



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0053977
 (43) 공개일자 2016년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 23/02 (2006.01) *G05B 17/02* (2006.01)
 (52) CPC특허분류
G05B 23/0262 (2013.01)
G05B 17/02 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-7008993
 (22) 출원일자(국제) 2013년09월06일
 심사청구일자 없음
 (85) 번역문제출일자 2015년04월05일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2013/058418
 (87) 국제공개번호 WO 2015/034512
 국제공개일자 2015년03월12일

(71) 출원인
지이 인텔리전트 플랫폼스 인코포레이티드
 미국 버지니아주 22911 샬로츠빌 오스틴 드라이브
 2500
 (72) 발명자
간디 데방 작디쉬
 미국 일리노이주 60532 라일 스위트 300 워런빌
 로드 901
헤르조그 제임스 폴
 미국 일리노이주 60532 라일 스위트 300 워런빌
 로드 901
 (74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **모델 적용을 위한 장치 및 방법**

(57) 요약

실제 센서치들의 벡터가 수신된다. 모델의 성숙도가 결정되고 성숙도가 복수의 센서에 대하여 규정된다. 모델 성숙도를 모델 범위 금지 측정치로 변환하는 함수가 결정된다. 모델 범위 금지(MRI) 측정치가 결정된다. MRI 측정치에 기초한 MRI 한계가 결정된다. 수신된 벡터는 MRI 한계와 비교되고 그 비교에 기초하여 모델이 선택적으로 변경된다. 다른 양태에 있어서, 드라이버 센서 및 응답 센서의 실제치를 갖는 벡터들이 수신된다. 수용가능 관측과 수용불능 관측 간의 경계들의 집합을 제공하는 함수가 또한 결정된다. 벡터들 간의 유사성 측정치가 결정된다. 유사성 측정치와 함수가 비교되고, 그 비교에 기초하여 모델이 선택적으로 변경된다.

(52) CPC특허분류
G05B 23/0243 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

프로세스 모델을 수정할지 여부를 결정하는 방법에 있어서,

실제 센서치들의 벡터를 수신하는 단계와;

모델의 성숙도(maturity) - 상기 성숙도는 복수의 센서 각각에 대하여 규정되고, 또한 각 센서에 대하여 상향 방향 및 하향 방향으로 규정되는 것임 - 를 결정하는 단계와;

모델 성숙도를 모델 범위 금지 측정치로 변환하는 함수를 결정하는 단계와;

상기 모델의 성숙도 및 상기 결정된 함수에 기초하여 모델 범위 금지(model range inhibition, MRI) 측정치를 결정하는 단계와;

상기 MRI 측정치에 기초하여 MRI 한계(limit)를 결정하는 단계와;

상기 수신된 벡터를 상기 MRI 한계와 비교하고, 상기 비교에 기초하여 모델을 선택적으로 변경하는 단계를 포함하는, 프로세스 모델을 수정할지 여부를 결정하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

드라이버 센서에 대한 실제치를 갖는 제1 벡터를 수신하는 단계와;

응답 센서에 대한 실제치를 갖는 제2 벡터를 수신하는 단계와;

드라이버 센서에 대한 추정치를 갖는 제3 벡터를 수신하는 단계와;

응답 센서에 대한 추정치를 갖는 제4 벡터를 수신하는 단계와;

수용가능 관측과 수용불능 관측 간의 경계들의 집합을 제공하는 함수를 결정하는 단계와;

상기 제1 벡터와 상기 제3 벡터 간의 제1 유사성(similarity) 측정치를 결정하는 단계와;

상기 제2 벡터와 상기 제4 벡터 간의 제2 유사성 측정치를 결정하는 단계와;

상기 제1 유사성 측정치, 상기 제2 유사성 측정치 및 상기 함수를 비교하고, 상기 비교에 기초하여 모델을 선택적으로 변경하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 모델에 의해 표시된 컴포넌트가 거의 고장인지(near failure) 결정하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 컴포넌트가 거의 고장일 때 사용자에게 경고를 발생하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 사용자에게 대한 상기 경고를 그래픽 디스플레이 매체에서 제시하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 6

프로세스 모델을 수정할지 여부를 결정하는 방법에 있어서,

드라이버 센서에 대한 실제치를 갖는 제1 벡터를 수신하는 단계와;

응답 센서에 대한 실제치를 갖는 제2 벡터를 수신하는 단계와;

드라이버 센서에 대한 추정치를 갖는 제3 벡터를 수신하는 단계와;

응답 센서에 대한 추정치를 갖는 제4 벡터를 수신하는 단계와;

수용가능 관측과 수용불능 관측 간의 경계들의 집합을 제공하는 함수를 결정하는 단계와;

상기 제1 벡터와 상기 제3 벡터 간의 제1 유사성 측정치를 결정하는 단계와;

상기 제2 벡터와 상기 제4 벡터 간의 제2 유사성 측정치를 결정하는 단계와;

상기 제1 유사성 측정치, 상기 제2 유사성 측정치 및 상기 함수를 비교하고, 상기 비교에 기초하여 모델을 선택적으로 변경하는 단계를 포함하는, 프로세스 모델을 수정할지 여부를 결정하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 모델에 의해 표시된 컴포넌트가 거의 고장인지 결정하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 컴포넌트가 거의 고장일 때 사용자에게 경고를 발생하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 사용자에게 대한 상기 경고를 그래픽 디스플레이 매체에서 제시하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 10

프로세스 모델을 수정할지 여부를 결정하도록 구성된 장치에 있어서,

입력과 출력 - 상기 입력은 실제 센서치의 벡터 및 모델의 성숙도를 수신하도록 구성된 것이고, 상기 성숙도는 복수의 센서 각각에 대하여 규정되고, 또한 각각의 센서에 대하여 상향 방향 및 하향 방향으로 규정되는 것임 - 을 구비한 인터페이스와;

상기 인터페이스에 연결된 프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는, 상기 모델의 성숙도 및 상기 결정된 함수에 기초하여 모델 범위 금지(model range inhibition, MRI) 측정치를 결정하도록 구성되며, 상기 MRI 측정치에 기초하여 MRI 한계를 결정하고, 상기 수신된 벡터를 상기 MRI 한계와 비교하도록 구성되고, 상기 출력을 통해 송출된 하나 이상의 제어 신호를 통해 상기 비교에 기초하여 모델을 선택적으로 변경하도록 구성된 것인, 프로세스 모델을 수정할지 여부를 결정하도록 구성된 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 인터페이스는, 상기 입력에서, 드라이버 센서에 대한 실제치를 갖는 제1 벡터, 응답 센서에 대한 실제치를 갖는 제2 벡터, 드라이버 센서에 대한 추정치를 갖는 제3 벡터, 응답 센서에 대한 추정치를 갖는 제4 벡터, 및 수용가능 관측과 수용불능 관측 간의 경계들의 집합을 제공하는 함수를 또한 수신하도록 구성되고;

상기 프로세서는, 상기 제1 벡터와 상기 제3 벡터 간의 제1 유사성 측정치, 및 상기 제2 벡터와 상기 제4 벡터 간의 제2 유사성 측정치를 결정하도록 구성되고, 상기 제1 유사성 측정치, 상기 제2 유사성 측정치, 및 상기 함수를 비교하고, 상기 비교에 기초하여 모델을 선택적으로 변경하도록 또한 구성된 것인 장치.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 프로세서는 상기 모델에 의해 표시된 컴포넌트가 거의 고장인지 결정하도록 구성된 것인 장치.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 프로세서는 상기 컴포넌트가 거의 고장일 때 상기 출력에서 사용자에게 경고를 발생하도록 구성된 것인 장치.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 경고는 그래픽 디스플레이 매체에서 사용자에게 제시되는 것인 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 프로세스 모델을 갱신하는 프로세스 모델, 및 제어 시스템에서 문제점을 검출하고 그 문제점에 반응하기 위해 프로세스 모델을 활용하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 산업 프로세스 제어, 기계 제어, 시스템 감독 및 조건 기반 모니터링에서 이러한 시스템에서 사용되는 전통적인 센서 역치 기반 제어 및 경보의 각종 단점을 다루는 다양한 접근법이 사용되어 왔다. 더 구체적으로, 모니터링되는 프로세스 및 기계의 경험적 모델이 고장 검출 및 제어에서 사용된다. 그러한 모델은 훨씬 빠른 초기 고장 검출 및 더 정교한 프로세스 제어를 달성하기 위해 감독 센서 데이터의 집계 뷰(aggregate view)를 효율적으로 레버리지한다. 프로세스 또는 기계의 많은 센서들을 동시에 및 서로를 감안하여 모델링함으로써, 감독 시스템은 각각의 센서(및 그 측정된 파라미터)가 어떻게 작용할 것인지에 관한 많은 정보를 제공할 수 있다.

[0003] 만일 예상된 행동이 실제 행동과 다르면 동작들이 취해질 수 있다. 예를 들면, 사용자는 모델링되는 프로세스의 각종 제어 동작을 부추기거나 그 프로세스를 구현하는 컴포넌트를 교체할 필요가 있을 수 있다.

[0004] 전술한 모델들은 그들이 정확할 때에만 효과적이다. 예를 들면, 시간이 경과함에 따라, 표시되는 정보는 표류하거나 다른 방식으로 부정확하게 될 수 있다. 이러한 모델들을 변경할 것인지 결정하는 각종 기술이 예전에 사용되어 왔지만, 이러한 접근법들은 모두 각종의 단점을 갖고 있다. 그 결과, 일부 사용자는 이러한 예전의 접근법에 만족하지 못하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 여기에서 설명하는 접근법은 정확한 모델을 제공함으로써 모델링을 위한 자동 적응 접근법을 제공한다. 결국, 컴포넌트 고장의 결정 및 취해야 할 동작들이 더 정확하게 결정될 수 있고, 이것에 의해 이러한 접근법에 대한 사용자 만족을 증대시킬 수 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 이러한 많은 실시형태에 있어서, 실제 센서치들의 벡터가 수신된다. 모델의 성숙도(maturity)가 결정되고, 상기 성숙도는 복수의 센서 각각에 대하여 규정되며, 각 센서에 대하여 상향 방향 및 하향 방향으로 또한 규정된다. 더 나아가, 모델 성숙도를 모델 범위 금지 측정치로 변환하는 함수가 결정된다. 모델 성숙도 및 상기 결정된 함수에 기초한 모델 범위 금지(model range inhibition, MRI) 측정치가 또한 결정된다. 추가로, MRI 측정치에 기초한 MRI 한계가 결정된다. 수신된 벡터는 MRI 한계와 비교되고 그 비교에 기초하여 모델을 선택적으로 변경한다.

