



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0035417
(43) 공개일자 2011년04월06일

(51) Int. Cl.

G01R 29/26 (2006.01) G01R 29/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0093135

(22) 출원일자 2009년09월30일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

한국전자통신연구원

대전 유성구 가정동 161번지

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제 캠퍼스내

(72) 발명자

석미경

대구시 달서구 송현동 1962-22번지 27통 7반

김상태

대전시 유성구 지족동 열매마을아파트 303동 604호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인무한

전체 청구항 수 : 총 14 항

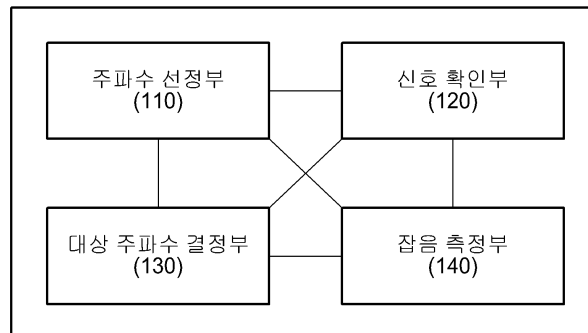
(54) 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템 및 그 방법

(57) 요약

주파수 대역을 선정하는 단계와, 상기 선정된 주파수 대역에 신호가 포함되는지 여부를 확인하는 단계와, 상기 신호가 포함되지 않는 것으로 확인될 경우, 상기 주파수 대역을 측정 대상 주파수로 결정하는 단계, 및 상기 결정된 측정 대상 주파수 대역에서 무선 배경 잡음을 측정하는 단계를 포함하는 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법이 개시된다.

대표도 - 도1

100



(72) 발명자

박광문

대전시 유성구 관평동 한화꿈에그린3차아파트 101
3동 903호

이성윤

대전시 유성구 하기동 516번지 송림마을2단지 202
동 1005호

노행숙

대전시 서구 만년동 상록수아파트 107동 701호

강홍용

대전시 유성구 지족동 992번지 반석마을 311-1203

최용석

대전시 유성구 어은동 한빛아파트 133동 701호

김영수

경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지 경희대학교 전
자정보대학 전자전파공학전공

신승민

경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지 경희대학교 전
자정보대학 전자전파공학전공

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2008-F-012-02

부처명 지식경제부 및 정보통신연구진흥원

연구관리전문기관

연구사업명 IT원천기술개발

연구과제명 유비쿼터스 전파 측정 및 감시기술개발(보안과제)

기여율

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2008-03-01 ~ 2013-02-28

특허청구의 범위

청구항 1

제1 주파수 대역을 선정하는 단계;

상기 선정된 제1 주파수 대역에 신호가 포함되는지 여부를 확인하는 단계;

상기 신호가 포함되지 않는 것으로 확인될 경우, 상기 제1 주파수 대역을 측정 대상 주파수로 결정하는 단계;
및

상기 결정된 측정 대상 주파수 대역에서 무선 배경 잡음을 측정하는 단계

를 포함하는 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 신호가 포함되는 것으로 확인될 경우, 상기 제1 주파수 대역과 상이한 제2 주파수 대역을 선정하는 단계;
및

상기 제2 주파수 대역에 상기 신호가 포함되지 않는 것으로 확인 됨에 따라, 상기 제2 주파수 대역을 상기 측정 대상 주파수로 결정하는 단계

를 더 포함하는 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 주파수 대역에 상기 신호가 포함되는지 여부를 확인하는 단계는,

특이값 분해(SVD, singular value decomposition) 기법을 적용하여, 상기 제1 주파수 대역에 상기 신호가 포함 되는지 확인하는 단계

를 포함하는 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 주파수 대역을 선정하는 단계는,

스펙트럼 분석기를 통해 각 주파수 대역 내 신호에 대한 스펙트럼 데이터값을 측정하는 단계; 및

상기 스펙트럼 데이터값이 최소값을 나타내는 주파수 대역을, 상기 제1 주파수 대역으로 선정하는 단계

를 포함하는 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 신호가 포함되는 것으로 확인될 경우,

스펙트럼 분석기를 통해 상기 제1 주파수 대역을 제외한 각 주파수 대역 내 신호에 대한 스펙트럼 데이터값을 측정하는 단계;

상기 스펙트럼 데이터값이 최소값을 나타내는 주파수 대역을, 상기 제1 주파수 대역을 대신하여 제2 주파수 대역으로 선정하는 단계; 및

상기 제2 주파수 대역에 상기 신호가 포함되지 않는 것으로 확인 됨에 따라, 상기 제2 주파수 대역을 상기 측정 대상 주파수로 결정하는 단계

를 더 포함하는 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 주파수 대역에 상기 신호가 포함되는지 여부를 확인하는 단계는,

상기 제1 주파수 대역과 관련하여 시간영역 데이터를 획득하는 단계;

상기 획득된 시간영역 데이터를 이용하여 자기상관 행렬을 구성하는 단계;

상기 자기상관 행렬을 이용하여 특이값 분해 기법을 통해 특이값 σ_k 을 연산하는 단계;

상기 특이값을 이용하여 파라미터 $v(k)$ 를 산출하는 단계; 및

상기 파라미터 $v(k)$ 를 고려하여, 상기 제1 주파수 대역에 상기 신호가 포함되는지 확인하는 단계를 포함하는 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 파라미터 $v(k)$ 는,

수식

$$v(k) = \frac{\|A^{(k)}\|_F}{\|A\|_F} = \left[\frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sum_{i=1}^h \sigma_i^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

에 의해 산출되는, 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 파라미터 $v(k)$ 는,

상기 수식에서 A의 계수(rank)가 최대 계수(full rank) h보다 작을 경우 1에 수렴하는 속도가 빨라지고,

A의 계수가 h에 근사할 경우 1에 수렴하는 속도가 늦어지는, 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법.

