(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0058131
(43) 공개일자 2024년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 3/045 (2023.01) *G05B 13/02* (2006.01)
G06N 3/04 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G06N 3/045 (2023.01)
G05B 13/027 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7010659
(22) 출원일자(국제) 2022년08월12일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년03월29일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/030708
(87) 국제공개번호 WO 2023/032637
국제공개일자 2023년03월09일
(30) 우선권주장
JP-P-2021-141750 2021년08월31일 일본(JP)

(71) 출원인
도쿄엘렉트론가부시키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5쵸메 3반 1고
(72) 발명자
사이토 유키야
일본국 홋카이도 삿포로시 추오쿠 기타 3조 니시 3쵸메 1 다이도 세이메이 삿포로 빌딩 10층 도쿄 엘렉트론 가부시키가이샤 내
가타오카 유키
일본국 홋카이도 삿포로시 추오쿠 기타 3조 니시 3쵸메 1 다이도 세이메이 삿포로 빌딩 10층 도쿄 엘렉트론 가부시키가이샤 내
(74) 대리인
특허법인(유)화우

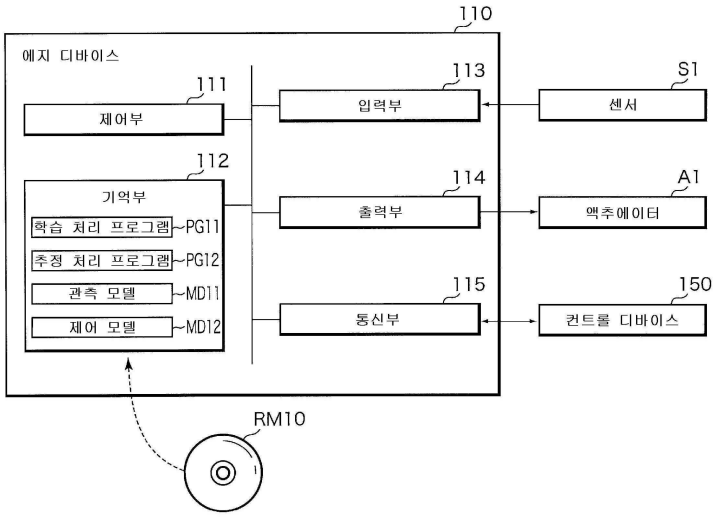
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **정보 처리 방법, 정보 처리 장치, 및 정보 처리 시스템**

(57) 요 약

정보 처리 방법, 정보 처리 장치, 및 정보 처리 시스템의 제공. 복수의 제 1 학습 모델이 처리하는 데이터의 특징량을 취득하는 공정과, 취득한 특징량에 의거하여, 제 1 학습 모델이 처리하는 데이터의 특징량을 입력한 경우, 추정 결과에 관한 정보를 출력하는 제 2 학습 모델의 학습을 행하는 공정과, 학습 후의 제 2 학습 모델에, 취득한 데이터의 특징량을 입력하고, 제 2 학습 모델로부터 얻어지는 정보에 의거하는 추정 결과를 출력하는 공정을 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G06N 3/049 (2023.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 제 1 학습 모델이 처리하는 데이터의 특징량을 취득하는 공정과,

취득한 특징량에 의거하여, 상기 제 1 학습 모델이 처리하는 데이터의 특징량을 입력한 경우, 추정 결과에 관한 정보를 출력하는 제 2 학습 모델의 학습을 행하는 공정과,

학습 후의 제 2 학습 모델에, 취득한 데이터의 특징량을 입력하고, 상기 제 2 학습 모델로부터 얻어지는 정보에 의거하는 추정 결과를 출력하는 공정을 포함하는 정보 처리 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

복수의 제 2 학습 모델이 처리하는 특징량을 취득하는 공정과,

취득한 특징량에 의거하여, 상기 제 2 학습 모델이 처리하는 데이터의 특징량을 입력한 경우, 추정 결과에 관한 정보를 출력하는 제 3 학습 모델의 학습을 행하는 공정과,

학습 후의 제 3 학습 모델에, 취득한 데이터의 특징량을 입력하고, 상기 제 3 학습 모델로부터 얻어지는 정보에 의거하는 추정 결과를 출력하는 공정을 포함하는 정보 처리 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 학습 모델 또는 상기 제 3 학습 모델에 의한 추정 결과에 의거하여, 상기 제 1 학습 모델의 재학습 지시를 출력하는 공정을 더 포함하는 정보 처리 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 제 3 학습 모델에 의한 추정 결과에 의거하여, 상기 제 2 학습 모델의 재학습 지시를 출력하는 공정을 더 포함하는 정보 처리 방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 학습 모델 또는 상기 제 3 학습 모델에 의한 연산 결과에 의거하여, 상기 제 1 학습 모델에 의한 연산 결과를 보정하기 위한 보정값을 출력하는 공정을 더 포함하는 정보 처리 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 제 3 학습 모델에 의한 연산 결과에 의거하여, 상기 제 2 학습 모델에 의한 연산 결과를 보정하기 위한 보정값을 출력하는 공정을 더 포함하는 정보 처리 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 데이터는, 샘플링 주기가 상이한 복수종의 센서로부터 출력되는 시계열 데이터이며,

센서마다 샘플링 주기가 상이한 복수의 시계열 데이터로부터 추출되는 특징량을 이용하여, 상기 제 2 학습 모델의 학습을 행하는 공정을 포함하는 정보 처리 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 특징량은, 상기 제 1 학습 모델 또는 상기 제 2 학습 모델에 의한 연산 결과, 또는, 도중의 과정에서 추출되는 데이터인 정보 처리 방법.

청구항 9

복수의 제 1 학습 모델이 처리하는 데이터의 특징량을 취득하는 취득부와,

취득한 특징량에 의거하여, 상기 제 1 학습 모델이 처리하는 데이터의 특징량을 입력한 경우, 추정 결과에 관한 정보를 출력하는 제 2 학습 모델의 학습을 행하는 학습부와,

학습 후의 제 2 학습 모델에, 취득한 데이터의 특징량을 입력하고, 상기 제 2 학습 모델로부터 얻어지는 정보에 의거하는 추정 결과를 출력하는 추정부를 구비하는 정보 처리 장치.

청구항 10

센서에 접속된 에지 디바이스와, 에지 디바이스에 접속된 상위 장치를 구비하는 복수의 정보 처리 장치와,

상기 복수의 정보 처리 장치와 통신 가능하게 접속되는 장치군 서버를 포함하고,

상기 에지 디바이스는,

상기 센서로부터 시계열 데이터를 취득하는 취득부와,

취득한 시계열 데이터에 의거하여, 상기 센서로부터의 시계열 데이터를 입력한 경우, 상기 센서가 마련된 정보 처리 장치에 관한 정보를 출력하는 제 1 학습 모델의 학습을 행하는 제 1 학습부와,

학습 후의 제 1 학습 모델에 상기 센서로부터의 시계열 데이터를 입력하고, 상기 제 1 학습 모델로부터 얻어지는 정보에 의거하는 추정 결과를 출력하는 제 1 추정부와,

상기 시계열 데이터로부터 추출되는 제 1 특징량을 상기 상위 장치로 출력하는 출력부를 구비하고,

상기 상위 장치는,

상기 에지 디바이스로부터 입력되는 제 1 특징량을 기억하는 제 1 특징량 기억부와,

기억한 제 1 특징량에 의거하여, 제 1 특징량을 입력한 경우, 상기 정보 처리 장치에 관한 정보를 출력하는 제 2 학습 모델의 학습을 행하는 제 2 학습부와,

학습 후의 제 2 학습 모델에, 새롭게 취득한 제 1 특징량을 입력하고, 상기 제 2 학습 모델로부터 얻어지는 정보에 의거하는 추정 결과를 출력하는 제 2 추정부와,

상기 정보 처리 장치마다 추출되는 상기 시계열 데이터의 제 2 특징량을 상기 장치군 서버로 송신하는 송신부를 구비하고,

상기 장치군 서버는,

상기 상위 장치로부터 수신한 제 2 특징량을 기억하는 제 2 특징량 기억부와,

기억한 제 2 특징량에 의거하여, 제 2 특징량을 입력한 경우, 상기 정보 처리 장치에 관한 정보를 출력하는 제 3 학습 모델의 학습을 행하는 제 3 학습부와,

학습 후의 제 3 학습 모델에, 새롭게 취득한 제 2 특징량을 입력하고, 상기 제 3 학습 모델로부터 얻어지는 정보에 의거하는 추정 결과를 출력하는 제 2 추정부를 구비하는 정보 처리 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 상위 장치 및 상기 장치군 서버는,

각각이 구비하는 학습 모델에 의한 추정 결과에 의거하여, 상기 제 1 학습 모델의 갱신의 필요 여부를 판단하는

판단부와,

갱신 필요라고 판단한 경우, 상기 에지 디바이스에 대하여 상기 제 1 학습 모델의 재학습을 지시하는 지시부를 구비하는 정보 처리 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 정보 처리 방법, 정보 처리 장치, 및 정보 처리 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 기판 처리 시스템에 있어서는, 복수의 에지 디바이스가 이용되고, 복수의 에지 디바이스를 가지는 다종류의 챔버에 의해, 다양한 프로세스가 실행된다.

[0003] 기판 처리 시스템에 한정되지 않고, 전기 기기, 전자 기기, 자동차, 의약, 화학 제품, 식품 등의 다양한 생산 관리 시스템에 있어서, 복수의 에지 디바이스를 이용한 프로세스가 실행되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 국제공개 제2018/173121호

(특허문헌 0002) 국제공개 제2019/163823호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 개시는, 이러한 사정을 감안하여 이루어진 것이며, 시스템 내에 마련되는 다양한 에지 디바이스에 적용되는 모델을 효율적으로 작성하고, 관리할 수 있는 정보 처리 방법, 정보 처리 장치, 및 정보 처리 시스템을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 형태와 관련된 정보 처리 방법은, 복수의 제 1 학습 모델이 처리하는 데이터의 특징량을 취득하는 공정과, 취득한 특징량에 의거하여, 상기 제 1 학습 모델이 처리하는 데이터의 특징량을 입력한 경우, 추정 결과에 관한 정보를 출력하는 제 2 학습 모델의 학습을 행하는 공정과, 학습 후의 제 2 학습 모델에, 취득한 데이터의 특징량을 입력하고, 상기 제 2 학습 모델로부터 얻어지는 정보에 의거하는 추정 결과를 출력하는 공정을 포함한다.

