의 앞단에 배치되며, 상기 SNR 추정기는 상기 비선형 블록의 앞단에 배치되며,

상기 과표본화된 샘플들에 포함된 임펄스성 잡음의 영향을 감소시키는 단계는 각 과표본화된 샘플의 절대값과 문턱값을 비교하고, 상기 문턱값을 초과하는 과표본화된 샘플을 0으로 출력함으로써 이루어지는 것을 특징으로 하는 수신기의 동작 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 문턱값은 아래의 수학적식:

(수학적식)

$$c = \sqrt{\left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^4}{\sigma^2} + \sigma_x^2 + \sigma^2 \frac{\Gamma}{1+\Gamma} \right) \ln \left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2}{A^3((1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2\Gamma)} \right)}$$

으로 표현되는 것을 특징으로 하는 수신기의 동작 방법.

(상기 수학적식에서, c는 문턱값을 나타내고, A는 임펄스성 잡음의 차수의 평균을 나타내고, Γ는 가우시안 잡음과 임펄스성 잡음의 파워의 비를 나타내고, σ_x²는 가우시안 분포의 분산을 나타내고, σ²는 평균 잡음 파워를 나타냄).

청구항 6

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 블라인드 통신 시스템의 수신기 및 이의 동작 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 학습 시퀀스를 사용하지 않는 적응 블라인드 등화 기법은 특별한 비선형 추정기(nonlinear estimator)를 사용하여 송신된 신호를 추정한다. 일반적으로, 이러한 블라인드 등화 기법을 이용하는 블라인드 통신 시스템은 도 1과 같은 구조를 가질 수 있다. 여기서, 블라인드 등화 기법은 수신된 신호로부터 송신 신호를 추측(infer) 또는 등화(equalize)하는 디지털 신호 처리 기법으로서, 수신 신호를 참고하지 않고, 송신된 신호 통계치만을 사용하는 기법을 나타낸다. 즉, 블라인드 등화 기법은 일반적인 등화기들이 미리 정의된 훈련 신호(training signal)를 송수신함으로써 채널을 추정하는 것과는 달리, 정의된 훈련 신호 없이도 채널을 추정하는 방식을 나타낸다.

[0003] 여기서, 블라인드 등화 기법은 훈련 신호를 보내지 않기 때문에 전송률과 대역폭 측면에서 다른 등화 기법 대비 이득을 볼 수 있다. 채널 및 잡음 블록(14)은 송신 과정을 거친 신호들이 채널 및 잡음에 영향을 받는 블록이다. 임펄스성 잡음에 영향을 받는다면 강한 잡음에 의해 신호가 손상을 크게 받는다. 여기서, 도 1의 b

및 \hat{b} 는 전송할 비트 배열 및 복원한 비트 배열이다.

[0004] 여러 개의 임펄스성 잡음 모델 중 Middleton class A 잡음 모델이 주로 사용되는데, 이는 Middleton class A 잡음 모델이 관측한 잡음의 통계적 특성을 고려했기 때문이다. Middleton class A 잡음 모델의 확률 밀도 함수는 아래의 수학적식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$f_W(w) = \sum_{q=0}^{\infty} \frac{e^{-A} A^q}{q!} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_q^2}} e^{-\frac{w^2}{2\sigma_q^2}}$$

[0005]

$$\sigma_q^2 = \sigma^2 \frac{q/A + \Gamma}{1 + \Gamma}$$

[0006]

수학식 1에서, σ_q^2 는 평균 잡음 파워를 나타내고, A는 임펄스성 잡음의 차수의 평균이며, Γ 는 가우시안 잡음과 임펄스성 잡음의 파워의 비를 나타낸다. 심볼 시간이 하나의 탭인 멀티 탭 채널을 겪은 수신 신호는 아래의 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

$$y(n) = \sum_{l=0}^{L-1} h(l)x(n-l) + w(n)$$

[0007]

[0008]

수학식 2에서, L은 채널의 총 탭수를 나타내고, w(n)은 임펄스성 잡음 중 대표적 모델인 Middleton class A 잡음이다. 위에서 언급된 비특허문헌 2에서 언급된 것처럼, 한 심볼 구간 동안 과표본화(oversampling)하면 더 좋은 성능을 얻을 수 있으므로, 과표본화한 샘플을 고려한다. 한 심볼구간 내에 과표본화 하는 동안, 잡음은 동일 독립분포(identical and independent distribution) 특성을 갖는 반면, 채널을 겪은 전송된 신호는 서로 상관 관계에 있다. 한 심볼 구간 동안 채널은 거의 변하지 않기 때문에 이 과표본화한 송신 샘플들 및 채널은 같은 값을 갖는다. 위의 내용을 모두 고려하면 과표본화한 수신신호는 아래의 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

$$y(n, m) = \sum_{l=0}^{L-1} h(l)x(n-l) + w(n, m)$$

[0009]

[0010]

수학식 3에서, y(n, m)은 n번째 수신 샘플의 m번째 과표본화한 샘플을 나타낸다. M은 심볼당 과표본화한 샘플 수를 나타낸다.

