



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년12월07일  
(11) 등록번호 10-2611824  
(24) 등록일자 2023년12월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G05B 19/418 (2006.01) G05B 23/02 (2006.01)  
G06N 20/00 (2019.01)
- (52) CPC특허분류  
G05B 19/4183 (2013.01)  
G05B 19/41885 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7030045
- (22) 출원일자(국제) 2020년02월18일  
심사청구일자 2021년09월16일
- (85) 번역문제출일자 2021년09월16일
- (65) 공개번호 10-2021-0118243
- (43) 공개일자 2021년09월29일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2020/018673
- (87) 국제공개번호 WO 2020/172186  
국제공개일자 2020년08월27일
- (30) 우선권주장  
62/807,619 2019년02월19일 미국(US)  
16/791,081 2020년02월14일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
US6751518 B1  
KR1020140088189 A  
JP평성06301690 A

- (73) 특허권자  
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드  
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
- (72) 발명자  
바티아, 싯다르트  
미국 95060 캘리포니아 산타 클라라 코스트 로드 5209 아파트먼트 에이  
신, 가렛 에이치.  
미국 94087 캘리포니아 서니베일 켄리 웨이 728  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 20 항

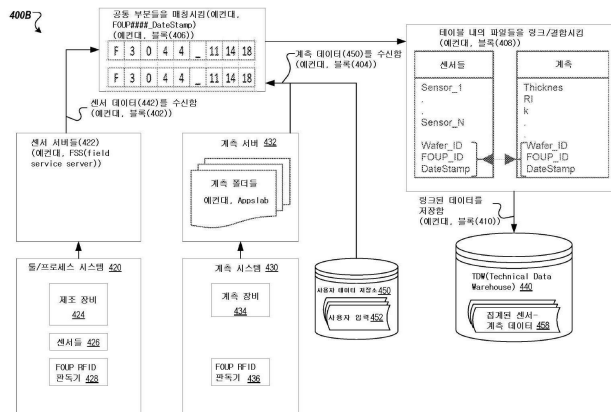
심사관 : 우귀애

(54) 발명의 명칭 **센서 계측 데이터 통합**

(57) 요약

센서 계측 데이터 통합을 위한 방법들, 시스템들, 및 비-일시적인 컴퓨터-관독가능 매체가 설명된다. 방법은 센서 데이터의 세트들 및 계측 데이터의 세트들을 수신하는 단계를 포함한다. 센서 데이터의 각각의 세트는, 제조 장비에 의해 대응하는 제품을 생성하는 것과 연관된 대응하는 센서 값들 및 대응하는 센서 데이터 식별자를 포함 (뒷면에 계속)

대표도



한다. 계측 데이터의 각각의 세트는 제조 장비에 의해 제조된 대응하는 제품과 연관된 대응하는 계측 값들 및 대응하는 계측 데이터 식별자를 포함한다. 방법은 각각의 대응하는 센서 데이터 식별자와 각각의 대응하는 계측 데이터 식별자 사이의 공통 부분들을 결정하는 단계를 더 포함한다. 방법은, 센서-계측 매치들 각각에 대해, 집계된 센서-계측 데이터의 대응하는 세트를 생성하는 단계, 및 머신 러닝 모델을 트레이닝시키기 위해, 집계된 센서-계측 데이터의 세트들을 저장하는 단계를 더 포함한다. 트레이닝된 머신 러닝 모델은 제조 장비와 연관된 정정 액션을 수행하기 위한 하나 이상의 출력들을 생성하는 것이 가능하다.

(52) CPC특허분류

*G05B 23/0221* (2013.01)

*G06N 20/00* (2021.08)

(72) 발명자

**파이, 행-첵**

미국 95014 캘리포니아 쿠퍼티노 켄트우드 애비뉴  
1087

**남비아르, 프라모드**

미국 94086 캘리포니아 서니베일 마테라 애비뉴  
418 #2

**발라수브라마니안, 가네쉬**

미국 94539 캘리포니아 프리몬트 엘즈워스 스트리트  
43692

**자밀, 이르판**

미국 94506 캘리포니아 덴빌 코츠월드 스트리트  
1700

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

프로세싱 디바이스에 의해 수행되는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 방법으로서,

센서 데이터의 복수의 세트들을 수신하는 단계 - 상기 센서 데이터의 각각의 세트는 제조 장비에 의해 대응하는 제품을 생성하는 것과 연관된 대응하는 센서 값들 및 대응하는 센서 데이터 식별자를 포함함 -;

계측 데이터의 복수의 세트들을 수신하는 단계 - 상기 계측 데이터의 각각의 세트는 상기 제조 장비에 의해 제조된 대응하는 제품과 연관된 대응하는 계측 값들 및 대응하는 계측 데이터 식별자를 포함함 -;

센서-계측 매치들을 식별하기 위해 각각의 대응하는 센서 데이터 식별자와 각각의 대응하는 계측 데이터 식별자 사이의 공통 부분들을 결정하는 단계;

상기 센서-계측 매치들 각각에 대해, 집계된(aggregated) 센서-계측 데이터의 복수의 세트들을 생성하기 위해, 상기 대응하는 센서 데이터 식별자에 대응하는 센서 데이터의 개개의 세트 및 상기 대응하는 계측 데이터 식별자에 대응하는 계측 데이터의 개개의 세트를 포함하는 집계된 센서-계측 데이터의 대응하는 세트를 생성하는 단계; 및

트레이닝된 머신 러닝 모델을 제공하도록 머신 러닝 모델을 트레이닝시키기 위해, 상기 집계된 센서-계측 데이터의 복수의 세트들을 저장하는 단계를 포함하며,

상기 트레이닝된 머신 러닝 모델은 상기 제조 장비와 연관된 정정 액션을 수행하기 위한 하나 이상의 출력들을 생성하는 것이 가능한, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 센서 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 센서 데이터 식별자는 대응하는 센서 캐리어 식별자 및 대응하는 센서 타임스탬프를 포함하고,

상기 계측 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 계측 데이터 식별자는 대응하는 계측 캐리어 식별자 및 대응하는 계측 타임스탬프를 포함하는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 공통 부분들의 각각의 공통 부분은,

매칭되는, 상기 대응하는 센서 캐리어 식별자 및 상기 대응하는 계측 캐리어 식별자; 및

복수의 캐리어 매치들에 가장 근접한 상기 대응하는 센서 타임스탬프 및 상기 대응하는 계측 타임스탬프

를 포함하는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 센서 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 센서 데이터 식별자는 대응하는 제품 식별자를 더 포함하고,

상기 계측 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 계측 데이터 식별자는 상기 대응하는 제품 식별자를 더 포함하며,

상기 센서-계측 매치들 각각은 매칭하는 제품 식별자들을 포함하는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 집계된 센서-계측 데이터의 복수의 세트들 각각은 테이블로서 저장되는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 방법.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 계측 데이터의 복수의 세트들은 제품들의 이력 속성 데이터에 대응하며,

상기 트레이닝된 머신 러닝 모델의 하나 이상의 출력들은 예측된 속성 데이터를 포함하는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 방법.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 정정 액션은,

그래픽 사용자 인터페이스로 하여금 경고를 디스플레이하게 하는 것;

상기 제조 장비의 동작을 중단시키는 것; 또는

상기 제조 장비의 제조 파라미터들에 대한 업데이트들을 야기하는 것

중 하나 이상을 포함하는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 방법.

**청구항 8**

센서-계측 데이터를 통합하기 위한 시스템으로서,

메모리; 및

상기 메모리에 커플링된 프로세싱 디바이스를 포함하며,

상기 프로세싱 디바이스는,

센서 데이터의 복수의 세트들을 수신하고 - 상기 센서 데이터의 각각의 세트는 제조 장비에 의해 대응하는 제품을 생성하는 것과 연관된 대응하는 센서 값들 및 대응하는 센서 데이터 식별자를 포함함 -;

계측 데이터의 복수의 세트들을 수신하고 - 상기 계측 데이터의 각각의 세트는 상기 제조 장비에 의해 제조된 대응하는 제품과 연관된 대응하는 계측 값들 및 대응하는 계측 데이터 식별자를 포함함 -;

센서-계측 매치들을 식별하기 위해 각각의 대응하는 센서 데이터 식별자와 각각의 대응하는 계측 데이터 식별자 사이의 공통 부분들을 결정하고;

상기 센서-계측 매치들 각각에 대해, 집계된 센서-계측 데이터의 복수의 세트들을 생성하기 위해, 상기 대응하는 센서 데이터 식별자에 대응하는 센서 데이터의 개개의 세트 및 상기 대응하는 계측 데이터 식별자에 대응하는 계측 데이터의 개개의 세트를 포함하는 집계된 센서-계측 데이터의 대응하는 세트를 생성하고; 그리고

트레이닝된 머신 러닝 모델을 제공하도록 머신 러닝 모델을 트레이닝시키기 위해, 상기 집계된 센서-계측 데이터의 복수의 세트들을 저장하며,

상기 트레이닝된 머신 러닝 모델은 상기 제조 장비와 연관된 정정 액션을 수행하기 위한 하나 이상의 출력들을 생성하는 것이 가능한, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 시스템.

**청구항 9**

제8항에 있어서,

상기 센서 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 센서 데이터 식별자는 대응하는 센서 캐리어 식별자 및 대응하는 센서 타임스탬프를 포함하고,

상기 계측 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 계측 데이터 식별자는 대응하는 계측 캐리어 식별자 및 대응하는 계측 타임스탬프를 포함하는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 시스템.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 공통 부분들의 각각의 공통 부분은,

매칭되는, 상기 대응하는 센서 캐리어 식별자 및 상기 대응하는 계측 캐리어 식별자; 및

복수의 캐리어 매치들에 가장 근접한 상기 대응하는 센서 타임스탬프 및 상기 대응하는 계측 타임스탬프

를 포함하는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 시스템.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

상기 센서 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 센서 데이터 식별자는 대응하는 제품 식별자를 더 포함하고,

상기 계측 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 계측 데이터 식별자는 상기 대응하는 제품 식별자를 더 포함하며,

상기 센서-계측 매치들 각각은 매칭하는 제품 식별자들을 포함하는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 시스템.

**청구항 12**

제10항에 있어서,

상기 집계된 센서-계측 데이터의 복수의 세트들 각각은 테이블로서 저장되는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 시스템.

**청구항 13**

제10항에 있어서,

상기 계측 데이터의 복수의 세트들은 제품들의 이력 속성 데이터에 대응하며,

상기 트레이닝된 머신 러닝 모델의 하나 이상의 출력들은 예측된 속성 데이터를 포함하는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 시스템.

**청구항 14**

제10항에 있어서,

상기 정정 액션은,

그래픽 사용자 인터페이스로 하여금 경고를 디스플레이하게 하는 것;

상기 제조 장비의 동작을 중단시키는 것; 또는

상기 제조 장비의 제조 파라미터들에 대한 업데이트들을 야기하는 것

중 하나 이상을 포함하는, 센서-계측 데이터를 통합하기 위한 시스템.

**청구항 15**

명령들이 저장된 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체로서,

상기 명령들은 프로세싱 디바이스에 의해 실행될 때, 센서-계측 데이터의 통합을 위하여, 상기 프로세싱 디바이

스로 하여금,

센서 데이터의 복수의 세트들을 수신하게 하고 - 상기 센서 데이터의 각각의 세트는 제조 장비에 의해 대응하는 제품을 생성하는 것과 연관된 대응하는 센서 값들 및 대응하는 센서 데이터 식별자를 포함함 -;

계측 데이터의 복수의 세트들을 수신하게 하고 - 상기 계측 데이터의 각각의 세트는 상기 제조 장비에 의해 제조된 대응하는 제품과 연관된 대응하는 계측 값들 및 대응하는 계측 데이터 식별자를 포함함 -;

센서-계측 매치들을 식별하기 위해 각각의 대응하는 센서 데이터 식별자와 각각의 대응하는 계측 데이터 식별자 사이의 공통 부분들을 결정하게 하고;

상기 센서-계측 매치들 각각에 대해, 집계된 센서-계측 데이터의 복수의 세트들을 생성하기 위해, 상기 대응하는 센서 데이터 식별자에 대응하는 센서 데이터의 개개의 세트 및 상기 대응하는 계측 데이터 식별자에 대응하는 계측 데이터의 개개의 세트를 포함하는 집계된 센서-계측 데이터의 대응하는 세트를 생성하게 하고; 그리고

트레이닝된 머신 러닝 모델을 제공하도록 머신 러닝 모델을 트레이닝시키기 위해, 상기 집계된 센서-계측 데이터의 복수의 세트들을 저장하게 하며,

상기 트레이닝된 머신 러닝 모델은 상기 제조 장비와 연관된 정정 액션을 수행하기 위한 하나 이상의 출력들을 생성하는 것이 가능한, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체.

**청구항 16**

제15항에 있어서,

상기 센서 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 센서 데이터 식별자는 대응하는 센서 캐리어 식별자 및 대응하는 센서 타임스탬프를 포함하고,

상기 계측 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 계측 데이터 식별자는 대응하는 계측 캐리어 식별자 및 대응하는 계측 타임스탬프를 포함하는, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 공통 부분들의 각각의 공통 부분은,

매칭되는, 상기 대응하는 센서 캐리어 식별자 및 상기 대응하는 계측 캐리어 식별자; 및

복수의 캐리어 매치들에 가장 근접한 상기 대응하는 센서 타임스탬프 및 상기 대응하는 계측 타임스탬프

를 포함하는, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 센서 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 센서 데이터 식별자는 대응하는 제품 식별자를 더 포함하고,

상기 계측 데이터의 복수의 세트들 각각에 대해, 상기 대응하는 계측 데이터 식별자는 상기 대응하는 제품 식별자를 더 포함하며,

상기 센서-계측 매치들 각각은 매칭하는 제품 식별자들을 포함하는, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체.

**청구항 19**

제15항에 있어서,

상기 집계된 센서-계측 데이터의 복수의 세트들 각각은 테이블로서 저장되는, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체.

**청구항 20**

제15항에 있어서,

상기 계측 데이터의 복수의 세트들은 제품들의 이력 속성 데이터에 대응하며,

상기 트레이닝된 머신 러닝 모델의 하나 이상의 출력들은 예측된 속성 데이터를 포함하는, 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 매체.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 개시내용은 데이터 통합에 관한 것으로, 더 상세하게는 센서 계측 데이터 통합에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 제조 장비를 사용하여 하나 이상의 제조 프로세스들을 수행함으로써 제품들이 생성될 수 있다. 예컨대, 반도체 제조 장비는 반도체 제조 프로세스들을 통해 웨이퍼들을 생성하는 데 사용될 수 있다. 제조 프로세스들 동안 제조 장비의 제조 파라미터들을 결정하기 위해 센서들이 사용될 수 있다. 계측 장비는 제조 장비에 의해 생성되었던 제품들의 속성 데이터를 결정하는 데 사용될 수 있다.

**발명의 내용**

[0003] 다음은 본 개시내용의 일부 양상들의 기본적인 이해를 제공하기 위한 본 개시내용의 간략화된 요약이다. 이러한 요약은 본 개시내용의 포괄적인 개관이 아니다. 이러한 요약은 본 개시내용의 핵심 또는 중요 엘리먼트들을 식별하거나 본 개시내용의 특정한 구현들의 임의의 범위 또는 청구항들의 임의의 범위를 서술하도록 의도되지 않는다. 이러한 요약의 유일한 목적은, 이후에 제시되는 더 상세한 설명에 대한 서론으로서 간략화된 형태로 본 개시내용의 일부 개념들을 제시하는 것이다.

[0004] 본 개시내용의 일 양상에서, 방법은 센서 데이터의 복수의 세트들을 수신하는 단계를 포함할 수 있다. 센서 데이터의 각각의 세트는, 제조 장비에 의해 대응하는 제품을 생성하는 것과 연관된 대응하는 센서 값들 및 대응하는 센서 데이터 식별자를 포함할 수 있다. 방법은 계측 데이터의 복수의 세트들을 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다. 계측 데이터의 각각의 세트는 제조 장비에 의해 제조된 대응하는 제품과 연관된 대응하는 계측 값들 및 대응하는 계측 데이터 식별자를 포함할 수 있다. 방법은 센서-계측 매치들을 식별하기 위해 각각의 대응하는 센서 데이터 식별자와 각각의 대응하는 계측 데이터 식별자 사이의 공통 부분들을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 방법은, 센서-계측 매치들 각각에 대해, 집계된(agggregated) 센서-계측 데이터의 복수의 세트들을 생성하기 위해, 대응하는 센서 데이터 식별자에 대응하는 센서 데이터의 개개의 세트 및 대응하는 계측 데이터 식별자에 대응하는 계측 데이터의 개개의 세트를 포함하는 집계된 센서-계측 데이터의 대응하는 세트를 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 방법은, 트레이닝된 머신 러닝 모델을 제공하도록 머신 러닝 모델을 트레이닝시키기 위해, 집계된 센서-계측 데이터의 복수의 세트들을 저장하는 단계를 더 포함할 수 있다. 트레이닝된 머신 러닝 모델은 제조 장비와 연관된 정정 액션을 수행하기 위한 하나 이상의 출력들을 생성하는 것이 가능하다.

**도면의 간단한 설명**

[0005] 본 개시내용은 첨부한 도면들의 도들에서 제한이 아니라 예로서 예시된다.

[0006] 도 1은 특정한 실시예들에 따른, 예시적인 시스템 아키텍처를 예시하는 블록 다이어그램이다.

[0007] 도 2는 특정한 실시예들에 따른, 머신 러닝 모델에 대한 데이터 세트들을 생성하기 위한 예시적인 데이터 세트 생성기이다.

