(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.7
G06F 11/22
G06F 11/25
G06F 9/44

(11) 공개번호 10-2004-0083066
(43) 공개일자 2004년09월30일

(21) 출원번호 10-2004-7009244
(22) 출원일자 2004년06월14일
번역문 제출일자 2004년06월14일
(86) 국제출원번호 PCT/US2002/039827
(86) 국제출원출원일자 2002년12월13일
(87) 국제공개번호 WO 2003/052670
(87) 국제공개일자 2003년06월26일

(30) 우선권주장 10/021,895 2001년12월14일 미국(US)

(71) 출원인 웨이브크레스트 코포레이션
미합중국 미네소타 55344, 에덴 프레이리, 7626 골든 트라이앵글 드라이브

(72) 발명자 순지에
미합중국 캘리포니아 95014, 쿠퍼티노 #510, 20350 스테븐스 크릭 Bl.

리펭
미합중국 캘니포니아 94303, 팔로알토 866 콜로라도 애비뉴

윌스트럽잔브라이언
미합중국 미네포타 55122 마운즈 뷰, 7857 보나로드

(74) 대리인 김학제
문혜정

심사청구 : 없음

(54) 디스트리뷰션 분석 방법 및 장치

요약

본 발명에 의할때, 본 발명은 임의적(random) 부분과 확정적(deterministic) 부분을 구비한 측정가능한 디스트리뷰션의 분석 방법, 장치 및 기성품(article of manufacture)을 개시한다. 상기 방법은 데이터를 수집하고, 확률밀도함수가 확정적 함수(deterministic function)와 임의적 함수(random function)의 콘볼루션(convolution)인 데이터에 근거하여 확률밀도함수를 구축하고, 적어도 하나의 파라메타는 알려지지 않은, 셋 또는 그 이상의 파라메타를 가지는 확정적 및 임의적 콘볼루션 모델에 근거하여 확률밀도함수를 구축하고, 역콘볼루션 과정을 통해 알려지지 않은 파라메타를 결정하는 단계를 포함한다.

대표도

도 1

색인어

임의적 파라메타, 확정적 파라메타, 디스트리뷰션, 콘볼루션, 확률밀도함수

명세서

본 출원은 미국을 제외한 모든 지정국에 있어서의 출원인인 미국 국영기업 웨이브크레스트 인코포레이션과 미국을 지정국으로 할 때의 출원인인 미국시민인 지에 순, 펭 리, 잔 브라이언 윌스트럽의 이름으로 2002년 12월 13일 출원된 PCT국제특허출원이다.

기술분야

본 발명은 디스트리뷰션의 분석 장치에 관한 것이다. 본 발명의 다른 측면은 신호분석 방법에 관한 것이다.

배경기술

지난 10년간, 현재 디지탈 전자장치의 속도는 현저하게 향상되었다. 예를들어 SONET은 OC-12(622Mbps)에서 OC-192(10Gbps)로 비트레이트(bit rate)가 몇 배 이상 향상되었다. 인텔 펜티엄 계열의 마이크로 프로세서를 예로들면, 이들의 속도는 오리지날 펜티엄 프로세서가 1993년에 60MHz 및 66MHz 였는데, 현재는 펜티엄 4가 1.4GHz 및 1.5 GHz이다. 고속의 어플리케이션에 있어서는, 신호 무결성(signal integrity)이 매우 중요한 문제로 대두되었으며, 그중에서 지터(jitter)가 결정적인 성능의 기준이 되었다.

발명의 상세한 설명

발명의 요약

본 발명에 의할때, 본 발명은 임의적(random) 부분과 확정적(deterministic) 부분을 구비한 측정가능한 디스트리뷰션의 분석 방법, 장치 및 기성품(article of manufacture)을 개시한다. 상기 방법은 데이터를 수집하고, 확률밀도함수가 확정적 함수(deterministic function)와 임의적 함수(random function)의 콘볼루션 (convolution)인 데이터에 근거하여 확률밀도함수를 구축하고, 적어도 하나의 파라메타는 알려지지 않은, 셋 또는 그 이상의 파라메타를 가지는 확정적 및 임의적 콘볼루션 모델에 근거하여 확률밀도함수를 구축하고, 역콘볼루션 과정을 통해 알려지지 않은 파라메타를 결정하는 단계를 포함한다.

하나의 실시예에 의하면, 적어도 하나의 임의적 파라메타는 알려져있고, 확정적 파라메타는 역콘볼루션 과정을 통해 하나 이상의 알려진 임의적 파라메타로부터 결정된다.

다른 실시예에 의하면, 모든 임의적 파라메타는 알려져있고, 확정적 파라메타는 역 콘볼루션 과정을 통해 알려진 임의적 파라메타를 근거로 하여 결정된다.

다른 실시예에 의하면, 적어도 하나의 확정적 파라메타는 알려져 있으며, 임의적 파라메타는 역콘볼루션 과정을 통하여 하나 또는 그 이상의 확정적 파라메타를 근거로 하여 결정된다.

다른 실시예에 의하면, 모든 확정적 파라메타는 알려져 있고, 임의적 파라메타는 역콘볼루션 과정을 통해 알려진 확정적 파라메타를 근거로 하여 결정된다.

다른 실시예에 의하면, 어떠한 파라메타도 알려져있지 않으며, 확정적 및 임의적 파라메타는 역콘볼루션 과정을 통하여 결정된다.

또 다른 실시에에 의하면, 디스트리뷰션(distribution)은 신호 디스트리뷰션 (signal distribution)이다.

본 발명은 컴퓨터의 프로세스, 컴퓨팅 시스템 또는 컴퓨터 프로그램 제품이나 읽을수 있는 컴퓨터 매체와 같은 기성품으로 구현될 수도 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 컴퓨터 시스템에 의해 읽어질 수 있고, 컴퓨터 프로세스를 구동시키기 위한 컴퓨터 명령어 프로그램을 부호화하는 저장매체일 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 프로세스를 구동시키기 위한 명령어로 된 컴퓨터 프로그램을 부호화하는 컴퓨팅 시스템에 의하여 읽어질 수 있는 매체의 의해 전달되는 신호일 수 있다.

본 발명을 특징짓는 상기와 같은 특징과 다른 다양한 특징 및 잇점들은 이하의 상세한 설명과 도면을 참조로 할 때 명백할 것이다.

도면의 간단한 설명

본 발명은 다음과 같은 첨부된 도면과 다양한 실시예에 대한 상세한 설명을 통해 더욱 완전하게 이해될 수 있을것이다 :

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 신호분석시스템을 위한 대표적인 하드웨어 환경을 도시하는 예시도이며,

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 역콘볼루션 과정을 이용하여 확정적 및 임의적 모델 파라메타를 결정하는 분석 프로그램에 의하여 수행되는 단계를 도시한 흐름도이며,

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 분석 프로그램에 의한 디스트리뷰션 분석시 수행되는 단계를 도시한 흐름도이며,

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 분석 프로그램에 의한 디스트리뷰션 분석시 수행되는 단계를 도시한 흐름도이며,

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 분석 프로그램에 의한 디스트리뷰션 분석시 수행되는 단계를 도시한 흐름도이며,

도 6은 역콘볼루션 과정을 이용한 분석 프로그램에 의해 수행되는 단계들을 나타내는 블록도이며,

도 7은 노이즈가 없는 경우의 확정적 부분에 대한 확률분포함수(PDF)의 결정을 도시한 도면이며,

도 8은 노이즈가 있는 경우의 확정적 부분에 대한 PDF의 결정을 도시한 도면이며,

도 9는 본 발명의 일 실시예에 의한 일곱개의 확정적 및 임의적 모델 파라메타를 가지는 디스트리뷰션의 도면이다.

본 발명은 다양한 변형과 다른 형태로 변형될수 있으므로, 세부사항은 도면에 예시적으로 도시되어 있으며 상세히 설명될 것이다. 그러나, 본발명은 기술된 특정한 실시예에 국한되지 않음을 이해해야 한다. 반대로 본 발명은 본 발명의 범위와 정신에 속하는 모든 변형, 등가물 및 대체물을 포함한다.

실시예

본 발명은 디스트리뷰션의 분석 장치 및 방법에 응용가능하다고 보인다. 하 기의 예는 지터 분석에 대한 것이다. 비록 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니지만, 본 발명의 다양한 측면은 이하의 예에 대한 검토를 통해 이해될 것이다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 신호 분석 시스템 100의 대표적 하드웨어 환경을 도시하는 예시도이다. 전형적인 형태는 카운터를 통해 두가지 이벤트(시작과 종료) 사이의 시간 간격을 측정하기 위한 측정 장치 102를 포함한다. 측정장치는 미국 특허 제 4,908,784에 도시되어 있다. 전형적인 측정장치는 MN. 에덴 프레이리 소재의 웨이브크레스트 코포레이션에서 입수가능한 웨이브크레스트 DTS-2075이다.

당업계의 평균적인 지식을 가진자는 실세계 측정에 기반한 (즉, 이상적이 아니거나 불확실성이 따르는 측정) 신호/디스트리뷰션 분석이 가능한 다른 시스템도 응용가능함을 인식할 것이다. 일반적으로, 디스트리뷰션 소스(distribution source)로 작동할 수 있는 어떠한 제품이라도 포함할 수 있다. 이러한 장치들은 오실로스코프, 자동 테스트 장비(ATE : automated test equipment), 스펙트럼 분석기, 네트워크 분석기, 시간간격분석기(TIA : time interval analyzer), 범용 시간 주파수 카운터(universal time frequency counter) 및 변조 도메인 분석기 (modulation domain analyzer)를 구비한다. 다른 장치들은 CCD, X-레이 카메라, MRI, 및 초음파장비를 구비할 수 있다.

