



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년01월02일
 (11) 등록번호 10-0790430
 (24) 등록일자 2007년12월24일

- (51) Int. Cl.
G01M 17/00 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2003-7003889
 (22) 출원일자 2003년03월18일
 심사청구일자 2006년01월10일
 번역문제출일자 2003년03월18일
 (65) 공개번호 10-2003-0041139
 (43) 공개일자 2003년05월23일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2001/029674
 국제출원일자 2001년09월21일
 (87) 국제공개번호 WO 2002/25240
 국제공개일자 2002년03월28일
 (30) 우선권주장
 60/234,131 2000년09월21일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 US05168395 A1
 US05317104 A1
 US05561667 A1

- (73) 특허권자
엠티에스 시스템즈 코포레이션
 미국 미네소타주 55344-2290 에덴 프레یری 테크
 놀로지 드라이브 14000
 (72) 발명자
머천트마이클
 미국미네소타주애플밸리
룬드리차드
 미국미네소타주55318차스카워너썬클112017
만도그
 미국미네소타주쇼어우드
 (74) 대리인
김태홍, 신정건

전체 청구항 수 : 총 27 항

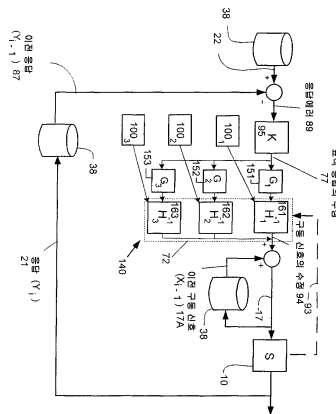
심사관 : 박종오

(54) 테이퍼링을 갖는 다중 영역 콘볼버

(57) 요약

본 발명에 따른 다중 영역 콘볼버(140)는 연속하는 물리 시스템(10)의 모델 사이에 테이퍼링이 있다. 이 테이퍼링은 전환 기간 동안 수행된다.

대표도 - 도4a



(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르키즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베리아, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크멘, 터어키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 아랍에미리트, 안티구와바부다, 코스타리카, 도미니카, 알제리, 모로코, 탄자니아, 남아프리카, 벨리제, 모잠비크

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 가나, 감비아, 짐바브웨

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르키즈스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스, 터어키

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기니 비사우, 적도 기니

특허청구의 범위

청구항 1

소정 형태의 물리 시스템의 모델을 사용하여 물리 시스템을 제어하는 방법으로서,

제1 모델하에서의 작동으로부터 제2 모델하에서의 작동으로 전환하는 기간 동안 물리 시스템의 제1 모델 및 제2 모델에 입력을 적용하는 단계와;

전환 기간 동안 제1 모델로부터의 출력과 제2 모델로부터의 출력을 통합하여 물리 시스템을 제어하는 단계를 포함하고, 상기 입력은 전환 기간 동안 제1 모델 및 제2 모델에 적용될 때 점차 감소하거나 증가하는 것인 물리 시스템 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수(tapering function)가 전환 기간 동안 입력의 크기를 시간에 대하여 감소시키고, 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수가 전환 기간 동안 입력의 크기를 시간에 대하여 증대시키는 것인 물리 시스템 제어 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수와 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수는 상보적인 것인 물리 시스템 제어 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 게인(gain)이 전환 기간 동안 1.0에서 0.0으로 변화하고, 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 게인이 전환 기간 동안 0.0에서 1.0으로 변화하는 것인 물리 시스템 제어 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 전환 기간 중 임의의 순간에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 게인과 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 게인의 합은 1이하인 것인 물리 시스템 제어 방법.

청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 전환 기간 중 임의의 순간에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 게인과 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 게인의 합은 1인 것인 물리 시스템 제어 방법.

청구항 7

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 테이퍼링 함수의 각각은 사이클로이드 함수(cycloidal function)를 포함하는 것인 물리 시스템 제어 방법.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 모델은 물리 시스템의 역모델(inverse model)을 포함하는 것인 물리 시스템 제어 방법.

청구항 9

제5항에 있어서, 상기 모델은 물리 시스템의 순방향 모델(forward model)을 포함하는 것인 물리 시스템 제어 방법.

청구항 10

컴퓨터로 판독 가능하고, 실행되면 컴퓨터가 물리 시스템을 제어할 수 있게 하는 명령을 포함하는 컴퓨터 판독 가능 매체로서, 상기 명령은

제1 모델하에서의 작동으로부터 제2 모델하에서의 작동으로 전환하는 기간 동안 물리 시스템의 제1 모델 및 제2 모델에 입력을 적용하는 단계와;

전환 기간 동안 제1 모델로부터의 출력과 제2 모델로부터의 출력을 통합하여 물리 시스템을 제어하는 단계를 포함하고, 상기 입력은 전환 기간 동안 제1 모델 및 제2 모델에 적용될 때 점차 감소하거나 증가하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수가 전환 기간 동안 입력의 크기를 시간에 대하여 감소시키고, 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수가 전환 기간 동안 입력의 크기를 시간에 대하여 증대시키는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수와 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수는 상보적인 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인이 전환 기간 동안 1.0에서 0.0으로 변화하고, 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인이 전환 기간 동안 0.0에서 1.0으로 변화하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 14

제10항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 전환 기간 중 임의의 순간에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인과 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인의 합은 1이하인 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 15

제10항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 전환 기간 중 임의의 순간에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인과 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인의 합은 1인 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 16

제11항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 테이퍼링 함수의 각각은 사이클로이드 함수를 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 17

제14항에 있어서, 상기 모델은 물리 시스템의 역모델을 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 18

제14항에 있어서, 상기 모델은 물리 시스템의 순방향 모델을 포함하는 것인 컴퓨터 판독 가능 매체.

청구항 19

물리 시스템 제어용 시스템 제어기로서,

제1 모델하에서의 작동으로부터 제2 모델하에서의 작동으로 전환하는 기간 동안 물리 시스템의 제1 모델 및 제2 모델에 입력을 적용하는 적용 수단과;

전환 기간 동안 제1 모델로부터의 출력과 제2 모델로부터의 출력을 통합하여 물리 시스템을 제어하는 제어 수단을 포함하고, 상기 입력은 전환 기간 동안 제1 모델 및 제2 모델에 적용될 때 점차 감소하거나 증가하는 것인 시스템 제어기.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 적용 수단은, 전환 기간 동안 입력의 크기를 시간에 대하여 감소시키는 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수와, 전환 기간 동안 입력의 크기를 시간에 대하여 증대시키는 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수를 포함하는 것인 시스템 제어기.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수와 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수는 상보적인 것인 시스템 제어기.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인이 전환 기간 동안 1.0에서 0.0으로 변화하고, 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인이 전환 기간 동안 0.0에서 1.0으로 변화하는 것인 시스템 제어기.

청구항 23

제19항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 전환 기간 중 임의의 순간에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인과 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인의 합은 1이하인 것인 시스템 제어기.

청구항 24

제19항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 전환 기간 중 임의의 순간에 있어서, 상기 제1 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인과 상기 제2 모델과 관련한 테이퍼링 함수의 계인의 합은 1인 것인 시스템 제어기.

청구항 25

제20항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 테이퍼링 함수의 각각은 사이클로이드 함수를 포함하는 것인 시스템 제어기.

청구항 26

제23항에 있어서, 상기 모델은 물리 시스템의 역모델을 포함하는 것인 시스템 제어기.

청구항 27

제23항에 있어서, 상기 모델은 물리 시스템의 순방향 모델을 포함하는 것인 시스템 제어기.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 사실상 반복적인 또는 적어도 어느 정도의 예행(豫行)이 실시되어야 하는 시스템, 기계 또는 공정의 제어에 관한 것이다. 보다 구체적으로는, 본 발명은 진동 시스템에 대한 입력으로서 구동 신호를 발생시키는 것에 관한 것이다.

배경기술

<2> 시험편에 적용되는 부하 및/또는 운동을 모의 실험할 수 있는 진동 시스템은 일반적으로 공지되어 있다. 진동 시스템은 성능 평가, 내구성 시험 및 그 밖의 여러 용도로 폭 넓게 사용되고 있으며, 제품 개발에 매우 효과적이다. 예컨대, 자동차, 오토바이 등의 개발에 있어서, 도로 또는 시험 트랙 등의 작동 조건을 모의로 설정한 실험 환경에서 차량 또는 그 하부 구조물을 시험하는 것은 매우 일반적인 것이다. 진동 시스템에 적용되어 작동 환경을 재현할 수 있는 구동 신호를 개발하기 위하여, 실험실에서의 물리적 모의 실험은 잘 알려진 데이터 수집 및 분석 방법을 필요로 한다. 이러한 방법은 작동 환경의 물리적 입력에 대한 "원격" 변환기를 차량에 설치하는 것을 포함한다. 통상의 원격 변환기로는 스트레인 게이지, 가속도계 및 관심 작업 환경을 함축적으로 정하는 변위 센서 등이 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 그 후, 차량은 동일한 작동 환경에서 구동되고, 원격 변환기의 응답(내부 부하 및/또는 운동)은 기록으로서 기록된다. 진동 시스템에 설치된 차량을 모의 실험

하는 동안, 진동 시스템의 액츄에이터는 앞서 기록된 원격 변환기의 응답(즉, 기록)을 실험실의 차량에 재현하도록 구동된다.

<3> 그러나, 모의 설정된 시험을 실시하기 전에, 진동 시스템에 대한 입력 구동 신호와 원격 변환기의 응답 사이의 관계의 특성을 실험실에서 알아내어야 한다. 일반적으로, 이러한 "시스템 확인" 과정은, 이하에서는 "물리 시스템(physical system)"으로 지칭하는 전체 물리 시스템(예컨대, 진동 시스템, 시험편 및 원격 변환기)의 각각의 모델 또는 전달 함수를 얻는 단계와; 이 물리 시스템의 역모델 또는 전달 함수를 계산하는 단계와; 상기 역모델 또는 전달 함수를 이용하여 진동 시스템에 대한 적절한 구동 신호를 반복적으로 얻어서, 작동 환경에서 발견되는 것과 실질적으로 동일한 응답을 실험실에 있는 시험편 상의 원격 변환기로부터 얻는 단계를 포함한다. [당업자라면, 원격 변환기가 시험 시스템의 입력부로부터 물리적으로 멀리 떨어져 있지 않는 경우, 예컨대 "원격" 변환기가 진동 시스템 제어기의 피드백 변수(예컨대, 힘 또는 운동 등)인 경우에도, 상기 적절한 구동 신호를 얻는 공정이 바뀌지 않는다는 것을 알 것이다.]

