



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년06월09일

(11) 등록번호 10-1527363

(24) 등록일자 2015년06월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 27/18 (2006.01) G01R 29/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0097903

(22) 출원일자 2014년07월31일

심사청구일자 2014년07월31일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110124667 A

KR1020110022697 A

(73) 특허권자

군산대학교산학협력단

전라북도 군산시 대학로 558 (미룡동, 군산대학교)

(72) 발명자

김영완

대전광역시 서구 둔산로 155 104동 1309호(둔산동, 크로바아파트)

(74) 대리인

특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 18 항

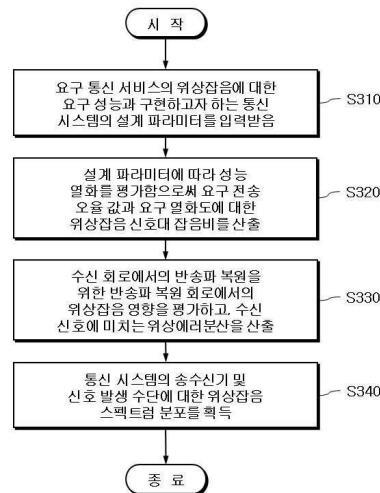
심사관 : 황철규

(54) 발명의 명칭 디지털 변조 방식에 따른 통신 시스템에서 위상잡음 스펙트럼을 할당하는 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 디지털 변조 방식에 따른 통신 시스템에서 위상잡음 스펙트럼을 할당하는 장치 및 방법에 관한 것으로서, 위상잡음 스펙트럼 할당 방법은, 위상잡음 스펙트럼의 분포 기준을 산출하기 위해 요구 통신 서비스의 위상잡음에 대한 요구 성능과 구현하고자 하는 통신 시스템의 설계 파라미터를 입력받고, 입력된 설계 파라미터에 따라 전송 신호에 대한 위상잡음에 의한 성능 열화를 평가함으로써 요구 전송 오율 값과 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 산출하고, 수신 회로에서의 반송파 복원을 위한 반송파 복원 회로에서의 위상잡음 영향을 평가하고, 요구 전송 오율 값과 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 이용하여 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출하며, 산출된 수신 신호에 미치는 위상에러분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 대한 위상잡음 스펙트럼 분포를 획득한다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711002588

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 정보통신기술인력양성

연구과제명 M-ary (A)PSK 위성전송시스템 신호원의 위상잡음 분포 스펙트럼 설계 프로그램

기여율 1/1

주관기관 군산대학교 산학협력단

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

디지털 변조 방식에 따른 통신 시스템에서 위상잡음 스펙트럼을 할당하는 방법에 있어서,

- (a) 위상잡음 스펙트럼의 분포 기준을 산출하기 위해 요구 통신 서비스의 위상잡음에 대한 요구 성능과 구현하고자 하는 통신 시스템의 설계 파라미터를 입력받는 단계;
- (b) 입력된 상기 설계 파라미터에 따라 전송 신호에 대한 위상잡음에 의한 성능 열화를 평가함으로써 요구 전송 오율 값과 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 산출하는 단계;
- (c) 수신 회로에서의 반송과 복원을 위한 반송과 복원 회로에서의 위상잡음 영향을 평가하고, 상기 요구 전송 오율 값과 상기 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 이용하여 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출하는 단계; 및
- (d) 산출된 상기 수신 신호에 미치는 위상에러분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 대한 위상잡음 스펙트럼 분포를 획득하는 단계;를 포함하는 위상잡음 스펙트럼 할당 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

- (b1) 입력된 상기 설계 파라미터를 기준으로 전송 신호에 대한 위상 잡음에 의한 성능 열화값을 산출하는 단계; 및
- (b2) 산출된 상기 성능 열화값에 기초하여 요구 전송 성능 오율 값과 요구 열화도에 대한 요구 위상잡음 신호대 잡음비를 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 전송 신호에 대한 위상 잡음에 의한 성능 열화값은,

평균이 0(zero)이고, 표준편차를 갖는 가우시안(Gaussian) 분포가 적용된 위상변화량에 따른 위상잡음 모델을 이용하여 산출되고,

위상오차 분산(radian)은 요구 위상잡음 신호의 신호대 잡음비와 역수 관계($1/SNR$)이며,

위상잡음에 대한 평균 오율 함수는 위상잡음에 대한 조건 오율 함수 및 위상잡음 확률분포 함수로부터 유도되는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

- (c1) 입력된 수신 신호로부터 반송과 신호를 복원하는 단계;
- (c2) 복원된 상기 반송과 신호에서 배경잡음 및 위상잡음에 의한 영향을 평가함으로써, 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산을 산출하는 단계;
- (c3) 산출된 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산으로부터 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 산출하는 단계; 및
- (c4) 산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 이용하여 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생

수단에서 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 (c2) 단계에서 상기 배경잡음에 의한 위상에러 분산은, 반송파 복원회로에서의 체배 손실 및 잡음 대역폭에 비례하고, 입력 신호의 신호대 잡음비 및 채널 대역폭에 반비례하며,

상기 (c2) 단계에서 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산은, 위상 잡음과 반송파 복원회로의 고이득 2차 루프회로의 전달함수를 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 (c2) 단계의 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산은 각각 다중(M-ary) APSK 변조 방식의 다중 값에 비례하며,

상기 (d) 단계의 위상잡음 스펙트럼 분포는 APSK 고차 변조 방식에 따른 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 방법.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 (c3) 단계에서 상기 요구 위상잡음 분산은,

위상잡음에 대한 요구 전송 성능 오율 값과 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비의 역수로부터 상기 배경잡음에 의한 위상에러 분산의 소정 비율을 감산함으로써 산출되는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 방법.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 (c4) 단계는,

산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 분산 값을 각각 할당함으로써 위상잡음 성분들에 대한 계수들을 산출하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 디지털 변조방식은, 진폭 위상 편이 변조(AMPSK, amplitude and phase-shift keying) 방식 또는 위상 편이 변조(PSK, phase shift keying) 방식 중 어느 하나에 따른 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 방법.

청구항 10

디지털 변조 방식에 따른 통신 시스템에서 위상잡음 스펙트럼을 할당하는 장치에 있어서,

위상잡음 스펙트럼의 분포 기준을 산출하기 위해 요구 통신 서비스의 위상잡음에 대한 요구 성능과 구현하고자 하는 통신 시스템의 설계 파라미터를 입력받는 설정 인터페이스부;

적어도 하나의 처리기(processor)를 구비하고, 상기 설정 인터페이스부를 통해 입력된 상기 설계 파라미터에 기초하여 디지털 전송 채널의 열화 요소인 위상에러 분산을 산출하며, 디지털 전송 송수신 시스템과 신호 발생 수단의 요구 위상잡음 스펙트럼 분포를 생성하는 연산부; 및

생성된 상기 요구 위상잡음 스펙트럼 분포를 출력하는 출력부;를 포함하되,

상기 연산부는,

입력된 상기 설계 파라미터에 따라 전송 신호에 대한 위상잡음에 의한 성능 열화를 평가함으로써 요구 전송 오율 값과 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 산출하고,

수신 회로에서의 반송파 복원을 위한 반송파 복원 회로에서의 위상잡음 영향을 평가하고, 상기 요구 전송 오율 값과 상기 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 이용하여 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출하며,

산출된 상기 수신 신호에 미치는 위상에러분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 대한 위상잡음 스펙트럼 분포를 획득하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 연산부는,

입력된 상기 설계 파라미터를 기준으로 전송 신호에 대한 위상 잡음에 의한 성능 열화값을 산출하고,

산출된 상기 성능 열화값에 기초하여 요구 전송 성능 오율 값과 요구 열화도에 대한 요구 위상잡음 신호대 잡음비를 산출하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 전송 신호에 대한 위상 잡음에 의한 성능 열화값은,

