



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년03월06일

(11) 등록번호 10-1498831

(24) 등록일자 2015년02월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 27/01 (2006.01) H04L 25/03 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0167963

(22) 출원일자 2013년12월31일

심사청구일자 2013년12월31일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020060055924 A*

KR1020130098587 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

김현수

인천 남구 인화로47번길 115, (용현동)

정재학

서울 서초구 효령로 391, 3동 1207호 (서초동, 무지개아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양정보

전체 청구항 수 : 총 3 항

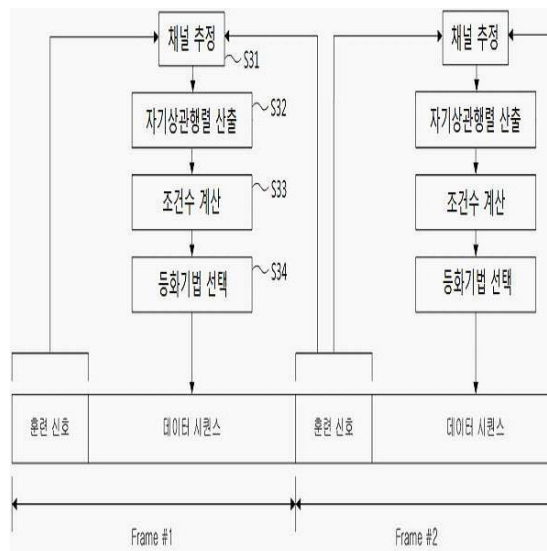
심사관 : 문형섭

(54) 발명의 명칭 채널의 상관행렬의 조건수에 근거한 등화기 제어 방법

(57) 요약

채널의 상관행렬의 조건수에 근거한 등화기 제어 방법이 개시된다. 통신 시스템의 수신기에서 등화기(equalizer)의 동작을 제어하는 방법은, 수신 신호의 일 프레임에 삽입된 데이터 신호(data sequence)에 대하여 상기 일 프레임에 삽입된 훈련 신호(training sequence)와 상기 일 프레임에 이웃한 다른 프레임에 삽입된 훈련 신호를 이용하여 채널을 추정하는 단계; 상기 추정된 채널에 대한 자기 상관 행렬을 산출하여 상기 자기 상관 행렬의 조건수로부터 SNR(signal to noise ratio)을 산출하는 단계; 및 상기 SNR에 따라 상기 데이터 신호에 대한 상기 등화기의 동작을 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도



(72) 발명자

박건우

경남 창원시 의창구 창원천로94번길 19, 101동 70
7호 (대원동, 더시티세븐)

박성호

인천 부평구 세월천로 16, 113동 503호 (청천동,
청천푸르지오아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

통신 시스템의 수신기에서 등화기(equalizer)의 동작을 제어하는 방법에 있어서,

수신 신호의 일 프레임에 삽입된 데이터 신호(data sequence)에 대하여 상기 일 프레임에 삽입된 훈련 신호(training sequence)와 상기 일 프레임에 이웃한 다른 프레임에 삽입된 훈련 신호를 이용하여 채널을 추정하는 단계;

상기 추정된 채널에 대한 자기 상관 행렬을 산출하여 상기 자기 상관 행렬의 조건수로부터 SNR(signal to noise ratio)을 산출하는 단계; 및

상기 SNR에 따라 상기 데이터 신호에 대한 상기 등화기의 동작을 제어하는 단계

를 포함하고,

상기 SNR을 산출하는 단계는,

상기 자기 상관 행렬의 가장 큰 고유값($\lambda_{\max}$)을 가장 작은 고유값($\lambda_{\min}$)으로 나눔으로써 상기 조건수를 계산하고,

상기 가장 큰 고유값은 상기 통신 시스템의 신호 전력과 잡음 전력의 합과 대응되고 상기 가장 작은 고유값은 상기 통신 시스템의 잡음 전력과 대응되며,

상기 SNR은 수학적 식 1과 같이 도출되는 것

을 특징으로 하는 등화기 제어 방법.

수학적 식 1:

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{P_S + P_N}{P_N} = \frac{P_S}{P_N} + 1 = (SNR) + 1$$

(여기서, P_S 는 신호 전력을 나타내고 P_N 은 잡음 전력을 나타낸다.)

청구항 3

통신 시스템의 수신기에서 등화기(equalizer)의 동작을 제어하는 방법에 있어서,

수신 신호의 일 프레임에 삽입된 데이터 신호(data sequence)에 대하여 상기 일 프레임에 삽입된 훈련 신호(training sequence)와 상기 일 프레임에 이웃한 다른 프레임에 삽입된 훈련 신호를 이용하여 채널을 추정하는 단계;

상기 추정된 채널에 대한 자기 상관 행렬을 산출하여 상기 자기 상관 행렬의 조건수로부터 SNR(signal to noise ratio)을 산출하는 단계; 및

상기 SNR에 따라 상기 데이터 신호에 대한 상기 등화기의 동작을 제어하는 단계

를 포함하고,

상기 등화기의 동작을 제어하는 단계는,

상기 SNR이 기준 값 미만이면 선형 등화기법을 선택하고 상기 SNR이 상기 기준 값 이상이면 결정제한 등화기법을 선택하는 것

을 특징으로 하는 등화기 제어 방법.

