



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0106573
(43) 공개일자 2018년10월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 27/233 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H04L 27/233 (2013.01)

H04L 25/03178 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0035106

(22) 출원일자 2017년03월21일

심사청구일자 2017년03월21일

(71) 출원인

건양대학교산학협력단

충청남도 논산시 대학로 121 (내동)

(72) 발명자

이규만

충청남도 논산시 대화로133번길 1, 논산대교 코아루 아파트 103동 401호(대교동)

권택원

경기도 화성시 영통로50번길 27 두산위브아파트 108동 904호

(74) 대리인

강정빈, 심찬, 송두현

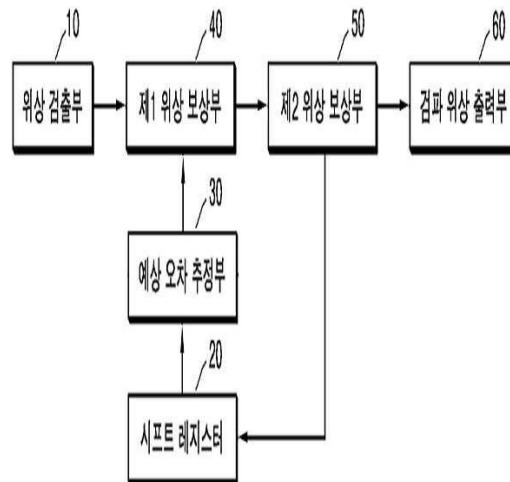
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 위상오차를 보상하는 위상검파 장치

(57) 요약

본 발명은 위상오차를 보상하는 위상검파 장치로서, 더욱 상세하게는 연속된 심볼로 구성된 싱크심볼의 구간오차 데이터에 기초하여 예상위상오차를 추정하고, 이에 기초하여 오차가 보상된 위상을 검출하는 위상오차를 보상하는 위상검파 장치에 관한 것이다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

수신된 신호의 위상을 검출하는 위상검출부;
 구간오차데이터를 저장하는 시프트 레지스터(Shift Register);
 저장된 상기 구간오차데이터에 기초하여 예상위상오차를 추정하는 예상오차추정부;
 검출된 신호의 위상 및 상기 예상위상오차에 기초하여 제1오차보상위상을 도출하는 제1위상보상부;
 참조위상 및 상기 제1오차보상위상에 기초하여 제2오차보상위상을 도출하는 제2위상보상부; 및
 검파된 상기 제2오차보상위상을 출력하는 검파위상출력부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상검파 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
 상기 제2위상보상부는 구간오차데이터업데이트부를 더 포함하고,
 상기 구간오차데이터업데이트부는,
 싱크심볼의 구간의 신호를 수신하는 경우에는 규약된 싱크심볼의 송신위상과 상기 위상검출부의 검출위상으로부터 실제위상오차를 도출하고,
 페이로드 구간의 신호를 수신하는 경우에는 상기 제2오차보상위상과 상기 위상검출부의 검출위상으로부터 실제위상오차를 도출하고,
 상기 시프트레지스터에는 상기 실제위상오차가 저장되는, 위상검파 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,
 상기 구간오차데이터업데이트부는,
 싱크심볼을 수신하는 구간에 대하여, 상기 싱크심볼의 M번째 신호의 위상을 검출하는 싱크심볼위상검출단계;
 상기 검출된 M번째 신호의 위상에 M번째 싱크심볼의 위상을 적용하여 M번째 신호의 실제위상오차를 도출하는 싱크심볼위상오차도출단계; 및
 상기 M번째 신호의 실제위상오차를 상기 구간오차데이터에 추가하는 구간오차데이터추가단계;를 수행하고,
 상기 M은 1부터 싱크심볼의 개수까지 1씩 증가하는, 위상검파 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,
 상기 예상오차추정부는,
 상기 구간오차데이터로부터 선형방정식을 도출하는 선형방정식도출단계; 및
 상기 선형방정식으로부터 현재 입력 신호의 예상위상오차를 도출하는 예상위상오차도출단계;를 수행하는, 위상검파 장치.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 구간오차데이터는 복수의 실제위상오차를 포함하고,

페이로드 구간의 신호를 수신하는 경우에 상기 시프트레지스터는,

상기 구간오차데이터의 실제위상오차 중 1 이상의 실제위상오차를 제거하고,

현재 수신된 신호의 상기 구간오차데이터업데이트부에서 도출된 실제위상오차를 추가하는, 위상검파 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 위상오차를 보상하는 위상검파 장치로서, 더욱 상세하게는 연속된 심볼로 구성된 싱크심볼의 구간오차데이터에 기초하여 예상위상오차를 추정하고, 이에 기초하여 오차가 보상된 위상을 검출하는 위상오차를 보상하는 위상검파 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 디지털 무선 통신 방식 중 PSK (Phase Shift Keying)는 위상을 이용해 변복조 하는 방법으로 많은 응용 분야에 널리 사용되고 있다. DPSK (Differential Phase Shift Keying)는 PSK 의 일종으로 심볼의 위상 차를 이용하여 변복조 하는 방법이다.

[0004] PSK 변조된 신호를 복조 하는 과정은 수신기의 위상이 수신된 신호의 위상과 일치하여야 한다. 이렇게 수신된 신호의 위상과 수신기의 reference 위상을 일치시키기 위해 위상 동기 루프 (Phase Locked Loop) 등을 사용하여 복조 하는 방법을 동기 복조 (coherent detection)라 한다. 이러한 동기 복조는 만일 가우시안 잡음 환경하와 같은 양호한 채널 상태를 가정한다면 최적의 복조 방식으로 생각할 수 있다. 하지만 복잡한 동기 회로 부분이 들어가야 하므로 수신기의 구조가 복잡해지고 구현이 어려워지게 된다. 한편 비 동기 복조 (non-coherent detection)는 수신된 신호와 수신기의 reference 신호의 위상 동기를 이루지 않고 복조 하는 방법이다. 비 동기 복조는 수신기의 reference 신호의 위상 동기를 필요로 하지 않기 때문에 수신기의 구조가 간단해지고 적은 비용으로 구현할 수 있는 장점이 있다. 이런 장점으로 인해 비 동기 복조를 이용한 DPSK 는 여러 수신기에서 널리 적용되어 사용되고 있다.

[0005] 하지만 이렇게 DPSK 를 이용한 차동 복조를 할 경우 이전 신호를 reference 로 사용하기 때문에 PSK 의 동기 복조 방법보다 비트 오류 확률 면에서 성능이 떨어지게 된다. 따라서 차동 복조의 비트 오류 확률을 개선하기 위해 이전 한 심볼과 현재 심볼만을 이용하는 기존의 차동 복조와는 달리 L 개의 이전 심볼과 현재 심볼을 모두 고려하여 성능을 개선하려는 다중 심볼 차동 복조 방법 (Multiple Symbol Differential Detection)들이 제안되어왔다.

[0006] 이러한 방법으로는 ML-DD (Maximum Likelihood Differential Detection), Viterbi-DD (ML-DD using Viterbi Algorithm), DF-DD (Decision Feedback Differential Detection) 등이 있다.

[0007] ML-DD 는 최대 확률 시퀀스 근사 (Maximum Likelihood Sequence Estimation) 방법을 기반으로 L+1 개의 수신된 신호 샘플로부터 L 개의 연속적인 심볼을 복조 하는 방법이고, Viterbi-DD 는 앞의 ML-DD 를 Viterbi 알고리즘을 이용하여 단순화시킨 방법이다. DF-DD 는 L-1 개의 복조 된 신호를 궤환시켜 한 심볼 한 심볼씩 복조 하는 방법이다. 이런 각 방법에서 L 값이 증가할수록 비트 오류 성능은 좋아지게 되고, L 값이 무한히 커지게 되면 이상적인 동기 복조의 성능에 근접하게 된다. L=1 인 경우에는 기본적인 차동 복조와 동일하다.

[0008] 위의 방법들 중 ML-DD 와 Viterbi-DD 는 실제로 구현하기에는 너무 복잡하다는 단점이 있고, DF-DD는 추정된 위상 값을 다시 복조영역으로 변환한 후, 다중 궤환을 이용함으로써 시스템이 복잡해지면서, 궤환시 갑작스런 주파수의 변화로 인하여 추정에 오류가 발생하거나 잡음이 인가된다면 오차가 누적되어 성능이 급격히 열화 되는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 연속된 심볼로 구성된 싱크심볼의 구간오차데이터에 기초하여 예상위상오차를 추정하고, 이에 기초하여 오차가 보상된 위상을 검출하는 위상오차를 보상하는 위상검파 장치를 제공하는 것을 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명은, 연속된 심볼(symbol)로 구성된 싱크심볼(synchronization symbol)을 수신하여 싱크심볼의 구간오차데이터를 생성하는 구간오차데이터생성단계; 및

[0013] 상기 구간오차데이터에 기초하여 페이로드 각각의 신호의 위상을 검파 하는 페이로드위상검파단계;를 포함하고, 상기 페이로드위상검파단계는, 상기 구간오차데이터에 기초하여 N번째 신호의 예상위상오차를 추정하는 예상위상오차추정단계; N번째 신호의 위상을 검출하는 위상검출단계; 상기 검출된 N번째 신호의 위상 및 N번째 신호의 예상위상오차에 기초하여 제1오차보상위상을 도출하는 제1오차보상위상도출단계; 참조위상 및 제1오차보상위상에 기초하여 제2오차보상위상을 도출하는 제2오차보상위상도출단계; 상기 검출된 N번째 신호의 위상 및 제2오차보상위상에 기초하여 N번째 신호의 실제위상오차를 도출하는 실제위상오차도출단계; 및 상기 N번째 신호의 실제위상오차를 상기 구간오차데이터에 적용하여 구간오차데이터를 갱신하는 구간오차데이터갱신단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상검파 방법을 제공한다.