청구항 9

제1 주파수 대역을 선정하는 주파수 선정부;

상기 선정된 제1 주파수 대역에 신호가 포함되는지 여부를 확인하는 신호 확인부;

상기 신호가 포함되지 않는 것으로 확인될 경우, 상기 제1 주파수 대역을 측정 대상 주파수로 결정하는 대상 주파수 결정부; 및

상기 결정된 측정 대상 주파수 대역에서 무선 배경 잡음을 측정하는 잡음 측정부

를 포함하는 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 신호가 포함되는 것으로 확인될 경우,

상기 주파수 선정부는,

상기 제1 주파수 대역과 상이한 제2 주파수 대역을 선정하고,

상기 대상 주파수 결정부는,

상기 제2 주파수 대역에 상기 신호가 포함되지 않는 것으로 확인 됨에 따라, 상기 제2 주파수 대역을 상기 측정 대상 주파수로 결정하는, 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 주파수 선정부는,

스펙트럼 분석기를 통해 각 주파수 대역 내 신호에 대한 스펙트럼 데이터값을 측정하고,

상기 스펙트럼 데이터값이 최소값을 나타내는 주파수 대역을, 상기 제1 주파수 대역으로 선정하는, 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 신호가 포함되는 것으로 확인될 경우,

상기 주파수 선정부는,

스펙트럼 분석기를 통해 상기 제1 주파수 대역을 제외한 각 주파수 대역 내 신호에 대한 스펙트럼 데이터값을 측정하고,

상기 스펙트럼 데이터값이 최소값을 나타내는 주파수 대역을, 상기 제1 주파수 대역을 대신하여 제2 주파수 대역으로 선정하고,

상기 대상 주파수 결정부는,

상기 제2 주파수 대역에 상기 신호가 포함되지 않는 것으로 확인 됨에 따라, 상기 제2 주파수 대역을 상기 측정 대상 주파수로 결정하는, 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 신호 확인부는,

특이값 분해(SVD, singular value decomposition) 기법을 적용하여, 상기 제1 주파수 대역에 상기 신호가 포함되는지 확인하는, 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 신호 확인부는,

상기 제1 주파수 대역과 관련하여 시간영역 데이터를 획득하고,

상기 획득된 시간영역 데이터를 이용하여 자기상관 행렬을 구성하고,

상기 자기상관 행렬을 이용하여 특이값 분해 기법을 통해 특이값 σ_k 을 연산하고, 상기 특이값을 이용하여 파라미터 $r(k)$ 를 산출하고,

상기 파라미터 $r(k)$ 를 고려하여, 상기 제1 주파수 대역에 상기 신호가 포함되는지 확인하는, 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명의 실시예들은 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법에 관한 것이다.
- [0002] 본 발명은 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT원천기술개발사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다[과제관리번호: 2008-F-012-02, 과제명: 유비쿼터스 전파 측정 및 감시기술개발(보안과제)].

배경 기술

- [0003] 무선 배경 잡음 측정의 선행단계에서 신호가 없는 잡음으로 구성된 주파수 또는 주파수대역을 찾는 과정은 이미 그 개념이 도입되어 시도되고 있으며, 스펙트럼의 측정 결과로부터 단순한 최소값을 구하거나, 이러한 주파수 영역의 데이터를 시간영역으로도 확장하여 스펙트럼 데이터값을 구하여 판단하는 과정으로 잡음측정에 적합한 주파수 또는 주파수대역을 선정한다.
- [0004] 이 경우, 신호의 존재유무를 효과적으로 판단할 수 없으며 이로 인한 궁극의 잡음레벨 측정결과는 오차를 포함할 수 밖에 없다. 좀 더 진화되었다고 보이는 APD 방법은 시간영역 측정데이터를 정해진 계산식에 의하여 그려보면 세로축의 레벨을 넘어서는 비율을 가로축에 표현 함으로써 가로축을 가우시안 잡음의 특성을 고려하여 레일리 크기로 배치하면 결과 그래프의 모양만으로 가우시안 잡음의 존재유무를 판단하도록 하였다.
- [0005] 하지만, 이 방법 또한 판단자의 직관에 의존하는 부분이 크기 때문에 이러한 문제점을 해결하기 위한 보다 객관적이고 분석적인 수학적 도구가 요구되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0006] 본 발명의 일실시예는 신호의 존재유무를 판단하여 신호가 없는 잡음만으로 구성된 주파수 또는 주파수대역을 선정하고, 선정된 주파수 또는 주파수대역에서 무선 배경 잡음을 측정 함으로써, 측정결과의 정확도와 신뢰도를 향상시킬 수 있는 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0007] 또한, 본 발명의 일실시예는 수학적 도구인 특이값 분해 기법을 적용함으로써 무선 배경 잡음으로만 구성된 주파수 또는 주파수대역을 효과적으로 찾을 수 있는 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

- [0008] 본 발명의 일실시예에 따른 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법은, 제1 주파수 대역을 선정하는 단계와, 상기 선정된 제1 주파수 대역에 신호가 포함되는지 여부를 확인하는 단계와, 상기 신호가 포함되지 않는 것으로 확인될 경우, 상기 제1 주파수 대역을 측정 대상 주파수로 결정하는 단계, 및 상기 결정된 측정 대상 주파수 대역에서 무선 배경 잡음을 측정하는 단계를 포함한다.
- [0009] 본 발명의 일실시예에 따른 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템은, 제1 주파수 대역을 선정하는 주파수 선정부와, 상기 선정된 제1 주파수 대역에 신호가 포함되는지 여부를 확인하는 신호 확인부와, 상기 신호가 포함되지 않는 것으로 확인될 경우, 상기 제1 주파수 대역을 측정 대상 주파수로 결정하는 대상 주파수 결정부, 및 상기 결정된 측정 대상 주파수 대역에서 무선 배경 잡음을 측정하는 잡음 측정부를 포함한다.