청구항 4

등화기를 사용하는 통신 시스템의 수신기에 있어서,

수신 신호의 일 프레임에 삽입된 데이터 신호에 대하여 상기 일 프레임에 삽입된 훈련 신호와 상기 일 프레임에 이웃한 다른 프레임에 삽입된 훈련 신호를 이용하여 채널을 추정하는 추정부;

상기 추정된 채널에 대한 자기 상관 행렬을 산출하여 상기 자기 상관 행렬의 조건수로부터 SNR을 산출하는 산출부; 및

상기 SNR에 따라 선형 등화기법과 결정제한 등화기법 중 어느 하나의 등화기법을 선택하여 상기 데이터 신호에 대한 상기 등화기의 동작을 제어하는 제어부

를 포함하고,

상기 제어부는,

상기 SNR이 기준 값 미만이면 선형 등화기법을 선택하고 상기 SNR이 상기 기준 값 이상이면 결정제한 등화기법을 선택하는 것

을 특징으로 하는 수신기.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 데이터 시퀀스에 적합한 등화기법을 선택하기 위한 알고리즘에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 본 발명의 배경이 되는 기술은 다음의 문헌에 개시되어 있다.

[0003] [1] Berard Sklar, Digital Communications, fundamentals and applications second edition, Prentice-Hall International, Inc., 2001.

[0004] [2] M. Kocic, D. Brady, and M. Stojanovic, "Sparse equalization for real-time digital underwater acoustic communications," in Proc. IEEE OCEANS Conf., San Diego, CA, Oct. 1995, vol. 3, pp. 1417-1422.

[0005] [3] L. Freitag, M. Johnson, and M. Stojanovic, "Efficient equalizer update algorithms for acoustic communication channels of varying complexity," in Proc. IEEE OCEANS Conf., Halifax, NS, Canada, Oct. 1997, vol. 1, pp. 580-585.

[0006] [4] M. Stojanovic, L. Freitag, and M. Johnson, "Channel-estimation-based adaptive equalization of underwater acoustic signals," in Proc. IEEE OCEANS Conf., Sep. 1999, vol. 2, pp. 590-595.

[0007] [5] M. J. Lopez and A. C. Singer, "A DFE coefficient placement algorithm for sparsed reverberant channels," IEEE Trans. Comm., vol. 49, no. 8, pp. 1334-1338, Aug. 2001.

[0008] [6] Antoni Fertner, "Improvement of bit-error-rate in decision feedback equalizer by preventing decision-error propagation," IEEE Trans. Signal Processing, vol. 46, no. 7, Jul. 1998.

[0009] [7] J. Proakis, and M. Salehi, Digital communications, fifth edition, McGraw-Hill, Newyork, 2008

[0010] 채널의 다중경로 전파특성은 각 경로간 전파 시간의 차이로 인해 채널응답이 시간 영역에서 퍼져 있는 형태를 갖게 한다. 이러한 다중경로 채널을 통해 전송된 통신신호는 지연된 신호 성분의 중첩으로 인해 인접 심볼간 간섭(ISI)을 겪게 되어 신호가 왜곡되어 비트 오류 성능이 저하된다. 이러한 ISI의 영향을 보상하기 위해 등화기법이 적용될 수 있다.

[0011] 대표적인 등화기법으로는 선형 등화기법과 결정제한 등화기법이 있다. 이때, 선형 등화기법은 횡단선 등화기와 같은 선형 필터를 이용하여 채널을 보상하는 방법으로 구조가 간단하다는 장점이 있으나 필터 계수를 산출하는 알고리즘에 따라 잡음에 의한 영향이 커지거나 잔여 ISI가 남는 단점이 있다. 그리고, 결정제한 등화기법은 일반적인 횡단선 등화기에 제한 필터를 추가시킨 구조로 잔여 ISI를 제거할 수 있는 장점이 있으나 낮은 SNR 범위

에서 검출 오류에 의한 오류 전파가 증가하여 오류 성능이 열화되는 단점이 있다.

- [0012] 그리고, 선형 등화기법과 결정제한 등화기법의 장단점을 절충하기 위해 SNR에 따른 선택적 등화기법 적용 기술이 종래에 개발되었으나 통신 프레임의 전반부에 삽입된 훈련신호로부터 SNR을 추정하여 데이터 시퀀스를 등화시키므로 시간 선택적 페이딩 채널의 등화에 적합하지 않으며 전반부에 추정된 SNR 값이 데이터 시퀀스의 후반부에서의 SNR과 다를 수 있다는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 데이터 시퀀스에 적합한 등화기법을 적용하여 시스템의 비트 오류 성능을 향상시킬 수 있는 등화기 제어 방법을 제공한다.
- [0014] 전송 프레임의 전반부와 후반부에 삽입된 훈련신호로부터 추정된 채널의 자기 상관 행렬로부터 조건수를 산출하고 조건수를 기준으로 등화기법을 선택적으로 적용하는 등화기 제어 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 통신 시스템의 수신기에서 등화기(equalizer)의 동작을 제어하는 방법에 있어서, 수신 신호의 일 프레임에 삽입된 데이터 신호(data sequence)에 대하여 상기 일 프레임에 삽입된 훈련 신호(training sequence)와 상기 일 프레임에 이웃한 다른 프레임에 삽입된 훈련 신호를 이용하여 채널을 추정하는 단계; 상기 추정된 채널에 대한 자기 상관 행렬을 산출하여 상기 자기 상관 행렬의 조건수로부터 SNR(signal to noise ratio)을 산출하는 단계; 및 상기 SNR에 따라 상기 데이터 신호에 대한 상기 등화기의 동작을 제어하는 단계를 포함하는 등화기 제어 방법이 제공된다.
- [0016] 일 측면에 따르면, 상기 SNR을 산출하는 단계는, 상기 자기 상관 행렬의 가장 큰 고유값($\lambda_{\max}$)을 가장 작은 고유값($\lambda_{\min}$)으로 나눔으로써 상기 조건수를 계산하고, 상기 가장 큰 고유값은 상기 통신 시스템의 신호 전력과 잡음 전력의 합과 대응되고 상기 가장 작은 고유값은 상기 통신 시스템의 잡음 전력과 대응되며, 상기 SNR은 수학식 1과 같이 도출될 수 있다.