[0007] 다른 양태에 있어서, 제1 벡터가 수신되고 이 제1 벡터는 드라이버 센서에 대한 실제치를 갖는다. 제2 벡터가 수신되고 이 제2 벡터는 응답 센서에 대한 실제치를 갖는다. 제3 벡터가 수신되고 이 제3 벡터는 드라이버 센서에 대한 추정치를 갖는다. 제4 벡터가 수신되고 이 제4 벡터는 응답 센서에 대한 추정치를 갖는다. 수용가능 관측과 수용불능 관측 간의 경계들의 집합을 제공하는 함수가 결정된다. 제1 벡터와 제3 벡터 간의 제1 유사성 측정치가 결정된다. 제2 벡터와 제4 벡터 간의 제2 유사성 측정치가 결정된다. 상기 제1 유사성 측정치, 상기 제2 유사성 측정치 및 상기 함수가 비교되고, 그 비교에 기초하여 모델이 선택적으로 변경된다.

[0008] 또 다른 양태에 있어서, 모델에 의해 표시된 컴포넌트가 거의 고장인지 여부 또는 소정의 제어 동작이 수행될 필요가 있는 경우에 대한 결정이 이루어진다. 컴포넌트가 거의 고장인 때(또는 소정의 제어 동작이 수행될 필요가 있는 경우) 사용자에게 경고가 발생된다. 사용자에게 대한 경고는 사용자에게 그래픽 디스플레이 매체로 제공된다.

[0009] 상기 실시형태들 중에서, 프로세스 모델을 수정해야 하는지 결정하도록 구성된 장치는 인터페이스 및 프로세서를 포함한다. 인터페이스는 입력과 출력을 갖고, 입력은 실제 센서치의 벡터 및 모델의 성숙도를 수신하도록 구성된다. 성숙도는 복수의 센서 각각에 대하여 규정되고 각 센서에 대하여 상향 방향 및 하향 방향으로 또한 규정된다.

[0010] 프로세서는 인터페이스에 결합되고 모델의 성숙도 및 상기 결정된 함수에 기초하여 모델 범위 금지(MRI) 측정치를 결정하도록 구성된다. 프로세서는 MRI 측정치에 기초하여 MRI 한계를 결정하고, 수신된 벡터를 MRI 한계와 비교하도록 구성된다. 프로세서는 출력을 통해 송출된 하나 이상의 제어 신호에 의해 상기 비교에 기초하여 모델을 선택적으로 변경하도록 구성된다.

[0011] 일부 양태에 있어서, 상기 인터페이스는 또한 제1 벡터를 입력에서 수신하도록 구성된다. 상기 제1 벡터는 드라이버 센서에 대한 실제치를 갖는다. 인터페이스는 제2 벡터를 또한 수신하고 이 제2 벡터는 응답 센서에 대한 실제치를 갖는다. 인터페이스는 또한 제3 벡터를 수신하고 이 제3 벡터는 드라이버 센서에 대한 추정치를 갖는다. 인터페이스는 추가로 제4 벡터를 수신하고 이 제4 벡터는 응답 센서에 대한 추정치를 갖는다. 인터페이스는 수용가능 관측과 수용불능 관측 간의 경계들의 집합을 제공하는 함수를 또한 수신한다.

[0012] 다른 양태에 있어서, 프로세서는 제1 벡터와 제3 벡터 간의 제1 유사성 측정치 및 제2 벡터와 제4 벡터 간의 제2 유사성 측정치를 결정하도록 구성된다. 프로세서는 또한 상기 제1 유사성 측정치, 상기 제2 유사성 측정치 및 상기 함수를 비교하고, 그 비교에 기초하여 모델을 선택적으로 변경하도록 구성된다.

도면의 간단한 설명

[0013] 발명의 더 완전한 이해를 위해 이하의 상세한 설명 및 첨부 도면을 참조한다.

- 도 1은 본 발명의 각종 실시형태에 따라 모델을 선택적으로 수정하는 시스템을 보인 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 각종 실시형태에 따른 범위 외 적응(ORA) 트리거 규칙을 보인 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 각종 실시형태에 따른 드라이버 유사성 적응(DSA) 트리거 규칙을 보인 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 각종 실시형태에 따른 한계치 금지(LVI) 규칙을 보인 흐름도이다.
- 도 5는 본 발명의 각종 실시형태에 따른 모델 범위 금지(MRI) 규칙을 보인 흐름도이다.
- 도 6은 본 발명의 각종 실시형태에 따른 오류 유사성 금지(FSI) 규칙을 보인 흐름도이다.
- 도 7은 본 발명의 각종 실시형태에 따른 모델 범위 금지(MRI) 규칙의 동작을 보인 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 각종 실시형태에 따른 FSI 접근법의 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 각종 실시형태에 따른 FSI 접근법의 그래프이다
- 도 10은 본 발명의 각종 실시형태에 따라 모델을 수정하는 장치의 블록도이다.

당업자라면 도면 내의 각 요소들은 단순성 및 명확성을 갖도록 나타내었다는 것을 이해할 것이다. 소정의 동작 및/또는 단계들이 특정의 발생 순서로 설명 또는 도시되지만, 당업자라면 순서와 관련된 그러한 특이성은 실제로 요구되지 않는다는 것을 또한 이해할 것이다. 여기에서 사용하는 용어 및 표현은 특유의 의미가 여기에서 다른 방식으로 설명되어 있는 경우를 제외하고 그들의 대응하는 각각의 탐구 및 연구 분야와 관련된 용어 및 표현과 일치하는 통상의 의미를 갖는다는 것을 또한 이해할 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 전형적인 자산(asset)(예를 들면, 제어 시스템, 센서 등)의 경험적 모델을 훈련하기 위해 필요한 대부분의 필터링 및 거의 모든 동조를 제거하는 자동 적응 접근법이 제공된다. 일부 양태에 있어서, 이러한 접근법은 초기 구현 및 계속되는 유지관리를 위하여 고객 또는 사용자에게 충격 및 스트레스가 거의 또는 전혀 없이 최소 자산 구현 비용 해법을 제공한다. 새로운 훈련되지 않은 상태로 최적으로 적응시킴으로써 더 큰 자산 상태 도메인 커버리지를 달성하는 자동 적응 접근법이 제공된다(예를 들면, 데이터가 거의 구축되지 않은 모델, 즉 초기 모델 뿐만 아니라, 자산 행동이 성숙 모델에 대해서도 크게 변할 때).

[0015] 유리하게도, 자산 유지관리, 범위 외(out-of-range) 주변 결정, 범위 외 부하 및 중대한 동작 변경이 또한 본 접근법에 의해 감소된다. 일부 양태에 있어서, 적은 훈련 데이터로 모니터링하는 자산의 경험적 모델링 부분은

부트스트랩하기 위한 플랫폼이 제공된다.