[0014] 본 발명에서는, 상기 싱크심볼은 N1개이고, 상기 N은 N1+1에서 시작하여 1씩 증가시키면서 상기 페이로드위상검파단계를 페이로드신호구간에 대하여 수행할 수 있다.

[0015] 본 발명에서는, 상기 구간오차데이터생성단계는, 상기 싱크심볼의 M번째 신호의 위상을 검출하는 싱크심볼위상검출단계; 상기 검출된 M번째 신호의 위상에 M번째 싱크심볼의 위상을 적용하여 M번째 신호의 실제위상오차를 도출하는 싱크심볼위상오차도출단계; 및 상기 M번째 신호의 실제위상오차를 상기 구간오차데이터에 추가하는 구간오차데이터추가단계;를 포함하고, 상기 M은 1부터 싱크심볼의 개수까지 1씩 증가할 수 있다.

[0016] 본 발명에서는, 상기 예상위상오차추정단계는, 상기 구간오차데이터로부터 선형방정식을 도출하는 선형방정식도출단계; 및 상기 선형방정식으로부터 N번째 신호의 예상위상오차를 도출하는 예상위상오차도출단계;를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명에서는, 상기 구간오차데이터는 복수의 실제위상오차를 포함하고, 상기 구간오차데이터갱신단계는, 상기 구간오차데이터의 실제위상오차 중 1 이상의 실제위상오차를 제거하고, 상기 N번째 신호의 실제위상오차를 추가할 수 있다.

[0018] 본 발명에서는, 제거된 상기 1 이상의 실제위상오차는 상기 복수의 실제위상오차 중 가장 먼저 수신된 신호의 실제위상오차를 포함할 수 있다.

[0020] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 수신된 신호의 위상을 검출하는 위상검출부; 구간오차데이터를 저장하는 시프트 레지스터(Shift Register); 저장된 상기 구간오차데이터에 기초하여 예상위상오차를 추정하는 예상오차추정부; 검출된 신호의 위상 및 상기 예상위상오차에 기초하여 제1오차보상위상을 도출하는 제1위상보상부; 참조위상 및 상기 제1오차보상위상에 기초하여 제2오차보상위상을 도출하는 제2위상보상부; 및 검파된 상기 제2오차보상위상을 출력하는 검파위상출력부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상검파 장치를 제공한다.

[0021] 본 발명에서는, 상기 제2위상보상부는 구간오차데이터업데이트부를 더 포함하고, 상기 구간오차데이터업데이트부는, 싱크심볼의 구간의 신호를 수신하는 경우에는 규약된 싱크심볼의 송신위상과 상기 위상검출부의 검출위상으로부터 실제위상오차를 도출하고, 페이로드 구간의 신호를 수신하는 경우에는 상기 제2오차보상위상과 상기 위상검출부의 검출위상으로부터 실제위상오차를 도출하고, 상기 시프트레지스터에는 상기 실제위상오차가 저장될 수 있다.

[0022] 본 발명에서는, 상기 구간오차데이터업데이트부는, 싱크심볼을 수신하는 구간에 대하여, 상기 싱크심볼의 M번째 신호의 위상을 검출하는 싱크심볼위상검출단계; 상기 검출된 M번째 신호의 위상에 M번째 싱크심볼의 위상을 적용하여 M번째 신호의 실제위상오차를 도출하는 싱크심볼위상오차도출단계; 및 상기 M번째 신호의 실제위상오차를 상기 구간오차데이터에 추가하는 구간오차데이터추가단계;를 수행하고, 상기 M은 1부터 싱크심볼의 개수까지 1씩 증가할 수 있다.

- [0023] 본 발명에서는, 상기 예상오차추정부는, 상기 구간오차데이터로부터 선형방정식을 도출하는 선형방정식도출단계; 및 상기 선형방정식으로부터 현재 입력 신호의 예상위상오차를 도출하는 예상위상오차도출단계;를 수행할 수 있다.
- [0024] 본 발명에서는, 상기 구간오차데이터는 복수의 실제위상오차를 포함하고, 페이로드 구간의 신호를 수신하는 경우에 상기 시프트레지스터는, 상기 구간오차데이터의 실제위상오차 중 1 이상의 실제위상오차를 제거하고, 현재 수신된 신호의 상기 구간오차데이터업데이트부에서 도출된 실제위상오차를 추가할 수 있다.
- [0025] 본 발명에서는, 제거된 상기 1 이상의 실제위상오차는 상기 복수의 실제위상오차 중 가장 먼저 수신된 신호의 실제위상오차를 포함할 수 있다.
- [0026] 본 발명에서는, 상기 제2위상보상부는 내부에 참조위상을 저장하는 참조위상저장부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 검출된 신호의 위상을 복소 영역으로 변환하지 않고 결정계환을 사용하여 검파 장치의 구조를 간략화 할 수 있는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 다수의 싱크심볼의 구간오차데이터를 생성하고, 상기 구간오차데이터에 기초하여 예상위상오차를 추정하기 때문에, 급작스런 주파수 추정 오류나 잡음의 영향으로 검파성능이 열화 되는 것을 방지할 수 있는 효과를 발휘할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 블루투스 EDR 네트워크에서의 패킷 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상검파 방법의 단계들을 개략적으로 도시한다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 구간오차데이터의 생성 단계들을 개략적으로 도시한다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 예상위상오차의 추정 단계들을 개략적으로 도시한다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 예상위상오차의 추정 방법을 개략적으로 도시한다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1오차보상위상 및 제2오차보상위상의 도출 단계들을 개략적으로 도시한다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 제2오차보상위상의 검출 방법을 개략적으로 도시한다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 실제위상오차의 도출 단계를 개략적으로 도시한다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 구간오차데이터의 갱신 결과를 개략적으로 도시한다.
- 도 10은 본 발명을 다른 관점에서 설명하는 실제위상오차의 도출 과정을 개략적으로 도시한다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 위상검파 장치를 개략적으로 도시하는 도면이다.
- 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 모의실험의 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하에서는, 다양한 실시예들 및/또는 양상들이 이제 도면들을 참조하여 개시된다. 하기 설명에서는 설명을 목적으로, 하나 이상의 양상들의 전반적 이해를 돕기 위해 다수의 구체적인 세부사항들이 개시된다. 그러나, 이러한 양상(들)은 이러한 구체적인 세부사항들 없이도 실행될 수 있다는 점 또한 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 인식될 수 있을 것이다. 이후의 기재 및 첨부된 도면들은 하나 이상의 양상들의 특정한 예시적인 양상들을 상세하게 기술한다. 하지만, 이러한 양상들은 예시적인 것이고 다양한 양상들의 원리들에서의 다양한 방법들 중 일부가 이용될 수 있으며, 기술되는 설명들은 그러한 양상들 및 그들의 균등물들을 모두 포함하고자 하는 의도이다.
- [0034] 또한, 다양한 양상들 및 특징들이 다수의 디바이스들, 컴포넌트들 및/또는 모듈들 등을 포함할 수 있는 시스템에 의하여 제시될 것이다. 다양한 시스템들이, 추가적인 장치들, 컴포넌트들 및/또는 모듈들 등을 포함할 수 있다는 점 그리고/또는 도면들과 관련하여 논의된 장치들, 컴포넌트들, 모듈들 등 전부를 포함하지 않을 수도 있

다는 점 또한 이해되고 인식되어야 한다.