- [0017] 수학식 1:

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{P_S + P_N}{P_N} = \frac{P_S}{P_N} + 1 = (SNR) + 1$$

- [0018]
- [0019] (여기서, P_S 는 신호 전력을 나타내고 P_N 은 잡음 전력을 나타낸다.)

- [0020] 다른 측면에 따르면, 상기 등화기의 동작을 제어하는 단계는, 상기 SNR이 기준 값 미만이면 선형 등화기법을 선택하고 상기 SNR이 상기 기준 값 이상이면 결정제한 등화기법을 선택할 수 있다.
- [0021] 등화기를 사용하는 통신 시스템의 수신기에 있어서, 수신 신호의 일 프레임에 삽입된 데이터 신호에 대하여 상기 일 프레임에 삽입된 훈련 신호와 상기 일 프레임에 이웃한 다른 프레임에 삽입된 훈련 신호를 이용하여 채널을 추정하는 추정부; 상기 추정된 채널에 대한 자기 상관 행렬을 산출하여 상기 자기 상관 행렬의 조건수로부터 SNR을 산출하는 산출; 및 상기 SNR에 따라 선형 등화기법과 결정제한 등화기법 중 어느 하나의 등화기법을 선택하여 상기 데이터 신호에 대한 상기 등화기의 동작을 제어하는 제어부를 포함하는 수신기가 제공된다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 실시예에 따르면, 통신시스템의 수신기에서 등화기법을 사용할 때 데이터 시퀀스의 전후에 삽입한 프레임으로부터 상관도 높은 채널을 얻고, 추정된 채널의 상관행렬의 조건수로부터 SNR을 계산함으로써 SNR 계산을 위해 별도의 잡음 전력을 측정할 필요가 없으며, 계산된 SNR을 이용하여 등화기의 동작을 선형 등화기법과 결정제한 등화기법 중 좋은 오류 성능을 보이는 기법으로 선택함으로써 고정된 하나의 등화기법을 사용하는 것에 비해 낮은 비트 오류율을 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023]

도 1은 일반적인 통신 프레임의 구조를 도시한 것이다.

도 2는 기존의 SNR 계산을 통한 등화기 제어 방법을 도시한 순서도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 있어서, SNR 계산을 통한 등화기 제어 방법을 도시한 순서도이다.

도 4 내지 도 6은 본 발명에 따른 등화기 제어 방법에 대한 모의 실험 결과를 설명하기 위한 도면들이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 있어서, 등화기법을 사용하는 통신 시스템의 수신기 구성을 도시한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024]

이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0025]

도 1은 일반적인 통신 프레임의 구조를 도시한 것이다.

[0026]

도 1을 참조하면, 프레임의 전반부는 송신기와 수신기에서 알고 있는 훈련신호(Training Sequence)로 구성되며, 프레임의 나머지 부분은 데이터 시퀀스(Data Sequence)로 구성되어 있다. 본 발명에서는 훈련신호와 데이터 시퀀스는 각각 M, N개의 심볼로 구성되어 있다고 가정한다. k번째 수신된 훈련신호의 시스템 모델을 정리하면 수학식 1과 같다.

수학식 1

[0027]

$$y_k = \sqrt{p} \mathbf{X}_k f + n_k$$

[0028]

여기서, y_k 는 k시점에 수신된 수신 벡터, p는 수신신호의 전력이고, f는 정규화된 전력을 갖는 채널 벡터, n_k 는 k시점에 더해진 백색 가우시안 잡음벡터이다. 그리고, $\mathbf{X}_k$ 는 y_k 에 상응하는 훈련 시퀀스의 열로 이루어진 참조행렬로 수학식 2와 같이 정의된다.

수학식 2

[0029]

$$\mathbf{X}_k = \begin{pmatrix} x_{L+k-1} & x_{L+k-2} & \cdots & x_k \\ x_{L+k} & x_{L+k-1} & \cdots & x_{k+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{2L-1} & x_{2L-2} & \cdots & x_{L+k-1} \end{pmatrix}$$

[0030]

여기서, x_k 는 k번째 훈련 심볼이고 L은 추정하는 채널의 벡터 길이이다.

