(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0043252
(43) 공개일자 2024년04월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 30/20 (2020.01) *G06F 11/30* (2006.01)
G06F 111/02 (2020.01) *G06F 9/50* (2018.01)
(52) CPC특허분류
G06F 30/20 (2020.01)
G06F 11/3055 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0122096
(22) 출원일자 2022년09월27일
심사청구일자 2022년09월27일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)
(72) 발명자
김원태
충청남도 천안시 서북구 공원로 176, 시티프라디움3차 306동 3102호
권진우
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1638, 106동 501호
윤성진
충청북도 청주시 청원구 사뜸로 106, 청주사천푸르지오 103동 1902호
(74) 대리인
정승교

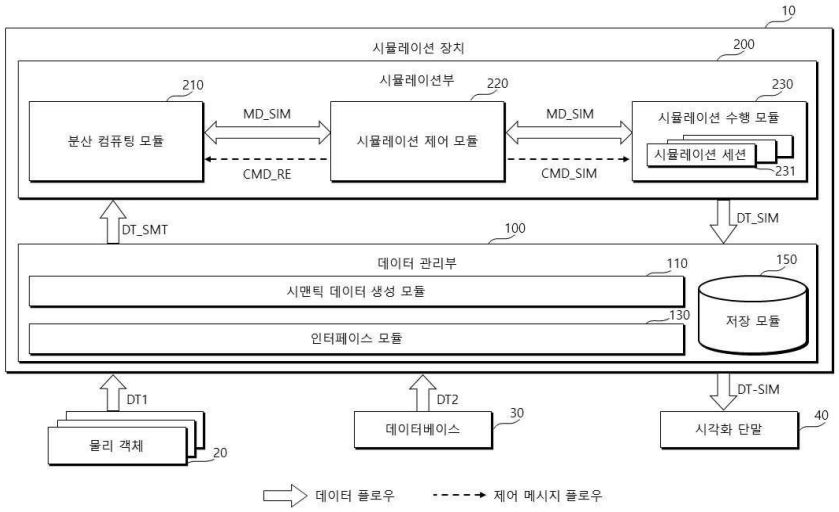
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **분산 컴퓨팅을 이용한 디지털 트윈의 시뮬레이션 장치 및 방법**

(57) 요 약

분산 컴퓨팅을 이용한 디지털 트윈의 시뮬레이션 방법이 제공된다. 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 디지털 트윈의 시뮬레이션 방법은 물리 객체의 실시간 상태 정보를 포함하는 제1 물리 데이터를 획득하는 단계; 상기 물리 객체의 정적 상태 정보인 기저장된 제2 물리 데이터와 상기 제1 물리 데이터에 기초하여, 상기 물리 객체의 상태를 나타내는 시맨틱 데이터를 생성하는 단계; 상기 시맨틱 데이터를 분석하여 적어도 하나의 서브 시맨틱 데이터로 파티셔닝하고, 상기 서브 시맨틱 데이터에 대응하는 시뮬레이션 세션을 할당하는 단계; 및 상기 시뮬레이션 세션을 통해 상기 물리 객체에 대한 디지털 트윈의 시뮬레이션을 수행하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G06F 11/3058 (2013.01)
G06F 9/505 (2013.01)
G06F 2111/02 (2020.01)
G06F 2201/805 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711160574
과제번호 2022-0-00866-001
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 스마트제조혁신기술개발
연구과제명 (세부1-1) 대규모 확장성 및 고신뢰 분산 시뮬레이션을 지원하는 제조 디지털 트윈 프레임워크 기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 한국전자통신연구원
연구기간 2022.04.01 ~ 2022.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711152732
과제번호 IITP-2022-2021-0-01816
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 대학ICT연구센터육성지원사업
연구과제명 메타버스 자율트윈 핵심기술 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 세종대학교 산학협력단
연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

분산 컴퓨팅을 이용한 디지털 트윈의 시뮬레이션 방법으로서,

물리 객체의 실시간 상태 정보를 포함하는 제1 물리 데이터를 획득하는 단계;

상기 물리 객체의 정적 상태 정보인 기저장된 제2 물리 데이터와 상기 제1 물리 데이터에 기초하여, 상기 물리 객체의 상태를 나타내는 시맨틱 데이터를 생성하는 단계;

상기 시맨틱 데이터를 분석하여 적어도 하나의 서브 시맨틱 데이터로 파티셔닝하고, 상기 서브 시맨틱 데이터에 대응하는 시뮬레이션 세션을 할당하는 단계; 및

상기 시뮬레이션 세션을 통해 상기 물리 객체에 대한 디지털 트윈의 시뮬레이션을 수행하는 단계를 포함하는,

디지털 트윈의 시뮬레이션 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 시뮬레이션 세션을 할당하는 단계는,

상기 시맨틱 데이터에 포함되는 상기 물리 객체의 상태 정보에 기초하여 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하고,

부하 예측이 결정되는 경우 시뮬레이션 컴퓨팅 부하를 예측하고,

시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 결과에 기초하여 상기 시뮬레이션 세션을 할당하는,

디지털 트윈의 시뮬레이션 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는,

상기 제1 물리 데이터의 실시간 상태 정보 및 상기 제2 물리 데이터의 정적 상태 정보를 분석하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는,

디지털 트윈의 시뮬레이션 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 디지털 트윈의 시뮬레이션은 산불의 확산 예측 시뮬레이션이고,

상기 제1 물리 데이터는 상기 물리 객체의 주변 기온, 습도, 강수량, 풍향, 풍속, 산불 확산 영역, 발화점 중 적어도 하나의 정보를 포함하고,

상기 제2 물리 데이터는 상기 물리 객체의 고도, 경사도, 경사 방향, 연료 모델, 과거 산불 상태 데이터 중 적어도 하나의 정보를 포함하고,

상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 상기 제1 물리 데이터 및 상기 제2 물리 데이터를 분석하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는,

디지털 트윈의 시뮬레이션 방법.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 디지털 트윈의 시뮬레이션은 제조 공정 시뮬레이션이고,

상기 제1 물리 데이터는 상기 물리 객체인 설비의 작동 상태, 고장 여부, 온도, 소모 전력 중 적어도 하나의 정보를 포함하고,

상기 제2 물리 데이터는 상기 물리 객체의 제조 대상, 제조 공정 순서, 설비 투입 횟수 중 적어도 하나의 정보를 포함하고,

상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 상기 제1 물리 데이터 및 상기 제2 물리 데이터를 분석하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는,

디지털 트윈의 시뮬레이션 방법.