- [0035] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "양상", "예시" 등은 기술되는 임의의 양상 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되지 않을 수도 있다. 아래에서 사용되는 용어들 '~부', '컴포넌트', '모듈', '시스템', '인터페이스' 등은 일반적으로 컴퓨터 관련 엔티티(computer-related entity)를 의미하며, 예를 들어, 하드웨어, 하드웨어와 소프트웨어의 조합, 소프트웨어를 의미할 수 있다.
- [0036] 또한, "포함한다" 및/또는 "포함하는"이라는 용어는, 해당 특징 및/또는 구성요소가 존재함을 의미하지만, 하나 이상의 다른 특징, 구성요소 및/또는 이들의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0037] 또한, 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0038] 또한, 본 발명의 실시예들에서, 별도로 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 발명의 실시예에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0040] 도 1은 블루투스 EDR 네트워크에서의 패킷 구조를 나타내는 도면이다.
- [0042] 도 1의 (A)는 블루투스 EDR 네트워크에서의 전체 패킷 구조를 나타낸다.
- [0043] 블루투스 EDR (Enhanced Data Rate) 네트워크는 최고 2Mbps와 3Mbps의 전송속도의 향상된 데이터 전송률을 보장하는 블루투스 네트워크의 새로운 버전이다. 블루투스 EDR 네트워크의 이러한 데이터 전송률은 기존의 GFSK 변조방식에 더하여 $\pi/4$ - shifted DQPSK (Differential Quadrature Phase-Shift Keying) 및 8-DPSK (Differential Phase-Shift Keying) 변조방식을 사용함으로써 가능하다.
- [0044] 상기 패킷은 크게 세 개의 범주, 즉 액세스 코드(ACCESS CODE), 헤더(HEADER) 및 페이로드(PAYLOAD)로 구성된다.
- [0045] 상기 액세스 코드 및 헤더는 동기화 및 패킷에 대한 중요 정보를 포함하는데, 상기 액세스 코드 및 헤더는 1Mbps의 전송률을 갖는 GFSK 변조방식이 적용된다.
- [0046] 상기 페이로드는 사용자가 보내고자 하는 정보를 포함하는데, 상기 페이로드는 각각 2Mbps 및 3Mbps의 전송률을 갖는 $\pi/4$ - shifted DQPSK 및 8-DPSK 변조방식이 적용된다.
- [0047] 또한, 상기 헤더와 페이로드 사이에는 상기 페이로드의 시간동기화 및 주파수동기화를 위한 싱크심볼(SYNC)가 포함되어 있는데, 상기 싱크심볼은 상기 블루투스 EDR 네트워크에서 11 μ s가 할당되도록 규격화 되어있고, 전송률에 따라 각각 $\pi/4$ - shifted DQPSK 및 8-DPSK 변조방식이 적용된다.
- [0049] 도 1의 (B)는 상기 동기 시퀀스를 더욱 상세히 나타내기 위한 상기 패킷의 확대도이다.
- [0050] 상기 블루투스 EDR 네트워크에서 상기 페이로드의 변복조를 DPSK로 할 경우, 상기 싱크심볼은 1개의 레퍼런스 심볼(reference symbol: S_{ref})과 10개의 DPSK 심볼($S_1 \sim S_{10}$)로 구성되며, 상기 DPSK 심볼들간의 위상 변화는 아래와 같이 규격화되어 있다.
- $$\{\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4, \phi_5, \phi_6, \phi_7, \phi_8, \phi_9, \phi_{10}\}$$
- $$= \left\{ \frac{3\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \frac{3\pi}{4} \right\}$$
- [0051]
- [0052] 이처럼 싱크심볼이 포함된 패킷의 복조 시에는, 사용자가 보내고자 하는 정보가 아닌, 이미 알고 있는 싱크심볼의 검출 값으로부터 위상오차를 도출할 수 있고, 상기 도출된 위상오차에 기초하여 현재 신호를 복조 함으로써 비트 오류 확률을 줄일 수 있다.
- [0053] 이하에서는, 싱크심볼과 페이로드가 바로 연결된 형태의 패킷 프로토콜을 중심으로 본 발명의 일 실시예에 따른 위상검파 방법을 설명하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 싱크심볼과 페이로드 사이에 다른 정보를 포함하는

패킷이 있는 경우를 포함한다. 이 경우, 상기 다른 정보를 포함하는 패킷과 상기 페이로드 전체를 페이로드로 지칭하며, 싱크심볼로부터 추출된 정보에 기초하여, 상기 다른 정보를 포함하는 패킷부터 위상검파를 수행하기로 한다.

- [0055] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상검파 방법에 대하여 설명한다.
- [0057] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상검파 방법의 단계들을 개략적으로 도시한다.
- [0059] 본 발명의 위상검파 방법은 연속된 심볼(symbol)로 구성된 싱크심볼(synchronization symbol)을 수신하여 싱크심볼의 구간오차데이터를 생성하는 구간오차데이터생성단계(S100) 및 상기 구간오차데이터에 기초하여 페이로드 각각의 신호의 위상을 검파 하는 페이로드위상검파단계(S200 내지 S700)으로 구성된다.
- [0060] 상기 구간오차데이터생성단계는 상기 싱크심볼이 수신되는 구간(이하 싱크심볼구간)에 대해서 수행되고, 상기 페이로드위상검파단계는 페이로드 신호가 수신되는 구간(이하 페이로드구간)에 대하여 수행한다. 예를 들어 싱크심볼이 N1개 있다고 하는 경우, 싱크심볼구간에서 수신되는 1번째부터 N1번째 신호에 대하여는 구간오차데이터생성단계(S100)가 수행되고, 이후 페이로드구간에서 수신되는 N1+1 번째 신호부터 페이로드의 마지막 신호까지는 상기 페이로드위상검파단계(S200 내지 S700)가 각각 반복적으로 수행된다.
- [0061] 본 발명은, 1차적으로 상기 싱크심볼을 수신하여 생성한 구간오차데이터에 기초하여, 페이로드 신호의 위상오차를 추정하고, 추정된 예상위상오차에 기초하여 페이로드구간의 1번째 신호의 위상을 검출한다. 따라서, 페이로드구간의 1번째 신호(N1+1 번째)의 위상 검출에 있어서 싱크심볼구간(1번째 내지 N1번째)의 오차가 반영되기 때문에, N1+1 번째의 신호의 위상을 높은 정확도로 검파 할 수 있다.
- [0062] 이후, N1+2 번째 신호를 검파 하는 경우에는 결정된 N1+1번째 위상과 검출된 N1+1번째 위상으로부터 도출되는 상기 N1+1 번째 신호에서의 오차를 반영하여 N1+2 번째 신호의 예상위상오차를 추정하고, 이를 N1+2번째 신호의 위상검파에 이용한다. 이와 같은 방법으로 페이로드 전구간에 대하여 위상검파를 수행하기 때문에, 이전의 위상오차 데이터가 계속적으로 갱신되어 보다 높은 정확도로 위상을 검파 할 수 있다.
- [0064] 한편, 전술한 바와 같이 본 발명에 의해 검파 되는 신호패킷은 상기 블루투스 EDR 네트워크에서의 패킷과 같이 싱크심볼에 이어 페이로드 신호가 위치함이 바람직하나 꼭 이에 한정되지는 않는다.
- [0066] 상기 구간오차데이터생성단계(S100)에서는 수신기가 연속된 싱크심볼을 포함하는 패킷을 수신하는 경우, 싱크심볼구간 동안 수신된 신호의 위상값을 기저장된 싱크심볼의 위상값과 비교하여 싱크심볼구간의 오차를 도출하여 구간오차데이터를 생성한다.
- [0067] 전술한 바와 같이, 특정 통신프로토콜에서는 싱크심볼구간에서의 각각의 심볼의 위상이 서로 약속이 되어 있고, 수신 측에서는 싱크심볼구간에 대해서는 실제 검파 되는 위상값과 서로 약속된 위상값을 비교하여 수신 측에서의 위상 오차를 측정할 수 있고, 이를 바탕으로 상기 구간오차데이터를 생성한다. 이와 같은 구간오차데이터는 복수의 실제위상오차를 포함하고, 바람직하게는 시프트레지스터의 형태로 저장될 수 있다.
- [0069] 한편, 상기 페이로드위상검파단계는,
- [0070] 상기 구간오차데이터에 기초하여 N번째 신호의 예상위상오차를 추정하는 예상위상오차추정단계(S200),
- [0071] N번째 신호의 위상을 검출하는 위상검출단계(S300),
- [0072] 상기 검출된 N번째 신호의 위상 및 N번째 신호의 예상위상오차에 기초하여 제1오차보상위상을 도출하는 제1오차보상위상도출단계(S400),
- [0073] 참조위상 및 제1오차보상위상에 기초하여 제2오차보상위상을 도출하는 제2오차보상위상도출단계(S500),
- [0074] 상기 검출된 N번째 신호의 위상 및 제2오차보상위상에 기초하여 N번째 신호의 실제위상오차를 도출하는 실제위상오차도출단계(S600) 및
- [0075] 상기 N번째 신호의 실제위상오차를 상기 구간오차데이터에 적용하여 구간오차데이터를 갱신하는 구간오차데이터 갱신단계(S700)로 구성된다.
- [0077] 바람직하게는, 상기 싱크심볼은 N1개라고 가정하는 경우, 상기 N은 N1+1에서 시작하여 1씩 증가시키면서 상기 페이로드위상검파단계를 페이로드구간에 대하여 수행한다.
- [0078] 즉, 상기 구간오차데이터생성단계에서는 1부터 N1개의 수신신호로부터 구간오차데이터를 생성하고, N1 + 1번째

신호부터는 상기 페이로드위상검파단계가 각각 수행된다.