발명의 효과

[0007] 본 개시에 의하면, 시스템에 마련되는 다양한 에지 디바이스의 추론 모델을 효율적으로 작성하고, 관리할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 실시 형태와 관련된 기판 처리 시스템의 구성예를 나타내는 도이다.

도 2는 기판 처리 장치의 구동계의 구성을 나타내는 모식도이다.

도 3은 챔버의 구성예를 나타내는 단면도이다.

도 4는 기판 처리 장치의 제어계의 구성을 설명하는 블록도이다.

도 5는 기판 처리 장치가 구비하는 에지 디바이스의 내부 구성을 나타내는 블록도이다.

도 6은 에지 디바이스가 구비하는 관측 모델의 구성예를 나타내는 모식도이다.

도 7은 에지 디바이스가 구비하는 제어 모델의 구성예를 나타내는 모식도이다.

도 8은 기판 처리 장치가 구비하는 컨트롤 디바이스의 내부 구성을 나타내는 블록도이다.

도 9는 데이터 베이스의 구성예를 나타내는 개념도이다.

도 10은 장치군 서버의 내부 구성을 나타내는 블록도이다.

도 11은 데이터 베이스의 구성예를 나타내는 개념도이다.

도 12는 에지 디바이스에 의한 제 1 학습 모델의 생성 순서를 나타내는 플로우 차트이다.

도 13은 운용 페이즈에 있어서 기판 처리 장치의 내부에서 실행되는 처리의 순서를 나타내는 플로우 차트이다.

도 14는 운용 페이즈에 있어서 기판 처리 장치와 장치군 서버와의 사이에서 실행되는 처리의 순서를 나타내는 플로우 차트이다.

도 15는 평가 결과의 표시예를 나타내는 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하, 도면을 참조하여 일 실시 형태에 대하여 설명한다. 설명에 있어서, 동일 요소 또는 동일 기능을 가지는 요소에는 동일한 부호를 붙여, 중복되는 설명을 생략한다.

[0010] (실시 형태 1)

[0011] 도 1은 실시 형태와 관련된 기판 처리 시스템의 구성예를 나타내는 도이다. 실시 형태와 관련된 기판 처리 시스템은, 복수의 기판 처리 장치(100A~100D)에 적용되는 학습 모델을 관리하기 위한 시스템이다. 기판 처리 시스템은, 복수의 기판 처리 장치(100A~100D)와, 복수의 기판 처리 장치(100A~100D)로부터 데이터를 수집하는 장치군 서버(200)를 포함한다. 각 기판 처리 장치(100A~100D)와, 장치군 서버(200)는, LAN(Local Area Network)이나 전용 회선 등의 통신 네트워크(NW)를 개재하여, 통신 가능하게 접속된다.

[0012] 본 실시 형태에서는, 기판 처리 시스템이 4대의 기판 처리 장치(100A~100D)를 포함하는 구성으로 하였지만, 장치 대수는 4대로 한정되지 않는다. 이하의 설명에 있어서, 기판 처리 장치(100A~100D)를 구별하여 설명할 필요가 없는 경우에는, 기판 처리 장치(100)(도 2 참조)라고도 기재한다. 본 실시 형태에 있어서, 장치군 서버(200)는, 단일의 컴퓨터여도 되고, 복수의 컴퓨터나 주변 기기 등에 의해 구성되는 컴퓨터 시스템이어도 된다. 또한, 장치군 서버(200)는, 실체가 가상화된 가상 머신이어도 되고, 클라우드여도 된다.

[0013] 도 2는 기판 처리 장치(100)의 구동계의 구성을 나타내는 모식도이다. 기판 처리 장치(100)는, 기판(W)을 반출입하기 위한 반송 유닛(HU)과, 기판(W)에 대하여 기판 처리를 실시하는 처리 유닛(SU)을 구비한다.

[0014] 반송 유닛(HU)은, 카세트 스테이지(10)와, 반송 스테이지(20)를 구비한다. 카세트 스테이지(10)는, 카세트 용기(11)를 구비한다. 카세트 용기(11)에는, 예를 들면, 최대로 25매의 기판(W)이 적층된 상태로 수용된다.

[0015] 반송 스테이지(20)는, 기판(W)을 반송하기 위한 기판 반송 기구(21)를 구비한다. 기판 반송 기구(21)는, 기판(W)을 대략 수평으로 보지(保持)하는 2개의 반송 아암(21A, 21B)을 가진다. 기판 반송 기구(21)는, 반송 아암(21A, 21B)을 이용하여, 카세트 용기(11)로부터 기판(W)을 1매씩 취출한다. 기판 반송 기구(21)는, 카세트 용기(11)로부터 취출한 기판(W)을, 로드 록실(25A, 25B) 중 어느 일방으로 반송한다. 로드 록실(25A, 25B)은, 반송 유닛(HU)을 처리 유닛(SU)에 접속한다.

[0016] 처리 유닛(SU)은, 이재실(移裁室)(30)과, 4대의 챔버(40A~40D)를 구비한다. 이재실(30)은, 예를 들면 상방에서 볼 때 다각 형상(도시한 예에서는 육각 형상)을 이루도록 형성된 밀폐 가능한 구조를 가진다. 이재실(30)은, 기밀하게 밀폐 가능한 게이트 밸브를 개재하여 챔버(40A~40D)의 각각에 접속되어 있다. 이재실(30)은, 기판(W)을 반송하기 위한 기판 반송 기구(31)를 구비한다. 기판 반송 기구(31)는, 기판(W)을 대략 수평으로 보지하는 2개의 반송 아암(31A, 31B)을 가진다. 기판 반송 기구(31)는, 반송 아암(31A, 31B)을 이용하여, 로드 록실(25A, 25B)로부터 기판(W)을 취출하고, 취출한 기판(W)을 챔버(40A~40D) 중 어느 하나로 반송한다.

[0017] 이와 같은 구성에 의해, 처리 유닛(SU)은, 로드 록실(25A, 25B)까지 반송된 기판(W)을, 이재실(30) 경유로 챔버(40A~40D)에 반입하고, 챔버(40A~40D)에서 기판 처리를 실행한다. 처리 유닛(SU)은, 기판 처리의 실행 후, 처

리가 끝난 기판(W)을 챔버(40A~40D)로부터 취출하고, 취출한 기판(W)을 이재실(30) 경유로 로드 록실(25A, 25B)로 반출한다. 챔버(40A~40D)가 실행하는 기판 처리의 일례는 CVD(Chemical Vapor Deposition) 등에 의한 성막 처리이다. 대체적으로, 챔버(40A~40D)가 실행하는 기판 처리는, 확산 처리, 에칭 처리, 애싱 처리, 스퍼터링 처리 등이어도 된다. 또한, 도 2의 예에서는, 카세트 용기(11)로부터 기판(W)을 1매씩 취출하여 기판 처리를 행하는 매엽식의 기판 처리 장치(100)를 나타냈지만, 기판 처리 장치(100)는, 복수의 기판(W)을 동시적으로 처리하는 배치식의 기판 처리 장치 등이어도 되고, 반송 유닛(HU)은 임의의 구성을 채용할 수 있다.

[0018] 이하의 설명에 있어서, 챔버(40A)~챔버(40D)의 각각을 구별하여 설명할 필요가 없는 경우, 간단히 챔버(40)(도 3 참조)라고도 기재한다.

[0019] 도 3은 챔버(40)의 구성예를 나타내는 단면도이다. 도 3에 일례로서 나타내는 챔버(40)는, 기판(W)에 대하여 성막 처리를 실시하기 위한 장치이며, 기판 처리가 실행되는 처리실(41)과, 이 처리실(41)에 연통하는 배기실(42)을 구비한다.

[0020] 처리실(41)은, 판상(板狀)의 천장부(411) 및 바닥부(413), 및, 천장부(411)와 바닥부(413)를 연결하는 측벽부(412)를 가지고 있다. 처리실(41)은, 예를 들면 대략 원통 형상을 이룬다. 측벽부(412)에는, 이재실(30)과의 사이에서 기판(W)의 반출입을 행하기 위한 반출입구가 형성되어 있다. 처리실(41)과 이재실(30)과의 사이에 마련된 게이트 밸브를 개방 상태로 함으로써, 이 반출입구를 통하여, 기판(W)의 반출입이 가능해진다. 바닥부(413)의 중앙에는 개구부(413a)가 형성되어 있다. 배기실(42)은, 개구부(413a)와 연통하도록, 처리실(41)의 바닥부(413)에 연결되어 있다.

[0021] 배기실(42)은, 환상(環狀)의 플랜지부(421), 판상의 바닥부(423), 및 플랜지부(421)와 바닥부(423)를 연결하는 측벽부(422)를 가지고 있다. 플랜지부(421)는, 처리실(41)의 바닥부(413)에 접합되어 있다. 측벽부(422)에는 배기 구멍(424)이 형성되어 있다.

[0022] 처리실(41) 및 배기실(42)은, 그 내부 공간을 감압 분위기(진공 상태)로 유지할 수 있도록 구성되어 있다. 처리실(41) 및 배기실(42)의 접합 부분, 및, 처리실(41) 및 배기실(42)을 구성하는 각 부재의 접합 부분에는, 접합 부분의 기밀성을 확보하기 위해, 시일 부재로서의 O링이 개재된다.

[0023] 챔버(40)는, 처리실(41) 및 배기실(42)의 외부에 배치된 배기 장치(51)와, 배기 구멍(424)과 배기 장치(51)를 접속하는 배기관(52)과, 배기관(52)의 도중에 마련된 밸브(53)를 구비한다. 밸브(53)는, 폐쇄 상태에서 처리실(41) 및 배기실(42)의 기밀성을 유지함과 함께, 개방 상태에서 배기 장치(51)에 의한 처리실(41) 및 배기실(42)의 감압을 가능하게 한다. 처리실(41) 및 배기실(42)은, 배기 장치(51)를 작동시킴으로써, 그 내부 공간이 소요의 진공도까지 감압된다.

