(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년05월16일
(11) 등록번호 10-2809829
(24) 등록일자 2025년05월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 3/08 (2023.01) *G06N 3/04* (2023.01)
(52) CPC특허분류
G06N 3/08 (2023.01)
B63B 21/50 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7035174
(22) 출원일자(국제) 2019년06월06일
심사청구일자 2022년05월30일
(85) 번역문제출일자 2020년12월07일
(65) 공개번호 10-2021-0019006
(43) 공개일자 2021년02월19일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2019/000748
(87) 국제공개번호 WO 2019/234505
국제공개일자 2019년12월12일
(30) 우선권주장
16/003,443 2018년06월08일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
CN107545250 A*
US20120078436 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
테크닙 에너지스 프랑스
프랑스 낭테르 세덱스 에프 92741 이머블 오리진 씨에스 10266 불러바드 데 라 데팡스 2126
(72) 발명자
오설리반 제임스 프란시스
프랑스공화국 92400 쿠어베보이 자크 단톤 파우보르 데라르체 알리 데 라르체 6-8, 테크니프 프랑스 내
시다르타 드조니 에카
프랑스공화국 92400 쿠어베보이 자크 단톤 파우보르 데라르체 알리 데 라르체 6-8, 테크니프 프랑스 내
림 로 준
프랑스공화국 92400 쿠어베보이 자크 단톤 파우보르 데라르체 알리 데 라르체 6-8, 테크니프 프랑스 내
(74) 대리인
김태홍, 김진희

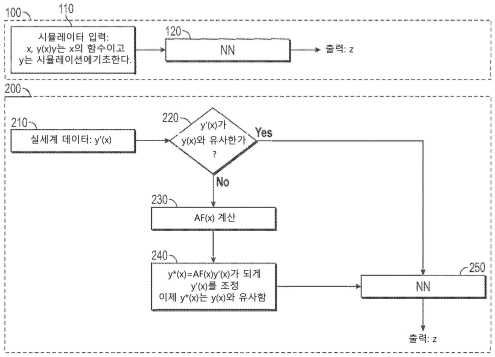
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 이홍배

(54) 발명의 명칭 **부유식 원유생산플랫폼, 선박 및 다른 부유식 시스템을 위한 시뮬레이션 훈련의 심층 신경망 모델의 지속적 학습**

(57) 요 약

본 발명은 동일한 입력에 대하여 실세계 데이터와 시뮬레이터에 의하여 예측된 데이터를 비교하고 시뮬레이션 데이터에 대하여 실세계 데이터를 조정하는 매핑 상관관계를 발전시켜 시뮬레이터를 이용하여 초기 훈련후 신경망 모델을 재훈련할 필요성을 회피할 수 있는 시스템과 방법을 제공한다. 따라서, 시뮬레이션 훈련된 모델에서 발전된 결정논리가 보존되고 변경된 현실로 설명될 수 있는 것으로 계속 작동된다. 유사성의 임계메트릭은 초기에 매핑 알고리즘에 제공될 수 있으며, 이 알고리즘은 실세계 데이터와 시뮬레이션 데이터 사이의 유사성 매트릭이 임계매트릭을 초과할 때 신경망 모델를 작동시키기 위한 시뮬레이션 데이터에 일치하는 조정된 데이터로 실세계 데이터를 조정한다. 업데이트된 학습은 요구에 따라 시스템 조건이 모니터되는 배경에서 작동하는 것을 지속할 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
B63B 71/10 (2020.01)
G06F 30/20 (2020.01)
G06N 3/04 (2023.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

신경망 모델을 작동시키는 방법으로서, 상기 방법은 컴퓨팅 디바이스에 의해 수행되고, 상기 방법은,

상기 신경망 모델에 시뮬레이션 데이터 - 상기 시뮬레이션 데이터는 변수의 적어도 하나의 시뮬레이션된 값과 상기 변수의 상기 적어도 하나의 시뮬레이션된 값에 대응하는 적어도 하나의 시뮬레이션 결과를 포함함 - 를 제공하는 단계;

신경망 모델 출력을 위하여 상기 시뮬레이션 데이터를 처리하도록 상기 신경망 모델에 결정 논리를 제공하는 단계;

상기 변수의 적어도 하나의 실세계(real world) 값과 상기 변수의 상기 적어도 하나의 실세계 값에 대응하는 적어도 하나의 실세계 결과를 포함하는 실세계 데이터를 획득하는 단계;

상기 실세계 데이터와 상기 시뮬레이션 데이터 간의 유사성 매트릭을 결정하기 위하여 상기 실세계 데이터를 상기 시뮬레이션 데이터와 비교하는 단계;

상기 유사성 매트릭이 임계 매트릭보다 큰 경우, 상기 신경망 모델부터의 상기 시뮬레이션 데이터를 갖는 출력에 부합하는 출력을 생성하도록 상기 신경망 모델에 대한 작동 데이터로서 상기 실세계 데이터를 제공하는 단계;

상기 유사성 매트릭이 상기 임계 매트릭보다 크지 않은 경우, 상기 시뮬레이션 데이터와 부합하도록 상기 실세계 데이터를 조정하고 상기 신경망 모델에 대한 작동 데이터로서 상기 조정된 데이터를 제공하는 단계; 및

상기 신경망 모델로부터의 상기 시뮬레이션 데이터를 갖는 출력에 부합하는, 상기 조정된 데이터를 갖는 출력을 생성하도록, 상기 시뮬레이션 데이터의 범위 내에서 적어도 부합하는 상기 조정된 데이터로 상기 신경망 모델을 작동시키는 단계

를 포함하는, 신경망 모델을 작동시키는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 신경망 모델을 작동시키는 단계는, 부유 시스템(floating system)을 모니터링하기 위해 상기 신경망을 작동시키는 단계를 포함하는 것인, 신경망 모델을 작동시키는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 시뮬레이션 데이터와 실세계 데이터는 부유 시스템의 계류 라인들(mooring lines)에 적용될 수 있는 것인, 신경망 모델을 작동시키는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 시뮬레이션 데이터는 상기 시뮬레이션 결과에 대한 다수의 변수들을 포함하는 것인, 신경망 모델을 작동시키는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 신경망 모델에 시뮬레이션 데이터를 제공하는 단계는, 부유 시스템에 대한 데이터를 제공하는 단계를 포함

하고,

상기 부유 시스템에 대한 데이터는, 서지(surge) 방향에서의 평균 부유 시스템 오프셋, 스웨이(sway) 방향에서의 평균 부유 시스템 오프셋, 및 상기 부유 시스템의 총질량을 변수들로서 포함하고, 서지 방향에서의 부유 시스템 장기 표류 기간(floating system long drift period) 및 스웨이 방향에서의 부유 시스템 장기 표류 기간을 결과들로서 포함하는 것인, 신경망 모델을 작동시키는 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

실세계 데이터를 획득하는 단계는, 실세계의 서지 방향에서의 부유 시스템 장기 표류 기간 및 실세계의 스웨이 방향에서의 부유 시스템 장기 표류 기간을 획득하는 단계를 포함하는 것인, 신경망 모델을 작동시키는 방법.