- [0080] 구체적으로, 상기 예상위상오차추정단계(S200)에서는 상기 구간오차데이터로부터 N번째 신호의 예상위상오차를 추정한다. 이와 같이 추정된 예상위상오차는 검출된 위상으로부터 오차부분을 보상하는 데 사용된다.
- [0081] 이후, 상기 위상검출단계(S300)에서 수신기는 다음 N번째 신호의 위상을 검출한다. 이와 같은 위상검출단계(S300)는 수신된 IQ 신호로부터 위상을 측정함으로써 수행된다. 상기 위상검출단계(S300)에서 검출된 위상은 위상 오프셋, 위상 드리프트, 노이즈 등이 반영되어 있기 때문에, 실제 송신위상을 상기 위상검출단계(S300)에서 검출한 위상만으로는 수신 측에서 파악하기 어려울 수 있다.
- [0082] 이후, 상기 제1오차보상위상도출단계(S400)에서는 상기 검출된 N번째 신호의 위상에서 예상위상오차를 적용하여 제1오차보상위상을 도출한다. 상기 제1오차보상위상은 상기 위상검출단계(S300)에서 검출된 위상으로부터 해당 신호에 반영될 수 있는 위상오차 성분을 제거한 위상이다.
- [0083] 이후, 상기 제2오차보상위상도출단계(S500)에서는 상기 제1오차보상위상을 기설정된 참조위상과 비교하여 제2오차보상위상을 도출한다. 도출된 상기 제2오차보상위상은 N번째 신호의 위상 검출값으로 결정되어 출력된다.
- [0084] 상기 참조위상은 송신 측과 수신 측의 통신 프로토콜에 의하여 결정된다. 예를 들어, 참조위상이 $\{1/4\pi, 3/4\pi, -1/4\pi, -3/4\pi\}$ 이고, 상기 제1오차보상위상 혹은 제1오차보상위상의 $\text{mod } 2\pi$ 값이 $(3/4 + 0.1)\pi$ 인 경우에는, 상기 제2오차보상위상은 $3/4\pi$ 로 결정된다.
- [0085] 이후, 상기 실제위상오차도출단계(S600)에서는 상기 검출된 N번째 신호의 위상과 제2오차보상위상로부터 N번째 신호의 실제위상오차를 도출한다. 구체적으로, 상기 위상검출단계에서 검출된 위상과 상기 제2오차보상위상의 차이로부터 실제 위상오차를 도출한다.
- [0086] 이후, 상기 구간오차데이터갱신단계(S700)에서는 상기 N번째 신호의 실제위상오차를 상기 구간오차데이터에 입력하여 구간오차데이터를 갱신한다.
- [0087] 구체적으로 구간오차데이터는 복수의 실제위상오차를 포함하고, 상기 구간오차데이터갱신단계(S700)는, 상기 구간오차데이터의 실제위상오차 중 1 이상의 실제위상오차를 제거하고, 상기 N번째 신호의 실제위상오차를 추가한다.
- [0088] 바람직하게는, 제거된 상기 1 이상의 실제위상오차는 상기 복수의 실제위상오차 중 가장 먼저 수신된 신호의 실제위상오차이다.
- [0089] 본 발명의 바람직한 실시예에서는 상기 구간오차데이터는 시프트 레지스터(Shift Register)에 저장되고, P개의 저장 레지스터를 갖는 시프트 레지스터에서 1번째 값이 삭제되고, 나머지 값들은 왼쪽으로 이동하고(예를 들어 2번째 값은 1번째 저장 레지스터로 이동), P번째 값에 상기 N번째 신호의 실제위상오차가 입력된다.
- [0090] 이후 갱신된 구간오차데이터에 기초하여 페이로드구간 동안 상기 위상검출단계를 반복하여 신호의 위상을 반복적으로 검파 한다. 예를 들어 10개의 싱크심볼이 있다고 가정 시, 11번째 신호는 이전 1 번째 내지 10번째 신호의 구간오차데이터 및 참조위상에 기초하여 복호대상신호의 위상이 검파 되고, 12번째 신호는 2번째 내지 11번째 신호의 구간오차데이터 및 참조위상에 기초하여 복호대상신호의 위상이 검파 된다.
- [0091] 본 발명에서는 1번째 내지 10번째까지의 구간오차데이터에 기초하여 11번째 신호의 위상이 결정되고, 결정된 위상에 기초하여 11번째 신호의 실제위상오차가 도출되며, 이렇게 도출된 실제위상오차가 구간오차데이터에 반영됨으로써, 위상검파에 있어서 위상드리프트 등에 의한 문제를 최소화할 수 있다.
- [0093] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 구간오차데이터의 생성 단계들을 개략적으로 도시한다.
- [0095] 상기 구간오차데이터를 생성하는 구간오차데이터생성단계(S100)는,
- [0096] 상기 싱크심볼의 M번째 신호의 위상을 검출하는 싱크심볼위상검출단계(S110),
- [0097] 상기 검출된 M번째 신호의 위상에 M번째 싱크심볼의 위상을 적용하여 M번째 신호의 실제위상오차를 도출하는 싱크심볼위상오차도출단계(S120), 및
- [0098] 상기 M번째 신호의 실제위상오차를 상기 구간오차데이터에 추가하는 구간오차데이터추가단계(S130)을 포함한다.
- [0099] 상기 M은 1부터 시작해서 싱크심볼의 개수까지 1씩 증가하는 변수이다. 즉, 이와 같은 구간오차데이터생성단계에서는 약속된 싱크심볼의 위상과 실제 검출되는 싱크심볼의 위상의 차이로부터 구간오차데이터를 생성한다.

- [0101] 상기 싱크심볼위상검출단계(S110)에서는 싱크심볼구간에서 수신기를 통해 수신된 M번째 신호의 위상을 검출한다.
- [0102] 상기 싱크심볼위상오차도출단계(S120)에서는 상기 검출된 M번째 신호의 위상에 M번째 싱크심볼의 위상을 적용하여 M번째 신호의 실제위상오차를 도출한다. 싱크심볼은 기설정된 위상변화에 기초하여 발송된 신호이기 때문에, 몇 번째 싱크심볼인지 확인하면 해당 심볼의 위상값을 알 수 있고, 이 위상값과 수신된 신호의 위상값을 비교하면 실제위상오차를 도출해 낼 수 있다.
- [0103] 상기 구간오차데이터추가단계(S130)에서는 상기 M번째 신호의 실제위상오차를 상기 구간오차데이터에 추가한다.
- [0104] 이어지는 싱크심볼구간에서 상기 S110 내지 S130 단계를 반복한다. 이와 같이 반복하면 구간오차데이터는 모든 싱크심볼 신호의 실제위상오차를 포함하게 된다.
- [0106] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 예상위상오차의 추정 단계들을 개략적으로 도시한다.
- [0108] 예상위상오차를 추정하는 예상위상오차추정단계(S200)는,
- [0109] 구간오차데이터생성단계(S100)에서 생성된 상기 구간오차데이터로부터 선형방정식을 도출하는 선형방정식도출단계(S210), 및
- [0110] 상기 선형방정식으로부터 N번째 신호의 예상위상오차를 도출하는 예상위상오차도출단계(S220)을 포함한다.
- [0112] 상기 선형방정식도출단계(S210)는 상기 구간오차데이터생성단계(S100)에서 생성된 구간오차데이터로부터 선형방정식을 도출한다.
- [0113] 선형방정식을 도출하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으며, 그 중 대표적인 방법에는 최소제곱법 (LSE: Least Squares Estimation) 및 최대우도법 (MLE: Maximum Likelihood Estimation) 이 있다.
- [0115] 상기 예상위상오차도출단계(S220)는 도출된 상기 선형방정식으로부터 N번째 신호의 예상위상오차를 추정한다. 예상위상오차는 도출된 상기 선형방정식에 N을 대입하여 구할 수 있다.
- [0117] 본 발명은 위와 같이 상기 예상위상오차추정단계(S200)에서 복수개의 싱크심볼로부터 생성된 구간오차데이터에 기초하여 예상위상오차를 도출하여 위상 검파에 사용하여, 급작스런 주파수 추정 오류나 잡음의 영향으로 검파 성능이 열화 되는 것을 방지할 수 있는 효과를 얻을 수 있다.
- [0119] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 예상위상오차의 추정 방법을 개략적으로 도시한다.
- [0121] 도 5에서 가로축은 시간을 나타내고, 세로축은 위상오차를 나타낸다.
- [0122] 시간에 따라 검출된 위상값에서 도출한 위상오차들은 하얀 점으로 표시되어 있다.
- [0123] N-1번째 신호까지의 실제위상오차값에 기초하여 도출한 선형방정식의 그래프가 점선으로 표시되어 있다.
- [0124] 이 때, N번째 수신 시간에 해당하는 선형방정식의 값이 N번째 신호의 예상위상오차가 된다.
- [0125] 이를 수식으로 표현하면 아래와 같다.

- [0126] n이라는 시간에 수신기에서 검출된 위상신호를 ψ_n 이라 하면, 검출 위상 신호는 다음과 같이 표현할 수 있다.