[0008] 도 3은 특정한 실시예들에 따른, 예측된 계측 데이터를 결정하는 것을 예시하는 블록 다이어그램이다.

[0009] 도 4a는 특정한 실시예들에 따른 센서 계측 데이터 통합 방법의 흐름도이다.

[0010] 도 4b는 특정한 실시예들에 따른 센서 계측 데이터 통합의 블록 다이어그램이다.

[0011] 도 5는 특정한 실시예들에 따른, 계측 데이터를 예측하기 위한 머신 러닝 모델에 대한 데이터 세트를 생성하기 위한 방법의 흐름도이다.

[0012] 도 6은 특정한 실시예들에 따른, 컴퓨터 시스템을 예시하는 블록 다이어그램이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0006] [0013] 센서 계측 데이터 통합에 관한 기술들이 본 명세서에 설명된다. 제조 장비는 제품들을 생성하기 위한 제조 프로세스들을 수행하는 데 사용될 수 있다. 센서들은 제조 프로세스들 동안 제조 장비의 제조 파라미터들을 결정하기 위한 센서 값들을 제공할 수 있다. 센서 값들은 제1 위치에 저장될 수 있다. 계측 장비는 제조 장비에 의해 생성되었던 제품들의 속성 데이터를 결정하기 위한 계측 값들을 제공할 수 있다. 계측 값들은 제2 위치에 저장될 수 있다. 추가적인 분석(예컨대, 감독된 머신 러닝을 위한 모델 트레이닝 등)을 위해, 제품들에 대응하는 센서 값들의 서브세트들은 동일한 제품들에 대응하는 계측 값들의 대응하는 서브세트들과 연관될 것이다(예컨대, 웨이퍼를 생성하기 위한 센서 값들은 웨이퍼의 계측 값들과 연관될 것이다).

[0007] [0014] 하나의 종래의 접근법에서, 프로세스 엔지니어는 로그 시트들을 주기적으로 유지할 수 있으며, 여기서 프로세스 엔지니어는 센서 값들의 서브세트들을, 동일한 제품들에 대응하는 계측 값들의 대응하는 서브세트들과 수동으로 연관시켰다. 센서 데이터와 계측 데이터의 수동 연관은 에러들을 갖고, 많은 사용자 시간이 걸리며, 비효율적이다. 종래에, 센서 데이터와 계측 데이터의 수동 연관은 생성된 전체 센서 및 계측 값들의 작은 부분에 대해서만 수행된다. 전체 센서 및 계측 값들의 작은 부분에 대한 수동으로 연관된 센서 및 계측 값들은 추가적인 분석에는 충분하지 않을 수 있다.

[0008] [0015] 다른 종래의 접근법에서, 각각의 제품은 가시적인 제품 식별자(예컨대, 웨이퍼 스크라이브(scribe))를 가지며, 제조 동안 각각의 제품의 이미지가 촬영되고(제품 식별자는 이미지로 나타남), 계측 동안 각각의 제품의 이미지가 촬영된다(제품 식별자는 이미지로 나타남). 제조와 연관된 이미지들 및 계측과 연관된 이미지들에서 웨이퍼 식별자들 각각을 광학적으로 인식하기 위해 OCR(optical character recognition) 시스템이 사용된다. 이어서, 동일한 광학적으로 판독된 제품 식별자들을 갖는 센서 값들의 서브세트들 및 계측 값들의 서브세트들이 서로 연관된다. OCR 시스템을 사용하는 센서 데이터와 계측 데이터의 연관은 제품 식별자들을 광학적으로 판독할 시의 에러들로 인한 에러들을 갖고, 이미지들을 저장하기 위한 증가된 저장 공간을 가져야 하고, 광학적 문자 인식을 수행하기 위해, 증가된 프로세서 오버헤드 및 에너지 소비를 가지며, 비싸다.

[0009] [0016] 본 명세서에 개시된 디바이스들, 시스템들, 및 방법들은 센서 데이터와 계측 데이터를 연관시키기 위해 센서 계측 데이터 통합을 사용한다. 프로세싱 디바이스는 센서 데이터의 세트들 및 계측 데이터의 세트들을 수신한다. 센서 데이터의 각각의 세트는, 제조 장비에 의해 대응하는 제품을 생성하는 것과 연관된 대응하는 센서 값들 및 대응하는 센서 데이터 식별자를 포함한다. 계측 데이터의 각각의 세트는 제조 장비에 의해 제조된 대응하는 제품과 연관된 대응하는 계측 값들 및 대응하는 계측 데이터 식별자를 포함한다. 프로세싱 디바이스는 센서-계측 매치들을 식별하기 위해 각각의 대응하는 센서 데이터 식별자와 각각의 대응하는 계측 데이터 식별자 사이의 공통 부분들을 결정한다. 센서-계측 매치들 각각에 대해, 프로세싱 디바이스는, 대응하는 센서 데이터 식별자에 대응하는 센서 데이터의 개개의 세트 및 대응하는 계측 데이터 식별자에 대응하는 계측 데이터의 개개의 세트를 포함하는 집계된 센서-계측 데이터의 대응하는 세트(예컨대, 집계된 센서-계측 데이터 구조 또는 데이터 테이블)를 생성한다. 프로세싱 디바이스는 집계된 센서-계측 데이터의 세트들을 저장한다. 일부 실시예들에서, 집계된 센서-계측 데이터의 세트들은, 최적의 제조 파라미터들(예컨대, 검색된 계측 데이터에 대응하는 센서 데이터) 또는 최적의 제품 속성 데이터(예컨대, 검색된 센서 데이터에 대응하는 계측 데이터)를 결정하기 위해 센서 데이터 또는 계측 데이터에 기반하여 검색될 데이터베이스에 저장된다. 일부 실시예들에서, 집계된 센서-계측 데이터의 저장된 세트들은 머신 러닝 모델을 트레이닝시키는 데 사용될 수 있다.

[0010] [0017] 일부 실시예들에서, 트레이닝된 머신 러닝 모델의 출력은 제조 장비와 연관된 정정 액션을 수행하는 데 사용된다. 일부 실시예들에서, 트레이닝된 머신 러닝 모델의 출력은 가상 계측 데이터를 결정하는 데 사용된다. 일부 실시예들에서, 트레이닝된 머신 러닝 모델은 제조 장비 및/또는 제조 프로세스들의 최적의 설계를 결정하는 데 사용된다.

[0011] [0018] 본 개시내용의 양상들은 에너지 소비(예컨대, 배터리 소비), 사용되는 대역폭, 프로세서 오버헤드 등의 상당한 감소의 기술적 장점들을 초래한다. 일부 실시예들에서, 기술적 장점들은 센서 데이터와 계측 데이터를 수동으로 연관시키지 않으면서 그리고 센서 데이터와 계측 데이터를 연관시키기 위해 OCR 시스템을 사용하지 않

으면서, 집계된 센서-계측 데이터의 세트들을 생성하는 것으로부터 기인된다. 집계된 센서-계측 데이터의 세트들의 생성은, 센서 데이터와 계측 데이터를 수동으로 연관시키는 것과 비교하여, 더 적은 에러들을 갖고 사용자 시간을 사용하지 않는다. 집계된 센서-계측 데이터의 세트들의 생성은, 센서 데이터와 계측 데이터를 연관시키기 위해 OCR 시스템을 사용하는 것과 비교하여, 더 적은 에러들을 갖고, 많은 저장 공간을 사용하지 않고, 많은 프로세서 오버헤드 및 에너지 소비를 사용하지 않고, (이미지들 및 OCR 데이터를 송신하는 것과 비교하여) 많은 대역폭을 사용하지 않으며, 덜 비싸다. 본 명세서에 개시된 바와 같이, (제조 장비와 연관된 정정 액션을 수행하도록 머신 러닝 모델을 트레이닝시키기 위해) (종래의 접근법들보다 더 빠르게 생성되고 더 적은 에러들을 갖는) 집계된-센서 계측 데이터의 사용은 정정 액션들이 종래의 접근법들보다 더 신속하게 그리고 더 적은 에러들로 수행되게 한다.

[0012] [0019] 도 1은 특정한 실시예들에 따른, 예시적인 시스템 아키텍처(100)를 예시하는 블록 다이어그램이다. 시스템 아키텍처(100)는 데이터 통합 서버(102), 클라이언트 디바이스(106), 센서 시스템(120), 계측 시스템(130), 예측 서버(112), 및 데이터 저장소(140)를 포함한다. 예측 서버(112)는 예측 시스템(110)의 일부일 수 있다. 예측 시스템(110)은 서버 머신들(170 및 180)을 더 포함할 수 있다. 센서 시스템(120)은 센서 서버(122)(예컨대, 제조 설비의 FSS(field service server)), 제조 장비(124), 센서들(126), 및 센서 식별자 판독기(128)(예컨대, 센서 시스템(120)에 대한 FOUF(front opening unified pod) RFID(radio frequency identification) 판독기)를 포함할 수 있다. 계측 시스템(130)은 계측 서버(132)(예컨대, 계측 데이터베이스, 계측 폴더들 등), 계측 장비(134), 및 계측 식별자 판독기(136)(예컨대, 계측 시스템(130)에 대한 FOUF RFID 판독기)를 포함할 수 있다.

[0013] [0020] 센서들(126)은 제조 장비(124)에 의해 대응하는 제품(예컨대, 웨이퍼들)을 생성하는 것과 연관된 센서 값들(144)(예컨대, 제조 파라미터들)을 제공할 수 있다. 센서 값들(144)은 온도(예컨대, 가열기 온도), 간격(SP), 압력, HFRF(high frequency radio frequency), 정전 척(ESC)의 전압, 전류, 유동, 전력, 전압 등 중 하나 이상의 값을 포함할 수 있다. 센서 값들(144)은 제조 파라미터들, 이를테면 하드웨어 파라미터들(예컨대, 제조 장비(124)의 세팅들 또는 컴포넌트들(예컨대, 사이즈, 타입 등)) 또는 제조 장비의 프로세스 파라미터들과 연관되거나 이를 표시할 수 있다. 센서 값들(144)은 제조 장비(124)가 제조 프로세스들을 수행하는 동안 제공될 수 있다(예컨대, 웨이퍼들을 프로세싱할 때에는 장비 판독치들). 센서 값들(144)은 각각의 제품(예컨대, 각각의 웨이퍼)에 대해 상이할 수 있다.

[0014] [0021] 센서 식별자 판독기(128)(예컨대, 센서 시스템(120)에 대한 FOUF RFID 판독기)는 센서 캐리어 식별자(예컨대, FOUF 식별자, 웨이퍼 캐리어 식별자, 슬롯 식별자 등)를 제공할 수 있다. 센서 서버(122)는 센서 캐리어 식별자 및 타임스탬프(예컨대, 날짜, 시간 등)를 포함하는 센서 데이터 식별자(146)를 생성할 수 있다. 센서 캐리어 식별자는 (예컨대, 센서 식별자 판독기(128)를 통해) 센서 시스템(120)에 의해 식별된 캐리어 식별자(예컨대, FOUF 식별자 등)일 수 있다. 센서 서버(122)는 센서 값들(144) 및 센서 데이터 식별자(146)를 포함하는 센서 데이터(142)를 생성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 센서 데이터(142)(예컨대, 센서 데이터 식별자들(146))는 제품 식별자들(148)을 더 포함한다. 예컨대, 다수의 제품들(예컨대, 25개의 웨이퍼들)은 동일한 센서 캐리어 식별자와 연관될 수 있고, 각각의 제품 식별자(148)는 제품들의 순서(예컨대, 웨이퍼 캐리어 내의 제1 웨이퍼, 제2 웨이퍼 등)를 표시할 수 있다.

[0015] [0022] 계측 장비(134)는 제조 장비(124)에 의해 생성된 제품들(예컨대, 웨이퍼들)과 연관된 계측 값들(152)(예컨대, 웨이퍼들의 속성 데이터)을 제공할 수 있다. 계측 값들(152)은 막 속성 데이터(예컨대, 웨이퍼 공간 막 속성들), 치수들(예컨대, 두께, 높이 등), 유전 상수, 도펀트 농도, 밀도, 결함들 등 중 하나 이상의 값을 포함할 수 있다. 계측 값들(152)은 완제품 또는 반제품(semi-finished product)의 것일 수 있다. 계측 값들(152)은 각각의 제품(예컨대, 각각의 웨이퍼)에 대해 상이할 수 있다.

[0016] [0023] 계측 식별자 판독기(136)(예컨대, 계측 시스템(130)에 대한 FOUF RFID 판독기)는 계측 캐리어 식별자(예컨대, FOUF 식별자, 웨이퍼 캐리어 식별자, 슬롯 식별자 등)를 제공할 수 있다. 계측 캐리어 식별자는 (예컨대, 계측 식별자 판독기(136)를 통해) 계측 시스템(130)에 의해 식별된 캐리어 식별자(예컨대, FOUF 식별자 등)일 수 있다. 동일한 제품들(예컨대, 동일한 웨이퍼들)에 대응하는 계측 캐리어 식별자 및 센서 캐리어 식별자는 동일한 캐리어 식별자(예컨대, 동일한 FOUF ID)일 수 있고, 동일한 캐리어(예컨대, 동일한 FOUF)에 대응할 수 있다. 계측 서버(132)는 계측 캐리어 식별자 및 타임스탬프(예컨대, 날짜 스탬프 등)를 포함하는 계측 데이터 식별자들(154)을 생성할 수 있다. 계측 서버(132)는 계측 값들(152) 및 계측 데이터 식별자(154)를 포함하는 계측 데이터(150)를 생성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 계측 데이터(150)는 제품 식별자들(156)을 더 포함한다. 예컨대, 다수의 제품들(예컨대, 25개의 웨이퍼들)은 동일한 계측 데이터 식별자(154)(예컨대, 웨이

퍼 캐리어 식별자)와 연관될 수 있고, 각각의 제품 식별자(156)는 제품들의 순서(예컨대, 웨이퍼 캐리어 내의 제1 웨이퍼, 제2 웨이퍼 등)를 표시할 수 있다.

[0017] [0024] 일부 실시예들에서, 제품 캐리어(예컨대, FOUNDRY, 웨이퍼 캐리어)는 제조 장비(124)로부터 계측 장비(134)로 제품들을 이송할 수 있다. 제품들은 센서 시스템(120) 및 계측 시스템(130)에서 동일한 순서(예컨대, FOUNDRY 또는 웨이퍼 캐리어에서 동일한 위치)를 유지할 수 있다. 예컨대, 웨이퍼들은, 웨이퍼들이 (예컨대, 계측 시스템(130)을 통해 계측 데이터(150)를 제공하기 위해) 계측 장비(134) 내외로 로딩되는 것과 동일한 순서로 (예컨대, 웨이퍼들을 프로세싱하고 센서 서버(122)를 통해 센서 데이터(142)를 제공하기 위해) 제조 장비(124) 내외로 로딩될 수 있다. 일부 실시예들에서, 동일한 제품들에 대응하는 센서 캐리어 식별자(예컨대, 센서 시스템(120)과 연관된 FOUNDRY ID) 및 계측 캐리어 식별자(예컨대, 계측 시스템(130)과 연관된 FOUNDRY ID)는 동일한 제품 캐리어(예컨대, 동일한 FOUNDRY) 및/또는 캐리어 식별자(예컨대, 센서 캐리어 식별자 및 계측 캐리어 식별자는 동일함)와 연관된다.

[0018] [0025] 데이터 통합 서버(102), 클라이언트 디바이스(106), 센서 시스템(120)(예컨대, 센서 서버(122), 제조 장비(124), 센서들(126), 센서 식별자 판독기(128) 등), 계측 시스템(130)(예컨대, 계측 서버(132), 계측 장비(134), 계측 식별자 판독기(136) 등), 예측 서버(112), 데이터 저장소(140), 서버 머신(170), 및 서버 머신(180)은 정정 액션들을 수행하도록 집계된 센서-계측 데이터(158)를 생성하기 위해 네트워크(160)를 통해 서로 커플링될 수 있다. 일부 실시예들에서, 네트워크(160)는 예측 서버(112), 데이터 저장소(140), 및 다른 공개적으로 이용가능한 컴퓨팅 디바이스들에 대한 액세스를 클라이언트 디바이스(106)에 제공하는 공개 네트워크이다. 일부 실시예들에서, 네트워크(160)는, 센서 시스템(120), 계측 시스템(130), 데이터 저장소(140), 및 다른 사설로 이용가능한 컴퓨팅 디바이스들에 대한 액세스를 데이터 통합 서버(102)에 제공하고 예측 서버(112), 데이터 저장소(140), 및 다른 사설로 이용가능한 컴퓨팅 디바이스들에 대한 액세스를 클라이언트 디바이스(106)에 제공하는 사설 네트워크이다. 네트워크(160)는 하나 이상의 WAN(wide area network)들, LAN(local area network)들, 유선 네트워크들(예컨대, 이더넷 네트워크), 무선 네트워크들(예컨대, 802.11 네트워크 또는 Wi-Fi 네트워크), 셀룰러 네트워크들(예컨대, LTE(Long Term Evolution) 네트워크), 라우터들, 허브들, 스위치들, 서버 컴퓨터들, 클라우드 컴퓨팅 네트워크들, 및/또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0019] [0026] 클라이언트 디바이스(106)는 컴퓨팅 디바이스, 이를테면, PC(personal computer)들, 랩톱들, 모바일 폰들, 스마트 폰들, 태블릿 컴퓨터들, 넷북 컴퓨터들, 네트워크 연결 텔레비전들("스마트 TV"), 네트워크-연결 미디어 플레이어들(예컨대, 블루-레이 플레이어), 셋탑-박스, OTT(over-the-top) 스트리밍 디바이스들, 오퍼레이터 박스들 등을 포함할 수 있다. 클라이언트 디바이스(106)는 제조 장비(124)와 연관된 표시(예컨대, 제조 장비(124)에 대한 예측 데이터(164)를 요청하는 사용자 입력, 제조 장비(124)와 연관된 정정 액션에 관한 사용자 입력)를 수신하는 것, (예컨대, 데이터 저장소(140)로부터, 센서 시스템(120) 등으로부터) 제조 장비(124)와 연관된 현재 센서 데이터(162)를 획득하는 것, 제조 장비(124)와 연관된 현재 센서 데이터(162)를 예측 시스템(110)에 제공하는 것, 예측 시스템(110)으로부터 출력(예컨대, 예측 데이터(164))을 수신하는 것, 및 (예컨대, 출력에 기반하여) 제조 장비(124)와 연관된 정정 액션을 야기하는 것을 가능하게 할 수 있다. 각각의 클라이언트 디바이스(106)는 사용자들이 데이터(예컨대, 제조 장비(124)와 연관된 표시, 제조 장비(124)와 연관된 정정 액션들 등)를 생성하거나, 보거나, 또는 편집하는 것 중 하나 이상을 허용하는 운영 체제를 포함할 수 있다.