[0024] 챔버(40)는, 처리실(41) 내에 배치된 서셉터(61)와, 처리실(41) 내 및 배기실(42) 내에 있어서 서셉터(61)를 지지하는 지지 부재(62)를 구비하고 있다. 서셉터(61)는, 기판(W)을 수평으로 지지하기 위한 기판 재치대이다. 서셉터(61)는, 기판(W)이 재치되는 기판 재치면(상면)과, 그 반대측의 하면을 가지고 있다. 서셉터(61)의 하면의 중앙부에는, 지지 부재(62)의 일단부가 고정되어 있다. 지지 부재(62)의 타단부는, 배기실(42)의 바닥부(423)에 고정되어 있다.

[0025] 도면에는 나타내지 않지만, 서셉터(61)는, 기판 재치면에 대하여 돌출 및 함몰 가능하게 마련된 복수의 지지 핀을 가지고 있다. 복수의 지지 핀은, 임의의 승강 기구에 의해 상하로 변위하고, 상승 위치에 있어서, 기판 반송 기구(31)와의 사이에서 기판(W)의 주고받음을 행할 수 있도록 구성되어 있다.

[0026] 챔버(40)는, 히터(63), 히터 전원(64), 및 온도 센서(TS)를 구비한다. 히터(63)와 온도 센서(TS)의 측온 부분은, 서셉터(61)에 매설되어 있다. 히터 전원(64)은, 처리실(41) 및 배기실(42)의 외부에 배치되어 있다. 히터(63)는, 예를 들면, 지지 부재(62)의 내부를 지나는 배선을 개재하여 히터 전원(64)에 접속되어 있다. 히터 전원(64)은, 히터(63)에 대하여, 서셉터(61)에 재치된 기판(W)을 원하는 온도로 가열하기 위한 전기적 출력을 공급한다. 서셉터(61)의 온도는, 온도 센서(TS)에 의해 계측된다. 온도 센서(TS)는, 열전대, 서미스트 등의 공지의 부재를 이용하여 구성된다.

[0027] 챔버(40)는, 처리실(41)의 천장부(411)에 마련된 샤워 헤드(71)를 구비하고 있다. 샤워 헤드(71)는, 그 내부에 형성된 가스 확산 공간(71a)과, 가스 확산 공간(71a)으로부터 서셉터(61)를 향해 관통하도록 형성된 복수의 가스 토출 구멍(71b)을 가지고 있다.

[0028] 챔버(40)는, 샤워 헤드(71)에 있어서의 복수의 가스 토출 구멍(71b)과는 반대측에 마련되며, 가스 확산 공간

(71a)에 연통하는 가스 도입관(72)과, 처리실(41) 및 배기실(42)의 외부에 배치된 가스 공급원(73)과, 가스 도입관(72)과 가스 공급원(73)을 접속하는 가스 배관(74)과, 가스 배관(74)의 도중에 마련된 MFC(매스 플로우 컨트롤러)(75) 및 도면에 나타내지 않는 밸브를 구비하고 있다. 가스 공급원(73)은, 샤워 헤드(71)에 대하여, 성막 처리에 이용되는 성막 원료 가스, 처리실(41) 내 및 배기실(42) 내를 클리닝하기 위한 클리닝 가스, 처리실(41) 내 및 배기실(42) 내의 분위기를 치환하기 위한 퍼지 가스 등을 공급한다. 이들 가스는, 가스 배관(74) 및 가스 도입관(72)을 개재하여 가스 확산 공간(71a)에 공급되고, 복수의 가스 토출 구멍(71b)으로부터 처리실(41) 내로 토출된다.

[0029] 챔버(40)는, 처리실(41) 및 배기실(42)의 외부에 배치된 고주파 전원(76), 샤워 헤드(71)와 고주파 전원(76)을 접속하는 배선(77), 및 배선(77)의 도중에 마련된 정합기(78)를 구비하고 있다. 고주파 전원(76)은, 샤워 헤드(71)에 대하여, 처리실(41) 내에 공급된 성막 원료 가스를 플라즈마화하기 위한 고주파 전력을 공급한다.

[0030] 이상의 구성에 의해, 챔버(40)에서는, 서셉터(61)에 재치된 기판(W)에 대하여 성막 처리를 실시하는 것이 가능하다. 즉, 진공 상태의 처리실(41)의 내부에 처리 대상의 기판(W)을 반송하고, 서셉터(61)에 재치된 기판(W)을 히터(63)에 의해 가열하여, 샤워 헤드(71)로부터 기판(W)을 향해 원료 가스를 공급함으로써, 기판(W)의 표면에 박막이 형성된다. 또한, 성막 반응을 촉진하기 위해, 고주파 전원(76)으로부터 샤워 헤드(71)에 대하여 고주파 전력을 공급해도 된다. 이 경우, 샤워 헤드(71)를 개재하여 처리실(41) 내에 공급된 원료 가스를 플라즈마화하여 성막하는 것이 가능해진다.

[0031] 도 3의 예에서는, 기판(W)에 대하여 성막 처리를 실시하는 챔버(40)에 대하여 설명하였지만, 챔버(40)는, 기판(W)에 대하여, 확산 처리, 에칭 처리, 애싱 처리, 스퍼터링 처리 등을 실시하는 프로세스 모듈이어도 된다.

[0032] 도 4는 기판 처리 장치(100)의 제어계의 구성을 설명하는 블록도이다. 기판 처리 장치(100)는, 각종의 센서(S1~S3), 센서(S1~S3)로부터 출력되는 데이터가 각각 입력되는 에지 디바이스(110~130), 에지 디바이스(110~130)에 의해 각각 제어되는 액추에이터(A1~A3), 및 장치 전체의 동작을 제어하는 컨트롤 디바이스(150)를 구비한다.

[0033] 센서(S1~S3)는, 기판 처리 장치(100)에 마련되며, 계측 대상의 물리량을 시계열적으로 계측하는 센서이다. 센서(S1~S3)는, 계측 결과를 나타내는 시계열 데이터(이하, 센서 데이터라고도 함)를 후단(後段)의 에지 디바이스(110~130)로 출력한다.

[0034] 센서(S1)의 일례는, RF(Radio Frequency) 센서이다. RF 센서는, 고주파 전원(76)의 출력측에 설치되며, 고주파 전원(76)의 RF 파워를 시계열적으로 계측한다. 대체적으로, RF 센서는, 전압, 전류, 정전 용량, 임피던스, 위상, 부하 전력 등을 시계열적으로 계측하는 센서여도 된다. 센서(S2)의 일례는, 온도 센서이다. 온도 센서는, 측온 부분이 서셉터(61)에 매설되며, 기판 재치면의 온도(즉, 처리 대상의 기판(W)의 온도)를 시계열적으로 계측하는 온도 센서(TS)를 포함한다. 대체적으로, 온도 센서는, 전극 온도나 처리실(41)의 내부 온도 등을 시계열적으로 계측하는 센서여도 된다. 센서(S3)의 일례는, 토크 센서이다. 토크 센서는, 기판 반송 기구(21, 31)에 탑재되는 액추에이터(예를 들면 액추에이터(A3))가 받는 토크를 시계열적으로 계측한다.

[0035] 기판 처리 장치(100)에 탑재되는 센서(S1~S3)는, 상기 서술의 RF 센서, 온도 센서, 토크 센서에 한정되는 것은 아니다. 또한, 기판 처리 장치(100)에 탑재되는 센서의 수는 3개로 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 기판 처리 장치(100)는, 가스 센서, OES(Optical Emission Spectroscopy) 센서, 유량 센서 등을 포함하는 1개 이상의 센서를 구비해도 된다. 여기서, 가스 센서는, 처리실(41)에 설치되며, 처리실(41)의 내부를 충족시키는 가스의 특정의 성분량을 시계열적으로 계측하는 센서이다. 가스 센서에는, 질량 분석계, 적외분광계, 가스 크로마토그래피 등이 이용된다. OES 센서는, 처리실(41)에 설치되며, 처리실(41)의 내부의 플라즈마 발광 강도를 시계열적으로 계측하는 센서이다. 유량 센서는, 처리실(41)에 설치되며, 처리실(41)의 내부에 도입되는 가스의 유량을 시계열적으로 계측하는 센서이다.

[0036] 또한, 센서(S1~S3)의 샘플링 레이트는 임의이며, 센서마다 적절히 설정된다. 예를 들면, RF 센서의 샘플링 레이트는 1~10μsec이다. 온도 센서의 샘플링 레이트는, 예를 들면 100msec이다. 토크 센서의 샘플링 레이트는, 예를 들면 2.5msec이다. OES 센서의 샘플링 레이트는, 예를 들면 10~100msec이다. 가스 센서의 샘플링 레이트는, 예를 들면 1~10msec이다. 유량 센서의 샘플링 레이트는, 예를 들면 10msec이다.

[0037] 에지 디바이스(110~130)는, 센서(S1~S3)로부터 입력되는 센서 데이터에 의거하여, 기판 처리 장치(100)의 상태를 추정하는 처리, 및 액추에이터(A1~A3)에 대한 제어값을 추정하는 처리 등을 실행한다. 에지 디바이스(110~130)는, 예를 들면, 상태의 추정 결과를 컨트롤 디바이스(150)로 출력하고, 제어값의 추정 결과에 의거하

여 액추에이터(A1~A3)의 동작을 제어한다. 에지 디바이스(110~130)의 내부 구성, 및 에지 디바이스(110)가 실행하는 처리의 내용에 대해서는 나중에 상세하게 서술한다.

[0038] 액추에이터(A1~A3)는, 에지 디바이스(110~130)의 제어 대상이다. 본 실시 형태에서는, 모터 등의 전기 에너지를 물리적인 운동량으로 변환하는 기계 요소에 한정되지 않고, 전기 회로를 포함하는 각종 구동 회로를 총칭하여 액추에이터라고 표기한다.