- [0016] 이러한 예들 중의 일부에서, 자동 적응은 다양한 다른 규칙(예를 들면, 2개의 트리거 규칙 및 3개의 금지 규칙)을 포함한다. 트리거하는 규칙의 수 및/또는 금지하는 규칙의 수는 다를 수 있다는 것을 이해할 것이다. 하나의 접근법에 있어서, 2개의 트리거 규칙이 사용되고, 2개의 트리거 규칙은 범위 외 적응(Out of Range Adaptation, ORA) 트리거 규칙 및 드라이버 태그 유사성 적응(Driver-tags Similarity Adaptation, DSA) 트리거 규칙이다. 또한 3개의 금지 규칙이 사용되고, 이 3개의 금지 규칙은 한계치 금지(Limit Value Inhibition, LVI) 금지 규칙, 모델 범위 금지(Model Range Inhibition, MRI) 규칙, 및 장애 태그 유사성 금지(Fault-tags Similarity Inhibition, FSI) 규칙이다. 상기 5개의 규칙은 2개의 제어 파라미터, 5개의 역치 파라미터, 및 경계 파라미터(예를 들면, 태그당 2개)의 집합을 이용하여 파라미터화된다. 각각의 규칙은 특성 및 장점을 포함한다. 예를 들면, MRI 규칙은 발견적(heuristic) 및 급속 모델 성장을 허용한다. DSA와 FSI는 접근법의 발견적 성질뿐만 아니라 기회적 성질에 기인한다. 이 접근법들은 적응되는 모든 새로운 상태가 프로세스 드라이버로서 고려되고 그 유효 상태 공간을 통해 자산을 내비게이트하는 책임이 있는 태그에 의해 구동되는 것을 보장하고, 한편 이러한 드라이버에 의한 단계에 있지 않은 편차인 상태들을 금지한다. 트리거 규칙과 금지 규칙의 각종 조합을 이용할 수 있고 전문한 조합은 단지 하나의 예임을 이해할 것이다.
- [0017] 임의의 수치적이고 데이터 구동형인 모델링 접근법은 큰 모델/자산 구현 및 모델/자산 유지관리 오버헤드를 받는다는 것을 인식할 것이다. 또한, 대부분의 이러한 유지관리 이벤트는 거짓 포지티브 표시자에 의해 예측되고, 이것은 진정한 장애 발생인지 또는 모델 유지관리(적응)를 위해 필요한 것인지에 대한 전문적 결정을 통해서 및 그러한 전문적 결정에 의해 분석가가 먼저 분석해야 한다. 자산 구현 중에, 모델링 파라미터(태그 또는 센서)의 최소 집합의 식별 후에, 사용자, 클라이언트 또는 고객은 방대한 데이터 양, 예를 들면, 일부 경우에는 1년 이상의 데이터를 끌어내는 노동 집약적 프로세스를 수행할 필요가 있다. 이러한 다량의 데이터는 초기 모델에 이용 가능한 상태의 수가 최대화될 뿐만 아니라 고객에게 더 많은 데이터를 요청할 가능성을 감소/제거하는 것을 보장하기 위해 끌어내진다.
- [0018] 그러나 이 데이터의 대부분은 전형적으로 각종 이유에 의해 제거되고, 나머지 데이터는 가끔 자산의 현재 상태와 크게 다른 것을 증명한다. 본 접근법은 요청된 양을 감소시키거나 구현 프로세스에서 클라이언트 또는 사용자 관여를 완전히 제거하여 구현 시간의 양을 감소시킨다(일부 예에서는 약 45%). 또한, 본 접근법은 거짓 포지티브를 새로운 상태로서 발견적으로 식별함으로써 분석가에게 보고되는 거짓 포지티브의 양을 감소시키고, 새로운 상태를 신속히 및 기회주의적으로 자동 적응시키고 모델을 갱신함으로써 분석가의 유지관리 부담을 감소시킨다.
- [0019] 여기에서 설명하는 규칙들의 집합은 배타적인 것이 아니라는 점 및 다른 규칙 또는 각종 유형의 규칙들의 다른 조합을 이용할 수 있다는 점을 인식할 것이다. 범위 외 드라이버, 드라이버 잔여 및 드라이버 유사성 외에, 모델이 피관측 상태를 추적하지 않는 것을 결정할 수 있는 많은 다른 측정치들이 있다. 2개 이상의 태그(센서)의 결합 함수와 같은 측정치들을 이용하여 자산이 그 동작 공간을 변경하였는지 결정할 수 있다. 그러한 함수의 예로는 풍력 곡선 또는 펌프 곡선이 있다. 제어 파라미터의 장기 추세일 수 있는 다른 측정치를 사용하여 자산의 상태 공간에서 장비-상품(ware) 관련 드리프트를 표시할 수 있다. 상태 변경을 실제 장애 발생에 기인하게 하도록 동일 기술을 금지 규칙에 또한 적용할 수 있다.
- [0020] 일부 양태에 있어서, 드라이버 유사성과 장애 유사성 간의 FSI 금지 관계는 선형 함수에 의해 묘사되지만, 다른 함수(예를 들면, 지수 함수)를 이용할 수도 있다. 변화에 또한 관계할 수 있는 규칙에 대한 입력은 유사성 값 자체 대신에 유사성 크기(도함수)이다. 도함수는 상태 공간이 변화하는 비율을 제공하고 관측된 변화율이 전형적인 장애인지 새로운 유효 상태인지 결정하기 위해 사용될 수 있다.
- [0021] 또 다른 양태에 있어서, DSA 및 FSI에 의해 사용되는 유사성 연산자는 추정치 또는 모델/클러스터 파라미터(예를 들면, 질량 중심)와 관측치 사이에서 유클리드 거리 측정치(전형적으로 클러스터링 방법에서 사용됨) 또는 호텔링의 T-제곱 측정치와 같은 모델 품질의 많은 다른 측정치에 의해 교체될 수 있다. 이러한 대체는 규칙들을 클러스터링, 주성분 분석(Principal Component Analysis, PCA), 및 신경망과 같은 다른 수치 또는 파라미터 모델링 기술에 쉽게 적용할 수 있게 한다.
- [0022] 이제, 도 1을 참조하면, 모델을 선택적으로 갱신하는 시스템의 일 예가 도시되어 있다. 시스템(100)은 모델(102)(프로세스(103)를 모델링하는 모델(102)), 모델링 엔진(104), 트리거 엔진(106), 금지 엔진(108), 및 갱신 모델 모듈(110)을 포함한다. 트리거 엔진(106)과 금지 엔진(108)은 후속 시스템(112)에 결합된다. 상기 요소들은 전자 하드웨어 및 컴퓨터 소프트웨어의 임의 조합으로서 구현될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 예를

들면, 상기 요소들은 마이크로프로세서 등의 처리 장치에 의해 실행되는 프로그램된 컴퓨터 명령어로서 구현될 수 있다.

- [0023] 후속 시스템(112)은 처리 장치(150)를 포함할 수 있다. 모델(102)이 갱신된 때, 이 모델(102)은 그래픽 디스플레이 매체(154)(예를 들면, 컴퓨터 디스플레이, 셀룰러 폰 디스플레이, 또는 정보를 그래픽적으로 디스플레이할 수 있는 임의의 다른 매체)로 사용자에게 제공되는 경고(152)를 발생하기 위해 처리 장치(150)(예를 들면, 컴퓨터, 서버, 또는 이들의 조합 또는 다른 전자 처리 장치)에 의해 사용될 수 있다. 상기 경고 또는 사용자에게 의해 제공되는 다른 정보는 (예를 들면, 프로세스(103)에서 소정의 제어 동작을 수행함으로써) 프로세스(103)의 동작을 바꾸기 위해 사용자가 활용할 수 있다.
- [0024] 일 양태에 있어서, 모델(102)은 구성 관련 다차원 연합 프로세스 파라미터(독특한 다중 센서 프로세스 상태의 레퍼토리)이다. 일례로서, 모델(102)은 컴퓨터 소프트웨어로 구현될 수 있고, 하나 이상의 데이터 구조, 프로그램, 소프트웨어 루틴, 또는 다른 컴퓨터 요소를 포함할 수 있다. 신경망, 퍼지 논리 모델 등을 포함한 다양한 경험 모델을 사용할 수 있다. 이러한 경험 모델들은 모두 모델에 대한 감독 하에 프로세스 또는 기계로부터의 데이터를 이용하고, 이것에 의해 상기 프로세스 또는 기계를 모니터링한다. 예를 들면, 그로스(Gross)에 의한 미국 특허 제5,764,509호의 경험 모델링 기술을 사용할 수 있고, 이 특허 문서는 인용에 의해 그 전부가 본원에 통합된다. 상기 경험 모델링 기술은 여기에서 설명하는 글로벌 유사성 및 다른 적응 결정 기술의 형태로 본 발명에서 창작적으로 또한 사용되는 유사성 연산자를 이용한다. 미국 특허 제7,233,886호 및 미국 특허 제6,859,739호의 글로벌 유사성 기술을 사용할 수 있고, 이 특허 문서들은 인용에 의해 그 전부가 본원에 통합된다. 일반적으로, 유사성 동작은 2개의 수를 비교하여 하나의 극단(extreme)(전형적으로, "동일"에 대하여 "1")과 다른 극단(전형적으로 "완전히 다른 것"에 대하여 "0") 사이에서 스케일링되는 스칼라의 유사성 점수를 제공한다. 특히, 이것은 동수의 요소를 가진 2개의 벡터를 비교하고(이때 유사성 점수는 2개의 벡터의 각각의 동일한 요소를 비교하여 산출됨), 그 다음에 상기 유사성 점수를 평균화하거나 하나의 벡터 대 벡터 유사성 점수로 다른 식으로 통계적으로 결합함으로써 적용될 수 있다.
- [0025] 프로세스(103)는 임의의 제조 프로세스, 전기 플랜트에서의 임의의 프로세스, 임의의 산업 프로세스, 오피스 빌딩에서의 임의의 프로세스와 같은 임의 유형의 프로세스이다. 프로세스의 다른 예도 가능하다. 프로세스(103)는 정보를 획득하는 관련 센서(156)를 구비할 수 있다.
- [0026] 모델링 엔진(104)은 모델(102)에 접근한다. 모델링 엔진(104)은 모델(102)로부터 정보를 획득하고 그 정보를 모델(102)을 수정하기 위해 사용하도록 모델에 송출할 수 있다.
- [0027] 트리거 엔진(106)은 트리거(새로운 상태)가 존재하는지 결정한다. 일 양태에 있어서, 2개의 트리거 규칙은 범위의 적응(Out of Range Adaptation, ORA) 트리거 규칙(140) 및 드라이버 태그 유사성 적응(Driver-tags Similarity Adaptation, DSA) 트리거 규칙(142)을 포함한다. 상기 트리거 규칙(140, 142)은 모델링되지 않은 상태의 발견을 결정하는 규칙들의 집합이다.
- [0028] ORA 트리거 규칙(140)은 새로운 상태를 표시하고, 이때 적어도 하나의 프로세스 드라이버는 그 모델링된 범위 밖에 있다. ORA 트리거 규칙(140)은 그 모델링된 상태 범위 밖에 있는 모델의 적어도 하나의 프로세스 드라이버 파라미터를 가진 관측(예를 들면, 자산 상태 벡터)을 식별한다. 프로세스 드라이버는 전형적으로 프로세스에 독립적인 것으로 고려되고 프로세스에 대한 입력인, 주위 온도와 같은 프로세스 파라미터의 집합이다. 전형적으로, 이러한 파라미터에서 수행되는 장애 검출은 없다.
- [0029] DSA 트리거 규칙(142)은 범위 밖에 있을 수도 있고 그렇지 않을 수도 있지만 모델과는 크게 다른 새로운 상태를 표시한다. DSA 트리거 규칙(142)은 드라이버 파라미터의 글로벌 유사성이 미리 설정된 역치(예를 들면, 디폴트 값은 0.9이다) 이하인 때 적응을 위한 관측을 표시하도록 설계된다. 글로벌 유사성은 모델 생성 추정치가 주어진 관측 동안 그들의 대응하는 실제치에 얼마나 잘 유착하는지에 관한 단일의 정량적 측정치이다. 1의 글로벌 유사성은 동일한 비교를 표시하고, 부동성(dissimilarity)이 증가할수록 0으로 떨어진다.
- [0030] 이러한 접근법은 IRA 트리거 규칙(143)을 또한 사용할 수 있다. IRA 트리거 규칙(143)은 모델링된 프로세스 드라이버 파라미터 중의 적어도 하나에 대한 잔여(예를 들면, 실제치-추정치(현재 관측용 모델에 의해 생성된 것))가 IRA 역치를 초과할 때 트리거하도록 설계된다. 일 양태에 있어서, 상기 IRA 역치는 명목상 잔여로부터 도출된 95% 신뢰구간의 2배로서 규정된다. 일례로서, IRA 트리거 규칙(143)은 프로세스 드라이버 중의 적어도 하나가 성공적으로 모델링될 수 없는 새로운 상태를 표시한다.
- [0031] 금지 엔진(108)은 수신된 트리거를 금지할 것인지 결정하기 위해 그 알고리즘을 활용한다. 3개의 금지 규칙은

한계치 금지(Limit Value Inhibition, LVI) 규칙(144), 모델 범위 금지(Model Range Inhibition, MRI) 규칙(146), 및 장애 태그 유사성 금지(Fault-tags Similarity Inhibition, FSI) 규칙(148)이다. 적응 금지는 트리거된 상태가 장애 조건인지 또는 새로운 유효 프로세스 상태인지 결정하는 규칙들의 집합이다.