[0127]
$$\psi_n = \sum_{k=1}^n s_k + \phi_0 + \int_0^{n\tau} f dt + \mu_n$$

- [0128] 여기서 ϕ_0 는 위상 오프셋, f 는 위상 드리프트, τ 는 신호 간격, s_k 는 데이터심볼, μ_n 은 잡음을 나타낸다.

- [0129] 이 때, 변복조방식에 따라서 데이터심볼의 누적 값은 특정 값을 갖게 된다.

- [0130] 블루투스 EDR에 사용되는 $\pi/4$ - shifted DQPSK의 경우,

- [0131] n이 홀수일 때,

[0132]
$$\sum_{k=1}^n \phi_k \in \left\{ \frac{\pi}{4}, -\frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4} \right\}$$

[0133] n 이 짝수일 때,

$$\sum_{k=1}^n s_k \in \left\{0, \frac{\pi}{2}, -\frac{\pi}{2}, \pi\right\}$$

[0134]

[0135] 의 값을 갖게 된다.

[0137] 블루투스 EDR에 사용되는 또 다른 변복조방식인 8 - DPSK의 경우,

[0138] n 이 홀수 짝수에 상관 없이

$$\sum_{k=1}^n s_k \in \left\{0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, -\frac{\pi}{4}, -\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}, -\frac{3\pi}{4}, \pi\right\}$$

[0139]

[0140] 의 값을 갖게 된다.

[0141] 따라서

$$C_n = \sum_{k=1}^n s_k$$

[0142]

[0143] 이라 표현할 수 있다.

[0144] 상기 C_n 은 신호위상에서 오차를 제외한 정보를 담고 있는 신호성분이 된다.

[0145] 상기 C_n 이 가질 수 있는 특정 값들은 위상을 검파 할 때 기준이 되는 위상으로서 참조위상이라 한다.

[0146] C_n 을 통해 식을 간략화 하면 검출 위상 신호는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\psi_n = C_n + \phi_0 + \int_0^{n\tau} f dt + \mu_n$$

[0147]

[0148] 이 때, 일정한 시간 동안 f 값이 변하지 않는다고 가정하면, C_n 을 제외한 오차성분은 다음과 같이 선형화 할 수 있다.

$$\phi_0 + \int_0^{n\tau} f dt + \mu_n = An + B + \mu_n, \quad n = 1, \dots, N-1$$

[0149]

[0150] 즉, 첫번째부터 $N-1$ 번째까지의 위상오차 값을 알면 $N-1$ 개의 선형방정식으로 표현할 수 있고, 이를 행렬의 형태로 표현하면 다음과 같다.

$$XE = Y, \text{ 여기서 } X = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ N-1 & 1 \end{bmatrix}, E = \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} \phi_0 + \int_0^{1\tau} f dt \\ \vdots \\ \phi_0 + \int_0^{(N-1)\tau} f dt \end{bmatrix}$$

[0151]

[0152] 이를 최소제곱법에 의하여 풀면 다음과 같다.

$$E = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

[0153]

[0154] 이렇게 구해진 선형방정식을 통해, N 번째 신호의 잡음을 제외한 위상오차를 다음과 같이 예상할 수 있다.

$$\overline{\phi_N} = \phi_0 + \int_0^{N\tau} f dt = AN + B = [N \quad 1] \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = [N \quad 1] (X^T X)^{-1} X^T Y$$

[0155]

[0156] $\overline{\phi_N}$ 은 N 번째 신호의 예상위상오차를 나타낸다.

[0157] 위와 같이 최소제곱법에 의해 선형방정식을 도출하는 방법은 본 발명의 수행 단계의 설명을 보다 용이하게 하기

위한 일 실시예일뿐, 본 발명의 선형방정식도출단계는 최소제곱법 뿐만 아니라 최대우도법 등 선형방정식을 도출해 낼 수 있는 그 어떤 방법으로도 수행될 수 있다.

[0159] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1오차보상위상 및 제2오차보상위상의 도출 단계들을 개략적으로 도시한다.

[0161] 제1오차보상위상도출단계(S400)에서는 검출된 N번째 신호의 위상 및 N번째 신호의 예상위상오차에 기초하여 제1 오차보상위상을 도출한다.

[0162] 상기 검출된 N번째 신호의 위상은 사용자가 보낸 정보가 포함된 송신위상과 위상오차의 합으로 표현될 수 있는데, 이 위상에서 S220에서 추정된 예상위상오차를 빼주면, N번째 신호의 송신위상을 추정할 수 있다. 이를 제1 오차보상위상이라 한다.

[0163] 이를 식으로 나타내면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \text{제1오차보상위상} &= \psi_N - \overline{\phi_N} \\ &= \left(C_N + \phi_0 + \int_0^{N\tau} f dt + \mu_N \right) - \left(\phi_0 + \int_0^{N\tau} f dt \right) \\ &= C_N + \mu_N \end{aligned}$$

[0168] 제2오차보상위상도출단계(S500)에서는 참조위상 및 제1오차보상위상에 기초하여 제2오차보상위상을 도출한다.

[0169] 제1오차보상위상은 N번째 신호의 송신위상에 잡음이 포함된 위상이다. 이와 같은 제1오차보상위상은 각 심볼에 해당하는 참조위상과 비교되고, 이 중 제1오차보상위상과의 위상 차가 가장 적게 결정되는 참조위상 값으로 제2 오차보상위상이 결정된다. k번째 참조위상을 r_k 라 하면, 제2오차보상위상의 결정식 (decision rule)은 아래와 같이 나타난다.

$$\begin{aligned} \text{제2오차보상위상} &= \underset{r_k}{\operatorname{argmin}} |r_k - \text{제1오차보상위상}| \\ &= \underset{r_k}{\operatorname{argmin}} |r_k - \psi_N - \overline{\phi_N}| \\ &= \underset{r_k}{\operatorname{argmin}} |r_k - (C_N + \mu_N)| \\ &= \underset{r_k}{\operatorname{argmin}} |r_k - C_N - \mu_N| \end{aligned}$$

[0174] 즉, 위 식을 최소로 하는 k번째 참조위상 r_k 가 제2오차보상위상이 된다.

[0176] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 제2오차보상위상의 검출 방법을 개략적으로 도시한다.

[0178] 상기 제2오차보상위상의 결정식은 도 7과 같이 나타낼 수 있다. 위상공간에는 기설정된 4개의 참조위상이 존재하고, 제1오차보상위상 역시 위상공간에 나타낼 수 있다.

[0179] 블루투스 EDR에 사용되는 $\pi/4$ - shifted DQPSK의 홀수 번째 신호의 경우, 참조위상은 도 7의 참조위상1($\pi/4$) 내지 참조위상4($-\pi/4$)와 같이 위치한다. 이 때, 제1오차보상위상이 도 7과 같이 위치할 경우, 제1오차보상위상과 참조위상의 차이 값을 최소로 하는 참조위상은 참조위상1($\pi/4$)이 된다.

[0180] 따라서 도 7과 같은 경우 제1오차보상위상과 참조위상에 기초하여 도출된 제2오차보상위상은 $\pi/4$ 가 된다.

[0181] 도출된 제2오차보상위상은 본 발명의 위상검파 방법에 따라 검출된 출력 위상이 된다.

[0183] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 실제위상오차의 도출 단계를 개략적으로 도시한다.

[0185] 실제위상오차도출단계(S600)에서는 상기 제2오차보상위상도출단계(S500)에서 제2오차보상이 도출되면, 검출된 N 번째 신호의 위상 및 제2오차보상위상에 기초하여 N번째 신호의 실제위상오차를 도출한다.

[0186] 제2오차보상위상이 N번째 신호의 송신위상이기 때문에, N번째 신호의 검출위상과 제2오차보상위상을 비교하면

실제위상오차를 도출해 낼 수 있다. 이와 같이 도출된 실제위상오차를 구간오차데이터에 적용하여, 구간오차데이터를 갱신할 수 있게 된다.