[0011]

도 2는 비선형 블록(22)이 설치된 수신기(20)의 개략적인 블록도이다. 과표본화한 수신 샘플들은 임펄스성 잡음의 영향을 줄이기 위해 비선형 블록을 통과한다. 그 후, M개의 과표본화한 샘플을 더하고, 등화기 및 복조 같은 기존의 수신기와 같은 과정을 거쳐 비트 배열을 복원한다. 비선형 블록의 문턱값을 결정하기 위해 잡음의 파라미터들과 신호의 파워 즉, σ_x^2 가 필요하다.

[0012]

도 2에 도시된 수신기(20)에서 잡음 파라미터 추정기(26) 및 SNR 추정기(27)는 문턱값 계산에 필요한 잡음 파라미터 및 신호의 파워를 추정한다. 도 2에 도시된 것처럼, 기존의 수신부(21) 앞단에 비선형 블록(22)만 설치하므로, 복잡도는 낮으며 통신 시스템의 성능도 좋은 영향을 초래할 수 있다. 또한, 임펄스성 잡음의 영향을 줄이기 위한 방법으로 비선형 블록(22)이 주로 쓰인다. 비선형 블록(22) 중에 특정 문턱값을 넘는 샘플들은 0으로 출력하는 블랭커(blanker)가 많이 쓰인다. 여기서, 블랭커는 아래의 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

$$g(x) = \begin{cases} x, & |x| \leq c \\ 0, & |x| > c \end{cases}$$

[0013]

[0014]

수학식 4에서 c 는 미리 결정한 문턱값을 나타내고, $|x|$ 는 x 의 절대값이다. 일반적인 통신 시스템에서 blanker의 문턱값에 대한 결정 방법은 많은 논의가 이루어졌으나 블라인드 통신 시스템에서는 그렇지 못했다. 또한 한 개의 탭으로 이루어진 채널 환경에서 문턱값은 채널의 변화에 따라 적응적으로 변화하여 임펄스성 잡음을 줄이는 방법이 언급되었으나 멀티 탭 채널의 영향을 고려한 비선형 블록의 논의는 없었다. 따라서, 멀티탭 채널과 임펄스성 잡음에서 블라인드 통신시스템을 위해 임펄스성 잡음의 영향을 줄이는 새로운 수신기 구조가 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0015]

(특허문헌 0001) 한국등록특허 제1262287호(명칭: 가우시안 2-군집 모델을 사용한 적응 블라인드 등화기)

비특허문헌

[0016]

(비특허문헌 0001) D. Middleton, "Non-Gaussian noise models in signal processing for telecommunications: new methods and results for class A and class B noise models," IEEE. Trans. Info. Theory, vol. 45, no. 4, pp. 1129-1149, May 1999.

(비특허문헌 0002) H. Oh and H. Nam, "Adaptive Threshold Blanker in an Impulsive Noise Environment," IEEE. Trans. Electromag. Compat., vol. 56, no. 5, pp. 1045-1052, Oct. 2014.

(비특허문헌 0003) S. Haykin, "Adaptive Filter Theory," 5th ed., 2014. (chap 17).

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017]

본 발명은 멀티탭 채널과 임펄스성 잡음에서 블라인드 통신시스템을 위해 임펄스성 잡음의 영향을 줄일 수 있는 블라인드 통신 시스템의 수신기 및 이의 동작 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0018]

상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 임펄스성 잡음 및 멀티탭 채널 환경에서 상기 임펄스성 잡음의 영향을 줄여 비트 오류율을 낮추기 위해 신호를 수신하는 블라인드 통신 시스템의 수신기는 신호를 수신하기 전 수신 대기 상태에서 잡음 파라미터를 추정하는 잡음 파라미터 추정기; 멀티탭 채널 환경을 통해 과표본화된 샘플들을 수신하는 수신부; 과표본화된 샘플들을 메모리에 저장하고, 메모리에 저장한 과표본화된 샘플들을 분석함으로써 신호에 대한 파워를 추정하는 SNR 추정기; 및 잡음 파라미터와 신호에 대한 파워를 이용하여 각 과표본화된 샘플과 문턱값을 비교하고, 비교 결과를 근거로 상기 과표본화된 샘플들에 포함된 임펄스성 잡음의 영향을 감소시키는 비선형 블록을 포함하는 것을 특징으로 한다.

이때, 상기 메모리는 상기 SNR 추정기의 앞단에 배치되며, 상기 SNR 추정기는 상기 비선형 블록의 앞단에 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0019]

또한, 문턱값은 아래의 수학식:

[0020] (수학식)

$$c = \sqrt{\left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^4}{\sigma^2} + \sigma_x^2 + \sigma^2 \frac{\Gamma}{1+\Gamma} \right) \ln \left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2}{A^3((1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2\Gamma)} \right)}$$

[0021]

[0022] 으로 표현될 수 있다(상기 수학식에서, c는 문턱값을 나타내고, A는 임펄스성 잡음의 차수의 평균을 나타내고, Γ 는 가우시안 잡음과 임펄스성 잡음의 파워의 비를 나타내고, σ_x^2 는 가우시안 분포의 분산을 나타내고, σ^2 는 평균 잡음 파워를 나타냄).

[0023] 또한, 비선형 블록은 각 과표본화된 샘플의 절대값과 문턱값을 비교하고, 문턱값을 초과하는 과표본화된 샘플을 0으로 출력할 수 있다.