청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는,

직전 시점에서의 상기 물리 객체의 실시간 상태 정보를 포함하는 제1-1 물리 데이터와 최근 시점에서의 상기 물리 객체의 실시간 상태 정보를 포함하는 제1-2 물리 데이터의 비교 결과에 기초하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는,

디지털 트윈의 시뮬레이션 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는,

상기 제1-1 물리 데이터와 상기 제1-2 물리 데이터의 차이가 기정의된 기준 차이 이상인 경우 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측을 수행하는 것으로 결정하고, 상기 기준 차이 미만인 경우 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측을 수행하지 않고 상기 시뮬레이션 세션을 할당하는 것으로 결정하는,

디지털 트윈의 시뮬레이션 방법.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 디지털 트윈의 시뮬레이션은 산불의 확산 예측 시뮬레이션이고,

상기 제1 물리 데이터는 상기 물리 객체의 주변 기온, 습도, 강수량, 풍향, 풍속, 산불 확산 영역, 발화점 중 적어도 하나의 정보를 포함하고,

상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 상기 제1-1 물리 데이터와 상기 제1-2 물리 데이터의 비교 결과에 기초하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는,

디지털 트윈의 시뮬레이션 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는,

상기 제1-1 물리 데이터에 포함되는 직전 시점에서의 산불 확산 영역과 상기 제1-2 물리 데이터에 포함되는 최근 시점에서의 산불 확산 영역의 차이에 기초하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는,

디지털 트윈의 시뮬레이션 방법.

청구항 10

청구항 6에 있어서,

상기 디지털 트윈의 시뮬레이션은 제조 공정 시뮬레이션이고,

상기 제1 물리 데이터는 상기 물리 객체인 설비의 작동 상태, 고장 여부, 온도, 소모 전력 중 적어도 하나의 정보를 포함하고,

상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 상기 제1-1 물리 데이터와 상기 제1-2 물리 데이터의 비교 결과에 기초하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는,

디지털 트윈의 시뮬레이션 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 디지털 트윈의 시뮬레이션 장치 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 시뮬레이션 대상인 물리 객체의 상태 정보에 기초하여 시뮬레이션 세션을 할당하고, 최적화된 시뮬레이션 세션으로 디지털 트윈이 물리 객체에 대한 시뮬레이션을 수행하는 분산 컴퓨팅을 이용한 디지털 트윈의 시뮬레이션 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] IT 기술의 발전으로 인해, 가상환경에서 특정 물리 객체 또는 시스템의 상태에 대한 분석, 예측 및 최적화를 위한 시뮬레이션을 제공하는 디지털 트윈의 수요가 증가하고, 이에 따른 기술의 개발도 지속적으로 발전하고 있다.

[0004] 디지털 트윈 기반의 시뮬레이션은 물리 객체의 상태를 모사하는 수식 기반 모델 및 고해상도 센서 데이터를 활용하여 정확한 예측이 가능한 수준으로 발전하였으나, 막대한 양의 컴퓨팅 자원 및 이로 인한 처리 시간의 증가에 따라 시뮬레이션 시간이 증가하는 문제점이 존재한다.

[0005] 이를 해결하기 위해 필요한 모델을 더 작은 단위인 서브 모델로 분할하고, 다수의 컴퓨팅 노드에 각각 할당 후 동시에 처리하여 신속한 시뮬레이션 프로세스를 지원하는 방법이 적용되고 있으나, 이러한 분산 컴퓨팅의 경우 각각의 컴퓨팅 노드간 상태 동기화를 위해 가장 컴퓨팅 시간이 긴 노드의 종료를 기다려야 하는 지연 시간이 발생되는 한계가 존재한다.

[0006] 상기의 지연 시간 문제를 극복하기 위하여, 시뮬레이션 연산이 발생하는 컴퓨팅 포인트의 수 또는 분포를 고려하여 모델을 분할하는 방법이 개발되었으나, 컴퓨팅 부하(포인트의 수, 분포 등)를 예측하는데 오히려 과도한 시간이 소요되는 문제점이 존재하고, 이에 따라 결국 전체 시뮬레이션 시간이 오히려 증가하는 문제점이 존재한

다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본 공개특허문헌 제2007-249491호 (2007.09.27. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 물리 객체의 상태 정보에 기초하여 균형잡인 파티셔닝 동작을 수행하고, 이에 따라 신속하고 정확한 시뮬레이션을 수행할 수 있는 디지털 트윈의 시뮬레이션 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 또한, 물리 객체의 실시간 상태 정보 및 정적 상태 정보를 구분하고, 물리 객체로부터 입력받는 실시간 상태 정보 및 기저장된 정적 상태 정보에 기초하여 생성된 시맨틱 데이터를 이용하여 효율적인 분산 컴퓨팅을 수행하는 디지털 트윈의 시뮬레이션 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0011] 또한, 시맨틱 데이터에 포함되는 물리 객체의 변화 정도에 따라 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정함으로써, 보다 효율적이고 신속한 시뮬레이션 처리가 가능한 디지털 트윈의 시뮬레이션 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 해당 기술 분야의 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 분산 컴퓨팅을 이용한 디지털 트윈의 시뮬레이션 방법은 물리 객체의 실시간 상태 정보를 포함하는 제1 물리 데이터를 획득하는 단계; 상기 물리 객체의 정적 상태 정보인 기저장된 제2 물리 데이터와 상기 제1 물리 데이터에 기초하여, 상기 물리 객체의 상태를 나타내는 시맨틱 데이터를 생성하는 단계; 상기 시맨틱 데이터를 분석하여 적어도 하나의 서브 시맨틱 데이터로 파티셔닝하고, 상기 서브 시맨틱 데이터에 대응하는 시뮬레이션 세션을 할당하는 단계; 및 상기 시뮬레이션 세션을 통해 상기 물리 객체에 대한 디지털 트윈의 시뮬레이션을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 일 실시예에 따라, 상기 시뮬레이션 세션을 할당하는 단계는, 상기 시맨틱 데이터에 포함되는 상기 물리 객체의 상태 정보에 기초하여 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하고, 부하 예측이 결정되는 경우 시뮬레이션 컴퓨팅 부하를 예측하고, 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 결과에 기초하여 상기 시뮬레이션 세션을 할당하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따라, 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 상기 제1 물리 데이터의 실시간 상태 정보 및 상기 제2 물리 데이터의 정적 상태 정보를 분석하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정할 수 있다.