[0039] 예를 들면, 센서(S1)가 RF 센서인 경우, 액추에이터(A1)는 고주파 전원(76)이어도 된다. 이 경우, 에지 디바이스(110)는, RF 센서로부터 RF 파워의 시계열 데이터를 취득하고, 취득한 시계열 데이터에 의거하여, 고주파 전원(76)에 대한 제어값을 추정하고, 추정한 제어값에 의거하여 고주파 전원(76)의 동작을 제어한다. 또한, 센서(S2)가 온도 센서(TS)인 경우, 액추에이터(A2)는 히터 전원(64)이어도 된다. 이 경우, 에지 디바이스(120)는, 온도 센서(TS)로부터 온도의 시계열 데이터를 취득하고, 취득한 시계열 데이터에 의거하여, 히터 전원(64)에 대한 제어값을 추정하고, 추정한 제어값에 의거하여 히터 전원(64)의 동작을 제어한다. 또한, 센서(S3)가 토크 센서인 경우, 액추에이터(A3)는 기판 반송 기구(21, 31)가 구비하는 모터여도 된다. 이 경우, 에지 디바이스(130)는, 토크 센서로부터 모터 구동축이 받는 토크의 시계열 데이터를 취득하고, 취득한 시계열 데이터에 의거하여, 기판 반송 기구(21, 31)에 대한 제어값을 추정하고, 추정한 제어값에 의거하여, 기판 반송 기구(21, 31)의 동작을 제어한다.

[0040] 본 실시 형태에서는, 각 에지 디바이스(110~130)에 대하여, 센서 및 액추에이터를 각각 1개씩 접속하는 구성으로 하였지만, 에지 디바이스(110~130)에 접속되는 센서 및 액추에이터의 수는 1개로 한정되지 않는다. 에지 디바이스(110~130)의 각각에 복수의 센서 및 복수의 액추에이터가 접속되어도 된다. 또한, 본 실시 형태에서는, 기판 처리 장치(100)가 3개의 에지 디바이스(110~130)를 구비하는 구성으로 하였지만, 기판 처리 장치(100)에 탑재되는 에지 디바이스의 수는 3개로 한정되는 것은 아니고, 1개 이상의 에지 디바이스를 구비하고 있으면 된다.

[0041] 컨트롤 디바이스(150)는, 에지 디바이스(110~130)로부터 입력되는 각종 정보, 및 외부로부터 입력되는 각종 정보에 의거하여, 기판 처리 장치(100)의 장치 전체의 동작을 제어한다. 컨트롤 디바이스(150)의 내부 구성, 및 컨트롤 디바이스(150)가 실행하는 처리의 내용에 대해서는 나중에 상세하게 서술한다.

[0042] 도 5는 기판 처리 장치(100)가 구비하는 에지 디바이스(110)의 내부 구성을 나타내는 블록도이다. 에지 디바이스(110)는, 기판 처리 장치(100)에 마련되는 전용 또는 범용의 컴퓨터이며, 제어부(111), 기억부(112), 입력부(113), 출력부(114), 통신부(115) 등을 구비한다. 에지 디바이스(110)는, 입력부(113)를 통하여 입력되는 센서(S1)의 센서 데이터에 의거하여, 기판 처리 장치(100)의 상태를 감시함과 함께, 액추에이터(A1)의 동작을 제어한다.

[0043] 제어부(111)는, CPU(Central Processing Unit), ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory) 등을 구비한다. 제어부(111)가 구비하는 ROM에는, 에지 디바이스(110)가 구비하는 하드웨어 각 부의 동작을 제어하는 제어 프로그램 등이 기억된다. 제어부(111) 내의 CPU는, ROM에 기억되어 있는 제어 프로그램이나 기억부(112)에 기억되어 있는 각종 컴퓨터 프로그램을 판독하여 실행하고, 하드웨어 각 부의 동작을 제어함으로써, 장치 전체를 본 개시의 정보 처리 장치로서 기능시킨다. 제어부(111)가 구비하는 RAM에는, 연산의 실행 중에 이용되는 데이터가 일시적으로 기억된다.

[0044] 실시 형태에서는, 제어부(111)가 CPU, ROM, 및 RAM을 구비하는 구성으로 하였지만, 제어부(111)의 구성은 상기의 것에 한정되지 않는다. 제어부(111)는, 예를 들면, GPU(Graphics Processing Unit), FPGA(Field Programmable Gate Array), DSP(Digital Signal Processor), 양자 프로세서, 휘발성 또는 불휘발성의 메모리 등을 구비하는 하나 또는 복수의 제어 회로 또는 연산 회로여도 된다. 또한, 제어부(111)는, 일시 정보를 출력하는 클록, 계측 개시 지시를 부여하고 나서 계측 종료 지시를 부여할 때까지의 경과 시간을 계측하는 타이머, 수를 카운트하는 카운터 등의 기능을 구비해도 된다.

[0045] 기억부(112)는, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Drive), EEPROM(Electronically Erasable Programmable Read Only Memory) 등의 기억 장치를 구비한다. 기억부(112)에는, 제어부(111)에 의해 실행되는 각종의 컴퓨터 프로그램이나 제어부(111)에 의해 이용되는 각종의 데이터가 기억된다.

[0046] 기억부(112)에 기억되는 컴퓨터 프로그램에는, 후술의 학습 모델(관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12))을 생성하기 위한 학습 처리 프로그램(PG11), 및 학습 모델을 이용하여 기판 처리 장치(100)의 상태나 액추에이터(A1)의 제어값을 추정하기 위한 추정 처리 프로그램(PG12)이 포함된다. 이들 컴퓨터 프로그램은, 단일의 컴퓨터 프

로그램이어도 되고, 복수의 컴퓨터 프로그램에 의해 구성되는 것이어도 된다. 또한, 이들 컴퓨터 프로그램은, 기존의 라이브러리를 부분적으로 이용하는 것이어도 된다.

[0047] 기억부(112)에 기억되는 학습 처리 프로그램(PG11)이나 추정 처리 프로그램(PG12) 등의 컴퓨터 프로그램은, 당해 컴퓨터 프로그램을 판독 가능하게 기록한 비일시적인 기록 매체(RM10)에 의해 제공된다. 기록 매체(RM10)는, CD-ROM, USB 메모리, SD(Secure Digital) 카드, 마이크로 SD 카드, 컴팩트 플래시(등록상표) 등의 가반형 메모리이다. 제어부(111)는, 도면에 나타내고 있지 않은 독해 장치를 이용하여, 기록 매체(RM10)로부터 각종 컴퓨터 프로그램을 판독하고, 판독한 각종 컴퓨터 프로그램을 기억부(112)에 기억시킨다. 기억부(112)에 기억되는 컴퓨터 프로그램은, 통신에 의해 제공되어도 된다. 이 경우, 제어부(111)는, 통신부(115)를 통하여 컴퓨터 프로그램을 취득하고, 취득한 컴퓨터 프로그램을 기억부(112)에 기억시키면 된다.

[0048] 기억부(112)는, 센서(S1)로부터 출력되는 시계열 데이터가 입력된 경우, 기판 처리 장치(100)에 관한 정보를 출력하도록 구성되는 학습 모델을 구비한다. 기억부(112)에는, 학습 모델을 정의하는 정보로서, 예를 들면, 학습 모델이 구비하는 층의 구성 정보, 각 층에 포함되는 노드의 정보, 노드간의 가중치 부여 및 바이어스의 파라미터 등이 기억된다.

[0049] 본 실시 형태와 관련된 에지 디바이스(110)는, 학습 모델로서, 관측 모델(MD11)과, 제어 모델(MD12)을 구비한다. 관측 모델(MD11)은, 기판 처리 장치(1)의 상태를 추정하기 위한 모델이다. 제어 모델(MD12)은, 에지 디바이스(110)의 제어 대상인 액추에이터(A1)의 제어값을 추정하기 위한 모델이다. 도 5에 나타내는 예에서는, 학습 모델로서, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 쌍방을 구비하는 구성으로 하였지만, 어느 일방만을 구비하는 구성이어도 된다. 또한, 도 5에 나타내는 예에서는, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)을 1개씩 구비하는 구성으로 하였지만, 관측 모델(MD11)은 관측 대상의 센서마다 준비되어도 되고, 제어 모델(MD12)은 제어 대상의 액추에이터마다 준비되어도 된다.

[0050] 입력부(113)는, 센서(S1)를 접속하기 위한 인터페이스를 구비한다. 입력부(113)에 접속되는 센서(S1)는 예를 들면 RF 센서이다. 입력부(113)에 접속되는 센서(S1)는, 상기에 한정되지 않고, 프로세스의 상태(퍼포먼스)를 관측하기 위해 필요한 임의의 센서가 접속된다. 입력부(113)를 통하여 입력되는 시계열 데이터(센서 데이터)는, 기억부(112)에 일시적으로 기억된다.

[0051] 출력부(114)는, 에지 디바이스(110)의 제어 대상인 액추에이터(A1)를 접속하기 위한 인터페이스를 구비한다. 제어부(111)는, 상기 서술의 제어 모델(MD12)을 이용하여 제어값을 추정하고, 추정한 제어값에 의거하는 제어 명령을 출력부(114)로부터 액추에이터(A1)로 출력함으로써, 액추에이터(A1)의 동작을 제어한다.

[0052] 통신부(115)는, 컨트롤 디바이스(150)와의 사이에서 각종의 데이터를 송수신하기 위한 통신 인터페이스를 구비한다. 통신부(115)의 통신 인터페이스로서, LAN 등의 통신 규격에 준거한 통신 인터페이스를 이용할 수 있다. 통신부(115)는, 송신해야 할 데이터가 제어부(111)로부터 입력된 경우, 컨트롤 디바이스(150)로 데이터를 송신하고, 컨트롤 디바이스(150)로부터 송신된 데이터를 수신한 경우, 수신한 데이터를 제어부(111)로 출력한다.