[0024] 상기와 같은 과정을 해결하기 위한 본 발명의 임펄스성 잡음 및 멀티탭 채널 환경에서 신호를 수신하는 블라인드 통신 시스템의 수신기의 동작 방법은 잡음 파라미터 추정기에 의해, 신호를 수신하기 전 수신 대기 상태에서 잡음 파라미터를 추정하는 단계; 수신부에 의해, 멀티탭 채널 환경을 통해 과표본화된 샘플들을 수신하는 단계; SNR 추정기에 의해, 과표본화된 샘플들을 메모리에 저장하고, 메모리에 저장한 과표본화된 샘플들을 분석함으로써 신호에 대한 파워를 추정하는 단계; 및 비선형 블록에 의해, 잡음 파라미터와 신호에 대한 파워를 이용하여 각 과표본화된 샘플과 문턱값을 비교하고, 비교 결과를 근거로 과표본화된 샘플들에 포함된 임펄스성 잡음의 영향을 감소시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 또한, 문턱값은 아래의 수학식:

[0026] (수학식)

$$c = \sqrt{\left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^4}{\sigma^2} + \sigma_x^2 + \sigma^2 \frac{\Gamma}{1+\Gamma} \right) \ln \left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2}{A^3((1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2\Gamma)} \right)}$$

[0027]

[0028] 으로 표현될 수 있다(상기 수학식에서, c는 문턱값을 나타내고, A는 임펄스성 잡음의 차수의 평균을 나타내고, Γ 는 가우시안 잡음과 임펄스성 잡음의 파워의 비를 나타내고, σ_x^2 는 가우시안 분포의 분산을 나타내고, σ^2 는 평균 잡음 파워를 나타냄).

[0029] 또한, 과표본화된 샘플들에 포함된 임펄스성 잡음의 영향을 감소시키는 단계는 각 과표본화된 샘플의 절대값과 문턱값을 비교하고, 문턱값을 초과하는 과표본화된 샘플을 0으로 출력함으로써 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 블라인드 통신 시스템의 수신기 및 이의 동작 방법에 따르면 멀티탭 채널과 임펄스성 잡음에서 블라인드 통신시스템을 위해 임펄스성 잡음의 영향을 줄일 수 있고, 이에 따라 최적화된 비트 오류율에 근접한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 일반적인 블라인드 통신 시스템에 대한 블록도이다.

도 2는 임펄스성 잡음의 영향을 줄이기 위해 비선형 블록을 채택한 종래 기술에 따른 수신기의 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 블라인드 통신 시스템의 수신기에 대한 블록도이다.

도 4는 A=0.1, $\Gamma=0.01$, $\sigma^2=1$ 이고, 심볼 수가 20000 그리고 SNR이 -20dB일때 임의의 문턱값 대비 비트 오류율을 그린 그래프이다.

도 5는 A=0.35, $\Gamma=0.01$, $\sigma^2=1$ 이고, 심볼 수가 20000 그리고 SNR이 0dB일때 임의의 문턱값 대비 비트 오류율을 그린 그래프이다.

도 6은 A=0.1, $\Gamma=0.01$, $\sigma^2=1$ 이고, 심볼 수가 80000 일때 SNR 대비 비트 오류율을 그린 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 블라인드 통신 시스템의 수신기의 동작 방법에 대한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 반복되는 설명, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능, 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 본 발명의 실시형태는 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0033] 이하, 본 발명의 실시예에 따른 블라인드 통신 시스템의 수신기 및 이의 동작 방법에 대하여 설명하도록 한다.
- [0034] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 블라인드 통신 시스템의 수신기(이하, 수신기(100))에 대한 블록도이다. 도 3에 도시된 것처럼, 본 발명의 일 실시예에 따른 블라인드 통신 시스템의 수신기(100)는 수신부(110), 메모리(120), SNR 추정기(130), 비선형 블록(150), 블라인드 등화기(160) 및 복조부(170) 및 잡음 파라미터 추정기(180)를 포함하여 구성될 수 있다. 이제, 도 3을 참조로 본 발명의 일 실시예에 따른 수신기(100)에 대한 설명이 이루어진다.
- [0035] 잡음 파라미터 추정기(180)는 아래의 수신부(110)를 통해 신호를 수신하기 전 수신 대기 상태에서 잡음 파라미터를 추정하는 기능을 한다.
- [0036] 수신부(110)는 임펄스성 잡음 및 멀티탭 채널 환경에서 신호를 수신하는 기능을 한다. 여기서, 수신부(110)를 통해 수신되는 신호는 위에서 설명된 것처럼, 한 심볼 구간 동안 과표본화된 샘플들을 수신하는 기능을 한다.
- [0037] SNR 추정기(130)는 수신부(110)를 통해 수신한 과표본화된 샘플들을 메모리에 저장하고, 메모리에 저장한 과표본화된 샘플들을 분석함으로써 신호에 대한 파워를 추정하는 기능을 한다. 여기서, SNR 추정기(130)와 잡음 파라미터 추정기(180)를 통해 잡음 파라미터와 신호의 파워를 추정하는 이유는 아래에서 설명되는 비선형 블록의 문턱값 계산에 이용되기 때문이다.
- [0038] 여기서, 잡음 파라미터는 샘플을 수신받기 전에 대기 상태에서 추정할 수 있다. 하지만 신호의 파워 추정은 그렇게 할 수 없다. 이는 기존의 통신 시스템은 서로 신호를 주고 받는 동안 이미 파워를 추정할 수 있는 반면, 블라인드 통신 시스템은 파일럿 신호의 부재로 신호의 파워를 알기 힘들기 때문이다. 더구나 상대방의 신호를 도청하는 경우는 더욱 그렇다. 그러므로 SNR 추정기(130)는 수신한 샘플들을 메모리에 저장한 후에 이 샘플들에 기반하여 신호의 파워를 추정하는 기능을 한다.
- [0039] 비선형 블록(140)은 잡음 파라미터와 신호에 대한 파워를 이용하여 각 과표본화된 샘플과 문턱값을 비교하고, 비교 결과를 근거로 과표본화된 샘플들에 포함된 임펄스성 잡음의 영향을 감소시키는 기능을 한다. 구체적으로, 비선형 블록(140)은 각 과표본화된 샘플의 절대값과 문턱값을 비교하고, 문턱값을 초과하는 과표본화된 샘플을 0으로 출력함으로써 상기 기능을 수행하는 기능을 한다.
- [0040] 이를 위해, 비선형 블록(140)은 상기 비교 과정을 수행하기 전 문턱값을 산출한다. 멀티탭 채널을 겪은 신호는 이산적인 분포를 갖지 않고 평균이 0인 연속적인 가우시안 분포를 갖는다. 이 가우시안 분포의 분산은 SNR 추정기(130)에 의해 σ_x^2 로 정확히 추정한다고 가정한다. 수신부(110)를 통한 수신 샘플들은 멀티탭 채널을 겪은 전송 샘플들과 임펄스성 잡음의 합으로 표현할 수 있다. 임의의 변수 (random variable)들의 합은 각 확률 밀도함수의 컨벌루션(convolution)으로 계산하므로 가우시안 분포와 Middleton class A 잡음 분포의 컨벌루션을 계산한다. Middleton class A 잡음의 분포는 무한개의 가우시안 분포로 이루어져 있으므로 결국 가우시안 분포와 가우시안 분포의 컨벌루션 연산이 된다. 수신 샘플의 정리된 분포는 아래의 수학적 식 5와 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