효과

- [0010] 본 발명의 일실시예에 따르면, 단순레벨 측정 시 신호포함 여부, APD 직선패턴의 직관적 판단 시 오류 등을 배제하여 잡음측정에 적합한 주파수 및 주파수 대역을 효과적으로 선정할 수 있다.
- [0011] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 수학적 도구인 특이값 분해 기법을 적용함으로써 무선 배경 잡음으로만 구성된 주파수 또는 주파수대역을 객관적이고 효과적으로 선정 함으로써, 보다 신뢰도 높은 정확한 잡음레벨을 산출할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0013] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템의 구성을 도시한 도면이다.
- [0014] 본 발명의 일실시예에 따른 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)은 주파수 선정부(110), 신호 확인부(120), 대상 주파수 결정부(130), 및 잡음 측정부(140)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0015] 주파수 선정부(110)는 제1 주파수 대역을 선정하는 기능을 한다.
- [0016] 일례로, 주파수 선정부(110)는 스펙트럼 분석기를 통해 각 주파수 대역 내 신호에 대한 스펙트럼 데이터값을 측정하고, 스펙트럼 데이터값이 최소값을 나타내는 주파수 대역을, 제1 주파수 대역으로 선정할 수 있다.
- [0017] 신호 확인부(120)는 선정된 제1 주파수 대역에 무선 배경 잡음 외의 신호(이하, '신호'라 함.)가 포함되는지 여부를 확인하는 기능을 한다.
- [0018] 신호 확인부(120)는 특이값 분해(SVD, singular value decomposition) 기법을 적용하여 제1 주파수 대역에 신호가 포함되는지 확인할 수 있다.
- [0019] 예컨대, 신호 확인부(120)는 제1 주파수 대역과 관련하여 시간영역 데이터를 획득하고, 획득된 시간영역 데이터를 이용하여 자기상관 행렬을 구성할 수 있다.
- [0020] 또한, 신호 확인부(120)는 자기상관 행렬을 이용하여 특이값 분해 기법을 통해 특이값 σ_k 을 연산하고, 특이값을 이용하여 파라미터 $v(k)$ 를 산출할 수 있다.
- [0021] 여기서 파라미터 $v(k)$ 는, 수식

$$v(k) = \frac{\|A^{(k)}\|_F}{\|A\|_F} = \left[\frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sum_{i=1}^h \sigma_i^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

- [0022] 에 의해 산출될 수 있다.
- [0023] 수식에서 A의 계수(rank)가 최대 계수(full rank) h보다 작을 경우, 파라미터 $v(k)$ 는 1에 수렴하는 속도가 빨라지고, A의 계수가 h에 근사할 경우, 파라미터 $v(k)$ 는 1에 수렴하는 속도가 늦어지는 경향이 있다.
- [0024] 이에 따라, 신호 확인부(120)는 파라미터 $v(k)$ 를 고려하여, 제1 주파수 대역에 신호가 포함되는지 확인할 수 있다.
- [0025] 대상 주파수 결정부(130)는 제1 주파수 대역에 신호가 포함되지 않는 것으로 확인될 경우, 제1 주파수 대역을 측정 대상 주파수로 결정하는 기능을 한다.
- [0026] 또는, 제1 주파수 대역에 신호가 포함되는 것으로 확인될 경우, 주파수 선정부(110)는 제1 주파수 대역과 상이한 제2 주파수 대역을 선정할 수 있다.
- [0027] 즉, 제1 주파수 대역에 신호가 포함되는 것으로 확인될 경우, 주파수 선정부(110)는 스펙트럼 분석기를 통해 제1 주파수 대역을 제외한 각 주파수 대역 내 신호에 대한 스펙트럼 데이터값을 측정하고, 스펙트럼 데이터값이 최소값을 나타내는 주파수 대역을, 제1 주파수 대역을 대신하여 제2 주파수 대역으로 선정할 수 있다.
- [0028] 신호 확인부(120)는 파라미터 $v(k)$ 를 고려하여, 제2 주파수 대역에 신호가 포함되는지 확인할 수 있다. 제2 주파수 대역에 신호가 포함되지 않는 것으로 확인됨에 따라, 대상 주파수 결정부(130)는 제2 주파수 대역을 측정 대상 주파수로 결정할 수 있다.
- [0029] 만일, 제2 주파수 대역에서도 신호가 포함되는 것으로 확인될 경우, 본 발명의 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)은 상술한 과정을 반복 수행하여, 신호가 포함되지 않는 주파수 대역을 찾아 측

정 대상 주파수로 결정할 수 있음은 당업자에게 자명하다.