청구항 7

시스템으로서,

중앙처리장치; 및

프로세서 실행 가능 프로그램 명령어들을 포함하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 메모리를 포함하고, 상기 프로세서 실행 가능 프로그램 명령어들은 실행시 상기 중앙처리장치로 하여금 동작들을 수행하게 하고, 상기 동작들은,

신경망 모델을 위한 메모리에 시뮬레이션 데이터 - 상기 시뮬레이션 데이터는 변수의 적어도 하나의 시뮬레이션된 값과 상기 변수의 상기 적어도 하나의 시뮬레이션된 값에 대응하는 적어도 하나의 시뮬레이션 결과를 포함함 - 를 저장하는 동작;

상기 시뮬레이션 데이터를 처리하기 위하여 상기 신경망 모델을 위한 상기 메모리에 결정 논리를 저장하는 동작;

상기 메모리에 상기 변수의 적어도 하나의 실세계 값과 상기 변수의 상기 적어도 하나의 실세계 값에 대응하는 적어도 하나의 실세계 결과를 포함하는 실세계 데이터를 저장하는 동작;

상기 실세계 데이터와 상기 시뮬레이션 데이터 간의 유사성 매트릭을 결정하기 위하여 상기 실세계 데이터를 상기 시뮬레이션 데이터와 비교하는 동작;

상기 유사성 매트릭이 임계 매트릭보다 큰 경우, 상기 신경망 모델로부터의 상기 시뮬레이션 데이터를 갖는 출력에 부합하는 출력을 생성하도록 상기 신경망 모델에 대한 작동 데이터로서 상기 실세계 데이터를 제공하는 동작;

상기 유사성 매트릭이 상기 임계 매트릭보다 크지 않은 경우, 상기 시뮬레이션 데이터와 부합하도록 상기 실세계 데이터를 조정하고 상기 신경망 모델에 대한 작동 데이터로서 상기 조정된 데이터를 제공하는 동작; 및

상기 신경망 모델로부터의 상기 시뮬레이션 데이터를 갖는 출력에 부합하는, 상기 조정된 데이터를 갖는 출력을 생성하도록, 상기 시뮬레이션 데이터의 범위 내에서 적어도 부합하는 상기 조정된 데이터로 상기 신경망 모델을 작동시키는 동작을 포함하는 것인, 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 시뮬레이터를 이용한 신경망 모델 훈련 및 작동과 이러한 시뮬레이터를 위한 조정계수에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 부유식 원유생산플랫폼, 선박 및 기타 다른 부유 시스템을 위한 신경망 모델 훈련 및 작동에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 해저층으로부터 탄화수소를 생산함에 있어서, 부유식 원유생산 플랫폼, 선박 및 기타 다른 부유 시스템은 작업 중에 그 작업위치에 전형적으로 계류되거나 다름 방식으로 고정된다. 계류를 위한 계류라인은 주기적으로 유지보수 또는 교체해주어야 할 필요가 있다. 전형적으로 많은 계류라인이 사용되므로, 정상상태에서는 열화상태 또

는 계류라인의 고장조차도 작업자에게 즉시 통보되지 않을 수 있다. 그러나 극한조건에서는 계류라인 시스템의 무결성을 테스트할 수 있다. 만약, 나머지 계류라인이 극한조건에서 과도한 스트레스를 받으면 전체 부유식 원유생산 시스템이 손상되거나 실패할 수 있다.

[0003] 예상된 운동에 비교되는 부유식 원유생산시스템의 실세계(real world) 운동에 기초하여 계류라인 시스템의 상태를 예측하는 예측모델링이 바람직하다. 신경망 모델은 실시간 학습할 수 있고 보다 정확한 응답을 위한 조건을 위하여 조정할 수 있는 강력한 시스템을 제공할 수 있다. 신경망 모델(NN 모델)은 입력으로 출력을 예측할 수 있는 복합가중형 고차 비선형 다항식을 생성하기 위하여 알려진 입력을 알려진 출력에 연관시키는 상호연결된 뉴런의 시스템이다. 전형적으로, 입력과 출력은 작동시스템으로부터 유도되므로, 시스템의 훈련을 위하여 충분한 데이터 셋트가 축적되기 전에 상당한 시간이 필요하며 또한 이러한 실시간 작동시간중에는 이용할 수도 없다.

[0004] 다른 대안으로서 NN 모델을 시스템 작동의 시뮬레이션으로 훈련하는 것이 있다. 시뮬레이션된 입력/출력은 학습 과정을 크게 높일 수 있고 신경망 모델을 작동 초기부터 이용할 수 있도록 한다. 그러나, 초기 시뮬레이션 훈련에서는 실세계 조건에서 작동하는 NN 모델과 병행하여 시뮬레이션 정확도를 검증할 필요가 있다. 이러한 검증은 일반적으로 시뮬레이션 정확도에 관한 새로운 입력 및 출력 세트를 생성한 다음 NN 모델을 재교육하고, 이후 새로운 NN 모델을 업로드하여 의도한 바와 같이 작동하는 NN 모델에 비용과 시간을 추가하는 것을 의미한다.

[0005] NN 모델이 부유식 원유생산 시스템의 작동상 개선의 기회를 제공하지만, 주어진 환경이나 다른 환경에서 작동할 수 있도록 NN 모델을 훈련시킬 수 있는 보다 나은 시스템과 방법이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 동일한 입력에 대하여 실세계 데이터를 시뮬레이터에 의하여 예측된 데이터에 비교하고 실세계 데이터를 시뮬레이션 데이터에 대하여 조정하는 매핑상관관계를 발전시켜 시뮬레이터를 이용한 초기 훈련후 신경망 모델을 재훈련할 필요성을 회피할 수 있는 시스템과 방법을 제공한다. 따라서, 시뮬레이션 훈련된 NN 모델에서 발전된 결정논리가 보존되고 변경된 현실로 설명될 수 있는 것으로 계속 작동된다. 상관관계 백분율과 같은 유사성의 임계메트릭은 초기에 매핑 알고리즘에 제공될 수 있으며, 이 알고리즘은 실세계 데이터와 시뮬레이션 데이터 사이의 유사성 매트릭이 임계매트릭을 초과할 때 신경망 모델를 작동시키기 위한 시뮬레이션 데이터에 일치하는 조정된 데이터로 실세계 데이터를 조정한다. 업데이트된 학습은 요구에 따라 부유식 원유생산시스템에 대한 것과 같이 시스템 조건이 모니터되는 배경에서 작동하는 것을 지속할 수 있다. 실세계 데이터가 임계매트릭내에 있을 때 실세계 데이터는 작동데이터로서 NN 모델에 제공될 수 있다. 실세계 데이터가 시뮬레이션 데이터로부터 임계매트릭을 초과할 때, 시스템은 실세계 데이터를 시뮬레이션 데이터에 일치하는 조정된 데이터로 조정함으로서 NN 모델에 대한 입력을 조정하기 시작한다. 조정된 데이터는 작동데이터로서 NN 모델에 제공될 수 있다. 업데이트된 학습은 요구에 따라 조건이 모니터되는 배경에서 작동하는 것을 지속할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은, 하나 이상의 시뮬레이션된 변수값과 상기 하나 이상의 시뮬레이션된 변수에 대응하는 하나 이상의 시뮬레이션 결과를 포함하는 시뮬레이션 데이터를 신경망 모델에 제공하는 단계; 신경망 모델 출력을 위하여 상기 시뮬레이션 데이터를 처리하도록 상기 신경망 모델에 결정논리를 제공하는 단계; 하나 이상의 실세계(real world) 변수값과 상기 하나 이상의 실세계 변수값에 대응하는 하나 이상의 실세계 결과를 포함하는 실세계 데이터를 획득하는 단계; 상기 실세계 데이터와 상기 시뮬레이션 데이터 간의 유사성 매트릭을 판정하기 위하여 상기 실세계 데이터를 상기 시뮬레이션 데이터와 비교하는 단계; 상기 유사성 매트릭이 임계매트릭보다 더 큰 경우, 상기 신경망 모델부터의 상기 시뮬레이션 데이터를 갖는 출력에 상당하는 출력을 생성하도록 상기 신경망 모델에 대한 작동데이터로서 상기 실세계 데이터를 제공하는 단계; 상기 유사성 매트릭이 상기 임계매트릭보다 크지 않은 경우, 시뮬레이션 데이터와 일치하도록 실세계 데이터를 조정하고 상기 신경망 모델을 위한 작동데이터로서 조정된 데이터를 제공하는 단계; 및 상기 신경망 모델로부터의 상기 시뮬레이션 데이터를 갖는 출력에 상당하는 상기 조정된 데이터를 갖는 출력을 생성하도록 적어도 상기 시뮬레이션 데이터의 범위 내에서 대응하는 상기 조정된 데이터로 상기 신경망 모델을 작동시키는 단계를 포함하는, 신경망 모델의 작동방법을 제공한다.