평균이 0(zero)이고, 표준편차를 갖는 가우시안(Gaussian) 분포가 적용된 위상변화량에 따른 위상잡음 모델을 이용하여 산출되고,

위상오차 분산(radian)은 요구 위상잡음 신호의 신호대 잡음비와 역수 관계($1/SNR$)이며,

위상잡음에 대한 평균 오율 함수는 위상잡음에 대한 조건 오율 함수 및 위상잡음 확률분포 함수로부터 유도되는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 장치.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 연산부는,

수신 신호 체배 회로 분석 수단을 이용하여 입력된 수신 신호로부터 반송파 신호를 복원하고,

배경잡음에 대한 위상잡음 영향도 분석 수단 및 위상잡음에 대한 위상동기회로 영향 분석 수단을 이용하여 복원된 상기 반송파 신호에서 각각 배경잡음 및 위상잡음에 의한 영향을 평가함으로써, 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산을 산출하고,

산출된 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산으로부터 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 산출하며,

산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 이용하여 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 배경잡음에 의한 위상에러 분산은, 반송파 복원회로에서의 체배 손실 및 잡음 대역폭에 비례하고, 입력 신호의 신호대 잡음비 및 채널 대역폭에 반비례하며,

상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산은, 위상 잡음과 반송파 복원회로의 고이득 2차 루프 회로의 전달함수를 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 장치.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산은 각각 다중(M-ary) APSK 변조 방식의 다중 값에 비례하며,

상기 위상잡음 스펙트럼 분포는 APSK 고차 변조 방식에 따른 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 장치.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 요구 위상잡음 분산은,

위상잡음에 대한 요구 전송 성능 오율 값과 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비의 역수로부터 상기 배경잡음에 의한 위상에러 분산의 소정 비율을 감산함으로써 산출되는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 장치.

청구항 17

제 13 항에 있어서,

상기 연산부는,

산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에서 분산 값을 각각 할당함으로써 위상잡음 성분들에 대한 계수들을 산출하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 장치.

청구항 18

제 10 항에 있어서,

상기 디지털 변조방식은, 진폭 위상 편이 변조(ASK, amplitude and phase-shift keying) 방식 또는 위상 편이 변조(PSK, phase shift keying) 방식 중 어느 하나에 따른 것을 특징으로 하는 위상잡음 스펙트럼 할당 장치.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 디지털 통신 시스템에서 위상잡음 스펙트럼을 할당하는 기술에 관한 것으로서, 특히 APSK 또는 PSK 디지털 변조 방식을 사용하는 통신 채널에서 발생하는 위상잡음에 의한 통신 불능 요소를 해소하고 열화 성능을 해결하기 위해 요구 위상잡음 스펙트럼 분포를 설계하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 디지털 변조에서는 반송파의 위상(Phase), 진폭(Amplitude), 및 주파수(Frequency) 중 어느 하나 또는 이들의 조합을 0과 1 또는 다치 레벨의 디지털 데이터로 변화시킴으로써 신호를 전송한다. 이러한 디지털 변조 기법 중, 위상 변화에 부호를 대응시켜서 신호를 전송하는 방식을 위상 편이 변조(PSK, Phase Shift Keying)라 하며, 디지털 심볼 신호 값에 따라 반송파 진폭을 달리 대응/편이시키는 대역 통과 변조 방식을 진폭 편이 변조(ASK, Amplitude Shift Keying)라고 한다. 그리고, ASK(진폭편이변조)와 PSK(위상편이변조)를 조합하여 반송파의 진폭과 위상을 서로 다르게 함으로써 데이터를 구분하는 방식을 진폭 위상 편이 변조(APSK, Amplitude Phase Shift Keying)라고 한다.

[0003] 한편, 일정 주파수를 갖는 신호를 발생하는 신호원에서 나타나는 임의의 위상과 진폭 특성을 갖는 잡음을 위상 잡음이라고 하며, 디지털 변조 신호의 전송 신호의 성능 열화를 발생시키거나 수신되는 신호의 복원을 방해하는 원인으로 지목되고 있다.

[0004] 위상잡음이 높으면 신호 전력을 증가하여도 일정 오율을 갖는 수신 신호 복원이 어려워 통신 불능 현상이 나타나며, 반면 위상잡음이 낮으면 이를 구현하기 위한 회로의 복잡성과 고가의 부품사용으로 경제적으로 불리한 회로 구현이 될 수 있다. 따라서 요구 통신 서비스나 통신 시스템에 적합한 위상잡음을 갖는 시스템 설계가 중요

하다.

[0005] 이하에서 제시되는 선행기술문헌은 디지털 변조를 이용한 통신 시스템에서 위상 잡음과 오율 특성에 관한 연구 성과들을 소개하고 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0006] (비특허문헌 0001) 디지털 위성통신시스템에서 위상 잡음으로 인한 성능 손실 예측, 김영완, 박동철, 한국전자과학회논문지 13(7) 679-686 1226-3133 KCI, 한국전자과학회, 2002년

(비특허문헌 0002) 디지털 변조방식의 오율특성에 관한 연구 : ASK, FSK, PSK, 김성철, 목포해양대학교, 2003년

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 실시예들이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 디지털 변조 방식을 사용하는 디지털 통신 서비스나 통신 시스템에서 위상잡음에 대한 성능 열화로 인한 통신 불능 상태가 나타나는 문제점을 해소하고, 요구 서비스나 통신시스템에 적합한 위상잡음 스펙트럼 분포 기준을 제공하지 못함으로 인해 기준보다 높은 위상잡음을 갖는 경우에 통신시스템의 전송 성능 열화로 인하여 발생하는 수신 데이터의 높은 오율 특성이 나타나는 문제점을 방지하며, 기준보다 낮은 위상잡음을 갖는 경우에 통신시스템의 설계 및 제작의 어려움이 발생하는 한계를 극복하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 디지털 변조 방식에 따른 통신 시스템에서 위상잡음 스펙트럼을 할당하는 방법은, (a) 위상잡음 스펙트럼의 분포 기준을 산출하기 위해 요구 통신 서비스의 위상잡음에 대한 요구 성과와 구현하고자 하는 통신 시스템의 설계 파라미터를 입력받는 단계; (b) 입력된 상기 설계 파라미터에 따라 전송 신호에 대한 위상잡음에 의한 성능 열화를 평가함으로써 요구 전송 오율 값과 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 산출하는 단계; (c) 수신 회로에서의 반송파 복원을 위한 반송파 복원 회로에서의 위상잡음 영향을 평가하고, 상기 요구 전송 오율 값과 상기 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 이용하여 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출하는 단계; 및 (d) 산출된 상기 수신 신호에 미치는 위상에러분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 대한 위상잡음 스펙트럼 분포를 획득하는 단계;를 포함한다.

[0009] 일 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에서, 상기 (b) 단계는, (b1) 입력된 상기 설계 파라미터를 기준으로 전송 신호에 대한 위상 잡음에 의한 성능 열화값을 산출하는 단계; 및 (b2) 산출된 상기 성능 열화값에 기초하여 요구 전송 성능 오율 값과 요구 열화도에 대한 요구 위상잡음 신호대 잡음비를 산출하는 단계;를 포함할 수 있다. 또한, 상기 전송 신호에 대한 위상 잡음에 의한 성능 열화값은, 평균이 0(zero)이고, 표준편차를 갖는 가우시안(Gaussian) 분포가 적용된 위상변화량에 따른 위상잡음 모델을 이용하여 산출되고, 위상오차 분산(radian)은 요구 위상잡음 신호의 신호대 잡음비와 역수 관계(1/SNR)이며, 위상잡음에 대한 평균 오율 함수는 위상잡음에 대한 조건 오율 함수 및 위상잡음 확률분포 함수로부터 유도될 수 있다.