- [0030] 잡음 측정부(140)는 결정된 측정 대상 주파수 대역에서 무선 배경 잡음을 측정하는 기능을 한다.
- [0031] 따라서, 본 발명의 일실시예에 따르면, 단순레벨 측정 시 신호포함 여부, APD 직선패턴의 직관적 판단 시 오류 등을 배제하여 잡음측정에 적합한 주파수 및 주파수 대역을 효과적으로 선정할 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 수학적 도구인 특이값 분해 기법을 적용함으로써 무선 배경 잡음으로만 구성된 주파수 또는 주파수대역을 객관적이고 효과적으로 선정 함으로써, 보다 신뢰도 높은 정확한 잡음레벨을 산출할 수 있다.
- [0033] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법의 순서를 도시한 흐름도이다.
- [0034] 상기 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법은 도 1에 도시된 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)에 의해 구현될 수 있다. 이하, 도 2의 설명에서는 상술한 도 1을 함께 참조하여 도 2를 설명하여 발명의 이해를 도모한다.
- [0035] 단계 210에서 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)은 스펙트럼 분석기를 통해 무선 배경 잡음 외의 신호(이하, '신호'라 함.)에 대한 스펙트럼 데이터값을 측정한다.
- [0036] 단계 220에서 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)은 측정된 스펙트럼 데이터값이 최소값을 나타내는 주파수 대역을, 제1 주파수 대역으로 선정한다.
- [0037] 단계 230에서 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)은 제1 주파수 대역과 관련하여 시간영역 데이터를 획득한다.
- [0038] 단계 240에서 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)은 획득된 시간영역 데이터를 이용하여 자기상관행렬을 구성하고, 자기상관 행렬을 이용하여 특이값 분해 기법을 통해 특이값 σ_k 을 연산한다.
- [0039] 단계 250에서 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)은 특이값 σ_k 을 이용하여 파라미터 $v(k)$ 를 산출하고, 파라미터 $v(k)$ 를 고려하여 제1 주파수 대역에 신호가 포함되는지 확인 함으로써 적합도를 판정한다.
- [0040] 상기 단계 250에서의 판정 결과, 제1 주파수 대역이 무선 배경 잡음의 측정에 적합한 주파수 대역으로 판정될 경우, 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)은 제1 주파수 대역을 측정 대상 주파수로 결정하고, 결정된 측정 대상 주파수 대역에서 무선 배경 잡음을 측정한다.
- [0041] 상기 단계 250에서의 판정 결과, 제1 주파수 대역이 무선 배경 잡음의 측정에 부적합한 주파수 대역으로 판정될 경우, 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)은 상기 단계 220으로 이동하여, 제1 주파수 대역을 제외하고, 측정된 스펙트럼 데이터값이 최소값을 나타내는 주파수 대역을 제2 주파수 대역으로 선정한다.
- [0042] 이후, 제2 주파수 대역이 무선 배경 잡음의 측정에 적합한 주파수 대역으로 판정될 경우, 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)은 제2 주파수 대역을 측정 대상 주파수로 결정하고, 결정된 측정 대상 주파수 대역에서 무선 배경 잡음을 측정할 수 있다.
- [0043] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법에서 파라미터 $v(k)$ 를 산출하는 과정을 도시한 순서도이다.
- [0044] 상기 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법은 도 1에 도시된 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)에 의해 구현될 수 있다.
- [0045] 단계 310에서 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)은 차수 p 를 결정한다.
- [0046] 단계 310에서 차수 p 가 결정된 후에, 단계 320에서 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)이 자기상관행렬을 계산하는 과정을 설명하면 다음과 같다.
- [0047] M 개의 복수 정현파로 구성되어 있는 신호의 자기상관시퀀스(autocorrelation sequence, ACS)의 일반식은 다음과 같이 표현된다.

$$r_{xx}(k) = \sum_{i=1}^M P_i e^{j2\pi f_i k T} + \sigma^2 \delta(k) \quad (1)$$

여기서 P_x 와 f_x 는 각각 i 번째 신호의 전력과 주파수를 의미하고, σ^2 는 백색 가우시안 잡음의 평균전력을 나타낸다.

$(p+1) \times (p+1)$ 크기를 갖는 p 차 토폴리츠(Toeplitz) 자기상관행렬 R_x 는

$$R_x = \begin{bmatrix} r_{xx}(0) & r_{xx}^*(1) & \dots & r_{xx}^*(p) \\ r_{xx}(1) & r_{xx}(0) & \dots & r_{xx}^*(p-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{xx}(p) & r_{xx}(p-1) & \dots & r_{xx}(0) \end{bmatrix} \quad (2)$$

이며, 백색잡음에 섞인 복수 정현파의 경우에 R_x 는 신호자기상관행렬 S_x 와 잡음자기상관행렬 W_x 의 합으로 표현될 수 있다.

$$R_x = S_x + W_x = \sum_{i=1}^M P_i s_i s_i^H + \sigma^2 I \quad (3)$$

여기서, S_x , W_x 와 단위행렬 I 는 $(p+1) \times (p+1)$ 크기를 갖고, s_i 는 $(p+1)$ 차원의 열벡터로서 M 개 신호에 대한 신호벡터를 나타낸다.

$$s_i = [1 \exp(j2\pi f_i T) \dots \exp(j2\pi f_i p T)]^T \quad (4)$$

여기서, $[\]^T$ 는 전치연산자(transpose operator)를 나타낸다.

자기상관행렬의 차수 p 가 신호 개수 M 보다 크면, 신호 행렬 S_x 는 계수 M 을 갖는데, 이유는 s_i 가 직교벡터이고, 외적(outer product) $s_i s_i^H$ 가 계수 1인 행렬이기 때문이다. 잡음 행렬 W_x 는 최대계수(full rank)인 $(p+1)$ 을 갖는다.

식(3)에 표시된 신호행렬 S_x 는 에르미티안(Hermitian)이고 반양정치(positive semidefinite) 행렬로서 다음과 같이 고유값-고유벡터 분해 (Eigen-decomposition)가 가능하다.

$$S_x v_i = \lambda_i v_i, \quad i = 1, 2, \dots, p+1 \quad (5)$$

S_x 를 행렬로 다시 표현하면 다음의 식(6)과 같이 쓸 수 있다.

$$S_x [v_1 \vdots \dots \vdots v_{p+1}] = [v_1 \vdots \dots \vdots v_{p+1}] \text{diag} [\lambda_1, \dots, \lambda_M, \underbrace{0, \dots, 0}_{(p+1-M) \text{ 개}}]$$

$$S_x V = V \Lambda$$

[0062] (6)

[0063] 여기서, V 는 직교행렬로서 $V^H V = V V^H = I$ (H 는 복수 전치연산자를 의미한다.) 성질을 가지며, 고유값 λ_i 는 내림차순(decreasing order)을 갖는다.