- [0188] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 구간오차데이터의 갱신 결과를 개략적으로 도시한다.
- [0190] 본 발명의 일 실시예에 따르면 구간오차데이터는 N-1개의 저장소를 갖춘 시프트 레지스터에 입력된다. 상기 시프트 레지스터는 데이터를 저장하고, 저장된 데이터를 한 칸씩 이동할 수 있는 레지스터의 집합체이다.
- [0191] 상기 구간오차데이터는 복수의 실제위상오차를 포함하고 있다.
- [0192] 구간오차데이터갱신단계(S700)는 상기 구간오차데이터의 실제위상오차 중 1 이상의 실제위상오차를 제거하고, 상기 N번째 신호의 실제위상오차를 추가한다.
- [0194] 도 9에 따르면 시프트 레지스터에는 ϕ_1 부터 ϕ_{N-1} 까지 N-1개의 실제위상오차가 입력되어 구간오차데이터를 형성하고 있다.
- [0195] 상기 시프트 레지스터에 N번째 위상검파 후 N번째 위상의 실제위상오차가 입력되면, 두번째부터 N-1번째 실제위상오차는 왼쪽으로 한 칸씩 저장 레지스터를 이동하고, 이동을 통해 생긴 빈 저장 레지스터에 N번째 위상의 실제위상오차가 저장된다. 왼쪽에 저장 레지스터가 없는 ϕ_1 은 시프트 레지스터에서 삭제된다.
- [0196] 즉, 시프트 레지스터에는 ϕ_2 부터 ϕ_N 까지의 실제위상오차가 저장되고, ϕ_1 은 삭제된다.
- [0197] 이후에 N+1번째 위상검파가 이루어지면, N+1번째 위상의 실제위상오차가 입력되고, 기입력된 데이터는 다시 한 칸씩 저장 레지스터를 이동하고, 빈 저장 레지스터에 N+1번째 실제 위상오차가 저장되어 ϕ_3 부터 ϕ_{N+1} 까지의 실제위상오차가 저장된다.
- [0198] 이와 같은 시프트 레지스터를 통한 구간오차데이터의 갱신을 통해, 신호의 검파시, 현재 검파 대상 신호의 N-1번째 앞선 신호부터 바로 앞 신호까지의 실제위상오차를 구간오차데이터에 유지할 수 있고, 예상위상오차의 예상 정확도를 높일 수 있는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0200] 도 10은 본 발명을 다른 관점에서 설명하는 실제위상오차의 도출 과정을 개략적으로 도시한다.
- [0202] 도 10에서 가로축은 시간을 나타내고, 세로축은 위상오차를 나타낸다.
- [0203] 시간에 따라 검출된 위상값에서 도출한 위상오차들은 하얀 점으로 표시되어 있다.
- [0204] N-1번째 신호까지의 실제위상오차값에 기초하여 도출한 선형방정식의 그래프가 점선으로 표시되어 있다.
- [0205] 앞서 설명한 실시예와 같이, N번째 수신 시간에 해당하는 선형방정식의 값이 N번째 신호의 예상위상오차가 된다.
- [0206] N번째 신호의 검출위상에서 기설정된 참조위상 각각을 적용 혹은 뺀 값은 N번째 신호의 후보입력값이 된다. 즉, 첫번째 후보입력값은 N번째 신호의 검출위상에서 첫번째 참조위상을 뺀 값이고, k번째 후보입력값은 N번째 신호의 검출위상에서 k번째 참조위상을 뺀 값이다.
- [0207] 이를 식으로 표현하면, N번째 신호의 검출위상은 아래와 같다.
- [0208]
$$\psi_N = C_N + \phi_0 + \int_0^{N\tau} f dt + \mu_N$$
- [0209] 여기서 참조위상을 뺀 후보입력값은
- [0210]
$$\phi_k = C_N - r_k + \phi_0 + \int_0^{N\tau} f dt + \mu_N$$
- [0211] 여기서 ϕ_k 은 k번째 후보입력값, r_k 은 k번째 참조위상을 나타낸다.
- [0212] 이 때, 상기 도출된 N번째 신호의 예상위상오차와의 차이를 최소로 하는 후보입력값을 찾으면, N번째 신호의 실제위상오차를 도출해낼 수 있다.

[0213] 즉, 실제위상오차의 결정식은 아래와 같이 나타낸다

$$\text{실제위상오차} = \underset{\phi_k}{\operatorname{argmin}} |\phi_k - \overline{\phi_N}|$$

$$= \underset{\phi_k}{\operatorname{argmin}} \left| \left(C_N - r_k + \phi_0 + \int_0^{N\tau} f dt + \mu_N \right) - \left(\phi_0 + \int_0^{N\tau} f dt \right) \right|$$

$$= \underset{\phi_k}{\operatorname{argmin}} |C_N - r_k + \mu_N|$$

[0216]

[0217] 즉, k번째 후보입력값 ϕ_k 가 실제위상오차가 되고, k번째 참조위상 r_k 가 상기 N번째 신호의 검파 출력위상이 된다.

[0218] 또한 위 식은 제2오차보상위상도출단계(S500)에서 계산한 제2오차보상위상의 결정식과 동일한 식으로서, 실질적으로 동일한 과정을 거친다.

[0219] 위와 같은 실시예에 따르면 제2오차보상위상 도출 후 실제위상오차를 다시 도출 할 필요 없이 곧바로 도출해 낼 수 있다.

[0221] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 위상검파 장치를 개략적으로 도시하는 도면이다. 도 11은 상기 도 1 내지 도 10을 참조하여 설명한 위상검파 방법을 수행하는 위상검파 장치를 도시하고, 이하에서는 상기 도 1 내지 도 10을 참조하여 설명한 위상검파 방법과 중복되는 내용에 대해서는 일부 생략하기로 한다.

[0223] 본 발명의 일 실시예에 따른 위상검파 장치는 수신된 신호의 위상을 검출하는 위상검출부(10), 구간오차데이터를 저장하는 시프트 레지스터(Shift Register, 20), 저장된 상기 구간오차데이터에 기초하여 예상위상오차를 추정하는 예상오차추정부(30), 검출된 신호의 위상 및 상기 예상위상오차에 기초하여 제1오차보상위상을 도출하는 제1위상보상부(40), 참조위상 및 상기 제1오차보상위상에 기초하여 제2오차보상위상을 도출하는 제2위상보상부(50), 및 검파 된 위상을 출력하는 검파위상출력부(60)를 포함한다.

[0225] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따르는 위상검파 장치는 아래와 같은 방법으로 신호의 위상을 검파 한다.

[0226] 싱크심볼구간에서는 수신된 싱크심볼의 검출 위상에 기초하여 구간오차데이터를 생성한다. 구간오차데이터를 생성하는 과정은 아래와 같다.

[0227] 위상검출부(10)는 수신된 신호로부터 신호의 위상을 검출해낸다(S110).

[0228] 검출 구간이 싱크심볼구간인 경우, 검출된 상기 신호의 위상은 제1위상보상부(40) 및 제2위상보상부(50)를 거치며 기저장된 싱크심볼 신호의 위상과 비교하여 실제위상오차를 도출한다(S120).

[0229] 바람직하게는, 싱크심볼구간에 대하여 상기 제2위상보상부(50)는 프로토콜에서 규약된 싱크심볼 각각의 송신위상값과 상기 위상검출부에서 검출된 검출위상값으로부터 실제위상오차를 도출하고, 상기 도출된 실제위상오차는 시프트 레지스터(20)에 저장된다(S130). 상기 제2위상보상부는 구간오차데이터업데이트부(미도시)를 포함하고, 상기 실제위상오차의 도출의 과정은 상기 구간오차데이터업데이트부에 의해서 수행될 수 있다.

[0231] 싱크심볼구간 동안 위상검출부(10), 제2위상보상부(50) 및 시프트 레지스터(20)는 위 S110 내지 S130의 단계를 반복하여 싱크심볼구간의 실제위상오차 정보를 포함한 구간오차데이터를 생성하고, 이를 시프트 레지스터(20)에 저장하게 된다.

[0232] 예를 들어, N1개의 싱크심볼을 포함한 형태의 패킷 프로토콜에 의하여 통신을 하는 경우, 상기 제2 위상보상부(50)는 1번째 수신된 신호부터 N1번째 수신된 신호까지는 프로토콜에 규정된 싱크심볼위상과 위상검출부(10)에서 검출된 위상을 비교하여 각각 신호의 위상오차를 도출하고, 도출된 상기 위상오차를 시프트 레지스터(20)에 저장하는 과정을 반복하여 시프트 레지스터에 구간오차데이터를 생성하게 된다.

[0233] 상기 시프트 레지스터(20)의 저장 레지스터의 수는 상기 싱크심볼의 수와 같아, 싱크심볼구간의 구간오차데이터를 온전히 저장할 수 있는 것이 바람직하다. 다만, 이와 같은 시프트레지스터(20)의 저장 레지스터의 수는 이에 한정되지 않는다.

[0235] 페이로드구간에서는 상기 구간오차데이터 및 기설정된 참조위상에 기초하여 수신된 신호의 위상을 검파 한다. 페이로드구간에서 수신된 페이로드 신호의 위상을 검파 하는 과정은 아래와 같다.