<4> 그 후, 상기 역모델을 모의 실험 중에 이용하여, 진동 시스템의 제어용 구동 신호를 얻는다. 그러나, 바람직한 모의 실험에 따르면, 단일의 역모델보다는 복수 영역의 역모델을 얻어 이용하는 것이 더 좋다. 예컨대, 이력 제어(time history control) 하에서, 서로 다른 희망 이력 입력의 영역에 대하여 상이한 역모델이 이용된다. 일반적으로, 이는 상이한 이력 영역에 대한 제어 알고리즘에 상이한 역모델을 이용하는 것을 포함한다. 그러나, 상이한 역모델을 연속적으로 제어 알고리즘에 이용하면, 불안정 및 그 밖의 의도하지 않았던 결과들이 초래되어, 진동 시스템 또는 시험편에 손상을 입힐 수 있다. 따라서, 전문한 문제점들을 해결하는 개선이 필요하다.

발명의 상세한 설명

<5> 소정 형태의 물리 시스템 모델을 이용하여 물리 시스템을 제어하는 방법 및 장치로서, 제1 모델하에서의 작동으로부터 제2 모델하에서의 작동으로 전환하는 기간 중에 물리 시스템의 제1 모델 및 제2 모델에 입력을 적용하는 것을 포함하는 것이다. 상기 입력은 전환 기간 동안 제1 모델 및 제2 모델에 적용될 때 점차 감소하거나 증가한다. 제1 모델 및 제2 모델로부터의 출력은 전환 기간 동안 통합되어, 물리 시스템을 제어한다. 이를 위해 컴퓨터 판독 가능 매체가 이용될 수도 있다.

실시 예

<21> 도 1은 물리 시스템(10)을 예시한다. 일반적으로, 물리 시스템(10)은 서보 제어기(14) 및 액츄에이터(15)를 구비하는 진동 시스템(13)을 포함한다. 개략적으로 예시하고 있는 도 1에서, 액츄에이터(15)는 적절한 기계적 인터페이스(16)를 통해 시험편(18)에 연결되는 하나 이상의 액츄에이터를 나타낸 것이다. 서보 제어기(14)는 액츄에이터(15)에 액츄에이터 명령 신호(19)를 제공하고, 이어서 액츄에이터(15)는 시험편(18)을 여진(勵振)한다. 액츄에이터(15)에서 서보 제어기(14)로 적절한 피드백(15A)이 제공된다. 시험편(18) 상의 하나 이상의 원격 변환기(20), 예컨대 변위 센서, 스트레인 게이지, 가속도계 등이 측정된 응답, 즉 실제 응답(21)을 제공한다. 물리 시스템 제어기(23)는 실제 응답(21)을 피드백으로서 수신하여, 구동 신호(17)를 물리 시스템(10)에 대한 입력으로서 전산 처리한다. 후술하는 반복 공정에서, 물리 시스템 제어기(23)는 22에서 제공되는 희망 응답과 시험편(18) 상의 원격 변환기(20)의 실제 응답(21)을 비교한 것에 기초하여, 물리 시스템(10)용 구동 신호(17)를 발생시킨다. 도 1에는 단일 채널의 경우가 예시되어 있지만, N개의 응답 성분으로 이루어진 응답(21)과 N개의 구동 신호 성분으로 이루어진 구동 신호(17)를 갖는 다중 채널 실시예가 일반적이며, 본 발명의 다른 실시예에 고려된다.

<22> 본 명세서에서는 물리 시스템이 진동 시스템(13)과 원격 변환기(20)를 포함하는 경우를 설명하고 있지만, 후술하는 본 발명의 양태는 다른 물리 시스템에 적용될 수도 있다. 예컨대, 제조 공정에서, 물리 시스템은 제조 기계(예컨대, 프레스, 몰딩 장치, 성형기 등)를 포함하고, 구동 신호(17)는 이들 기계에 대한 명령 신호를 제공하며, 실제 응답(21)은 제조 물품의 수동 또는 자동 측정 파라미터, 예컨대 임계 치수를 포함한다. 다른 예로는 정유 공장이 있는데, 여기에서 물리 시스템은 작업 공장이고, 실제 응답(21)은 생산품과 관련된 중간 또는 최종 파라미터를 포함한다. 도 2 및 그와 관련한 설명에서는 본 발명이 이용될 수 있는 적절한 전산 처리 환경을 간단하게, 그리고 전반적으로 기술한다. 필수적인 것은 아니지만, 프로그램 모듈 등과 같이 컴퓨터(30)로 처리되는 전산 처리 가능한 명령에 관한 일반 상황에서 물리 시스템 제어기(23)를 적어도 부분적으로 기술한다. 일반적으로, 프로그램 모듈로는 루틴 프로그램, 객체, 성분, 데이터 구조 등이 있는데, 이들은 특정한 작업을 수행하거나 특정한 추상 데이터형을 제공한다. 블록도와 흐름도를 이용하여 프로그램 모듈을 후술한다. 당업자는

전산 처리 가능한 명령에 대한 상기 블록도 및 흐름도를 실시할 수 있다. 또한, 당업자라면 본 발명이 다른 컴퓨터 시스템 구성, 예컨대 다중 처리기 시스템, 네트워크화된 퍼스널 컴퓨터, 미니 컴퓨터, 메인 프레임 컴퓨터 등을 이용하여 실행될 수 있음을 알 것이다. 또한, 본 발명은 통신 네트워크를 통해 연결된 원격 처리 장치에 의해 작업들이 수행되는 분산 컴퓨팅 환경에서 실행될 수도 있다. 분산 컴퓨터 환경에서, 프로그램 모듈은 로컬 메모리 저장 장치와 원격 메모리 저장 장치 모두에 위치할 수 있다.

- <23> 도 2에 예시된 컴퓨터(30)는 중앙 연산 장치(CPU)(32)와, 메모리(34), 그리고 여러 시스템 구성 요소[예컨대, 메모리(34) 등]를 CPU(32)에 연결하는 시스템 버스(36)를 구비하는 통상의 퍼스널 또는 데스크탑 컴퓨터를 포함한다. 시스템 버스(36)는 메모리 버스 또는 메모리 제어기와, 주변 장치 버스, 그리고 각종 버스 구조 중 어느 하나를 이용하는 로컬 버스를 포함하는 여러 타입의 버스 구조 중 임의의 것일 수 있다. 메모리(34)는 롬(ROM)과 램(RAM)을 포함한다. 예컨대, 시동 중에 컴퓨터(30) 내의 요소들간의 정보 전송을 돕는 기본 루틴을 포함하는 기본 입/출력 시스템(BIOS)이 롬(ROM)에 저장된다. 하드 디스크, 플로피 디스크, 광디스크 드라이브 등과 같은 저장 장치(38)는 시스템 버스(36)에 연결되어 프로그램 및 데이터 저장용으로 사용된다. 당업자라면 컴퓨터로 접근 가능한 그 밖의 타입의 컴퓨터 관독 가능 매체, 예컨대 자기 카세트, 플래쉬 메모리 카드, 디지털 비디오 디스크, RAM, ROM 등도 저장 매체로서 사용할 수 있음을 알 것이다. 일반적으로, 프로그램은 데이터를 수반하거나 수반하지 않는 상태로 하나 이상의 저장 장치(38)로부터 메모리(34)로 로드된다.
- <24> 사용자는 키보드, 위치 지정 기구(마우스) 등과 같은 입력 장치(40)를 통해 컴퓨터(30)에 명령을 내릴 수 있다. 또한, 모니터(42) 또는 그 밖의 타입의 출력 장치가 적절한 인터페이스를 통해 시스템 버스(36)에 연결되어, 사용자에게 피드백을 제공한다. 희망 응답(22)은 모델 등과 같은 통신 회선을 통해, 또는 저장 장치(38)의 이동식 매체를 통해 컴퓨터(30)에 입력으로서 제공될 수 있다. 컴퓨터(30)에 의해 또는 컴퓨터(30)를 진동 시스템(13)에 연결하는 적절한 인터페이스(44)를 통해 실행되는 프로그램 모듈을 기초로 하는 도 1에 도시된 물리 시스템(10)에 구동 신호(17)가 제공된다. 또한, 인터페이스(44)는 실제 응답(21)을 수신한다.
- <25> 본 발명을 설명하기 이전에, 공지의 물리 시스템(10) 모델링 방법과 이에 적용되는 구동 신호(17) 획득 방법을 자세히 다시 살펴보아도 도움이 될 것이다. 이하에서는 시험 차량에 관하여 기술하지만, 상기 종래의 방법 및 후술하는 본 발명은 차량만을 시험하는 것에 한정되는 것이 아니라, 그 밖의 타입의 시험편 및 하부 구조물 또는 그 구성 요소에 이용될 수 있다는 것을 알 것이다. 또한, 광학 분석에 기초한 모델링 평가 및 실행을 가정하여 기술하고 있지만, 그 밖의 여러 수학적 기술[예컨대, AIC(Adaptive Inverse Control) 타입 모델, 예컨대 ARX(Auto Regressive Exogenous) 및 상태 공간 타입의 모델 등과 같은 파라메트릭 회귀 기술, 또는 이들의 조합]에 의해 작업이 실행될 수 있다.
- <26> 도 3a를 참조하면, 단계 52에서 시험 차량에 원격 변환기(20)가 설치된다. 단계 54에서, 시험 차량은 관심 현장 작업 환경하에 있고, 원격 변환기의 응답은 측정되어 기록된다. 예컨대, 시험 차량은 도로 또는 시험 트랙에서 구동될 수 있다. 이렇게 측정된 원격 변환기 응답(일반적으로 아날로그)은 널리 알려진 바와 같이 아날로그-디지털 컨버터를 통해 컴퓨터(30)에 디지털 포맷으로 저장된다.
- <27> 다음으로, 확인 과정에서 물리 시스템(10)의 입/출력 모델이 결정된다. 이 절차는 단계 56에서 구동 신호(17)를 물리 시스템(10)에 입력으로서 제공하고 원격 변환기의 응답(21)을 출력으로서 측정하는 것을 포함한다. 모델 평가용으로 사용되는 구동 신호(17)는 선택된 대역폭 이상의 주파수 성분을 갖는 임의의 "백색 잡음(white noise)" 일 수 있다. 단계 58에서, 물리 시스템(10) 모델의 평가는 단계 56에서 적용되는 입력 구동 신호와 얻어지는 원격 변환기의 응답에 기초하여 계산된다. 한가지 실시예에서, 이는 보통 "주파수 응답 함수(FRF)"로 공지되어 있다. 수학적으로, FRF는 $N \times M$ 행렬이며, 이 행렬의 각 요소는 주파수 의존성 복소 변수(계인 및 위상 대 주파수)이다. 이 행렬의 행은 상기 입력에 해당하며, 열은 출력에 해당한다. 당업자라면 이해하는 바와 같이, FRF는 상기 물리 시스템(10) 또는 이 시스템과 실질적으로 유사한 그 밖의 시스템을 이용하는 이전 시험으로부터 직접 얻을 수도 있다.
- <28> 단계 60에서는, 구동 신호(17)를 원격 변환기의 응답의 함수로서 결정하는 데 역모델 $H(f)^{-1}$ 을 필요로 한다. 당업자라면 이해하는 바와 같이, 역모델은 직접 계산될 수 있다. 또한, 본원에서 사용되는 "역"모델이란 용어는 비정방형 $N \times M$ 시스템에 대한 $M \times N$ "의사-역(pseudo-inverse)" 모델을 포함한다.
- <29> 종래의 방법에서는 이 시점에서, 도 3b에 그리고 일부가 도 4a에 예시된 반복 과정에 들어가 구동 신호(17)를 얻고, 이 구동 신호는 바라는 원격 변환기의 응답(22)(이하에서는 "희망 응답"이라고 함)을 이상적으로 복제하는 실제 응답(21)을 발생시킨다. 물리 시스템의 역모델 $H(f)^{-1}$ 을 72로 나타내고, 물리 시스템(진동 시스템, 시