[0031]

도 2는 일반적인 SNR 계산을 통한 등화기 제어 방법을 도시한 순서도이다. 도 2의 등화기 제어 방법은 통신 시스템의 수신기에 의해 각각의 단계가 수행될 수 있다.

[0032]

수신기에서는 수신된 통신 프레임의 전반부에 삽입된 훈련신호로부터 채널을 추정하고(S21) 추정된 채널로부터 SNR을 계산할 수 있다(S22). 그리고, 수신기에서는 계산된 SNR을 기준으로 더 적은 비트 오류율을 갖는 등화기법을 선택하여 훈련신호 이후의 데이터 시퀀스를 등화시킨다(S23).

[0033]

이때, 수신기에서는 SNR의 계산과 등화기법의 선택이 각 프레임 단위(Frame #1, #2, ...)로 이루어지며 SNR의 계산은 채널 벡터의 정규화를 통해 이루어진다. 채널의 최소 자승 추정(least squared estimation) 해를 $\sqrt{p}f$ 라 할 때 f는 정규화된 전력을 갖고 있기 때문에 유클리디안 놈(Euclidean norm)을 취함으로써 간단히

$\sqrt{p}$ 를 구할 수 있다.

수학식 3

$$\sqrt{p} = \left\| \sqrt{p} f \right\|$$

[0034]

[0035]

잡음 전력은 실제 통신 시스템에서 신호를 수신하지 않을 때 측정하여 얻을 수 있으므로 수학식 3을 통해 신호 전력과 함께 SNR을 구할 수 있다.

[0036]

상기한 SNR 계산을 통한 등화기 제어 방법은 잡음 전력을 수신기에서 신호를 수신하지 않을 때 수신으로 측정해야 하는 단점이 있다. 그리고, 시간 선택적 페이딩 채널의 경우 신호 사이의 시간 차가 클수록 채널의 상관 값이 줄어들게 되므로 프레임 전반부의 훈련신호로부터 채널을 추정하여 SNR을 계산하고 등화기법을 적용할 때 후반부의 데이터 시퀀스에는 등화기법이 적합하게 적용되지 않을 수 있다.

[0037]

따라서, 본 발명에서는 데이터 시퀀스 전후에 위치한 훈련신호들을 이용하여 채널을 추정하고 별도로 잡음을 측정하지 않고도 SNR을 동시에 계산하여 등화기법을 선택 및 적용하는 방법을 제안한다.

[0038]

도 3은 본 발명의 일 실시예에 있어서, SNR 계산을 통한 등화기 제어 방법을 도시한 순서도이다. 일 실시예에 따른 등화기 제어 방법은 통신 시스템의 수신기에 의해 각각의 단계가 수행될 수 있다.

[0039]

시변 채널에서 데이터 시퀀스의 앞 부분과 뒤 부분이 거치는 채널은 서로 상관도가 떨어지게 된다. 그러므로, 데이터 시퀀스를 수신하기 이전의 훈련신호로부터 추정된 채널은 데이터 시퀀스 뒤 부분에 적용된 채널과 상관도가 떨어지고, 데이터 시퀀스를 수신한 이후의 훈련신호로부터 추정된 채널은 데이터 시퀀스 앞 부분에 적용된 채널과 상관도가 떨어진다는 점이다.

[0040]

따라서, 본 발명에서 수신기는 수신신호 중 데이터 시퀀스의 전후에 삽입된 훈련신호를 모두 이용하여 채널을 추정함으로써 시변 채널에서도 전체 데이터 시퀀스에 적용되는 채널과 추정된 채널의 상관도가 떨어지지 않게 한다.

[0041]

도 3에 도시한 바와 같이, 수신기는 데이터 시퀀스의 전후에 삽입된 훈련신호로부터 채널을 추정할 수 있다 (S31). 예컨대, Frame #1의 데이터 시퀀스에 대하여 Frame #1의 훈련신호와 Frame #2의 훈련신호를 이용하여 Frame #1과 Frame #2 간에 상관도가 높은 채널을 추정할 수 있다. 이때, 데이터 시퀀스의 전후에 삽입된 훈련신호로부터 추정된 채널로 구성된 행렬은 수학식 4와 같이 정의할 수 있다.

수학식 4

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} f_{1,1} & f_{1,2} & \cdots & f_{1,M} & f_{1,M+N+1} & \cdots & f_{1,M+2N} \\ f_{2,1} & f_{2,2} & \cdots & f_{2,M} & f_{2,M+N+1} & \cdots & f_{2,M+2N} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{L,1} & f_{L,2} & \cdots & f_{L,M} & f_{L,M+N+1} & \cdots & f_{L,M+2N} \end{bmatrix}$$

[0042]

[0043]

여기서, M과 N은 각각 훈련신호의 길이와 데이터 시퀀스의 길이이고, L은 추정하는 채널 응답의 길이이다.

[0044]

그리고, 수신기는 수학식 4를 통해 얻어진 채널 행렬을 이용하여 자기 상관 행렬을 산출할 수 있다(S32). 이때, 자기 상관 행렬 R은 수학식 5와 같이 정의될 수 있다.