[0020] [0027] 일부 실시예들에서, 계측 데이터(150)는 (예컨대, 센서 데이터(142)와 연관된 제조 파라미터들을 사용하여 생성된) 제품들의 이력 속성 데이터에 대응하고, 예측 데이터(164)는 (예컨대, 생성될 또는 현재 센서 데이터(162)를 사용하여 생성되었던 제품들의) 예측된 속성 데이터에 대응한다. 일부 실시예들에서, 예측 데이터(164)는 생성될 또는 현재 센서 데이터(162)를 사용하여 생성되었던 제품들의 예측된 계측 데이터(예컨대, 가상 계측 데이터)이다.

[0021] [0028] 계측을 수행하는 것은 요구되는 시간, 사용되는 계측 장비(134), 소비되는 에너지, 계측 데이터를 전송하는 데 사용되는 대역폭, 계측 데이터를 프로세싱하기 위한 프로세서 오버헤드 등의 관점들에서 비용이 많이 들 수 있다. 현재 센서 데이터(162)(예컨대, 제품을 제조하는 데 사용될 제조 파라미터들)를 입력하고, 예측된 속성 데이터의 출력을 수신함으로써, 시스템(100)은 현재 센서 데이터(162)에 대한 계측 값들을 생성하기 위해 계측 장비(134)를 사용하는 비용이 많이 드는 프로세스를 피하는 기술적 장점을 가질 수 있다.

[0022] [0029] 결합있는 제품들을 초래하는 제조 프로세스들을 수행하는 것은 결합있는 제품들을 제조하는 데 사용되는 시간, 에너지, 및 제조 장비(124), 결합들을 식별하고 결합있는 제품을 폐기하는 비용 등에서 비용이 많이 들 수 있다. 현재 센서 데이터(162)(예컨대, 제품을 제조하는 데 사용될 제조 파라미터들)를 입력하고, 예측된 속

성 데이터의 출력을 수신하며, 예측된 속성 데이터에 기반하여 정정 액션을 수행함으로써, 시스템(100)은 결합 있는 제품들을 생성, 식별, 및 폐기하는 비용을 피하는 기술적 장점을 가질 수 있다.

- [0023] [0030] 제조 장비(124)의 컴포넌트들의 고장을 초래하는 제조 프로세스들을 수행하는 것은, 비가동시간 (downtime), 제품들에 대한 손상, 장비에 대한 손상, 신속한 주문 교체 컴포넌트들 등에서 비용이 많이 들 수 있다. 현재 센서 데이터(162)(예컨대, 제품을 제조하는 데 사용될 제조 파라미터들)를 입력하고, 예측된 속성 데이터의 출력을 수신하며, 예측된 속성 데이터에 기반하여 정정 액션(예컨대, 컴포넌트들의 교체, 프로세싱, 세정 등과 같은 예측된 동작 유지보수)을 수행함으로써, 시스템(100)은 예상치 못한 컴포넌트 고장의 비용을 피하는 기술적 장점을 가질 수 있다.
- [0024] [0031] 제조 파라미터들은 증가된 리소스(예컨대, 에너지, 냉각제, 가스들 등) 소비, 제품들을 생성하기 위한 증가된 시간의 양, 증가된 컴포넌트 고장, 결합있는 제품들의 증가된 양들 등의 값비싼 결과들을 가질 수 있는 제품을 생성하는 데 최적이지 아닐 수 있다. 타겟 속성 데이터(예컨대, 제품들에 대한 타겟 계측 데이터)를 (예컨대, 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)에) 입력하고 타겟 속성 데이터에 대한 최적의 제조 파라미터들의 출력을 수신함으로써, 시스템(100)은 최적이지 아닌 제조 파라미터들의 값비싼 결과들을 피하기 위해 최적의 제조 파라미터들(예컨대, 하드웨어 파라미터들, 프로세스 파라미터들, 최적의 설계)을 사용하는 기술적 장점을 가질 수 있다.
- [0025] [0032] 정정 액션은 CPC(computational process control), SPC(statistical process control), APC(automatic process control), 예방적 동작 유지보수, 설계 최적화, 제조 파라미터들의 업데이트, 피드백 제어, 머신 러닝 수정 등 중 하나 이상과 연관될 수 있다.
- [0026] [0033] 센서 데이터(142)는 제조 장비(124)의 제조 프로세스들과 연관될 수 있고, 계측 데이터(150)는 제조 프로세스들에 의해 생성된 완제품의 속성들과 연관될 수 있다. 예컨대, 제조 장비는 드릴링 머신일 수 있고, 제조 프로세스들은 제품에 홀을 드릴링하는 것일 수 있다. 센서 데이터(142)는 드릴 회전, 드릴 비트 수명, 드릴 삽입 레이트, 및 드릴 제거 레이트를 표시할 수 있다. 계측 데이터(150)는 홀 직경, 홀 깊이, 및 홀 진원도(roundness)를 표시할 수 있다. 머신 러닝 모델(190)은 제품들 내의 드릴링 홀들과 연관된 센서 데이터(142)의 데이터 입력 및 드릴링된 홀들과 연관된 계측 데이터(150)의 타겟 출력에 기반하여 트레이닝될 수 있다. 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)은 홀들을 드릴링하기 위해 사용될 현재 센서 데이터(162)(예컨대, 드릴 회전, 드릴 비트 수명, 드릴 삽입/제거 레이트 등)의 입력을 수신할 수 있다. 현재 센서 데이터(162)의 입력에 기반하여, 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)은 예측 데이터(164)의 출력(예컨대, 현재 센서 데이터(162)를 사용하여 제조된 제품들(드릴링된 홀들)의 예측된 속성들)을 생성할 수 있다. 출력(예컨대, 예측 데이터(164))에 기반하여, 클라이언트 디바이스(106)는 (예컨대, 정정 액션 컴포넌트(106)를 통해) 정정 액션이 수행되게 할 수 있다.
- [0027] [0034] 일부 실시예들에서, 정정 액션은 경고(예컨대, 홀이 등글지 않은 것으로 예측된다는 것을 예측 데이터(164)가 표시하면, 제조 프로세스를 중지시키거나 수행하지 않기 위한 알람)를 제공하는 것이다. 일부 실시예들에서, 정정 액션은 피드백 제어를 제공하는 것이다(예컨대, 홀이 등글지 않은 것으로 예측된다는 것을 예측 데이터(164)가 표시하는 것에 대한 응답으로 드릴 제거를 늦추기 위해 제조 파라미터를 수정함). 일부 실시예들에서, 정정 액션은 머신 러닝을 제공하는 것이다(예컨대, 예측 데이터(164)에 기반하여 드릴 회전, 삽입 레이트, 제거 레이트 등과 같은 하나 이상의 제조 파라미터들을 수정함). 일부 실시예들에서, 정정 액션은 하나 이상의 제조 파라미터들에 대한 업데이트들을 야기하는 것이다.
- [0028] [0035] 제조 파라미터들은 하드웨어 파라미터들(예컨대, 컴포넌트들을 교체하는 것, 특정한 컴포넌트들을 사용하는 것 등) 및/또는 프로세스 파라미터들(예컨대, 온도, 압력, 유동, 레이트 등)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 정정 액션은 예방적 동작 유지보수를 야기하는 것이다(예컨대, 제조 장비(124)의 컴포넌트들을 교체, 프로세싱, 세정 등을 행함). 일부 실시예들에서, 정정 액션은 설계 최적화를 야기하는 것이다(예컨대, 최적화된 제품에 대한 제조 파라미터들, 제조 프로세스들, 제조 장비(124) 등을 업데이트하는 것).
- [0029] [0036] 클라이언트 디바이스(106)는 정정 액션 컴포넌트(108)를 포함할 수 있다. 정정 액션 컴포넌트(108)는 제조 장비(124)와 연관된 표시의 사용자 입력을 (예컨대, 클라이언트 디바이스(106)를 통해 디스플레이된 GUI를 통해) 수신할 수 있다. 일부 실시예들에서, 정정 액션 컴포넌트(108)는 예측 시스템(110)에 표시를 송신하고, 예측 시스템(110)으로부터 출력(예컨대, 예측 데이터(164))을 수신하고, 출력에 기반하여 정정 액션을 결정하며, 정정 액션이 구현되게 한다. 일부 실시예들에서, 정정 액션 컴포넌트(108)는 제조 장비(124)와 연관된 표시를 예측 시스템(110)에 송신하고, 예측 시스템(110)으로부터 정정 액션의 표시를 수신하며, 정정 액션이 구현되게 한다.

- [0030] [0037] 데이터 통합 서버(102), 예측 서버(112), 센서 서버(122), 계측 서버(132), 서버 머신(170), 및 서버 머신(180)은 각각, 하나 이상의 컴퓨팅 디바이스들, 이를테면, 랙마운트 서버, 라우터 컴퓨터, 서버 컴퓨터, 개인용 컴퓨터, 메인 프레임 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터, 데스크톱 컴퓨터, GPU(graphics processing unit), 가속기 ASIC(application-specific integrated circuit)(예컨대, TPU(tensor processing unit)) 등을 포함할 수 있다.
- [0031] [0038] 데이터 통합 서버(102)는 데이터 통합 컴포넌트(104)를 포함할 수 있다. 데이터 통합 컴포넌트(104)는 (예컨대, 센서 서버(122)로부터, 데이터 저장소(140)로부터) 센서 데이터(142)의 세트들 및 (예컨대, 계측 서버(132)로부터, 데이터 저장소(140)로부터) 계측 데이터(150)의 세트들을 수신하고, 센서 데이터(142)의 세트들과 계측 데이터(150)의 세트들 사이의 센서-계측 매치들을 결정하고, 센서-계측 매치들에 기반하여, 집계된 센서-계측 데이터(158)의 세트들을 생성하며, 집계된 센서-계측 데이터(158)의 세트들을 데이터 저장소(140)에 저장할 수 있다.
- [0032] [0039] 예측 서버(112)는 예측 컴포넌트(114)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 예측 컴포넌트(114)는 집계된 센서-계측 데이터(158) 및 현재 센서 데이터(162)를 데이터 저장소로부터 리트리브하고, 집계된 센서-계측 데이터(158) 및 현재 센서 데이터(162)에 기반하여 제조 장비(124)와 연관된 정정 액션을 수행하기 위한 출력(예컨대, 예측 데이터(164))을 생성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 예측 컴포넌트(114)는 현재 센서 데이터(162)에 기반하여 정정 액션을 수행하기 위한 출력을 결정하기 위해, 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)을 사용할 수 있다. 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)은 키 프로세스 및 하드웨어 파라미터들을 학습하기 위해, 집계된 센서-계측 데이터(158)를 사용하여 트레이닝될 수 있다. 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)에 의해 정정 액션을 수행하기 위한 출력을 생성하는 것은, 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)에 의해, 최적의 동작 조건들(예컨대, 프로세스 파라미터들) 및/또는 공간(예컨대, 하드웨어 파라미터들)을 규정하는 것을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 예측 컴포넌트(114)는, 현재 센서 데이터(162)를 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)에 제공하고, 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)로부터 출력을 획득하며, 출력에 기반하여 예측 데이터(164)를 결정함으로써, 정정 액션을 수행하기 위한 예측 데이터(164)를 결정한다.
- [0033] [0040] 데이터 저장소(140)는 메모리(예컨대, 랜덤 액세스 메모리), 드라이브(예컨대, 하드 드라이브, 플래시 드라이브), 데이터베이스 시스템, 또는 데이터를 저장할 수 있는 다른 타입의 컴포넌트 또는 디바이스일 수 있다. 데이터 저장소(140)는, 다수의 컴퓨팅 디바이스들(예컨대, 다수의 서버 컴퓨터들)에 걸쳐 있을 수 있는 다수의 저장 컴포넌트들(예컨대, 다수의 드라이브들 또는 다수의 데이터베이스들)을 포함할 수 있다. 데이터 저장소(140)는 센서 데이터(142), 계측 데이터(150), 집계된 센서-계측 데이터(158), 현재 센서 데이터(162), 및 예측 데이터(164)(예컨대, 예측된 계측 데이터)를 저장할 수 있다. 센서 데이터(142), 계측 데이터(150), 및 집계된 센서-계측 데이터(158)는 (예컨대, 머신 러닝 모델(190)을 트레이닝시키기 위한) 이력 데이터일 수 있다. 현재 센서 데이터(162)는, (예컨대, 이력 데이터에 기반하여 정정 액션들을 수행하기 위해) 예측 데이터(164)가 생성될 (예컨대, 센서 데이터(142)에 후속하는) 센서 데이터일 수 있다.
- [0034] [0041] 센서 데이터(142)는 센서 값들, 센서 데이터 식별자들(146), 및 제품 식별자들(148)을 포함할 수 있다. 계측 데이터(150)는 계측 값들(152), 계측 데이터 식별자들(154), 및 제품 식별자들(156)을 포함할 수 있다. 센서 데이터(142)의 각각의 인스턴스(예컨대, 세트)는 (예컨대, 센서 데이터 식별자(146)와 연관된) 대응하는 제품 캐리어, (예컨대, 센서 데이터 식별자(146)와 연관된) 대응하는 타임스탬프, 및/또는 (예컨대, 제품 식별자(148)와 연관된) 대응하는 제품에 대응할 수 있다. 계측 데이터(150)의 각각의 인스턴스(예컨대, 세트)는 (예컨대, 계측 데이터 식별자(154)와 연관된) 대응하는 제품 캐리어, (예컨대, 계측 데이터 식별자(154)와 연관된) 대응하는 타임스탬프, 및/또는 (예컨대, 제품 식별자(156)와 연관된) 대응하는 제품에 대응할 수 있다.
- [0035] [0042] 일부 실시예들에서, 클라이언트 디바이스(106)는 현재 센서 데이터(예컨대, 집계된 센서-계측 데이터(158)의 생성 이후 수신된 센서 데이터, 계측 데이터가 없는 센서 데이터)를 데이터 저장소(140)에 저장할 수 있고, 예측 서버(112)는 데이터 저장소(140)로부터 현재 센서 데이터를 리트리브할 수 있다. 일부 실시예들에서, 예측 서버(112)는 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)의 출력(예컨대, 예측 데이터(164))을 데이터 저장소(140)에 저장할 수 있고, 클라이언트 디바이스(106)는 데이터 저장소(140)로부터 출력을 리트리브할 수 있다.
- [0036] [0043] 일부 실시예들에서, 예측 시스템(110)은 서버 머신(170) 및 서버 머신(180)을 더 포함한다. 서버 머신(170)은 머신 러닝 모델(190)을 트레이닝시키거나, 검증하거나, 그리고/또는 테스트하기 위해 데이터 세트들(예컨대, 데이터 입력들의 세트 및 타겟 출력들의 세트)을 생성하는 것이 가능한 데이터 세트 생성기(172)를 포함한다. 데이터 세트 생성기(172)의 일부 동작들은 도 2 및 도 5에 관해 아래에서 상세히 설명된다. 일부 실시

예들에서, 데이터 세트 생성기(172)는 집계된 센서-계측 데이터(158)를 트레이닝 세트(예컨대, 집계된 센서-계측 데이터(158)의 60 퍼센트), 검증 세트(예컨대, 집계된 센서-계측 데이터(158)의 20 퍼센트), 및 테스트 세트(예컨대, 집계된 센서-계측 데이터(158)의 20 퍼센트)로 분할할 수 있다. 일부 실시예들에서, 예측 시스템(110)은 (예컨대, 예측 컴포넌트(114)를 통해) 특징들의 다수의 세트들을 생성한다. 예컨대, 특징들의 제1 세트는 데이터 세트들(예컨대, 트레이닝 세트, 검증 세트, 및 테스트 세트) 각각에 대응하는 (예컨대, 센서들의 제1 세트로부터의) 센서 데이터의 제1 세트일 수 있고, 특징들의 제2 세트는 데이터 세트들 각각에 대응하는 (예컨대, 센서들의 제1 세트와 상이한 센서들의 제2 세트로부터의) 센서 데이터의 타입들의 제2 세트일 수 있다.