[0008] 또한, 본 발명은, 중앙처리장치와, 프로세서실행가능 프로그램명령을 포함하는 비일시적 컴퓨터판독가능메모리

를 포함하고, 상기 프로세서실행가능 프로그램명령은 실행시 상기 중앙처리장치로 하여금, 하나 이상의 시뮬레이션 변수값과 상기 하나 이상의 시뮬레이션된 변수값에 대응하는 하나 이상의 시뮬레이션 결과를 포함하는 시뮬레이션 데이터를 신경망 모델을 위한 메모리에 저장하고, 상기 시뮬레이션 데이터를 처리하기 위하여 상기 신경망 모델을 위한 메모리에 결정논리 시뮬레이션 데이터를 저장하고, 하나 이상의 실세계 변수값과 상기 하나 이상의 실세계 변수값에 대응하는 하나 이상의 실세계 결과를 포함하는 실세계 데이터를 메모리에 저장하고, 상기 실세계 데이터와 상기 시뮬레이션 데이터 간의 유사성 매트릭을 판정하기 위하여 상기 실세계 데이터를 상기 시뮬레이션 데이터와 비교하고, 상기 유사성 매트릭이 임계매트릭보다 더 큰 경우 상기 신경망 모델로부터의 시뮬레이션 데이터를 갖는 출력에 상당하는 출력을 생성하도록 상기 신경망 모델에 대한 작동데이터로서 상기 실세계 데이터를 제공하고, 상기 유사성 매트릭이 상기 임계매트릭보다 크지 않은 경우 상기 시뮬레이션 데이터에 일치하도록 상기 실세계 데이터를 조정하고 상기 신경망 모델을 위한 작동데이터로서 조정된 데이터를 제공하고, 상기 신경망 모델로부터의 상기 시뮬레이션 데이터를 갖는 출력에 상당하는 상기 조정된 데이터를 갖는 출력을 생성하도록 적어도 상기 시뮬레이션 데이터의 범위 내에서 일치하는 조정된 데이터로 상기 신경망 모델을 작동시키는 것들을 포함한 작동을 수행하도록 한다.

발명의 효과

[0009] 이와 같이, 본 발명은 동일한 입력에 대하여 실세계 데이터를 시뮬레이터에 의하여 예측된 데이터에 비교하고 실세계 데이터를 시뮬레이션 데이터에 대하여 조정하는 매핑상관관계를 발전시켜 시뮬레이터를 이용한 초기 훈련후 신경망 모델을 재훈련할 필요성을 회피할 수 있는 시스템과 방법을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 계류라인과 모니터링 시스템을 갖는 부유 시스템의 예시적인 평면도.

도 2는 본 발명의 예시적인 실시형태의 개략 흐름도.

도 3은 본 발명의 실시형태가 구현되는 컴퓨터 시스템(700)을 보인 블록다이아그램.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 발명에서 도면과 이후 상세히 설명되는 특별한 구조와 기능은 본 발명의 범위 또는 첨부된 청구범위의 범위를 제한하기 위하여 제시된 것이 아니다. 오히려, 도면과 상세한 설명은 당업자에게 본 발명이 특허의 보호에 요구되는 것으로 교시하도록 제공된다. 당업자는 본 발명의 상업적 실시형태의 모든 특징이 명확하게 이해될 수 있도록 설명되거나 도시되어 있음을 이해할 것이다. 당업자는 또한 본 발명의 관점에 부합하는 실질적인 상업적 실시형태의 개발이 상업적 실시형태에 대한 개발자의 최종목표를 달성하기 위해 여러 구현-특정의 결정을 필요로 할 것임을 인식할 것이다. 이러한 구현-특정의 결정은 특별한 구현 또는 위치 또는 시간에 의하여 달라질 수 있는 시스템-관련, 비즈니스-관련, 행정-관련의 제약 또는 기타 다른 제약을 따라야 하는 것을 포함하고 이에 국한되지 않을 수 있다. 개발자의 노력은 절대적인 의미에서 복잡하고 시간이 많이 소요될 수 있지만, 그럼에도 불구하고 이러한 노력은 본 발명의 이점을 갖는 이러한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 일상적인 작업일 것이다. 본 명세서에 개시되고 교시된 발명은 다양한 수정 및 대안적인 형태를 허용할 수 있음을 이해해야 한다. 본 발명의 용어에서 "단수"의 단어를 사용한 것은 그 대상의 수를 제한하는 것으로 의도되지 않는다. 또한, 시스템의 여러 방법과 실시형태는 개시된 방법 및 실시형태의 변형실시형태를 구성하는데 서로 조합하여 포함될 수 있다. 단수의 요소에 대한 설명은 복수의 요소를 포함할 수 있으며 그 반대도 마찬가지이다. 적어도 하나의 대상이라 함은 하나 이상의 대상을 포함하는 것이다. 또한, 실시형태의 다양한 관점은 본 발명을 이해할 수 있도록 하는 것에 대하여 서로 관련하여 이용될 수 있다. 문맥상 달리 요구하지 않는 한, "포함하다"라는 용어 또는 "포함한" 또는 "포함하는" 것과 같이 변화시켜 사용한 용어는 적어도 언급된 요소 또는 단계 또는 요소 그룹 또는 단계 또는 그와 동등한 요소의 포함을 의미하는 것으로 이해되어야 하며 더 많은 수효 또는 다른 요소 또는 단계 또는 요소 그룹 또는 단계 또는 그와 동등한 요소의 제외를 의미하는 것이 아님을 이해하여야 한다. 장치 또는 시스템은 여러 방향 및 배향에서 사용될 수 있다. "상부", "상측", "상향", "하부", "하측", "하향"이라는 방향을 나타내는 용어는 도면에서 방향을 나타내는 용어이고 상업적 용도에서는 절대적인 것이 아니며 조립의 방향이 달라짐에 따라 달라질 수 있는 것이다. 단계의 순서는 달리 특별히 제한되지 않는 한 다양한 순서가 될 수 있다. 본문에 설명된 다양한 단계는 다른 단계와 결합될 수 있고, 언급된 단계와 연결되고/되거나 여러 단계로 분할될 수 있다. 마찬가지로 요소들이 기능적으로 설명되었으며 별도의 구성요소로 구현되거나 여러 기능을 갖는 구성요소로 결합될 수 있다. 일부의 요소들이 설명의 단순화를 위하여 장치의 명칭으로 지정되

며, 당업자에게 알려져 있고 구체적으로 설명되지 않을 수 있는 관련된 구성요소의 시스템을 포함하는 것으로 이해되어야 할 것이다. 다양한 기능을 수행하고 형상이나 크기 등에 제한적이지 않으나 본문의 교시내용에서 당업자에게 알려진 바와 같이 변경될 수 있는 예시적인 구조로서 작용하는 여러 실시예가 본 발명의 상세한 설명 및 도면에서 제공된다. 이와 같이, "예시적"이라는 용어의 사용은 명사 "예"의 형용사 형태이고 마찬가지로 예시적인 구조를 지칭하는 것으로 반드시 바람직한 실시예는 아니다.