측정 장치 102는 워크스테이션 104와 인터페이스되며, 워크스테이션 104에 상주하는 분석 프로그램 106의 제어하에 작동한다. 분석 프로그램 106은 전형적으로 데이터 분석 소프트웨어로 구현된다. 하나의 상업적으로 입수가능한 소프트웨 어는 MN. 에덴 프레이리 소재의 웨이브크레스트 코포레이션에서 입수가능한 웨이브크레스트 버추얼 인스트루먼트(VI) 소프트웨어이다. 다른 분석 소프트웨어는 랩뷰 (LABVIEW), 매스캐드(MathCad), 매트랩(MATLAB), 매스매티카(Mathematica)등이 있다. 워크스테이션 104는 프로세서 108, 랜덤 억세스 메모리(RAM), 리드온리메모리 (ROM)을 포함한 메모리 및 기타 부품을 구비한다. 상기 워크스테이션 104는 UNIX나 마이크로소프트의 WIMDOWS NT와 같은 운영체계의 제어하에서 작동하며, 출력 장치 110를통해 사용자에게 메모리에 저장된 데이터를 제시하고, 키보드나 마우스와 같은 입력장치 112로 사용자로부터 명령을 입력받아 진행한다.

본 발명의 상기 분석 프로그램 106은 바람직하게는 하나 또는 이상의 컴퓨터프로그램 또는 워크스테이션 104에 의하여 구동되는 응용프로그램으로 구현된다. 당 업계의 평균적인 지식을 가진 자는 워크스테이션 104의 기능이 분석 프로그램 106에 의해 수행되는 단계의 일부 또는 전부를 구현하기 위하여 측정장치 102가 CPU 118, 메모리 140, 및 I/O 138 를 구비하는 것과 같은 다른 하드웨어 구성으로도 구현될 수 있음을 인식할 것이다. 일반적으로 본 발명을 구현하는 운영체계 및 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체, 즉 집드라이브나 플로피 디스크, 하드 드라이브, 시디롬, 펌웨어 또는 테이프 드라이브와 같은 하나 이상의 데이터 저장장치 114로 실체적으로 구현될 수 있다. 그러나, 이러한 프로그램은 원격 서버, 퍼스널 컴퓨터 또는 기타 컴퓨터 장치에 상주할 수도 있다. 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체는 컴퓨팅 시스템에 의하여 접속가능한 어떠한 매체도 가능하다. 예를들어, 이에 한정되지는 않으나, 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 구비할 수 있다.

컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터로 읽을 수 있는 명령어, 자료구조, 프로그램 모듈 또는 다른 데이터와 같은 정보를 저장하기 위한 방법이나 기술에 의하여 구현되는 휘발성 및 비휘발성, 제거가능하거나 제거가능하지 않은 매체를 포함한다. 컴퓨터 저장 매체는, 이에 한정되지 않으나, RAM, ROM, EPROM, 플래쉬 메모리 또는 다른 메모리 기술, 시디롬, 디브이디(DVD) 또는 기타 광학 저장장치, 마그네틱 카세트, 마그네틱 테이프, 마그네틱 디스크 저장장치 또는 기타 마그네틱 저장장치 또는 바람직한 정보를 저장하고 컴퓨팅 시스템에 의하여 접속가능한 다른 매체를 포함한다.

통신 매체(communication media)는 전형적으로 컴퓨터에서 읽을 수 있는 명령어, 자료구조, 프로그램 모듈 또는 캐리어 웨이브나 다른 전송 구조와 같은 모듈화된 데이터 신호내의 다른 데이터로 구현되며, 정보 전달매체를 포함한다. '모듈화된 데이터 신호'란 하나 이상의 문자셋을 포함하는 신호 또는 신호 내부의 정보를 부호화하기 위한 방식으로 변형된 신호를 의미한다. 예를들어, 이에 한정되지 않으나, 통신 매체는 유선 네트워크(wired network) 또는 직접 유선 연결(direct wired connection)과 같은 유선 매체 및 음성, RF, 적외선 기타 적외선 매체와 같은 적외선 매체를 포함한다. 상기의 어떠한 조합도 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체의 범위에 속한다. 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체는 컴퓨터 프로그램 제품이라고도 언급된다.

상기 분석 프로그램 106은 다른 측정/분석 옵션과 측정 순서를 제공한다. 상기 분석 프로그램 106은 온보드 CPU 118을 통해 측정 장치 102와 상호작용한다. 일 실시예에 있어, 상기 측정 장치 102는 동기적 또는 비동기적으로 신호를 측정할 수 있도록 아밍(arming) 및 인에이블링(enabling) 기능을 제공한다. 신호는 측정이 이루어진 이벤트가 발생한 채널 입력 아밍/인에이블링 제어 120, 122, 124 및 126으로 제공된다. 카운터/인터폴레이터(interpolator) 128, 130 및 132는 시작과 종료 이벤트 사이의 시간 간격을 측정한다. 인터폴레이터는 0.8ps의 조밀한 시간 해상도를 제공한다. 입력 제어 120, 122, 124 및 126에 대응하여 멀티플렉서 134는 카운터/인터폴레이터 128, 130 및 132를 클럭 136 신호에 따라 제어한다. 클럭 136은 전형적으로 정확한 크리스탈 오실레이터이다.

당 업계의 평균적인 지식을 가진 자는 도 1에 도시된 예시적인 환경이 본 발명을 한정하기 위함이 아님을 인식할 것이다. 실제로, 평균적인 지식을 가진 자는 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 범위내에서 다른 하드웨어 환경을 사용할 수 있음을 인식할 것이다.

본 발명의 다양한 논리적 동작의 실시예는 (1)컴퓨터에서 구현된 동작의 연속이나 컴퓨터 시스템에서 동작하는 프로그램 모듈로 구현되거나 (2)컴퓨팅 시스템 내부의 상호연결된 기계적 논리 회로나 회로 모듈로 구현될 수 있다. 이러한 구현은 본 발명을 구현하는 컴퓨팅 시스템의 성능 요구사항에 따라 선택될 문제이다. 따라서, 본 발명의 실시예를 구현하는 논리적 동작은 조작, 구조적 장치, 동작 및 모듈과 같이 다양하게 언급된다. 업계의 평균적인 지식을 가진자는 이러한 조작, 구조적 장치, 동작 및 모듈이 소프트웨어나, 펌웨어, 특수목적의 디지탈 로직, 본 발명의 범위와 정신을 벗어나지 않는 다른 어떠한 조합으로도 가능함을 인식할 것이다.

도 2는 분석 프로그램 106에 의하여 수행되는 본 발명의 일 실시예에 의한 역콘볼루션 과정을 이용하여 확정 및 임의 모델 파라메타를 결정하는 단계를 도시한 흐름도이다. 본 발명은 디스트리뷰션의 확정 및 임의 모델 파라메타를 분석하는 것에 관한 것이다. 본 발명의 일실시예에 의하면, 상기 분석 프로그램 106은 신호의 지터를 분석한다. 다른 실시예에 의하면, 상기 분석 프로그램은 전압, 공간, 압력, 온도, 속도, 전류, 주파수, 파장, 전원 및 에너지를 포함하는 물리적 양에 관련된 노이즈를 측정할 수 있다.

직렬 데이터 통신에 있어 지터는 이상적인 비트 클럭 액티브 변환(bit clock active transition)시간에 상대적인 데이터 변환(data transition)시간의 차이이다. 디지탈 시스템에서의 지터는 이상적인 클럭 시간과 실제 클럭 시간의 차이이다. 모든 신호에 있어, 지터는 확정적 및 임의적 부분을 포함한다. 확정적 지터(DJ)는 본질적으로 크기에 제한이 있으며 피크 투 피크로(peak-to-peak) 측정될 수 있다. 임의적 지터(RJ)는 본질적으로 가우시안과 크기에 제한이 없다. RJ는 확률적이므로, 표준편차의 추정값의 시그마에 의해 정량화된다. RJ는 하나 또는 그 이상의 가우시안 디스트리뷰션에 의해 모델링된다.

블록 200은 상기 분석 프로그램 106이 측정 장치 102로부터 데이터를 수집하는 것을 나타낸다. 상기 데이터는 물리적인 것 또는 모델링된 것이다. 블록 202는 상기 분석 프로그램 106이 PDF 함수가 디스트리뷰션을 정의하도록 상기

데이터 에 근거한 총(total) 확률분포함수(PDF)를 구성하는 것을 나타낸다. 비록 다양한 빈(bin) 너비와 슬라이딩 윈도우에 의하여 정의되는 다른 다양한 디스트리뷰션들이 사용될 수 있지만 상기 디스트리뷰션은 전형적으로 히스토그램이다. 총 PDF는 전형적으로 확정적 부분과 임의적 부분의 PDF의 콘볼루션이다.

블록 204는 상기 분석 프로그램 106이 총 세개 이상의 파라메타를 가지는 확정적 모델과 임의적 모델에 근거하여 PDF를 구성하는 것을 나타낸다. 몇가지 실시예에서는 단 하나의 임의적 모델 파라메타(시그마)가 존재한다. 다른 구현예에서는 하나이상의 임의적 모델 파라메타가 존재한다. 신호 분석 응용에 있어서, 확정적 모델 파라메타는 시간위치와 임펄스 신호(impulse signal)의 크기이다. 설명하는 바와 같이 상기 파라메타는 상대적인 감각으로 측정된다.