[0037] [0044] 서버 머신(180)은 트레이닝 엔진(182), 검증 엔진(184), 선택 엔진, 및/또는 테스트 엔진(186)을 포함한다. 엔진(예컨대, 트레이닝 엔진(182), 검증 엔진(184), 선택 엔진(185), 및 테스트 엔진(186))은 하드웨어(예컨대, 회로부, 전용 로직, 프로그래밍가능 로직, 마이크로코드, 프로세싱 디바이스 등), 소프트웨어(이를테면, 프로세싱 디바이스, 범용 컴퓨터 시스템, 또는 전용 머신 상에서 실행되는 명령들), 펌웨어, 마이크로코드, 또는 이들의 조합을 지칭할 수 있다. 트레이닝 엔진(182)은 데이터 세트 생성기(172)로부터의 트레이닝 세트와 연관된 특징들의 하나 이상의 세트들을 사용하여 머신 러닝 모델(190)을 트레이닝시키는 것이 가능할 수 있다. 트레이닝 엔진(182)은 다수의 트레이닝된 머신 러닝 모델들(190)을 생성할 수 있으며, 여기서 각각의 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)은 트레이닝 세트의 특징들(예컨대, 센서들의 별개의 세트로부터의 센서 데이터)의 별개의 세트에 대응한다. 예컨대, 제1 트레이닝된 머신 러닝 모델은 모든 특징들(예컨대, X1 내지 X5)을 사용하여 트레이닝되었을 수 있고, 제2 트레이닝된 머신 러닝 모델은 특징들의 제1 서브세트(예컨대, X1, X2, X4)를 사용하여 트레이닝되었을 수 있으며, 제3 트레이닝된 머신 러닝 모델은 특징들의 제1 서브세트와 부분적으로 중첩될 수 있는 특징들의 제2 서브세트(예컨대, X1, X3, X4, 및 X5)를 사용하여 트레이닝되었을 수 있다.

[0038] [0045] 검증 엔진(184)은 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)을, 데이터 세트 생성기(172)로부터의 검증 세트의 특징들의 대응하는 세트를 사용하여 검증하는 것이 가능할 수 있다. 예컨대, 트레이닝 세트의 특징들의 제1 세트를 사용하여 트레이닝되었던 제1 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)은 검증 세트의 특징들의 제1 세트를 사용하여 검증될 수 있다. 검증 엔진(184)은 트레이닝된 머신 러닝 모델들(190) 각각의 정확도를, 검증 세트의 특징들의 대응하는 세트들에 기반하여 결정할 수 있다. 검증 엔진(184)은 임계 정확도를 충족시키지 않는 정확도를 갖는 트레이닝된 머신 러닝 모델들(190)을 폐기할 수 있다. 일부 실시예들에서, 선택 엔진(185)은 임계 정확도를 충족시키는 정확도를 갖는 하나 이상의 트레이닝된 머신 러닝 모델들(190)을 선택하는 것이 가능할 수 있다. 일부 실시예들에서, 선택 엔진(185)은 트레이닝된 머신 러닝 모델들(190)의 가장 높은 정확도를 갖는 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)을 선택하는 것이 가능할 수 있다.

[0039] [0046] 테스트 엔진(186)은 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)을, 데이터 세트 생성기(172)로부터의 테스트 세트의 특징들의 대응하는 세트를 사용하여 테스트하는 것이 가능할 수 있다. 예컨대, 트레이닝 세트의 특징들의 제1 세트를 사용하여 트레이닝되었던 제1 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)은 테스트 세트의 특징들의 제1 세트를 사용하여 테스트될 수 있다. 테스트 엔진(186)은 테스트 세트들에 기반하여, 모든 트레이닝된 머신 러닝 모델들 중 가장 높은 정확도를 갖는 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)을 결정할 수 있다.

[0040] [0047] 머신 러닝 모델(190)은, 데이터 입력들 및 대응하는 타겟 출력들(개개의 트레이닝 입력들에 대한 정확한 대답들)을 포함하는 트레이닝 세트를 사용하여 트레이닝 엔진(182)에 의해 생성된 모델 아티팩트를 지칭할 수 있다. 데이터 입력을 타겟 출력(정확한 대답)에 맵핑하는 데이터 세트들 내의 패턴들이 발견될 수 있으며, 머신 러닝 모델(190)에는 이들 패턴들을 캡처하는 맵핑들이 제공된다. 머신 러닝 모델(190)은 선형 회귀, 랜덤 포레스트(random forest), 뉴럴 네트워크(예컨대, 인공 뉴럴 네트워크) 등 중 하나 이상을 사용할 수 있다.

[0041] [0048] 예측 컴포넌트(114)는 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)에 현재 센서 데이터(162)를 제공할 수 있고, 하나 이상의 출력들을 획득하기 위해 입력에 대해, 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)을 실행할 수 있다. 예측 컴포넌트(114)는 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)의 출력으로부터 예측 데이터(164)를 결정(예컨대, 추출)하는 것이 가능할 수 있으며, 예측 데이터(164)가 현재 센서 값들에서 제조 장비(124)를 사용하여 생성되거나 생성된 제품들에 대응하는 신뢰도 레벨을 표시하는 출력으로부터 신뢰도 데이터를 결정(예컨대, 추출)할 수 있다. 예측 컴포넌트(114) 또는 정정 액션 컴포넌트(108)는 예측 데이터(164)에 기반하여 제조 장비(124)와 연관된 정정 액션을 야기할지 여부를 결정하기 위해 신뢰도 데이터를 사용할 수 있다.

[0042] [0049] 신뢰도 데이터는, 예측 데이터(164)가 현재 센서 데이터(162)와 연관된 제품들의 속성 데이터에 대응하는 신뢰도 레벨을 포함하거나 표시할 수 있다. 일 예에서, 신뢰도 레벨은 0과 1 사이(경계 포함(inclusive))의

실수이며, 여기서 0은 예측 데이터(164)가 현재 센서 데이터(162)와 연관된 제품들의 속성 데이터에 대응하는 신뢰도가 없다는 것을 표시하고, 1은 예측 데이터(164)가 현재 센서 데이터(162)와 연관된 제품들의 속성 데이터에 대응하는 절대적 신뢰도를 표시한다. 일부 실시예들에서, 시스템(100)은 예측 데이터를 결정하기 위해 예측 장비(134)를 사용하는 대신에 예측 데이터(164)를 결정하기 위해 예측 시스템(110)을 사용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 신뢰도 데이터가 임계 레벨 미만인 신뢰도 레벨을 표시하는 것에 대한 응답으로, 시스템(100)은 예측 장비(134)가 예측 데이터를 생성하게 할 수 있다. 신뢰도 데이터가 인스턴스들의 미리 결정된 수(예컨대, 인스턴스들의 퍼센티지, 인스턴스들의 빈도, 인스턴스들의 총 수 등)에 대한 임계 레벨 미만의 신뢰도 레벨을 표시하는 것에 대한 응답으로, 예측 컴포넌트(114)는 (예컨대, 현재 센서 데이터(162) 및 현재 센서 데이터(162)에 대응하는 예측 데이터 등에 기반하여) 트레이닝된 머신 러닝 모델(190)이 리트레이닝되게 할 수 있다.

[0043] [0050] 제한보다는 예시의 목적을 위해, 본 개시내용의 양상들은, 예측 데이터(164)를 결정하기 위해, 집계된 센서-계측 데이터(158)를 사용하고 현재 센서 데이터(162)를 트레이닝된 머신 러닝 모델에 입력하는 머신 러닝 모델의 트레이닝을 설명한다. 다른 구현들에서, (예컨대, 트레이닝된 머신 러닝 모델을 사용하지 않으면서) 예측 데이터(164)를 결정하기 위해 휴리스틱 모델 또는 규칙-기반 모델이 사용된다. 예측 컴포넌트(114)는 집계된 센서-계측 데이터(158)를 모니터링할 수 있다. 도 2의 데이터 입력들(210)에 관해 설명된 정보 중 임의의 것은 휴리스틱 또는 규칙-기반 모델에서 모니터링되거나 그렇지 않으면 사용될 수 있다.

[0044] [0051] 일부 실시예들에서, 데이터 통합 서버(102), 클라이언트 디바이스(106), 예측 서버(112), 센서 서버(122), 계측 서버(132), 서버 머신(170), 및 서버 머신(180)의 기능들은 더 적은 수의 머신들에 의해 제공될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 서버 머신들(170 및 180)은 단일 머신으로 통합될 수 있는 반면, 일부 다른 실시예들에서, 서버 머신(170), 서버 머신(180), 및 예측 서버(112)는 단일 머신으로 통합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 센서 서버(122), 계측 서버(132), 및 데이터 통합 서버(102)는 단일 머신으로 통합될 수 있다.

[0045] [0052] 일반적으로, 데이터 통합 서버(102), 클라이언트 디바이스(106), 예측 서버(112), 센서 서버(122), 계측 서버(132), 서버 머신(170), 및 서버 머신(180)에 의해 수행되는 것으로 일 실시예에서 설명된 기능들은 또한, 적절하다면 다른 실시예들에서 예측 서버(112) 상에서 수행될 수 있다. 부가적으로, 특정한 컴포넌트에 속하는 기능성은 함께 동작하는 상이한 또는 다수의 컴포넌트들에 의해 수행될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 예측 서버(112)는 예측 데이터에 기반하여 정정 액션을 결정할 수 있다. 다른 예에서, 클라이언트 디바이스(106)는 트레이닝된 머신 러닝 모델로부터의 출력에 기반하여 예측 데이터(164)를 결정할 수 있다.

[0046] [0053] 부가적으로, 특정한 컴포넌트의 기능들은 함께 동작하는 상이한 또는 다수의 컴포넌트들에 의해 수행될 수 있다. 예측 서버(112), 서버 머신(170), 또는 서버 머신(180) 중 하나 이상은 적절한 API(application programming interface)를 통해 다른 시스템들 또는 디바이스들에 제공되는 서비스로서 액세스될 수 있다.

[0047] [0054] 실시예들에서, "사용자"는 단일 개인으로서 표현될 수 있다. 그러나, 본 개시내용의 다른 실시예들은, "사용자"가 복수의 사용자들 및/또는 자동화된 소스에 의해 제어되는 엔티티인 것을 포함한다. 예컨대, 관리자 그룹으로서 연합된 개별 사용자들의 세트가 "사용자"로 고려될 수 있다.

[0048] [0055] 본 개시내용의 실시예들이 제조 설비들(예컨대, 반도체 제조 설비들)에서 정정 액션을 수행하기 위해, 집계된 센서-계측 데이터(158)를 생성하는 관점들에서 논의되지만, 실시예들은 또한 일반적으로, 액션을 수행하기 위해 집계 타입들의 데이터에 적용될 수 있다. 실시예들은 일반적으로 상이한 타입들의 데이터를 통합하는 것에 적용될 수 있다. 예컨대, 센서 데이터는 컴포넌트들의 수명 종료를 예측하기 위해 대응하는 컴포넌트 고장 데이터와 함께 집계될 수 있다. 다른 예에서, 이미지들은 이미지들의 이미지 분류를 예측하기 위해 대응하는 이미지 분류와 함께 집계될 수 있다.

[0049] [0056] 도 2는 특정한 실시예들에 따른, 집계된 센서-계측 데이터(258)(예컨대, 도 1의 집계된 센서-계측 데이터(158))를 사용하여 머신 러닝 모델(예컨대, 도 1의 모델(190))에 대한 데이터 세트들을 생성하기 위한 예시적인 데이터 세트 생성기(272)(예컨대, 도 1의 데이터 세트 생성기(172))이다. 도 2의 시스템(200)은 데이터 세트 생성기(272), 데이터 입력들(210), 및 타겟 출력(220)을 도시한다.

[0050] [0057] 일부 실시예들에서, 데이터 세트 생성기(272)는 하나 이상의 데이터 입력들(210)(예컨대, 트레이닝 입력, 검증 입력, 테스트 입력) 및 데이터 입력들(210)에 대응하는 하나 이상의 타겟 출력들(220)을 포함하는 데이터 세트(예컨대, 트레이닝 세트, 검증 세트, 테스트 세트)를 생성한다. 데이터 세트는 또한, 데이터 입력들(210)을 타겟 출력들(220)에 맵핑하는 맵핑 데이터를 포함할 수 있다. 데이터 입력들(210)은 또한 "특징들", "속성들", 또는 "정보"로 지칭될 수 있다. 일부 실시예들에서, 데이터 세트 생성기(272)는 트레이닝 엔진

(182), 검증 엔진(184), 또는 테스트 엔진(186)에 데이터 세트를 제공할 수 있으며, 여기서 데이터 세트는 머신 러닝 모델(190)을 트레이닝시키거나, 검증하거나, 또는 테스트하는 데 사용된다. 트레이닝 세트를 생성하는 일부 실시예들은 도 5에 관해 추가로 설명될 수 있다.

- [0051] [0058] 일부 실시예들에서, 데이터 세트 생성기(272)는 집계된 센서-계측 데이터(258)를 수신하고, 집계된 센서-계측 데이터(258)에 기반하여 데이터 입력(210)(예컨대, 센서 데이터(242)) 및 타겟 출력(220)(예컨대, 계측 데이터(250))을 생성한다. 데이터 세트 생성기(272)는 집계된 센서-계측 데이터(258)에 기반하여 센서 데이터(242)의 각각의 세트로부터 계측 데이터(250)의 각각의 세트로의 맵핑을 결정할 수 있다. 예컨대, 집계된 센서-계측 데이터(258)의 세트들 각각에 대해, 데이터 세트 생성기(272)는 데이터 구조(예컨대, 테이블 포맷)로, 집계된 센서-계측 데이터(258)의 대응하는 세트를 수신하고, 데이터 입력(210)에서 사용하기 위해 데이터 구조로부터 센서 데이터(242)의 대응하는 세트를 추출하고, 타겟 출력(220)에서 사용하기 위해 데이터 구조로부터 계측 데이터(250)의 대응하는 세트를 추출하며, (예컨대, 동일한 데이터 구조로부터) 대응하는 계측 데이터(250)에 대한 대응하는 센서 데이터(242)의 맵핑을 유지한다.
- [0052] [0059] 일부 실시예들에서, 데이터 입력들(210)은 센서 데이터(242)(예컨대, 도 1의 센서 데이터(142))에 대한 특징들의 하나 이상의 세트들(212A)을 포함할 수 있다. 센서 데이터(242)의 각각의 인스턴스는 하나 이상의 타입들의 센서들로부터의 센서 데이터를 포함할 수 있다. 타겟 출력(220)은 계측 데이터(250)(예컨대, 도 1의 계측 데이터(150))를 포함할 수 있다.
- [0053] [0060] 일부 실시예들에서, 데이터 세트 생성기(272)는 제1 머신 러닝 모델을 트레이닝시키거나, 검증하거나, 또는 테스트하기 위해 특징들의 제1 세트(212A)에 대응하는 제1 데이터 입력을 생성할 수 있고, 데이터 세트 생성기(272)는 제2 머신 러닝 모델을 트레이닝시키거나, 검증하거나, 또는 테스트하기 위해 특징들의 제2 세트(212B)에 대응하는 제2 데이터 입력을 생성할 수 있다.
- [0054] [0061] 일부 실시예들에서, 데이터 세트 생성기(272)는 (예컨대, 회귀 문제들에 대한 분류 알고리즘들에서 사용하기 위해) 데이터 입력(210) 또는 타겟 출력(220) 중 하나 이상을 이산화시킬 수 있다. 데이터 입력(210) 또는 타겟 출력(220)의 이산화는 변수들의 연속 값들을 이산 값들로 변환할 수 있다. 일부 실시예들에서, 데이터 입력(210)에 대한 이산 값들은 타겟 출력(220)(예컨대, 이산 속성 데이터)을 획득하기 위한 이산 제조 파라미터들을 표시한다.
- [0055] [0062] 머신 러닝 모델을 트레이닝시키거나, 검증하거나, 또는 테스트하기 위한 데이터 입력들(210) 및 타겟 출력들(220)은 특정한 설비에 대한(예컨대, 특정한 반도체 제조 설비에 대한) 정보를 포함할 수 있다. 예컨대, 센서 데이터(242) 및 계측 데이터(250)는 동일한 제조 설비에 대한 것일 수 있다.
- [0056] [0063] 일부 실시예들에서, 머신 러닝 모델을 트레이닝시키는 데 사용되는 정보는, 특정 특성들을 갖는 제조 설비의 특정 타입들의 제조 장비(124)로부터의 것일 수 있으며, 트레이닝된 머신 러닝 모델이 특정 그룹의 특성들을 공유하는 하나 이상의 컴포넌트들과 연관된 현재 센서 데이터(162)에 대한 입력에 기반하여 제조 장비(124)의 특정 그룹에 대한 결과들을 결정하게 허용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 머신 러닝 모델을 트레이닝시키는 데 사용되는 정보는 2개 이상의 제조 설비들로부터의 컴포넌트들에 대한 것일 수 있으며, 트레이닝된 머신 러닝 모델이 하나의 제조 설비로부터의 입력에 기반하여 컴포넌트들에 대한 결과들을 결정하게 허용할 수 있다.
- [0057] [0064] 일부 실시예들에서, 데이터 세트를 생성하고, 데이터 세트를 사용하여 머신 러닝 모델(190)을 트레이닝시키거나, 검증하거나, 또는 테스트한 것에 후속하여, 머신 러닝 모델(190)은 추가로 트레이닝, 검증, 또는 테스트될 수 있고(예컨대, 도 1의 현재 센서 데이터(162) 및 현재 계측 데이터) 또는 조정될 수 있다(예컨대, 머신 러닝 모델(190)의 입력 데이터와 연관된 가중치들, 이를테면 뉴럴 네트워크에서의 연결 가중치들을 조정함).
- [0058] [0065] 도 3은 특정한 실시예들에 따른, 예측 데이터(364)(예컨대, 도 1의 예측 데이터(164))를 생성하기 위한 시스템(300)을 예시하는 블록 다이어그램이다. 시스템(300)은 집계된 센서-계측 데이터(358)(예컨대, 도 1의 집계된 센서-계측 데이터(158))에 기반하여 제조 장비(124)와 연관된 정정 액션을 결정하는 데 사용될 수 있다.
- [0059] [0066] 블록(310)에서, 시스템(300)(예컨대, 도 1의 예측 시스템(110))은 트레이닝 세트(302), 검증 세트(304), 및 테스트 세트(306)를 생성하기 위해 집계된 센서-계측 데이터(358)(예컨대, 도 1의 집계된 센서-계측 데이터(158))의 (예컨대, 도 1의 서버 머신(170)의 데이터 세트 생성기(172)를 통한) 데이터 분할을 수행한다. 예컨대, 트레이닝 세트는 집계된 센서-계측 데이터(358)의 60%일 수 있고, 검증 세트는 집계된 센서-계측 데이터(358)의 20%일 수 있으며, 테스트 세트는 집계된 센서-계측 데이터(358)의 20%일 수 있다. 시스템(300)은 트레이닝 세트, 검증 세트, 및 테스트 세트 각각에 대한 특징들의 복수의 세트들을 생성할 수 있다. 예컨대, 집계

된 센서-계측 데이터(358)가 20개의 센서들(예컨대, 도 1의 센서들(126)) 및 100개의 제품들(예컨대, 20개의 센서들로부터의 센서 데이터에 각각 대응하는 웨이퍼들)로부터의 센서 데이터를 갖는다면, 특징들의 제1 세트는 센서들 1 내지 10일 수 있고, 특징들의 제2 세트는 센서들 11 내지 20일 수 있고, 트레이닝 세트는 제품들 1 내지 60일 수 있고, 검증 세트는 제품들 61 내지 80일 수 있으며, 테스트 세트는 제품들 81 내지 100일 수 있다. 이러한 예에서, 트레이닝 세트의 특징들의 제1 세트는 제품들 1 내지 60에 대한 센서들 1 내지 10으로부터의 센서 데이터일 것이다.