[0016] 일 실시예에 따라, 상기 디지털 트윈의 시뮬레이션은 산불의 확산 예측 시뮬레이션이고, 상기 제1 물리 데이터는 상기 물리 객체의 주변 기온, 습도, 강수량, 풍향, 풍속, 산불 확산 영역, 발화점 중 적어도 하나의 정보를 포함하고, 상기 제2 물리 데이터는 상기 물리 객체의 고도, 경사도, 경사 방향, 연료 모델, 과거 산불 상태 데이터 중 적어도 하나의 정보를 포함하고, 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 상기 제1 물리 데이터 및 상기 제2 물리 데이터를 분석하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정할 수 있다.

[0017] 일 실시예에 따라, 상기 디지털 트윈의 시뮬레이션은 제조 공정 시뮬레이션이고, 상기 제1 물리 데이터는 상기 물리 객체인 설비의 작동 상태, 고장 여부, 온도, 소모 전력 중 적어도 하나의 정보를 포함하고, 상기 제2 물리 데이터는 상기 물리 객체의 제조 대상, 제조 공정 순서, 설비 투입 횟수 중 적어도 하나의 정보를 포함하고, 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 상기 제1 물리 데이터 및 상기 제2 물리 데이터를 분석하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정할 수 있다.

[0018] 일 실시예에 따라, 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 직전 시점에서의 상기 물리 객체의 실시간 상태 정보를 포함하는 제1-1 물리 데이터와 최근 시점에서의 상기 물리 객체의 실시간 상태 정보를 포함하는 제1-2 물리 데이터의 비교 결과에 기초하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정할 수 있다.

[0019] 일 실시예에 따라, 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 상기 제1-1 물리 데이터와 상기 제1-2 물리 데이터의 차이가 기정의된 기준 차이 이상인 경우 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측을 수행하는 것으로 결정하고, 상기 기준 차이 미만인 경우 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측을 수행하지 않고 상기 시뮬레이션 세션을 할당하는 것으로 결정할 수 있다.

[0020] 일 실시예에 따라, 상기 디지털 트윈의 시뮬레이션은 산불의 확산 예측 시뮬레이션이고, 상기 제1 물리 데이터는 상기 물리 객체의 주변 기온, 습도, 강수량, 풍향, 풍속, 산불 확산 영역, 발화점 중 적어도 하나의 정보를 포함하고, 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 상기 제1-1 물리 데이터와 상기 제1-2 물리 데이터의 비교 결과에 기초하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정할 수 있다.

[0021] 일 실시예에 따라, 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 상기 제1-1 물리 데이터에 포함되는 직전 시점에서의 산불 확산 영역과 상기 제1-2 물리 데이터에 포함되는 최근 시점에서의 산불 확산 영역의 차이에 기초하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정할 수 있다.

[0022] 일 실시예에 따라, 상기 디지털 트윈의 시뮬레이션은 제조 공정 시뮬레이션이고, 상기 제1 물리 데이터는 상기 물리 객체인 설비의 작동 상태, 고장 여부, 온도, 소모 전력 중 적어도 하나의 정보를 포함하고, 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하는 단계는, 상기 제1-1 물리 데이터와 상기 제1-2 물리 데이터의 비교 결과에 기초하여 상기 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정할 수 있다.

[0023] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 컴퓨팅을 이용한 시뮬레이션 장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 제1 및 제2 물리 데이터에 기초하여 생성되는 시맨틱 데이터를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 컴퓨팅 모듈의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 시뮬레이션 제어 모듈의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 시뮬레이션 수행 모듈의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 6 및 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 컴퓨팅을 이용한 디지털 트윈의 시뮬레이션 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 본 발명의 다양한 실시예가 첨부된 도면을 참조하여 기재된다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 실시예의 다양한 변경(modification), 균등물(equivalent), 및/또는 대체물(alternative)을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0027] IT 기술의 발전으로 인해, 가상환경에서 특정 물리 객체 또는 시스템의 상태에 대한 분석, 예측 및 최적화를 위한 시뮬레이션을 제공하는 디지털 트윈의 수요가 증가하고, 이에 따른 기술의 개발도 지속적으로 발전하고 있다.

[0028] 디지털 트윈 기반의 시뮬레이션은 물리 객체의 상태를 모사하는 수식 기반 모델 및 고해상도 센서 데이터를 활용하여 정확한 예측이 가능한 수준으로 발전하였으나, 막대한 양의 컴퓨팅 자원 및 이로 인한 처리 시간의 증가에 따라 시뮬레이션 시간이 증가하는 문제점이 존재한다.

[0029] 이를 해결하기 위해 필요한 모델을 더 작은 단위인 서브 모델로 분할하고, 다수의 컴퓨팅 노드에 각각 할당 후 동시에 처리하여 신속한 시뮬레이션 프로세스를 지원하는 방법이 적용되고 있으나, 이러한 분산 컴퓨팅의 경우 각각의 컴퓨팅 노드간 상태 동기화를 위해 가장 컴퓨팅 시간이 긴 노드의 종료를 기다려야 하는 지연 시간이 발

생되는 한계가 존재한다.

[0030] 상기의 지연 시간 문제를 극복하기 위하여, 시뮬레이션 연산이 발생하는 컴퓨팅 포인트의 수 또는 분포를 고려하여 모델을 분할하는 방법이 개발되었으나, 컴퓨팅 부하(포인트의 수, 분포 등)를 예측하는데 오히려 과도한 시간이 소요되는 문제점이 존재하고, 이에 따라 결국 전체 시뮬레이션 시간이 오히려 증가하는 문제점이 존재한다.

[0031] 예를 들어, 산불 예측 시뮬레이션의 경우 산불의 발화점은 주변의 발화 연료, 발화점 주변 지형과 같은 지리적인 요소와, 풍향, 강수량과 같은 기상 요소 등의 영향을 많이 받으며, 시간에 따라 산불의 확산 형태는 변하게 된다. 이 때, 산불의 발화점의 수만을 고려하여 시뮬레이션을 진행하는 경우 지형, 기상 상태와 같이 시간에 따라 산불 상태에 변화를 주는 주변 요소들로 인해 발생하는 컴퓨팅 부하를 파악하기 어렵다.