몇몇 실시예에서는 하나의 확정적 시간 파라메타와 두개의 임의적 모델 파라메타가 존재하며, 확정적 모델의 크기는 일정하다고 가정한다. 다른 실시예에 있어서는 하나 이상의 확정적 모델 파라메타가 존재한다.

역콘볼루션 방법은 바람직하게는 총 셋 이상의 파라메타를 가진다. 파라메타의 수는 모델의 가장 작은 값을 갖는 파라메타를 이용하여 계산된다. 예를들어, 세개의 파라메타 모델은 하나의 확정적 시간위치 파라메타, 하나의 확정적 상대 크기 파라메타, 및 하나의 임의적 시그마 파라메타를 가진다. 세개의 파라메타를 갖는 모델은 하나의 확정적 시간 위치 파라메타와 두개의 임의적 시그마 파라메타를 가질 수도 있다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 의한 총 일곱개의 확정적 및 임의적 모델 파 라메타를 갖는 디스트리뷰션을 도시한다. 확정적 모델은 세개의 델타로 구성된다. 파라메타의 크기 파라메타는 $d(1) = 1$ 일때 $d(2)$ 및 $d(3)$이다. 시간 파라메타는 $t_1=0$일 때 t_2 및 t_3 이다. 따라서, 네개의 확정적 파라메타는 $d(2)$, $d(3)$, t_2 및 t_3 이다. 임의적 모델은 세개의 정규화된 가우시안 함수로 구성되는데, 각각의 표준 편차는 σ_1, σ_2 및 σ_3 이다. 따라서, 세개의 임의적 파라메타는 σ_1, σ_2 및 σ_3 이다.

블록 206은 상기 분석 프로그램 106이 확정적 모델과 임의적 모델의 파라메타를 역콘볼루션(또는 분해(decomposition))좌정을 통해 결정하는 것을 나타낸다.

총(total) 디스트리뷰션은 확정적 디스트리뷰션과 임의적 디스트리뷰션의 콘볼루션(또는 합성(composition))이다. 지터의 예에 있어 총 지터(total jitter : TJ)는 DJ와 RJ의 콘볼루션이다. 따라서, DJ PDF와 RJ PDF는 TJ PDF에 기여한다. 일단 총(total) PDF가 구성되면, 역 콘볼루션 (또는 분해) 과정은 문제를 역으로 풀어 DJ PDF와 RJ PDF를 결정하는 것을 의미한다.

도 6은 분해과정을 사용하여 분석 프로그램 106에 의해 수행되는 과정을 나타내는 블록도이다.

블록 600은 상기 분석 프로그램 106이 역문제(inverse problem)을 정의하는 것을 나타낸다.

블록 602는 상기 분석 프로그램 106이 역문제를 수학적으로 계산하는 것을 나타낸다.

블록 604는 상기 분석 프로그램 106이 역문제를 푸는 것을 나타낸다.

상기 문제는 예를들어 다수개의 선형방정식이나 콘볼루션/역콘볼루션, 다항식 분할, 변환 영역 분할, 또는 다른 알려진 방법을 사용하여 계산될 수 있다. 역문제를 풀기위한 접근은 옵티마이저(optimizer) 및 비 옵티마이저(non-optimizer) 과정, 반복 및 비반복 과정을 포함한다. 이러한 과정의 최초의 데이터는 '알려지지 않은' 것이거나 '부분적으로 알려진' 것이다. '알려진'이란 모델 파라메타의 지식의 수준을 가리킨다. 일반적으로, 확정적 부분은 다수의 델타 디스트리뷰션으로 모델링되며, 임의적 부분은 하나이상의 가우시안 디스트리뷰션으로 모델링된다. 확정적 또는 임의적 파라메타가 알려지지 않거나 부분적으로 알려진 때 상기 지식은 '알려지지 않은' 또는 '부분적으로 알려진'과 같이 표현된다. 본 발명에 의한 다양한 실시예에서, 역문제를 풀기위한 파라메타의 지식은 (1) 일부 또는 모든 확정적 파라메타가 알려지고, 임의적 파라메타가 알려지지 않은 경우, (2) 확정적 파라메타는 알려지지 않고, 임의적 파라메타의 일부 또는 전부가 알려진 경우, (3) 확정적 및 임의적 파라메타가 모두 알려지지 않은 경우로 나누어 진다.

하기에서는, 역문제를 해결하기 위해 사용되는 과정을 도시하겠다. 업계의 평균적인 지식을 가진자는 이하의 한정된 수의 예시적인 과정들이 본 발명을 한정하기 위함이 아님을 인식할 것이다. 실제로, 업계의 평균적인 지식을 가진자는 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 다른 과정이 사용될 수 있음을 인식할 것이다.

DJ PDF 모델을 $P_{DJ}(t)$라고 할 때,

$$P_{DJ}(t)= \sum_{n=1}^{N} d(n)\delta(t-t_n)$$ 수학식 (1)

수학식 (1)에서, $d(1)=1$, $t_1=0$이다.

명백하게, t_n 은 DJ PDF의 n번째 델타 임펄스의 위치를 나타내며, 연관된 RJ PDF가 i이고 $P_{DJ}(t_n)=d(n)$이다.

$$P_{RJ\text{-}n}(t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta_n}\, e^{-\frac{(t-t_n)^2}{2\delta_n^2}}$$ 수학식 (2)

t_1, t_N 은 DJ PDF의 첫번째(최소) 및 마지막(최대) 위치를 각각 나타낸다. N-1 개의 독립적인 상대크기 파라메타($d(1)=1$을 포함하지 않는) 및 N-1개의 시간 파라메타($t_1=0$을 포함하지 않는)로 DJ PDF를 기술하기 위해 총 N 델타 임펄스가 존재한다. TJ PDF 모델을 $P_{TJ}(t)$로 표기하자. TJ PDF와 RJ PDF들의 관계가

$$P_{TJ}(t)=\sum_{n=1}^{N} d(n)P_{RJ\text{-}n}$$

$$=\sum_{n=1}^{N}\frac{d(n)}{\sqrt{2\pi}\delta_n}\, e^{-\frac{(t-t_n)^2}{2\delta_n^2}}$$ 수학식 (3)

으로 표현되는 것이 명백하다. 즉, TJ PDF는 다중 가우시안 함수의 합이 쉬프트(shift)되고 가중치가 붙은 것이다. 측정된 TJ PDF는 $P_{TJ\text{-}M}(t_n)$로 표시된다.

<u>과정 1</u>

이것은 일부 또는 모든 확정적 또는 임의적 모델 파라메타가 알려지지 않은 경우에 사용될 수 있는 종래의 알려진 전통적인 옵티마이저(optimizer) 과정이다.

이하에서는 이 과정에 포함된 전형적인 단계를 설명한다.

1 단계 : 초기 상태를 가정한다. 즉, 모든 알려지지 않은 델타 임펄스 크기와 모든 알려지지 않은 가우시안 함수 표준편차에 대하여 특정한 초기값을 가정한다.

2 단계 : 상기 초기값을 사용하여 수학식 (3)에 근거해 TJ PDF모델을 평가한다.

3 단계 : 측정된(measured) TJ PDF 및 계산된(calculated) TJ PDF에 근거하여 오류함수(error function)을 정의한다. 일정한 정확성을 획득하기 위하여 모델 파라메타를 조작하여 이러한 오류함수값을 최소화 한다.

4 단계 : 상기 단계는 반복적이거나 적응적(adaptive)이다. 일단 목적이 성취되면 모델 파라메타가 결정된다.

옵티마이저 과정에 대한 더욱 자세한 사항은 참고자료를 참조할 것. 즉, 최적화 이론 및 응용(Optimization Theory and Applications), DA, 피에르, 도버 퍼블리케이션, 인크, 뉴욕, 1986 및 뉴머리컬 레시피(Numerical Recipes), 캐임브리지 대학교 출판부, 1992.

과정 2

이것은 일부 또는 모든 파라메타를 알 수 없을때의 재귀적인 비-옵티마이저 기반의 과정이다.

인접한 DJ 샘플 사이의 간격을 M개의 빈으로 나누고,

$$\Delta t=\frac{t_{n+1}-t_n}{M}$$

으로 정의하면,

1 단계 : DJ PDF의 제 1 델타 임펄스를 고려한다. 즉, $t = t_1$ 일 때,

$$\begin{cases} \dfrac{d(1)}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} = P_{TJ-M}(t_1) \\ \dfrac{d(1)}{\sqrt{2\pi}\sigma_1}\exp\left(\dfrac{\Delta t}{\sqrt{2}\sigma_1}\right)^2 = P_{TJ-M}(t_1 - \Delta t) \end{cases}$$

수학식 (4)

이며, 따라서

$$\begin{cases} \sigma_1 = \dfrac{\Delta t}{\sqrt{2}\left[\ln\dfrac{P_{TJ-M}(t_1)}{P_{TJ-M1}(t_i - \Delta t)}\right]^{1/2}} \\ d(1) = \dfrac{\sqrt{\pi}P_{TJ-M}(t_1)\Delta t}{\left[\ln\dfrac{P_{TJ-M}(t_1)}{P_{TJ-M}(t_1 - \Delta t)}\right]^{1/2}} \end{cases}$$

수학식 (5)

가 된다.