[0067] 블록(312)에서, 시스템(300)은 트레이닝 세트(302)를 사용하여 (예컨대, 도 1의 트레이닝 엔진(182)을 통해) 모델 트레이닝을 수행한다. 시스템(300)은 트레이닝 세트(302)의 특징들의 다수의 세트들(예컨대, 트레이닝 세트(302)의 특징들의 제1 세트, 트레이닝 세트(302)의 특징들의 제2 세트 등)를 사용하여 다수의 모델들을 트레이닝시킬 수 있다. 예컨대, 시스템(300)은, 트레이닝 세트 내의 특징들의 제1 세트(예컨대, 제품들 1 내지 60에 대한 센서들 1 내지 10으로부터의 센서 데이터)를 사용하여 제1 트레이닝된 머신 러닝 모델을 생성하고, 트레이닝 세트 내의 특징들의 제2 세트(예컨대, 제품들 1 내지 60에 대한 센서들 11 내지 20으로부터의 센서 데이터)를 사용하여 제2 트레이닝된 머신 러닝 모델을 생성하기 위해 머신 러닝 모델을 트레이닝시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 트레이닝된 머신 러닝 모델 및 제2 트레이닝된 머신 러닝 모델은 제3 트레이닝된 머신 러닝 모델(예컨대, 그 자체로 제1 또는 제2 트레이닝된 머신 러닝 모델보다 더 양호한 예측기일 수 있음)을 생성하기 위해 결합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 모델들을 비교할 시에 사용되는 특징들의 세트들은 중첩될 수 있다(예컨대, 특징들의 제1 세트는 센서들 1 내지 15로부터의 센서 데이터이고, 특징들의 제2 세트는 센서들 5 내지 20로부터의 센서 데이터이다). 일부 실시예들에서, 특징들의 다양한 치환들 및 모델들의 조합들을 갖는 모델들을 포함하는 수백 개의 모델들이 생성될 수 있다.

[0068] 블록(314)에서, 시스템(300)은 검증 세트(304)를 사용하여 (예컨대, 도 1의 검증 엔진(184)을 통해) 모델 검증을 수행한다. 시스템(300)은 검증 세트(304)의 특징들의 대응하는 세트를 사용하여, 트레이닝된 모델들 각각을 검증할 수 있다. 예컨대, 시스템(300)은, 검증 세트 내의 특징들의 제1 세트(예컨대, 제품들 61 내지 80에 대한 센서들 1 내지 10으로부터의 센서 데이터)를 사용하여 제1 트레이닝된 머신 러닝 모델을 검증하고, 검증 세트 내의 특징들의 제2 세트(예컨대, 제품들 61 내지 80에 대한 센서들 11 내지 20으로부터의 센서 데이터)를 사용하여 제2 트레이닝된 머신 러닝 모델을 검증할 수 있다. 일부 실시예들에서, 시스템(300)은 블록(312)에서 생성된 수백 개의 모델들(예컨대, 특징들의 다양한 치환들, 모델들의 조합들 등을 갖는 모델들)을 검증할 수 있다. 블록(314)에서, 시스템(300)은 하나 이상의 트레이닝된 모델들 각각의 정확도를 (예컨대, 모델 검증을 통해) 결정할 수 있으며, 트레이닝된 모델들 중 하나 이상이 임계 정확도를 충족시키는 정확도를 갖는지 여부를 결정할 수 있다. 트레이닝된 모델들 중 어느 것도 임계 정확도를 충족시키는 정확도를 갖지 않는다고 결정하는 것에 대한 응답으로, 흐름은 블록(312)으로 복귀하며, 여기서 시스템(300)은 트레이닝 세트의 특징들의 상이한 세트들을 사용하여 모델 트레이닝을 수행한다. 트레이닝된 모델들 중 하나 이상이 임계 정확도를 충족시키는 정확도를 갖는다고 결정하는 것에 대한 응답으로, 흐름은 블록(316)으로 계속된다. 시스템(300)은 (예컨대, 검증 세트에 기반하여) 임계 정확도 미만인 정확도를 갖는 트레이닝된 머신 러닝 모델들을 폐기할 수 있다.

[0069] 블록(316)에서, 시스템(300)은, 임계 정확도를 충족시키는 하나 이상의 트레이닝된 모델들 중 어느 것이 가장 높은 정확도를 갖는지를 결정하기 위해 모델 선택을 (예컨대, 도 1의 선택 엔진(185)을 통해) 수행한다(예컨대, 블록(314)의 검증에 기반하여, 선택된 모델(308)). 임계 정확도를 충족시키는 트레이닝된 모델들 중 2개 이상이 동일한 정확도를 갖는다고 결정하는 것에 대한 응답으로, 흐름은 블록(312)으로 복귀할 수 있으며, 여기서 시스템(300)은, 가장 높은 정확도를 갖는 트레이닝된 모델을 결정하기 위해 특징들의 추가적인 개량된 세트들에 대응하는 추가적인 개량된 트레이닝 세트들을 사용하여 모델 트레이닝을 수행한다.

[0070] 블록(318)에서, 시스템(300)은 선택된 모델(308)을 테스트하기 위해 테스트 세트(306)를 사용하여 (예컨대, 도 1의 테스트 엔진(186)을 통해) 모델 테스트를 수행한다. 시스템(300)은 (예컨대, 테스트 세트(306)의 특징들의 제1 세트에 기반하여) 제1 트레이닝된 머신 러닝 모델이 임계 정확도를 충족시킨다고 결정하기 위해 테스트 세트 내의 특징들의 제1 세트(예컨대, 제품들 81 내지 100에 대한 센서들 1 내지 10으로부터의 센서 데이터)를 사용하여 제1 트레이닝된 머신 러닝 모델을 테스트할 수 있다. 선택된 모델(308)의 정확도가 임계 정확도를 충족시키지 않는 것에 대한 응답으로(예컨대, 선택된 모델(308)은 트레이닝 세트(302) 및/또는 검증 세트(304)에 과적합(overly fit)되고, 테스트 세트(306)와 같은 다른 데이터 세트들에 적용가능하지 않음), 흐름은 블록(312)으로 계속되며, 여기서 시스템(300)은 특징들의 상이한 세트들(예컨대, 상이한 센서들로부터의 센서 데이터)에 대응하는 상이한 트레이닝 세트들을 사용하여 모델 트레이닝(예컨대, 리트레이닝)을 수행한다.

테스팅 세트(306)에 기반하여, 선택된 모델(308)이 임계 정확도를 충족시키는 정확도를 갖는다고 결정하는 것에 대한 응답으로, 흐름은 블록(320)으로 계속된다. 적어도 블록(312)에서, 모델은 예측들을 행하기 위해, 집계된 센서-계측 데이터(358)의 패턴들을 학습할 수 있고, 블록(318)에서, 시스템(300)은 예측들을 테스팅하기 위해 나머지 데이터(예컨대, 테스팅 세트(306))에 대해 모델을 적용할 수 있다.

- [0064] [0071] 블록(320)에서, 시스템(300)은 트레이닝된 모델(예컨대, 선택된 모델(308))을 사용하여 현재 센서 데이터(362)(예컨대, 도 1의 현재 센서 데이터(162))를 수신하고, 트레이닝된 모델의 출력으로부터 예측 데이터(364)(예컨대, 도 1의 예측 데이터(164))를 결정(예컨대, 추출)하여 제조 장비(124)와 연관된 정정 액션들을 수행한다.
- [0065] [0072] 일부 실시예들에서, 현재 계측 데이터(예컨대, 현재 센서 데이터(362)에 대응함)는 계측 서버(예컨대, 계측 장비)로부터 수신되고, 모델(308)은 현재 센서 데이터(362) 및 현재 계측 데이터에 기반하여 리트레이닝된다.
- [0066] [0073] 일부 실시예들에서, 동작들(310 내지 322) 중 하나 이상은 다양한 순서들로 그리고/또는 본 명세서에서 제시 및 설명되지 않은 다른 동작들과 함께 발생할 수 있다. 일부 실시예들에서, 동작들(310 내지 320) 중 하나 이상은 수행되지 않을 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 블록(310)의 데이터 분할, 블록(314)의 모델 검증, 블록(316)의 모델 선택, 또는 블록(318)의 모델 테스팅 중 하나 이상이 수행되지 않을 수 있다.
- [0067] [0074] 도 4a는 특정한 실시예들에 따른, 센서 계측 데이터 통합을 위한 방법(400A)의 흐름도이다. 방법(400A)은 하드웨어(예컨대, 회로부, 전용 로직, 프로그래밍가능 로직, 마이크로코드, 프로세싱 디바이스 등), 소프트웨어(이들테면, 프로세싱 디바이스, 범용 컴퓨터 시스템, 또는 전용 머신 상에서 실행되는 명령들), 펌웨어, 마이크로코드, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있는 프로세싱 로직에 의해 수행될 수 있다. 일 실시예에서, 방법(400A)은 부분적으로 데이터 통합 서버(102)(예컨대, 데이터 통합 컴포넌트(104))에 의해 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서, 비-일시적인 저장 매체는 (예컨대, 데이터 통합 서버(102)의) 프로세싱 디바이스에 의해 실행될 때, 프로세싱 디바이스로 하여금 방법(400A)을 수행하게 하는 명령들을 저장한다.
- [0068] [0075] 설명의 간략화를 위해, 방법(400A)이 일련의 동작들로서 도시 및 설명된다. 그러나, 본 개시내용에 따른 동작들은 다양한 순서들로 그리고/또는 동시에 그리고 본 명세서에서 제시 및 설명되지 않은 다른 동작들과 함께 발생할 수 있다. 더욱이, 개시된 청구 대상에 따라 방법(400A)을 구현하기 위해, 예시된 모든 동작들이 수행되지는 않을 수 있다. 부가적으로, 당업자들은, 방법(400A)이 상태 다이어그램 또는 이벤트들을 통해 일련의 상호관련된 상태들로서 대안적으로 표현될 수 있다는 것을 이해 및 인식할 것이다.
- [0069] [0076] 도 4a를 참조하면, 블록(402)에서, 프로세싱 로직은 (예컨대, 센서 서버(122)로부터, 데이터 저장소(140)로부터) 센서 데이터(142)를 수신한다. 센서 데이터(142)는 센서 데이터의 다수의 세트들을 포함할 수 있으며, 여기서 센서 데이터의 각각의 세트는 센서 값들(144) 및 센서 데이터 식별자들(146)(예컨대, LOT\_ID)을 포함한다. 각각의 센서 데이터 식별자(146)는 센서 캐리어 식별자(예컨대, FOUN ID) 및 타임스탬프(예컨대, 제조 장비(124)에 의해 제품이 프로세싱된 때에 대응하는 실행 날짜, 실행 시간 등)를 포함할 수 있다. 센서 데이터(예컨대, 센서 데이터 식별자(146))의 각각의 세트는 대응하는 제품 식별자(148)를 포함할 수 있다.
- [0070] [0077] 일부 실시예들에서, 센서 데이터(142)의 각각의 세트에 대해, 센서 서버(122)는 센서들(126)로부터 (예컨대, 제품들을 생성하기 위한 제조 장비(124)의 제조 프로세스들과 연관된) 센서 값들(144)을 수신할 수 있고, 제품의 제품 캐리어(예컨대, FOUN)와 연관된 센서 식별자 판독기(128)(예컨대, FOUN RFID 판독기)로부터 센서 캐리어 식별자(예컨대, FOUN ID)를 수신할 수 있다. 센서 데이터의 각각의 세트에 대해, 센서 서버(122)는 (예컨대, 센서 캐리어 식별자의 적어도 일부와 타임스탬프의 적어도 일부를 연결함으로써) 센서 캐리어 식별자 및 타임스탬프에 기반하여 센서 데이터 식별자(146)(예컨대, LOT\_ID)를 생성할 수 있다. 예컨대, FOUN ID(3044)의 센서 캐리어 식별자 및 2018년 11월 14일의 타임스탬프의 경우, 센서 서버(122)는 F3044\_111418의 센서 데이터 식별자(146)를 생성할 수 있다. 결합 문자는 소프트웨어 아키텍처에 대해 선택되거나 편리한 바와 같은 임의의 문자, 이들테면 "-", "+" 등일 수 있다.
- [0071] [0078] 센서 데이터 식별자들(146)은 필드 또는 속성으로서 센서 데이터(142)의 파일들에 추가될 수 있다. 일부 실시예들에서, 센서 서버(122)는 센서 데이터(142)의 파일들 상에 캐리어 식별자(예컨대, FOUN ID) 정보를 저장한다. 일부 실시예들에서, 센서 서버(122)는 FOUN ID + 날짜 스탬프 + 타임스탬프에 기반하여 고유한 센서 데이터 식별자(146)(예컨대, Lot ID)를 자동-생성한다.
- [0072] [0079] 블록(404)에서, 프로세싱 로직은 (예컨대, 계측 서버(132)로부터, 데이터 저장소(140)로부터) 계측 데이

터(150)를 수신한다. 계측 데이터(150)는 계측 데이터의 다수의 세트들을 포함할 수 있으며, 여기서 계측 데이터의 각각의 세트는 계측 값들(152) 및 계측 데이터 식별자들(154)을 포함한다. 각각의 계측 데이터 식별자(154)는 계측 캐리어 식별자(예컨대, FOUF ID) 및 타임스탬프(예컨대, 계측이 측정된 때에 대응하는 날짜, 시간 등)를 포함할 수 있다. 계측 데이터(예컨대, 계측 데이터 식별자(154))의 각각의 세트는 대응하는 제품 식별자(156)를 포함할 수 있다.

[0073] [0080] 일부 실시예들에서, 계측 데이터(150)의 각각의 세트에 대해, 계측 서버(132)는 계측 장비(134)로부터(예컨대, 제조 장비(124)의 제조 프로세스들에 의해 생성된 제품들과 연관된) 계측 값들(152)을 수신할 수 있고, 제품의 제품 캐리어(예컨대, FOUF)와 연관된 계측 식별자 판독기(136)(예컨대, FOUF RFID 판독기)로부터 계측 캐리어 식별자(예컨대, FOUF ID)를 수신할 수 있다. 계측 데이터의 각각의 세트에 대해, 계측 서버(132)는 계측 캐리어 식별자 및 타임스탬프에 기반하여 계측 데이터 식별자(154)를 생성할 수 있다. 예컨대, F3044의 계측 캐리어 식별자(예컨대, 대응하는 센서 데이터(142)의 센서 캐리어 식별자와 매칭함) 및 2018년 11월 14일의 타임스탬프의 경우, 센서 서버(122)는 F3044\_111418의 계측 데이터 식별자(154)를 생성할 수 있다. 계측 데이터(150)는 계측 데이터 식별자(154)(예컨대, LOT\_ID) 및 부가적인 맥락 정보(예컨대, 제품 식별자(156) 등)를 갖는 계측 파일에 저장될 수 있다.

[0074] [0081] 일부 실시예들에서, 동일한 제품 캐리어(예컨대, FOUF)는 센서 시스템(120)(예컨대, 웨이퍼들을 프로세싱함) 및 계측 시스템(130)(예컨대, 웨이퍼들을 측정함)에서 동일한 제품과 연관될 수 있다. 동일한 제품에 대해, 센서 캐리어 식별자 및 계측 캐리어 식별자는 동일한 캐리어 식별자일 수 있다.