[0010] 일 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에서, 상기 (c) 단계는, (c1) 입력된 수신 신호로부터 반송파 신호를 복원하는 단계; (c2) 복원된 상기 반송파 신호에서 배경잡음 및 위상잡음에 의한 영향을 평가함으로써, 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산을 산출하는 단계; (c3) 산출된 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산으로부터 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 산출하는 단계; 및 (c4) 산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 이용하여 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 일 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 방법의 상기 (c2) 단계에서 상기 배경잡음에 의한 위상에러 분산은, 반송파 복원회로에서의 체배 손실 및 잡음 대역폭에 비례하고, 입력 신호의 신호대 잡음비 및 채널 대역

폭에 반비례하며, 상기 (c2) 단계에서 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산은, 위상 잡음과 반송파 복원회로의 고이득 2차 루프 회로의 전달함수를 이용하여 산출될 수 있다.

[0012] 일 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에서, 상기 (c2) 단계의 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산은 각각 다중(M-ary) APSK 변조 방식의 다중 값에 비례하며, 상기 (d) 단계의 위상잡음 스펙트럼 분포는 APSK 고차 변조 방식에 따를 수 있다.

[0013] 일 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에서, 상기 (c3) 단계에서 상기 요구 위상잡음 분산은, 위상잡음에 대한 요구 전송 성능 오율 값과 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비의 역수로부터 상기 배경잡음에 의한 위상에러 분산의 소정 비율을 감산함으로써 산출될 수 있다.

[0014] 일 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에서, 상기 (c4) 단계는, 산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 분산 값을 각각 할당함으로써 위상잡음 성분들에 대한 계수들을 산출할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에서, 상기 디지털 변조방식은, 진폭 위상 편이 변조(APSK, amplitude and phase-shift keying) 방식 또는 위상 편이 변조(PSK, phase shift keying) 방식 중 어느 하나에 따를 수 있다.

[0016] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 디지털 변조 방식에 따른 통신 시스템에서 위상잡음 스펙트럼을 할당하는 장치는, 위상잡음 스펙트럼의 분포 기준을 산출하기 위해 요구 통신 서비스의 위상잡음에 대한 요구 성능과 구현하고자 하는 통신 시스템의 설계 파라미터를 입력받는 설정 인터페이스부; 적어도 하나의 처리기(processor)를 구비하고, 상기 설정 인터페이스부를 통해 입력된 상기 설계 파라미터에 기초하여 디지털 전송 채널의 열화 요소인 위상에러 분산을 산출하며, 디지털 전송 송수신 시스템과 신호 발생 수단의 요구 위상잡음 스펙트럼 분포를 생성하는 연산부; 및 생성된 상기 요구 위상잡음 스펙트럼 분포를 출력하는 출력부;를 포함하되, 상기 연산부는, 입력된 상기 설계 파라미터에 따라 전송 신호에 대한 위상잡음에 의한 성능 열화를 평가함으로써 요구 전송 오율 값과 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 산출하고, 수신 회로에서의 반송파 복원을 위한 반송파 복원 회로에서의 위상잡음 영향을 평가하고, 상기 요구 전송 오율 값과 상기 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 이용하여 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출하며, 산출된 상기 수신 신호에 미치는 위상에러분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 대한 위상잡음 스펙트럼 분포를 획득한다.

[0017] 다른 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 장치에서, 상기 연산부는, 입력된 상기 설계 파라미터를 기준으로 전송 신호에 대한 위상 잡음에 의한 성능 열화값을 산출하고, 산출된 상기 성능 열화값에 기초하여 요구 전송 성능 오율 값과 요구 열화도에 대한 요구 위상잡음 신호대 잡음비를 산출할 수 있다. 또한, 상기 전송 신호에 대한 위상 잡음에 의한 성능 열화값은, 평균이 0(zero)이고, 표준편차를 갖는 가우시안(Gaussian) 분포가 적용된 위상변화량에 따른 위상잡음 모델을 이용하여 산출되고, 위상오차 분산(radian)은 요구 위상잡음 신호의 신호대 잡음비와 역수 관계($1/SNR$)이며, 위상잡음에 대한 평균 오율 함수는 위상잡음에 대한 조건 오율 함수 및 위상잡음 확률분포 함수로부터 유도될 수 있다.

[0018] 다른 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 장치에서, 상기 연산부는, 수신 신호 체배 회로 분석 수단을 이용하여 입력된 수신 신호로부터 반송파 신호를 복원하고, 배경잡음에 대한 위상잡음 영향도 분석 수단 및 위상잡음에 대한 위상동기회로 영향 분석 수단을 이용하여 복원된 상기 반송파 신호에서 각각 배경잡음 및 위상잡음에 의한 영향을 평가함으로써, 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산을 산출하고, 산출된 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산으로부터 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 산출하며, 산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 이용하여 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에서 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출할 수 있다.

[0019] 또한, 다른 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 장치에서, 상기 배경잡음에 의한 위상에러 분산은, 반송파 복원회로에서의 체배 손실 및 잡음 대역폭에 비례하고, 입력 신호의 신호대 잡음비 및 채널 대역폭에 반비례하며, 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산은, 위상 잡음과 반송파 복원회로의 고이득 2차 루프 회로의 전달함수를 이용하여 산출될 수 있다.

[0020] 다른 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 장치에서, 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산은 각각 다중(M-ary) APSK 변조 방식의 다중 값에 비례하며, 상기 위상잡음 스펙트럼 분포는 APSK 고차 변조 방식에 따를 수 있다.

- [0021] 다른 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 장치에서, 상기 요구 위상잡음 분산은, 위상잡음에 대한 요구 전송 성능 오율 값과 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비의 역수로부터 상기 배경잡음에 의한 위상에러 분산의 소정 비율을 감소함으로써 산출될 수 있다.
- [0022] 다른 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 장치에서, 상기 연산부는, 산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 분산 값을 각각 할당함으로써 위상잡음 성분들에 대한 계수들을 산출할 수 있다.
- [0023] 다른 실시예에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 장치에서, 상기 디지털 변조방식은, 진폭 위상 편이 변조(AMPSK, amplitude and phase-shift keying) 방식 또는 위상 편이 변조(PSK, phase shift keying) 방식 중 어느 하나에 따를 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명의 실시예들은, 디지털 변조 방식을 사용하는 통신 시스템 및 통신 서비스에 적합한 위상잡음 특성을 설계하고, 통신 시스템 회로 설계 및 제작을 위한 설계 기준으로 제공함으로써, 통신 채널에서 발생하는 위상잡음에 의한 전송 성능 열화를 사전 설계하여 성능 열화로 인한 통신 단절과 높은 오율이 발생하는 현상을 해소하고, 낮은 위상잡음을 갖는 통신시스템의 설계에 따른 회로 설계 및 제작의 어려움과 위상잡음이 낮은 고가의 부품을 사용함으로써 발생할 수 있는 경제적 손실을 완화할 수 있는 최적화된 통신 시스템을 구축할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 실시예들이 다루는 위상잡음의 특성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 위상잡음에 의한 16APSK 전송 신호의 성능 열화를 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 디지털 변조방식을 사용하는 통신 시스템에서 위상잡음 스펙트럼을 할당하는 방법을 도시한 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 3의 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에서 요구 전송 오율 값과 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 산출하는 과정을 보다 구체적으로 도시한 흐름도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 3의 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에서 수신 회로에서의 위상잡음 영향을 평가하고 위상에러분산을 산출하는 과정을 보다 구체적으로 도시한 흐름도이다.
- 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 디지털 변조방식을 사용하는 통신 시스템에서 위상잡음 스펙트럼을 할당하는 장치를 도시한 블록이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 APSK 위상잡음 스펙트럼 분포 설계를 위한 사용자 인터페이스(GUI)의 일례를 도시한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에 따라 획득된 APSK 위상잡음 스펙트럼 분포 설계의 일례이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하에서는, 도면을 참조하여 위상잡음의 특성에 따른 문제점을 약술한 후, 상기된 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시예들을 구체적으로 설명한다. 다만, 하기의 설명 및 첨부된 도면에서 본 발명의 요지를 흐릴 수 있는 공지 기능 또는 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 또한, 도면 전체에 걸쳐 동일한 구성 요소들은 가능한 한 동일한 명칭 및 도면 부호로 나타내고 있음에 유의하여야 한다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 실시예들이 다루는 위상잡음의 특성을 설명하기 위한 도면으로서, 원하는 신호의 전력(101)대 옅셋 주파수의 위상잡음 전력(102)비로서 위상잡음을 표현하였으며, 위상잡음 전력은 1 Hz 당 전력비(dBc/Hz)로 나타내고 있다. 다시 말해, 위상잡음은 원하는 주파수를 갖는 신호의 측대파로 나타나고 있으며, 원하는 신호의 전력과 원하는 주파수로부터의 옅셋 주파수의 1 Hz 당 신호대 전력비로 표시하였다.
- [0028] 앞서 설명한 바와 같이, 위상잡음은 디지털 변조 신호의 전송 신호의 성능 열화를 발생시키는데, 위상잡음에 의한 16APSK 전송 신호의 성능 열화를 나타내는 도 2를 참조하자.