험 차량, 원격 변환기 및 설비)은 10으로 나타낸다. 도 3b를 참조하면, 단계 78에서는 최초 구동 신호 $17x_1(t)$ 를 결정하기 위해 역모델(72)을 표적 응답 수정(77)에 적용한다. 상기 표적 응답 수정(77)은 최초 구동 신호에 대한 희망 응답(22)일 수 있지만, 거의 대부분 완화 계인 인수(95)에 의해 감소된다. 그 후, 단계 80에서는 역모델(72)로부터 계산된 구동 신호 $17x_1(t)$ 를 물리 시스템(10)에 적용한다. 그 후, 단계 86에서는 적용된 구동 신호 $17x_1(t)$ 에 대한 물리 시스템(10)의 실제 원격 변환기의 응답 $21y_1(t)$ (이하에서는 "실제 응답"이라고 함)을 얻는다. 전체 물리 시스템(10)이 선형[일정한 완화 계인 인수(95) 허용]인 경우, 최초 구동 신호 $17x_1(t)$ 는 필요 구동 신호로서 이용될 수 있다. 그러나, 물리 시스템은 대개 비선형이므로, 정확한 구동 신호(17)는 반복 공정에 의해 도달되는 것이어야 한다. [당업자라면 이해하는 바와 같이, 이전 시험에서 유사한 물리 시스템에 이용된 구동 신호(17)가 최초 구동 신호로서 이용될 수도 있다.]

<30> 반복 공정은 최초 구동 신호 $x_1(t)$ 로부터 얻어지는 제1 실제 응답 $y_1(t)$ 을 기록하는 것과, 단계 88에서 이를 희망 응답(22)과 비교하여 차이로서 응답 에러 $89\Delta y_1$ 를 계산하는 것을 포함한다. [제1 실제 응답 신호 $y_1(t)$ 는 도 4a의 87에 제공된다.] 단계 90에서는 응답 에러 $89\Delta y_1$ 를 미리 선택된 한계값과 비교하고, 응답 에러 89가 한계값을 초과하면 반복 공정이 실시된다. 구체적으로 말하면, 응답 에러 $89\Delta y_1$ 는 완화 계인 인수(95)에 의해 감소되어 새로운 표적 응답 수정(77)이 제공된다. 이 실시예에서는, 전달 함수의 역 $H(f)^{-1}$ 을 새로운 표적 응답 수정(77)에 적용하여 구동 신호 수정 Δx_2 94를 형성하며(단계 91), 이 구동 신호 수정을 제1 구동 신호 $x_1(t)$ 17A에 더하여 단계 92에서 제2 구동 신호 $x_2(t)$ 17를 제공한다. 응답 에러(89)가 모든 응답 채널에서 미리 선택된 한계값 밑으로 떨어질 때까지, 반복 공정(단계 80-92)을 반복한다. 그 후, 희망 응답(22)의 예정된 한계값의 범위 내에 있는 응답(21)을 발생시키는 최종 구동 신호(17)는 시험편을 시험하는 데 사용될 수 있다.

<31> 전술한 바와 같이, 응답 에러 $89\Delta y_1$ 는 일반적으로 완화 계인 인수(또는 반복 계인)(95)에 의해 감소되어 표적 응답 수정(77)을 형성한다. 반복 계인(95)은 반복 공정을 안정시키고, 반복 오버 슈트(overshoot)와 수렴 속도의 균형을 맞춘다. 또한, 반복 계인(95)은 반복 공정 동안에 물리 시스템(10)에 존재하는 비선형성으로 인해 시험 차량에 과부하가 걸릴 가능성을 최소화한다. 당업자라면 이해하는 바와 같이, 구동 신호의 수정 $94\Delta x$ 및 /또는 응답 에러(89)에 반복 계인을 적용할 수 있다. 도 4a에서는 저장 장치(38)가 반복 공정 동안에 희망 응답(22), 실제 응답(21) 및 이전 구동 신호(17A)를 저장하는 데 사용될 수 있다는 점을 유의하여야 한다. 물론, 메모리(34)를 이용할 수도 있다. 또한, 점선(93)은 역모델(72)이 물리 시스템(10)의 역의 추정이라는 것을 나타낸다. 전술한 바와 같이, 당업자는 시판 중인 소프트웨어 모듈, 예컨대 미네소타주 에덴 프레리에 소재하는 MTS 시스템 코포레이션의 RPCIIITM에 포함된 모듈 등을 이용하여 도 4a의 블록도를 실시할 수 있다.

<32> 이 시점에서, 구동 신호 계산용의 변형된 종래의 방법도 설명할 수 있다. 변형된 종래의 방법은 도 3a에 예시된 확인 과정의 단계들과 도 3b에 예시된 반복 과정의 단계들의 대부분을 포함한다. 편의상, 상기 변형된 방법의 반복 공정은 도 3c에 예시되어 있고, 일부가 도 4b에 블록도로 예시되어 있다. 도 4b에 예시된 바와 같이, 표적 응답 수정(77)의 계산은 동일하다. 그러나, 실제 응답(21)과 희망 응답(22) 사이의 응답 에러(89)가 선택된 한계값보다 큰 경우, 단계 97에서 표적 응답 수정(77)을 이전의 표적 응답(79A)에 더하여, 현재의 반복에 대한 새로운 표적 응답(79)을 얻는다. 역모델(72)을 표적 응답(79)에 적용하여 새로운 구동 신호(17)를 얻는다. 도 4b에 예시된 바와 같이, 전술한 이유로 반복 계인(95)을 이용할 수 있다.

<33> 도 5는 통계상 불안정한 도로 표면으로부터 얻은 원격 변환기의 응답 데이터의 이력 기록의 예를 도식적으로 나타낸 것(130)으로, 제1 섹션(132)은 일련의 포트홀(pothole)을 나타내고, 제2 섹션(134)은 자갈을 나타내며, 제3 섹션(133)은 평활한 포장도로를 나타낸다. 예시된 바와는, 포트홀과 자갈 사이에 그리고 자갈 이후에 평활한 포장도로가 위치하지만, 이들 영역은 인접해있을 필요는 없다. 예컨대, 자갈 영역에는 불연속 부분이 있을 수 있다. 일반적으로, 도 4a 및 도 4b에 예시된 바와 같이, 본 발명의 양태는 영역 상호간 테이퍼링이 있는 다중 영역 콘볼버(140)이다. 이 다중 영역 콘볼버(140)는 특정한 이력의 영역과 함께 이용되는 복수 개의 모델 또는 역모델, 예컨대 영역(132-134)에 대해서는 2개 이상의 모델 또는 역모델을 사용할 수 있게 한다. 영역 상호간 테이퍼링은 모델 또는 역모델 사이에 매끄러운 전환을 제공하여, 진동 시스템 또는 시험편에 발생 가능한 손상을 최소화한다.

<34> 도 6은 영역 상호간 테이퍼링이 있는 다중 영역 콘볼버(140)를 예시한다. 다중 영역 콘볼버의 일반적인 용도는 당업계에 공지되어 있다. 도 5의 이력 기록(130)에 관해 살펴보면, 역모델은 기록(130)의 특정 영역마다 형성

될 수 있다. 예컨대, 제1 역모델 H^{-1}_1 은 영역(132)에 대해 사용되고, 제2 역모델 H^{-1}_2 은 영역(134)에 대해 사용되며, 제3 역모델 H^{-1}_3 은 영역(133)에 대해 사용된다. 각 역모델은 테이퍼화 게이트 모듈, 즉 G_1 (151), G_2 (152), G_3 (153)[즉, 해당 모델 H_k 또는 역모델 H^{-1}_k (161-163)을 갖는 각 해당 특정 영역 R_k 에 대해 하나의 테이퍼화 게이트 모듈(G_k)]을 포함한다. $G_1, G_2, G_3, H^{-1}_1, H^{-1}_2, H^{-1}_3$ 가 함께 영역 상호간 테이퍼링의 집합을 갖는 다중 영역 콘볼버(140)를 구성한다. 도 5에는 3개의 영역이 3개의 해당 게이트 모듈 및 3개의 역모델을 포함하는 것으로 예시되어 있지만, 본 명세서에 기재된 기술은 1대1 대응 게이트 모듈과 모델이 제공될 필요가 없는 "N"개의 영역으로 확대될 수 있다.

<35> 도 4a에서, 다중 영역 콘볼버(140)에 대한 입력 신호는 표적 응답 수정(77)을 포함하고, 예시된 바와 같이 각각의 테이퍼화 게이트 모듈(G_1, G_2, G_3)에 적용된다. 각각의 테이퍼화 게이트 모듈(151-153)은 입력 신호에 테이퍼링 함수를 곱하는데, 이 함수는 각 영역 R_k 외부의 값 0.0으로부터 영역 R_k 내부의 값 1.0까지 완만하게 점차 증가하는 함수이다. 다시 말해서, 각각의 테이퍼화 게이트 모듈(151-153)은 각각의 영역에 대하여 이용되는 각각의 역모델 H^{-1}_1 (161), H^{-1}_2 (162), H^{-1}_3 (163)에 입력 신호가 정확하게 적용되도록 이 입력 신호를 필터링한다. 테이퍼링 함수는 시간에 따라 값을 변화시키는, 바람직하게는 완만하게 변화시키는 임의의 형태를 취할 수 있으며, 필요하다면 선형이거나 비선형일 수 있다. 특정 테이퍼링 함수는 헤이버사인(haversines), 램프(ramp), 다항식 등을 포함할 수 있다. 한 가지 실시예에서, 테이퍼링 함수는 사이클로이드 함수의 형태를 취할 수 있는데, 이 함수는 (0.0 - 1.0) 구간의 상향 테이퍼링의 경우에는 $\alpha - \sin(2\pi\alpha)/2\pi$ (방정식 1)로, 또는 (1.0 - 0.0) 구간의 하향 테이퍼링의 경우에는 $(1 - \alpha) - \sin(2\pi(1 - \alpha))/2\pi$ (방정식 2)로 정의된다.