- [0032] LVI 금지 규칙(144)은 프로세스 파라미터(모델링된 프로세스에 종속적이고 모델링된 프로세스의 출력인, 유효 온도)와 같은 프로세스 파라미터, 드라이버 또는 측정치 중의 적어도 하나가 그 최대(또는 최소) 엔지니어링 기반의 미리 규정된 수용 가능 범위(LVI 역치) 밖에 있을 때 관측을 금지하도록 설계된다. 예를 들면, 시카고에서 주위 온도에 대한 LVI 역치는 일례로서 -40°F와 100°F일 수 있다.
- [0033] MRI 금지 규칙(146)은 프로세스 측정치의 적어도 하나가 그 모델링된 범위 밖의 결정된 백분율 이상인 것을 표시한다. MRI 규칙의 경우에, 수용 가능한 백분율은 모델 성숙도의 함수일 수 있다. MRI 금지 규칙(146)은 프로세스 파라미터들 중 적어도 하나가 그 파라미터에 대한 모델링된 범위 밖의 동적으로 결정된 백분율(퍼센트-MRI) 이상인 때 관측을 금지하도록 설계된다.
- [0034] FSI 금지 규칙(148)은 모델에 대한 새로 트리거된 상태의 부동성이 프로세스 측정치(또는 장애 태그)에 의해 지배되는 것을 표시하는 금지 규칙이다. FSI 금지 규칙(148)은 FSI 함수가 FSI 역치 이하일 때 적응을 위해 트리거된 관측을 금지하도록 설계된다. FSI 함수는 본 명세서의 다른 곳에서 설명하는 측정치 파라미터(장애 파라미터) 글로벌 유사성 및 드라이버 파라미터 글로벌 유사성에 관한 대수 함수이다.
- [0035] 다른 금지 규칙을 또한 사용할 수 있다. 예를 들면, 프로세스 측정치 중의 적어도 하나가 설정 역치를 미리 정해진 수의 샘플에 걸쳐서 수회 교차한 것을 표시하는 잔여 윈도우 금지(Residual Windowed Inhibition, RWI) 규칙을 사용할 수 있다. RWI 규칙은 자동 적응 규칙이고 성숙도 모델에 대하여 효과적으로 작용한다. 이 규칙은 IRA 규칙과 유사한 방식으로 설계되지만, 트리거링 대신에, 모델링된 프로세스 측정치 파라미터 중의 적어도 하나에 대한 잔여가 그 RWI 역치를 초과할 때, 미리 정해진 크기(예를 들면, 10까지의 디폴트)의 가장 최근의 인접 창에 대하여 미리 정해진 횟수(예를 들면, 2까지의 디폴트)를 금지하도록 설계된다.
- [0036] 퍼센트 구간(percent distance, PD)은 특정의 모델링된 파라미터의 모델 범위가 그 파라미터의 전체 예상되는 상태 공간(LVI 한계)에 얼마나 잘 걸치는지 표시하는 정량적 모델 성숙도 측정치이다. 모델 성숙도는 1-PD로서 규정된다. 퍼센트 구간은 본 명세서의 다른 곳에서 설명하는 것처럼 계산된다.
- [0037] 갱신 모델 모듈(110)은 모델(102)을 갱신할 것인지 여부 및 어떻게 갱신할 것인지를 결정한다. 갱신 모델 모듈(110)은 모델링 엔진(104)으로부터 실제 데이터 및 추정치를 수신하고 모델(102)을 갱신하는 법을 결정한다.
- [0038] 도 1의 시스템의 동작에 관한 일 예에 있어서, 실제 데이터(119)(벡터 형태임)가 모델링 엔진(104)에 의해 수신된다. 모델링 엔진(104)은 모델(102)의 정보로부터 데이터의 추정치를 결정한다. 이와 관련하여, 모델(102)은 추정치를 가질 수 있고, 또는 모델링 엔진(104)이 모델(102)로부터 수신된 정보에 기초하여 추정치를 결정 또는 계산할 필요가 있을 수 있다. 추정치는 모델에 기초한 현재 프로세스 상태의 예측치이다. 잔여는 실제 프로세스 상태와 추정 프로세스 상태 간의 차이이다.
- [0039] 모델링 엔진(104)은 트리거 엔진(106)에 실제 데이터 및 추정 데이터를 송출한다. 트리거 엔진(106)은 이 알고리즘을 이용하여 새로운 상태 또는 가능한 새로운 상태가 존재하는지 결정한다. 새로운 상태가 검출되지 않은 경우에는 트리거 신호가 트리거 엔진(106)으로부터 출력되지 않고 실제 데이터 및 추정 데이터와 함께 후속 시스템에 송출된다. 그 다음에, 후속 시스템은 예를 들면 변칙(anomaly) 검출을 결정하고 데이터를 디스플레이하거나 데이터를 데이터베이스에 저장할 수 있다.
- [0040] 반면에, 만일 트리거 엔진(106)이 트리거(새로운 상태)가 존재한다고 결정하면, 이 결정의 표시, 실제 데이터 및 추정 데이터가 금지 엔진(108)에 송출된다. 금지 엔진(108)은 그 알고리즘을 이용하여 수신된 트리거 결정을 금지할 것인지 결정한다. 다시 말해서, 트리거가 이루어진 경우에도, 금지 엔진(108)은 모델을 수정하지 않는 것으로 결정할 수 있다. 금지 엔진(108)이 트리거를 금지하는 것으로 결정한 경우에는 금지 신호가 금지 모듈로부터 출력되고 실제 데이터 및 추정 데이터와 함께 후속 시스템에 송출된다. 그 다음에, 후속 시스템은 예를 들면 변칙 검출을 결정하고 데이터를 디스플레이하거나 데이터를 데이터베이스에 저장할 수 있다. 반면에 금지 엔진(108)이 트리거를 금지하지 않는 것으로 결정한 경우에는 금지하지 않는다는 표시, 실제 데이터 및 추정 데이터가 갱신 모델 모듈(110)에 송출된다.
- [0041] 갱신 모델 모듈(110)은 메시지(121)를 그 메시지와 함께 송출된 데이터에 따라 모델(102)을 갱신하도록 모델링 엔진(104)에 송출한다. 그 다음에, 모델링 엔진(104)은 모델(102)에 접근하여 모델(102)을 갱신한다. 실제 데이터 및 추정 데이터(뿐만 아니라 트리거가 금지되었는지 여부)가 또한 사용자에게 제공하기 위해 또는 추가 처리

를 위해 후속 시스템(112)에 송출될 수 있다.

- [0042] 전술한 바와 같이, 모델(102)은 그래픽 디스플레이 매체(154)(예를 들면, 컴퓨터 디스플레이, 셀룰러 폰 디스플레이, 또는 정보를 그래픽적으로 디스플레이할 수 있는 임의의 다른 매체)로 사용자에게 제공되는 경고(152)를 발생하기 위해 처리 장치(150)에 의해 사용될 수 있다. 사용자는 이 경고에 기초하여 동작을 취할 수 있다. 예를 들어서 만일 경고가 기계적 컴포넌트의 고장을 표시하면, 사용자는 그 기계적 컴포넌트를 비활성화할 수 있다.
- [0043] 이제, 도 2를 참조하면, ORA 트리거 규칙 접근법의 일 예가 도시되어 있다. 단계 202에서, 피측정 센서에 대한 수치 모델(M)이 획득된다. 단계 204에서 각종 값들이 규정된다. 어레이(A)가 규정되고, 어레이(A)는 T개의 벡터를 가진 모델(M)로부터의 N개의 사용자 선택 센서의 모델링된 데이터 어레이 [TxN]이다. 값 n은 1로 설정되고, 여기에서 n은 총 N개 센서의 어레이(A) 내 n번째 센서 인덱스이다. $A_{min}(n)$ 과 $A_{max}(n)$ 은 모든 T개의 벡터에 걸쳐 어레이(A) 내 n번째 센서의 최소치 및 최대치이다. $X(i)$ 는 데이터 소스(D)로부터 획득된 각각의 센서(n)에 대한 요소 $X(i, n)$ 을 내포한 관심 대상의 i번째 벡터이다. 데이터 소스(D)는 데이터를 생성 또는 획득하는 임의의 시스템 요소, 예를 들면, 센서로부터 데이터를 공급한다. 단계 206에서, 데이터 소스(D)는 모니터링되는 외부 시스템을 파라미터화하는 센서 데이터를 공급한다.
- [0044] 단계 208에서, $X(i, n) > A_{max}(n)$ 인지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면, 실행은 단계 218에서 계속된다. 만일 응답이 부정이면 실행은 단계 210에서 계속된다.
- [0045] 단계 210에서, $X(i, n) < A_{min}(n)$ 인지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면, 실행은 단계 218에서 계속된다. 만일 응답이 부정이면 실행은 단계 212에서 계속된다.
- [0046] 단계 212에서, $N=n$ 인지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면, 실행은 종료한다. 만일 응답이 부정이면 실행은 단계 214에서 계속된다. 단계 214에서, n은 n+1로 설정된다. 실행은 208에서 전술한 바와 같이 계속된다.
- [0047] 단계 218에서, ORA 트리거가 n번째 센서의 모델(M)에 대하여 플래그된다. 단계 220에서, 모든 센서를 처리해야 하는지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면 실행은 단계 212에서 계속된다. 만일 응답이 부정이면 실행은 종료한다.
- [0048] 이제, 도 3을 참조하면, DSA 트리거 규칙 접근법의 일 예가 도시되어 있다. 단계 302에서, 피측정 센서에 대한 수치 모델(M)이 획득된다. 단계 304에서 모델 엔진이 데이터 소스(D)로부터의 입력 데이터에 대한 추정 벡터를 모델(M)을 이용하여 계산한다. 단계 306에서, 데이터 소스(D)는 모니터링되는 외부 시스템을 파라미터화하는 센서 데이터를 공급한다.
- [0049] 단계 308에서, 집합 K가 규정된다. K는 모델(M)에 의해 모델링된 N개의 사용자 선택 센서의 집합이다. n은 총 N개 센서의 집합 K 내 n번째 센서 인덱스이다. $X(i)$ 는 데이터 소스(D)로부터 획득된 각각의 센서(n)에 대한 요소 $X(i, n)$ 을 내포한 관심 대상의 i번째 벡터이다. $E(i)$ 는 입력 벡터 $X(i)$ 에 대응하는, 각각의 센서(n)에 대한 요소 $E(i, n)$ 을 내포한 추정 벡터이다. 그리고 $\langle x \rangle$ 는 사용자가 규정한 유사성 연산자가 되도록 설정된다.
- [0050] 단계 310에서, 유사성 측정치($S_{DSA}(i) = X(i) \langle x \rangle E(i)$)가 결정된다. 단계 312에서, 유사성 역치(T_{DSA})가 결정된다.
- [0051] 단계 314에서 $S_{DSA}(i) < T_{DSA}$ 인지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면 실행은 단계 316에서 계속된다. 만일 응답이 부정이면 실행은 종료한다. 단계 316에서, 모델(M)에 대한 DSA 트리거가 플래그된다. 그 다음에 실행은 종료한다.
- [0052] 이제, 도 4를 참조하면, LVI 금지 규칙 접근법의 일 예가 도시되어 있다. 단계 402에서, 피측정 센서에 대한 수치 모델(M)이 결정된다. 단계 404에서 집합 K가 규정된다. K는 모델(M)에 의해 모델링된 N개의 사용자 선택 센서의 집합이다. 또한 값 n이 n=1로 설정되고, 여기에서 n은 총 N개 센서의 집합 K 내 n번째 센서 인덱스이다. $X(i)$ 는 데이터 소스(D)로부터 획득된 각각의 센서(n)에 대한 요소 $X(i, n)$ 을 내포한 관심 대상의 i번째 벡터이다.
- [0053] 단계 406에서, 데이터 소스(D)는 모니터링되는 외부 시스템을 파라미터화하는 센서 데이터를 공급한다. 단계 408에서, n번째 센서에 대한 하위 센서 한계치($L_{low}(n)$)와 상위 센서 한계치($L_{high}(n)$)가 결정된다. 단계 410에서 $X(i, n) > L_{high}(n)$ 인지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면, 실행은 단계 420에서 계속된다. 만일 응답이 부정이면 실행은 단계 412에서 계속된다.
- [0054] 단계 412에서, $X(i, n) < L_{low}(n)$ 인지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면, 실행은 단계 420에서 계속된다. 만일 응답