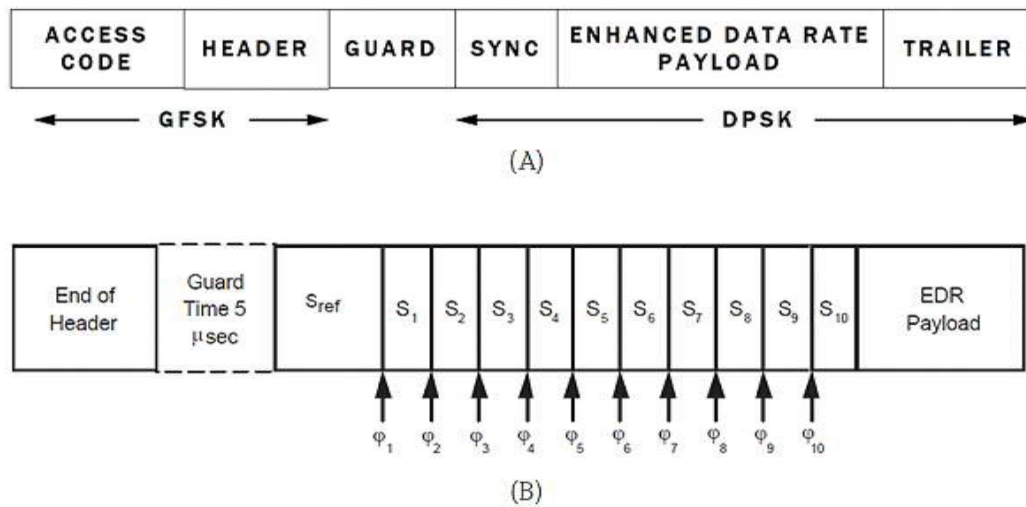
- [0236] 페이로드구간에서 예상오차추정부(30)는 시프트 레지스터(20)에 저장된 구간오차데이터에 기초하여 예상위상오차를 추정한다(S200). 예상오차추정부(30)는 상기 구간오차데이터로부터 선형방정식을 도출하고, 상기 선형방정식으로부터 예상위상오차를 추정해낼 수 있다. 상기 선형방정식을 도출하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으며, 그 중 대표적인 방법에는 최소제곱법 및 최대우도법이 있다.
- [0237] 구체적으로, 상기 예상오차추정부(30)는, 상기 구간오차데이터로부터 선형방정식을 도출하는 선형방정식도출단계; 및 상기 선형방정식으로부터 현재 입력 신호의 예상위상오차를 도출하는 예상위상오차도출단계;를 수행함이 바람직하다.
- [0239] 한편, 위상검출부(10)는 수신된 신호로부터 신호의 위상을 검출해낸다(S300).
- [0240] 이후, 제1위상보상부(40)는 상기 위상검출부(10)에서 입력 받은 검출위상 및 상기 예상오차추정부(30)에서 입력 받은 예상위상오차에 기초하여 제1보상위상을 도출한다(S400). 상기 제1오차보상위상은 상기 위상검출단계(S300)에서 검출된 위상으로부터 해당 신호에 반영될 수 있는 위상오차 성분을 제거한 위상이다.
- [0241] 이후, 제2위상보상부(50)는 상기 제1위상보상부(40)에서 입력 받은 제1오차보상위상 및 참조위상에 기초하여 제2오차보상위상을 도출한다(S500). 제2위상보상부(50)는 제2오차보상위상을 도출하기 위하여 내부에 참조위상을 저장하는 참조위상저장부(미도시)를 포함할 수 있다. 제2위상보상부(50)는 입력 받은 상기 제1오차보상위상과 참조위상을 비교하여, 제1오차보상위상에 가장 가까운 값을 갖는 참조위상을 제2오차보상위상으로 선택하는 방법으로 작동할 수 있다.
- [0242] 상기 제2오차보상위상은 검파위상출력부(60)로 입력되어 최종 검파위상이 된다. 상기 최종 검파위상은 본 발명의 위상검파 장치에 연결된 복조기 등에 입력되어 최종적으로 복호화 될 수 있다.
- [0243] 한편, 상기 구간오차데이터업데이트부(미도시)는 제2오차보상위상을 상기 위상검출부(10)의 검출위상과 비교하여 실제위상오차를 도출한다(S600), 이후 실제위상오차는 상기 시프트레지스터에 입력되어 기저장된 구간오차데이터를 갱신한다(S700).
- [0244] 이와 같은 구간오차데이터갱신단계를 통해 가장 최근의 위상오차에 대한 정보가 상기 시프트레지스터(20)에 저장되고, 다음 신호는 상기 시프트레지스터(20)에 저장된 정보 및 상기 예상오차추정부의 동작에 의하여 도출되는 예상위상오차값이 적용되어 제1위상보상부(40)에서 위상보상이 수행된다.
- [0245] 즉, 상기 구간오차데이터업데이트부는, 싱크심볼의 구간의 신호를 수신하는 경우에는 규약된 싱크심볼의 송신위상과 상기 위상검출부의 검출위상으로부터 실제위상오차를 도출하고, 페이로드 구간의 신호를 수신하는 경우에는 상기 제2오차보상위상과 상기 위상검출부의 검출위상으로부터 실제위상오차를 도출하고, 상기 시프트레지스터에는 상기 실제위상오차가 저장됨이 바람직하다.
- [0246] 구체적으로, 상기 구간오차데이터업데이트부는, 싱크심볼을 수신하는 구간에 대하여, 상기 싱크심볼의 M번째 신호의 위상을 검출하는 싱크심볼위상검출단계; 상기 검출된 M번째 신호의 위상에 M번째 싱크심볼의 위상을 적용하여 M번째 신호의 실제위상오차를 도출하는 싱크심볼위상오차도출단계; 및 상기 M번째 신호의 실제위상오차를 상기 구간오차데이터에 추가하는 구간오차데이터추가단계;를 수행하고, 상기 M은 1부터 싱크심볼의 개수까지 1씩 증가함이 바람직하다.
- [0248] 본 발명은 상기 실시예와 같이, 검출된 신호의 위상을 복소 영역으로 변환하지 않고 위상만을 이용하여 검파함으로써, 검파 장치의 구조를 간략화 할 수 있는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0249] 또한 비 동기 검파방식을 채택하여 복잡한 동기 회로를 포함하지 않아 구조가 간단해지면서도, 다중 심볼을 이용한 검파를 통해 비트 오류 확률을 개선할 수 있는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0251] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 모의실험의 결과이다.
- [0253] 도 12의 (A)는 블루투스 EDR의 2Mbps 모드에서 기존의 검파방법을 이용한 모의실험의 신호 대 잡음 비(Signal-To-Noise Ratio, SNR)에 대한 비트 오류 확률(Bit Error Rate, BER)을 나타낸 것이다.
- [0254] 도 12의 (B)는 블루투스 EDR의 2Mbps 모드에서 본 발명의 일 실시예에 따른 검파방법을 이용한 모의실험의 신호 대 잡음 비에 대한 비트 오류 확률을 나타낸 것이다.
- [0256] 도 12의 (A)와 (B)를 비교해 보면 도 12의 (B)의 그래프가 도 12의 (A)의 그래프 보다 왼쪽으로 약 1.5dB만큼 치우쳐진 것을 확인할 수 있다.

[0257] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 방법이 약 1.5dB 성능이 개선되었음을 알 수 있다.

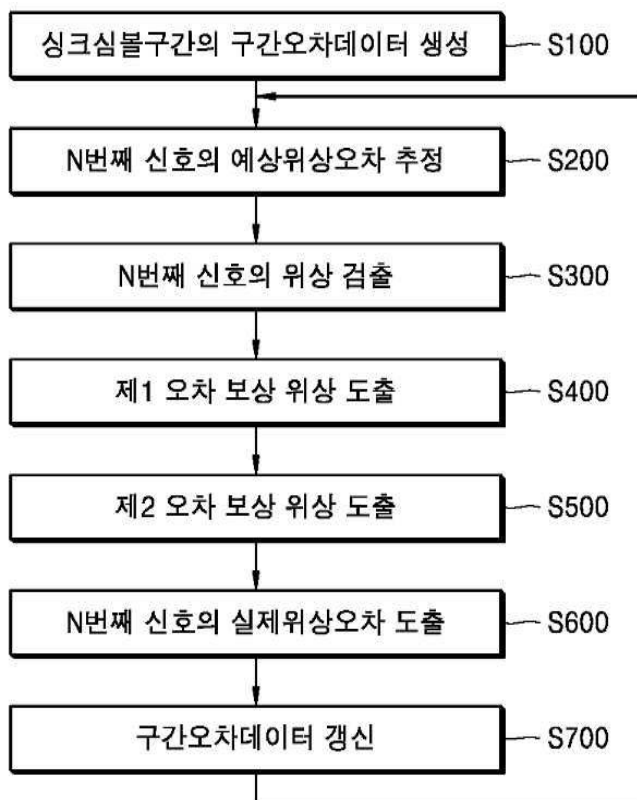
[0259] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