<36> 도 7은 방정식 1에 의해 정의되는 테이퍼링 함수의 형태를 예시한다. 방정식 2에 대한 테이퍼링 함수는 유사할 것이다(미러 이미지). 전술한 방정식에서, 수량 α 는 영역이나 간격의 종점에 집중되는 시간 변수 t_k 에 소정의 수 δ , 즉 다음 방정식에 따른 파라미터인 테이퍼링 간격을 더하거나 빼는 것을 나타낸다. $\alpha = (t - t_k)/\delta + 1/2$ (방정식 3)

<37> 예컨대, 도 8은 2.0 - 3.0초 및 6.0 - 7.0초의 시간으로 이루어진 영역에 대한 테이퍼화 게이트 함수(155)를 예시한다. 도 9는 상기 영역에 있어서 테이퍼화 게이트 모듈에 대한 가상 입력 신호(157)를 예시하고, 도 10은 도 9에 도시된 프로파일을 갖는 테이퍼화 게이트 모듈에 입력 신호를 통과시킨 결과(159)를 예시한다.

<38> 한 가지 실시예에서는 전환 기간 중의 임의의 주어진 순간에 상향 테이퍼링 함수의 값과 하향 테이퍼링 함수의 값의 합이 1.0이도록 상향 테이퍼링 함수와 하향 테이퍼링 함수가 상보적이지만, 다른 실시예에서는 상향 테이퍼링 함수의 값과 하향 테이퍼링 함수의 값의 합이 전환 기간 동안 변할 수 있다는 것을 유의하라. 또한, 상기 합은 1.0보다 크거나 작을 수 있지만, 상기 값들이 1.0보다 큰 경우는 하나의 모델로부터 다음 모델까지의 전환과 관련한 문제를 악화시킬 수 있으므로 바람직하지 못하다.

<39> 도 4a에 예시된 바와 같이, 각각의 테이퍼화 게이트 모듈(151-153, G_k)은 해당 역모델(161-163, H^{-1}_k)에 연결되어, 테이퍼화 게이트 모듈의 출력과 역모델 H^{-1}_k 을 합성한다. 모든 역모델($H^{-1}_1, H^{-1}_2, H^{-1}_3$)의 출력을 합하여 통합 신호, 즉 본 명세서에서는 구동 신호 수정(94)을 얻는다.

<40> 의도한 용도 범위의에서는 값이 0인 테이퍼링 함수를 갖는 각 게이트 모듈(151-153)에 입력 신호가 동시에 적용될 수 있지만, 통합시의 출력 신호가 입력 신호를 전술한 바와 같이 동시에 적용된 경우와 같은 형태를 취하도록 게이트 모듈(151-153)과 역 모델(161-163)에 입력 신호가 적용될 수 있다는 것도 유의하라. 예컨대, 입력 신호, 또는 단지 이 입력 신호의 관련 부분은 개별적으로 또는 순차적으로 처리되고, 그 출력은 저장된 이후에 입력 신호가 동시에 적용된 경우와 동일하게 출력 신호를 얻도록 적절하게 통합될 수 있다.

<41> 도 4a는 다중 영역 콘볼버 조립체(140)를 공지의 실행 방법으로 사용한 것을 예시한다. 다중 영역 콘볼버 조립체(140)도 이하의 실시예에서 후술하는 바와 같은 시스템의 변형에 이용될 수 있는 단지 하나의 예시적인 실시예임을 알 것이다. 일반적으로, 다중 영역 콘볼버 조립체(140)는 물리 시스템의 순방향 모델(H)(forward model) 또는 물리 시스템의 역모델(H^{-1})에 적용될 수 있다. 전술한 바와 같이, 복수 개의 순방향 모델 또는 역모델은 희망 기록의 상이한 영역에 대하여 사용되며, 테이퍼화 게이트 모듈은 비록 2개의 순방향 또는 역모델이

임의의 전환 기간에 사용될 수도 있지만 적절한 순방향 모델 또는 역모델이 임의의 소정 순간에 기록에 사용되고 하나의 모델로부터 다음 모델로 원활한 전환이 이루어지는 것을 보장한다. 후술하는 대부분의 실시예에서, 순방향 모델 또는 역모델의 정정값은 반복 과정 동안에 획득되어 저장되고, 순방향 모델 또는 역모델을 개선하는 데 사용된다. 특히, 다중 영역 콘볼버 조립체(140)는 후술하는 각각의 정적 성분(98A 또는 172A)을 대체할 수 있다. 별법으로서, 다중 영역 콘볼버 조립체(99)는 모델(172) 또는 역모델(98) 각각을 함께 대체할 수 있다.

- <42> 도 4a 및 도 4b에 예시된 다른 실시예에서, 시스템은 반복 공정의 각 단계 동안에 작동하는 조절기(100)를 포함하여 물리 시스템의 역모델(72)을 개선한다. 도 4a에 도시된 바와 같이, 조절기(100)는 역모델(72)을 수집하고, 이는 표적 응답 수정(77)을 응답 에러(89)의 간단한 함수로서 직접 수신하며[즉, 도 4b에 도시된 이전 표적의 정보(79A) 없이], 이 조절기에서 물리 시스템의 구동 신호(17)는 이전 구동 신호(17A)와 구동 신호 수정(94)의 조합을 포함한다. 역으로, 도 4b에 예시된 바와 같이, 역모델(72)은 표적 응답(79)을 표적 응답 수정(77)과 이전 표적 응답(79A)의 조합으로서 수신하며, 구동 신호(17)는 역모델(72)을 적용함으로써 직접 얻어진다. 도 4b의 경우, 조절기(100)는 도 4a의 것과 개념상 동일한 방식으로 역모델(72)을 수정한다. 그러나, 도 4a의 구성과 도 4b의 구성은 고유의 상황에 맞는 이점을 각각 갖는 가상 아이덴티티 모델링 공정(identity modeling process)에 상이한 신호를 이용할 수 있게 한다. 또한, 조절기(100)도 반복식으로 작동할 수 있다.
- <43> 도 4a 및 도 4b에 예시된 것에서는, 조절기(100)가 각각의 역모델(161-163)에 대해 마련된다. 다른 실시예에서, 동일한 조절기는 각각의 역모델(161-163)에 대해 사용될 수 있으며, 도 4a 및 도 4b는 조절기가 각 역모델(161-163)에 적용된다는 것을 보여준다.
- <44> 도 11은 희망 응답(22)과 이상적으로 어울리는 실제 응답(21)을 형성하도록 물리 시스템(10)을 제어하는 방법을 예시한다. 이 방법은 물리 시스템(10)의 개개의 영역에 대해 역모델(98)[예컨대, 역전달 함수 $H(f)^{-1}$]을 만드는 것을 포함하는데, 여기에서는 역모델(98)을 표적 응답(79)에 적용하여, 물리 시스템(10)의 희망 응답(22)을 기록의 각 영역에 대한 실제 응답(21)으로서 발생시키도록 되어 있는 구동 신호(17)를 얻는다. 도 4b와 유사하게, 역모델(98)이 표적 응답(79)에 적용되어 완전한 구동 신호(17)가 얻어질 경우, 표적 응답 수정(77)과 이전 표적 응답(79A)은 조합될 수 있다. 별법으로서, 역모델(98)을 표적 응답 수정(77)에 직접 적용하여 구동 신호의 수정(94)을 얻을 수 있으며, 그 후 이를 이전 구동 신호(17A)와 조합하여 도 4a와 유사한 방식으로 물리 시스템(10)에 새로운 구동 신호(17)를 제공한다.
- <45> 다시 도 11을 참조하면, 조절기(100)는 역모델(98)과 물리 시스템(10)의 조합의 아이덴티티의 질을 검사하는 가상 아이덴티티 시스템 모델러를 포함할 수 있다. 역모델(98)과 물리 시스템(10)의 조합을 가상 아이덴티티 시스템(96)으로 칭한다. 물리 시스템(10)의 작동 특성에 대한 물리 시스템(10) 모델의 정확도는 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)에 의해 측정되는 아이덴티티의 질을 통해 평가된다. 이 실시예에서, 아이덴티티의 질은 물리 시스템(10)과 시스템의 역모델(98)을 직렬 연결함으로써 측정된다. 시스템의 역모델(98)이 물리 시스템(10)과 일치하게 어울리는 경우, 아이덴티티 질을 계산하면 이상적인 시스템의 역모델 평가를 나타내는 아이덴티티 결과가 생긴다.
- <46> 이러한 기법은, 물리 시스템의 역모델에 대하여 가능한 수정의 모델이 가상 아이덴티티 시스템의 질을 개선하고 역모델 자체보다 간단한 형태를 취할 수 있다는 이점이 있다. 따라서, 모델의 수정은 완전한 시스템 역모델의 새로운 평가보다 얻기가 훨씬 쉽다. 이러한 기법을 이용하면 상기 수정 모델 평가(예컨대, 표적 응답과 실제 응답 사이의 FRF)의 알고리즘을 간단히 구성할 수 있게 된다. 이와 같이 간단한 형태의 모델링 기술로 인해 보다 잡음이 많고 보다 상관적인 데이터를 보다 작은 세그먼트로 사용할 수 있게 되어, 비(非)파라메트릭(분광 분석 등) 또는 파라메트릭(ARX 등) 모델링 방법에 맞게 변화될 수 있는 환경에서 이점이 있다.
- <47> "G"의 위치에 스위치(101A, 101B)가 마련된 도 11에 도시된 한 가지 실시예에서, 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)는 표적 응답(79)과 실제 응답(21)을 비교한다. "L"의 위치에 스위치(101A, 101B)가 마련된 다른 실시예에서, 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)는 표적 응답 수정(77)과 실제 응답 수정(103)을 비교하는데(응답 y_i 과 응답 y_{i-1} 간의 차), 이는 계속되는 반복 과정 중에 구동 신호(17)를 물리 시스템(10)에 적용하여 얻는 것이다. 어느 한 실시예에서, 그 후 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)는 역모델(98)을 반복 과정 사이의 아이덴티티 질의 함수로서 변화시킨다. 다시 말하자면, 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)는 모델(예컨대, FRF) 수정값(104)을 출력하여, 기록의 각 영역에 대하여 역모델에 존재하는 값의 적어도 일부를 조정한다. 이들 실시예에서 모두에서, 수정값(104)은 채널마다 도출되며, 가상 아이덴티티 시스템은 자연적 단순화를 촉진한다. 그 후 알고리즘 연결 효과(cross coupling effects)는 수정값(104)의 일부분을 형성하지 않지만, 역모델(98)의 모

든 항은 수정값(104)이 적용될 때 전체적으로 변화한다. 그러나, 전술한 실시예는 알고리즘 연결항의 일부 또는 모두를 수정값(104)에 포함하는 선택 사항을 배제하지는 않는다.