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_M \geq \lambda_{M+1} = \dots = \lambda_{p+1} = 0$$

[0064] (7)

[0065] 양변에 V^H 를 뒀쪽곱(post-multiply)하면 다음식과 같다.

$$S_x = V \Lambda V^H = \sum_{i=1}^{p+1} \lambda_i v_i v_i^H = \sum_{i=1}^M \lambda_i v_i v_i^H$$

[0066] (8)

[0067] S_x 는 계수 M 을 가지므로 Λ 의 M 개의 큰 고유값은 0보다 크고 $(p+1-M)$ 개의 고유값은 0을 갖는다.

[0068] 잡음행렬 W_x 는 직교 고유벡터를 이용하여 다음과 같이 표현된다.

$$W_x = \sigma^2 I = \sigma^2 V V^H = \sum_{i=1}^{p+1} \sigma^2 v_i v_i^H$$

[0069] (9)

[0070] 식(8)과 식(9)로부터 자기상관행렬 R_x 는 다음과 같이 주어진다.

$$R_x = S_x + W_x = \sum_{i=1}^M (\lambda_i + \sigma^2) v_i v_i^H + \sum_{i=M+1}^{p+1} \sigma^2 v_i v_i^H$$

[0071] (10)

[0072] 식(10)을 행렬로 다시 표현하면 다음 식(11)과 같다.

$$R_x = V \begin{bmatrix} \lambda_1 + \sigma^2 & & & & 0 \\ & \ddots & & & \\ & & \lambda_M + \sigma^2 & & \\ 0 & & & \sigma^2 & \\ & & & & \ddots \\ & & & & & \sigma^2 \end{bmatrix} V^H$$

[0073] (11)

[0074] 식(11)에서 잡음이 없는 경우에는 행렬 Λ 가 계수 M 을 갖고 잡음이 존재하는 경우에는 최대계수를 갖는다. 신호가 섞인 잡음인 경우의 자기상관행렬의 고유값 분포를 보면 M 개의 큰 고유값과 $(p+1-M)$ 개의 작은 고유값을 갖는다.

[0075] 대부분의 문제에서 측정된 신호 성분에 대해서 암시적이거나 혹은 정확한 선형모델이 존재한다. 확정 신호모델인 경우에 측정값의 평균은 선형 모델을 갖고, 랜덤 프로세스인 경우에 공분산이 선형모델을 갖는다. 측정신호로부터 간섭을 추출하는 기법들은 결과적으로 측정값의 이차식(quadratic) 형태 혹은 선형변환이다. 이러한 선형모델을 기반으로 하여 잡음 및 간섭을 추출하는 이론에서 SVD가 매우 중요한 역할로 작용하고 있다. 그 이유는 크게 3가지로 분류될 수 있다.

[0076] (1) 신호가 잡음으로 섞여 있고, 신호행렬이 선형모델로 구성되는 경우에 측정행렬을 낮은 차수의 행렬로 근사화하는데 적절한 분해 도구이고, (2) 특이값 분해(SVD)는 주요 부공간과, 덜 지배적인 부공간으로 분리시키는데 유용한 도구이다. 즉, 측정행렬을 어떤 부공간의 스패(span)으로 본다면 특이값 분해는 이 행렬을 서로 직교인

주요 부공간과 덜 지배적인 부공간으로 분리시킬 수 있다(예컨대, 신호부공간, 잡음부공간). (3) 모델행렬의 특이값 분해는 의사역행렬(pseudo-inverse)을 직교적으로 분해하여, 모델행렬로부터 투영운용자(projection operators)를 구할 수 있게 해준다.

[0077] 단계 330에서 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)이 자기상관행렬을 이용하여 특이값 분해(SVD) 연산을 수행하는 과정을 설명하면 다음과 같다.

[0078] 이러한 특이값 분해의 중요성을 강조하면서 앞서 설명한 고유값과 연관하여 어떤 행렬의 특성을 제공하는 SVD의 계산에 필요한 이론과 성질에 대해서 살펴본다.

[0079] (정리1) A 를 $m \times n$ 복수 행렬이라고 할 때, 다음 형태를 만족하는 $m \times m$ 의 유니터리(unitary) 행렬 U 와 $n \times n$ 의 유니터리 행렬 V 가 존재한다.

$$A = U \Sigma V^H \quad (12)$$

[0081] 여기서, Σ 는 $m \times n$ 대각 행렬이며 0 혹은 양수인 실수이다.

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_h \geq 0, \quad h = \min(m, n) \quad (13)$$

[0083] 대각성분 σ_k 는 행렬 A 의 특이값이라고 말하며, σ_k 가 $A^H A$ 와 $A A^H$ 의 고유값의 제곱근과 같음은 잘 알려져 있다.

[0084] 단계 340에서 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템(100)이 특이값 σ_k 을 이용하여 자기상관행렬을 파라미터 $v(k)$ 를 산출하는 과정을 설명하면 다음과 같다.

[0085] 앞에서 언급한 바와 같이, 특이값 분해는 행렬의 계수근사화 문제에 유용한 도구로서 빈번하게 사용되고 있다. 계수근사화하는 방법과 이론은 다음과 같다.