$$\begin{aligned}
 f_Y(y) &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}} \cdot \sum_{q=0}^{\infty} \left[\frac{e^{-A} A^q}{q!} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_q^2}} e^{-\frac{(y-x)^2}{2\sigma_q^2}} \right] dx \\
 &= \sum_{q=0}^{\infty} \frac{e^{-A} A^q}{q!} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_q^2}} e^{-\frac{(y-x)^2}{2\sigma_q^2}} dx \\
 &= \sum_{q=0}^{\infty} \frac{e^{-A} A^q}{q!} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{qx}^2}} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_{qx}^2}}
 \end{aligned}$$

[0041]

$$\sigma_{qx}^2 = \sigma_x^2 + \sigma^2 \frac{q/A + \Gamma}{1 + \Gamma}$$

[0042]

또한, 수학식 5에서 σ_{qx}^2 는 가우시안 분포의 분산을 나타내고, A는 임펄스성 잡음의 차수의 평균을 나타내며, Γ 는 가우시안 잡음과 임펄스성 잡음의 파워의 비를 나타낸다.

[0043]

비선형 블록(140)의 역할은 각 과표본화된 샘플이 임펄스성 성분에 오염된 경우, 해당 과표본화된 샘플의 진폭을 0으로 낮추므로 수학식 5에서 임펄스성 성분이 무엇인지 파악해야 한다. 비특허문헌 2에서 q=0인 식은 가우시안 성분이고 q >= 1인 식은 임펄스성 성분이라고 밝혀졌다. 그래서 상기 2개의 식들 간 교차점을 문턱값이라고 고려할 수 있으나 q >= 1인 식이 무한개의 식으로 이루어져있으므로 계산이 어렵다. q >= 1인 식 중에서 발생 빈도가 제일 높은 식은 q=1인 식이므로 문턱값을 계산하기 위해 q=0식과 q=1식의 교차점을 계산한다. 그러므로 그 교차점은 아래의 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

$$e^{-A} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{0x}^2}} e^{-\frac{c^2}{2\sigma_{0x}^2}} = A e^{-A} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{1x}^2}} e^{-\frac{c^2}{2\sigma_{1x}^2}}$$

[0044]

[0045]

수학식 6에서 c는 문턱값을 나타내고, c를 좌변으로 넘겨서 정리하면, 문턱값(c)는 아래의 수학식 7과 같이 표현될 수 있다.

수학식 7

$$c = \sqrt{\frac{\sigma_{1x}^2 \sigma_{0x}^2}{\sigma_{1x}^2 - \sigma_{0x}^2} \ln\left(\frac{\sigma_{1x}^2}{\sigma_{0x}^2 A^2}\right)}$$

[0046]

$$\sigma_x^2 + \sigma^2 \frac{\Gamma}{1 + \Gamma}$$

[0047]

수학식 7에서 ln(x)는 자연로그함수를 나타내고, 수학식 7에서 σ_{0x}^2 및 σ_{1x}^2 대신,

및

$\sigma_x^2 + \sigma^2 \frac{1/A + \Gamma}{1 + \Gamma}$ 를 넣고 정리하면, 아래의 수학적 식 8이 유도될 수 있다.