- <48> 스위치(101A, 101B)는 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)에 제공되는 데이터 타입의 선택을 나타내고, 일반적으로 물리적인 전기 스위치가 아니라는 것을 이해해야 한다. 오히려, 스위치(101A, 101B)는 선택된 데이터를 획득하여 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)에 제공하는 데 사용되는 소프트웨어 루틴 또는 모듈을 나타낸다.
- <49> 도 11에서, 역모델(98)은 정적 역모델 성분(98A)과 조절 가능한 성분(98B)을 포함한다. 정적 성분(98A)은 전술한 역모델(72)과 유사하다. 예컨대, 정적 성분(98A)은 단계 58에서(도 3a) 순방향 모델 H(f)의 역을 취하여 계산되는 역모델 $H(f)^{-1}$ 일 수 있다. 일반적으로, 역모델의 정적 성분(98A)은 $M \times N$ 행렬을 포함하는데, 이 행렬은 교차 결합 효과를 포함하며, 여기서 M은 입력 숫자[구동 신호(17)]이고 N은 출력 숫자[실제 응답(21)]이다.
- <50> 조절 가능한 성분(98B)은 역모델(98)을 기록의 각 영역에 대한 현재 작동 조건에 맞게 반복적으로 적용시키기 위하여, 역모델 수정값(104)을 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)로부터 수신한다. 한 가지 실시예에서, 조절 가능한 성분(98B)은 $N \times M$ 행렬을 포함하는데, 이 행렬은 N개의 채널 각각에 대한 수정값이 대각선 상에 위치하고 대각선 상에 있지 않은 그 외의 모든 값은 0이다.
- <51> 다른 실시예가 도 12에 예시되어 있다. 표적 응답(79)[또는 표적 응답 수정(77)]이 순방향 반복 제어 루프에 존재하지 않는 경우에는, 도 12에 설명된 것과 수학적으로 동등한 것을 명백히 전산 처리할 수 있다. 도 12에서, 구동 신호(17)는 물리 시스템(10)과 이 물리 시스템(10)의 순방향 모델(172)에 적합하게 되어 있는데, 여기에서 가상 아이덴티티 시스템은 점선(175)으로 표시된다. 가상 아이덴티티 시스템(175)이 도 11에 도시된 가상 아이덴티티 시스템(96)과 수학적으로 동등하다는 것을 알 수 있다.
- <52> 물리 시스템(10)으로부터의 실제 응답(21)과 순방향 모델(172)로부터의 모델 표적 응답(176)이 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)에 제공된다. 한 가지 실시예에서는, 신호(176)가 스위치(177A)의 위치에 따라서 도 11의 신호(79) 또는 신호(77)와 동일하기 때문에, 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)는 실제 응답(21)과 모델 표적 응답(176) 간의 분광 분석을 수행하여 가상 아이덴티티 시스템(175)의 질을 검사한다. 이어서, 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)는 기록의 각 영역에 대한 아이덴티티의 질의 함수로서 모델(172)을 상응하게 조정한다.
- <53> 예시된 실시예에서, 모델(172)은 기록의 각 영역에 대하여 정적 성분(172A)과 조절 가능한 성분(172B)을 포함한다. 정적 성분(172A)은 도 3a에 도시된 단계 58를 통해 얻을 수 있다. 일반적으로, 정적 성분(172A)은 교차 결합항을 포함하는 $N \times M$ 모델로 이루어진다.
- <54> 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)는 각 조절 가능한 성분(172B)에 수정값(104)을 제공한다. 한 가지 실시예에서, 조절 가능한 성분(172B)은 $N \times N$ 대각 모델을 포함한다.
- <55> 도 11과 유사한 방식으로, 스위치(177A, 177B)는 가상 아이덴티티 시스템 모델러(100)에 대한 입력이 모델 표적 응답 및 실제 응답이거나 모델 표적 응답 수정 및 실제 응답의 수정이 될 수 있게 한다. 당업자라면 스위치(177A)와 관련 가산(加算)기 및 저장 장치가 예시된 바와 같이 구동 신호(17)에 작용하기 보다는 정적 모델(172A)과 조절 가능한 성분(172B) 사이의 데이터 경로에 적용될 수 있다는 것도 알 것이다. 마찬가지로, 스위치(177A)와 관련 가산기 및 저장 장치는 일부 환경에서 모델 표적 응답(176)에 적용될 수도 있다.
- <56> 본 발명을 통해 이득을 얻을 수 있는 가상의 아이덴티티 시스템 모델러(100)와 그 밖의 실시예의 완전한 설명은 본 명세서에 그 내용이 인용되어 있는 국제 특허 출원 PCT/US99/01233호에 기술되어 있다.
- <57> 본 발명은 바람직한 실시예를 참조로 하여 기술되었지만, 당업자라면 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 형태 및 세부 사항에 변화를 꾀할 수 있다는 것을 이해할 것이다.

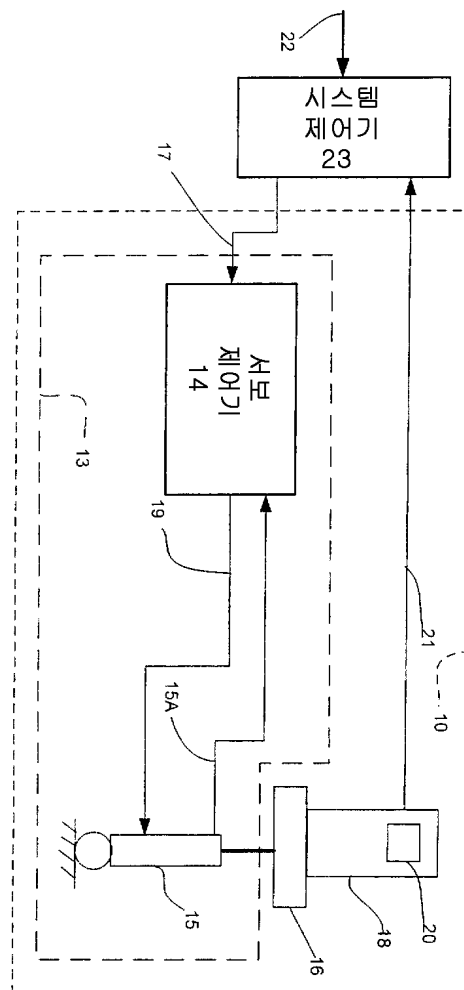
도면의 간단한 설명

- <6> 도 1은 본 발명의 실시를 위한 예시적인 환경의 블록도이고,
- <7> 도 2는 본 발명의 실시를 위한 컴퓨터를 보여주며,
- <8> 도 3a는 종래의 진동 시험 방법 중 확인 과정에 포함되는 단계를 예시하는 흐름도이고,
- <9> 도 3b는 종래의 진동 시험 방법 중 반복 과정에 포함되는 단계를 예시하는 흐름도이며,
- <10> 도 3c는 종래의 진동 시험 방법 중 다른 반복 과정에 포함되는 단계를 예시하는 흐름도이고,

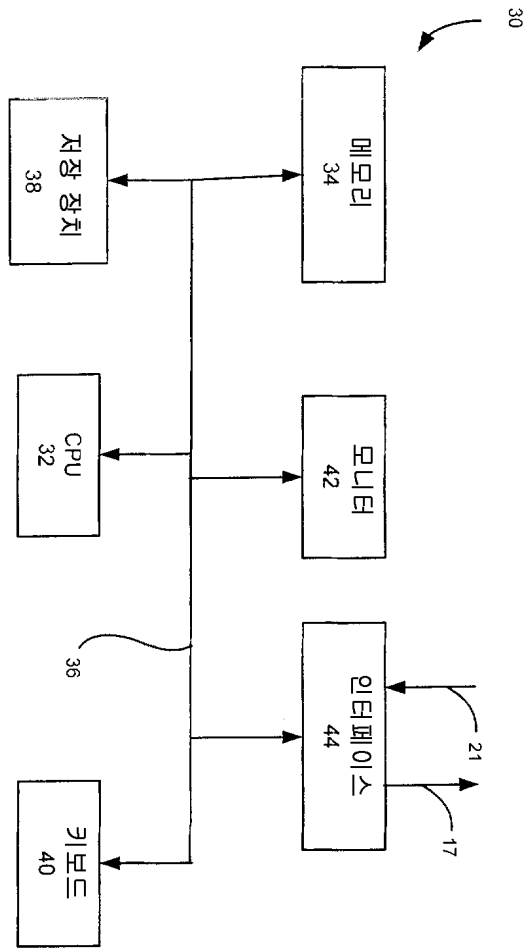
- <11> 도 4a는 본 발명에 따른 다중 영역 콘볼버를 이용하여 진동 시스템용 구동 신호를 얻기 위한 반복 공정의 상세한 블록도이며,
- <12> 도 4b는 본 발명에 따른 다중 영역 콘볼버를 이용하여 진동 시스템용 구동 신호를 얻기 위한 다른 반복 공정의 상세한 블록도이고,
- <13> 도 5는 다중 영역 기록을 도식적으로 나타낸 것이며,
- <14> 도 6은 다중 영역 콘볼버의 전체 블록도이고,
- <15> 도 7은 예시적인 테이퍼링 함수를 도식적으로 나타낸 것이며,
- <16> 도 8은 예시적인 테이퍼화 게이트 함수를 도식적으로 나타낸 것이고,
- <17> 도 9는 예시적인 입력 신호를 도식적으로 나타낸 것이며,
- <18> 도 10은 입력 신호를 테이퍼화 게이트 함수에 적용하여 얻은 출력 신호를 도식적으로 나타낸 것이고,
- <19> 도 11은 조정기를 구비한 다중 영역 콘볼버의 전체 블록도이며,
- <20> 도 12는 조정기를 구비한 다중 영역 콘볼버의 다른 전체 블록도이다.