[0053] 도 6은 에지 디바이스(110)가 구비하는 관측 모델(MD11)의 구성예를 나타내는 모식도이다. 관측 모델(MD11)은, 센서(S1)로부터 얻어지는 시계열 데이터(센서 데이터)를 입력한 경우, 당해 센서(S1)가 마련되어 있는 기판 처리 장치(100)의 상태에 관한 정보(이하, 상태 정보라고 함)를 출력하도록 구성된다. 관측 모델(MD11)로서, 시계열 데이터를 해석할 수 있는 임의의 모델을 채용할 수 있다. 일례에서는, 관측 모델(MD11)은, 심층 학습을 포함하는 기계 학습의 학습 모델이며, RNN(Recurrent Neural Network), LSTM(Long Short-Term Memory) 등에 의해 구축된다. 대체적으로, 관측 모델(MD11)은, CNN(Convolutional Neural Network), R-CNN(Region based CNN), YOLO(You Only Look Once), SSD(Single Shot Multibox Detector), GAN(Generative Adversarial Network), SVM(Support Vector Machine), 결정목 등에 의거하는 학습 모델이어도 된다. 또한, 관측 모델(MD11)은, 자기 회귀 모델, 이동 평균 모델, 자기 회귀 이동 평균 모델 등, 심층 학습 이외의 학습 모델이어도 된다.

[0054] 관측 모델(MD11)은, 입력층(MD11a), 중간층(MD11b, MD11c), 출력층(MD11d) 등을 구비한다. 도 6의 예에서는, 관측 모델(MD11)이 2개의 중간층(MD11b, MD11c)을 구비하는 구성으로 하였지만, 3개 이상의 중간층을 구비하는 구성이어도 된다.

[0055] 입력층(MD11a), 중간층(MD11b, MD11c), 및 출력층(MD11d)에는, 1개 또는 복수의 노드가 마련된다. 각 층의 노드는, 전후의 층에 존재하는 노드와 일방향에 원하는 가중치 및 바이어스로 결합되어 있다. 관측 모델(MD11)의 입력층(MD11a)에는, 입력층(MD11a)이 구비하는 노드의 수와 동수(同數)의 데이터가 입력된다. 본 실시 형태에

있어서, 입력층(MD11a)의 노드에 입력되는 센서 데이터는, 센서(S1)로부터 얻어지는 시계열 데이터이다. 입력층(MD11a)에 입력되는 센서 데이터는, 시간적으로 연속하는 복수 개의 계측값이어도 되고, 시각에 대하여 계측값을 플롯한 그래프(화상 데이터)여도 된다.

[0056] 입력된 센서 데이터는, 입력층(MD11a)이 구비하는 노드를 통하여, 첫번째의 중간층(MD11b)이 구비하는 노드로 출력된다. 첫번째의 중간층(MD11b)에 입력된 데이터는, 이 중간층(MD11b)을 구성하는 노드를 통하여, 두번째의 중간층(MD11c)이 구비하는 노드로 출력된다. 이 동안, 각 층의 노드간에 설정되어 있는 가중치 및 바이어스를 포함하는 활성화 함수를 이용하여, 센서 데이터의 특징량이 추출된다.

[0057] 중간층(MD11b, MD11c)에 의해 추출되는 센서 데이터의 특징량은, 출력층(MD11d)으로 출력됨과 함께, 관측 모델(MD11)의 외부에 취출된다. 출력층(MD11d)은, 두번째의 중간층(MD11c)으로부터 입력되는 특징량을 이용하여 미리 설정된 연산을 실행하고, 최종적인 연산 결과로서 기판 처리 장치(100)의 상태 정보를 출력한다.

[0058] 출력층(MD11d)으로부터 출력되는 상태 정보는, 기판 처리 장치(100)의 상태를 나타내는 평가값 등을 포함한다. 평가값은, 예를 들면, 기판 처리 장치(100)를 구성하는 특정의 컴포넌트의 열화 정도를 나타내는 정보이다. 대체적으로, 평가값은, 특정의 컴포넌트의 고장의 유무를 나타내는 정보여도 된다. 기판 처리 장치(100)를 구성하는 특정의 컴포넌트는, 배기 장치(51), 히터 전원(64), 가스 공급원(73), 고주파 전원(76) 등을 포함한다.

[0059] 관측 모델(MD11)은, 임의의 학습 알고리즘에 의해 학습된다. 학습 알고리즘으로서, 교사가 있는 학습을 이용할 수 있다. 이 경우, 센서(S1)의 센서 데이터와, 관측 모델(MD11)이 출력해야 하는 정답 데이터를 포함하는 데이터 세트를 훈련 데이터에 이용하여, 센서 데이터가 입력된 경우, 기판 처리 장치(100)의 상태 정보를 출력하도록 학습된다. 훈련 데이터는, 기판 처리 장치(100)의 관리자 등에 의해 부여되어도 된다. 예를 들면, 센서(S1)의 센서 데이터, 컴포넌트를 교환한 일시, 고장을 발견한 일시 등을 이력 데이터로서 축적한다. 이 이력 데이터에 의거하여, 센서(S1)의 센서 데이터와, 당해 센서 데이터가 얻어진 일시에 있어서의 열화의 유무 또는 고장의 유무를 나타내는 정답 데이터를 훈련 데이터로서 부여하면 된다.

[0060] 도 6에 일례로서 나타내는 관측 모델(MD11)은, 입력층(MD11a), 중간층(MD11b, MD11c), 및 출력층(MD11d)을 구비하는 구성으로 하였지만, 관측 모델(MD11)의 구성은, 도 6에 나타내는 것에 한정되지 않는다. 예를 들면, 관측 모델(MD11)은, 중간층(MD11b, 11c)을 구비하지 않고, 입출력의 관계(즉, 센서 데이터와 상태 정보와의 관계)만이 규정된 모델이어도 된다.

[0061] 본 실시 형태에서는, 관측 모델(MD11)의 학습 알고리즘으로서, 교사가 있는 학습을 설명하였지만, 교사가 없는 학습을 포함하는 임의의 학습 알고리즘을 이용하여, 관측 모델(MD11)을 생성하는 것이 가능하다.

[0062] 에지 디바이스(110)의 제어부(111)는, 관측 모델(MD11)에 의한 연산을 실행한 경우, 출력층(MD11d)으로부터 상태 정보를 취득함과 함께, 중간층(MD11b, MD11c)에서 추출되는 센서 데이터의 특징량을 취득한다. 제어부(111)는, 취득한 기판 처리 장치(100)의 상태 정보 및 센서 데이터의 특징량을, 에지 디바이스(110)의 상위 장치인 컨트롤 디바이스(150)로 송신한다.

[0063] 도 7은 에지 디바이스(110)가 구비하는 제어 모델(MD12)의 구성예를 나타내는 모식도이다. 제어 모델(MD12)은, 센서(S1)로부터 얻어지는 시계열 데이터(센서 데이터)를 입력한 경우, 당해 센서(S1)가 마련되어 있는 기판 처리 장치(100)의 제어값에 관한 정보(이하, 제어 정보라고 함)를 출력하도록 구성된다. 즉, 제어 모델(MD12)의 입력층(MD12a)에 센서 데이터가 입력된 경우, 중간층(MD12b, MD12c)에 있어서 센서 데이터의 특징량을 추출하는 연산이 실행된다. 중간층(MD12b, MD12c)으로부터 얻어지는 특징량은, 출력층(MD12d)으로 출력됨과 함께, 제어 모델(MD12)의 외부에 취출된다. 출력층(MD12d)은, 두번째의 중간층(MD12c)으로부터 입력되는 특징량을 이용하여 미리 정해진 연산을 실행하고, 최종적인 연산 결과로서 기판 처리 장치(100)의 제어 정보를 출력한다. 중간층(MD12c)으로부터 출력되는 센서 데이터의 특징량, 및 출력층(MD12d)으로부터 출력되는 제어 정보는, 제어부(111)에 입력된다. 출력층(MD12d)으로부터 출력되는 제어 정보는, 기판 처리 장치(100)가 구비하는 적어도 1개의 컴포넌트를 제어하기 위한 제어값을 포함한다.

[0064] 제어 모델(MD12)은, 관측 모델(MD11)과 마찬가지로, 교사가 있는 학습으로 학습되어도 되고, 교사가 없는 학습으로 학습되어도 된다. 또한, 제어 모델(MD12)은, 강화 학습에 의해 학습되어도 된다. 예를 들면, 기판 처리 장치(100)의 상태에 따라 보수를 부여하고, 장래에 걸쳐 얻어지는 보수의 합계를 최대화하도록, 강화 학습에 있어서의 가치(價値)를 학습하면 된다. 예를 들면, 강화 학습의 하나인 Q 학습에서는, 어느 환경에 있어서의 상태 하에서, 행동(제어값)을 선택하는 가치 Q를 학습한다. Q 학습을 개시하는 시점에서는, 기판 처리 장치(100)의 상태와 행동(제어값)과의 조합에 대하여, 가치 Q의 올바른 값은 모르고 있다. 따라서, 어느 작업 데이터

하에서 다양한 제어값을 선택하고, 그 때의 행동(제어값에 의거하는 제어)에 대하여 부여되는 보수에 의거하여 보수의 합계를 산출하여, 보다 좋은 제어값의 선택을 해 나감으로써, 올바른 가치 Q를 학습한다.

[0065] 제어 모델(MD12)은, 상기 서술한 모델에 한정되지 않고, 시계열 데이터를 해석할 수 있는 다른 모델이어도 된다. 예를 들면, 제어 모델(MD12)은, 자기 회귀 모델, 이동 평균 모델, 자기 회귀 이동 평균 모델 등, 심층 학습 이외의 학습 모델이어도 된다. 또한, 제어 모델(MD12)의 구성은, 도 7에 나타내는 것에 한정되지 않는다. 예를 들면, 제어 모델(MD12)은, 중간층(MD12b, MD12c)을 구비하지 않고, 입출력의 관계(즉, 센서 데이터와 제어 정보와의 관계)만이 규정된 모델이어도 된다.

[0066] 에지 디바이스(110)의 제어부(111)는, 제어 모델(MD12)에 의한 연산을 실행한 경우, 출력층(MD12d)으로부터 제어 정보를 취득함과 함께, 중간층(MD12b, MD12c)에서 계산되는 센서 데이터의 특징량을 취득한다. 제어부(111)는, 취득한 기판 처리 장치(100)의 제어 정보 및 센서 데이터의 특징량을, 에지 디바이스(110)의 상위 장치인 컨트롤 디바이스(150)로 송신한다. 또한, 제어부(111)는, 제어 모델(MD12)로부터 취득한 제어 정보에 의거하여, 액추에이터(A1)의 동작을 제어한다.