2 단계 : DJ PDF의 제 2 델타 임펄스를 고려한다. 즉, $t = t_2$ 일 때,

$$\begin{cases} \dfrac{d(1)}{\sqrt{2\pi}\sigma_1}\exp\left(\dfrac{\Delta t}{\sqrt{2}\sigma_1}\right)^2 + \dfrac{d(2)}{\sqrt{2\pi}\sigma_2}\exp\left(\dfrac{N\Delta t}{\sqrt{2}\sigma_2}\right)^2 = P_{TJ-M}(t_1 + \Delta t) \\ \dfrac{d(1)}{\sqrt{2\pi}\sigma_i}\exp\left(\dfrac{N\Delta t}{\sqrt{2}\sigma_1}\right)^2 + \dfrac{d(2)}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} = P_{TJ-M}(t_2) \end{cases}$$

수학식 (6)

이며, 따라서

$$\begin{cases} \sigma_2 = \dfrac{N\Delta t}{\sqrt{2}\left[\ln\dfrac{P_{TJ-M}(t_1 + \Delta t) - P_{RJ-1}(\Delta t)}{P_{TJ-M}(t_2) - P_{RJ-1}(N\Delta t)}\right]^{1/2}} \\ d(2) = \sqrt{2\pi}\sigma_2\left[P_{TJ-M}(t_2) - P_{RJ-1}(N\Delta t)\right] \end{cases}$$

수학식 (7)

가 된다.

3 단계 : DJ PDF의 제 n 번째 델타 임펄스를 고려한다. 즉, $t = t_n$ 일 때,

$$\begin{cases} \sigma_n = \dfrac{N\Delta t}{\sqrt{2}\left[\ln \dfrac{P_{TJ-M}(t_{n-1}+\Delta t) - P_{RJ-(n-1)}(\Delta t)}{P_{TJ-M}(t_n) - P_{RJ-(n-1)}(N\Delta t)}\right]^{1/2}} \\ d(n) = \sqrt{2\pi}\,\sigma_n\left[P_{TJ-M}(t_n) - P_{RJ-(n-1)}(N\Delta t)\right] \end{cases}$$

수학식 (8)

이다.

만일, $P_{TJ-M}(t)$가 이산적인(discrete) 형태라면, $P_{TJ-M}(t_n)$은 선형 또는 다항식 보간법(interpolation)을 이용하여 추정된다. DJ 델타 임펄스의 시간 간격을 RJ 시그마 값보다 크게 하는 것이 유리하다. 상기 과정은 인접한 두개의 델타 사이에서 다양한 샘플링 조합에 대하여 반복될 수 있으며, 평균값을 취할 수 있다. 델타와 빈의 개수는 일정하게 분포할 필요는 없다.

<u>과정 3</u>

이것은 모든 확정적 파라메타와 모든 임의적 파라메타가 알려져 있을 때 사용될 수 있는 비-옵티마이저 기반이며, 비-재귀적인 닫힌 과정이다.

다른 실시예에 있어, 닫힌 과정은, 이에 한정되지 않으나, 연립방정식을 푸는 것을 포함한다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 의한 분석 프로그램 106의 디스트리뷰션 분석시 수행되는 단계를 도시한 흐름도이다. 블록 300은 상기 분석 프로그램 106이 측정장치 102로 부터 데이터를 수집하는 것을 나타낸다. 상기 데이터는 물리적인 것이거나 모델에 기반한 것이다.

블록 302는 상기 분석 프로그램 106이 PDF가 디스트리뷰션을 정의하도록 하는 데이터에 근거하여 확률밀도함수(PDF)를 구성하는 것을 나타낸다. 비록 다양한 빈(bin) 너비와 슬라이딩 윈도우에 의하여 정의되는 다른 다양한 디스트리뷰션들이 사용될 수 있지만 상기 디스트리뷰션은 전형적으로 히스토그램이다. PDF는 확정적 함수과 임의적 함수의 콘볼루션이다. 본 실시예에서, 임의적 함수는 알려진 파라메타를 갖는다. 임의적 파라메타는 하나의 시그마 또는 다수개의 시그마일 수 있다.

블록 304는 상기 분석 프로그램 106이 역 콘볼루션 과정을 통해 알려진 임의적 모델 파라메타에 근거하여 확정적 함수 파라메타를 결정하는 것을 나타낸다. 일부 실시예에서는 하나의 알려진 임의적 파라메타(시그마)가 존재한다. 다른 실시예에서는 하나 이상의 알려진 임의적 파라메타가 존재할 수 있다. 다양한 실시예에 있어서, 확정적 함수 파라메타는 임펄스 신호 시간 위치 및 크기를 포함한다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 의한 분석 프로그램 106의 디스트리뷰션 분석시 수행되는 단계를 도시한 흐름도이다. 블록 402는 상기 분석 프로그램 106이 각 시간 빈(time bin)의 로컬 통계를 계산하여 지터 히스토그램을 생성하는 것을 나타낸다. 히스트그램은 측정된 물리적 파라메타의 디스트리뷰션의 통계적 표현이다. 상기 빈의 크기는 고정된 적이거나 주어진 디스트리뷰션에 대해 가변적인 것이다. 수학적으로, 히스토그램은 측정된 파라메타에 대하여 다수의 측정의 변화를 나타낸다. 히스토그램을 생성하는 일반적인 과정은 1) 측정 장치 102가 통계적 샘플을 얻기 위하여 반복적으로 신호 파라메타(예를들어, 시간, 주파수, 듀티 사이클(duty cycle) 등)를 측정한다; 2) 분석 프로그램 106이 데이터를 내림차순(오름차순)으로 정렬한다; 3) 분석 프로그램 106이 자동적으로 빈의 크기를 결정하고, 빈의 범위에 해당하는 총 측정의 수를 합산한다; 4) 다양하게 측정된 파라메타 즉 히스토그램에 대한 다수개의 측정의 데이터셋은 통합되고 시각적으로 표현될 수 있다. 비록 본 발명이 히스토그램을 설명하지만, 본 발명은 어떠한 종류의 디스트리뷰션에도 적용될 수 있다. 예를들어, 시간 대 진폭(파형), 주파수 대 진폭(스펙트럼), 시간 대 시간(지터 시간 함수), 시간 대 주파수(지터 스펙트럼).

블록 404는 상기 분석 프로그램 106이 1차 도함수 및 2차 도함수 방법을 이용하여 히스토그램의 말미부분(tail part)을 찾고 결정하는 것을 나타낸다. 말미부분은 상기 디스트리뷰션의 고립된 영역에서 발견할 수 있다. 예시적인 실시예에 있어서, 말미부분의 디스트리뷰션은 히스토그램의 가장 왼쪽(오른쪽) 끝에서 시작(종료)하여 최초의(마지막) 최대값까지이다. 더 자세한 정보는 미국특허 제 6,298,315에서 찾을 수 있다.

블록 406은 상기 분석 프로그램 106이 히스토그램 디스트리뷰션의 말미 χ^2 가 다음과 같이 정의되도록 χ^2 (카이 스퀘어) 방법을 시작하는 것을 나타낸다 :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \left(\frac{y_{mod} - y_i}{\Delta y_i}\right)^2$$ 수학식 (9)

이때 Y_{mod} 는 다음과 같은 모델 예측값이다 :

$$y_{mod} = y_{max} e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sqrt{2}\sigma}\right)^2}$$ 수학식 (10)

이때 Y_{max} 는 가우시안 함수의 최대값, μ는 가우시안 함수의 평균, δ는 가우시안 함수의 표준편차이다. 이들은 적절한 파라메타이다. x_i 와 y_i 는 디스트리뷰션 을 형성하는 데이터의 짝(히스토그램의 경우, x_i 는 측정된 값, y_i 는 x_i 에 대응하는 합산된 이벤트)이다. Δ y_i 는 y_i 데이터의 오차값이다. 가장 적절한 파라메타는 χ^2 를 최소화함으로써 얻어진다. Y_{mod} 는 다른 임의의 함수일 수 있다. χ^2 는 오차와 통계적 변동(fluctuation)에 따르는 측정을 이용하여 정확한 모델 파라메타 유도를 제공한다.

블록 408은 분석 프로그램 106이 가우시안 디스트리뷰션 파라메타를 획득하는 것을 나타낸다. 파라메타 μ와 δ는 디스트리뷰션의 제 1 및 제 2 말미에서 얻어 질 수 있다.

블록 410은 상기 분석 프로그램 106이 RJ PDF를 구성하는 것을 나타낸다.

블록 412는 상기 분석 프로그램 106이 역문제를 풀어서 확정적 부분에 대한 PDF를 획득하는 것을 나타낸다. 본 실시예에서, 역문제를 풀기 위하여 직접 시간 영역(direct time domain) 방법이 사용되었다. 업계의 평균적인 지식을 가진자는 본 발명의 범위를 벗어나지 않고도 다른 방법이 사용될 수 있음을 인식할 것이다. 예를들어, 상기에서 검토한 바와 유사한 옵티마이저 접근방식이 사용될 수 있다.

만일 P_{DJ} 가 한정된 길이 N을 가지며, P_{RJ} 가 한정된 길이 M(M>N)을 가지면, P_{TJ} 는 한정된 길이 N+M-1을 가진다. 명백하게, N×단위구간(Unit Interval : UI)가 확정적 부분의 피크 투 피크(peak-to-peak)값을 나타내기위해 사용될 수 있다. 단일 가우시안 RJ PDF인 수학식 (3)이 다음과 같이 다시 쓰여질 수 있다고 가정하면:

$$P_{TJ}(l) = t(l) = \sum_{n=1}^{N} d(n) P_{RJ}(l-n) = \sum_{n=1}^{N} d(n) g(l-n)$$ 수학식 (12)

이의 행렬 형태는 다음과 같이 다시 쓰여질 수 있다.