수학식 5

$$\mathbf{R} = E[(\mathbf{F} - E[\mathbf{F}])(\mathbf{F} - E[\mathbf{F}])^H] = \mathbf{U}\mathbf{\Lambda}\mathbf{U}^H$$

여기서, 우변의 $\mathbf{U}$ 는 특이값 분해에 의해 얻어진 직교행렬이고, $\mathbf{\Lambda}$ 는 고유값을 성분으로 하는 대각행렬이다.

이어, 수신기는 전송 프레임의 전반부와 후반부에 삽입된 훈련신호로부터 추정한 채널의 자기 상관 행렬로부터 조건수를 산출할 수 있으며(S33), 조건수를 기준으로 등화기법을 선택할 수 있다(S34). 조건수는 자기 상관 행렬의 가장 큰 고유값($\lambda_{\max}$)을 가장 작은 고유값($\lambda_{\min}$)으로 나눈 수이며, 채널의 자기 상관행렬의 가장 큰 고유값($\lambda_{\max}$)은 신호와 잡음의 전력을 나타내고 가장 작은 고유값($\lambda_{\min}$)은 잡음 전력을 나타내기 때문에 조건수를 구함으로써 SNR을 한 번에 산출해낼 수 있다. 신호 전력과 잡음 전력을 각각 P_S , P_N 이라 할 때 조건수는 수학식 6과 같이 정의할 수 있다.

수학식 6

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{P_S + P_N}{P_N} = \frac{P_S}{P_N} + 1 = (SNR) + 1$$

본 발명에서는 SNR에 따른 등화기법들의 성능을 사전에 알고 있다고 가정한다. 따라서, SNR을 근거로 하여 최적의 성능을 보이는 등화기법을 선택하여 데이터 시퀀스에 적용함으로써 단일 등화기법을 적용하는 것보다 더 적은 비트 오류율을 얻을 수 있다. 일 예로, 수신기는 수학식 6을 이용하여 계산된 SNR이 기준 값 미만인 경우 선형 등화기를 선택하고, 기준 값 이상인 경우 결정제한 등화기를 선택할 수 있다.

도 4에 도시한 다중경로 채널 응답을 이용하여 전산 모의 실험을 수행하였다. 3개의 경로를 갖는 채널응답이며 지연 구간은 심볼 구간 단위로 하여 세 탭에 걸쳐 퍼져있고, 각 응답 전력의 합을 정규화한 것이다.

도 5는 도 4에 나타난 채널응답을 적용했을 때 실제 SNR과 수학식 6을 이용하여 자기 상관 행렬의 조건수로부터 계산한 SNR을 비교하여 나타난 것이다. 자기 상관 행렬은 3×3 행렬로 구성하고, 실제 SNR과 계산된 SNR은 큰 오차 없이 일치하는 것을 확인할 수 있다.

도 6은 본 발명에 따른 등화기법에 의한 비트 오류율 결과를 나타난 것이다. 사용된 통신신호는 BPSK 변조신호이며 하나의 프레임은 1000개의 심볼로 구성하고 그 중 100개의 심볼을 훈련신호로 할당하였다. 채널응답은 레일리(Rayleigh) 페이딩을 적용하고, 등화기의 순방향 필터 탭 수는 5로 설정하고 결정제한 등화기의 역방향 필터 탭 수는 2로 설정하였다. 약 8.5 dB의 SNR을 기준으로 그 미만의 SNR에서는 결정제한 등화기보다 선형 등화기의 비트 오류율이 낮으며, 그 이상의 SNR에서는 선형 등화기보다 결정제한 등화기의 비트 오류율이 낮다. 그리고, 본 발명에 따른 방법을 적용할 경우 전체 SNR 범위에서 보다 낮은 비트 오류율을 갖는 등화기법이 선택되기 때문에 하나의 등화기법을 적용할 때보다 더 낮은 비트 오류율을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

본 발명의 실시예에 따른 방법들은 다양한 컴퓨터 시스템을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령(instruction) 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 있어서, 등화기법을 사용하는 통신 시스템의 수신기 구성을 도시한 블록도이다.

도 7에 도시한 바와 같이, 일 실시예에 따른 수신기는 추정부(710)와 산출부(720) 및 제어부(730)로 이루어진 프로세서(700), 메모리(701)를 포함하여 구성될 수 있다.

메모리(701)는 전송 프레임의 전반부와 후반부에 삽입된 훈련신호로부터 추정한 채널의 자기 상관 행렬을 이용하여 조건수를 산출하고 채널 상관행렬의 조건수를 기준으로 등화기법을 선택적으로 적용하도록 하는 명령어를 포함하는 프로그램이 저장될 수 있다. 도 3 내지 도 6을 통해 설명한 등화기 제어 방법의 과정들은 메모리(701)에 저장된 프로그램에 의해 실행될 수 있다. 예를 들어, 메모리(701)는 하드디스크, SSD, SD 카드 및 기

타 저장매체일 수 있다.