[0067] 본 실시 형태에서는, 중간층(MD11c, MD12c)으로부터 특징량을 추출하는 구성으로 하였지만, 출력층(MD11d, MD12d)으로부터 얻어지는 최종적인 연산 결과를 센서 데이터의 특징량으로 간주해도 된다. 또한, 제어부(111)는, 센서 데이터로부터 직접적으로 특징량을 추출해도 된다. 특징량의 추출에는, 피크 검출, 구간 평균 등의 적절한 통계 처리가 이용된다. 제어부(111)는, 센서 데이터에 나타나는 이상 개소를 검출하고, 검출한 이상 개소의 데이터에 가중치 부여함으로써 특징량을 추출해도 된다. 또한, 제어부(111)는, 센서 데이터에 나타나는 이상 개소를 포함하는 시계열 데이터의 스냅샷을 특징량으로서 추출해도 된다.

[0068] 도 5~도 7에서는 에지 디바이스(110)의 내부 구성에 대하여 설명하였지만, 에지 디바이스(120, 130)의 내부 구성에 대해서도 마찬가지이다. 즉, 에지 디바이스(120, 130)는, 각각 관측 모델 및 제어 모델을 구비하고, 센서(S2, S3)로부터 입력되는 센서 데이터에 의거하여, 기판 처리 장치(100)의 상태 및 액추에이터(A1, A2)의 제어값을 추정한다. 에지 디바이스(120, 130)는, 관측 모델 및 제어 모델로부터 얻어지는 기판 처리 장치(100)의 상태 정보, 및 액추에이터(A1, A2)의 제어 정보, 및, 센서(S2, S3)로부터 출력되는 센서 데이터의 특징량을, 에지 디바이스(120, 130)의 상위 장치인 컨트롤 디바이스(150)로 송신한다. 또한, 에지 디바이스(120, 130)는, 제어 모델로부터 취득한 제어 정보에 의거하여, 각각 액추에이터(A2, A3)의 동작을 제어한다.

[0069] 도 8은 기판 처리 장치(100)가 구비하는 컨트롤 디바이스(150)의 내부 구성을 나타내는 블록도이다. 컨트롤 디바이스(150)는, 기판 처리 장치(100)의 내부에 마련되는 전용 또는 범용의 컴퓨터이며, 제어부(151), 기억부(152), 제 1 통신부(153), 제 2 통신부(154), 조작부(155), 표시부(156) 등을 구비한다. 컨트롤 디바이스(150)는, 에지 디바이스(110~130)로부터 송신되는 데이터(센서 데이터의 특징량)를 수집하고, 기억부(152) 내의 데이터 베이스(DB20)에 축적한다. 컨트롤 디바이스(150)는, 데이터 베이스(DB20)에 축적한 중기적인 데이터에 의거하여, 센서의 개체차를 흡수한 제 2 학습 모델을 생성한다.

[0070] 제어부(151)는, CPU, ROM, RAM 등을 구비한다. 제어부(151)가 구비하는 ROM에는, 컨트롤 디바이스(150)가 구비하는 하드웨어 각 부의 동작을 제어하는 제어 프로그램 등이 기억된다. 제어부(151) 내의 CPU는, ROM에 기억되어 있는 제어 프로그램이나 기억부(152)에 기억되어 있는 각종 컴퓨터 프로그램을 판독하여 실행하고, 하드웨어 각 부의 동작을 제어한다.

[0071] 제어부(151)는, 상기 서술의 구성에 한정되지 않고, GPU, FPGA, DSP, 양자 프로세서, 휘발성 또는 불휘발성의 메모리 등을 구비하는 하나 또는 복수의 제어 회로 또는 연산 회로여도 된다. 또한, 제어부(151)는, 일시 정보를 출력하는 클록, 계측 개시 지시를 부여하고 나서 계측 종료 지시를 부여할 때까지의 경과 시간을 계측하는 타이머, 수를 카운트하는 카운터 등의 기능을 구비해도 된다.

[0072] 기억부(152)는, HDD, SSD, EEPROM 등의 기억 장치를 구비한다. 기억부(152)는, 상기 서술한 데이터 베이스(DB20)를 구비한다. 도 9는 데이터 베이스(DB20)의 구성예를 나타내는 개념도이다. 데이터 베이스(DB20)는, 에지 디바이스(110~130)의 식별 정보(디바이스 ID)와 관련지어, 일시 정보, 및 센서 데이터의 특징량을 기억한다. 또한, 데이터 베이스(DB20)는, 기판 처리 장치(100)의 상태 정보 및 제어 정보를 기억해도 된다.

[0073] 기억부(152)에는, 데이터 베이스(DB20) 외에, 제어부(151)에 의해 실행되는 각종의 컴퓨터 프로그램, 및 제어부(151)에 의해 이용되는 각종의 데이터가 기억된다.

[0074] 기억부(152)에 기억되는 컴퓨터 프로그램에는, 제 2 학습 모델을 생성하기 위한 학습 처리 프로그램(PG21), 및 제 2 학습 모델을 이용하여 기판 처리 장치(100)의 상태나 제어값을 추정하기 위한 추정 처리 프로그램(PG22)이

포함된다. 기억부(152)에 기억되는 컴퓨터 프로그램은, 당해 컴퓨터 프로그램을 판독 가능하게 기록한 비일시적인 기록 매체(RM20)에 의해 제공된다. 또한, 기억부(152)에 기억되는 컴퓨터 프로그램은, 통신에 의해 제공되어도 된다.

[0075] 기억부(152)는, 센서 데이터의 특징량이 입력된 경우, 기판 처리 장치(100)에 관한 정보를 출력하도록 구성되는 제 2 학습 모델을 구비한다. 기억부(152)에는, 제 2 학습 모델을 정의하는 정보로서, 제 2 학습 모델이 구비하는 층의 구성 정보, 각 층에 포함되는 노드의 정보, 노드간의 가중치 부여 및 바이어스의 정보 등이 기억된다.

[0076] 컨트롤 디바이스(150)는, 제 2 학습 모델로서, 관측 모델(MD21)과, 제어 모델(MD22)을 구비한다. 관측 모델(MD21)은, 기판 처리 장치(100)의 상태를 추정하기 위한 모델이다. 제어 모델(MD22)은, 기판 처리 장치(100)에 있어서 이용되는 제어값을 추정하기 위한 모델이다. 관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22)의 구성은, 에지 디바이스(110~130)가 구비하는 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 구성과 마찬가지이기 때문에, 그 상세한 설명은 생략한다.

[0077] 본 실시 형태에서는, 제 2 학습 모델로서, 관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22)의 쌍방을 구비하는 구성으로 하였지만, 어느 일방만을 구비하는 구성이어도 된다. 또한, 본 실시 형태에서는, 제 2 학습 모델로서, 관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22)을 1개씩 구비하는 구성으로 하였지만, 관측 모델(MD21)은 관측 대상마다 준비되어도 되고, 제어 모델(MD22)은 제어 대상마다 준비되어도 된다.

[0078] 제 1 통신부(153)는, 에지 디바이스(110~130)와의 사이에서 각종의 데이터를 송수신하기 위한 통신 인터페이스를 구비한다. 제 1 통신부(153)의 통신 인터페이스로서, LAN 등의 통신 규격에 준거한 통신 인터페이스를 이용할 수 있다. 제 1 통신부(153)는, 송신해야 할 데이터가 제어부(151)로부터 입력된 경우, 수신처의 에지 디바이스(110~130)로 데이터를 송신하고, 에지 디바이스(110~130)로부터 송신된 데이터를 수신한 경우, 수신한 데이터를 제어부(151)로 출력한다.

[0079] 제 2 통신부(154)는, 각종 데이터를 송수신하는 통신 인터페이스를 구비한다. 제 2 통신부(154)가 구비하는 통신 인터페이스는, 예를 들면, WiFi(등록상표)나 이더넷(등록상표)에서 이용되는 LAN의 통신 규격에 준한 통신 인터페이스이다. 제 2 통신부(154)는, 송신해야 할 데이터가 제어부(151)로부터 입력된 경우, 지정된 수신처로 송신해야 할 데이터를 송신한다. 또한, 제 2 통신부(154)는, 외부 장치로부터 송신된 데이터를 수신한 경우, 수신한 데이터를 제어부(151)로 출력한다.

[0080] 조작부(155)는, 터치패널, 키보드, 스위치 등의 조작 디바이스를 구비하고, 관리자 등에 의한 각종의 조작 및 설정을 접수한다. 제어부(151)는, 조작부(155)로부터 부여되는 각종의 조작 정보에 의거하여 적절한 제어를 행하고, 필요에 따라 설정 정보를 기억부(152)에 기억시킨다.

[0081] 표시부(156)는, 액정 모니터나 유기 EL(Electro-Luminescence) 등의 표시 디바이스를 구비하고, 제어부(151)로부터의 지시에 따라 관리자 등에게 통지해야 할 정보를 표시한다.

[0082] 이어서, 장치군 서버(200)의 구성에 대하여 설명한다.

[0083] 도 10은 장치군 서버(200)의 내부 구성을 나타내는 블록도이다. 장치군 서버(200)는, 제어부(201), 기억부(202), 통신부(203), 조작부(204), 표시부(205) 등을 구비한다. 장치군 서버(200)는, 복수의 기판 처리 장치(100)로부터 송신되는 데이터를 수집하고, 기억부(202) 내에 마련한 데이터 베이스(DB30)에 축적한다. 장치군 서버(200)는, 데이터 베이스(DB30)에 축적한 장기적인 데이터에 의거하여, 장치간의 개체차를 흡수한 제 3 학습 모델을 생성한다.

[0084] 제어부(201)는, CPU, ROM, RAM 등을 구비한다. 제어부(201)가 구비하는 ROM에는, 장치군 서버(200)가 구비하는 하드웨어 각 부의 동작을 제어하는 제어 프로그램 등이 기억된다. 제어부(201) 내의 CPU는, ROM에 기억되어 있는 제어 프로그램이나 기억부(202)에 기억되어 있는 각종 컴퓨터 프로그램을 판독하여 실행하고, 하드웨어 각 부의 동작을 제어한다.