수학적 식 8

$$c = \sqrt{\left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^4}{\sigma^2} + \sigma_x^2(1+2A\Gamma) + \sigma^2 \frac{\Gamma(1+A\Gamma)}{1+\Gamma} \right) \ln \left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2(1+A\Gamma)}{A^3((1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2\Gamma)} \right)}$$

[0048]

[0049]

수학적 식 8에서, c는 문턱값을 나타내고, A는 임펄스성 잡음의 차수의 평균을 나타내고, Γ는 가우시안 잡음과 임펄스성 잡음의 파워의 비를 나타내고, σ_x^2 는 가우시안 분포의 분산을 나타내고, σ^2 는 평균 잡음 파워를 나타낸다.

[0050]

임펄스성 잡음에서 잡음이 충분히 임펄스성 잡음의 성질을 갖는다면, $A < 1$, $\Gamma < 1$, 그리고 $A\Gamma \ll 1$ 을 따른다. 그러므로, 수학적 식 8을 다시 정리하면, 문턱값(c)는 아래의 수학적 식 9와 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 9

$$c = \sqrt{\left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^4}{\sigma^2} + \sigma_x^2 + \sigma^2 \frac{\Gamma}{1+\Gamma} \right) \ln \left(\frac{A(1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2}{A^3((1+\Gamma)\sigma_x^2 + \sigma^2\Gamma)} \right)}$$

[0051]

[0052]

수학적 식 9에서, c는 문턱값을 나타내고, A는 임펄스성 잡음의 차수의 평균을 나타내고, Γ는 가우시안 잡음과 임펄스성 잡음의 파워의 비를 나타내고, σ_x^2 는 가우시안 분포의 분산을 나타내고, σ^2 는 평균 잡음 파워를 나타낸다.

[0053]

블라인드 등화기(160)는 비선형 블록(140)을 통해 출력된 샘플들을 이용하여 채널을 추정하고, 복조부(170)는 추정된 채널을 이용하여 신호를 복조하는 기능을 한다.

[0054]

도 4는 $A=0.1$, $\Gamma=0.01$, $\sigma^2=1$ 이고, 심볼 수가 20000 그리고 SNR이 -20dB일때 임의의 문턱값 대비 비트 오류율을 그린 그래프이다. 도 5는 $A=0.35$, $\Gamma=0.01$, $\sigma^2=1$ 이고, 심볼 수가 20000 그리고 SNR이 0dB일때 임의의 문턱값 대비 비트 오류율을 그린 그래프이다. 도 4 및 도 5에서 -20dB 와 0dB는 각각 작은 SNR 및 큰 SNR을 의미하고 이 두 그래프를 그린 이유는 SNR이 어떤 값들을 가져도 제안하는 문턱값의 성능이 최적화된 성능에 근접함을 보이기 위함이다. 도 4 및 도 5의 3개의 점은 각각 4, 16, 64 QAM의 제안한 문턱값을 사용할 때의 비트 오류율을 의미한다. 도 4 및 도 5에서 관측하는대로 비트 오류율을 최적화하는 문턱값이 존재함을 알 수 있고 제안하는 문턱값의 비트 오류율이 최적화된 비트 오류율에 근접함을 알 수 있다.

[0055]

도 6은 $A=0.1$, $\Gamma=0.01$, $\sigma^2=1$ 이고, 심볼 수가 80000 일때 SNR 대비 비트 오류율을 그린 그래프이다. 기존의 수신기 앞에 비선형 블록을 추가 시킨 것만으로도 충분히 임펄스성 잡음의 영향이 줄어들어 결국 비트오류율이 낮아짐을 관찰 할 수 있다.

[0056]

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 블라인드 통신 시스템의 수신기의 동작 방법에 대한 흐름도이다.

[0057]

S110 단계는 잡음 파라미터 추정기에 의해, 신호를 수신하기 전 수신 대기 상태에서 잡음 파라미터를 추정하는 단계이다.

[0058]

S120 단계는 수신부에 의해, 임펄스성 잡음 및 멀티탭 채널 환경에서 신호를 수신하는 기능을 한다. 구체적으로, S120 단계는 멀티탭 채널 환경을 통해 과표본화된 샘플들을 수신하는 단계이다.

- [0059] S130 단계는 SNR 추정기에 의해, 과표본화된 샘플들을 메모리에 저장하고, 메모리에 저장한 과표본화된 샘플들을 분석함으로써 신호에 대한 파워를 추정하는 단계이다. 위에서 설명한 것처럼, S110 단계를 통해 추정되는 잡음 파라미터는 S120 단계 이전 수신 대기 상태에서도 이루어질 수 있지만, S130 단계를 통해 이루어지는 신호의 파워 추정은 그렇게 할 수 없다. 이는 기존의 통신 시스템은 서로 신호를 주고 받는 동안 이미 파워를 추정할 수 있는 반면, 블라인드 통신 시스템은 파일럿 신호의 부재로 신호의 파워를 알기 힘들기 때문이다. 더구나 상대방의 신호를 도청하는 경우는 더욱 그렇다. 따라서, S130 단계는 수신한 과표본화된 샘플들을 메모리에 저장한 후, 이를 분석함으로써 신호의 파워를 추정할 수 있다.
- [0060] S140 단계는 비선형 블록에 의해, 잡음 파라미터와 신호에 대한 파워를 이용하여 각 과표본화된 샘플과 문턱값을 비교하고, 비교 결과를 근거로 과표본화된 샘플들에 포함된 임펄스성 잡음의 영향을 감소시키는 단계이다. 여기서, S140 단계는 각 과표본화된 샘플의 절대값과 문턱값을 비교하고, 문턱값을 초과하는 과표본화된 샘플을 0으로 출력하되, 문턱값 이하인 과표본화된 샘플은 그대로 출력함으로써 이루어질 수 있다.
- [0061] 이에 따라, 문턱값의 설정이 중요하며, 문턱값을 설정하는 방법은 위에서 수학식 5 내지 9를 참조로 상세히 언급하였으므로, 중복되는 설명은 생략한다.
- [0062] S150 단계는 블라인드 등화기를 통해 블라인드 등화를 수행하는 단계이고, S160 단계는 복조부를 통해 복조를 수행하는 단계이다.
- [0063] 이상에서와 같이 도면과 명세서에서 최적의 실시예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