- [0029] 도 2에서, 신호 정상도의 내부 링(inner ring)의 성좌도와 외부 링(outer ring)의 성좌도 크기 비율(G)이 3.15인 경우, 위상잡음에 의한 영향을 나타내고 있다. 위상잡음이 없는 경우(201), 일정한 오율 특성을 나타내고 있으나, 위상잡음이 증가할수록(202) 전송 오율이 증가하여 전송 성능의 열화가 나타난다. 위상잡음이 높은 시스템 및 서비스(203)에서는 전송 신호의 전력을 증가하여도 요구하는 오율 특성을 얻을 수 없는 수신 신호 복원 불능 상태가 되어 통신이 가능하지 않은 상태로 된다.
- [0030] 즉, 위상잡음이 높을 경우 도 2와 같이 수신되는 신호의 복원이 어려워 수신이 불가능하게 된다. 채널 열화 요소인 군지연(Group delay)이나 진폭 비선형으로 인한 왜곡(Amplitude distortion) 현상은 보정 및 신호 처리단계에서 보상이 가능하나, 위상잡음에 의한 전송 성능 열화 특성은 보정이 불가능하여 시스템 특성에 적합한 위상잡음 특성을 갖도록 설계하여야 한다. 위상잡음이 높으면 도 2와 같이 신호 전력을 증가하여도 일정 오율을 갖는 수신 신호 복원이 어려워 통신 불능 현상이 나타날 수 있다.
- [0031] 반면, 위상잡음이 낮으면 이를 구현하기 위한 회로의 복잡성과 고가의 부품사용으로 경제적으로 불리한 회로 구현이 될 수 있다. 따라서 요구 통신 서비스나 통신 시스템에 적합한 위상잡음을 갖는 시스템 설계가 중요하다.
- [0032] 이러한 위상잡음에 대한 연구는 Tadao Nakagawa(2000)와 V. Syrjala(2014) 등에 의한 전송모드에 대한 위상잡음 영향 분석, S. Hussain(1993)와 Wei Zhu(2013) 등에 의한 위상잡음 영향을 최소화하기 위한 시스템 설계 기술, 그리고 Alper Demir(2000)와 M. Pardo(2012) 등의 발진기 구조에 따른 위상잡음 발생 모델 등 중요한 3개 부문에서 다양하게 발표되고 있다. 그리고 요구 통신 서비스나 통신 시스템에 적합한 위상잡음을 갖기 위한 위상잡음위상잡음 스펙트럼 분포에 대한 연구로는 다음과 같이 이루어지고 있다
- [0033] Chester J. Wolejsza(1976)에 의해 요구 서비스에 대한 위상 에러 분산을 구하고 위성체의 위상 잡음을 연구하였으나, 위성체가 가질 수 있는 위상 에러 분산값만 고려하였다. Robert P. Gilmore(1991)는 위상 잡음과 배경잡음 영향을 고려하여 신호 발진기의 위상 잡음 스펙트럼 분포의 누적 잡음 전력을 구하여 전송 방식에 따른 요구 위상 에러 분산을 산출하는 연구를 수행하여 각 전송 방식에 대한 위상 에러 분산값만을 분석하였다. Emmanuel Ngompe(1999)는 이동통신 분야에서 인접 채널의 블로커(blocker) 신호에 의한 상호 혼합(reciprocal mixing) 현상과 수신 감도를 해석하여 디지털 이동통신 시스템의 요구 위상 잡음 스펙트럼 분포를 제시하였다. 그리고 Ali Hazmi(2001) 등은 OFDM 변조 방식을 사용하는 지상 케이블 방송 시스템의 요구 위상 잡음 특성을 모의 실험을 통하여 설정하는 방법을 제시하였다. 또한 저속 데이터를 갖는 위성전송시스템을 위한 위상잡음 스펙트럼 분포(IESS-308/309, 2000)를 제시하고 있으며, 위상잡음에 대한 열화 특성이 중요하게 고려되는 APSK 전송모드를 갖는 DVB-S2 표준(2006)에서는 상용 부품이나 시스템의 위상잡음 특성을 고려하여 위상잡음 스펙트럼 분포 특성을 제시하고 있다. 그리고 Y.W. Kim(2003)에 의해 BPSK, QPSK에 대한 위상잡음 스펙트럼 분포가 제시되고 있다. 이러한 연구는 위상잡음 스펙트럼 분포 설계에 대한 절차적인 방법보다는 특정 위상잡음 특성과 특정 서비스에 대한 위상에러 분산과 스펙트럼을 나타낸 것으로, APSK고차 모드의 임의의 요구 서비스와 시스템에 대한 위상잡음 특성과 스펙트럼 분포를 설계할 수 있는 방법 제시가 중요하다.
- [0034] 따라서, 이하에서 제시되는 본 발명의 실시예들은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, APSK 디지털 변조 방식을 사용하는 디지털 통신 서비스나 통신 시스템에 적합한 위상잡음 스펙트럼 분포를 설계하고, 통신 시스템 송수신기의 신호 발생 수단의 위상잡음 설계 기준으로 적용하여 위상잡음에 대한 성능 열화로 인한 통신 불능 상태를 해소하고 성능 열화를 최소화하기 위한 APSK 변조방식을 사용하는 통신시스템의 위상잡음 스펙트럼 분포를 설계하는 방법을 제공하고자 한다.
- [0035] 이와 더불어 요구 서비스나 통신시스템에 적합한 위상잡음 스펙트럼 분포 기준을 제공함으로써, 기준보다 높은 위상잡음을 갖는 경우에 통신시스템의 전송 성능 열화로 인하여 발생하는 수신 데이터의 높은 오율 특성을 방지하고, 기준보다 낮은 위상잡음을 갖는 경우에 통신시스템의 설계 및 제작의 어려움이 발생하는 것을 해소하고 경제적인 회로 구현이 가능하게 하는 위상잡음 설계 기준을 제공하고자 한다.
- [0036] 이하에서 제시되는 본 발명의 실시예들은 APSK 디지털 변조방식을 사용하는 디지털 통신시스템의 위상잡음 스펙트럼 할당 방법을 중심으로 각각의 실시예들을 기술하였으나, 본 발명의 실시예들이 채택하고 있는 기술적 사항이 동일하게 유지되는 한도 내에서 이하에 예시된 진폭 위상 편이 변조(AM-PSK, amplitude and phase-shift keying) 방식 이외에 위상 편이 변조(PSK, phase shift keying) 방식이 활용/적용될 수 있음을 미리 밝혀둔다.
- [0037] 위상잡음은 임의의 진폭과 위상을 갖는 잡음으로, 원하는 주파수를 갖는 신호의 측대파로 나타나고 있으며, 위상편이 방식을 사용하는 디지털 전송 신호의 성능 열화를 발생시킨다. 위상잡음이 높은 통신시스템 및 서비스에

서는 위상잡음으로 인하여 수신되는 신호의 복원이 어려워 수신이 가능하지 않게 된다. 채널 열화 요소인 군 지연(Group delay)이나 진폭 비선형으로 인한 왜곡(Amplitude distortion) 현상은 보정 및 신호 처리단계에서 보상이 가능하나, 위상잡음에 의한 전송 성능 열화 특성은 보정이 불가능하여 시스템 특성에 적합한 위상잡음 특성을 갖도록 설계하여야 한다.