[0085] 제어부(201)는, 상기 서술의 구성에 한정되지 않고, GPU, FPGA, DSP, 양자 프로세서, 휘발성 또는 불휘발성의 메모리 등을 구비하는 하나 또는 복수의 제어 회로 또는 연산 회로여도 된다. 또한, 제어부(201)는, 일시 정보를 출력하는 클록, 계측 개시 지시를 부여하고 나서 계측 종료 지시를 부여할 때까지의 경과 시간을 계측하는 타이머, 수를 카운트하는 카운터 등의 기능을 구비해도 된다.

[0086] 기억부(202)는, HDD, SSD, EEPROM 등의 기억 장치를 구비한다. 기억부(202)는, 상기 서술한 데이터 베이스(DB30)를 구비한다. 도 11은 데이터 베이스(DB30)의 구성예를 나타내는 개념도이다. 데이터 베이스(DB30)는,

기판 처리 장치(100)의 식별자(장치 ID)와 관련지어, 일시 정보 및 센서 데이터의 특징량을 기억한다. 데이터베이스(DB30)에는, 또한, 기판 처리 장치(100)의 상태를 나타내는 상태 정보, 및 기판 처리 장치(100)의 제어에 이용되는 제어 정보가 기억되어도 된다.

[0087] 기억부(202)에는, 데이터 베이스(DB30) 외에, 제어부(201)에 의해 실행되는 각종의 컴퓨터 프로그램, 및 제어부(201)에 의해 이용되는 각종의 데이터가 기억된다.

[0088] 기억부(202)에 기억되는 컴퓨터 프로그램에는, 제 3 학습 모델을 생성하기 위한 학습 처리 프로그램(PG31), 및 기판 처리 장치(100)의 상태나 제어값을 추정하기 위한 추정 처리 프로그램(PG32)이 포함된다. 기억부(202)에 기억되는 컴퓨터 프로그램은, 당해 컴퓨터 프로그램을 판독 가능하게 기록한 비일시적인 기록 매체(RM30)에 의해 제공된다. 또한, 기억부(202)에 기억되는 컴퓨터 프로그램은, 통신에 의해 제공되어도 된다.

[0089] 기억부(202)는, 센서 데이터의 특징량이 입력된 경우, 기판 처리 장치(100)에 관한 정보를 출력하도록 구성되는 제 3 학습 모델을 구비한다. 기억부(202)에는, 제 3 학습 모델을 정의하는 정보로서, 제 3 학습 모델이 구비하는 층의 구성 정보, 각 층에 포함되는 노드의 정보, 노드간의 가중치 부여 및 바이어스의 정보 등이 기억된다.

[0090] 장치군 서버(200)는, 제 3 학습 모델로서, 관측 모델(MD31)과, 제어 모델(MD32)을 구비한다. 관측 모델(MD31)은, 기판 처리 장치(100)의 상태를 추정하기 위한 모델이다. 제어 모델(MD32)은, 기판 처리 장치(100)에 있어서 이용되는 제어값을 추정하기 위한 모델이다. 관측 모델(MD31) 및 제어 모델(MD32)의 구성은, 컨트롤 디바이스(150)가 구비하는 관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22)의 구성과 마찬가지이기 때문에, 그 상세한 설명은 생략한다.

[0091] 본 실시 형태에서는, 제 3 학습 모델로서, 관측 모델(MD31) 및 제어 모델(MD32)의 쌍방을 구비하는 구성으로 하였지만, 어느 일방만을 구비하는 구성이어도 된다. 또한, 본 실시 형태에서는, 제 3 학습 모델로서, 관측 모델(MD31) 및 제어 모델(MD32)을 1개씩 구비하는 구성으로 하였지만, 관측 모델(MD31)은 관측 대상마다 준비되어도 되고, 제어 모델(MD32)은 제어 대상마다 준비되어도 된다.

[0092] 통신부(203)는, 각종 데이터를 송수신하는 통신 인터페이스를 구비한다. 통신부(203)가 구비하는 통신 인터페이스는, 예를 들면, WiFi(등록상표)나 이더넷(등록상표)에서 이용되는 LAN의 통신 규격에 준한 통신 인터페이스이다. 통신부(203)는, 송신해야 할 데이터가 제어부(201)로부터 입력된 경우, 지정된 수신처로 송신해야 할 데이터를 송신한다. 또한, 통신부(203)는, 외부 장치로부터 송신된 데이터를 수신한 경우, 수신한 데이터를 제어부(201)로 출력한다.

[0093] 조작부(204)는, 터치패널, 키보드, 스위치 등의 조작 디바이스를 구비하고, 관리자 등에 의한 각종의 조작 및 설정을 접수한다. 제어부(201)는, 조작부(204)로부터 부여되는 각종의 조작 정보에 의거하여 적절히 제어를 행하고, 필요에 따라 설정 정보를 기억부(202)에 기억시킨다.

[0094] 표시부(205)는, 액정 모니터나 유기 EL 등의 표시 디바이스를 구비하고, 제어부(201)로부터의 지시에 따라 관리자 등에게 통지해야 할 정보를 표시한다.

[0095] 도 10의 예에서는, 장치군 서버(200)가 조작부(204) 및 표시부(205)를 구비하는 구성으로 하였지만, 장치군 서버(200)에 있어서 조작부(204) 및 표시부(205)는 필수의 구성 요소는 아니다. 조작부(204)를 구비하고 있지 않은 경우, 장치군 서버(200)는, 통신부(203)를 개재하여 통신 가능하게 접속된 외부 컴퓨터로부터 조작을 접수하면 된다. 또한, 표시부(205)를 구비하고 있지 않은 경우, 장치군 서버(200)는, 관리자 등에게 통지해야 할 정보를 통신부(203)로부터 외부 컴퓨터로 송신하여, 외부 컴퓨터에 표시시키면 된다.

[0096] 이하, 기판 처리 시스템의 동작에 대하여 설명한다.

[0097] 본 실시 형태와 관련된 기판 처리 시스템에서는, 운용이 개시되기 전의 학습 페이즈에 있어서, 에지 디바이스(110~130)가 제 1 학습 모델(관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12))을 생성한다.

[0098] 도 12는 에지 디바이스(110)에 의한 제 1 학습 모델의 생성 순서를 나타내는 플로우 차트이다. 에지 디바이스(110)의 제어부(111)는, 입력부(113)를 통하여, 센서(S1)로부터 시계열적으로 출력되는 센서 데이터를 수집한다(단계 S101). 센서 데이터의 수집 기간은 예를 들면 1개월이다. 센서 데이터를 취득할 때, 제어부(111)는, 기판 처리 장치(100)의 상태 정보를 외부로부터 접수하고, 출력부(114)로부터 기판 처리 장치(100)로 출력하는 제어값을 취득한다. 제어 모델(MD12)의 학습이 완료되고 있지 않은 단계에서 이용되는 기판 처리 장치(100)의 제어값은, 예를 들면 사전에 설정되는 레시피를 참조하여 결정된다. 이들의 상태 정보나 제어값은, 센서 데이터

와 함께, 관측 모델(MD11)이나 제어 모델(MD12)의 학습 시에 훈련 데이터로서 기억부(112)에 기억된다.

[0099] 학습에 필요한 훈련 데이터가 얻어진 경우, 제어부(111)는, 기억부(112)에 기억시킨 훈련 데이터로부터, 1세트의 훈련 데이터를 선택한다(단계 S102). 제어부(111)는, 선택한 1세트의 훈련 데이터에 포함되는 센서 데이터를 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)에 각각 입력하고, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 연산을 실행한다(단계 S103). 학습이 개시되기 전의 단계에 있어서, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 모델 파라미터에는, 초기값이 설정되어 있는 것으로 한다.

[0100] 제어부(111)는, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 연산 결과를 평가하고(단계 S104), 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 학습이 완료되었는지의 여부를 판단한다(단계 S105). 제어부(111)는, 모델에 의한 연산 결과와, 정답 데이터로서 포함하는 상태 혹은 제어값에 의거하는 오차 함수(목적 함수, 손실 함수, 비용 함수라고도 함)를 이용하여, 연산 결과를 평가할 수 있다. 제어부(111)는, 예를 들면, 최급강하법 등의 구배 강하법에 의해 오차 함수를 최적화(최소화 또는 최대화)하는 과정에서, 오차 함수가 문턱값 이하(또는 문턱값 이상)가 된 경우, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 학습이 완료되었다고 판단한다.

[0101] 학습이 완료되고 있지 않은 경우(S105: NO), 즉 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12) 중 어느 일방의 학습이 완료되고 있지 않은 경우, 제어부(111)는, 학습이 완료되고 있지 않은 모델의 파라미터(노드간의 가중치 및 바이어스 등)를 갱신하여(단계 S106), 처리를 단계 S102로 되돌린다. 제어부(111)는, 출력층(MD11d, MD12d)으로부터 입력층(MD11a, MD12a)을 향해, 노드간의 가중치 및 바이어스를 순차 갱신하는 오차 역전파법을 이용하여, 모델에 있어서의 파라미터를 갱신할 수 있다.

[0102] 학습이 완료되었다고 판단한 경우(S105: YES), 학습이 끝난 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)이 얻어지므로, 제어부(111)는, 이들을 제 1 학습 모델로서 기억부(112)에 기억시킨다(단계 S107).

[0103] 도 12에서는, 에지 디바이스(110)에 의한 제 1 학습 모델의 생성 순서에 대하여 설명하였지만, 에지 디바이스(120, 130)에 있어서도, 마찬가지의 생성 순서에 의해 각각에 적용되는 제 1 학습 모델을 생성할 수 있다.

[0104] 본 실시 형태와 관련된 기판 처리 시스템은, 각 에지 디바이스(110~130)에 있어서 제 1 학습 모델이 생성된 후, 운용 페이즈에 이행시킨다. 기판 처리 시스템은, 운용 페이즈에 있어서 이하의 처리를 실행한다.

[0105] 도 13은 운용 페이즈에 있어서 기판 처리 장치(100)의 내부에서 실행되는 처리의 순서를 나타내는 플로우 차트이다. 기판 처리 장치(100)에 마련된 에지 디바이스(110)(120, 130)의 제어부(111)는, 입력부(113)를 통하여, 센서(S1)로부터 시계열적으로 출력되는 센서 데이터를 취득한 경우(단계 S121), 취득한 센서 데이터를 관측 모델(MD11) 또는 제어 모델(MD12)에 입력함으로써 모델을 실행한다(단계 S122).