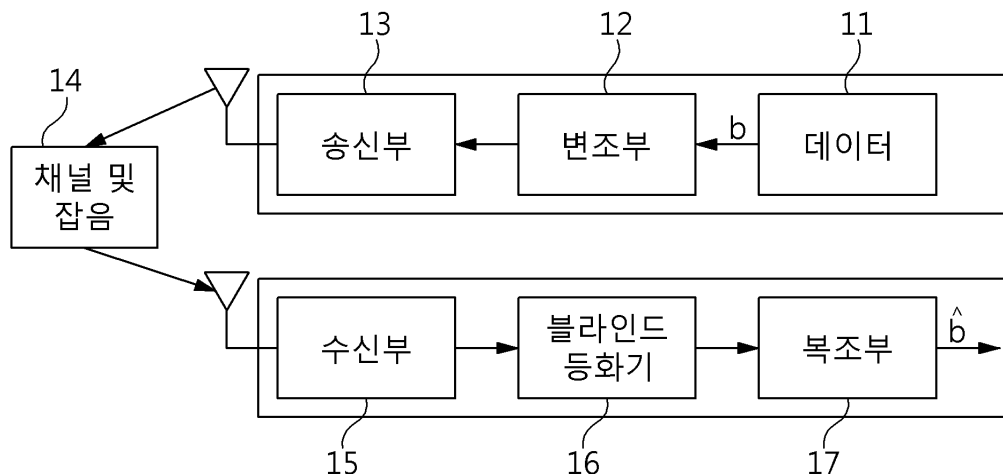
- [0064] 100 : 블라인드 통신 시스템의 수신기
- 110 : 수신부
- 130 : SNR 추정기
- 160 : 블라인드 등화기
- 180 : 잡음 파라미터 추정기