[0086] (정리2) 행렬 A 에 프로비니우스노름(Frobenius norm)면에서 가장 잘 근사화된 행렬 $A^{(k)}$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$A^{(k)} = U \Sigma_k V^H \quad (14)$$

[0088] 여기서, U 와 V 는 식(12)와 같으며, Σ_k 는 σ_{k+1} 부터 σ_h 까지 0으로 세팅된 행렬이다.

$$\|A - A^{(k)}\|_F = \left[\sum_{i=k+1}^h \sigma_i^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad 0 \leq k \leq h \quad (15)$$

[0090] 식(15)에서 $A^{(k)}$ 의 A 에 대한 근사화 정도는 $(h-k)$ 개의 특이값에 의존한다. k 가 h 에 가까워질수록 차이는 점점 작아지고 $k=h$ 일 때 식(15)는 0이 될 것이다.

[0091] 오차 $\|A - A^{(k)}\|_F$ 가 행렬 A 의 크기(size)에 의존하지 않도록 하기 위한 적절한 계수근사화 파라미터는 식(16)과 같이 특이값 전체의 합으로 정규화하는 것이다.

[0092] 따라서, 이러한 이론을 배경으로 다음과 같은 파라미터 $v(k)$ 를 제시한다.

$$v(k) = \frac{\|A^{(k)}\|_F}{\|A\|_F} = \left[\frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sum_{i=1}^h \sigma_i^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

(16)

[0093]

[0094] 분명히 정규화된 비율은 k 가 h 에 가까워짐에 따라 1로 수렴한다. 식(16)으로부터 A 의 계수가 h 보다 훨씬 작은 경우에는 척도는 1에 빨리 수렴할 것이고, A 의 계수가 h 에 근사하다면 1에 수렴하는 속도가 늦어질 것이다.

[0095] 본 발명의 일실시예에서는 어떤 특성대역에 신호 존재여부를 판단하기 위한 방법으로 이러한 성질을 이용할 수 있다. 이때, 상황에 적절한 값을 설정하고(예컨대, 0.95), 실측정된 값을 미리 정한 기준값에 따라 판단한다면 기존의 방법에서 오는 주관적인 판단의 오차를 배제할 수 있다.

[0096] 도 4 내지 도 6은 실측정 데이터 샘플로서, 본 발명의 적용 예를 도시한다.

[0097] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일실시예는 측정된 결과 중 스펙트럼 분석기로 보았을 때 큰 전력을 갖는 신호가 없어 보이는 부대역, 다시 말해, 잡음만으로 구성되어있다고 추정되는 부대역에 대하여 중심주파수 311.5 MHz, IF 대역폭 1 MHz 필터, 1.25 MHz 샘플링율의 파라미터로 획득한 신호 데이터를 사용하였다.

[0098] 또한, 신호강도확률분포 그래프를 그리는데 사용된 데이터는 100,000 샘플이며, 자기상관계수를 구하는데 사용된 샘플의 개수는 5,000개이다.

[0099] 도 4의 (i)에 도시된 신호강도확률분포 그래프에 따르면, 직선패턴을 나타내기 때문에 가우시안 특성이 강하다는 것을 알 수 있다.

[0100] 또한, 도 4의 (ii)에 도시된 $v(k)$ 그래프에 따르면, $p=99$ 인 자기상관행렬을 구성하여 계산한 결과인데, $v(k)=0.95$ 되는 k 값이 67이므로 $(p+1)/2=50$ 보다 큰 값으로써 이 부대역은 잡음만으로 구성되어있다고 판단할 수 있다.

[0101] 도 5에는 신호가 존재하는 부대역을 선정하여 중심주파수 326.6 MHz 신호를 IF 대역폭 300 kHz 필터를 이용하여 수신하여 375 kHz 샘플링율로 획득한 데이터를 분석한 결과가 도시되어 있다.

[0102] 도 5의 (i)에 도시된 신호강도확률분포 그래프에 따르면, 앞쪽이 볼록한 모양으로 잡음 이외의 신호가 존재함을 쉽게 알 수 있다.

[0103] 또한, 도 5의 (ii)에 도시된 $v(k)$ 그래프에 따르면, $v(k)$ 의 값이 이미 $k=2$ 에서 0.95값보다 큰 값을 가지고 있으므로 본 발명의 판단기준에 의거하여 신호가 포함됨을 확인할 수 있다.

[0104] 도 6에는 신호가 포함되었음에도 불구하고 직선과 크게 구별되지 않는 패턴을 보이는 신호강도확률분포 그래프와 $v(k)$ 그래프가 도시되어 있다.

[0105] 도 6에서는 신호가 존재하는 경우 신호강도확률분포 그래프로 신호의 존재를 파악하지 못한 반면에, 본 발명은 효과적으로 판단하는 $v(k)$ 그래프를 보인다.

[0106] 도 6의 (i)에 도시된 신호강도확률분포 그래프에 따르면, 무선 배경 잡음 외의 신호가 포함되는 주파수 대역에서 직선과 구별하기 힘들지만, 도 6의 (ii)에 도시된 $v(k)$ 그래프에 따르면, $v(k)=0.95$ 되는 k 값이 1이 되므로 신호의 존재를 명확히 판단할 수 있다. 여기서 자기상관함수를 구하는데 이용된 신호의 샘플 개수는 5,000개이며 총 100,000개의 샘플을 사용하여 신호강도확률분포를 구하였다.

[0107] 또한, 본 발명의 실시예들은 다양한 컴퓨터로 구현되는 동작을 수행하기 위한 프로그램 명령을 포함하는 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함한다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 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 수행하

록 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.