이 부정이면 실행은 단계 414에서 계속된다.

- [0055] 단계 414에서, $N=n$ 인지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면, 실행은 종료한다. 만일 응답이 부정이면 실행은 단계 416에서 계속된다.
- [0056] 단계 416에서, n 이 $n=n+1$ 로 설정된다. 실행은 408에서 전술한 바와 같이 계속된다. 단계 420에서, n 번째 센서의 모델(M)에 대하여 LVI 금지가 플래그된다. 실행은 단계 422에서 계속되고, 이 단계에서 모든 센서를 처리해야 하는지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면 실행은 단계 414에서 계속된다. 만일 응답이 부정이면 실행은 종료한다.
- [0057] 이제, 도 5를 참조하면, MRI 금지 규칙 접근법의 일 예가 도시되어 있다. 단계 502에서, 피측정 센서에 대한 수치 모델(M)이 결정된다.
- [0058] 단계 504에서 어레이(A)가 규정된다. 어레이(A)는 T개의 벡터를 가진 모델(M)로부터의 N개의 사용자 선택 센서의 모델링된 데이터 어레이 [TxN]이다. 집합 K가 또한 규정된다. K는 모델(M)에 의해 모델링된 동일한 N개의 사용자 선택 센서의 집합이다. 또한 값 n 이 $n=1$ 로 설정되고, 여기에서 n 은 총 N개 센서의 어레이(A) 내 n 번째 센서 인덱스이다. 더 나아가, n_{high} 및 n_{low} 는 각각 각 센서(n)에 대한 상향 방향 및 하향 방향이다. $A_{min}(n)$ 과 $A_{max}(n)$ 은 모든 T개의 벡터에 걸쳐 어레이(A) 내 n 번째 센서의 최소치 및 최대치이다. 그리고 $X(i)$ 는 데이터 소스(D)로부터 획득된 각각의 센서(n)에 대한 요소 $X(i, n)$ 을 내포한 관심 대상의 i 번째 벡터이다.
- [0059] 단계 506에서, 데이터 소스(D)는 모니터링되는 외부 시스템을 파라미터화하는 센서 데이터를 공급한다. 단계 508에서, $L_{low}(n)$ 과 $L_{high}(n)$ 이 결정되고, 이들은 n 번째 센서에 대한 하위 센서 한계치와 상위 센서 한계치이다. 단계 510에서 각 방향으로 각 센서(n)에 대한 모델 성숙도 측정치($m(L, A, n)$)가 결정된다. 단계 512에서 각 방향으로 각 센서(n)에 대한 MRI 한계($R(m, A)$)가 결정되고, 여기에서 $R_{high}(n)$ 과 $R_{low}(n)$ 은 그들의 MRI 한계이다.
- [0060] 단계 514에서 $X(i, n) < R_{low}(n)$ 인지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면, 실행은 단계 522에서 계속된다. 만일 응답이 부정이면 실행은 단계 516에서 계속된다.
- [0061] 단계 516에서, $X(i, n) > R_{high}(n)$ 인지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면, 실행은 단계 522에서 계속된다. 만일 응답이 부정이면 실행은 단계 518에서 계속된다.
- [0062] 단계 518에서, $N=n$ 인지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면, 실행은 종료한다. 만일 응답이 부정이면 실행은 단계 520에서 계속된다. 단계 520에서, $n=n+1$ 로 설정된다. 실행은 그 다음에 단계 508에서 전술한 바와 같이 계속된다.
- [0063] 단계 522에서, n 번째 센서의 모델(M)에 대하여 MRI 금지가 플래그된다. 단계 524에서, 모든 센서를 처리해야 하는지 결정한다. 만일 응답이 긍정이면 실행은 단계 518에서 계속된다. 만일 응답이 부정이면 실행은 종료한다.
- [0064] 이제, 도 6을 참조하면, FSI 금지 접근법의 일 예가 도시되어 있다. 단계 602에서, 피측정 센서에 대한 수치 모델(M)이 결정된다. 단계 604에서, 모델 엔진은 모델(M)을 이용하여 데이터 소스(D)로부터의 입력 데이터에 대한 추정 벡터를 계산한다. 단계 606에서, 데이터 소스(D)는 모니터링되는 외부 시스템을 파라미터화하는 센서 데이터를 공급한다.
- [0065] 단계 608에서, 집합 K1이 규정된다. K1은 모델(M)에 의해 모델링된 N개의 사용자 선택 센서의 집합이다. 집합 K2가 모델(M)에 의해 모델링된 P개의 사용자 선택 센서의 집합으로서 규정된다. K1과 K2는 상호 배타적일 필요가 없지만, 동일한 집합 K1 및 K2에 대하여 알고리즘은 동일한 결과를 산출할 것이고, 따라서 무효 조건으로서 고려되어야 한다. 또한 n 은 총 N개 센서의 집합 K1 내 n 번째 센서 인덱스이다. 그리고 p 는 총 P개 센서의 집합 K2 내 p 번째 센서 인덱스이다. 또한 $X(i)$ 는 데이터 소스(D)로부터 획득된 각각의 센서(n)에 대한 요소 $X(i, n)$ 및 각각의 센서(p)에 대한 요소 $X(i, p)$ 를 내포한 관심 대상의 i 번째 벡터이다. 이때 $E(i)$ 는 입력 벡터 $X(i)$ 에 대응하는, 각각의 센서(n)에 대한 요소 $E(i, n)$ 및 각각의 센서(p)에 대한 요소 $E(i, p)$ 를 내포한 추정 벡터이다. 그리고 $\langle x \rangle$ 는 사용자가 규정한 유사성 연산자가 되도록 규정된다.
- [0066] 단계 610에서, 유사성 측정치가 결정되고 이때 $S_{RSI} = X(i, p) \langle x \rangle E(i, p)$ 이다. 단계 612에서, 유사성 측정치가 결정되고 이때 $S_{DSA} = X(i, n) \langle x \rangle E(i, n)$ 이다. 단계 614에서, 장애 측정치가 결정되고 이때 $F_{FSI}(i) = F(S_{RSI}, S_{DSA})$ 이다. 단계 616에서, 유사성 역치(T_{FSI})가 결정된다.

[0067] 단계 618에서 $F_{FSI}(i) \leq T_{FSI}$ 인지 결정한다. 만일 응답이 부정이면 실행은 종료한다. 만일 응답이 긍정이면 실행은 단계 620에서 계속된다. 단계 620에서, FSI 금지가 모델(M)에 대하여 플래그된다. 그 다음에 실행은 종료한다.

[0068] 이제, 도 7을 참조하면, MRI 금지 규칙의 각종 양태를 나타내는 그래프의 일 예가 도시되어 있다. 센서치(701)는 도시된 것처럼 시간에 따라 변화한다. 모델 한계(702)는 센서치(701) 둘레에 디스플레이된다. 모델 한계(702)는 도시된 것처럼 포지티브 측 및 네가티브 측(양태) 둘 다를 갖는다.

[0069] MRI 한계(704)는 여기에서 설명하는 것처럼 계산되고 역시 포지티브 측 및 네가티브 측을 갖는다. LVI 한계(706)는 예를 들면 주문자 상표부착 생산자(Original Equipment Manufacturer, OEM)로부터 획득한 값으로 사용자에 의해 설정된다.

[0070] 동작시에, 성숙도 측정치가 결정된다. 이것은 하기 수학적식에 의해 결정된다.

$$MM_x = 1 - PD_x;$$

$$PD_x = \frac{|LVI_x - Model\ limit_x|}{|LVI_{max} - LVI_{min}|}$$

[0071]

[0072] x 는 상부 또는 하부의 각각의 한계를 표시한다.

[0073] MRI_x 한계(704)는 여기에서 설명하는 것처럼 계산되고 역시 상부 및 하부 한계를 갖는다. $Model\ limit_x$ 는 상부 또는 하부 모델 한계(702)이다.