[0012] 본 발명은 동일한 입력에 대하여 실세계 데이터(real-world data)를 시뮬레이터에 의하여 예측된 데이터에 비교하고 실세계 데이터를 시뮬레이션 데이터에 대하여 조정하는 매핑상관관계를 발전시켜 시뮬레이터를 이용한 초기 훈련후 신경망 모델을 재훈련할 필요성을 회피할 수 있는 시스템과 방법을 제공한다. 따라서 시뮬레이션 훈련모델에서 발전된 결정논리가 보존되고 변경된 현실로 설명될 수 있는 것으로 계속 작동된다. 유사성의 임계메트릭은 초기에 매핑 알고리즘에 제공될 수 있으며, 이 알고리즘은 실세계 데이터와 시뮬레이션 데이터 사이의 유사성 매트릭이 임계매트릭을 초과할 때 신경망 모델를 작동시키기 위한 시뮬레이션 데이터에 일치하는 조정된 데이터로 실세계 데이터를 조정한다. 업데이트된 학습은 요구에 따라 조건이 모니터되는 배경에서 작동하는 것을 지속할 수 있다.

[0013] 도 1은 계류라인과 모니터링 시스템을 갖춘 부유 시스템의 한 예를 보인 평면도이다. 부유 시스템(2)은 예를 들어 달리 제한함이 없이 부유식 원유생산시스템, FPSO, 시추선박, 스파(spar), 텐션 레그 플랫폼(tension leg platform), 반잠수정 및 리그선 등을 포함할 수 있다. 부유 시스템(2)은 일반적으로 계류라인(6)이 일반적으로 해저(도시하지 않았음)에 결합될 수 있는 형태의 선체(4)를 갖는다. 센서 또는 다른 측정장치와 같은 모니터링 기구(8)는 계류라인의 하나 이상의 상태를 모니터링하기 위하여 계류라인에 결합될 수 있다. 모니터링 기구(8)로부터의 출력은 컴퓨터 시스템(700)으로 전달 될 수 있다. 컴퓨터 시스템은 신경망 모델(10)을 수행하기 위하여 이후의 도 3에 설명된 것과 같은 구성요소를 갖는 소프트웨어 및/또는 하드웨어를 포함 할 수 있다. 신경망 모델은 시뮬레이션 데이터를 이용하여 시뮬레이터(12)에 의하여 초기에 적어도 훈련될 수 있다.

[0014] 도 2는 본 발명의 실시형태의 예의 개략적인 흐름도이다. 단계(100)에서 시뮬레이션 데이터는 신경망 모델 (NN 모델)을 훈련하는데 사용된다. 시뮬레이션 데이터는 하나 이상의 데이터 세트 (x, y (x))의 형태로 표시되며, 여기서 선택된 변수 x는 주어진 시뮬레이션 값 x에 대한 x의 함수로 시뮬레이션 결과 y를 생성한다. NN 모델은 훈련되어 출력 z를 생성한다.

[0015] NN 모델이 설치되고 시스템에 의하여 발생된 실세계(RW) 데이터가 NN 모델로 전송될 수 있다. 단계(200)에서, RW 데이터는 시뮬레이션 데이터(또는 시뮬레이션 데이터와 동등한 데이터)를 계속 사용할 때 NN 모델에 의해 생성된 결과 z를 유지하기 위하여 RW 데이터 사이의 관계에 조정계수가 필요한지 여부를 결정하기 위해 분석된다. 유사성의 임계메트릭은 초기에 매핑 알고리즘에 제공될 수 있으며, 이는 실세계 데이터와 시뮬레이션 데이터 사이의 유사성의 메트릭이 임계매트릭을 초과할 때 신경망 모델을 작동시키기 위하여 시뮬레이션 데이터에 일치하는 조정 데이터로 실세계 데이터를 자동으로 조정한다. 이러한 조정은 RW 데이터 사이의 관계에 대하여 이루어지므로 NN 모델을 재훈련될 필요가 없다. 출력 결과 z는 RW 데이터에 조정을 적용한 후 시뮬레이션 데이터 (x, y(x))를 사용하는 것과 적어도 유사하다. 기본적으로 관계 (x, y(x))는 보다 현실적인 입력 및 출력의 상관관계를 기반으로 사전필터링되지만 NN 모델에 제공되는 결정논리를 크게 변경할 필요는 없다. 따라서 훈련에서 x와 y(x) 사이의 시뮬레이션된 관계를 처리할 때 NN 모델에서 사용하는 결정논리는 NN 모델에 의하여 계속 사용할 수 있다.

[0016] 특히, 단계(210)에서, RW 결과 y'(x)는 x의 주어진 실세계 값에 대한 x의 함수로 생성된다. 단계(220)에서, RW 결과 y'(x)는 시뮬레이션 결과 y(x)가 RW 결과 y'(x)와 유사한지 여부를 쿼리하는 결정블록에 제공된다(상이한 x 값과 y에 대한 일치하는 결과를 설명할 수 있다). "유사성"은 예를 들어 동일 또는 다른 매트릭스를 포함하는 특정 비율 또는 시뮬레이션 결과 y (x)의 범위내에서 수학적으로 정의 될 수 있다. 유사성 메트릭은 유사성의 임계메트릭과 비교될 수 있다. 만약 유사성 메트릭이 임계메트릭의 기준을 충족시키면, 실세계 데이터는 단계(250)에서 NN 모델에 작동 데이터로 제공될 수 있다. RW 데이터가 적어도 시뮬레이션 데이터와 유사하므로, RW 데이터 (x, y'(x))와 시뮬레이션 데이터 (x, y(x))사이의 관계에서 조정이 필요하지 않다. 따라서, RW 데이터 (x, y'(x))는 NN 모델로 전달될 수 있으며, NN 모델 결과출력 z는 여전히 단계(120)에서 시뮬레이션 데이터의 출력 z와 동일하거나 유사하다.

[0017] 그러나, 단계(220)에서 결정블록의 결과가 RW 결과 y'(x)와 시뮬레이션 결과 y(x)의 유사성 메트릭이 임계메트릭의 기준을 만족하지 않는 경우, 흐름은 조정을 위하여 단계(230)로 이동한다. 단계(230)에서 조정계수 (AF(x))가 계산되어 RW 결과 y'(x)가 시뮬레이션 결과 y(x)와 적어도 유사한 값을 갖도록 한다. AF(x)는 선형

또는 비선형 조정일 수 있다. 단계(240)에서, AF(x)는 시뮬레이션 결과 y (x)와 적어도 유사한 조정 결과 y^* (x)를 얻을 수 있도록 RW 결과 y'(x)에 적용되고, 조정된 데이터 세트(x, y^*(x))는 시뮬레이션 데이터 세트 (x, y(x))와 적어도 유사하다. 단계(250)에서, 시뮬레이션 데이터 세트 (x, y(x))와 유사한 조정된 데이터 세트 (x, y^*(x))는 단계(120)에서 출력 z와 적어도 유사한 출력 z를 생성하는 NN 모델에 작동데이터로 제공될 수 있다.