$t = Gd$ 수학식 (13)

즉,

$$\overbrace{\begin{bmatrix} t(1) \\ t(2) \\ t(3) \\ \vdots \\ t(L) \end{bmatrix}}^{L\times 1} = \overbrace{\begin{bmatrix} g(1) & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ g(2) & g(1) & 0 & \cdots & 0 \\ g(3) & g(2) & g(1) & \cdots & 0 \\ \vdots & & & & \\ g(N) & g(N-1) & g(N-2) & \cdots & g(1) \\ g(N+1) & g(N) & g(N-1) & \cdots & g(2) \\ \vdots & & & & \\ g(M) & g(M-1) & g(M-2) & \cdots & g(M-N+1) \\ 0 & g(M) & g(M-1) & \cdots & g(M-N+2) \\ \vdots & & & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & g(M) \end{bmatrix}}^{L\times N} \overbrace{\begin{bmatrix} d(1) \\ d(2) \\ d(3) \\ \vdots \\ d(N) \end{bmatrix}}^{N\times 1}$$ 수학식 (14)

N+M-1와 등가인 L을 선택할 때, 수학식 14는 과다하게 결정된(over-determined) 문제를 나타낸다. 행렬 G는 토플리츠(Toeplitz) 행렬이고, 수학식 13으로부터 행렬 G가 임의적부분의 PDF로 부터 결정된다는 것이 명백하다.

본 발명에 따른 일 실시예에 있어, 콘볼루션의 선형 방정식 공식이 사용될 수 있다. 확정적 부분에 대한 PDF 추정은 수학식 14를 풀어 획득할 수 있다.

행렬 G의 속성은 이 문제를 푸는데 중요하다. 특히, 다음을 만족하는 역행렬 G^{-1} 의 존재가 중요하다.

$G^{-1}G=1$ 수학식 (15)

이때, I는 단위정방행렬(unit diagonal matrix)이며, 따라서 수학식 (13)의 해를 구할 수 있다. 즉,

$d=G^{-1}t$ 수학식 (16)

그러나, G의 역행렬이 항상 존재한다는 사실에 근거하는 것은 비현실적이므로, 행렬 G는 특별한 경우를 제외하고는 나쁜 조건을 가진다. 행렬 G가 역행렬을 가지는지에 대하여 고려하지 않고, 간단한 의사-인버스(pseudo-inverse) 접근이 사용될 수 있다.

L×N 행렬인 G를 가정할 때, N×L 행렬인 G^{+} 을 G의 의사 역행렬(pseudo inverse matrix)로 정의하자. (G'G)의 역행렬이 존재한다고 가정할 때, G^{+} 는

$G^{+}=(G'G)^{-1}G'$ 수학식 (17)

이때, G'은 G의 전치행렬이며, 다음을 얻을 수 있다.

$d^{+}=G^{+}t$ 수학식 (18)

이는 수학식 (7)의 최소 제곱(least-square) 해이며, 즉, d 를 조작함으로써 d^{+} 는 다음을 만족한다.

$\min_{d}\|t-Gd\|$ 수학식 (19)

의사-인버스 접근은 무어-펜로즈 일반화 행렬 인버스(Moore-Penrose generalized matrix inverse)로도 불린다. 수학식 (18)은 최소 길이 최소 제곱 (shortest length least square) 해, 최소-놈 최소-제곱(minimum norm least square) 해 또는 최소 프로베니우스(유클리디안)놈 (minimum Frobenius (Euclidean)) 해로 불리며, 수학식 (13)의 가장 근접한 해이다.

만일 역행렬 G가 존재한다면, 의사-인버스는 역행렬을 직접 구하기 위한 비용이 많이 드는 방법에 불과하다. 즉, 이 경우 결론은 의사-인버스가 여전히 G^{-1} 을 구하느데 사용된다는 것이다. 반대로, G의 역행렬이 존재하지 않으면, G^{-1} 의 일부의, 전체는 아니지만, 특성을 가지는 G^{+} 를 언제나 사용할 수 있다.

(G'G)는 자기상관(autocorrelation) 행렬이며, 나쁜 조건을 가질 수 있다. 일부 실시예에서는, 업계의 평균적인 지식을 가진 자들에게 널리 알려진 바와 같이 해를 안정화시키기 위하여 행렬의 대각(diagonal)의 요소에 화이트 노이즈(white noise)를 추가할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 자기상관 행렬 (G'G)의 대각 값의 1%(η)와 같은 상수가 행렬의 인버스 연산 이전에 대각 요소에 더해진다.

수학식 (18)은 측정에 아무런 노이즈가 없을때 안정적인 해를 얻기 위하여 활용될 수 있다. 가공되지 않은 TJ PDF 데이터는 상기 알고리즘을 적용하기 전에 노이즈 감소를 위한 전처리 - 예를들어 다음의 예에서 설명하는 바와 같은 서브-공간(sub-space) 노이즈 감소와 같은 - 가 필요하다. 더 자세한 정보를 위해서는 참고자료 즉, K 헤르무스, I 돌로글루, P 왬바크 및 DV 콤페놀 저, 유로 스피치 5권, 부다페스트, 헝가리 1999년 9월 '건실한 음성인식을 위한 완전히 적응적인 SVD 기반의 노이즈 감소(Fully Adaptive SVD-based noise removal for robust speech recognition' 1951 - 1954쪽 및 TK 문, WC 스틸링 저, 프렌티스 홀, 어퍼 새들 리버, NJ 07458, 2000년 '신호처리를 위한 수학적 방법과 알고리즘(Mathematical Methods And Algorithims for Signal Processing)'을 참조할 것.

도 7은 지터 예의 노이즈가 없는 경우의 확정적 부분에 대한 PDF의 결정을 도시한다. 플롯 700은 원래의 DJ PDF 및 구별되지 않는, 의사-인버스를 통해 복구된 DJ PDF를 나타낸다. 플롯 702는 안정화(stabilization) 후의 복구된 PDF를 나타낸다. 플롯 704는 임의적 부분에 대한 단일(single) 가우시안 PDF를 나타낸다. 플롯 706은 TJ PDF를 나타낸다.

도 8은 노이즈가 있는 상태에서 확정적 부분에 대한 PDF의 결정을 나타낸다. 플롯 800은 확정적 부분에 대한 원래의 PDF를 나타낸다. 플롯 802는 안정화 이후의 복구된 DJ PDF를 나타낸다. 플롯 804는 노이즈가 없는 TJ PDF를 타나낸다. 플롯 806은 노이즈 감소후의 TJ PDF를 나타낸다. 플롯 808은 노이즈가 있는 TJ PDF를 나타낸다.

노이즈는 몬테 카를로(Monte Carlo) 방법에 근거한 난수 생성기에 의해 발생될 수 있으며, 평균은 0, 의 표준편차는 최대 결합(maximum combined) PDF의 10%이다. 노이즈 감소 알고리즘을 사용하기 위하여, 노이즈의 분산(variance)이 가장 먼저 추정되어야 한다. 본 실시예에서, 말미에 해당하는 세그먼트로부터 얻어진 데이터를 사용하여 수행된다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 분석 프로그램 106이 디스트리뷰션을 분석함에 있어 수행되는 단계를 나타내는 흐름도이다. 블록 500은 분석 프로그램 106이 측정장치 102로부터 데이터를 수집하는 것을 나타낸다. 데이터는 물리적인 것일 수 있으며, 모델에 근거한 것일 수도 있다.

블록 502는 PDF함수가 디스트리뷰션을 정의하도록 하는 데이터에 근거하여 확률밀도함수(PDF)를 구성하는 것을 나타낸다. PDF는 확정적 함수와 임의적 함수의 콘볼루션이다. 본 실시예에서, 확정적 함수는 알려진 파라메타를 갖는다. 일부 실시예에서 확정적 파라메타는 임펄스 신호 시간 위치(impulse signal time location) 및 크기를 포함할 수 있다.

블록 504는 상기 분석 프로그램 106이 역콘볼루션 과정을 이용하여 알려진 확정적 함수 파라메타에 근거하여 임의적 함수 파라메타를 결정하는 것을 나타낸다.

산업상 이용 가능성

상기의 도면은 본 발명의 방법을 수행하기 위하여 구현될 수 있는 방법론, 루틴(routine), 및/또는의 논리적 프로그램 단계를 나타낸다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 바람직한 루틴을 도시하는 방법에 의하여 다른 프로그래밍 단계가 포함될 수 있고, 특정한 논리적 흐름이 의도될 수 있다.

비록 본 발명은 시간 지터를 분석하는 것을 참조로 하여 설명되었으나, 첨부하는 청구항은 지터의 예에만 국한되지 않는다. 예를들어, 전압, 공간, 압력, 온도, 속도, 전류, 주파수, 파장, 전력, 에너지 및 금융관련 양을 포함하는, 이에 국한되지 않으나, 다른 측정가능한 양이 분석될 수도 있다.