[0074] 퍼센트 구간(PD)은 모델 한계(702)가 LVI 한계(706)에 얼마나 가까운지의 측정치이고 성숙도를 규정한다. 다음에, MRI 측정치가 상기 성숙도 및 미리 정해진 함수에 기초하여 결정된다. 예를 들면, 하기의 수학적식과 같다.

$$[0075] \%MRI_x = A * \exp(B * (1 - MM_x))$$

[0076] 이 수학적식은 A가 성숙 모델을 금지하는 MRI 백분율인 경우에 사용할 수 있다. A의 하나의 값은 0.045(예를 들면, 4.5%)이고 B는 MRI 가변성 인수이다. 일례로서, B=3.7이다. PD는 퍼센트 구간이고, 특정 모델 파라미터의 모델 범위가 전체 전문가 상태 공간(LVI 한계)에 얼마나 잘 걸치는지를 측정하고 위에서 규정된 정량적 모델 성숙도 측정치(maturity measure, MM)에 비례한다.

[0077] 그 다음에, MRI가 하기 수학적식에 의해 계산된다.

$$[0078] MRI_x = Model\ Limit_x \pm Model\ Range * \%MRI_x$$

[0079] 상기 수학적식의 각종 값은 위에서 규정된다. 모델 범위(Model Range) = $Model\ Limit_{max} - Model\ Limit_{min}$ 이다. MRI 한계가 계산되면, 드라이버로부터의 실제 수신된 값은 MRI 한계와 비교된다. 만일 한계를 초과하면, 금지가 초기에 트리거되었던 모델에서의 상태 변화를 방지한다.

[0080] 이제, 도 8 및 도 9를 참조하면, FSI 접근법을 나타내는 2개의 예시적인 그래프가 도시되어 있다. 도 8은 기대치(802)와 실제치(804) 간의 차를 보인 그래프이고 2개의 벡터 간의 유사성 측정치에 역비례한다. x 축과 y 축은 2-센서 시스템의 2개의 센서를 나타낸다. 이 그래프는 N 센서 시스템의 경우에 N차원으로 외삽될 수 있다.

[0081] 도 9는 y 축을 따르는 드라이버 유사성 및 x 축을 따르는 응답 유사성을 나타내는 함수를 보인 것이다. 여기에서 사용하는 "드라이버 유사성"은 예상된 벡터가 프로세스 드라이버 센서(사용자에 의해 프로세스 드라이버로 간주되는 센서)의 n 차원 공간 내의 실제 벡터와 얼마나 유사한지의 측정치로서 해석된다. 여기에서 사용하는 "응답 유사성"은 예상된 벡터가 프로세스 응답 센서(사용자에 의해 프로세스 응답으로 간주되는 센서)의 p 차원 공간 내의 실제 벡터와 얼마나 유사한지의 측정치로서 해석된다. 함수 $f(x)$ (902)는 수용가능 영역(904)을 수용불능 영역(906)으로부터 분리한다. 이 예에서, 함수 $f(x)$ 는 선형함수이지만, 다른 유형의 함수(예를 들면, 지수함수)도 또한 사용할 수 있다는 것을 이해할 것이다.

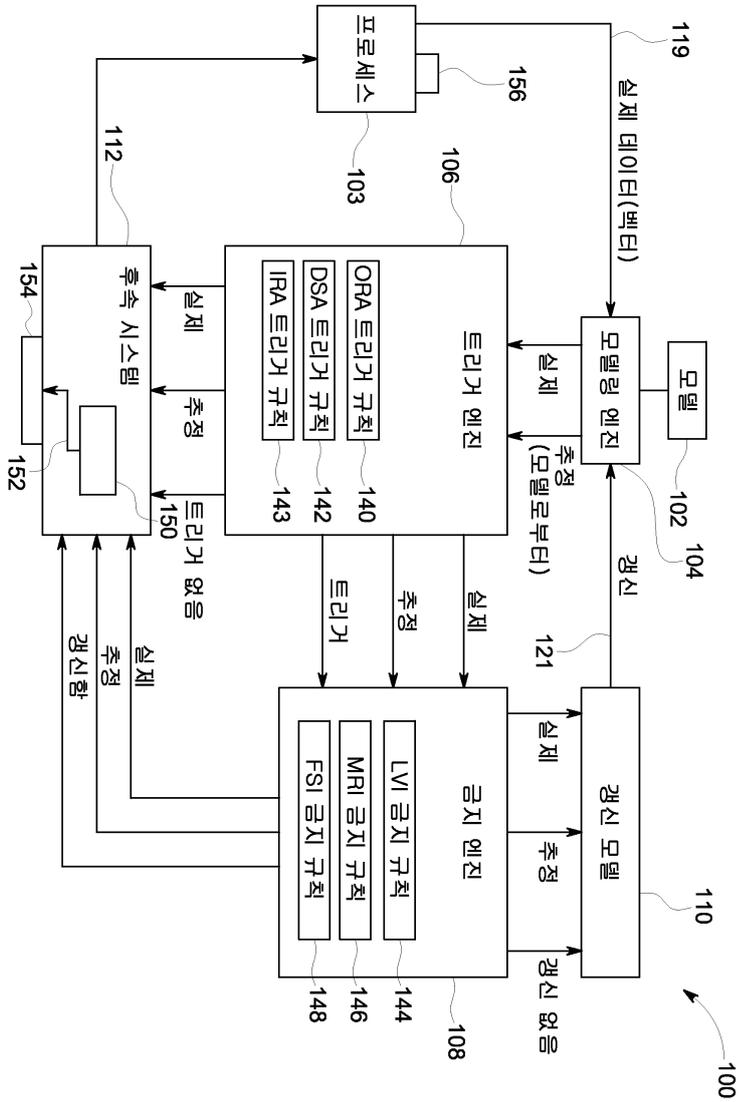
[0082] 908로 지시된 점은 완전한 벡터/모델 유사성을 나타낸다. 벡터(910)는 드라이버 유사성 값은 변화하지만 응답 유사성은 변화하지 않는 것을 나타낸다(이 변화는 수용가능임을 표시한다).

[0083] 벡터(912)는 드라이버 유사성은 변화하지만 응답 유사성은 많이 변화하지 않는 것을 나타낸다(이 변화는 수용가능임을 표시한다). 벡터(914)는 드라이버 유사성이 응답 유사성에 비례하여 변화하는 것을 나타낸다(이 변화는

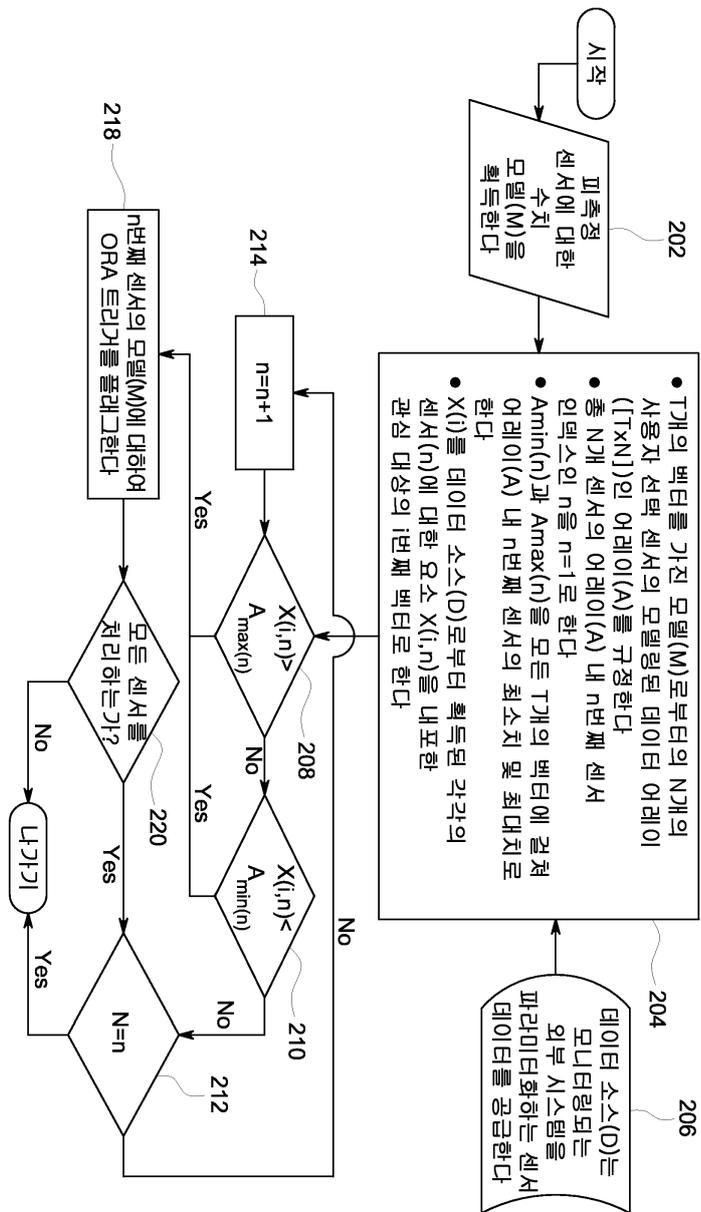
수용가능임을 표시한다). 벡터(916)는 응답 유사성은 변화하지만 드라이버 유사성은 변화하지 않는 것을 나타낸다(이 변화는 수용불능임을 표시한다). 벡터(918)는 응답 유사성은 많이 변화하지만 드라이버 유사성은 조금 변화하는 것을 나타낸다(이 변화는 수용불능임을 표시한다).