- [0057] 프로세서(700)는 메모리(601)에 저장된 프로그램의 명령어에 따라 처리하는 장치로서, CPU 등의 마이크로프로세서가 포함될 수 있다. 프로세서(600)의 내부 구성은 다음과 같다.
- [0058] 추정부(710)는 수신 신호 중 인접한 프레임 간의 데이터 시퀀스의 전후에 삽입된 훈련신호들을 이용하여 채널을 추정할 수 있다. 예를 들어, 추정부(710)는 Frame #1의 데이터 시퀀스에 대하여 Frame #1에 삽입된 훈련신호와 Frame #1의 이후 프레임인 Frame #2에 삽입된 훈련신호를 이용하여 Frame #2와의 상관도가 높은 채널을 추정할 수 있다.
- [0059] 산출부(720)는 추정부(710)를 통해 추정된 채널에 대한 자기 상관 행렬을 산출한 후 산출된 자기 상관 행렬로부터 채널 상관행렬의 조건수를 산출할 수 있다. 이때, 산출부(720)는 추정된 채널로 구성된 채널 행렬(수학식 4)을 이용하여 채널의 자기 상관 행렬을 산출할 수 있다. 그리고, 산출부(720)는 자기 상관 행렬의 가장 큰 고유값($\lambda_{\max}$)을 가장 작은 고유값($\lambda_{\min}$)으로 나누어 자기 상관 행렬의 조건수를 산출할 수 있다. 채널의 자기 상관행렬의 가장 큰 고유값($\lambda_{\max}$)은 신호와 잡음의 전력을 나타내고 가장 작은 고유값($\lambda_{\min}$)은 잡음 전력을 나타내므로 조건수 계산을 통해 SNR까지 산출해낼 수 있다(수학식 6 참조).
- [0060] 제어부(730)는 추정된 채널에 대한 자기 상관 행렬의 조건수(즉, SNR)를 기준으로 선형 등화기법과 결정제한 등화기법 중 더 낮은 비트 오류율을 갖는 등화기법을 선택한 후 선택된 등화기법으로 해당 데이터 시퀀스를 등화시킬 수 있다. 일 예로, 제어부(730)는 자기 상관 행렬의 조건수로부터 도출된 SNR이 기준 값 미만인 경우 선형 등화기를 선택하고 기준 값 이상인 경우 결정제한 등화기를 선택할 수 있다.
- [0061] 상기한 수신기는 도 3 내지 도 6을 통해 설명한 SNR 계산을 통한 등화기 제어 방법의 상세 내용을 바탕으로 구성 요소 일부가 생략되거나 추가의 구성요소들이 더 포함될 수 있다. 또한, 둘 이상의 구성요소가 조합될 수 있고 구성요소 간의 동작 순서나 연계 방식이 변경될 수 있다.
- [0062] 이와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면, 등화기법을 사용하는 통신 시스템의 수신기에서 프레임의 전후에 삽입된 훈련신호로부터 채널응답을 추정하여 시변 채널에서도 데이터 시퀀스에 상관도가 높은 채널을 얻을 수 있다. 그리고, 추정된 채널의 자기 상관 행렬로부터 조건수를 산출하여 조건수로부터 별도의 잡음 전력 측정 없이 SNR을 계산할 수 있다. 또한, SNR을 기준으로 선형 등화기법과 결정제한 등화기법 중 더 낮은 비트 오류율을 갖는 기법을 선택함으로써 전체 SNR 범위에서 하나의 등화기법을 사용하는 것보다 더 좋은 비트 오류 성능을 갖게 된다.
- [0063] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0064] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0065] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0066] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

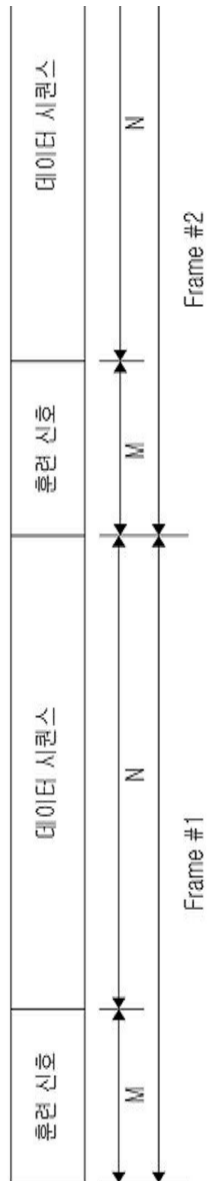
[0067] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