[0038] 위상잡음이 높은 시스템에서 위상잡음의 성능 열화를 보상하기 위하여 신호 전력을 증가하여도 일정 오율을 갖는 수신 신호 복원이 어려워 통신 불능 현상이 나타난다. 위상잡음이 낮은 통신시스템인 경우, 낮은 위상잡음을 갖는 시스템을 구현하기 위해서는 구현 회로가 복잡해지고 고가의 부품사용으로 경제적으로 불리한 회로 구현이 될 수 있다, 따라서 요구 통신 서비스나 통신 시스템에 적합한 위상잡음 특성을 갖는 시스템 설계가 중요하며, 이를 위한 위상잡음 스펙트럼 분포가 제시되어 설계 및 구현의 기준으로 활용되어야 한다.

[0039] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 디지털 변조방식을 사용하는 통신 시스템에서 위상잡음 스펙트럼을 할당하는 방법을 도시한 흐름도로서, 다음과 같은 단계들을 포함한다.

[0040] S310 단계에서는, 위상잡음 스펙트럼의 분포 기준을 산출하기 위해 요구 통신 서비스의 위상잡음에 대한 전송 오율 특성(Bit Error rate) 기준 성능열화 특성을 나타내는 요구 성능과 구현하고자 하는 통신 시스템의 설계 파라미터를 입력받는다. 일 예로 서비스 전송 목표를 10^{-3} 전송 오율로 기준할 경우, 위상잡음 특성에 따라 성능 열화가 변하므로 위상잡음에 의한 성능 열화를 0.1 dB 또는 0.2 dB로 기준하여 위상잡음 스펙트럼을 설계할 수 있는 위상잡음에 대한 요구 성능이 입력 파라미터로 설정되어야 한다. 또한 위상잡음은 서비스 및 시스템 회로 설계 파라미터에 따라 다르므로 전송 데이터 율, 변조 방식, 잡음 대역폭, 동기회로의 감쇠정수 등과 같은 설계 파라미터를 설정하여야 한다.

[0041] 이를 위해 S310 단계에서는 위상잡음 스펙트럼 분포를 도출하기 위해 마련된 설정 인터페이스가 활용될 수 있으며, 이를 통해 요구 사항을 정형화된 형태의 디지털 정보로서 입력받을 수 있다. 즉, 설정 인터페이스를 통해 요구 통신 서비스의 위상잡음에 대한 요구 성능을 설정하고 구현되는 통신 시스템의 설계 파라미터를 설정하여 APSK 위상잡음 스펙트럼 분포 설계를 위한 파라미터를 출력할 수 있다.

[0042] S320 단계에서는, 앞서 S310 단계를 통해 입력된 상기 설계 파라미터에 따라 전송 신호에 대한 위상잡음에 의한 성능 열화를 평가함으로써 요구 전송 오율 값과 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 산출한다. 이를 위해 S320 단계는 앞서 입력된 설계 파라미터를 기준으로 APSK 전송 신호에 대한 위상잡음에 의한 성능 열화를 분석하는 일련의 과정을 포함할 수 있으며, 보다 구체적인 연산 과정은 이후 도 4를 통해 기술하도록 한다.

[0043] S330 단계에서는, 수신 회로에서의 반송과 복원을 위한 반송과 복원 회로에서의 위상잡음 영향을 평가하고, S320 단계를 통해 산출된 상기 요구 전송 오율 값과 상기 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 이용하여 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출한다. 이를 위해 S330 단계는, 수신 반송과 신호를 복원하기 위한 수신 신호 체배 회로 분석 수단과 배경잡음 및 위상잡음의 영향도를 분석하는 일련의 기술적 수단을 포함할 수 있으며, 보다 구체적인 연산 과정은 이후 도 5를 통해 기술하도록 한다.

[0044] S340 단계에서는, S330 단계를 통해 산출된 상기 수신 신호에 미치는 위상에러분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 대한 위상잡음 스펙트럼 분포를 획득한다. 이를 위해 S340 단계는, 앞서 입력된 수신 신호에 미치는 위상에러분산에 대한 통신시스템의 송수신기 및 신호발생부의 위상에러 분산을 할당하고 위상잡음 성분들에 대한 계수를 산출하여 요구 위상잡음 스펙트럼 분포를 설계한다.

[0045] 이제, 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 3의 방법에서 특히 S320 단계 및 S330 단계를 중심으로, APSK 디지털 변조방식을 사용하는 디지털 통신시스템의 위상잡음 스펙트럼 할당 방법을 보다 구체적으로 설명하도록 한다.

[0046] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 3의 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에서 요구 전송 오율 값과 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 산출하는 과정(S320)을 보다 구체적으로 도시한 흐름도이다.

[0047] S321 단계에서는, 우선 입력된 상기 설계 파라미터를 기준으로 전송 신호에 대한 위상 잡음에 의한 성능 열화값을 산출한다.

[0048] 16APSK의 경우 DVB-S2 표준에서 사용되는 심볼 매핑률을 적용하며, 내부 링(inner ring)의 성좌도와 외부 링(outer ring)의 성좌도 크기 비율은 2.85, 2.75, 2.60, 2.57, 3.15을 적용한다. 32APSK의 경우도 DVB-S2 표준에서 사용되는 심볼 매핑률을 적용하였으며, γ_1 과 γ_2 는 각각 2.72, 2.64, 2.54, 2.53, 2.84 그리고 4.87, 4.64, 4.33, 4.30, 5.27로 적용할 수 있다.

[0049] 채널환경은 AWGN 채널을 기본으로 위상잡음을 갖는 채널로 구현하며, 위상잡음 모델은 다음의 수학적 식 1과 같이 평균이 0(zero)이고, 위상변화량은 표준 편차를 갖는 가우시안(Gaussian) 분포를 적용한다. 여기서, 위상오차 분산(radian)은 요구 위상잡음 신호의 신호대 잡음비의 역수 관계(1/SNR)를 갖는다.

수학적 식 1

$$P_M = \int_{-\pi}^{\pi} P_m(\phi)P(\Phi)d\phi, \quad P(\Phi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\epsilon}} e^{-\frac{\phi^2}{2\sigma_\epsilon^2}}$$

[0050]

[0051] 여기서, P_M , $P_m(\phi)$ 는 위상잡음에 대한 평균 오율 함수 및 조건 오율 함수이며, $P(\Phi)$ 는 위상잡음 확률분포 함수이다.

[0052] 수학적 식 1로부터 APSK 전송 신호의 위상잡음에 의한 성능 열화값을 출력한다. 즉, 상기 전송 신호에 대한 위상잡음에 의한 성능 열화값은, 평균이 0(zero)이고, 표준편차를 갖는 가우시안(Gaussian) 분포가 적용된 위상변화량에 따른 위상잡음 모델을 이용하여 산출되고, 위상오차 분산(radian)은 요구 위상잡음 신호의 신호대 잡음비와 역수 관계(1/SNR)이며, 위상잡음에 대한 평균 오율 함수는 위상잡음에 대한 조건 오율 함수 및 위상잡음 확률분포 함수로부터 유도될 수 있다.