- 120 : 메모리
- 140 : 비선형 블록
- 170 : 복조부

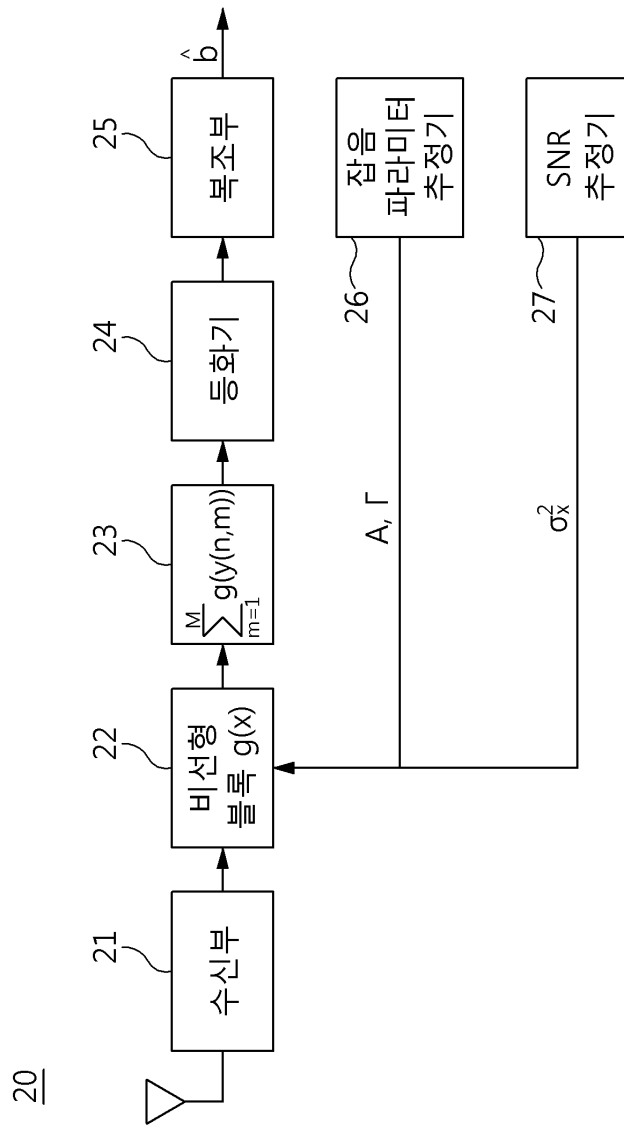
도면

도면1

10

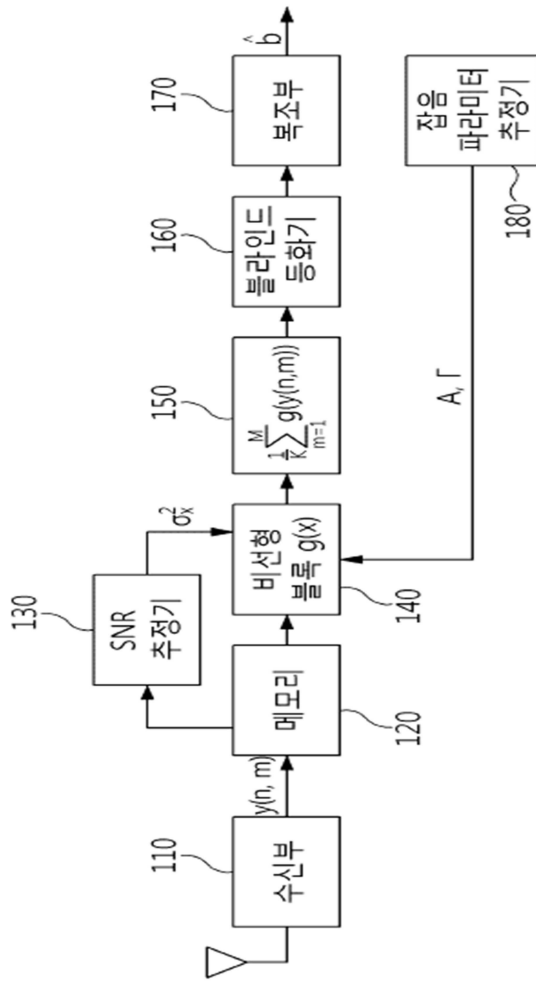


도면2