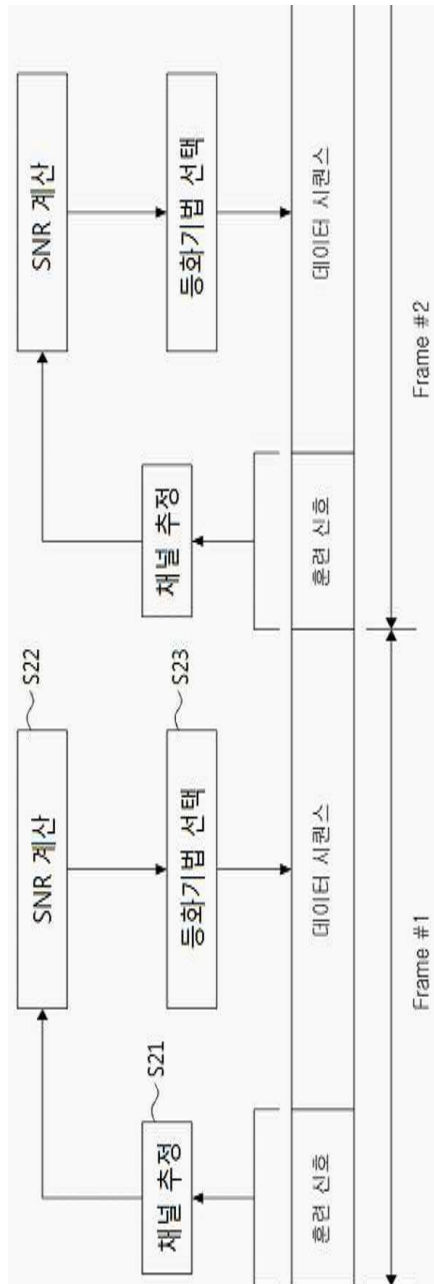
[0068] 710: 추정부
720: 산출부
730: 제어부

도면

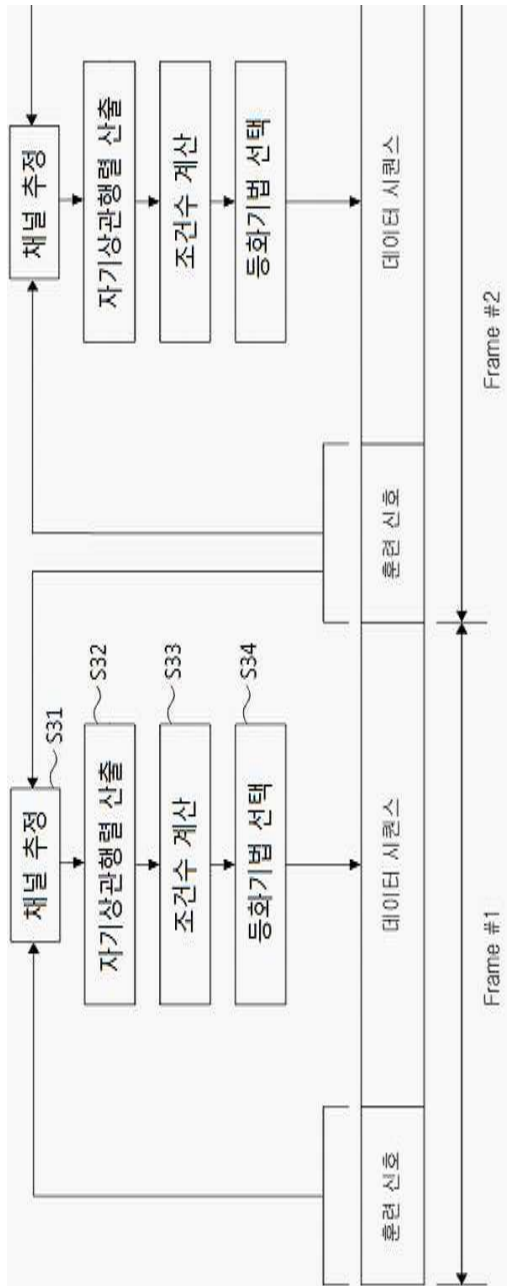
도면1