- [0084] 벡터 910, 912 및 914는 수용가능 영역(904) 내에 있다. 벡터 916 및 918은 수용불능 영역(906) 내에 있다. 이 예에서 제1 유사성 측정치가 (도 8에 의해) 결정되고, 그 다음에 이것은 전술한 바와 같이 (도 9의) 그래프와 비교된다. 변화가 수용가능일 때, 그 변화는 모델을 수정하기 위해 사용될 수 있다. 변화가 수용불능일 때, 그 변화는 모델을 수정하는 데 사용될 수 없다.
- [0085] 이제, 도 10을 참조하면, 모델(1002)을 변경하는 장치(1000)의 일 예가 도시되어 있다. 장치(1000)는 도 1 내지 도 6과 관련하여 설명한 기능 블록들의 대부분 또는 전부를 구현한다는 것을 이해할 것이다. 장치(1000)는 단일의 물리적 장치로서 구현될 수 있지만, 그 처리 기능들을 복수의 물리적 장치 및 복수의 위치로 분산시킬 수 있다는 것을 또한 이해할 것이다.
- [0086] 장치(1000)는 프로세스 모델(1002)을 수정해야 하는지 여부를 결정하도록 구성되고, 인터페이스(1004)와 프로세서(1006)를 포함한다. 인터페이스(1004)는 입력(1008)과 출력(1010)을 구비하고, 입력(1008)은 실제 센서치의 벡터 및 모델(1002)의 성숙도를 수신하도록 구성된다. 성숙도는 복수의 센서 각각에 대하여 규정되고, 각각의 센서에 대하여 상향 방향 및 하향 방향으로 또한 규정된다.
- [0087] 프로세서(1006)는 인터페이스(1004)에 결합되고 모델(1002)의 성숙도 및 결정된 함수에 기초하여 모델 범위 금지(MRI) 측정치를 결정하도록 구성된다. 프로세서(1006)는 MRI 측정치에 기초하여 MRI 한계를 결정하고 수신된 벡터를 MRI 한계와 비교하도록 구성된다. 프로세서(1006)는 출력(1010)을 통해 송출된 하나 이상의 제어 신호에 의해 상기 비교 결과에 기초하여 모델(1002)을 선택적으로 변경하도록 구성된다.
- [0088] 일부 양태에 있어서, 인터페이스(1004)는 입력(1008)에서 제1 벡터를 또한 수신하도록 구성된다. 상기 제1 벡터는 드라이버 센서에 대한 실제치를 갖는다. 인터페이스(1004)는 또한 제2 벡터를 수신하고, 제2 벡터는 응답 센서에 대한 실제치를 갖는다. 인터페이스(1004)는 또한 제3 벡터를 수신하고, 제3 벡터는 드라이버 센서에 대한 추정치를 갖는다. 인터페이스(1004)는 또한 제4 벡터를 수신하고, 제4 벡터는 응답 센서에 대한 추정치를 갖는다. 인터페이스(1004)는 또한 수용가능 관측과 수용불능 관측 간의 경계들의 집합을 제공하는 함수를 수신한다.
- [0089] 다른 양태에 있어서, 프로세서(1006)는 제1 벡터와 제3 벡터 간의 제1 유사성 측정치, 및 제2 벡터와 제4 벡터 간의 제2 유사성 측정치를 결정하도록 구성된다. 프로세서(1006)는 상기 제1 유사성 측정치, 상기 제2 유사성 측정치 및 상기 함수를 비교하고, 상기 비교에 기초하여 모델(1002)을 선택적으로 변경하도록 또한 구성된다.
- [0090] 당업자라면 각종 양태에서 전술한 실시형태에 대한 수정이 이루어질 수 있다는 것을 이해할 것이다. 다른 변형예들이 또한 명확하게 작용할 것이고, 그 변형예들은 본 발명의 범위 및 정신에 포함된다. 본 발명은 첨부된 특허 청구범위에서 특정된다. 본 발명의 정신 및 범위는 당업자에게 명백하고 본 명세서의 교시와 가까운 전술한 실시형태에 대한 그러한 수정 및 변경을 포함하는 것으로 간주된다.