[0053] 그런 다음, S322 단계에서 S321 단계를 통해 산출된 APSK 전송 신호의 위상잡음에 의한 상기 성능 열화값에 기초하여 요구 전송 성능 오율 값과 요구 열화도에 대한 요구 위상잡음 신호대 잡음비를 산출한다.

[0054] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 3의 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에서 수신 회로에서의 위상잡음 영향을 평가하고 위상에러분산을 산출하는 과정(S2330)을 보다 구체적으로 도시한 흐름도이다.

[0055] S331 단계에서는, 입력된 수신 신호로부터 반송파 신호를 복원하는데, 위상잡음과 배경잡음을 갖는 수신 신호가 입력될 경우, 수신 신호로부터 반송파 신호를 복원한다.

[0056] S332 단계에서는, S331 단계를 통해 복원된 상기 반송파 신호에서 배경잡음 및 위상잡음에 의한 영향을 평가함으로써, 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산을 산출한다.

[0057] 반송파 복원회로에서의 위상에러 분산은 다음의 수학적 식 2와 같이 배경잡음과 위상잡음에 의한 위상에러 분산으로부터 산출한다.

수학적 식 2

$$\sigma_{carrier\ recovery\ circuit}^2 = \sigma_{white\ noise}^2 + \sigma_{phase\ noise}^2$$

$$\sigma_{white\ noise}^2 = \frac{2 * Loss * M^2 * B_L}{SNR_{input} * B_{channel}}$$

$$\sigma_{phase\ noise}^2 = 2 * M^2 \int_0^{B_{channel}/2} L_{phase\ noise}(f) * |1 - H(f)|^2 df$$

[0058]

[0059] 여기서, $L_{phase\ noise}$, M 은 위상잡음과 다중(M-ary) APSK 변조 방식의 다중 값이다. 그리고 $Loss$,

B_L , SNR_{input} , $B_{channel}$ 은 각각 반송파 복원회로에서의 체배 손실과 잡음 대역폭, 입력 신호의 신호대 잡음비, 그리고 채널 대역폭이다. $H(f)$ 는 반송파 복원회로의 고이득 2차 루프 회로의 전달함수이다.

수학식 3

$$H(s) = \frac{2\xi\omega_n s + \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}, \quad \omega_n = \frac{8\xi B_L}{1 + 4\xi^2}$$

[0060]

[0061]

여기서, ξ 는 감쇠 정수로서, 수학식 2와 수학식 3으로부터 수신회로에서의 배경잡음과 위상잡음에 의한 위상 에러 분산 값을 산출하여 출력한다.

[0062]

수학식 2 및 수학식 3을 참조하면, 상기 배경잡음에 의한 위상 에러 분산은 반송파 복원회로에서의 체배 손실 및 잡음 대역폭에 비례하고, 입력 신호의 신호대 잡음비 및 채널 대역폭에 반비례함을 알 수 있으며, 상기 위상잡음에 의한 위상 에러 분산은 위상 잡음과 반송파 복원회로의 고이득 2차 루프 회로의 전달함수를 이용하여 산출될 수 있음을 알 수 있다.

[0063]

또한, 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상 에러 분산은 각각 다중(M-ary) APSK 변조 방식의 다중 값에 비례하므로, 본 발명의 일 실시예에 따른 최종 산출 결과인 위상잡음 스펙트럼 분포는 APSK 고차 변조 방식에 따르는 것임을 알 수 있다.

[0064]

S333 단계에서는, 산출된 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상 에러 분산으로부터 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 산출한다. 즉, 수신회로에서의 배경잡음과 위상잡음에 의한 위상 에러 분산 값으로부터 다음의 수학식 4를 사용하여 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 도출하여 출력한다.

수학식 4

$$\sigma_{required\ phase\ noise}^2 = \sigma_{\varepsilon, carrier}^2 - \frac{\sigma_{white\ noise}^2}{2 * M^2}$$

[0065]

[0066]

여기서, $\sigma_{\varepsilon, carrier}^2$ 는 위상잡음에 대한 요구 전송 성능 오율 값과 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비의 역수이다.

[0067]

즉, 수학식 4를 참조하면, 상기 요구 위상잡음 분산은 위상잡음에 대한 요구 전송 성능 오율 값과 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비의 역수로부터 상기 배경잡음에 의한 위상 에러 분산의 소정 비율을 감산함으로써 산출될 수 있음을 알 수 있다.

[0068]

S334 단계에서는, 산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 이용하여 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에서 수신 신호에 미치는 위상 에러 분산을 산출한다. 이 과정에서는, 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산 값으로부터 통신시스템의 송수신기 및 신호 발생부에 분산 값을 할당하고, 위상잡음 성분들에 각각 할당하여 다음의 수학식 5를 사용하여 위상잡음 계수들을 도출하여 위상잡음 표현 단위(dBc/Hz)로 나타낸다.

수학식 5

$$\sigma_{k_n}^2 = \int_0^{B_{channel}} \frac{K_n}{f^n} * \frac{\left(\frac{2 * \pi * f}{\omega_n}\right)^4}{\left\{1 - \left(\frac{2 * \pi * f}{\omega_n}\right)^2\right\}^2 + 4 * \xi^2 * \left(\frac{2 * \pi * f}{\omega_n}\right)^2} df$$

[0069]

[0070]

즉, 수학식 5를 참조하면, 산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 분산 값을 각각 할당함으로써 위상잡음 성분들에 대한 계수들을 산출할 수 있음을 알 수 있다.

[0071]

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 디지털 변조방식을 사용하는 통신 시스템에서 위상잡음 스펙트럼을 할당하는 장치(60)를 도시한 블록으로서, 도 3의 위상잡음 스펙트럼 할당 방법을 하드웨어 구성을 중심으로 재구성한 도면이다. 따라서, 여기서는 설명의 중복을 피하기 위해 각 구성의 상호작용을 중심으로 위상잡음 스펙트럼 할당 과정을 약술하도록 한다.

[0072]

설정 인터페이스부(61)는, 위상잡음 스펙트럼의 분포 기준을 산출하기 위해 요구 통신 서비스의 위상잡음에 대한 요구 성능과 구현하고자 하는 통신 시스템의 설계 파라미터를 입력받는다.

[0073]

연산부(62)는, 적어도 하나의 처리기(processor)를 구비하고, 상기 설정 인터페이스부를 통해 입력된 상기 설계 파라미터에 기초하여 디지털 전송 채널의 열화 요소인 위상에러 분산을 산출하며, 디지털 전송 송수신 시스템과 신호 발생 수단의 요구 위상잡음 스펙트럼 분포를 생성한다. 보다 구체적으로, 상기 연산부(62)는, 입력된 상기 설계 파라미터에 따라 전송 신호에 대한 위상잡음에 의한 성능 열화를 평가함으로써 요구 전송 오율 값과 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 산출하고, 수신 회로에서의 반송파 복원을 위한 반송파 복원 회로에서의 위상잡음 영향을 평가하고, 상기 요구 전송 오율 값과 상기 요구 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비를 이용하여 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출하며, 산출된 상기 수신 신호에 미치는 위상에러분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 대한 위상잡음 스펙트럼 분포를 획득한다.

[0074]

마지막으로, 출력부(62)는 연산부(62)를 통해 생성된 상기 요구 위상잡음 스펙트럼 분포를 디스플레이 수단(65)으로 출력한다.

[0075]

또한, 연산부(62)는, 설정 인터페이스부(61)를 통해 입력된 상기 설계 파라미터를 기준으로 전송 신호에 대한 위상 잡음에 의한 성능 열화값을 산출하고, 산출된 상기 성능 열화값에 기초하여 요구 전송 성능 오율 값과 요구 열화도에 대한 요구 위상잡음 신호대 잡음비를 산출할 수 있다. 이때, 상기 전송 신호에 대한 위상 잡음에 의한 성능 열화값은, 평균이 0(zero)이고, 표준편차를 갖는 가우시안(Gaussian) 분포가 적용된 위상변화량에 따른 위상잡음 모델을 이용하여 산출되고, 위상오차 분산(radian)은 요구 위상잡음 신호의 신호대 잡음비와 역수 관계(1/SNR)이며, 위상잡음에 대한 평균 오율 함수는 위상잡음에 대한 조건 오율 함수 및 위상잡음 확률분포 함수로부터 유도되는 것이 바람직하다.