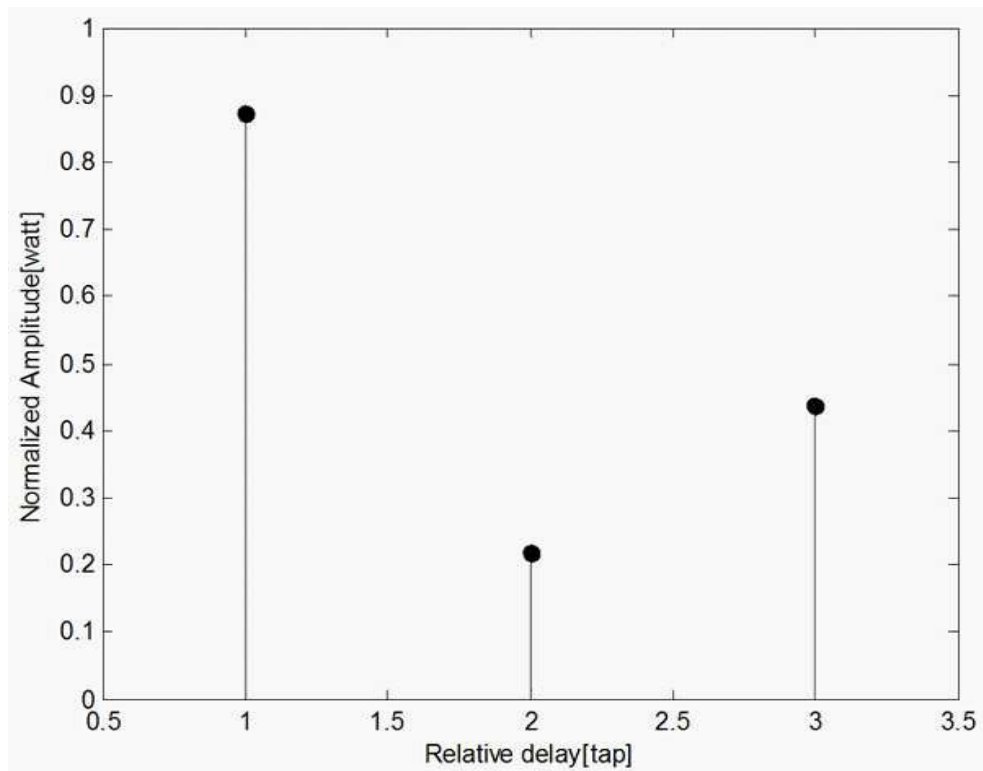
도면2



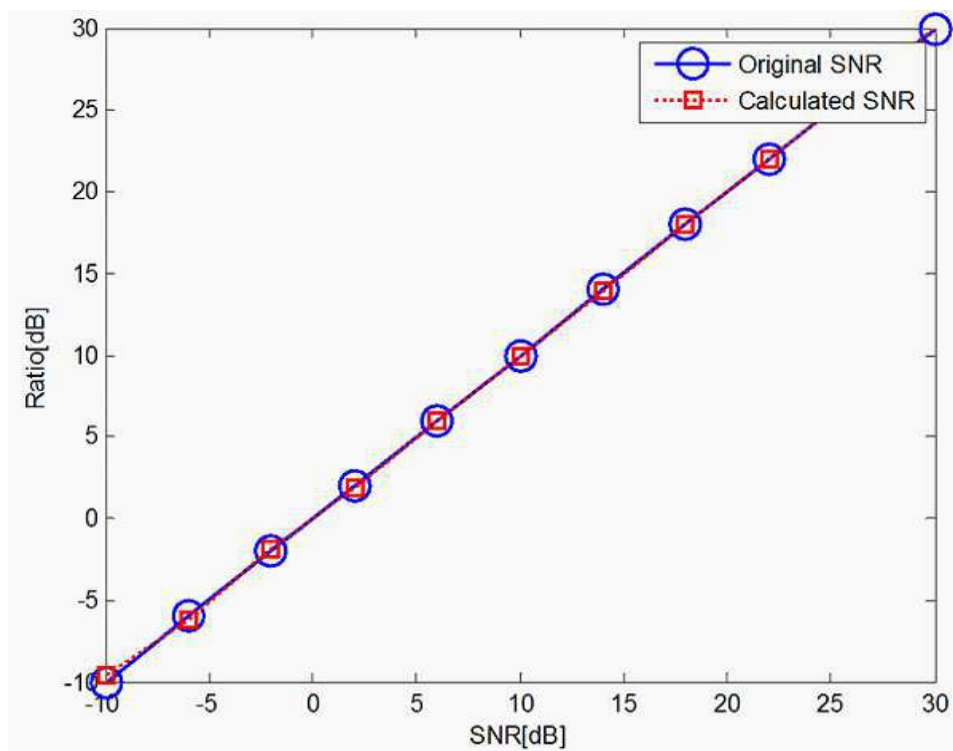
도면3



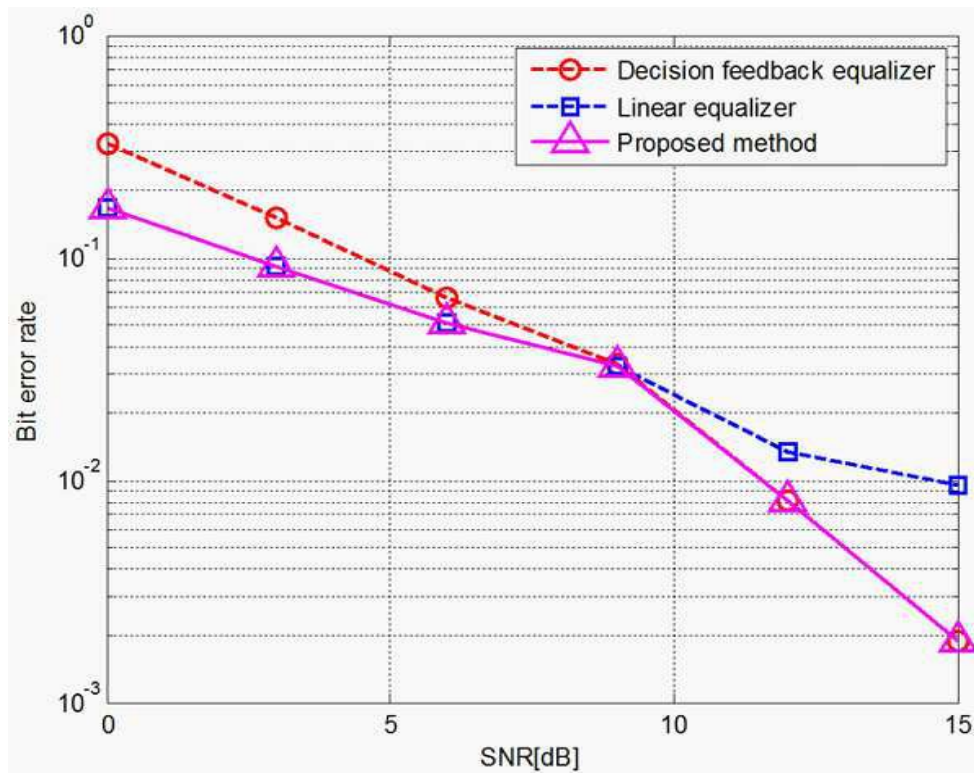
도면4



도면5



도면6



도면7