[0018] NN 모델의 기본특성은 노이즈/에러 내성이라는 것이 알려져 있다. 또한 NN 모델은 다층 피드포워드 네트워크 및 기타 다른 기술과 같은 비선형 입력-출력 매핑을 제공하는 범용 근사기(universal approximator)가 될 수 있다. 따라서 (x, y^*(x))에 대하여 AF에 의하여 생성된 유사값은 NN 모델에 의하여 처리되어 유사 결과 z를 생성할 수 있다.

[0019] 도 2의 흐름도는 대응하는 결과 y_1, y_2,... y_n 을 시뮬레이션하는 각 변수 x_1, x_2,...x_n 을 위하여 사용되어 조정된 데이터 세트 (x_n, y^*_n(x))를 NN 모델에 적용할 수 있다. 흐름도는 여러 요인에 따라 달라지는 결과에도 적용될 수 있다. 예를 들어, 결과 y는 y(x_1, x_2,... x_n)과 같이 하나 이상의 변수의 함수일 수 있다. AF는 시뮬레이션 결과 y와 적어도 유사한 조정된 결과 y^* 를 산출하기 위하여 여러 변수에 의존하는 RW 결과 y'에 적용될 수 있다.

[0020] 상기 언급된 관념을 설명하기 위한 예로서, 시뮬레이션 데이터 세트는 30미터 선박 오프셋 x(a vessel offset x of 30 meters)일 수 있으며, 무손상 라인(an intact line)을 나타내는 100초 결과 y(a result y of 100 seconds)와 계류라인 실패(a mooring line failure)을 나타내는 120초 결과 y(a result y of 120 seconds)를 생성한다. NN 모델은 시뮬레이션 데이터 ({30미터, 100초}: 무손상 라인 및 {30미터, 120초}: 실패)를 기반으로 일련의 증가하는 특정동작(escalating certain action) z를 취하도록 시뮬레이션 데이터로 훈련된다. 그러나 RW 데이터는 시뮬레이션 모델이 RW 시스템의 강성과 일치하지 않음을 나타낸다. RW 데이터는 30미터 선박 오프셋 x가 무손상 라인의 경우 110초 결과 y'에 해당하고 파단 라인의 경우 132초 결과 y'에 해당함을 나타낸다. 그리고 RW 110초의 y'는 무손상 라인의 100초로 조정되어야 하고 RW 132초 y'는 파단 라인의 120초로 조정되어야 한다. 시뮬레이션 데이터 (x, y)와 동일한 조정된 데이터 ({30미터, 100초}의 x, y^*(x): 무손상 라인 및 {30미터, 120초}: 실패)는 동일한 동작 z를 생성하도록 NN 모델에 제공될 수 있다. NN 모델은 조정계수를 알 수 없으며 (즉, 독립적으로 작동함), NN 모델은 시뮬레이션 데이터와 마찬가지로 조정된 데이터로 작동하여 이 논리 ({30미터, 100초}: 무손상 라인 및 {30미터, 120초}: 실패)가 여전히 유지된다. 따라서 NN 모델을 재훈련될 필요가 없다. (이 예에서, 학습과 동작에서 신경망 모델의 능력은 당업자가 이해할 수 있을 정도로 완전히 설명되지 않았으며, 결정논리 및 결과는 매우 복잡할 수 있다. 따라서 이러한 예는 본 발명의 기본개념을 설명할 뿐이다.)

[0021] 보다 넓게는, 이 응용의 예는 부유하는 해양선박의 장기표류기간에 기초한 손상된 계류라인의 탐지를 위한 것이다. 이 경우 신경망 모델에 대한 시뮬레이션 된 입력은 다음과 같을 수 있다.

[0022] · 선박 위치 또는 평균 선박 오프셋

[0023] · 선박의 총질량 (선박의 건현)

[0024] · 해당 선박 위치 및 선박의 총질량에 대한 선박의 장기표류기간

[0025] 여기에서:

[0026] · x_1 = 서지방향(surge direction)의 평균 선박 오프셋

[0027] · x_2 = 스웨이방향(sway direction)의 평균 선박 오프셋

[0028] · x_3 = 선박의 총질량

[0029] · y_1 = 시뮬레이션으로부터 서지방향으로 선박의 장기표류기간

[0030] · y_2 = 시뮬레이션으로부터 스웨이방향으로 선박의 장기표류기간

[0031] 신경망 모델의 출력변수는 각 계류라인의 손상지표이며, 하나의 지표는 하나의 계류라인에 대한 것이다. 따라서,

[0032] · $y_1 = f(x_1, x_2, x_3)$

[0033] · $y_2 = f(x_1, x_2, x_3)$

[0034] 선박위치와 총질량의 함수인 선박의 장기표류기간은 수치 시뮬레이션의 결과에 기반하며, 이들은 신경망 모델(NN 모델)을 훈련하는데 사용된다. 이와 같이, 훈련된 NN 모델은 "시뮬레이션 세계(simulation world)"의 모든 것을 참조한다.

[0035] 해당 RW 결과는 다음과 같이 설명될 수 있다.

[0036] · y'_1 = 실세계에서 서지방향으로 선박의 장기표류기간

[0037] · y'_2 = 실세계에서 스웨이방향으로 선박의 장기표류기간

[0038] 실세계에서, 주어진 선박 위치 및 선박의 주어진 총질량에 대한 선박의 장기표류기간은 "시뮬레이션 세계"에서 선박의 장기표류기간과 다를 수 있다. 실세계에서 선박의 장기표류기간이 "시뮬레이션 세계"의 표류기간과 같지 않으면 다음 부등식이 적용됩니다.

[0039] · $y'_1(x_1, x_2, x_3) \neq y_1 (x_1, x_2, x_3)$

[0040] · $y'_2(x_1, x_2, x_3) \neq y_2 (x_1, x_2, x_3)$

[0041] 차이가 충분하다면, 실세계에서 선박의 장기표류기간을 "시뮬레이션 세계"의 표류기간으로 전달할 수 있도록 조정계수에 대한 전달함수를 설정할 수 있습니다. '시뮬레이션 세계'로 전달되면 이러한 조정계수가 사용되어 시뮬레이션 훈련된 NN 모델에 대한 입력을 조정할 수 있으며 시뮬레이션 훈련된 NN 모델은 데이터가 "시뮬레이션 세계" 데이터로 전송되었기 때문에 그대로 작동할 수 있다.

[0042] 도 3은 신경망 모델을 포함하는 본 발명의 실시형태가 구현될 수 있는 컴퓨터 시스템(700)을 보인 블록다이아그램이다. 한 실시형태에 따라서, 여기에 설명 된 기술은 하나 이상의 특수목적 컴퓨터 장치에 의하여 구현된다. 특수목적의 컴퓨터 장치는 기술을 수행할 수 있는 하드웨어 내장형일 수 있거나, 또는 기술의 수행을 위하여 지속적으로 프로그램된 하나 이상의 ASIC(application-specific integrated circuits) 또는 FPGA(field programmable gate array)와 같은 디지털 전자장치를 포함하거나, 또는 펌웨어, 메모리, 다른 저장장치 또는 조합의 프로그램 명령에 따라 기술을 수행하도록 프로그램된 하나 이상의 범용 하드웨어 프로세서를 포함할 수 있다. 또한 이러한 특수목적의 컴퓨터 장치는 기술을 달성하기 위하여 주문형 하드 와이어 로직, ASIC 또는 FPGA를 주문형 프로그래밍에 조합할 수 있다. 특수목적 컴퓨터 장치는 데스크탑 컴퓨터 시스템, 휴대용 컴퓨터 시스템, 핸드헬드 장치, 네트워킹 장치 또는 기술을 구현하기 위하여 하드 와이어 및/또는 프로그램 로직을 통합하는 다른 장치일 수 있다.