도면1



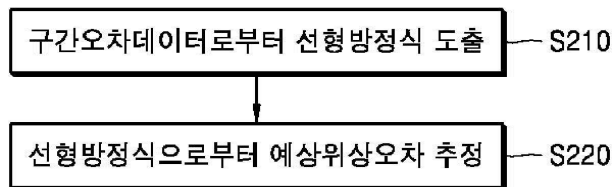
도면2



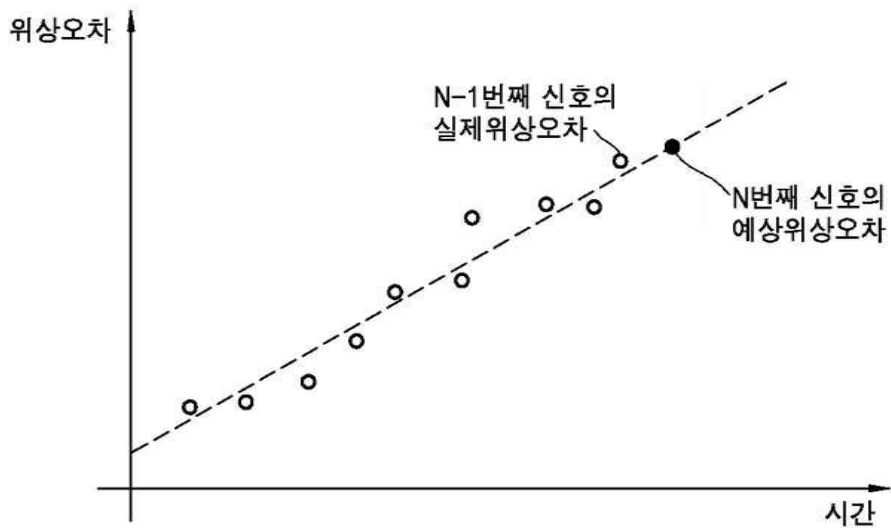
도면3



도면4



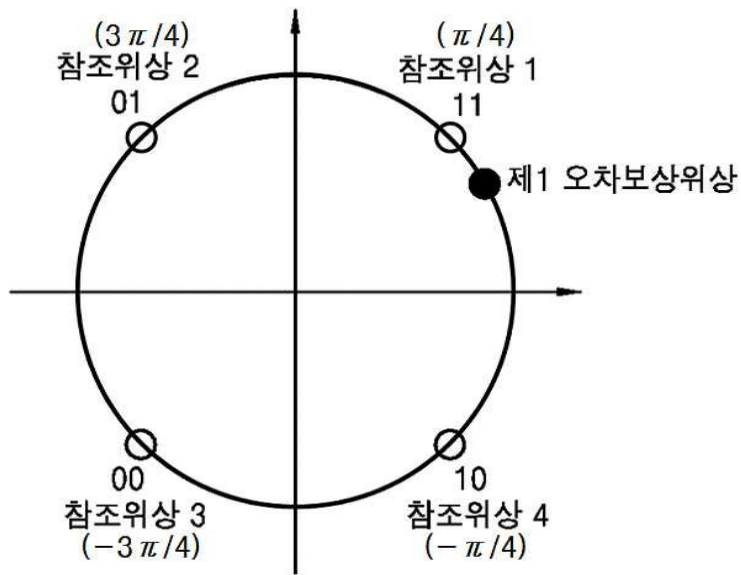
도면5



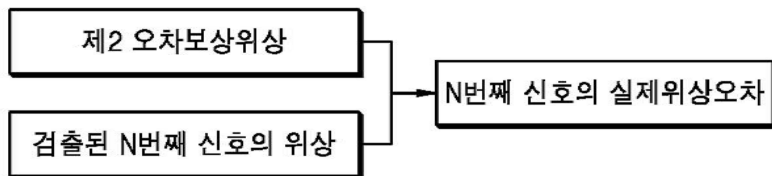
도면6



도면7



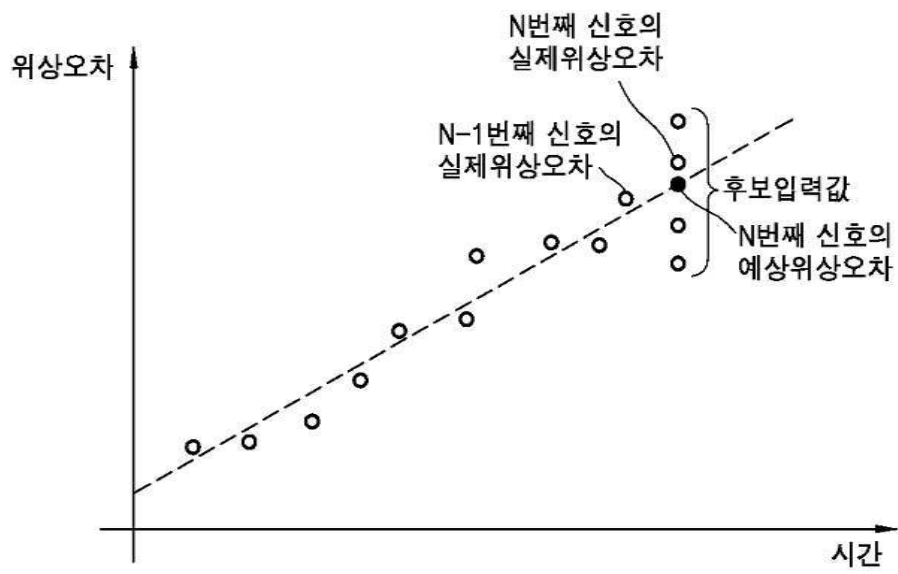
도면8



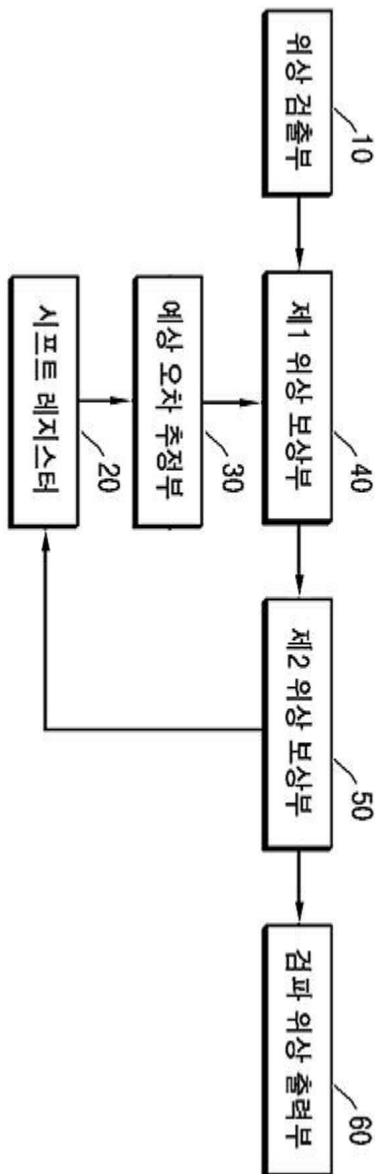
도면9



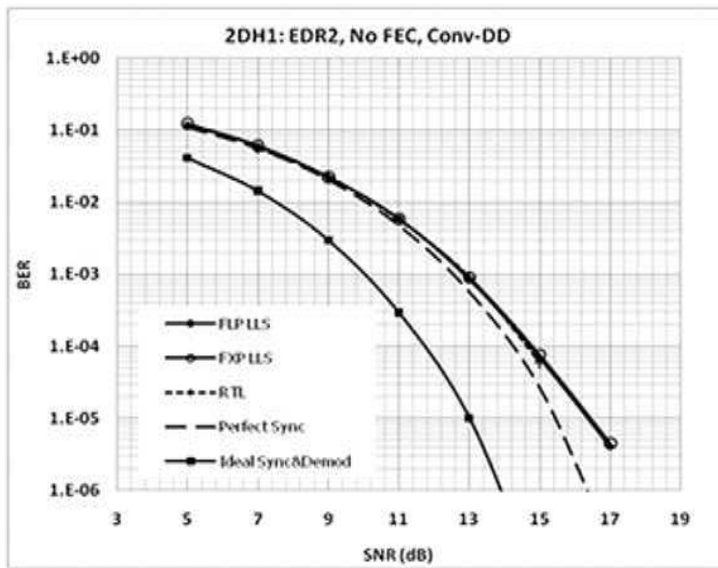
도면10



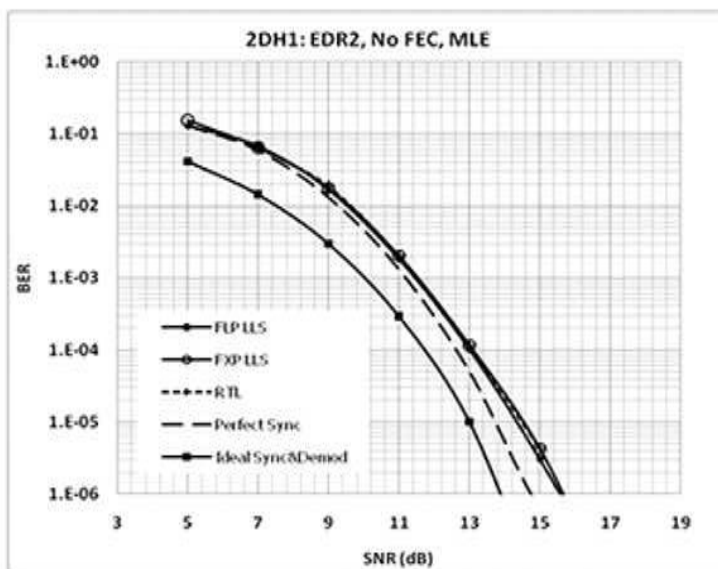
도면11



도면12



(A)



(B)