[0076]

연산부(62)는, 수신 신호 체배 회로 분석 수단을 이용하여 입력된 수신 신호로부터 반송파 신호를 복원하고, 배경잡음에 대한 위상잡음 영향도 분석 수단 및 위상잡음에 대한 위상동기회로 영향 분석 수단을 이용하여 복원된 상기 반송파 신호에서 각각 배경잡음 및 위상잡음에 의한 영향을 평가함으로써, 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산을 산출하고, 산출된 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산으로부터 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 산출하며, 산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산을 이용하여 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에서 수신 신호에 미치는 위상에러분산을 산출할 수 있다.

[0077]

이 경우, 상기 배경잡음에 의한 위상에러 분산은, 반송파 복원회로에서의 체배 손실 및 잡음 대역폭에 비례하고, 입력 신호의 신호대 잡음비 및 채널 대역폭에 반비례하며, 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산은, 위상 잡음과 반송파 복원회로의 고이득 2차 루프 회로의 전달함수를 이용하여 산출되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 배경잡음 및 상기 위상잡음에 의한 위상에러 분산은 각각 다중(M-ary) APSK 변조 방식의 다중 값에 비례하며, 상기 위상잡음 스펙트럼 분포는 APSK 고차 변조 방식에 따를 수 있음은 앞서 설명한 바와 같다. 나아가, 상

기 요구 위상잡음 분산은, 위상잡음에 대한 요구 전송 성능 오율 값과 열화도에 대한 위상잡음 신호대 잡음비의 역수로부터 상기 배경잡음에 의한 위상잡음 분산의 소정 비율을 감산함으로써 산출될 수 있다.

[0078] 한편, 연산부(62)는, 산출된 상기 위상잡음 할당을 위한 요구 위상잡음 분산으로부터 통신 시스템의 송수신기 및 신호 발생 수단에 분산 값을 각각 할당함으로써 위상잡음 성분들에 대한 계수들을 산출할 수 있다.

[0079] 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 APSK 위상잡음 스펙트럼 분포 설계를 위한 사용자 인터페이스(GUI)의 일례를 도시한 도면이다.

[0080] 사용자 인터페이스를 통하여 위상잡음에 대한 요구 성능과 통신 시스템의 설계 파라미터를 설정하고 입력 파라미터로 입력한다. 위상잡음에 대한 요구 성능은 변조 방식(MOD), 목표 전송 오율 특성(BER), 그리고 위상잡음에 대한 성능 열화(Loss)이며, 통신 시스템 설계 파라미터는 전송 데이터 율(Data), 잡음 대역폭(BW), 동기회로의 감쇠정수(Damp), 롤 오프 율(Roll-off)이다. 또한 통신 시스템의 송신기와 수신기의 위상잡음 특성이 다른 시스템의 위상잡음 설계가 가능하도록 비대칭 통신 시스템의 송신기와 수신기 위상잡음 비율을 설정하고 입력 파라미터로 입력한다. 사용자 인터페이스는 송신기 위상잡음(OSC_T), 수신기 위상잡음(OSC_R), 송신기의 IF단 신호원의 설계된 위상잡음(OSC-1), 송신기 RF 전처리단 신호원의 위상잡음(OSC_2), 수신기 RF 전처리단 신호원의 위상잡음(OSC_3), 수신기 IF단 신호원의 위상잡음(OSC_4)를 출력하는 인터페이스를 갖는다.

[0081] 도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 위상잡음 스펙트럼 할당 방법에 따라 획득된 APSK 위상잡음 스펙트럼 분포 설계의 일례로서, 도 7의 사용자 인터페이스로부터 입력된 위상잡음에 대한 요구 성능과 통신 시스템의 설계 파라미터를 입력하여 앞서 기술한 위상잡음 관련 수학적식들로부터 위상잡음 성분들의 계수를 구하여 옙셋 주파수에 대한 위상잡음 전력을 표현하였다. 위상잡음 전력은 y축에 1 Hz 당 전력비(dBc/Hz)로 나타내었으며, 옙셋 주파수는 x축에 10 Hz에서 1000 kHz까지 대수 눈금(Log Scale)으로 표현하였다. 또한 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz, 1000 kHz 옙셋 주파수에 대한 위상잡음값을 수치로 표시하였다.

[0082] 상기된 본 발명의 실시예들에 따르면, 디지털 변조 방식을 사용하는 통신 시스템 및 통신 서비스에 적합한 위상잡음 특성을 설계하고, 통신 시스템 회로 설계 및 제작을 위한 설계 기준으로 제공함으로써, 통신 채널에서 발생하는 위상잡음에 의한 전송 성능 열화를 사전 설계하여 성능 열화로 인한 통신 단절과 높은 오율이 발생하는 현상을 해소하고, 낮은 위상잡음을 갖는 통신시스템의 설계에 따른 회로 설계 및 제작의 어려움과 위상잡음이 낮은 고가의 부품을 사용함으로써 발생할 수 있는 경제적 손실을 완화할 수 있는 최적화된 통신 시스템을 구축할 수 있다.

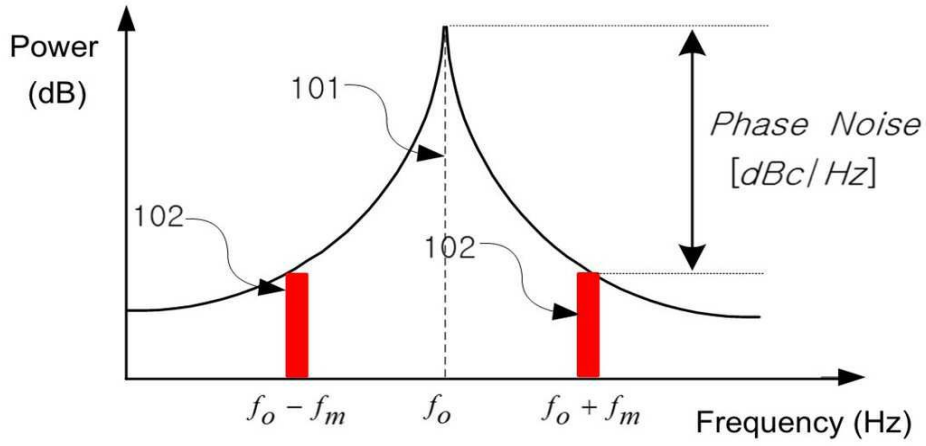
[0083] 이상에서 본 발명에 대하여 그 다양한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명에 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

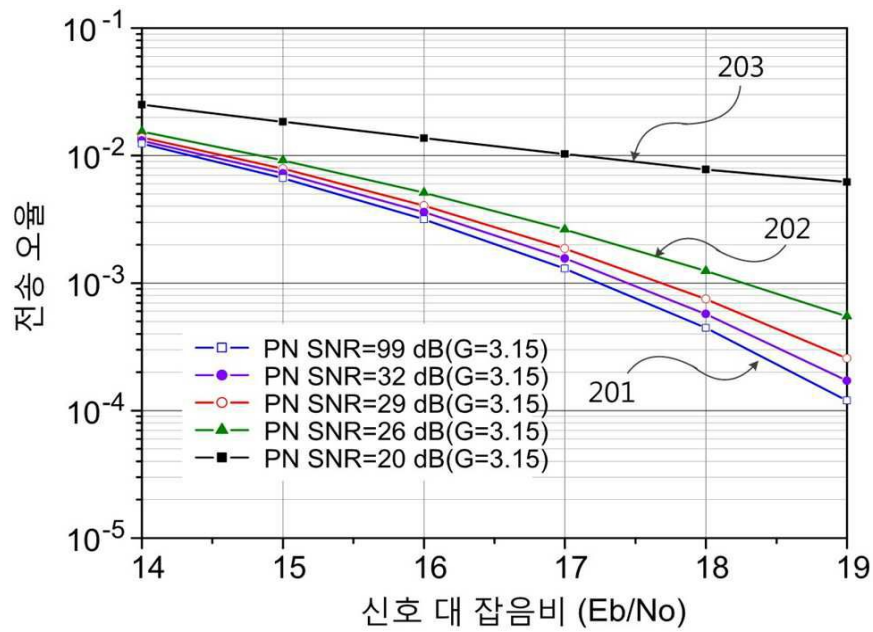
- [0084] 60 : 위상잡음 스펙트럼 할당 장치
- 61 : 설정 인터페이스부
- 62 : 연산부
- 63 : 출력부
- 65 : 디스플레이