다양한 실시예가 도시하는 방법으로 제공되었으나, 본 발명을 한정하는 것으 로 해석되어서는 않된다. 당업계의 평균적인 지식을 가진자는 도시된 응용과 예시적인 실시예 이외에도 본 발명의 범위와 정신을 벗어나지 않고 본 발명에 귀착되는 다양한 변형과 변경을 쉽게 인식할 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

아래의 단계들을 포함하는 임의적(random) 부분과 확정적(deterministic) 부분을 구비한 측정가능한 디스트리뷰션(distribution)의 분석 방법:

데이터 소스(data source)로부터 데이터를 수집하는 단계;

확률밀도함수가 디스트리뷰션을 형성하도록 상기 데이터에 근거하여 확률밀도함수를 구축하는 단계로서, 여기서 상기 확률밀도함수가 확정적 함수(deterministic function)와 임의적 함수(random function)의 콘볼루션(convolution)인 단계;

적어도 하나의 파라메타는 알려지지 않은, 셋 이상의 파라메타를 갖는 콘볼루션 모델에 기초하여 확률밀도함수를 구축하는 단계로서, 상기 콘볼루션 모델이 확정적 모델 및 임의적 모델(random model)을 갖는 단계;

역콘볼루션 과정(deconvolution process)을 이용하여 미지의 파라메타를 결정하는 단계.

청구항 2.
제 1항에 있어서, 상기 확정적 모델이 확정적 파라메타를 갖고, 상기 임의적 모델이 두 개 이상의 임의적 파라메타를 갖는 방법.

청구항 3.
제 2항에 있어서, 상기 확정적 파라메타가 시간 위치(time location)인 방법.

청구항 4.
제 1항에 있어서, 상기 확정적 모델이 적어도 하나의 위치 파라메타 및 적어도 하나의 크기 파라메타(magnitude parameter)를 갖는 방법.

청구항 5.
제 1항에 있어서, 상기 결정 단계가

역문제(inverse problem)를 구성하는 단계; 및

역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 6.
제 5항에 있어서, 상기 역문제가 재귀적 해법(recursive solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 7.
제 5항에 있어서, 상기 역문제가 옵티마이저 기초 해법(optimizer based solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 8.
제 1항에 있어서, 상기 디스트리뷰션이 신호 디스트리뷰션인 방법.

청구항 9.
제 1항에 있어서, 모든 파라메타들이 알려지지 않은 방법.

청구항 10.
제 1항에 있어서, 적어도 하나의 임의적 모델 파라메타는 알려져 있고, 상기 결정 단계는 역콘볼루션을 이용하여 공지의 임의적 모델 파라메타에 기초하여 확정 적 모델 파라메타를 결정하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 11.
제 10항에 있어서, 상기 확정적 모델이 확정적 파라메타를 갖고 임의적 모델이 두개 이상의 임의적 파라메타를 갖는 방법.

청구항 12.
제 11항에 있어서, 상기 확정적 파라메타가 시간 위치인 방법.

청구항 13.
제 10항에 있어서, 상기 확정적 모델이 시간 위치 파라메타와 크기 파라메타를 갖는 방법.

청구항 14.
제 10항에 있어서, 상기 결정 단계가

역문제를 구성하는 단계; 및

역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 15.
제 14항에 있어서, 상기 역문제가 재귀적 해법(recursive solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 16.
제 14항에 있어서, 상기 역문제가 옵티마이저 기초 해법(optimizer based solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 17.
제 10항에 있어서, 상기 디스트리뷰션이 신호 디스트리뷰션인 방법.

청구항 18.
제 10항에 있어서, 모든 파라메타들이 알려져 있는 방법.

청구항 19.
제 18항에 있어서, 상기 결정 단계가

역문제를 구성하는 단계; 및

역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 20.
제 19항에 있어서, 상기 역문제가 닫힌 해법(closed solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 21.
제 1항에 있어서, 적어도 하나의 확정적 파라메타는 알려져 있고, 상기 결정 단계는 역콘볼루션을 이용하여 공지의 확정적 모델 파라메타에 기초하여 임의적 모델 파라메타를 결정하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 22.
제 21항에 있어서, 상기 확정적 모델이 확정적 파라메타를 갖고 임의적 모델이 두개 이상의 임의적 파라메타를 갖는 방법.

청구항 23.
제 22항에 있어서, 상기 확정적 파라메타가 시간 위치인 방법.

청구항 24.
제 21항에 있어서, 상기 확정적 모델이 시간 위치 파라메타와 크기 파라메타를 갖는 방법.

청구항 25.
제 21항에 있어서, 상기 결정 단계가

역문제를 구성하는 단계; 및

역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 26.
제 25항에 있어서, 상기 역문제가 재귀적 해법(recursive solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 27.
제 25항에 있어서, 상기 역문제가 옵티마이저 해법(optimizer solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 28.
제 21항에 있어서, 상기 디스트리뷰션이 신호 디스트리뷰션인 방법.

청구항 29.
제 21항에 있어서, 모든 확정적 파라메타들이 알려져 있는 방법.

청구항 30.
제 29항에 있어서, 상기 결정 단계가

역문제를 구성하는 단계; 및

역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 31.
제 30항에 있어서, 상기 역문제가 닫힌 해법(closed solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 32.
아래의 구성 요소들을 포함하는 임의적(random) 부분과 확정적(deterministic) 부분을 구비한 디스트리뷰션의 분석 장치:

(a) 데이터를 수집하는 측정 장치;

(b) 상기 측정 장치와 동작가능하게 연결되어 있고, 상기 측정 장치로부터 데이터를 수집하여; 확률밀도함수가 디스트리뷰션을 형성하도록 상기 데이터에 근거하여 확률밀도함수를 구축하며; 여기서 상기 확률밀도함수가 확정적 함수(deterministic function)와 임의적 함수(random function)의 콘볼루션(convolution)이고, 적어도 하나의 파라메타는 알려지지 않은, 셋 이상의 파라메타를 갖는 콘볼루션 모델에 기초하여 확률밀도함수를 구축하고, 상기 콘볼루션 모델이 확정적 모델 및 임의적 모델(random model)을 가지며; 역콘볼루션 과정(deconvolution process)을 이용하여 미지의 파라메타를 결정하는 분석 유니트(anlayzing unit).

청구항 33.
제 32항에 있어서, 상기 확정적 모델이 확정적 파라메타를 갖고, 상기 임의적 모델이 두 개 이상의 임의적 파라메타를 갖는 장치.

청구항 34.
제 33항에 있어서, 상기 확정적 파라메타가 시간 위치(time location)인 장치.

청구항 35.
제 32항에 있어서, 상기 확정적 모델이 적어도 하나의 위치 파라메타 및 적어도 하나의 크기 파라메타(magnitude parameter)를 갖는 장치.

청구항 36.
제 32항에 있어서, 상기 분석 유니트가 역문제를 구성하고, 역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 장치.

청구항 37.
제 36항에 있어서, 상기 역문제가 재귀적 해법(recursive solution)에 의해 풀리는 장치.

청구항 38.
제 36항에 있어서, 상기 역문제가 옵티마이저 기초 해법(optimizer based solution)에 의해 풀리는 장치.

청구항 39.
제 32항에 있어서, 상기 디스트리뷰션이 신호 디스트리뷰션인 장치.

청구항 40.
제 32항에 있어서, 모든 파라메타들이 알려지지 않은 장치.

청구항 41.

제 32항에 있어서, 적어도 하나의 임의적 모델 파라메타는 알려져 있고, 상 기 분석 유니트가 역콘볼루션을 이용하여 공지의 임의적 모델 파라메타에 기초하여 확정적 모델 파라메타를 결정하는 장치.

청구항 42.
제 41항에 있어서, 상기 확정적 모델이 확정적 파라메타를 갖고 임의적 모델이 두개 이상의 임의적 파라메타를 갖는 장치.

청구항 43.
제 42항에 있어서, 상기 확정적 파라메타가 시간 위치인 장치.

청구항 44.
제 41항에 있어서, 상기 확정적 모델이 시간 위치 파라메타와 크기 파라메타를 갖는 장치.

청구항 45.
제 41항에 있어서, 상기 분석 유니트가 역문제를 구성하고, 역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 장치.

청구항 46.
제 45항에 있어서, 상기 역문제가 재귀적 해법(recursive solution)에 의해 풀리는 장치.

청구항 47.
제 45항에 있어서, 상기 역문제가 옵티마이저 해법(optimizer based solution)에 의해 풀리는 장치.

청구항 48.
제 41항에 있어서, 상기 디스트리뷰션이 신호 디스트리뷰션인 장치.

청구항 49.
제 41항에 있어서, 모든 파라메타들이 알려져 있는 장치.

청구항 50.
제 49항에 있어서, 상기 분석 유니트가 역문제를 구성하고, 역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 장치.

청구항 51.
제 50항에 있어서, 상기 역문제가 닫힌 해법(closed solution)에 의해 풀리는 장치.

청구항 52.
제 32항에 있어서, 적어도 하나의 확정적 파라메타는 알려져 있고, 분석 유니트는 역콘볼루션을 이용하여 공지의 확정적 파라메타에 기초하여 임의적 모델 파라메타를 결정하는 장치.

청구항 53.
제 52항에 있어서, 상기 확정적 모델이 확정적 파라메타를 갖고 임의적 모델이 두개 이상의 임의적 파라메타를 갖는 장치.

청구항 54.
제 53항에 있어서, 상기 확정적 파라메타가 시간 위치인 장치.

청구항 55.
제 52항에 있어서, 상기 확정적 모델이 시간 위치 파라메타와 크기 파라메타 를 갖는 장치.

청구항 56.
제 52항에 있어서, 상기 분석 유니트가 역문제를 구성하고, 역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 장치.

청구항 57.
제 56항에 있어서, 상기 역문제가 재귀적 해법(recursive solution)에 의해 풀리는 장치.

청구항 58.
제 56항에 있어서, 상기 역문제가 옵티마이저 해법(optimizer based solution)에 의해 풀리는 장치.