[0108] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

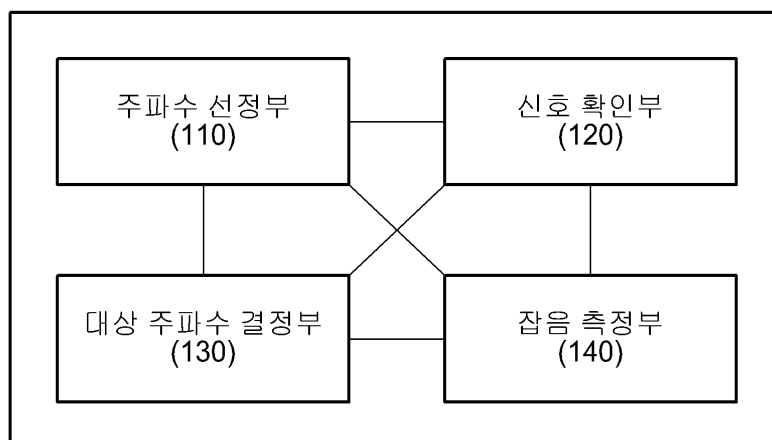
도면의 간단한 설명

- [0109] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템의 구성을 도시한 도면이다.
- [0110] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법의 순서를 도시한 흐름도이다.
- [0111] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 방법에서 파라미터 $v(k)$ 를 산출하는 과정을 도시한 순서도이다.
- [0112] 도 4 내지 도 6은 실측정 데이터 샘플로서, 본 발명의 적용 예를 도시한다.
- [0113] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- [0114] 100: 특이값 분해를 이용한 백색가우시안 잡음대역 결정 시스템
- [0115] 110: 주파수 선정부
- [0116] 120: 신호 확인부
- [0117] 130: 대상 주파수 결정부
- [0118] 140: 잡음 측정부