도면

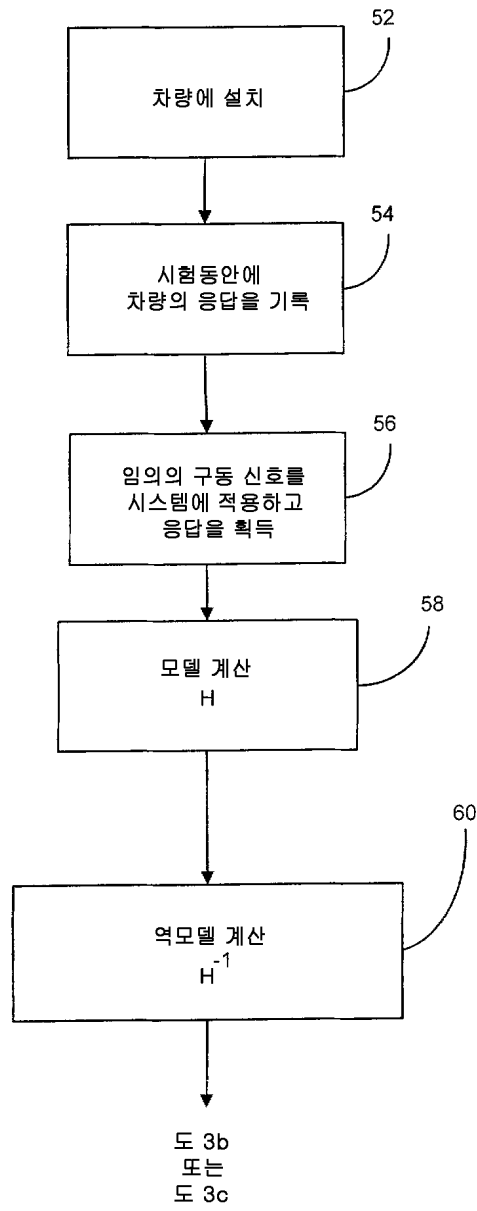
도면1



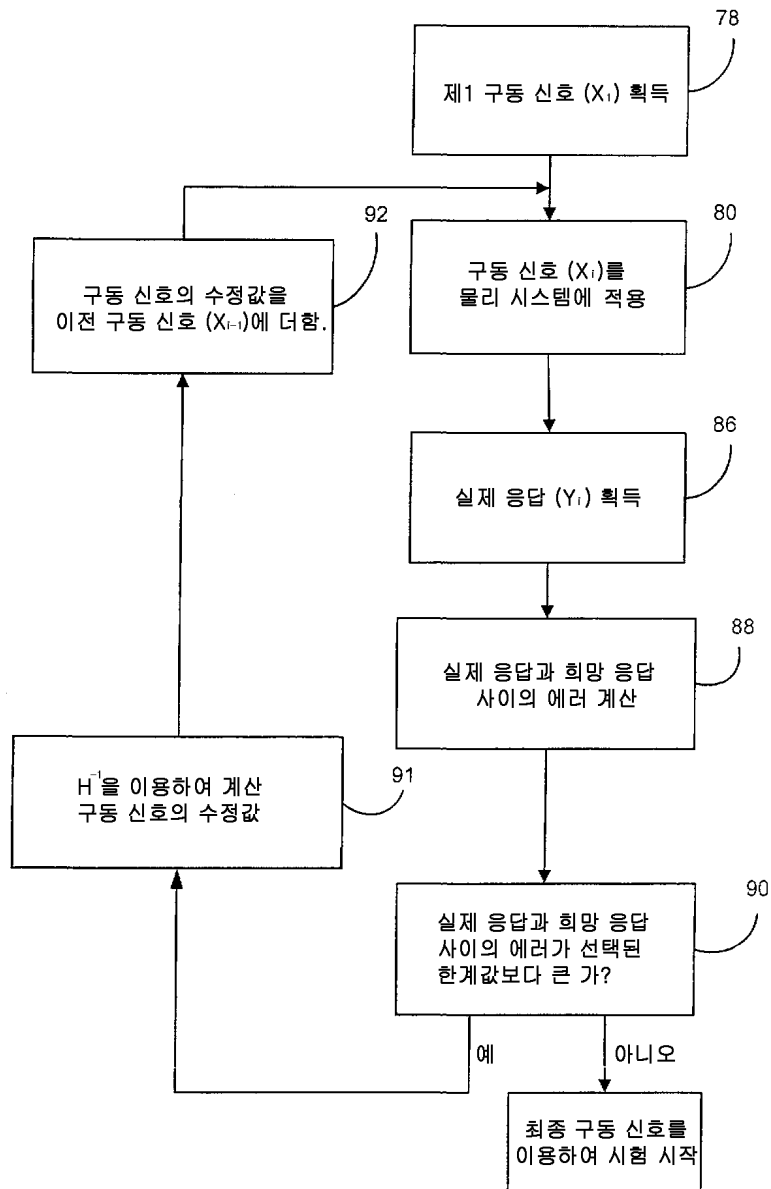
도면2



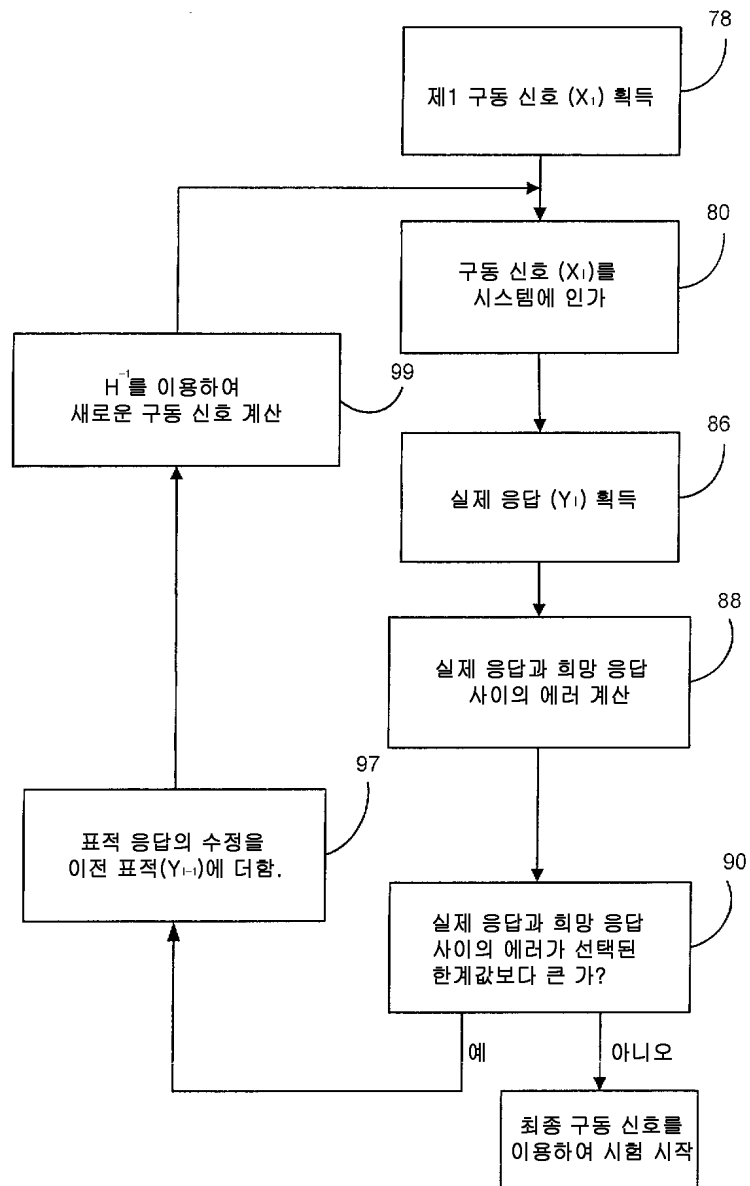
도면3a



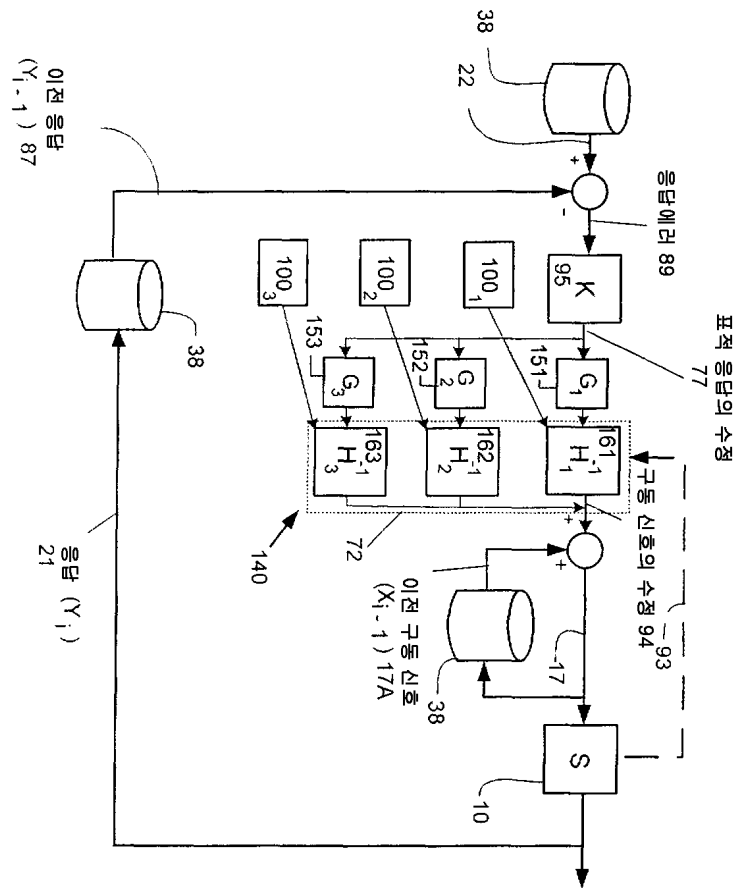
도면3b