[0043] 적어도 하나의 실시형태에서, 컴퓨터 시스템 (700)은 정보를 전달하기 위한 버스(702) 또는 다른 통신기구와, 정보를 처리하기 위하여 버스(702)와 결합된 하드웨어 프로세서(704)를 포함한다. 하드웨어 프로세서(704)는 예를 들어 범용 마이크로프로세서일 수 있다. 컴퓨터 시스템(700)은 또한 프로세서(704)에 의하여 실행될 정보 및 명령을 저장하기 위하여 버스(702)에 연결된 랜덤 액세스 메모리(RAM) 또는 다른 다이나믹 저장장치와 같은 메인 메모리(706)를 포함하고, 도 2에 도시된 하나 이상의 단계를 포함 할 수 있다. 메인 메모리(706)는 또한 프로세서(704)에 의하여 실행될 명령의 실행중에 임시변수 또는 다른 중간정보를 저장하기 위하여 사용될 수 있다. 이러한 명령은 프로세서(704)에 액세스가능한 비일시적 저장매체에 저장될 때 컴퓨터 시스템(700)이 명령에 지정된 작업을 수행하도록 맞춤화된 특수목적 기기가 될 수 있도록 한다. 컴퓨터 시스템(700)은 프로세서(704)를 위한 정적 정보 및 명령을 저장하기 위하여 버스(702)에 결합된 읽기전용 메모리(ROM)(708) 또는 다른 정적 저장장치를 더 포함한다. 자기 디스크 또는 광 디스크와 같은 저장장치(710)가 정보 및 명령을 저장하기 제공되고 버스(702)에 결합된다. 컴퓨터 시스템(700)은 컴퓨터 사용자에게 정보를 표시하기 위하여 버스(702)를 통하여 발광 다이오드(LED) 디스플레이와 같은 디스플레이(712)에 연결될 수 있다. 알파벳 키와 기타 다른 키를 포함하는 입력장치(714)가 정보 및 명령선택을 프로세서(704)에 전달하기 위하여 버스(702)에 결합된다. 다른 형태의 사용자 입력장치는 프로세서(704)에 방향정보와 명령선택을 전달하고 디스플레이(712)에서 커서 움직임을 제어하기 위한 마우스, 트랙볼 또는 커서와 같은 커서 컨트롤(712)이다. 이 입력장치는 장치가 평면에서 특정 위치에 놓일 수 있도록 하는 두개의 축, 제1축(예를 들어, x 축)과 제2 축(예를 들어, y 축)에서 두개의 자유도를 갖는다.

[0044] 컴퓨터 시스템(700)은 컴퓨터 시스템과 결합하여 컴퓨터 시스템(700)을 특수목적 기기가 되게 하거나 프로그램하는 주문형 하드 와이어 로직, 하나 이상의 ASIC 또는 FPGA, 펌웨어 및/또는 프로그램 로직을 사용하여 여기에서 설명되는 기술을 구현할 수 있다. 한 실시형태에 따라서, 본 발명의 기술은 메인 메모리(706)에 실린 하나 이상의 명령의 하나 이상의 시퀀스를 실행하는 프로세서(706)에 응답하여 컴퓨터 시스템(700)에 의하여 수행된다. 이러한 명령은 저장장치(710)와 같은 다른 저장매체로부터 메인 메모리(706)로 판독될 수 있다. 메인 메모리(706)에 실린 명령 시퀀스의 실행은 프로세서 (704)가 본 발명에서 설명되는 프로세스 단계를 수행할 수 있도록 한다. 대안적인 실시형태에서, 하드 와이어 회로는 소프트웨어 명령 대신에 또는 소프트웨어 명령과 조합하여 사용될 수 있다.

[0045] 본 명세서에서 사용되는 "저장매체"라는 용어는 기기가 특정방식으로 작동토록 하는 데이터 및/또는 명령을 저장하는 임의의 비일시적 매체를 지칭하는데 사용된다. 이러한 저장매체는 비휘발성 매체 및/또는 휘발성 매체를 포함할 수 있다. 비휘발성 매체는 예를 들어 저장장치(710)와 같은 광학 또는 자기 디스크를 포함한다. 휘발성 매체는 메인 메모리(706)와 같은 다이나믹 메모리를 포함한다. 일반적인 형태의 저장매체는 예를 들어 플로피 디스크, 가요성 디스크, 하드 디스크, 솔리드 스테이트 드라이브, 자기 테이프 또는 기타 자기 데이터 저장매체, CD-ROM, 기타 광학 데이터 저장매체, 홀 패턴을 갖는 물리적 매체, RAM, PROM 및 EPROM, FLASH-EPROM, NVRAM, 기타 다른 메모리 칩 또는 카트리지를 포함한다.

[0046] 저장매체는 전송매체와 구별되지만 전송매체와 함께 사용될 수 있다. 전송매체는 저장매체 사이의 정보전송에 관여한다. 예를 들어, 전송매체는 버스(702)를 포함하는 와이어를 포함하여 동축 케이블, 구리 와이어 및 광섬유를 포함한다. 전송매체는 또한 전파 및 적외선 데이터 통신 중에 생성되는 것과 같은 음향 또는 광파의 형태를 취할 수 있다.

[0047] 다양한 형태의 매체가 실행을 위하여 하나 이상의 명령의 하나 이상의 시퀀스를 프로세서(704)로 전달하는데 관련될 수 있다. 예를 들어, 명령은 처음에 자기 디스크 또는 원격 컴퓨터의 솔리드 스테이트 드라이브에 전달될 수 있다. 원격 컴퓨터는 명령을 그 다이나믹 메모리에 로딩하고 모뎀을 사용하여 전화선을 통하여 명령을 보낼 수 있다. 컴퓨터 시스템(700)의 모뎀은 전화선에서 데이터를 수신하고 데이터를 적외선 신호로 변환시키는 적외선 송신기를 사용할 수 있다. 적외선 검출기는 적외선 신호로 전달된 데이터를 수신할 수 있고 적당한 회로가 데이터를 버스 (702)에 배치할 수 있다. 버스(702)는 데이터를 메인 메모리(706)로 전달하고, 여기서 프로세서(704)는 명령을 검색하고 실행한다. 메인 메모리(706)에 의하여 수신 된 명령은 프로세서(704)에 의한 실행 전 또는 후에 저장장치(710)에 선택적으로 저장될 수 있다.

[0048] 컴퓨터 시스템(700)은 또한 버스(702)에 연결된 통신 인터페이스(718)를 포함한다. 통신 인터페이스(718)는 로컬 네트워크(722)에 연결된 네트워크 링크(720)에 양방향 데이터 통신연결이 이루어질 수 있도록 한다. 예를 들어, 통신 인터페이스(718)는 ISDN(integrated services digital network) 카드, 케이블 모뎀, 위성 모뎀 또는 해당 유형의 전화선에 데이터 통신연결이 이루어지도록 하는 모뎀일 수 있다. 다른 예로서, 통신 인터페이스(718)는 호환 가능한 LAN에 데이터 통신연결이 이루어지도록 하는 근거리 통신망(LAN) 카드일 수 있다. 무선 링크도 구현될 수 있다. 이러한 구현예에 있어서, 통신 인터페이스(718)는 다양한 유형의 정보를 나타내는 디지털 데이터 스트림을 운반하는 전기, 전자기 또는 광학신호를 송수신한다.