[0075] [0082] 일부 실시예들에서, 계측 서버(132)는, 계측 값들(152)이 사전-측정치(예컨대, 센서 값들(144)이 획득되는 제품들의 프로세싱 전에 제공된 계측 값들(152))에 대응하는지 또는 사후-측정치(예컨대, 센서 값들(144)이 획득되는 제품들의 프로세싱 이후 제공된 계측 값들(152))에 대응하는지를 결정할 수 있다. 계측 서버(132)는 계측 데이터 식별자들(154), 및 대응하는 계측 값들(152)이 사전-측정치인지 또는 사후-측정치인지의 표시를 포함할 수 있다. 예컨대, 사전-측정치들에 대응하는 계측 데이터(150)의 파일 이름은 "PRE"를 포함할 수 있고, "PRE"가 없는 파일 이름들은 사후-측정치로 고려될 수 있다.

[0076] [0083] 일부 실시예들에서, 제품들의 세트에 대응하는(예컨대, 동일한 센서 데이터 식별자(146) 및 제품 식별자들(148)에 대응하는) 센서 값들(144)은 제1 시점에 센서들(126)로부터 센서 서버(122)에 제공되고, 제품들의 동일한 세트에 대응하는(예컨대, 동일한 계측 데이터 식별자(154) 및 제품 식별자들(156)에 대응하는) 계측 값들(152)은 제2 시점에 제공된다. 일부 실시예들에서, 제1 시점 및 제2 시점은 동일한 날짜(예컨대, 동일한 날짜 스탬프)에 대응한다. 일부 실시예들에서, 제1 시점 및 제2 시점은(예컨대, 동일한 FOUF ID에 대해) 매칭하는 대응하는 캐리어 식별자들에 대한 가장 가까운 시점들이다. 일부 실시예들에서, 사전-측정치들인 계측 데이터(150)의 경우, 제2 시점은(예컨대, 동일한 FOUF ID에 대해) 매칭하는 대응하는 캐리어 식별자들에 대한 제1 시점 이전의 가장 이른 시점이다. 일부 실시예들에서, 사후-측정치들인 계측 데이터(150)의 경우, 제2 시점은(예컨대, 동일한 FOUF ID에 대해) 매칭하는 대응하는 캐리어 식별자들에 대한 제1 시점 이후의 가장 이른 시점이다.

[0077] [0084] 계측 데이터 식별자들(154)(예컨대, FOUF ID + 타임스탬프)은 계측 서버(132)에 의해 자동-생성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 계측 데이터 식별자들(154)은 사용자 입력에 의해 생성될 수 있다. 예컨대, 계측 서버(132)는 계측 데이터(150)의 세트에 액세스(예컨대, 뷰잉, 저장 등)하기 위한 요청(예컨대, 작업 지시)을 사용자(예컨대, 프로세스 엔지니어)로부터 수신할 수 있다. 계측 서버(132)는 사용자에게 의한 사용을 위해 계측 데이터(150)의 세트를 중앙화된 데이터베이스에 송신할 수 있다. 사용자는 요청된 계측 데이터(150)에 대한 생성된 파일이름의 일부로서 계측 데이터 식별자(154)(예컨대, FOUF ID + 타임스탬프, 시퀀스 ID)를 입력할 수 있다. 파일이름에 대한 수동으로-입력된 계측 데이터 식별자(154)는 또한, FOUF###\_DateStamp(예컨대, 다른 맥락 정보와 함께 파일이름 FOUF3044\_111418에서 후속 스트링을 갖는 2018년 11월 14일에 실행된 FOUF ID 3044)를 연결함으로써 생성될 수 있다. 일부 실시예들에서, (예컨대, 데이터 통합 컴포넌트(104)를 통한) 프로세싱 로직 또는 계측 서버(132)는(예컨대, 계측 식별자 판독기(136)가 계측 캐리어 식별자를 판독하지 않는 것에 대한 응답으로) 자동-생성된 계측 데이터 식별자(154) 대신에 또는 자동-생성된 계측 데이터 식별자(154)를 검증(예컨대, 스폿 체크(spot check))하기 위해, 수동으로-입력된 계측 데이터 식별자(154)를 사용할 수 있다.

[0078] [0085] 블록(406)에서, 프로세싱 로직은 센서-계측 매치들을 식별하기 위해 각각의 대응하는 센서 데이터 식별자(146)와 각각의 대응하는 계측 데이터 식별자(154) 사이의 공통 부분들(예컨대, 서브스트링들 FOUF3044\_111418)을 결정한다. 일부 실시예들에서, 프로세싱 로직은 센서 서버(122) 및 계측 서버(132)를 검색

하고, 센서 서버(122) 및 계측 서버(132) 상의 공통 부분들(예컨대, 서브스트링들 FOUF3044\_111418)을 매칭시킨다.

[0079] [0086] 각각의 공통 부분(예컨대, 서브스트링)은 매칭하는(예컨대, 동일한 FOUF ID인) 대응하는 센서 캐리어 식별자 및 대응하는 계측 캐리어 식별자를 포함할 수 있다. 각각의 공통 부분은, 캐리어 매치들에 가장 근접한(예컨대, 동일한 날이거나, 가장 가까운 시점들이거나 등) 대응하는 센서 타임스탬프(예컨대, 실행 날짜) 및 대응하는 계측 타임스탬프를 포함할 수 있다.

[0080] [0087] 일부 실시예들에서, 프로세싱 로직은, 센서 데이터(142)의 세트에 대응하는 계측 데이터의 사전-측정 세트(150) 및/또는 계측 데이터의 사후-측정 세트를 식별한다. 센서 데이터(142)의 세트에 대응하는 실행 날짜(예컨대, 센서 타임스탬프)에 대한 사전-측정 계측 데이터를 결정하기 위해, 프로세싱 로직은, 실행 날짜 이전의 미리 결정된 양의 시간에, 대응하는 타임스탬프들을 갖고(예컨대, 실행 날짜로부터 5일전, 실행 날짜 및 이전 5일에 대한 공통 부분들 등을 되돌아보고), 캐리어 식별자(예컨대, 동일한 FOUF ID)와 매칭되고, 제품 식별자(156)(예컨대, 동일한 슬롯 번호)와 매칭되며, 사전-측정치들인(예컨대, 파일이름들에서 "PRE"를 갖는) 계측 데이터(150)의 모든 세트들(예컨대, 모든 계측 장비(134)로부터의 계측 파일들)을 결정한다. 프로세싱 로직은 실행 날짜 이전에 가장 가까운 대응하는 타임스탬프를 갖는 계측 데이터(150)를 센서 데이터(142)에 링크될 사전-측정 계측 데이터로서 선택할 수 있다.

[0081] [0088] 실행 날짜에 대한 사후-측정 계측 데이터를 결정하기 위해, 프로세싱 로직은, 실행 날짜 이후의 미리 결정된 양의 시간에, 대응하는 타임스탬프들을 갖고(예컨대, 실행 날짜로부터 5일후, 실행 날짜 및 후속 5일에 대한 공통 부분들 등을 앞서 보고), 캐리어 식별자와 매칭되고, 제품 식별자(156)와 매칭되며, 사후-측정치들인(예컨대, 파일이름들에서 "PRE"를 갖지 않는) 계측 데이터(150)의 모든 세트들(예컨대, 모든 계측 장비(134)로부터의 계측 파일들)을 결정한다. 프로세싱 로직은 실행 날짜 이후에 가장 가까운 대응하는 타임스탬프를 갖는 계측 데이터(150)를 센서 데이터(142)에 링크될 사후-측정 계측 데이터로서 선택할 수 있다.

[0082] [0089] 프로세싱 로직은 센서 데이터(142)의 세트에 링크될 계측 데이터(150)의 하나 이상의 세트들(예컨대, 가장 가까운 사전-측정 계측 데이터 및 가장 가까운 사후-측정 계측 데이터)를 선택할 수 있다.

[0083] [0090] 일부 실시예들에서, 센서 데이터(142)는 실행(예컨대, 제조 프로세스)에 의해 저장된다. 센서 데이터(142)의 각각의 세트는 동일한 실행에 대응할 수 있다. 센서 데이터(142)는 대응하는 제조 장비(124)의 식별자(예컨대, 툴 ID), 대응하는 제조 프로세스의 식별자(예컨대, 실행 ID), 타임스탬프(예컨대, 제조 프로세스 시작 시간, 실행 시작 시간, 이를테면, 2018-11-14 5:00:00.000), 센서 데이터 식별자(예컨대, lot ID, 타임 스탬프와 결합된 캐리어 식별자, 이를테면, F3044\_111418), 및 제조 프로세스 식별자(예컨대, 레시피)를 포함할 수 있다. 센서 데이터(142)의 예시적인 데이터 구조(예컨대, 테이블)가 테이블 1에 도시된다.

[0084] [0091] 테이블 1

ToolID	RunID	RunStartTime	LotID	레시피
툴 A	실행 1	2018-11-14 5:00:00.000	F3044_111418	레시피 A
툴 A	실행 3	2018-11-14 5:10:00.000	F3044_111418	레시피 A
툴 B	실행 2	2018-11-14 5:00:00.000	F3044_111418	레시피 A
툴 B	실행 4	2018-11-14 5:10:00.000	F3044_111418	레시피 A
툴 B	실행 5	2018-11-14 5:20:00.000	F3044_111418	레시피 A

[0085]

[0086] [0092] 일부 실시예들에서, 계측 데이터(150)는, 파일 식별자(예컨대, 파일 ID), 파일 이름, 및 계측 프로세스(예컨대, 유전체 측정, 타원편광측정(ellipsometry) 등)를 포함하는 파일에 저장된다. 파일 이름은 캐리어 식별자(예컨대, F3044), 타임스탬프(예컨대, 111418) 또는 시간 범위(예컨대, 111418-11.15.18), 및 제품 식별자(156)(예컨대, "\_s1" 과 같은 슬롯 번호를 표시함)를 포함할 수 있다. 계측 데이터의 예시적인 데이터 구조(예컨대, 테이블)가 테이블 2에 도시된다.

[0087] [0093] 테이블 2

FileID	파일이름	계측법
파일 1	Data-F3044_111418-11.15.18-Data_s1.csv	타원편광측정법
파일 2	Data-F3044_111418-11.15.18-Data_s2.csv	타원편광측정법
파일 3	Data-F3044_111418-11.15.18-Data_s3.csv	타원편광측정법
파일 4	Data-F3044_111418-11.15.18-Data_s4.csv	타원편광측정법
파일 5	Data-F3044_111418-11.15.18-Data_s5.csv	타원편광측정법

[0088]

[0094] 프로세싱 로직은 센서 서버(122)로부터 센서 데이터(142)를 수신하고, 계측 서버(132)(예컨대, 공유 폴더들)로부터 계측 데이터(150)(예컨대, 계측 파일 데이터)를 수신할 수 있다. 프로세싱 로직은 센서 데이터(142)와 계측 데이터(150) 사이의 공통 속성들(예컨대, 캐리어 식별자, 타임스탬프, 부분들, 서브스트링들 등)을 식별할 수 있다. 슬롯 무결성(예컨대, 제조 프로세스들 및 계측 프로세스들에서 동일한 순서의 제품들) 때문에, 프로세싱 로직은 센서 데이터(142)의 순서에 의해 계측 데이터(150)의 제품 식별자들(156)에 대응하는 센서 데이터(142)를 식별할 수 있을 수 있다(예컨대, 센서 데이터(142)의 제1 타임스탬프는 제1 제품 식별자(156)에 대응함). 프로세싱 로직은 파일 식별자들, 제조 장비의 식별자들, 및 제조 프로세스 식별자들을 연관시킴으로써 계측 데이터(150)(예컨대, 계측 파일)와 센서 데이터(142)(예컨대, 실행 데이터) 사이의 링크를 제공할 수 있다. 프로세싱 로직은 링크 정보를 디스플레이 하기 위한 GUI를 제공할 수 있다. 센서 데이터(142)와 계측 데이터(150) 사이의 링크의 예시적인 데이터 구조(예컨대, 테이블)가 테이블 3에 도시된다.

[0090] [0095] 테이블 3

FileID	ToolID	RunID
파일 2	툴 A	실행 1
파일 4	툴 A	실행 3
파일 1	툴 B	실행 2
파일 3	툴 B	실행 4
파일 5	툴 B	실행 5

[0091]

[0096] 테이블 3은, 슬롯 2의 제품이 툴 A에 의해 5시 00분에 프로세싱되었고, 슬롯 4의 제품이 툴 A에 의해 5시 10분에 프로세싱되었고, 슬롯 1의 제품이 툴 B에 의해 5시 00분에 프로세싱되었고, 슬롯 3의 제품이 툴 B에 의해 5시 10분에 프로세싱되었으며, 슬롯 5의 제품이 툴 B에 의해 5시 20분에 프로세싱되었다는 것을 보여준다. 프로세싱 로직은 센서 데이터(142), 계측 데이터(150), 및 공통 속성들(예컨대, 테이블 3의 링크 속성들과 유사하거나 상이함)의 표시를 포함하는 집계된 센서-계측 데이터(158)를 생성할 수 있다.

[0097] 블록(408)에서, 센서-계측 매치들 각각에 대해, 프로세싱 로직은 집계된 센서-계측 데이터(158)의 대응하는 세트(예컨대, 집계된 센서-계측 데이터 구조 또는 데이터 테이블)를 생성한다. 집계된 센서-계측 데이터(158)의 각각의 세트는 대응하는 센서 데이터 식별자(146)에 대응하는 센서 데이터의 개개의 세트 및 대응하는 계측 데이터 식별자(154)에 대응하는 계측 데이터의 개개의 세트(예컨대, 이들은 통합되거나, 집계되거나, 링크되는 등임)를 포함할 수 있다. 예컨대, 집계된 센서-계측 데이터 구조는 센서 값들(144)(예컨대, sensor\_1 내지 sensor\_N), 제품 식별자(148)(예컨대, wafer\_ID), 센서 캐리어 식별자(예컨대, FOUF\_ID), 센서 타임스탬프(예컨대, 날짜스탬프, 계측 값들(152)(예컨대, 두께, 굴절률(RI), 유전 상수(k) 등)), 제품 식별자(156)(예컨대, wafer\_ID), 계측 캐리어 식별자(예컨대, FOUF\_ID), 및 계측 타임스탬프(예컨대, 날짜스탬프)를 포함할 수 있으며, 여기서 제품 식별자(148)와 제품 식별자(156)가 매칭되고, 센서 캐리어 식별자와 계측 캐리어 식별자가 매칭되고, 센서 타임스탬프와 계측 타임스탬프가 매칭된다.

[0098] 프로세싱 로직은 공통 필드 또는 속성으로서 제품 식별자(156)(예컨대, Wafer\_ID)를 갖는 파일들을 결합시키거나 링크시킬 수 있다.

[0099] 블록(410)에서, 프로세싱 로직은 집계된 센서-계측 데이터(158)의 세트들을 (예컨대, 데이터 저장소(140)에, 데이터베이스 웨어하우스(warehouse)에, 기술 데이터 웨어하우스 등에) 저장한다. 집계된 센서-계측

데이터(158)의 세트들 각각은 대응하는 데이터 구조에(예컨대, 대응하는 테이블에, 대응하는 파일 등에) 저장될 수 있다.