청구항 59.
제 53항에 있어서, 상기 디스트리뷰션이 신호 디스트리뷰션인 장치.

청구항 60.
제 53항에 있어서, 모든 확정적 파라메타들이 알려져 있는 장치.

청구항 61.
제 60항에 있어서, 상기 분석 유니트가 역문제를 구성하고, 역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 장치.

청구항 62.
제 61항에 있어서, 상기 역문제가 닫힌 해법(closed solution)에 의해 풀리는 장치.

청구항 63.
메모리를 구비하는, 컴퓨터에 의해 판독가능한 프로그램 저장 매체를 포함하는 제조 물품으로서, 상기 매체가 컴퓨터에 의해 실행가능하여 아래의 단계들을 포함하는 임의적(random) 부분과 확정적(deterministic) 부분을 구비한 디스트리뷰션의 분석 방법을 수행하는, 지시들의 하나 이상의 프로그램들을 구체적으로 구현하는 제조 물품:

(a) 데이터 소스로부터 데이터를 수집하는 단계;

(b) 확률밀도함수가 디스트리뷰션을 형성하도록 상기 데이터에 근거하여 확률밀도함수를 구축하는 단계로서, 여기서 상기 확률밀도함수가 확정적 함수(deterministic function)와 임의적 함수(random function)의 콘볼루션(convolution)인 단계;

(c) 적어도 하나의 파라메타는 알려지지 않은, 셋 이상의 파라메타를 갖는 콘볼루션 모델에 기초하여 확률밀도함수를 구축하는 단계로서, 상기 콘볼루션 모델이 확정적 모델 및 임의적 모델(random model)을 갖는 단계;

(d) 역콘볼루션 과정(deconvolution process)을 이용하여 미지의 파라메타를 결정하는 단계.

청구항 64.
제 63항에 있어서, 상기 확정적 모델이 확정적 파라메타를 갖고, 상기 임의적 모델이 두 개 이상의 임의적 파라메타를 갖는 방법.

청구항 65.
제 64항에 있어서, 상기 확정적 파라메타가 시간 위치(time location)인 방법.

청구항 66.
제 63항에 있어서, 상기 확정적 모델이 적어도 하나의 위치 파라메타 및 적어도 하나의 크기 파라메타(magnitude parameter)를 갖는 방법.

청구항 67.
제 63항에 있어서, 상기 결정 단계가

역문제를 구성하는 단계; 및

역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 68.
제 67항에 있어서, 상기 역문제가 재귀적 해법(recursive solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 69.
제 67항에 있어서, 상기 역문제가 옵티마이저 기초 해법(optimizer based solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 70.
제 63항에 있어서, 상기 디스트리뷰션이 신호 디스트리뷰션인 방법.

청구항 71.
제 63항에 있어서, 모든 파라메타들이 알려지지 않은 방법.

청구항 72.
제 63항에 있어서, 적어도 하나의 임의적 모델 파라메타는 알려져 있고, 상기 결정 단계는 역콘볼루션을 이용하여 공지의 임의적 모델 파라메타에 기초하여 확정적 모델 파라메타를 결정하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 73.
제 72항에 있어서, 상기 확정적 모델이 확정적 파라메타를 갖고 임의적 모델이 두개 이상의 임의적 파라메타를 갖는 방법.

청구항 74.
제 73항에 있어서, 상기 확정적 파라메타가 시간 위치인 방법.

청구항 75.
제 72항에 있어서, 상기 확정적 모델이 시간 위치 파라메타와 크기 파라메타를 갖는 방법.

청구항 76.
제 72항에 있어서, 상기 결정 단계가

역문제를 구성하는 단계; 및

역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 77.
제 76항에 있어서, 상기 역문제가 재귀적 해법(recursive solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 78.
제 76항에 있어서, 상기 역문제가 옵티마이저 해법에 의해 풀리는 방법.

청구항 79.
제 72항에 있어서, 상기 디스트리뷰션이 신호 디스트리뷰션인 방법.

청구항 80.
제 72항에 있어서, 모든 파라메타들이 알려져 있는 방법.

청구항 81.
제 80항에 있어서, 상기 결정 단계가

역문제를 구성하는 단계; 및

역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 82.
제 81항에 있어서, 상기 역문제가 닫힌 해법(closed solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 83.
제 63항에 있어서, 적어도 하나의 확정적 모델 파라메타는 알려져 있고, 상기 결정 단계는 역콘볼루션을 이용하여 공지의 확정적 파라메타에 기초하여 임의적 모델 파라메타를 결정하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 84.
제 83항에 있어서, 상기 확정적 모델이 확정적 파라메타를 갖고 임의적 모델이 두개 이상의 임의적 파라메타를 갖는 방법.

청구항 85.
제 84항에 있어서, 상기 확정적 파라메타가 시간 위치인 방법.

청구항 86.
제 83항에 있어서, 상기 확정적 모델이 시간 위치 파라메타와 크기 파라메타를 갖는 방법.

청구항 87.
제 83항에 있어서, 상기 결정 단계가

역문제를 구성하는 단계; 및

역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 88.
제 87항에 있어서, 상기 역문제가 재귀적 해법(recursive solution)에 의해 풀리는 방법.

청구항 89.
제 87항에 있어서, 상기 역문제가 옵티마이저 해법에 의해 풀리는 방법.

청구항 90.
제 83항에 있어서, 상기 디스트리뷰션이 신호 디스트리뷰션인 방법.

청구항 91.
제 83항에 있어서, 모든 확정적 파라메타들이 알려져 있는 방법.

청구항 92.
제 91항에 있어서, 상기 결정 단계가

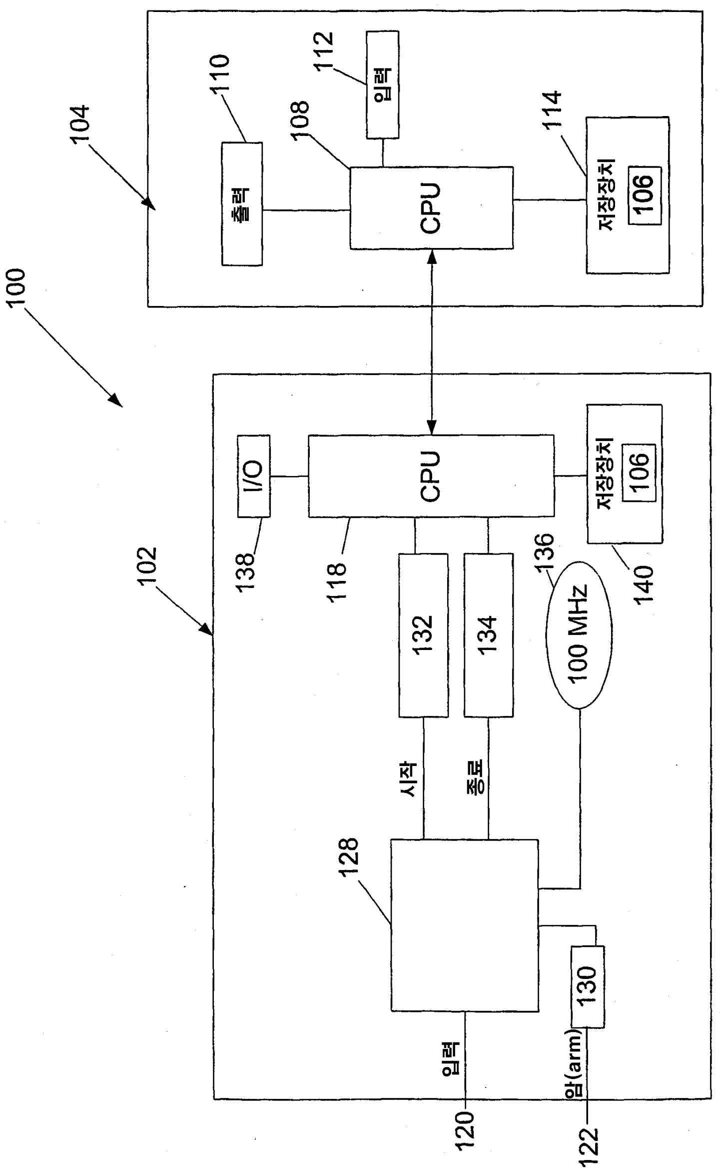
역문제를 구성하는 단계; 및

역문제를 풀어 파라메타들을 추출하는 단계를 포함하는 방법.

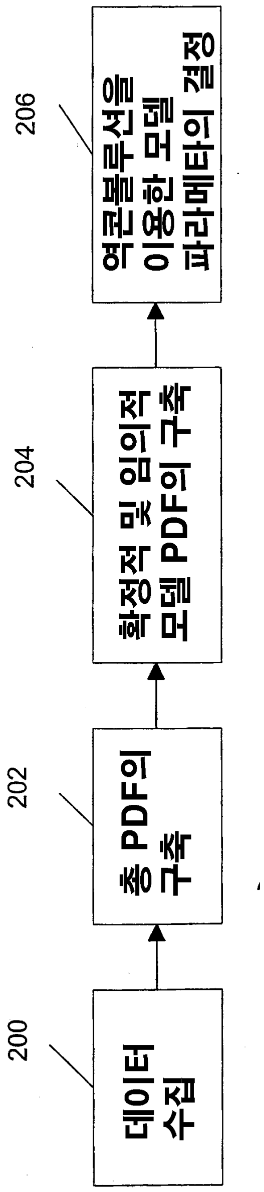
청구항 93.
제 92항에 있어서, 상기 역문제가 닫힌 해법(closed solution)에 의해 풀리는 방법.