[0032] 또한, 이를 기반으로 파티셔닝을 수행하는 경우 부하의 불균형이 발생할 수 있다. 예를 들어, 하나의 파티션된 산불 모델 주변에 불이 쉽게 확산되는 마른 풀, 나무 등이 많은 경우 시간이 지남에 따라 산불의 발화점의 수가 증가하여 컴퓨팅 부하가 증가할 수 있다. 반대로, 다른 산불 모델 파티션 주변에는 바위와 같이 산불 확신이 어려운 요소들이 주로 분포하고 있는 경우, 시간이 지남에 따라 산불의 확산 상태가 오히려 작아지고 발화점의 수가 감소하여 컴퓨팅 부하는 감소할 수 있다. 이런 경우 두 파티션이 갖는 컴퓨팅 부하의 불균형의 정도는 더 커질 수 있고, 각 파티션 시뮬레이션의 지연 시간이 증가하여 자연 재해에 대한 신속하여 적절한 대응이 어려워질 수 있다.

[0033] 이하에서, 도 1 내지 도 7을 참조하여 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 분산 컴퓨팅을 이용한 디지털 트윈의 시뮬레이션 장치 및 방법을 설명한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 컴퓨팅을 이용한 시뮬레이션 장치를 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 제1 및 제2 물리 데이터에 기초하여 생성되는 시맨틱 데이터를 설명하기 위한 도면이다.

[0035] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 시뮬레이션 장치(10)는 물리 객체(20), 데이터베이스(30) 및 시각화 단말(40)과의 데이터 송수신을 수행하고, 이를 통해 디지털 트윈의 시뮬레이션을 수행할 수 있다.

[0036] 물리 객체(20)는 디지털 트윈에 대응되는 물리적인 객체로, 복수의 센서를 포함하고, 센싱되는 데이터를 시뮬레이션 장치(10)로 전달할 수 있다.

[0037] 데이터베이스(30)는 물리 객체(20)의 정적인 데이터를 저장하고, 시뮬레이션에 필요한 데이터를 시뮬레이션 장치(10)로 전달할 수 있다. 예를 들어, 데이터베이스(30)는 물리 객체(20) 주변의 고도, 경사 방향, 경사도, 주변 연료 모델 등의 지형 데이터를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따라, 데이터베이스(30)가 시뮬레이션 장치(10)의 외부에 배치되는 것으로 도시하였으나, 이는 예시적인 것으로 물리/논리적으로 시뮬레이션 장치(10)의 내부 또는 외부에 배치되도록 구현될 수 있다.

[0038] 시각화 단말(40)은 시뮬레이션 장치(10)로부터 전달받은 물리 객체(20)의 상태, 시뮬레이션 결과 등을 시각화 데이터의 형태로 출력될 수 있다. 예를 들어, 시각화 단말(40)은 스마트폰, 태블릿PC, 서버의 형태로 구현될 수 있다.

[0039] 시뮬레이션 장치(10)는 물리 객체(20)와 유기적으로 결합된 시스템의 개념으로, 디지털 트윈의 신속한 컴퓨팅을 지원하기 위한 시뮬레이션부(200), 디지털 트윈의 시뮬레이션을 위한 데이터를 획득하고, 가공하고, 제공하는 데이터 관리부(100)를 포함할 수 있다.

[0040] 도 1 및 도 2를 참조하면, 데이터 관리부(100)는 시맨틱 데이터 생성 모듈(110), 인터페이스 모듈(130) 및 저장 모듈(150)을 포함할 수 있다. 인터페이스 모듈(130)은 외부 또는 내부의 데이터 송수신을 제공할 수 있다. 예를 들어, 물리 객체(20)로부터 실시간 상태 데이터인 제1 물리 데이터(DT1)를 획득하고, 데이터베이스(30)에서 정적 상태 데이터인 제2 물리 데이터(DT2)를 획득하고, 시뮬레이션 결과 데이터(DT_SIM)를 시각화 단말(40)로 제공할 수 있다.

[0041] 시맨틱 데이터 생성 모듈(110)은 제1 물리 데이터(DT1) 및 제2 물리 데이터(DT2)에 대한 분석을 수행하고, 이에 기초하여 물리 객체(20)의 상태 정보를 포함하고, 물리 객체(20)의 시뮬레이션을 위한 시맨틱 데이터(DT_SMT)를 생성할 수 있다.

[0042] 제1 물리 데이터(DT1)는 동적으로 변하며, 물리 객체(20)의 센서를 통해 실시간으로 수집할 수 있는 데이터를 의미할 수 있다. 예를 들어, 산불 예측 시뮬레이션의 경우, 주변의 온도, 습도, 강수량, 풍량, 풍속, 산불의 확

산 둘레 형태 등의 데이터가 제1 물리 데이터(DT1)에 포함될 수 있다. 다른 예로서, 제조 공정 시뮬레이션의 경우, 설비의 작동(고장) 상태, 온도, 소모 전력과 같이 실시간으로 측정할 수 있는 데이터가 제1 물리 데이터(DT1)에 포함될 수 있다.

[0043] 제2 물리 데이터(DT2)는 실시간으로 수집할 필요성이 적은 정적인 상태 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 산불 예측 시뮬레이션의 경우, 산의 고도, 경사도, 연료 모델과 같은 데이터가 제2 물리 데이터(DT2)에 포함될 수 있다. 다른 예로서, 제조 공정 시뮬레이션의 경우, 제조 대상, 공정 순서, 설비가 투입되는 횟수 등과 같은 데이터가 제2 물리 데이터(DT2)에 포함될 수 있다.

[0044] 즉, 단일 데이터만으로는 물리 객체(20)의 정확한 상태를 파악하기 어려운 바, 다차원 데이터인 시맨틱 데이터(DT_SMT) 분석이 필요하고, 또한, 실시간으로 수집할 필요성이 적은 정적 상태 데이터(제2 물리 데이터(DT2))는 미리 데이터베이스(30)에 미리 저장함으로써 데이터 획득에 대한 업무 로드를 최소화할 수 있다.

[0045] 도 2에 도시된 바와 같이, 물리 객체(20)로부터 복수의 제1 물리 데이터(DT1)를 획득하고, 데이터베이스(30)에서 복수의 제2 물리 데이터(DT2)를 획득할 수 있다. 시맨틱 데이터 생성 모듈(110)은 복수의 제1 및 제2 물리 데이터(DT1, DT2) 중 해당 디지털 트윈의 시뮬레이션에 필요한 데이터를 결정하고, 필요한 데이터를 추출하여 시맨틱 데이터(DT_SMT)로 생성할 수 있다.