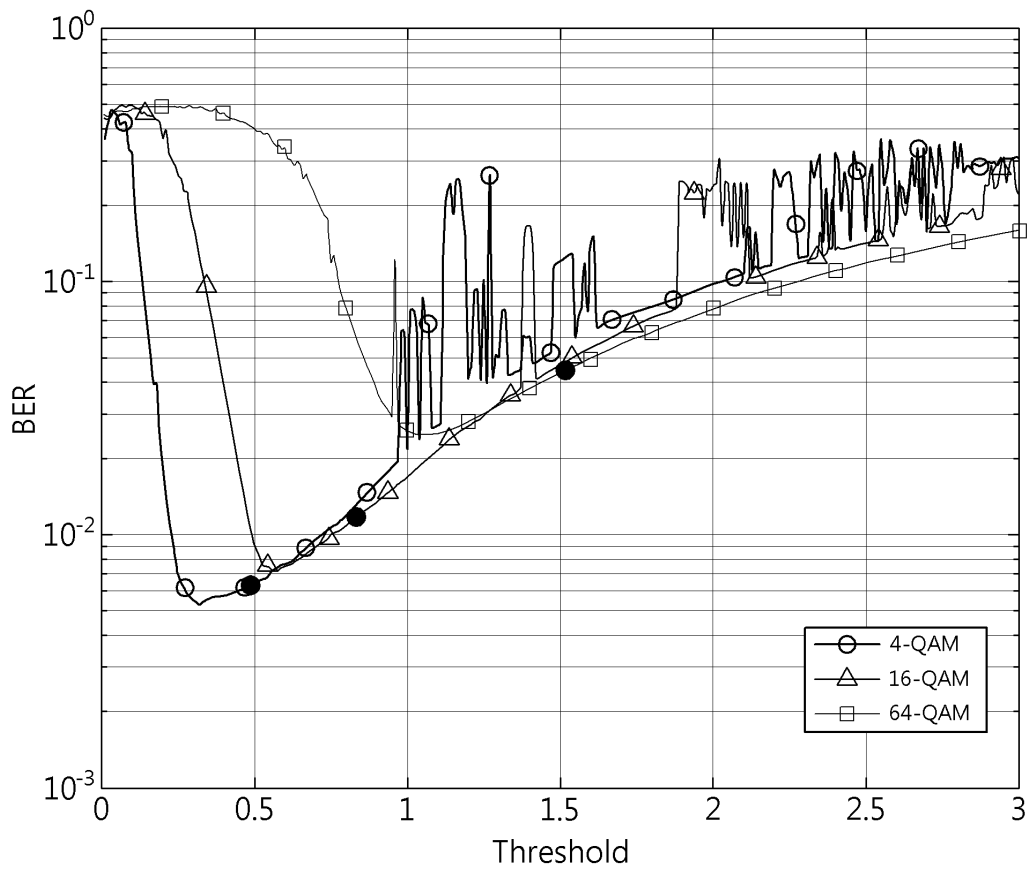


도면3

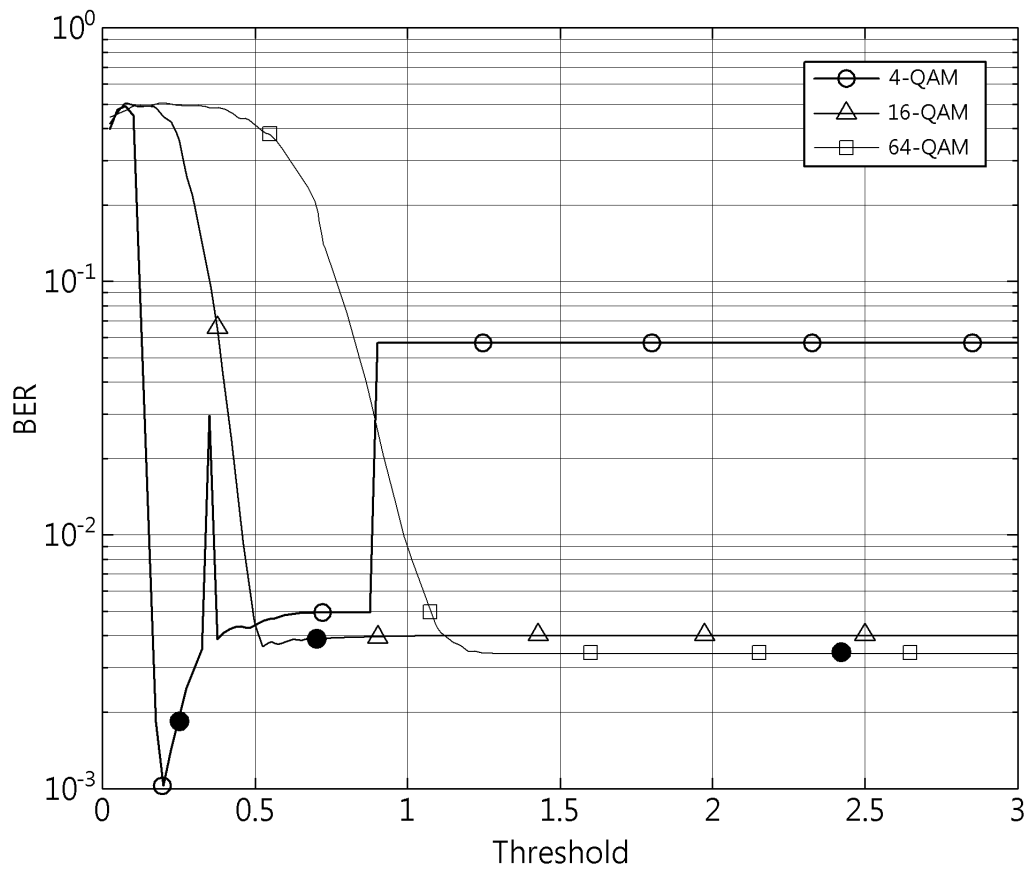
100



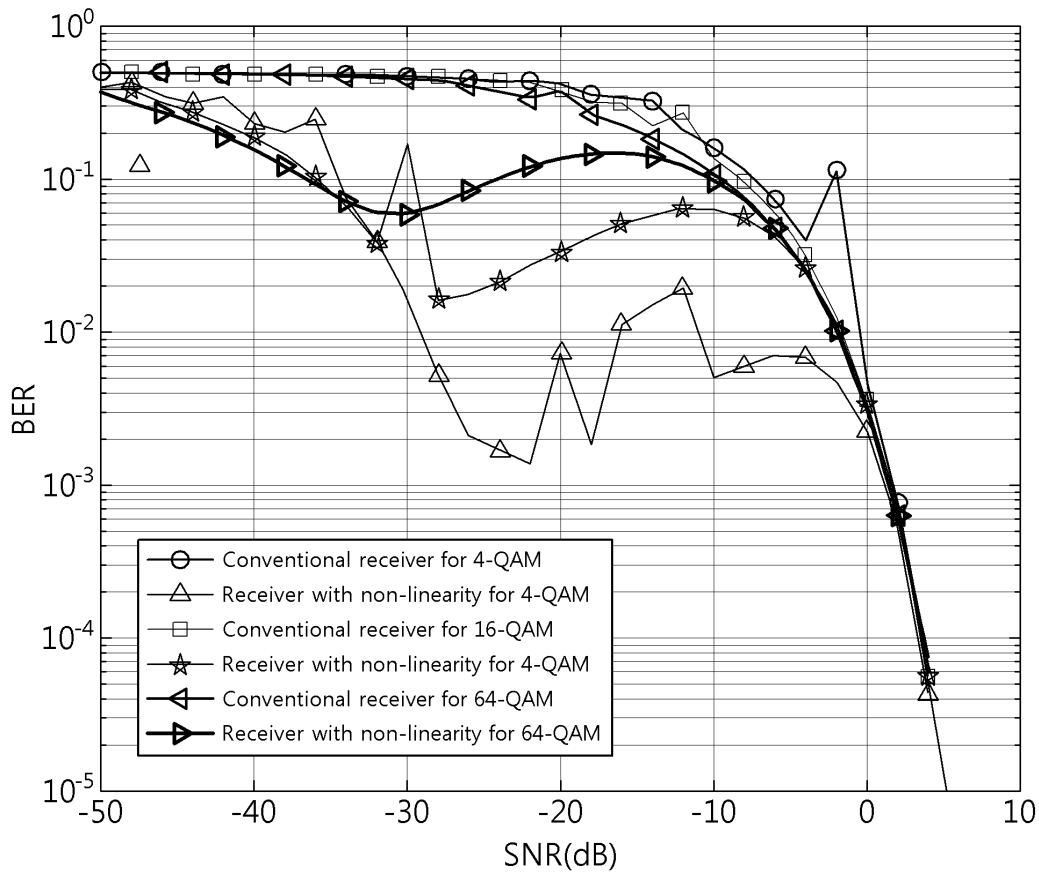
도면4



도면5



도면6



도면7