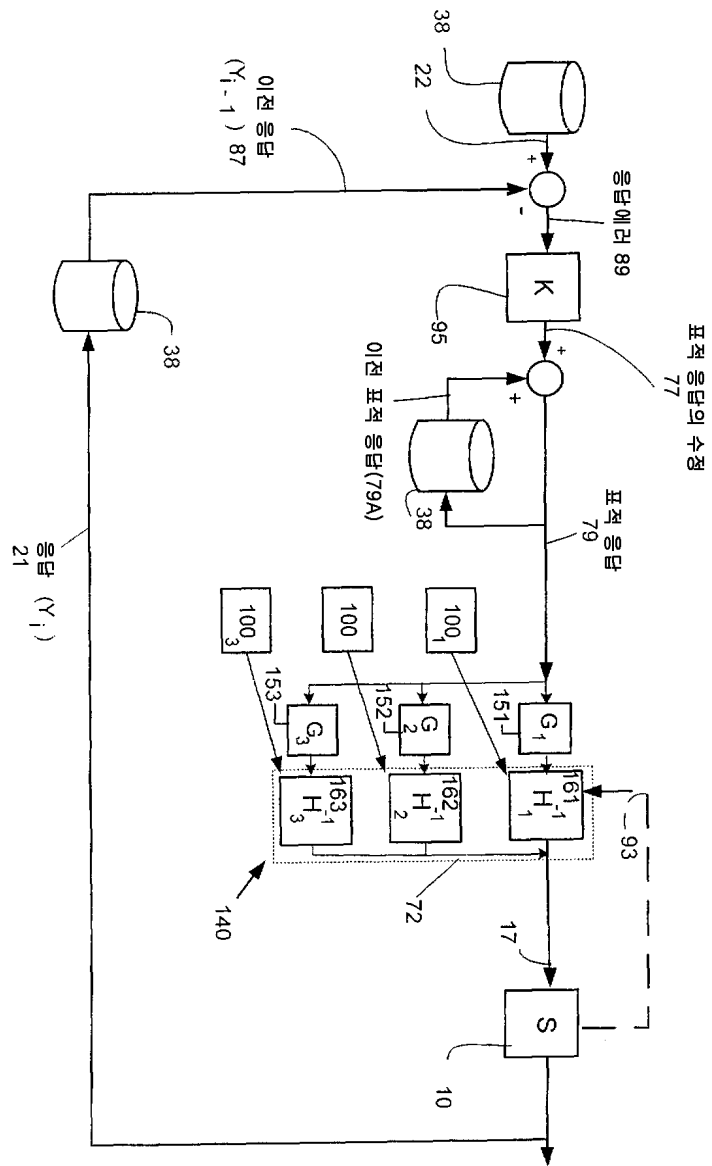
도면3c



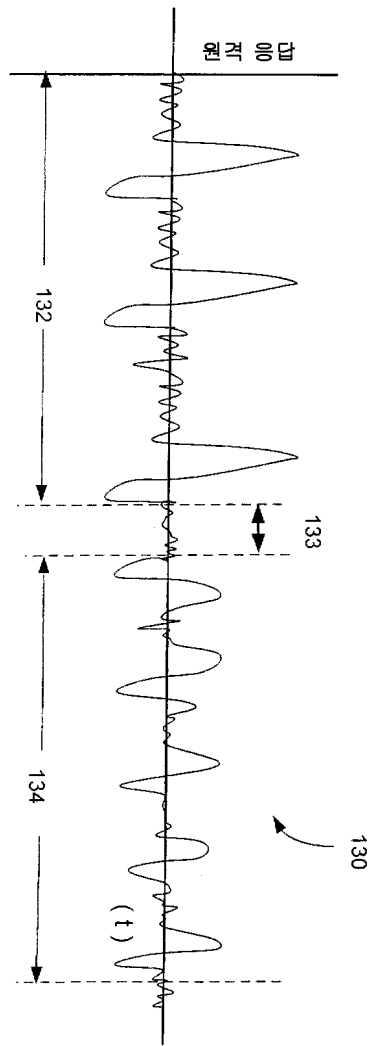
도면4a



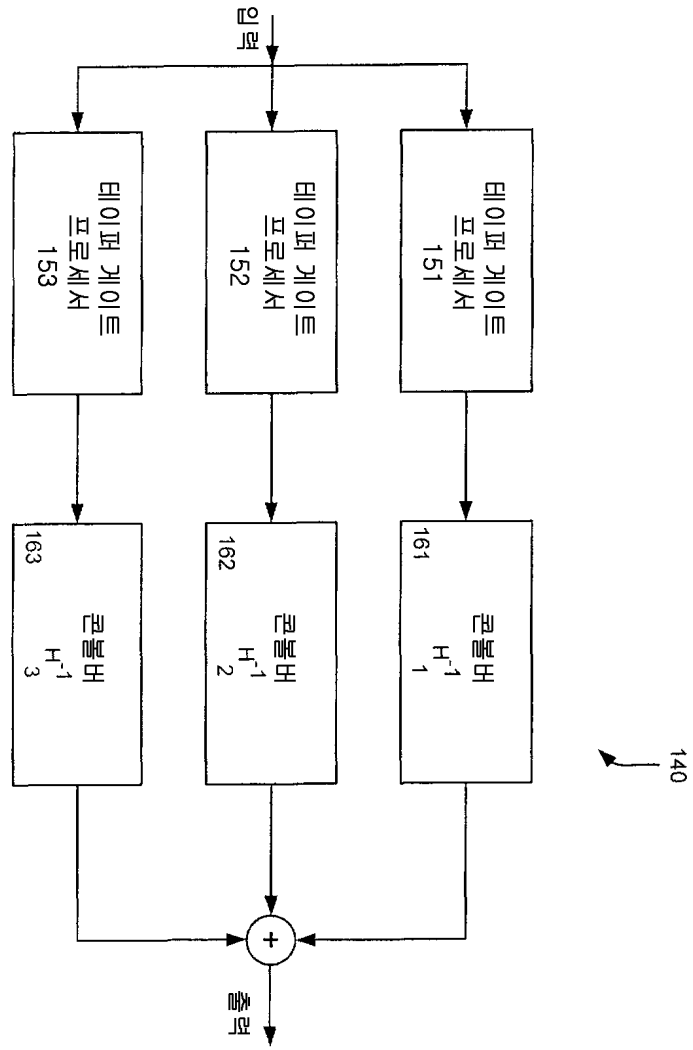
도면4b



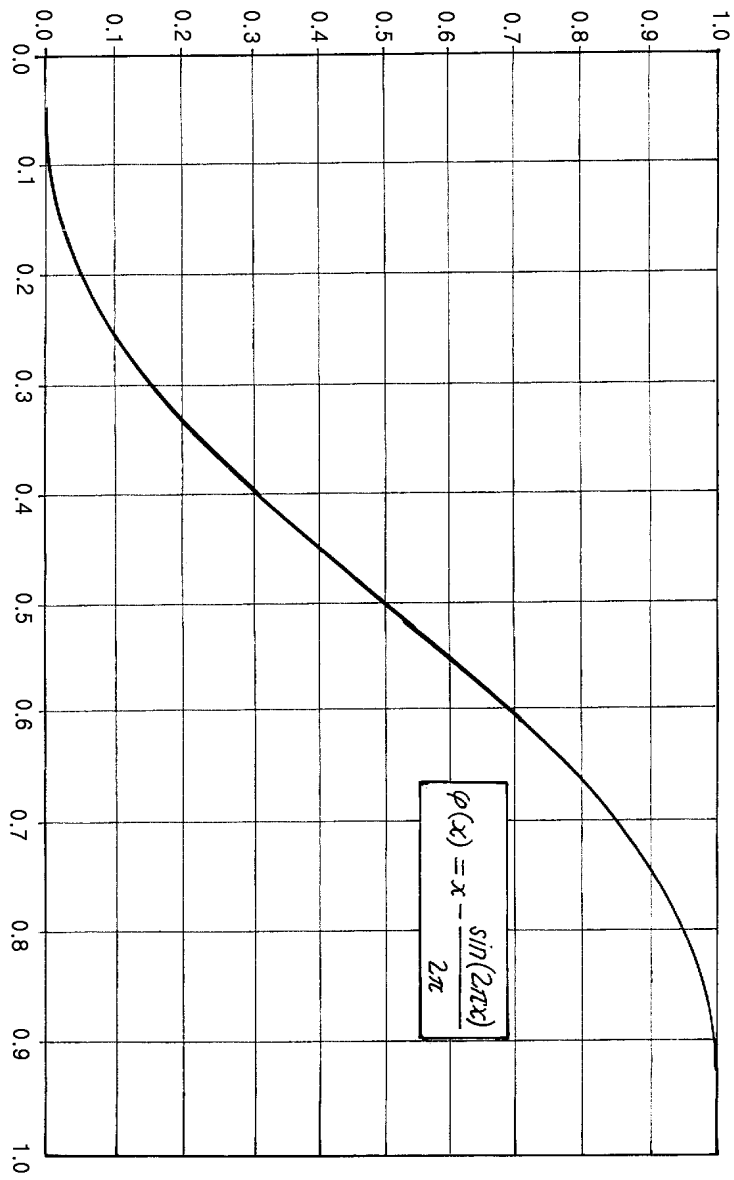
도면5