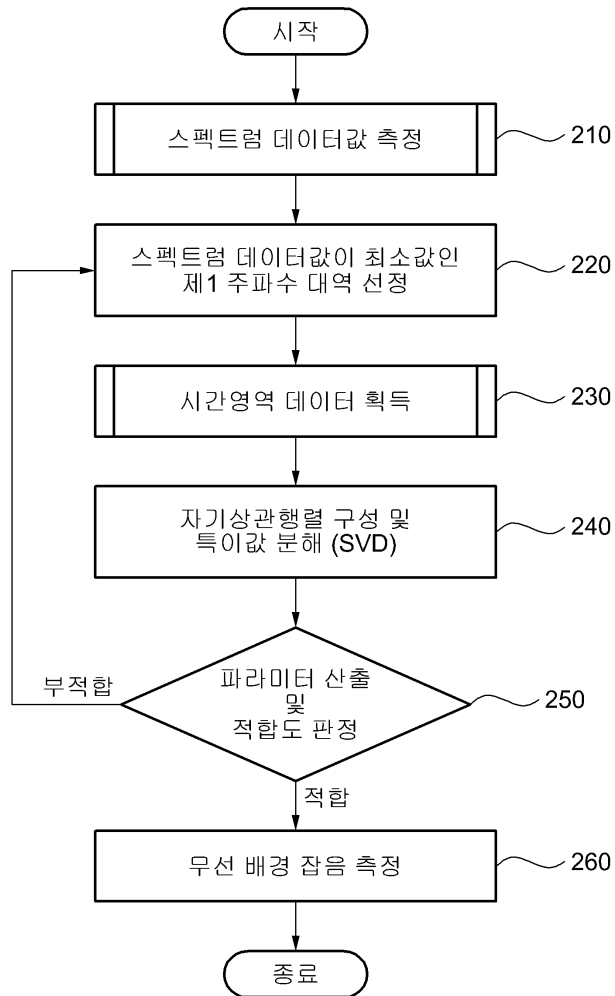
도면

도면1

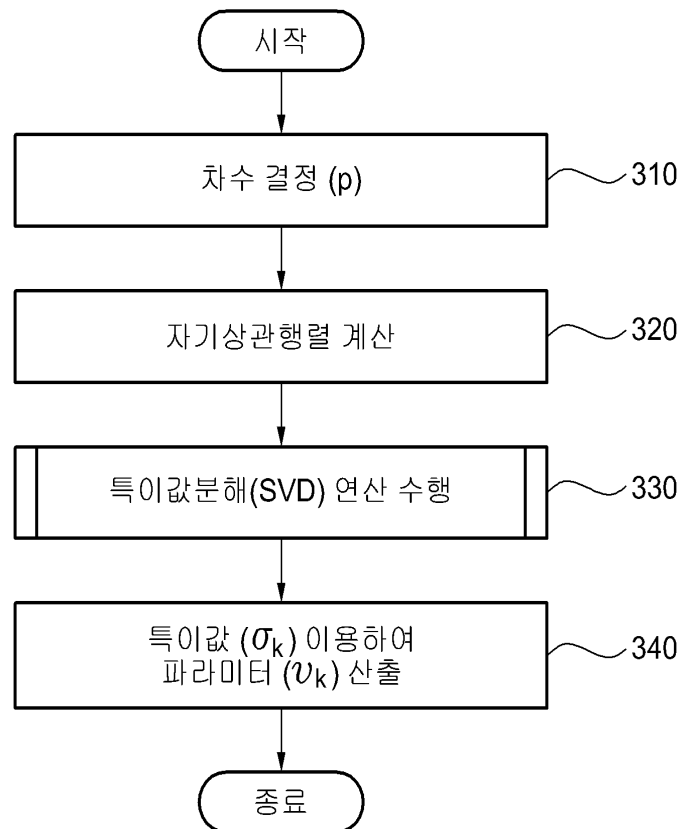
100



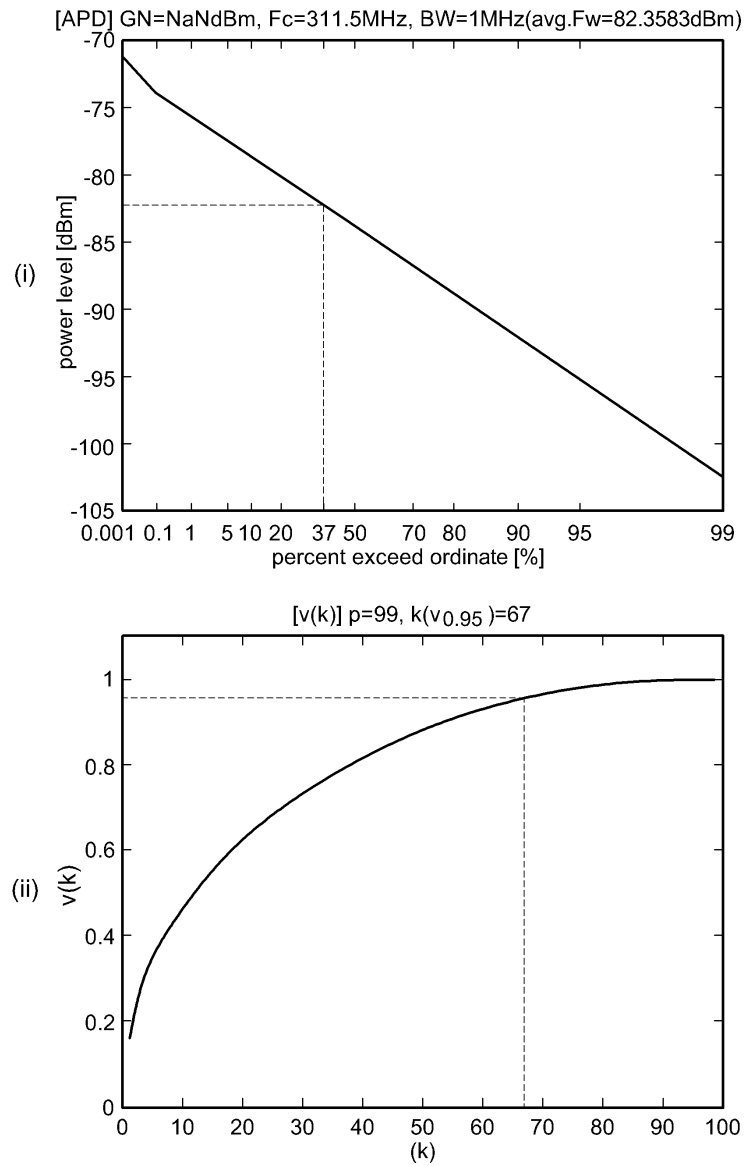
도면2



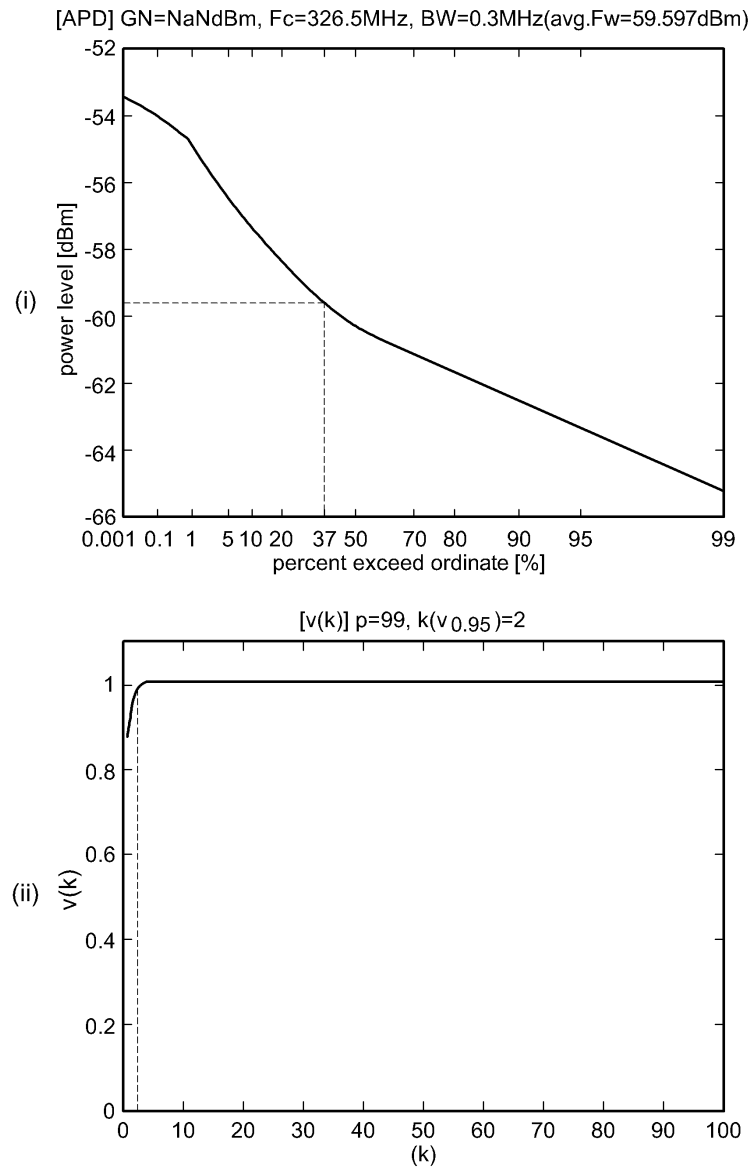
도면3



도면4



도면5



도면6