[0049] 네트워크 링크(720)는 일반적으로 하나 이상의 네트워크를 통하여 다른 데이터 장치에 대하여 데이터 통신이 이루어질 수 있도록 한다. 예를 들어, 네트워크 링크(720)는 로컬 네트워크(722)를 통하여 호스트 컴퓨터(724) 또는 인터넷 서비스 공급자(ISP)(726)에 의하여 운영되는 데이터 장비에 대한 연결이 이루어질 수 있도록 한다. 그리고 ISP(726)는 통상 "인터넷"(728)으로 불리는 전세계 패킷 데이터 통신 네트워크를 통하여 데이터 통신 서비스를 제공한다. 로컬 네트워크(722)과 인터넷(728)은 모두 디지털 데이터 스트림을 전달하는 전기, 전자기 또는 광학신호를 이용한다. 다양한 네트워크를 통한 신호와 네트워크 링크(720)상에서 컴퓨터 시스템(700)에 대하여 디지털 데이터를 전송하는 통신 인터페이스(718)을 통한 신호는 전송매체의 예시적인 형태이다.

[0050] 데이터는 상기 언급된 바와 같은 조건과 다른 선택된 파라미터에서 센서, 모니터 및 기타 다른 장치로부터 시스템(700)으로 전달되는 실세계 데이터일 수 있다. 또한 데이터는 상기 언급된 바와 같이 시뮬레이터로부터의 시뮬레이션 데이터 일 수도 있다. 데이터는 호스트 컴퓨터(724), 로컬 네트워크(722)를 통하여, 또는 예를 들어 인터넷(728)에 액세스하는 ISP(726)를 통하여 원격으로 통신될 수 있다.

[0051] 컴퓨터 시스템(700)은 네트워크(들), 네트워크 링크(720) 및 통신 인터페이스(718)를 통하여 메시지를 전송하고 프로그램 코드를 포함하는 데이터를 수신할 수 있다. 인터넷의 경우에, 서버(730)는 인터넷(728), ISP(726), 로컬 네트워크(722)과, 통신 인터페이스(718)를 통하여 애플리케이션 프로그램을 위한 리퀘스티드 코드(requested

code)를 전송할 수 있다. 수신된 코드는 이 코드가 수신될 때 프로세서(704)에 의해 실행되고/되거나 저장장치(710) 또는 추후 실행을 위한 다른 비휘발성 저장장치에 저장될 수 있다.

[0052] 전술한 본 발명의 하나 이상의 관점을 이용하는 다른 실시형태와 추가 실시형태는 청구범위에 정의된 바와 같이 본 발명으로부터 벗어남이 없이 창안될 수 있다. 예를 들어, 부유식 원유생산 시스템 이외의 다른 시스템은 신경망 모델 훈련 및 본 발명의 효율성으로부터 이점을 취할 수 있으며 본 발명의 범위 및 적용가능한 범위내에 포함된다. 다른 예로서, 다른 선형 및 비선형 조정계수가 사용될 수 있고, 신경망 모델에 대한 다층 피드포워드 방법 외에 다양하게 근접할 수 있는 방법이 사용될 수 있으며, 다른 변형실시형태가 청구범위 내에서 구현될 수 있다.

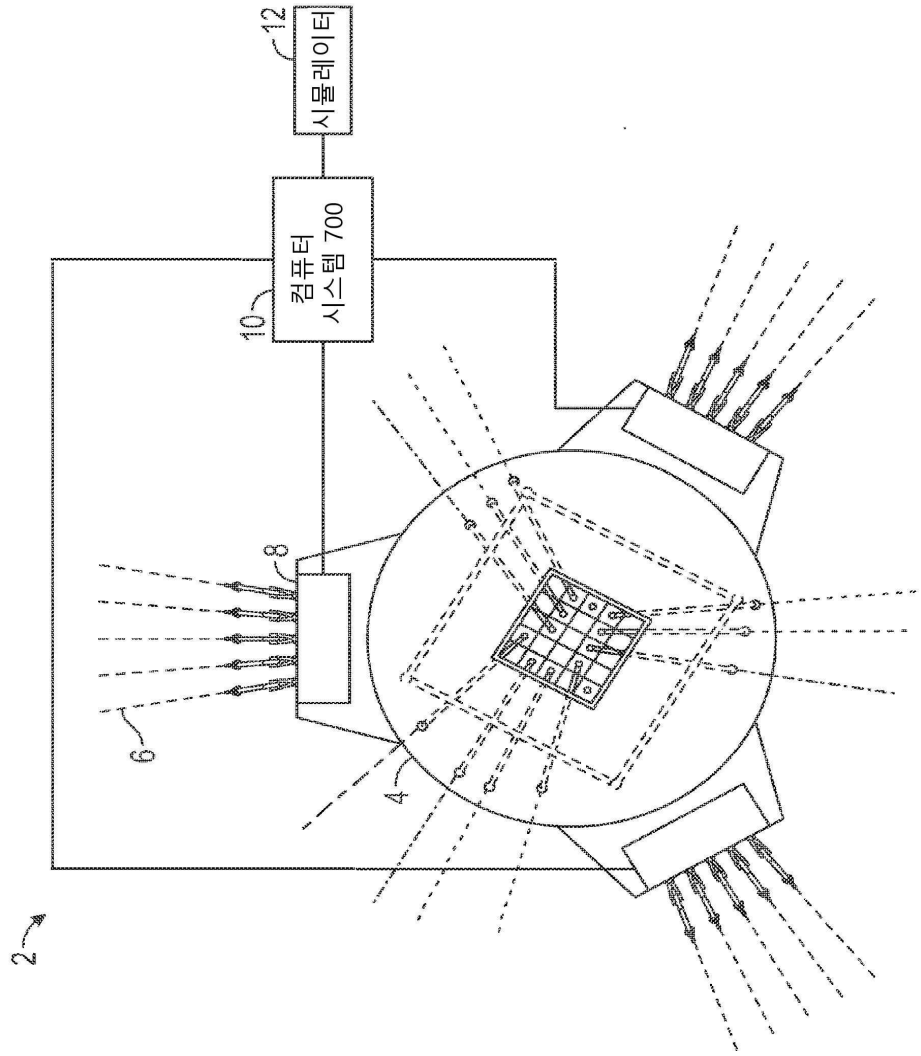
[0053] 본 발명은 바람직한 실시실시형태 및 다른 실시형태의 맥락에서 설명되었으나, 본 발명의 모든 실시형태가 설명된 것은 아니다. 기술된 실시형태에 대한 명백한 수정 및 변형실시형태는 당업자에 의하여 용이하게 구현될 수 있을 것이다. 본문에 기술되었거나 기술되지 않은 실시형태는 출원인에 의하여 제안된 발명의 범위 또는 적용가능한 범위을 제한하거나 제한하기 위한 것이 아니라, 특허법에 따라 출원인은 다음의 청구범위의 범위내에 속하는 이러한 수정 및 개선의 내용과 이들의 등가물을 포함하는 모든 것을 완전히 보호하고자 한다.