[0046] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 컴퓨팅 모듈의 구성을 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 시뮬레이션 제어 모듈의 구성을 설명하기 위한 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 시뮬레이션 수행 모듈의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

[0047] 도 1, 도 3 내지 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 시뮬레이션 장치(10)는 데이터 관리부(100)로부터 시맨틱 데이터(DT_SMT)를 획득하고, 이에 기초하여 시뮬레이션된 시뮬레이션 결과 데이터(DT_SIM)를 제공하는 시뮬레이션부(200)를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따라, 시뮬레이션부(200)는 분산 컴퓨팅 모듈(210), 시뮬레이션 제어 모듈(220) 및 시뮬레이션 수행 모듈(230)을 포함할 수 있다.

[0048] 분산 컴퓨팅 모듈(210)은 부하 예측 결정 모듈(211), 부하 예측 모듈(213) 및 시맨틱 데이터 파티셔닝 모듈(215)을 포함할 수 있다.

[0049] 부하 예측 결정 모듈(211)은 물리 객체(20)의 상태를 나타내는 시맨틱 데이터(DT_SMT)로 인해 발생할 수 있는 물리 객체(20)의 상태 변화 정도에 기초하여 로드 밸런싱 프로세스를 결정한다. 이 때, 물리 객체(20)의 상태 변화 정도는 직전 스텝의 물리 객체(20)의 상태와 현재(다음) 스텝의 물리 객체(20)의 상태로 인한 컴퓨팅 부하 크기의 변화 정도를 의미할 수 있다. 컴퓨팅 부하 크기의 변화 정보는 시맨틱 데이터(DT_SMT)의 분석을 통해 결정할 수 있다.

[0050] 예를 들어, 산불 예측 시뮬레이션의 경우, 시맨틱 데이터(DT_SMT)에 산불 확산을 촉진하는 마른 연료 모델 및 거센 바람과 같은 정보가 발화점 주변에 많이 포함한다면 산불은 시간에 따라 증가해 초기 상태에 비해 확산 모양이 커질 것이고, 이로 인해 발화점의 수가 증가하고 컴퓨팅 부하 또한 증가한다. 반대로, 산불 확산이 어려운 바위와 같은 연료 모델 및 바람이 거의 불지 않는 정보를 포함하는 경우 산불의 확산은 줄어들 수 있고, 이에 따라 컴퓨팅 부하 역시 감소할 가능성이 높다.

[0051] 다른 예로서, 제조 공정 시뮬레이션의 경우, 다양한 종류의 공정 모듈이 투입되는 경우 제조 공정이 대규모화되어 컴퓨팅 부하가 증가할 수 있다. 반대로, 대량 생산이 가능한 품목의 경우 제조 공적 시맨틱 데이터의 변화가 작기 때문에 제조 공정은 소규모화될 수 있고, 이에 따른 컴퓨팅 부하는 감소할 수 있다.

[0052] 물리 객체(20)의 상태 변화가 작은 경우 컴퓨팅 부하가 감소하고, 이에 따라 시뮬레이션 시간이 적게 걸리기 때문에 컴퓨팅 부하 예측을 수행하는 경우 오히려 부하 예측 시간에 의해 전체 시뮬레이션 시간이 증가할 수 있다. 즉, 부하 예측을 수행하지 않고 시뮬레이션을 수행하는 것이 더 효율적일 수 있다.

[0053] 반대로, 물리 객체(20)의 상태 변화가 큰 경우에는 전체 시뮬레이션 시간이 상태적으로 긴 바, 컴퓨팅 부하를 예측하고, 이에 따라 시뮬레이션 세션을 재할당하고, 재할당된 상태로 시뮬레이션을 수행함으로써 정확하고 신속한 시뮬레이션이 가능할 수 있다.

[0054] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 시뮬레이션 방법 및 장치는, 시맨틱 데이터(DT_SMT)를 분석하여 물리 객체(20)의 상태 변화가 작을 것으로 판단되는 경우 컴퓨팅 부하 예측을 생략하고 바로 파티셔닝, 할당 및 분산 컴퓨팅을 수행함으로써 디지털 트윈의 시뮬레이션을 가속화한다. 반대로, 상태 변화가 크다고 판단되는 경우 컴퓨팅 부하를 예측하고, 이를 반영하여 파티셔닝 및 컴퓨팅을 수행함으로써 디지털 트윈의 시뮬레이션의 신속성

을 보장할 수 있다.

[0055] 부하 예측 모듈(213)은 부하 예측 결정 모듈(211)의 결과에 따라 변화 정도가 클 것으로 예상되는 경우, 머신러닝 모델을 통해 컴퓨팅 부하를 예측할 수 있다. 즉, 시맨틱 데이터(DT_SMT)에 기초하여 컴퓨팅 부하를 예측하고, 이를 시맨틱 데이터 파티셔닝 모듈(215)로 전달할 수 있다.

[0056] 시맨틱 데이터 파티셔닝 모듈(215)은 부하 예측 결정 모듈(211)의 결과에 따라 시맨틱 데이터(DT_SMT)를 파티셔닝한다. 예를 들어, 산불 예측 시뮬레이션의 경우, 물리 객체(20)인 산불의 확산 상태 변화 정도가 작다면 시뮬레이션 시간인 컴퓨팅 부하가 작다는 것을 의미하고, 이 경우 분산 컴퓨팅 수행시 부하 불균형이 전체 예측 시간에 큰 영향을 미치지 않는다. 따라서, 시맨틱 데이터(DT_SMT)를 균형있게 파티셔닝할 수 있다. 반대로, 산불 확산 상태의 변화 정도가 큰 경우, 시뮬레이션 수행 시간인 컴퓨팅 부하가 증가하고, 부하 불균형이 전체 예측 시간에 영향을 미치기 때문에 컴퓨팅 부하 예측 후 예측 결과에 기초하여 시맨틱 데이터(DT_SMT)를 균형있게 파티셔닝한다.

[0057] 시뮬레이션 제어 모듈(220)은 시뮬레이션 세션 제어 모듈(221) 및 부하 균형 제어 모듈(223)을 포함할 수 있다.