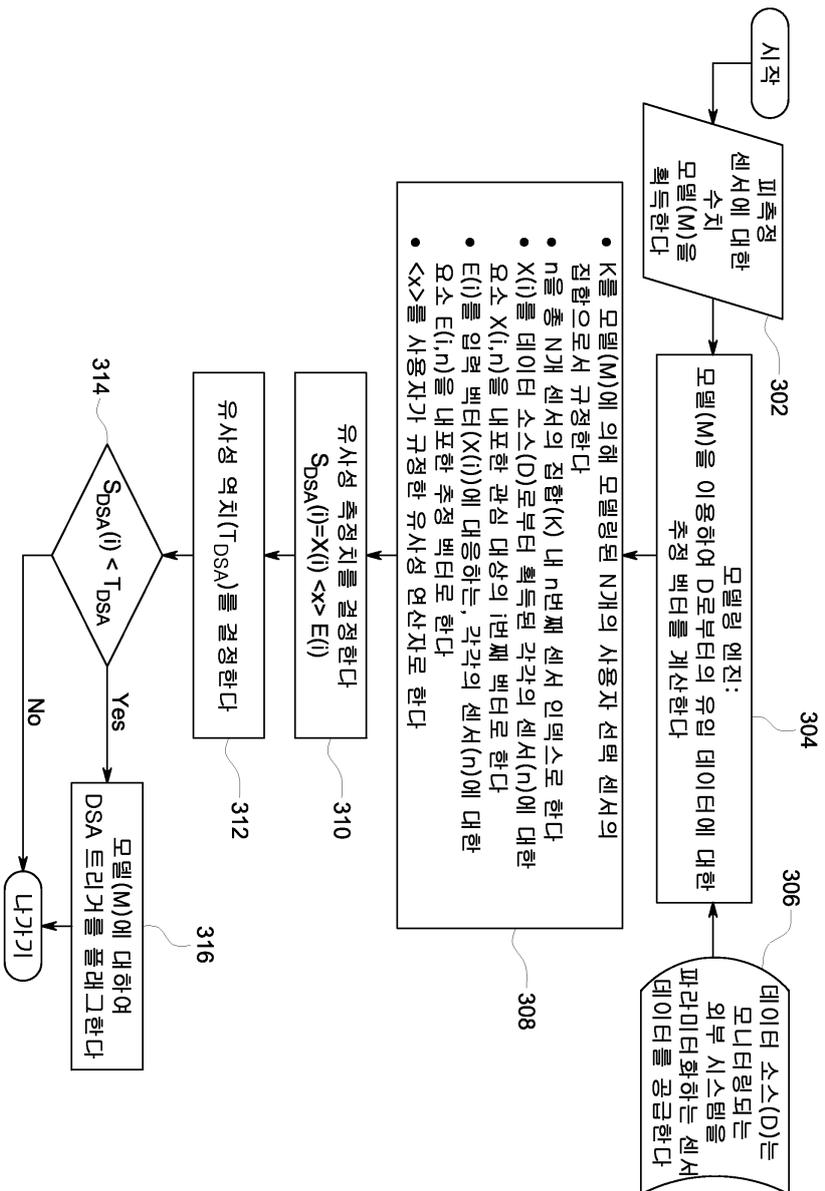
도면
도면1



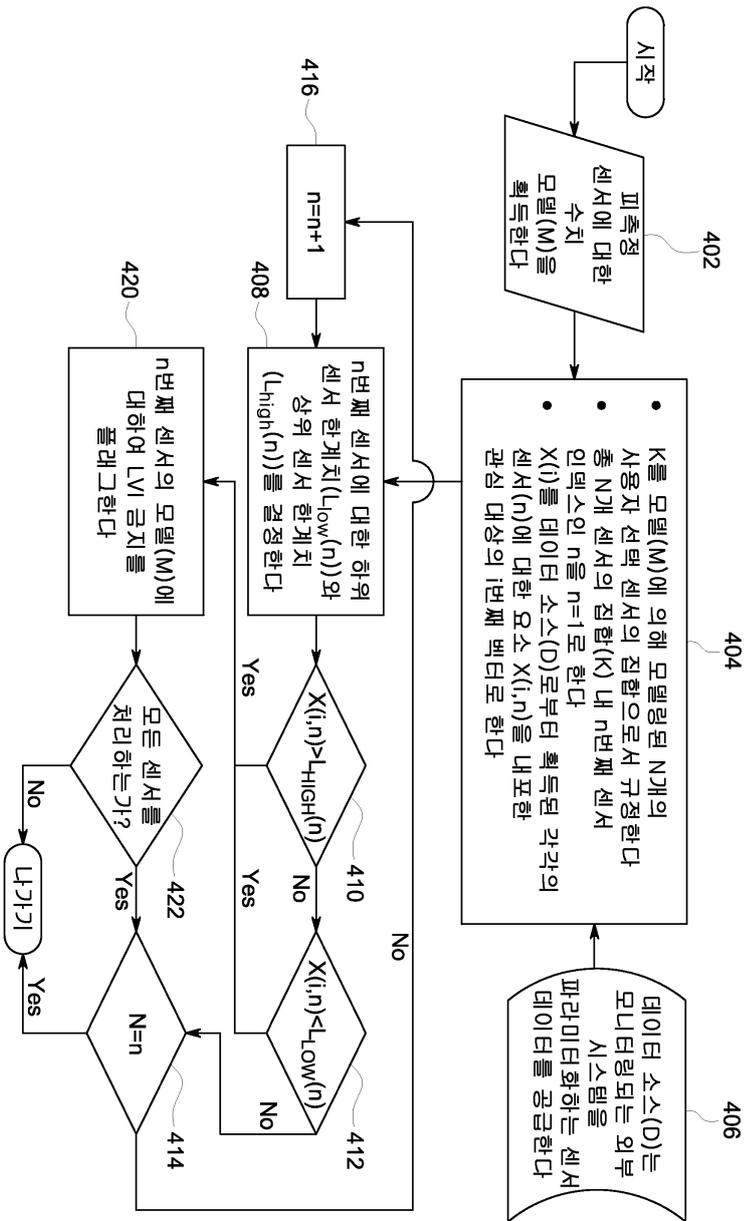
도면2



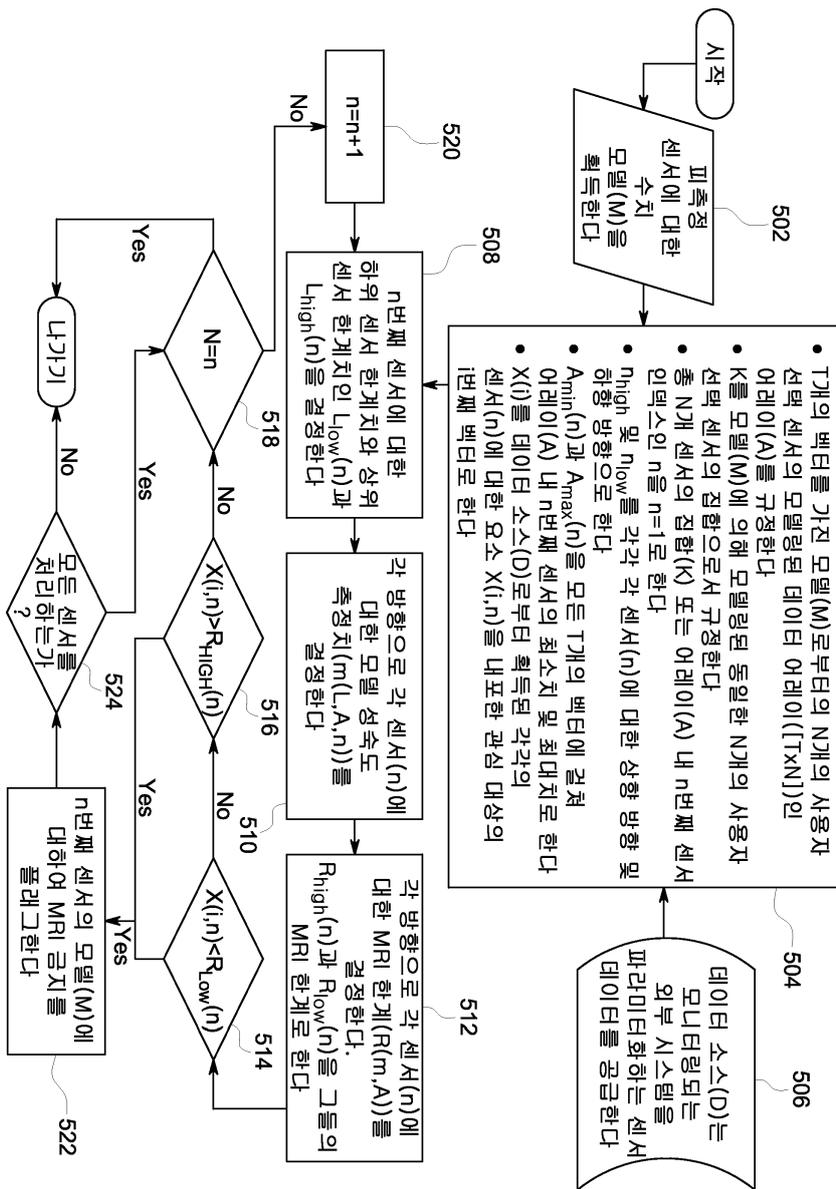
도면3



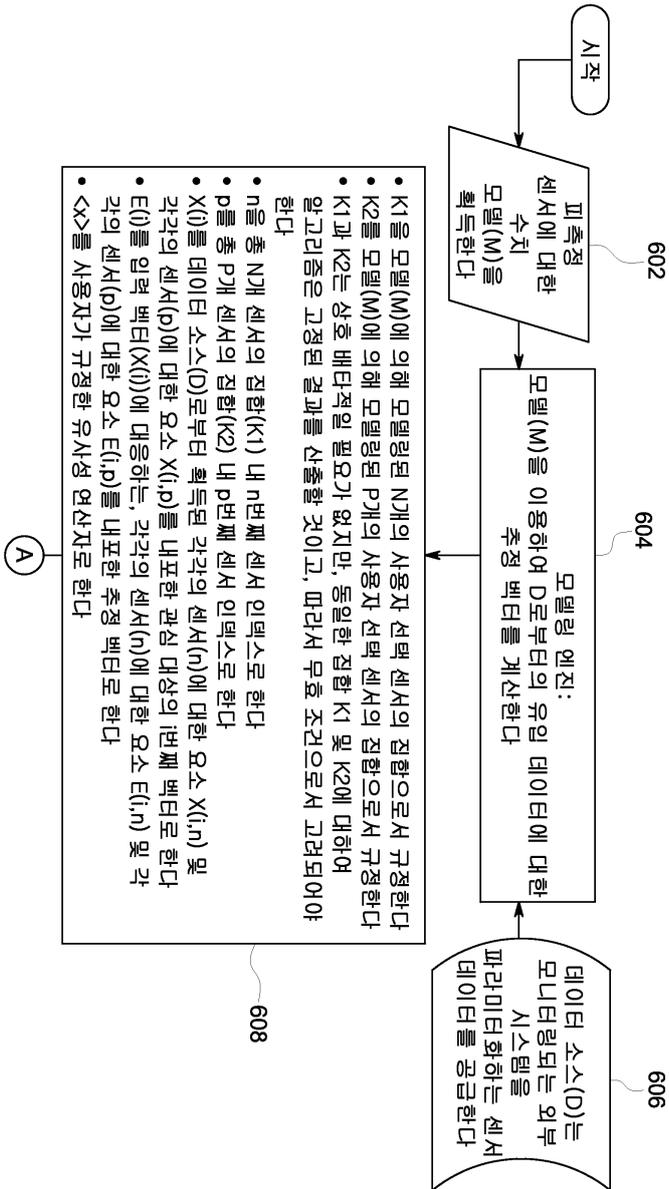
도면4



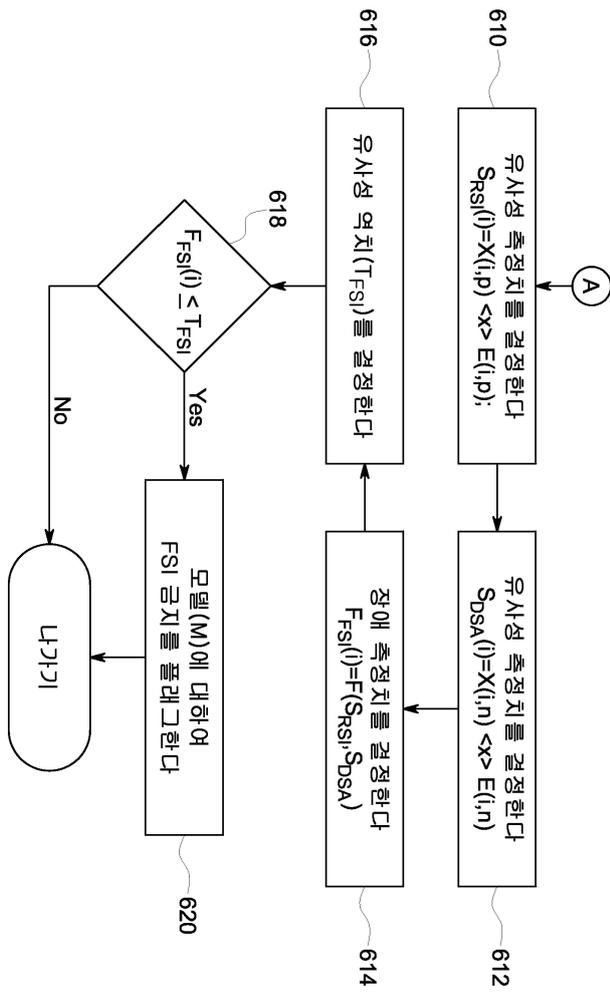
도면5



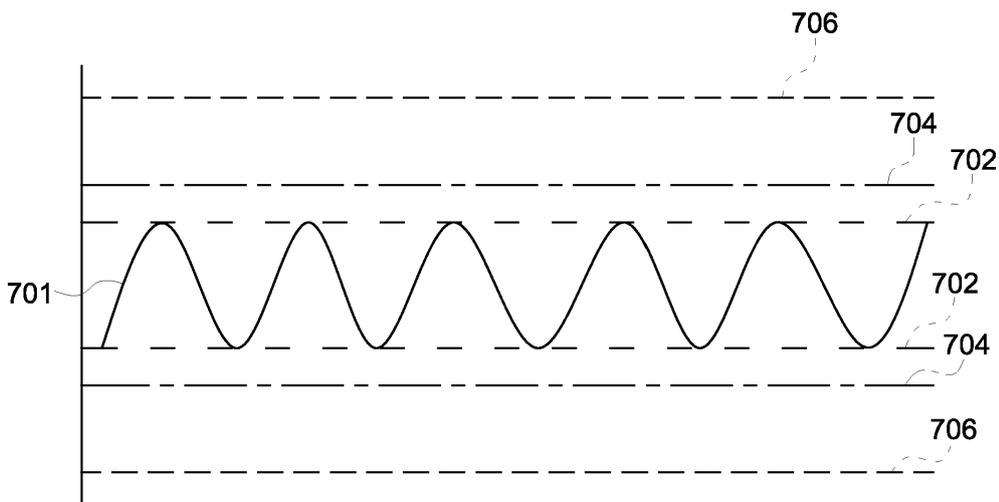
도면6a



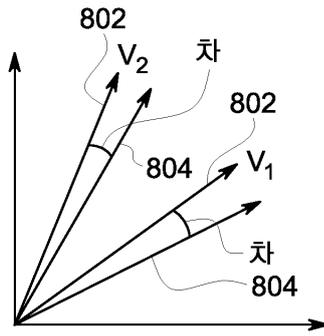
도면6b



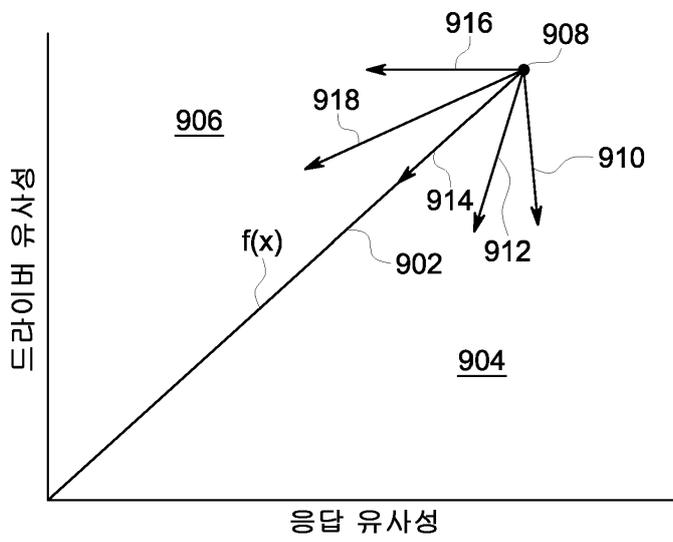
도면7



도면8



도면9



도면10