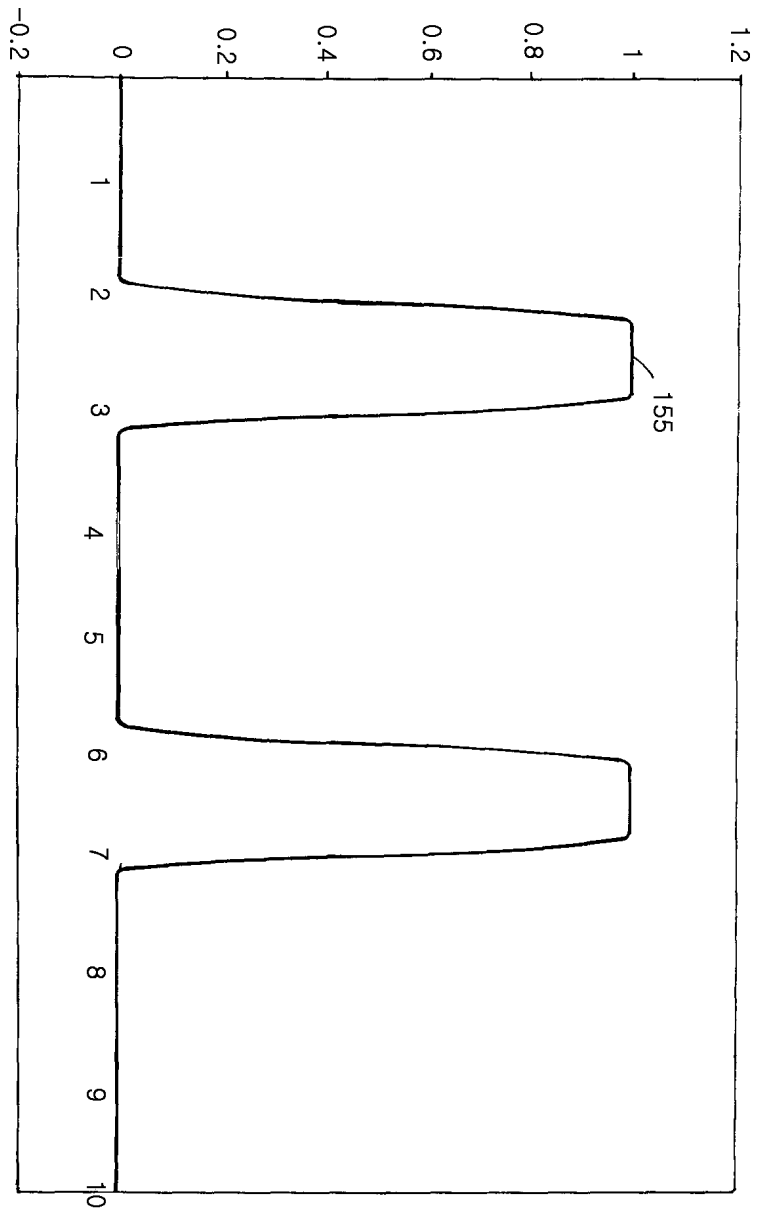
도면6



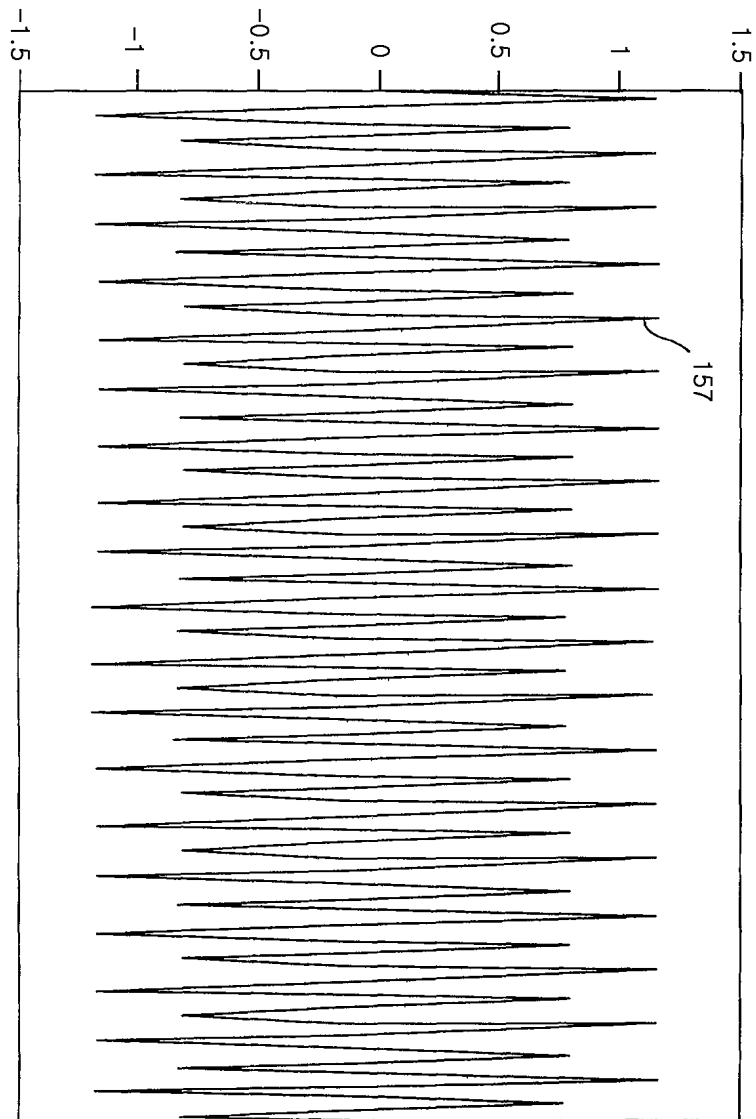
도면7



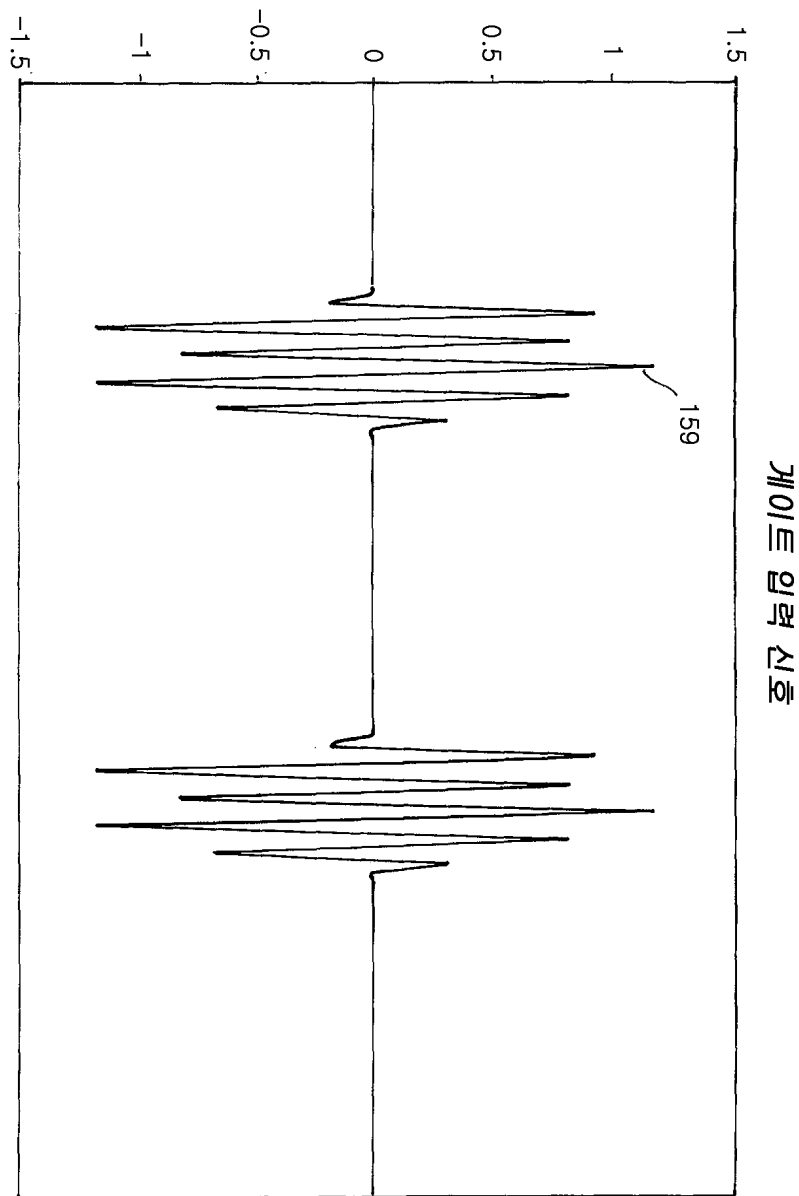
도면8



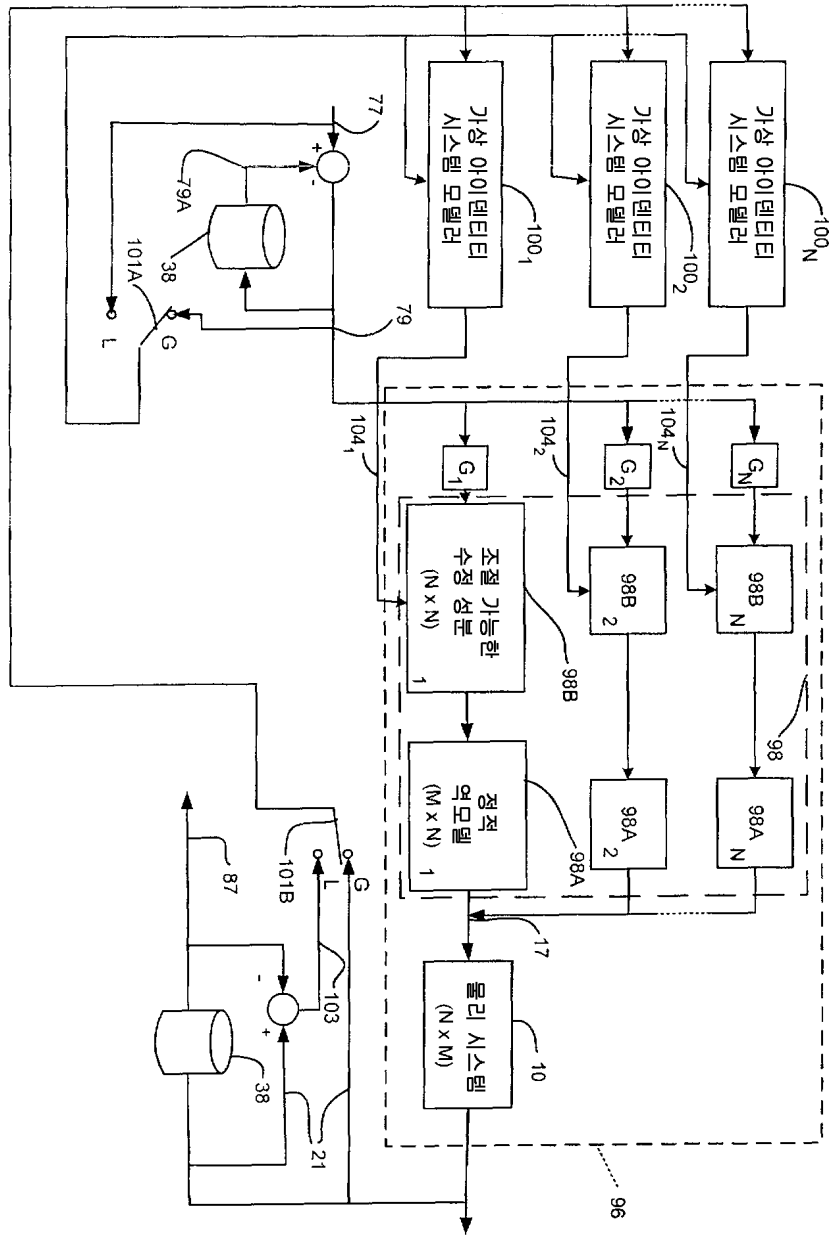
도면9



도면10



도면11



도면12