[0058] 일 실시예에 따라, 시뮬레이션 세션 제어 모듈(221)은 시뮬레이션 모델(MD_SIM)인 파티션된 시맨틱 데이터(DT_SMT)를 획득하고, 이레 대한 분산 시뮬레이션 세션을 구성하고, 각 세션에 파티션된 시맨틱 데이터(DT_SMT)를 할당할 수 있다. 할당된 시맨틱 데이터(DT_SMT)에 대한 시뮬레이션이 종료되면 시뮬레이션 제어 모듈(220)은 시뮬레이션 세션을 종료할 수 있다. 또한, 부하 균형 제어 모듈(223)의 부하 균형 검사 결과에 따라 시뮬레이션된 시맨틱 데이터를 다음 타임 스텝의 시뮬레이션을 입력하기 위해 시뮬레이션 세션을 유지하거나 종료한다.

[0059] 일 실시예에 따라, 부하 균형 제어 모듈(223)은 시뮬레이션 스텝이 수행될 때마다 각 시뮬레이션된 시맨틱 데이터(DT_SMT) 간의 부하 균형을 검사하고, 부하의 분균형이 기준 이상인 경우 시뮬레이션을 종료하고, 시맨틱 데이터의 파티셔닝 동작을 다시 수행하도록 재할당 명령(SMD_RE)을 분산 컴퓨팅 모듈(210)로 전달할 수 있다.

[0060] 다수의 시뮬레이션을 수행하기 위한 논리적 영연인 시뮬레이션 수행 모듈(230)은 복수의 시뮬레이션 세션(231) 및 구성요소 사이의 데이터 통신을 제공하는 데이터 버스(233)를 포함할 수 있다.

[0061] 일 실시예에 따라, 데이터 버스(233)를 통해 시뮬레이션 제어 모듈(220), 각 시뮬레이션 세션(231), 저장 모듈(150) 사이의 제어 메시지, 각 시뮬레이션 세션(231) 사이의 동기화 메시지, 시뮬레이션 결과 데이터(DT_SIM) 등을 송수신할 수 있다.

[0062] 일 실시예에 따라, 시뮬레이션 세션(231)은 물리 객체(20)의 상태를 예측할 수 있는 시뮬레이터들을 포함할 수 있다. 각 시뮬레이션 세션(231)은 시간 동기화를 위해 데이터 버스(233)를 통해 동기화 메시지를 송수신하고, 각 타입 스텝별 예측 결과를 시뮬레이션 제어 모듈(220) 및 저장 모듈(150)로 전달할 수 있다.

[0063] 도 6 및 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 컴퓨팅을 이용한 디지털 트윈의 시뮬레이션 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0064] 도 6을 참조하면, 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 분산 컴퓨팅을 이용한 디지털 트윈의 시뮬레이션 방법은 물리 객체의 실시간 상태 정보를 포함하는 제1 물리 데이터를 획득하는 단계(S1000); 상기 물리 객체의 정적 상태 정보인 기저장된 제2 물리 데이터와 상기 제1 물리 데이터에 기초하여, 상기 물리 객체에 대한 시맨틱 데이터를 생성하는 단계(S3000); 상기 시맨틱 데이터를 분석하여 적어도 하나의 서브 시맨틱 데이터로 파티셔닝하고, 상기 서브 시맨틱 데이터에 대응하는 시뮬레이션 세션을 할당하는 단계(S5000); 및 상기 시뮬레이션 세션을 통해 상기 물리 객체의 디지털 트윈에 대한 시뮬레이션을 수행하는 단계(S7000)를 포함할 수 있다.

[0065] 일 실시예에 따라, 도 7을 참조하면, 상기 시뮬레이션 세션을 할당하는 단계(S5000)는, 상기 시맨틱 데이터에 포함되는 상기 물리 객체의 상태 정보에 기초하여 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부를 결정하고(S5100), 부하 예측이 결정되는 경우 시뮬레이션 컴퓨팅 부하를 예측하고(S5300), 시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 결과에 기초하여 상기 시뮬레이션 세션을 할당하는 단계(S5500)를 포함할 수 있다.

[0066] 본 문서의 다양한 실시 예들 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술적 특징들을 특정한 실시 예들로 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 또는 관련된 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다. 아이템에 대응하는 명사의 단수 형은 관련된 문맥상 명백하게 다르게 지시하지 않는 한, 상기 아이템 한 개 또는 복수 개를 포함할 수 있다. 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나","A 또는 B 중 적어도 하나",

"A, B 또는 C", "A, B 및 C 중 적어도 하나" 및 "A, B, 또는 C 중 적어도 하나"와 같은 문구들 각각은 그 문구들 중 해당하는 문구에 함께 나열된 항목들 중 어느 하나, 또는 그들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제1", "제2"와 같은 용어들은 단순히 해당 구성요소를 다른 해당 구성요소와 구분하기 위해 사용될 수 있으며, 해당 구성요소들을 다른 측면(예: 중요성 또는 순서)에서 한정하지 않는다.

[0067] 본 문서에서 사용된 용어 "모듈"은 하드웨어, 소프트웨어 또는 펌웨어로 구현된 유닛을 포함할 수 있으며, 예를 들면, 로직, 논리 블록, 부품, 또는 회로와 같은 용어와 상호 호환적으로 사용될 수 있다. 모듈은, 일체로 구성된 부품 또는 하나 또는 그 이상의 기능을 수행하는, 상기 부품의 최소 단위 또는 그 일부가 될 수 있다. 예를 들면, 일 실시 예에 따르면, 모듈은 ASIC(application-specific integrated circuit)의 형태로 구현될 수 있다.

[0068] 본 문서의 다양한 실시 예들은 기기(machine)(예: 장치(10)) 의해 읽을 수 있는 저장 매체(storage medium)에 저장된 하나 이상의 명령어들을 포함하는 소프트웨어로서 구현될 수 있다. 예를 들면, 기기(예: 장치(10))는, 저장 매체로부터 저장된 하나 이상의 명령어들 중 적어도 하나의 명령을 호출하고, 그것을 실행할 수 있다. 이것은 기기가 상기 호출된 적어도 하나의 명령어에 따라 적어도 하나의 기능을 수행하도록 운영되는 것을 가능하게 한다. 상기 하나 이상의 명령어들은 컴파일러에 의해 생성된 코드 또는 인터프리터에 의해 실행될 수 있는 코드를 포함할 수 있다. 기기로 읽을 수 있는 저장 매체는, 비일시적(non-transitory) 저장 매체의 형태로 제공될 수 있다. 여기서, '비일시적'은 저장 매체가 실재(tangible)하는 장치이고, 신호(signal)(예: 전자기파)를 포함하지 않는다는 것을 의미할 뿐이며, 이 용어는 데이터가 저장 매체에 반영구적으로 저장되는 경우와 임시적으로 저장되는 경우를 구분하지 않는다.