- [0096] [0100] 일부 실시예들에서, 집계된 센서-계측 데이터(158)는, 최적의 제조 파라미터들(예컨대, 검색된 계측 데이터에 대응하는 센서 데이터) 또는 최적의 제품 속성 데이터(예컨대, 검색된 센서 데이터에 대응하는 계측 데이터)를 결정하기 위해 센서 데이터 또는 계측 데이터에 기반하여 검색될 데이터베이스에 저장된다.
- [0097] [0101] 일부 실시예들에서, 집계된 센서-계측 데이터(158)(예컨대, 라벨링된 데이터)는 트레이닝된 머신 러닝 모델을 생성하기 위해 머신 러닝 모델(190)(예컨대, 감독되는 머신 러닝)을 트레이닝시키도록 저장된다. 트레이닝된 머신 러닝 모델은 제조 장비(124)와 연관된 정정 액션을 수행하기 위한 하나 이상의 출력들(예컨대, 이를테면 현재 센서 데이터(162)의 입력에 기반하여 예측 데이터(164)를 생성하는 인공 지능(AI) 애플리케이션들)을 생성하는 것이 가능할 수 있다. 예측 데이터(164)는 계측 시스템(130)을 사용하지 않으면서 이상치(예컨대, 제품의 결함, 규격을 벗어난 제품 등)를 예측할 수 있다. 정정 액션은, GUI로 하역금 경고를 디스플레이하게 하는 것, 제조 장비의 동작을 중단시키는 것(예컨대, 제조 장비(124)를 중지시키는 것, 제조 장비(124)의 일부를 중지시키는 것, 제조 장비(124) 상에서 제조 프로세스를 수행하지 않는 것 등), 또는 제조 장비(124)의 제조 파라미터들에 대한 업데이트들을 야기하는 것 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0098] [0102] 일부 실시예들에서, 집계된 센서-계측 데이터(158)는 미래의 사용을 위해, 중앙화된 위치(예컨대, 데이터 저장소(140))에 카탈로그화된 데이터로서 저장된다. 종래에, 센서 값들 및 계측 값들은 상이한 위치들에(예컨대, 사용자의 랩탑 등 상에) 저장된다. 수백 개의 센서들(예컨대, 500개 초과)이 존재할 수 있으므로, 센서 값들은 시간에 걸쳐 (예컨대, 사용자의 랩탑 상에서) 많은 저장 용량을 차지하고, 결국 폐기될 수 있다. 방법(400A)은 나중의 분석(예컨대, 예측 데이터를 생성하는 것, 타겟 속성 데이터를 충족시키기 위한 제조 파라미터들에 대한 업데이트들을 예측하는 것, 컴포넌트 고장을 예측하는 것, 프로세스들 및 장비를 개선시키는 것, 이력 분석을 수행하는 것 등)을 위해 사용될 긴 시간 기간들(예컨대, 수 개월, 수년)에 걸쳐, 집계된 센서-계측 데이터(158)를 생성 및 저장하는 데 사용될 수 있다.
- [0099] [0103] 프로세싱 로직은 센서 값들(144) 및 계측 값들(152)을 수동으로 연관시키는 사용자 입력 없이, 집계된 센서-계측 데이터(158)의 세트들을 생성할 수 있다. 프로세싱 로직은 OCR 시스템을 사용하지 않으면서, 집계된 센서-계측 데이터(158)의 세트들을 생성할 수 있다. 센서 서버(122)는 수동 사용자 입력 없이 그리고 OCR 시스템을 사용하지 않으면서 센서 데이터(142)를 생성할 수 있다. 계측 시스템(130)은 수동 사용자 입력 없이 그리고 OCR 시스템을 사용하지 않으면서 계측 데이터(130)를 생성할 수 있다.
- [0100] [0104] 일부 실시예들에서, 각각의 제품 캐리어는 제품(예컨대, 웨이퍼)을 운반하는 다수의 슬롯들을 가지며, 슬롯 무결성(예컨대, 슬롯들에서의 제품의 순서)은, 제품들이 제조 장비(124)에 의해 (예컨대, 챔버 상에서) 프로세싱되고 계측 장비(134)에 의한 계측 측정들을 위해 전송될 때 유지될 수 있다(예컨대, 제조 장비(124)에 의해 프로세싱될 제1 제품은 계측 장비(134)에 의해 측정될 제1 제품임).
- [0101] [0105] 도 4b는 특정한 실시예들에 따른 센서 계측 데이터 통합의 블록 다이어그램(400B)이다. 블록 다이어그램(400B)의 부분들은 도 4a의 방법(400A)의 블록들과 유사하거나 동일할 수 있다.
- [0102] [0106] 블록 다이어그램(400B)은 센서 서버들(422)(예컨대, 도 1의 FSS, 센서 서버(420)), 툴/프로세스 시스템(420)(예컨대, 도 1의 센서 시스템(120)), 계측 시스템(430)(예컨대, 도 1의 계측 시스템(130)), TDW(technical data warehouse)(440)(예컨대, 도 1의 데이터 저장소(140)), 및 데이터 저장소(450)를 포함할 수 있다. 툴/프로세스 시스템(420)은 제조 장비(424)(예컨대, 도 1의 제조 장비(124)), 센서들(426)(예컨대, 도 1의 센서들(126)), 및 FOUF RFID 판독기(426)(예컨대, 도 1의 센서 식별자 판독기(128))를 포함할 수 있다. 계측 시스템(430)은 계측 장비(434)(예컨대, 도 1의 계측 장비(134)) 및 FOUF RFID 판독기(436)(예컨대, 도 1의 계측 식별자 판독기(136))를 포함할 수 있다.
- [0103] [0107] 센서 서버들(422)은 센서 데이터(442)(예컨대, 도 1의 센서 데이터(142))를 생성하기 위해 툴/프로세스 시스템(420)으로부터 센서 값들(142) 및 센서 데이터 식별자들(146)을 수신할 수 있다. 계측 서버(432)(예컨대, Apps1ab과 같은 계측 폴더들)는 계측 데이터(450)(예컨대, 도 1의 계측 데이터(150))를 생성하기 위해 계측 시스템(130)으로부터 계측 값들(152) 및 계측 데이터 식별자들(154)을 수신할 수 있다.
- [0104] [0108] 데이터 통합 서버(102)는 (예컨대, 데이터 통합 컴포넌트(104)를 통해) 센서 데이터(442)(예컨대, 블록(402) 참조) 및 계측 데이터(450)(예컨대, 블록(404) 참조)를 수신할 수 있다. 일부 실시예들에서, 데이터 통합 서버(102)는 사용자 데이터 저장소(450)로부터 FOUF ID 및 날짜스탬프의 사용자 입력(452)(예컨대, 수동으로

입력되었음)을 수신할 수 있다. 사용자 입력(452)은 계측 데이터 식별자들(154)의 수동 입력을 포함할 수 있다. 데이터 통합 서버(102)는 계측 데이터(450)의 정확도를 검증하기 위해(예컨대, 계측 데이터(450)를 스폿 체크하기 위해) 계측 서버(432)로부터 수신된 계측 데이터(450)를 사용자 입력(452)과 비교할 수 있다.

[0105] [0109] 데이터 통합 서버(102)는 공통 부분들(예컨대, 서브스트링들 FOUF####\_DateStamp)을 매칭시킬 수 있다(예컨대, 블록(406) 참조). 데이터 통합 서버(102)는 공통 부분들에 기반하여 데이터 구조(예컨대, 데이터 테이블) 내의 파일들을 링크/결합시킬 수 있고(예컨대, 블록(408)), 데이터 통합 서버(102)는 링크된 데이터를 집계된 센서-계측 데이터(458)(예컨대, 도 1의 집계된 센서-계측 데이터(158))로서 TDW(440)에 저장할 수 있다.

[0106] [0110] 도 5는 특정한 실시예들에 따른, 계측 데이터(예컨대, 도 1의 계측 데이터(164))를 예측하기 위한 머신러닝 모델에 대한 데이터 세트를 생성하기 위한 방법(500)의 흐름도이다. 방법들(500)은 하드웨어(예컨대, 회로부, 전용 로직, 프로그래밍가능 로직, 마이크로코드, 프로세싱 디바이스 등), 소프트웨어(이클레멘, 프로세싱 디바이스, 범용 컴퓨터 시스템, 또는 전용 머신 상에서 실행되는 명령들), 펌웨어, 마이크로코드, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있는 프로세싱 로직에 의해 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서, 방법(500)은 부분적으로, 예측 시스템(110)(예컨대, 서버 머신(170), 데이터 세트 생성기(172) 등)에 의해 수행될 수 있다. 예측 시스템(110)은 본 개시내용의 실시예들에 따라, 머신러닝 모델을 트레이닝시키는 것, 검증하는 것, 또는 테스트하는 것 중 적어도 하나를 행하기 위해 방법(500)을 사용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 방법(500)의 하나 이상의 동작들은 도 1 및 도 2에 관해 설명된 바와 같이 서버 머신(170)의 데이터 세트 생성기(172)에 의해 수행될 수 있다. 도 1 및 도 2에 관해 설명된 컴포넌트들이 도 5의 양상들을 예시하기 위해 사용될 수 있다는 것을 유의할 수 있다. 일부 실시예들에서, 비-일시적인 저장 매체는(예컨대, 예측 시스템(110)의) 프로세싱 디바이스에 의해 실행될 때, 프로세싱 디바이스로 하여금 방법(500)을 수행하게 하는 명령들을 저장한다.

[0107] [0111] 설명의 간략화를 위해, 방법(500)이 일련의 동작들로서 도시 및 설명된다. 그러나, 본 개시내용에 따른 동작들은 다양한 순서들로 그리고/또는 동시에 그리고 본 명세서에서 제시 및 설명되지 않은 다른 동작들과 함께 발생할 수 있다. 더욱이, 개시된 청구 대상에 따라 방법(500)을 구현하기 위해, 예시된 모든 동작들이 수행되지는 않을 수 있다. 부가적으로, 당업자들은, 방법(500)이 상태 다이어그램 또는 이벤트들을 통해 일련의 상호관련된 상태들로서 대안적으로 표현될 수 있다는 것을 이해 및 인식할 것이다.

[0108] [0112] 도 5를 참조하면, 일부 실시예들에서, 블록(502)에서, 방법(500)을 구현하는 프로세싱 로직은 트레이닝 세트 T를 비어있는 세트로 초기화시킨다.

[0109] [0113] 블록(504)에서, 프로세싱 로직은 센서 데이터(예컨대, 도 1의 센서 데이터(142), 도 2의 센서 데이터(242))를 포함하는 제1 데이터 입력(예컨대, 제1 트레이닝 입력, 제1 검증 입력)을 생성한다. 일부 실시예들에서, (예컨대, 도 2에 관해 설명된 바와 같이) 제1 데이터 입력은 센서 데이터의 타입들에 대한 특징들의 제1 세트를 포함할 수 있고, 제2 데이터 입력은 센서 데이터의 타입들에 대한 특징들의 제2 세트를 포함할 수 있다. 프로세싱 로직은 집계된 센서-계측 데이터(158)에 기반하여 데이터 입력을 생성할 수 있다(예컨대, 집계된 센서-계측 데이터(158)의 데이터 구조 또는 테이블로부터 센서 데이터(142)를 추출함).

[0110] [0114] 블록(506)에서, 프로세싱 로직은 데이터 입력들 중 하나 이상(예컨대, 제1 데이터 입력)에 대한 제1 타겟 출력을 생성한다. 제1 타겟 출력은 대응하는 계측 데이터(예컨대, 도 1의 계측 데이터(150), 도 2의 계측 데이터(250), 도 3의 계측 데이터(250))일 수 있다. 프로세싱 로직은 집계된 센서-계측 데이터(158)에 기반하여 타겟 출력을 생성할 수 있다(예컨대, 데이터 입력의 센서 데이터가 추출되었던 집계된 센서-계측 데이터(158)의 동일한 데이터 구조 또는 테이블로부터 계측 데이터(150)를 추출함).

[0111] [0115] 블록(508)에서, 프로세싱 로직은 선택적으로, 입력/출력 맵핑을 표시하는 맵핑 데이터를 생성한다. 입력/출력 맵핑(또는 맵핑 데이터)은 데이터 입력(예컨대, 본 명세서에 설명된 데이터 입력들 중 하나 이상), 데이터 입력에 대한 타겟 출력(예컨대, 여기서 타겟 출력은 계측 데이터(150)를 식별함), 및 데이터 입력(들)과 타겟 출력 사이의 연관을 지칭할 수 있다. 맵핑 데이터는 데이터 입력 및 타겟 출력이 추출되었던 집계된 센서-계측 데이터(158)의 공통 데이터 구조 또는 테이블에 기반할 수 있다.

[0112] [0116] 블록(510)에서, 프로세싱 로직은 블록(510)에서 생성된 맵핑 데이터를 데이터 세트 T에 추가한다.

[0113] [0117] 블록(512)에서, 프로세싱 로직은 데이터 세트 T가 머신러닝 모델(190)을 트레이닝시키는 것, 검증하는 것, 및/또는 테스트하는 것 중 적어도 하나를 행하는 데 충분한지 여부에 기반하여 분기한다. 충분하다면, 실행은 블록(514)으로 진행되고, 그렇지 않으면, 실행은 다시 블록(504)에서 계속된다. 일부 실시예들에서, 데이터 세트 T의 충분성이 데이터 세트 내의 입력/출력 맵핑들의 수에 간단히 기반하여 결정될 수 있는 반면, 일부

다른 구현들에서, 데이터 세트(T)의 충분성이 입력/출력 맵핑들의 수에 부가하여 또는 그 대신에, 하나 이상의 다른 기준들(예컨대, 데이터 예들의 다양성의 척도, 정확도 등)에 기반하여 결정될 수 있다는 것을 유의해야 한다.

[0114] [0118] 블록(514)에서, 프로세싱 로직은 머신 러닝 모델(190)을 트레이닝시키거나, 검증하거나, 또는 테스트하기 위해 데이터 세트 T를 (예컨대, 서버 머신(180)에) 제공한다. 일부 실시예들에서, 데이터 세트 T는 트레이닝 세트이고, 트레이닝을 수행하기 위해 서버 머신(180)의 트레이닝 엔진(182)에 제공된다. 일부 실시예들에서, 데이터 세트 T는 검증 세트이고, 검증을 수행하기 위해 서버 머신(180)의 검증 엔진(184)에 제공된다. 일부 실시예들에서, 데이터 세트 T는 테스트 세트이고, 테스트를 수행하기 위해 서버 머신(180)의 테스트 엔진(186)에 제공된다. 뉴럴 네트워크의 경우, 예컨대, 주어진 입력/출력 맵핑의 입력 값들(예컨대, 데이터 입력들(210)과 연관된 수치 값들)은 뉴럴 네트워크에 입력되고, 입력/출력 맵핑의 출력 값들(예컨대, 타겟 출력들(220)과 연관된 수치 값들)은 뉴럴 네트워크의 출력 노드들에 저장된다. 이어서, 뉴럴 네트워크 내의 연결 가중치들은 러닝 알고리즘(예컨대, 역 전파(back propagation) 등)에 따라 조정되고, 절차는 데이터 세트 T 내의 다른 입력/출력 맵핑들에 대해 반복된다. 블록(514) 이후, 머신 러닝 모델(예컨대, 머신 러닝 모델(190))은 서버 머신(180)의 트레이닝 엔진(182)을 사용하여 트레이닝되는 것, 서버 머신(180)의 검증 엔진(184)을 사용하여 검증되는 것, 또는 서버 머신(180)의 테스트 엔진(186)을 사용하여 테스트되는 것 중 적어도 하나를 행할 수 있다. 트레이닝된 머신 러닝 모델은 제조 장비(124)와 연관된 정정 액션을 수행하기 위한 예측 데이터(164)를 생성하기 위해 (예측 서버(112)의) 예측 컴포넌트(114)에 의해 구현될 수 있다.

[0115] [0119] 도 6d는 특정한 실시예들에 따른, 컴퓨터 시스템(600)을 예시하는 블록 다이어그램이다. 일부 실시예들에서, 컴퓨터 시스템(600)은 (예컨대, 네트워크, 이클테면 LAN(Local Area Network), 인트라넷, 엑스트라넷, 또는 인터넷을 통해) 다른 컴퓨터 시스템들에 연결될 수 있다. 컴퓨터 시스템(600)은 클라이언트-서버 환경에서 서버 또는 클라이언트 컴퓨터의 자격으로, 또는 피어-투-피어 또는 분산형 네트워크 환경에서 피어 컴퓨터로서 동작할 수 있다. 컴퓨터 시스템(600)은 PC(personal computer), 태블릿 PC, STB(set-top box), PDA(Personal Digital Assistant), 셀룰러 텔레폰, 웹 어플라이언스, 서버, 네트워크 라우터, 스위치 또는 브리지, 또는 해당 디바이스가 행할 액션들을 특정하는 한 세트의 명령들을 (순차적으로 또는 다른 방식으로) 실행할 수 있는 임의의 디바이스에 의해 제공될 수 있다. 추가로, 용어 “컴퓨터”는 본 명세서에 설명된 방법들 중 임의의 하나 이상을 수행하기 위한 명령들의 세트(또는 다수의 세트들)를 개별적으로 또는 공동으로 실행하는 컴퓨터들의 임의의 집합을 포함할 것이다.

[0116] [0120] 추가적인 양상에서, 컴퓨터 시스템(600)은 프로세싱 디바이스(602), 휘발성 메모리(604)(예컨대, RAM(random access memory)), 비 휘발성 메모리(606)(예컨대, ROM(read-only memory) 또는 EEPROM(electrically-erasable programmable ROM)) 및 데이터 저장 디바이스(616)를 포함할 수 있으며, 이들은 버스(608)를 통해 서로 통신할 수 있다.

[0117] [0121] 프로세싱 디바이스(602)는 하나 이상의 프로세서들, 이클테면 범용 프로세서(이클테면, 예컨대, CISC(complex instruction set computing) 마이크로프로세서, RISC(reduced instruction set computing) 마이크로프로세서, VLIW(very long instruction word) 마이크로프로세서, 다른 타입들의 명령 세트들을 구현하는 마이크로프로세서, 또는 명령 세트들의 타입들의 조합을 구현하는 마이크로프로세서) 또는 특수화된 프로세서(이클테면, 예컨대, ASIC(application specific integrated circuit), FPGA(field programmable gate array), DSP(digital signal processor), 또는 네트워크 프로세서)에 의해 제공될 수 있다.

[0118] [0122] 컴퓨터 시스템(600)은 네트워크 인터페이스 디바이스(622)를 더 포함할 수 있다. 컴퓨터 시스템(600)은 또한, 비디오 디스플레이 유닛(610)(예컨대, LCD), 영숫자 입력 디바이스(612)(예컨대, 키보드), 커서 제어 디바이스(614)(예컨대, 마우스), 및 신호 생성 디바이스(620)를 포함할 수 있다.