도면

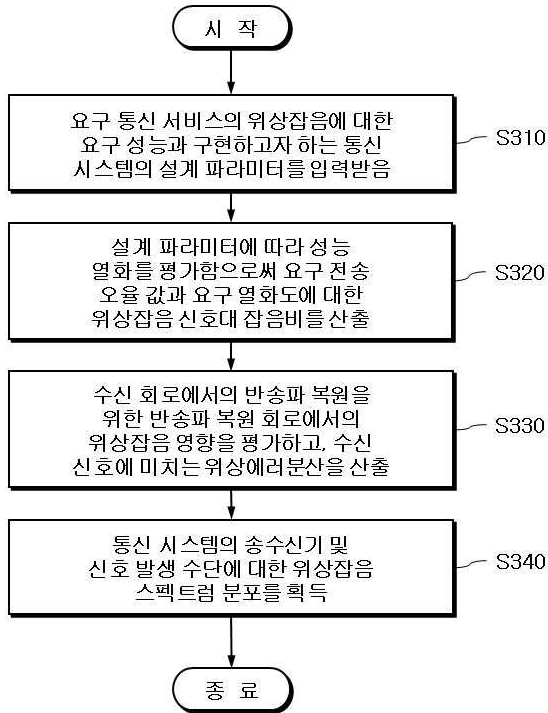
도면1



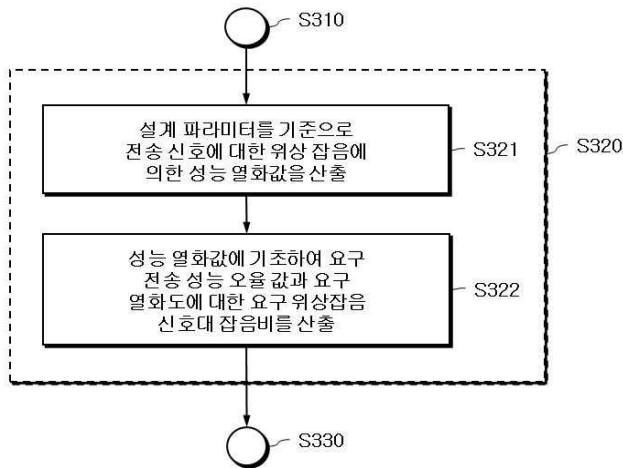
도면2



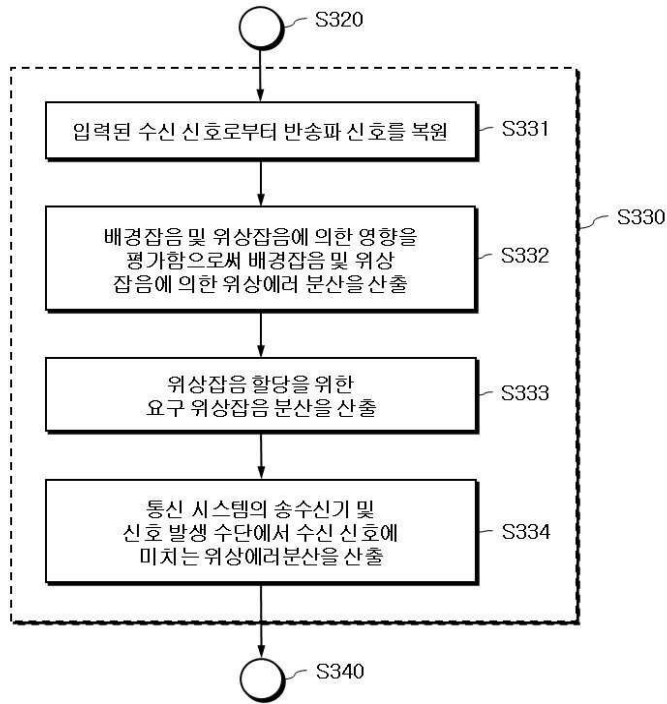
도면3



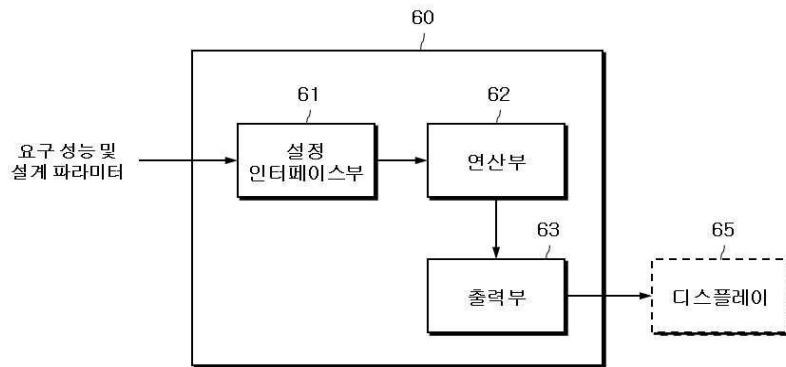
도면4



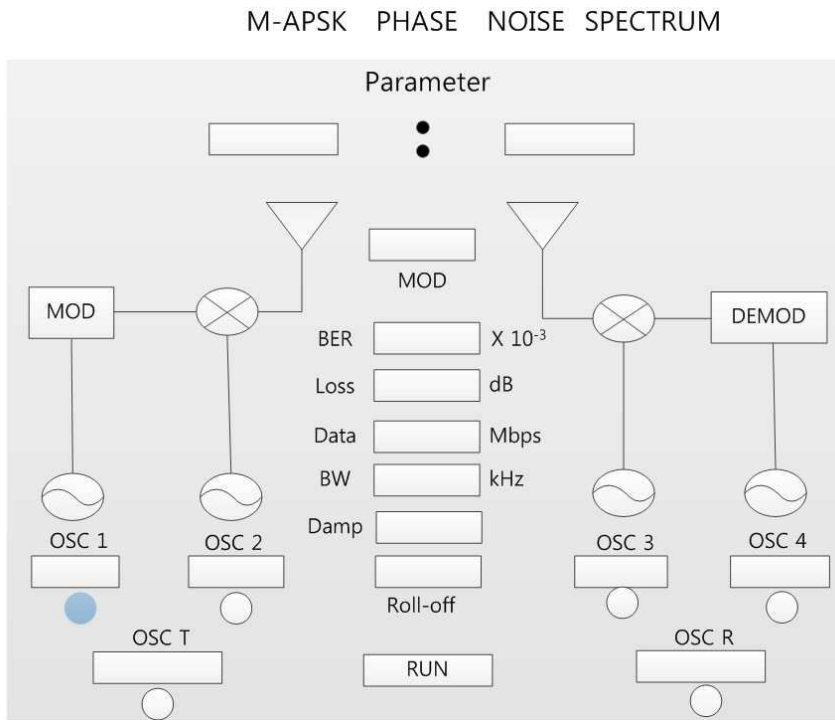
도면5



도면6



도면7



도면8