[0069] 일 실시 예에 따르면, 본 문서에 개시된 다양한 실시 예들에 따른 방법은 컴퓨터 프로그램 제품(computer program product)에 포함되어 제공될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 상품으로서 판매자 및 구매자 간에 거래될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 기기로 읽을 수 있는 저장 매체(예: compact disc read only memory(CD-ROM))의 형태로 배포되거나, 또는 어플리케이션 스토어를 통해 또는 두 개의 사용자 장치들(예: 스마트폰들) 간에 직접, 온라인으로 배포(예: 다운로드 또는 업로드)될 수 있다. 온라인 배포의 경우에, 컴퓨터 프로그램 제품의 적어도 일부는 제조사의 서버, 어플리케이션 스토어의 서버, 또는 중계 서버의 메모리와 같은 기기로 읽을 수 있는 저장 매체에 적어도 일시 저장되거나, 임시적으로 생성될 수 있다.

[0070] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 기술한 구성요소들의 각각의 구성요소(예: 모듈 또는 프로그램)는 단수 또는 복수의 개체를 포함할 수 있다. 다양한 실시 예들에 따르면, 전술한 해당 구성요소들 중 하나 이상의 구성요소들 또는 동작들이 생략되거나, 또는 하나 이상의 다른 구성요소들 또는 동작들이 추가될 수 있다. 대체적으로 또는 추가적으로, 복수의 구성요소들(예: 모듈 또는 프로그램)은 하나의 구성요소로 통합될 수 있다. 이런 경우, 통합된 구성요소는 상기 복수의 구성요소들 각각의 구성요소의 하나 이상의 기능들을 상기 통합 이전에 상기 복수의 구성요소들 중 해당 구성요소에 의해 수행되는 것과 동일 또는 유사하게 수행할 수 있다. 다양한 실시 예들에 따르면, 모듈, 프로그램 또는 다른 구성요소에 의해 수행되는 동작들은 순차적으로, 병렬적으로, 반복적으로, 또는 휴리스틱하게 실행되거나, 상기 동작들 중 하나 이상이 다른 순서로 실행되거나, 생략되거나, 또는 하나 이상의 다른 동작들이 추가될 수 있다.