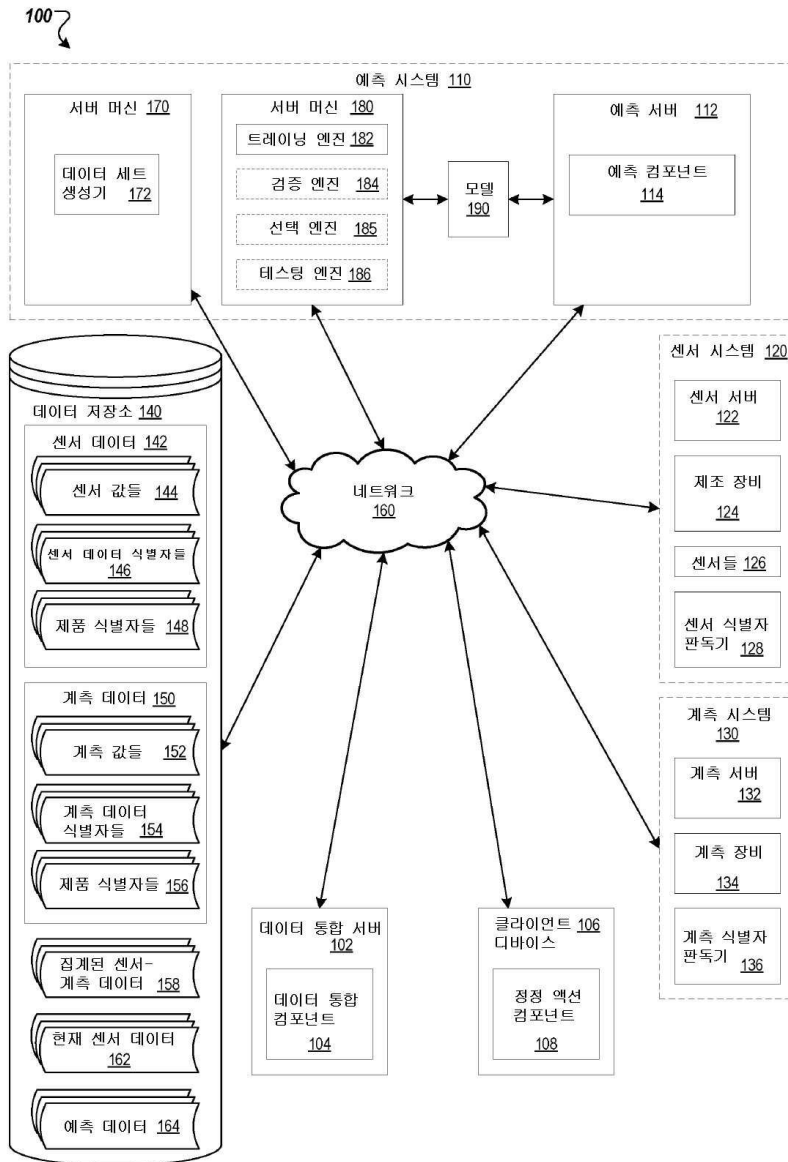
[0119] [0123] 일부 구현들에서, 데이터 저장 디바이스(616)는, 본 명세서에 설명된 방법들 또는 기능들 중 임의의 하나 이상을 인코딩하는 명령들(626)을 저장할 수 있는 비-일시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체(624)를 포함할 수 있으며, 그 명령들은 도 1의 컴포넌트들(예컨대, 데이터 통합 컴포넌트(104), 정정 액션 컴포넌트(108), 예측 컴포넌트(114) 등)을 인코딩하는 명령들 및 본 명세서에 설명된 방법들을 구현하기 위한 명령들을 포함한다.

[0120] [0124] 명령들(626)은 또한, 컴퓨터 시스템(600)에 의한 그 명령들의 실행 동안 휘발성 메모리(604) 내에 그리고/또는 프로세싱 디바이스(602) 내에 완전히 또는 부분적으로 상주할 수 있고, 따라서 휘발성 메모리(604) 및 프로세싱 디바이스(602)는 또한 머신-판독가능 저장 매체들을 구성할 수 있다.

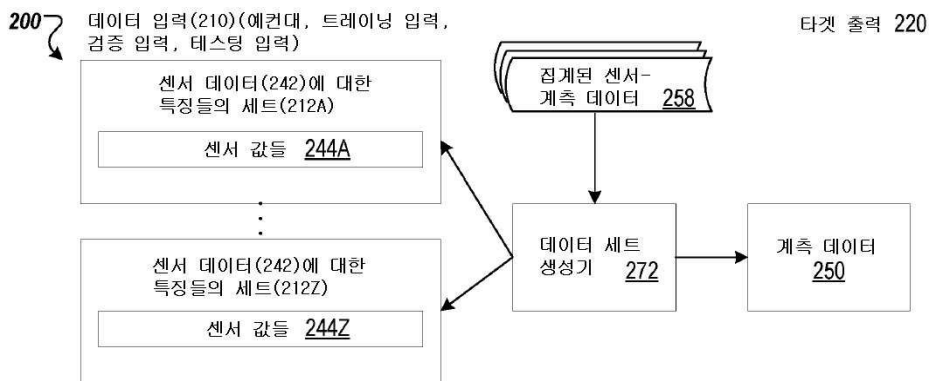
- [0121] [0125] 컴퓨터-판독가능 저장 매체(624)가 예시적인 예들에서 단일 매체로서 도시되지만, 용어 "컴퓨터-판독가능 저장 매체"는, 실행가능 명령들의 하나 이상의 세트들을 저장하는 단일 매체 또는 다수의 매체들(예컨대, 중앙집중식 또는 분산형 데이터베이스, 및/또는 연관된 캐시들 및 서버들)을 포함할 것이다. 용어 "컴퓨터-판독가능 저장 매체"는 또한, 컴퓨터로 하여금 본 명세서에 설명된 방법들 중 임의의 하나 이상을 수행하게 하는, 컴퓨터에 의한 실행을 위한 명령들의 세트를 저장 또는 인코딩할 수 있는 임의의 유형의 매체를 포함할 것이다. 용어 "컴퓨터-판독가능 저장 매체"는 솔리드-스테이트 메모리들, 광학 매체들, 및 자기 매체들을 포함할 것이다 (그러나 이에 제한되지 않음).
- [0122] [0126] 본 명세서에 설명된 방법들, 컴포넌트들, 및 특징들은 이산 하드웨어 컴포넌트들에 의해 구현될 수 있거나, 또는 다른 하드웨어 컴포넌트들, 이를테면 ASIC들, FPGA들, DSP들 또는 유사한 디바이스들의 기능에 통합될 수 있다. 부가적으로, 방법들, 컴포넌트들, 및 특징들은 하드웨어 디바이스들 내의 펌웨어 모듈들 또는 기능 회로부에 의해 구현될 수 있다. 추가로, 방법들, 컴포넌트들, 및 특징들은 하드웨어 디바이스들과 컴퓨터 프로그램 컴포넌트들의 임의의 조합으로, 또는 컴퓨터 프로그램들로 구현될 수 있다.
- [0123] [0127] 달리 구체적으로 언급되지 않으면, "수신", "결정", "생성", "저장", "야기", "트레이닝", "중단", "선택", "제공", "디스플레이" 등과 같은 용어들은, 컴퓨터 시스템 레지스터들 및 메모리들 내에서 물리적(전자) 양들로서 표현된 데이터를 조작하고 그들을, 컴퓨터 시스템 메모리들 또는 레지스터들 또는 다른 그러한 정보 저장, 송신 또는 디스플레이 디바이스들 내의 물리적 양들로서 유사하게 표현되는 다른 데이터로 변환하는, 컴퓨터 시스템들에 의해 수행되거나 구현되는 액션들 및 프로세스들을 지칭한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 바와 같은 용어들 "제1", "제2", "제3", "제4" 등은 상이한 엘리먼트들 간을 구별하기 위한 라벨들로서 의미되며, 이들의 숫자 지정에 따른 서수적 의미를 갖지 않을 수 있다.
- [0124] [0128] 본 명세서에 설명된 예들은 또한, 본 명세서에 설명된 방법들을 수행하기 위한 장치에 관한 것이다. 이러한 장치는 본 명세서에 설명된 방법들을 수행하도록 특별히 구성될 수 있거나, 또는 그 장치는 컴퓨터 시스템에 저장된 컴퓨터 프로그램에 의해 선택적으로 프로그래밍된 범용 컴퓨터 시스템을 포함할 수 있다. 그러한 컴퓨터 프로그램은 유형의 컴퓨터-판독가능 저장 매체에 저장될 수 있다.
- [0125] [0129] 본 명세서에 설명된 방법들 및 예시적인 예들은 본질적으로, 임의의 특정한 컴퓨터 또는 다른 장치에 관련되지 않는다. 다양한 범용 시스템들은 본 명세서에 설명된 교시들에 따라 사용될 수 있거나, 또는 본 명세서에 설명된 방법들 및/또는 이들의 개별적인 기능들, 루틴들, 서브루틴들, 또는 동작들 각각을 수행하기 위해 더 특수화된 장치들 구성하는 것이 편리한 것으로 입증될 수 있다. 다양한 이들 시스템들에 대한 구조의 예들은 위의 설명에서 기재된다.
- [0126] [0130] 위의 설명은 제한적인 것이 아니라 예시적인 것으로 의도된다. 본 개시내용이 특정 예시적인 예들 및 구현들을 참조하여 설명되었지만, 본 개시내용이 설명된 예들 및 구현들로 제한되지 않는다는 것이 인식될 것이다. 본 개시내용의 범위는, 다음의 청구항들이 권리를 가지는 등가물들의 전체 범위와 함께 다음의 청구항들을 참조하여 결정되어야 한다.

도면

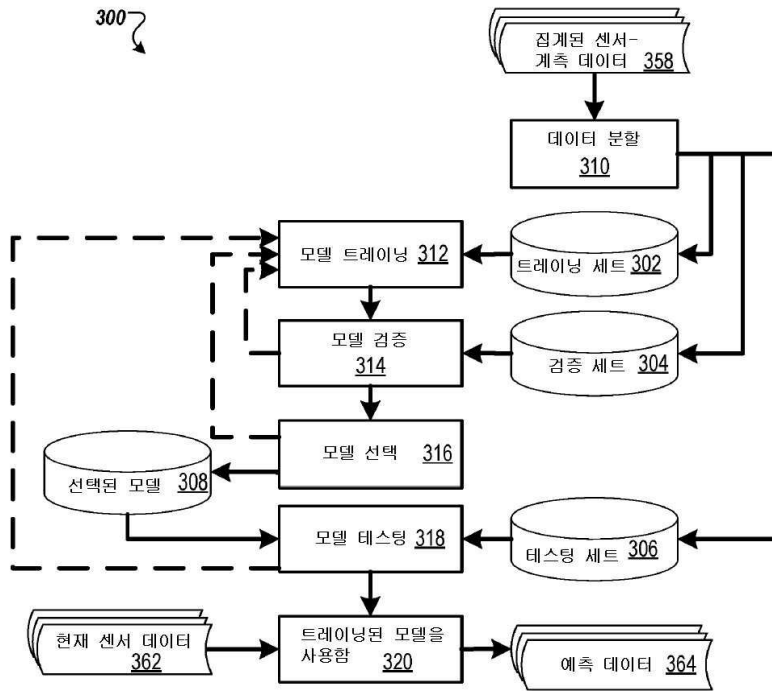
도면1



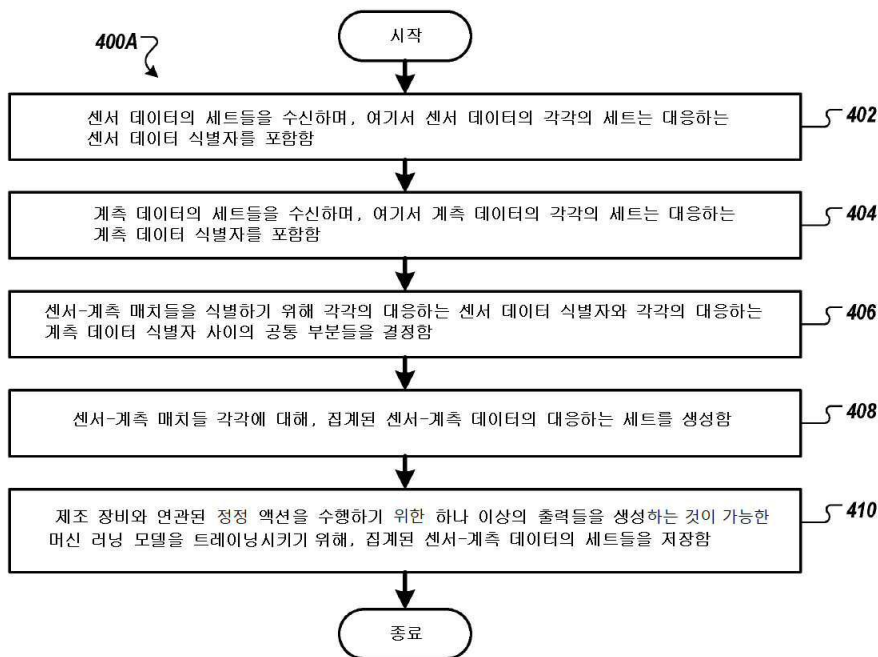
도면2



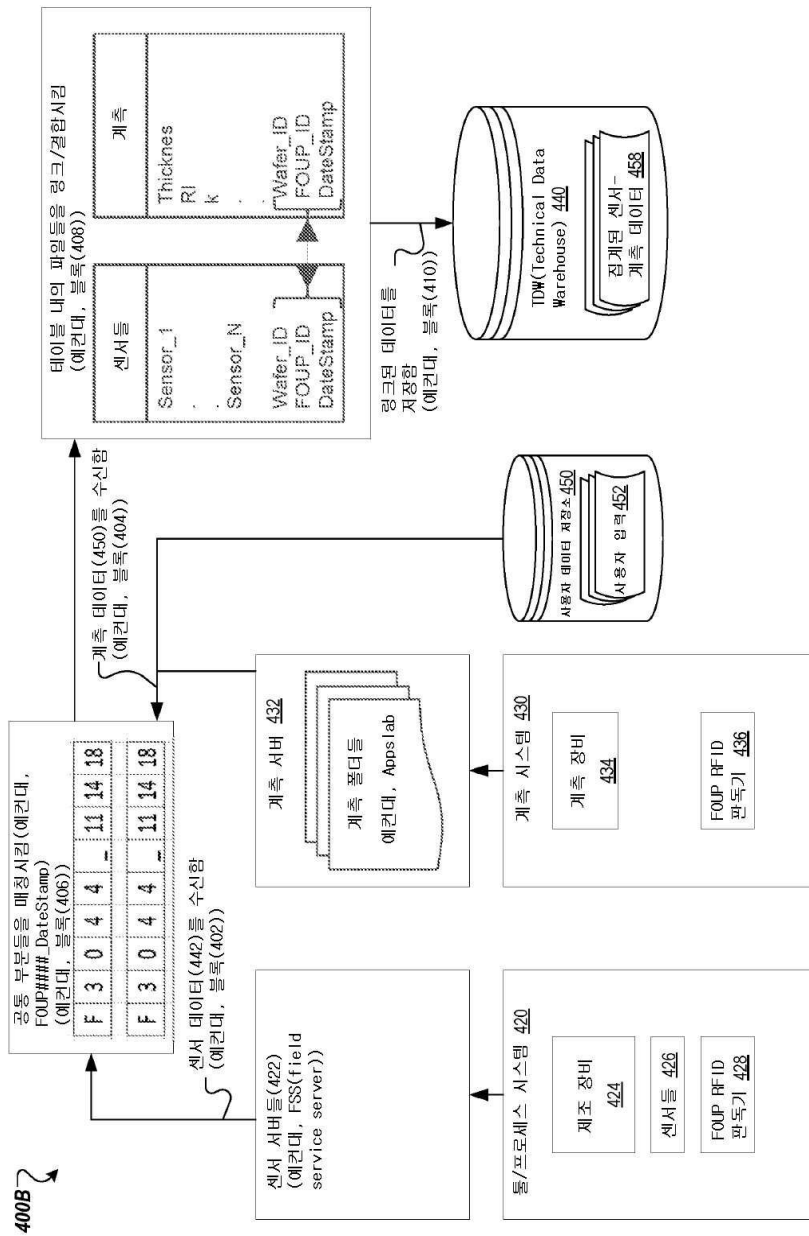
도면3



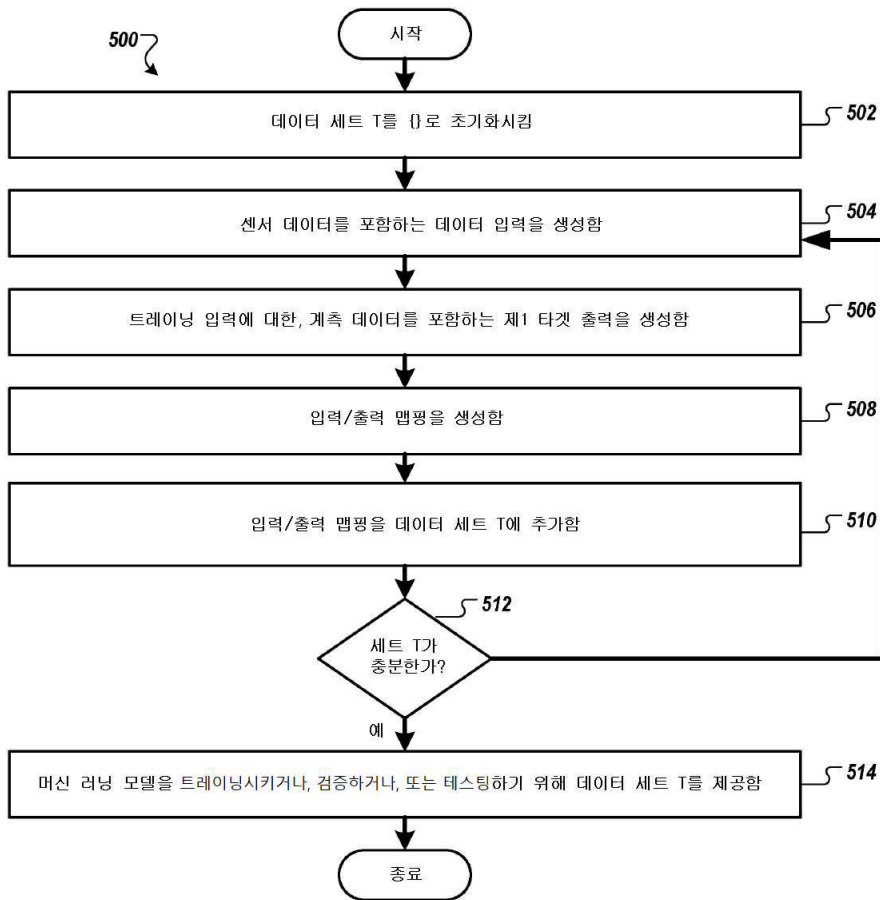
도면4a



도면4b



도면5



도면6