도면

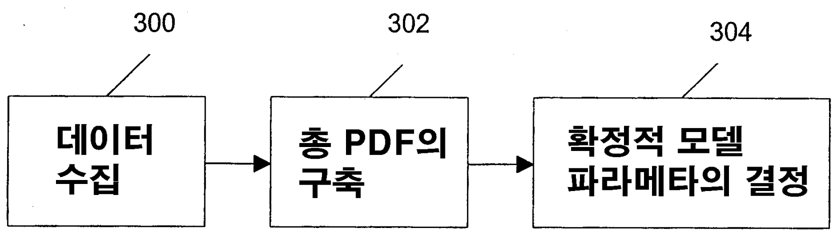
도면1


100
104
110
112
108
114
출력
입력
CPU
저장장치
106
102
138
118
I/O
CPU
저장장치
106
136
140
132
134
100 MHz
시작
종료
128
130
입력
암(arm)
120
122

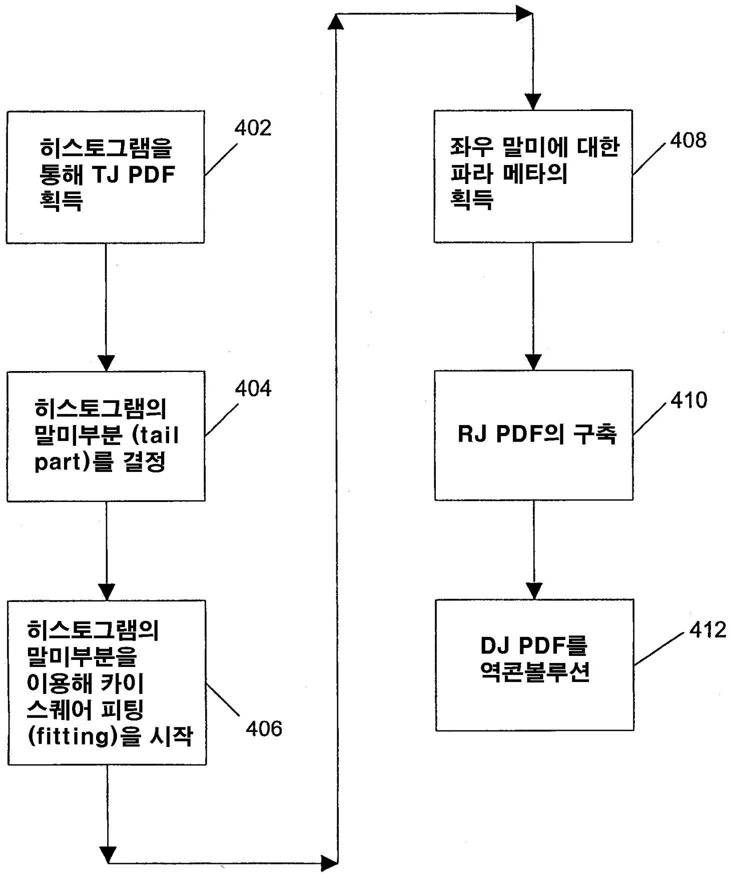
도면2


206
역콘볼루션을 이용한 모델 파라메타의 결정
204
확정적 및 임의적 모델 PDF의 구축
202
총 PDF의 구축
200
데이터 수집

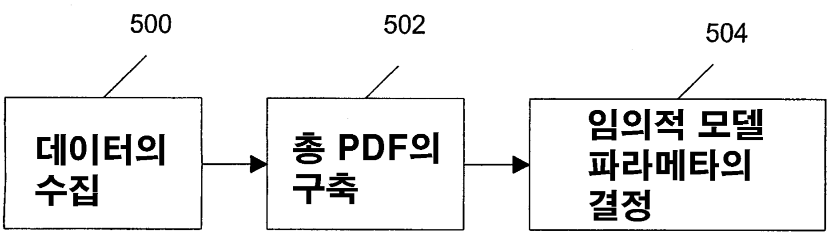
도면3


300
302
304
데이터 수집
총 PDF의 구축
확정적 모델 파라메타의 결정

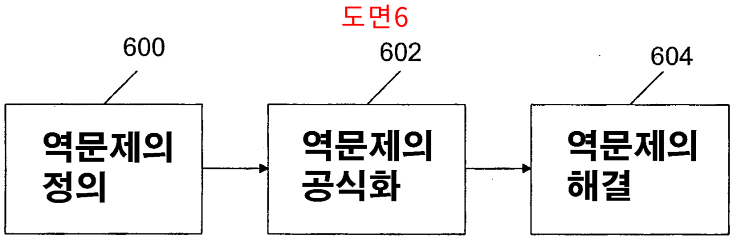
도면4


히스토그램을 통해 TJ PDF 획득
402
히스토그램의 말미부분 (tail part)를 결정
404
히스토그램의 말미부분을 이용해 카이 스퀘어 피팅 (fitting)을 시작
406
좌우 말미에 대한 파라 메타의 획득
408
RJ PDF의 구축
410
DJ PDF를 역콘볼루션
412

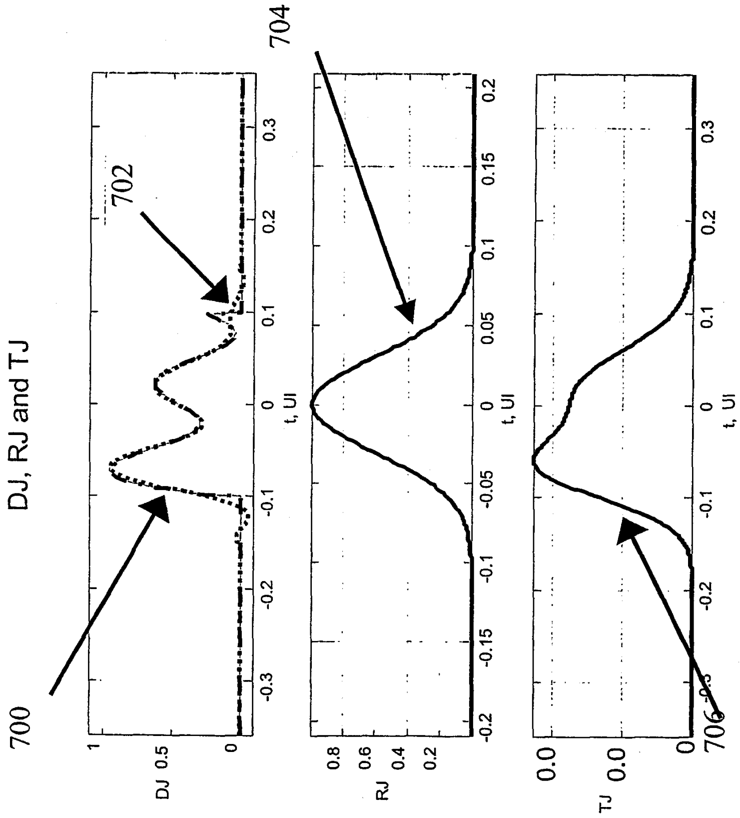
도면5


500
502
504
데이터의 수집
총 PDF의 구축
임의적 모델 파라메타의 결정

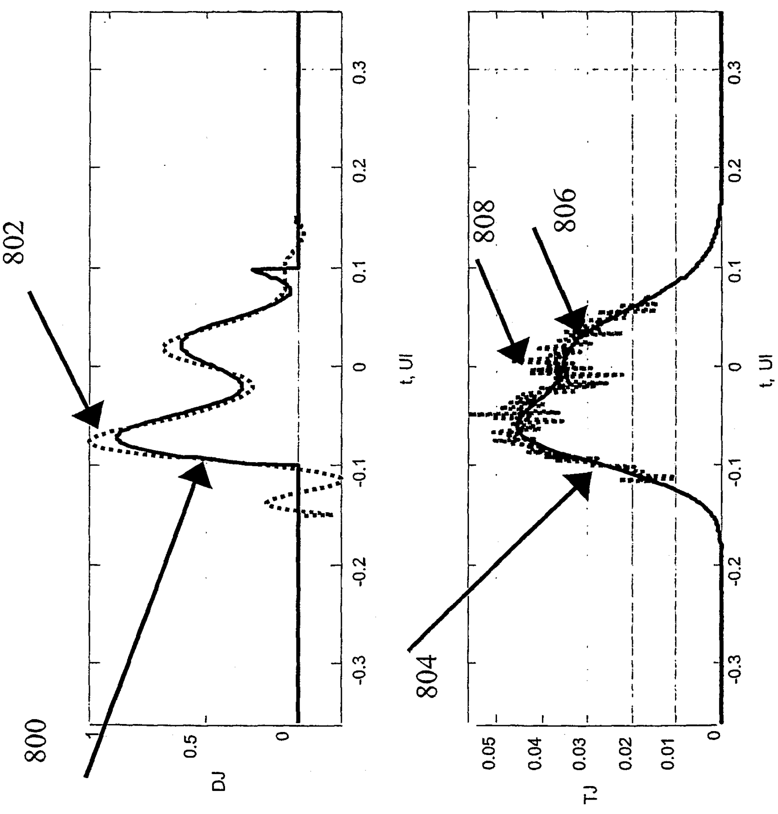
도면6


600
602
604
역문제의 정의
역문제의 공식화
역문제의 해결

도면7


DJ, RJ and TJ
700
702
704
706
DJ
RJ
TJ
t, UI

도면8


800
802
804
806
808
DJ
TJ
t, UI

도면9