부호의 설명

[0072] 10: 시뮬레이션 장치

20: 물리 객체

30: 데이터베이스

40: 시각화 단말

100: 데이터 관리부

110: 시맨틱 데이터 생성 모듈

130: 인터페이스 모듈

150: 저장 모듈

200: 시뮬레이션부

210: 분산 컴퓨팅 모듈

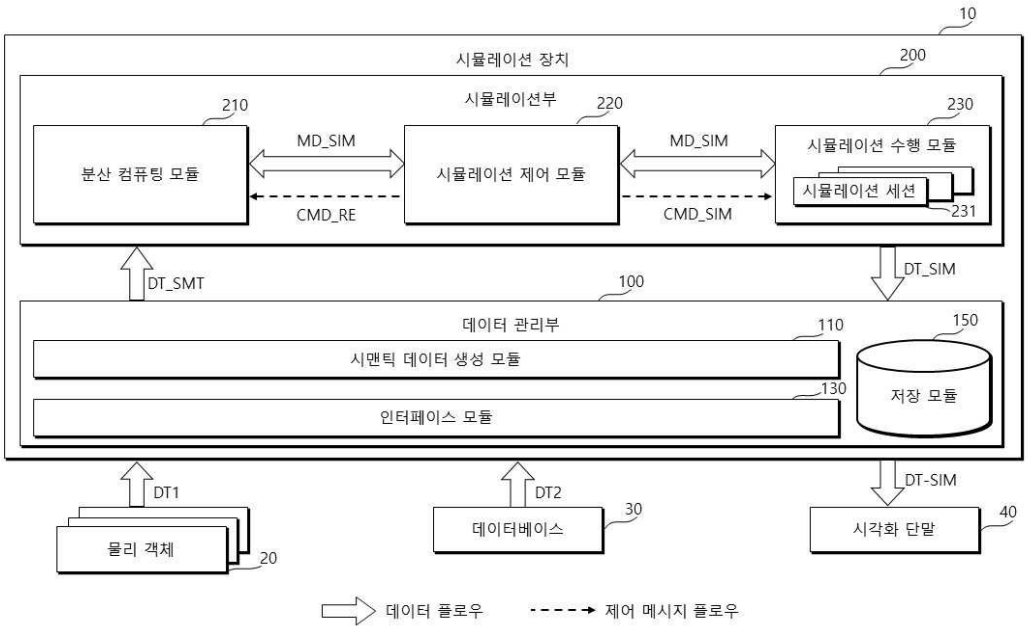
220: 시뮬레이션 제어 모듈

230: 시뮬레이션 수행 모듈

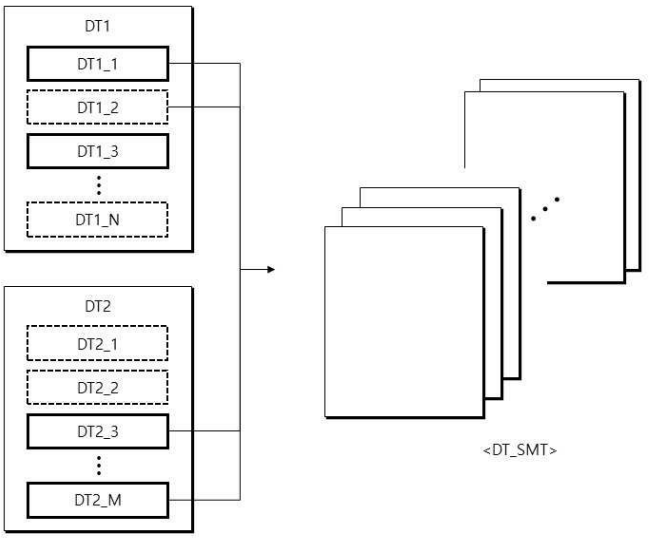
231: 시뮬레이션 세션

도면

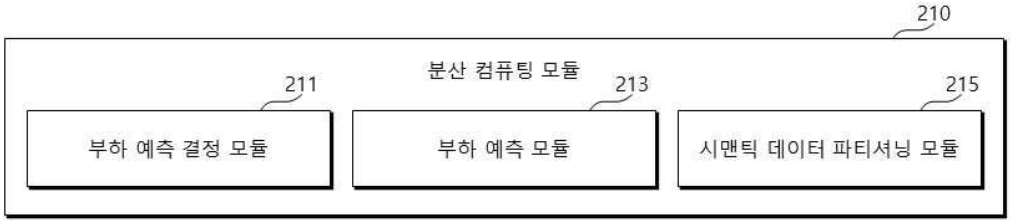
도면1



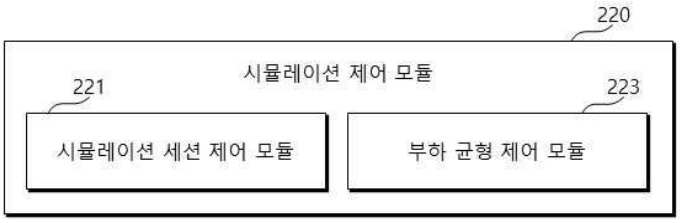
도면2



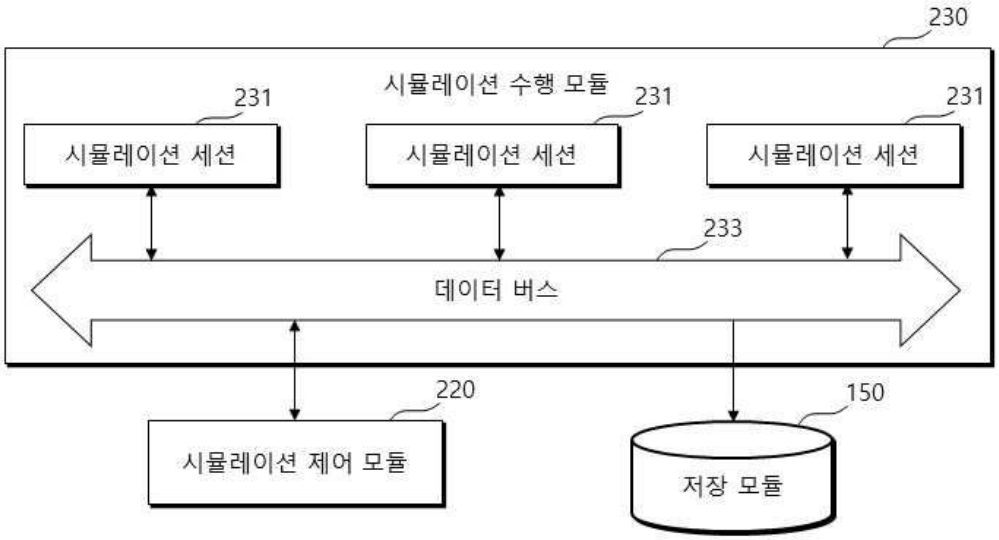
도면3


210
분산 컴퓨팅 모듈
211
부하 예측 결정 모듈
213
부하 예측 모듈
215
시맨틱 데이터 파티셔닝 모듈

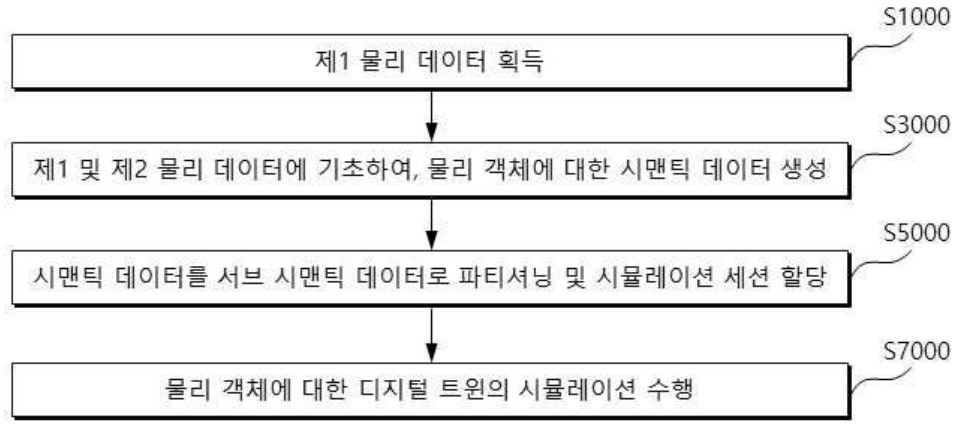
도면4


220
시뮬레이션 제어 모듈
221
시뮬레이션 세션 제어 모듈
223
부하 균형 제어 모듈

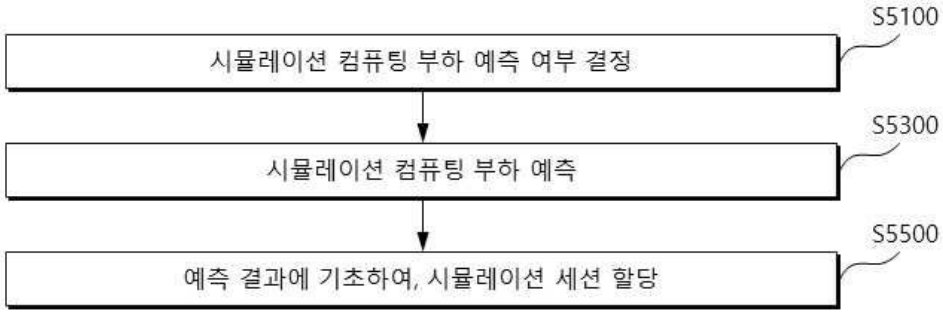
도면5


230
시뮬레이션 수행 모듈
231
시뮬레이션 세션
231
시뮬레이션 세션
231
시뮬레이션 세션
233
데이터 버스
220
시뮬레이션 제어 모듈
150
저장 모듈

도면6


S1000
제1 물리 데이터 획득
S3000
제1 및 제2 물리 데이터에 기초하여, 물리 객체에 대한 시맨틱 데이터 생성
S5000
시맨틱 데이터를 서브 시맨틱 데이터로 파티셔닝 및 시뮬레이션 세션 할당
S7000
물리 객체에 대한 디지털 트윈의 시뮬레이션 수행

도면7


S5100
시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측 여부 결정
S5300
시뮬레이션 컴퓨팅 부하 예측
S5500
예측 결과에 기초하여, 시뮬레이션 세션 할당