부호의 설명

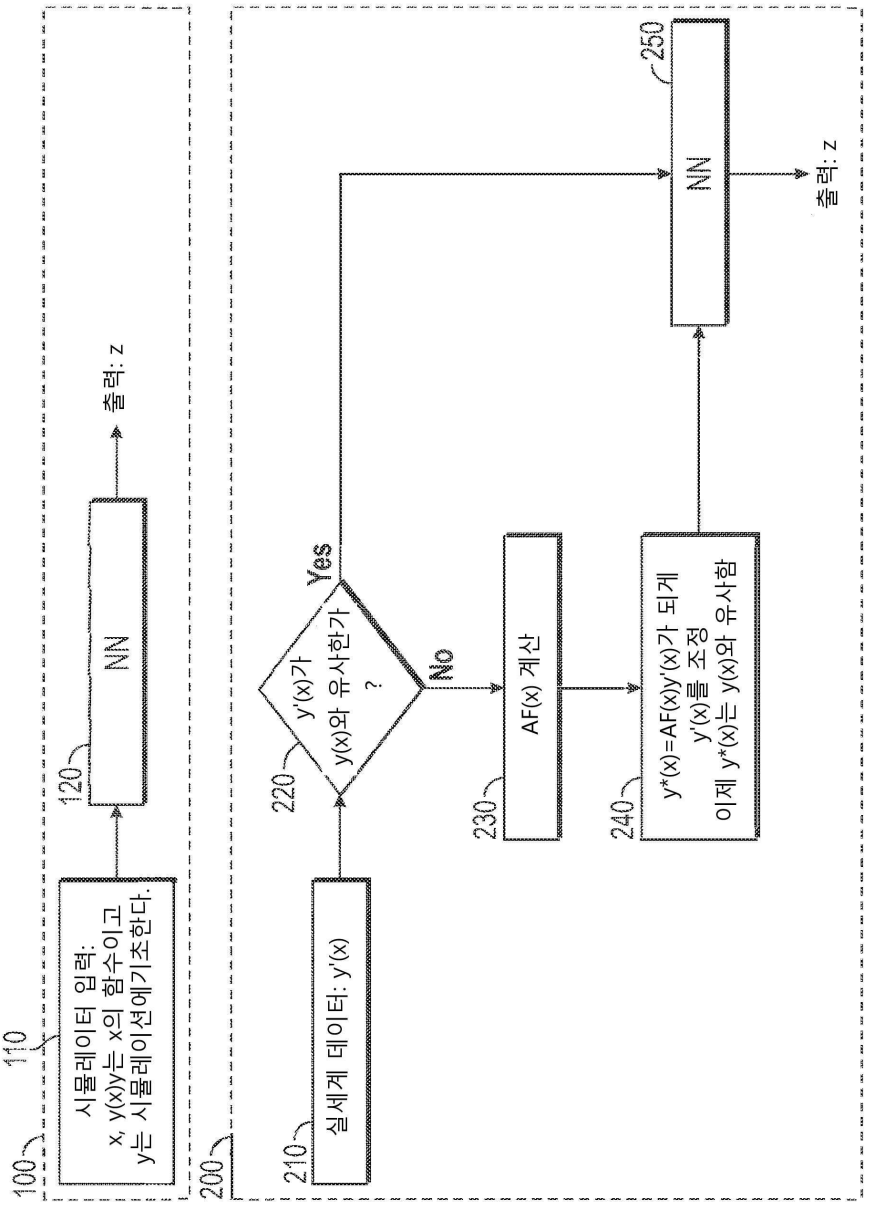
[0054] 2: 부유 시스템, 4: 선체, 6: 계류라인, 8: 모니터링 기구, 10: 신경망 모델, 12: 시뮬레이터, 100, 120: 단계, 210, 220, 230, 240, 250: 단계, 700: 컴퓨터 시스템, 702: 버스, 704: 하드웨어 프로세서, 706: 메인 메모리, 708: 읽기전용 메모리, 710: 저장장치, 712: 디스플레이, 714: 입력장치, 716: 커서 컨트롤, 718: 통신 인터페이스, 720: 네트워크 링크, 722: 로컬 네트워크, 724: 호스트 컴퓨터, 726: 인터넷 서비스 제공자, 728: 인터넷, 730: 서버.

도면

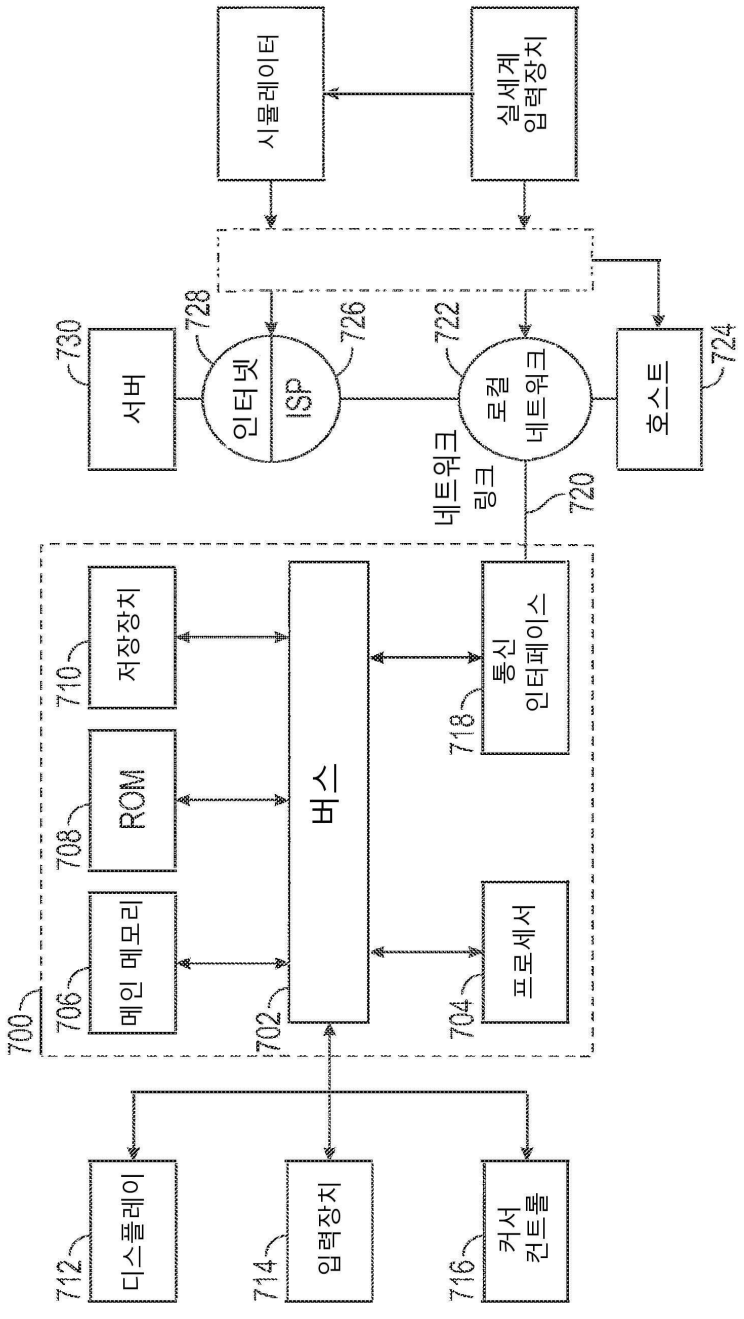
도면1



도면2


100
110
시뮬레이터 입력:
x, y(x)y는 x의 함수이고
y는 시뮬레이션에기초한다.
120
NN
출력: z
200
210
실세계 데이터: y'(x)
220
y'(x)가
y(x)와 유사한가
?
Yes
No
230
AF(x) 계산
240
y*(x)=AF(x)y'(x)가 되게
y'(x)를 조정
이제 y*(x)는 y(x)와 유사함
250
NN
출력: z

도면3


시뮬레이터
실세계 입력장치
서버
730
728
인터넷
ISP
726
722
로컬 네트워크
724
호스트
네트워크 링크
720
저장장치
710
ROM
708
메인 메모리
706
버스
통신 인터페이스
718
프로세서
704
700
702
디스플레이
712
입력장치
714
커서 컨트롤
716