[0106] 제어부(111)는, 모델을 실행하는 과정에서 각 모델(MD11, MD12)의 중간층(MD11c, MD12c)으로부터 센서 데이터의 특징량을 추출한다(단계 S123). 제어부(111)는, 예를 들면, 중간층(MD11c, MD12c)으로부터 특징량을 추출할 수 있다. 대체적으로, 제어부(111)는, 출력층(MD11d, MD12d)으로부터 얻어지는 최종적인 연산 결과를 센서 데이터의 특징량으로 간주해도 되고, 센서 데이터로부터 직접적으로 특징량을 추출해도 된다.

[0107] 제어부(111)는, 추출한 특징량을, 각 모델(MD11, MD12)로부터 얻어지는 상태 정보 및 제어 정보의 추정 결과와 함께, 컨트롤 디바이스(150)로 송신한다(단계 S124). 또한, 제어부(111)는, 각 모델(MD11, MD12)에 의해 추정한 상태 정보 및 제어 정보에 의거하여, 액추에이터(A1)의 제어를 실행한다(단계 S125). 또한, 제어부(111)는, 단계 S122에서 센서 데이터를 취득할 때마다, 단계 S122~S125의 처리를 실행하면 된다.

[0108] 컨트롤 디바이스(150)의 제어부(151)는, 에지 디바이스(110)(120, 130)로부터 송신되는 특징량을 제 1 통신부(153)로부터 수신하고(단계 S126), 데이터 베이스(DB20)에 축적한다(단계 S127).

[0109] 제어부(151)는, 특징량의 수집 기간이 종료되었는지 여부를 판단한다(단계 S128). 수집 기간은, 특징량의 수집을 개시하고 나서 예를 들면 6개월이다. 대체적으로, 데이터 베이스(DB20)에 축적한 특징량의 수를 기초로 수집 기간이 종료되었는지 여부를 판단해도 된다. 수집 기간이 종료되어 있지 않은 경우(S128: NO), 제어부(151)는, 처리를 단계 S126으로 되돌려, 특징량을 수신하고, 데이터 베이스(DB20)에 축적시키는 처리를 반복한다.

[0110] 수집 기간이 종료된 경우(S128: YES), 관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22)의 학습을 실행하고, 모델을 작성한다(단계 S129). 예를 들면, 제어부(151)는, 데이터 베이스(DB20)에 기억시킨 1세트의 특징량 및 상태 정보를 훈련 데이터에 이용하여 학습을 행함으로써, 관측 모델(MD21)을 작성할 수 있다. 또한, 제어부(151)는, 데이터 베이스(DB20)에 기억시킨 1세트의 특징량 및 제어값을 훈련 데이터에 이용하여 학습을 행함으로써, 제어 모델(MD22)을 작성할 수 있다. 모델의 작성 순서는, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 작성 순서와 마찬가지

이다.

[0111] 제어부(151)는, 모델의 작성 후, 에지 디바이스(110)(120, 130)로부터 새로운 특징량을 수신한 경우, 수신한 특징량을 관측 모델(MD21) 또는 제어 모델(MD22)에 입력하여, 모델을 실행한다(단계 S130).

[0112] 제어부(151)는, 단계 S130의 실행 결과에 의거하여, 에지 디바이스(110)(120, 130)에 있어서 사용되고 있는 모델의 갱신이 필요한지 여부를 판단한다(단계 S131). 컨트롤 디바이스(150)에서는 축적한 중기적인 데이터(예를 들면 6개월 단위의 데이터)를 기초로 모델이 작성되므로, 제어부(151)는, 새롭게 취득한 특징량에 의거하여 모델을 실행함으로써, 모델이 나타내는 트렌드로부터의 어긋남을 판정할 수 있다. 제어부(151)는, 모델이 나타내는 트렌드로부터의 어긋남이 문턱값 이상인 경우, 에지 디바이스(110)(120, 130)가 구비하는 모델에 이상이 있다고 판단한다. 제어부(151)는, 모델에 이상이 없다고 판단한 경우, 모델의 갱신이 필요하지 않다고 판단하여(S131: NO), 제어부(151)는, 처리를 단계 S130으로 되돌린다.

[0113] 제어부(151)는, 모델에 이상이 있다고 판단한 경우, 모델의 갱신이 필요하다고 판단하여(S131: YES), 에지 디바이스(110)(120, 130)에 대하여 모델의 재학습 지시를 송신한다(단계 S132).

[0114] 에지 디바이스(110)(120, 130)의 제어부(111)는, 컨트롤 디바이스(150)로부터 송신되는 재학습 지시를 수신하였는지 여부를 판단한다(단계 S133). 재학습 지시를 수신하고 있지 않다고 판단한 경우(S133: NO), 제어부(111)는, 처리를 단계 S121로 되돌려, 단계 S121~S125의 처리를 반복하여 실행한다.

[0115] 재학습 지시를 수신한 경우(S133: YES), 제어부(111)는, 재학습을 실행한다(단계 S134). 제어부(111)는, 예를 들면, 센서(S1)로부터 얻어지는 센서 데이터와 기판 처리 장치(100)의 상태 정보를 훈련 데이터에 이용하여 추가 학습을 행함으로써, 관측 모델(MD11)을 재학습할 수 있다. 또한, 제어부(111)는, 예를 들면, 센서(S1)로부터 얻어지는 센서 데이터와 기판 처리 장치(100)에 있어서 이용되는 제어값을 훈련 데이터에 이용하여 추가 학습을 행함으로써, 제어 모델(MD12)을 재학습할 수 있다. 추가 학습에 의해 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)을 재학습하는 구성 대신에, 상기 훈련 데이터를 이용하여, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)을 처음부터 다시 학습하는 구성이어도 된다.

[0116] 또한, 본 플로우 차트에서는, 컨트롤 디바이스(150)에 있어서 모델의 갱신이 필요하다고 판단한 경우, 재학습 지시를 에지 디바이스(110)(120, 130)에 송신하는 구성으로 하였지만, 각 모델(MD11, MD12)의 연산 결과를 보정하기 위한 보정값을 에지 디바이스(110)(120, 130)에 송신해도 된다. 예를 들면, 제 2 학습 모델(관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22))에 의한 예측 결과와 실측 결과와의 오차로부터 보정값을 산출할 수 있다.

[0117] 도 14는 운용 페이즈에 있어서 기판 처리 장치(100)와 장치군 서버(200)와의 사이에서 실행되는 처리의 순서를 나타내는 플로우 차트이다. 상기 서술한 바와 같이, 기판 처리 장치(100)의 컨트롤 디바이스(150)는, 운용 페이즈에 있어서, 에지 디바이스(110~130)로부터 얻어지는 특징량을 기초로, 관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22)을 작성한다. 컨트롤 디바이스(150)의 제어부(151)는, 모델의 작성 후, 에지 디바이스(110)(120, 130)로부터 새로운 특징량을 수신한 경우(단계 S141), 수신한 특징량을 관측 모델(MD21) 또는 제어 모델(MD22)에 입력하여, 모델을 실행한다(단계 S142).

[0118] 제어부(111)는, 모델을 실행하는 과정에서 각 모델(MD21, MD22)의 중간층으로부터 센서 데이터의 특징량을 추출하고(단계 S143), 추출한 특징량을, 각 모델(MD21, MD22)로부터 얻어지는 상태 정보 및 제어 정보의 추정 결과와 함께, 장치군 서버(200)로 송신한다(단계 S144). 본 실시 형태에서는, 각 모델(MD21, MD22)의 중간층으로부터 센서 데이터의 특징량을 추출하여 장치군 서버(200)로 송신하는 구성으로 하였지만, 각 모델(MD21, 22)의 출력층으로부터 얻어지는 최종적인 연산 결과를 센서 데이터의 특징량으로 간주하여 장치군 서버(200)로 송신하는 구성으로 해도 된다.

[0119] 장치군 서버(200)의 제어부(201)는, 기판 처리 장치(100)로부터 송신되는 특징량을 통신부(203)로부터 수신하여(단계 S145), 데이터 베이스(DB30)에 축적한다(단계 S146).

[0120] 제어부(201)는, 특징량의 수집 기간이 종료되었는지 여부를 판단한다(단계 S147). 수집 기간은, 특징량의 수집을 개시하고 나서 예를 들면 2~3년이다. 대체적으로, 데이터 베이스(DB30)에 축적한 특징량의 수를 기초로 수집 기간이 종료되었는지 여부를 판단해도 된다. 수집 기간이 종료되어 있지 않은 경우(S147: NO), 제어부(201)는, 처리를 단계 S145로 되돌려, 특징량을 수신하고, 데이터 베이스(DB30)에 축적시키는 처리를 반복한다.

[0121] 수집 기간이 종료된 경우(S147: YES), 관측 모델(MD31) 및 제어 모델(MD32)의 학습을 실행하여, 모델을 작성한다(단계 S148). 예를 들면, 제어부(201)는, 데이터 베이스(DB30)에 기억시킨 1세트의 특징량 및 상태 정보를

훈련 데이터에 이용하여 학습을 행함으로써, 관측 모델(MD31)을 작성할 수 있다. 또한, 제어부(201)는, 데이터 베이스(DB30)에 기억시킨 1세트의 특징량 및 제어값을 훈련 데이터에 이용하여 학습을 행함으로써, 제어 모델(MD32)을 작성할 수 있다. 모델의 작성 순서는, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 작성 순서와 마찬가지이다.

[0122] 제어부(201)는, 모델의 작성 후, 기판 처리 장치(100)로부터 새로운 특징량을 수신한 경우, 수신한 특징량을 관측 모델(MD31) 또는 제어 모델(MD32)에 입력하고, 모델을 실행한다(단계 S149).

[0123] 제어부(201)는, 단계 S149의 실행 결과에 의거하여, 기판 처리 장치(100)의 에지 디바이스(110)(120, 130)에 있어서 사용되고 있는 모델의 갱신이 필요한지 여부를 판단한다(단계 S150). 장치군 서버(200)에서는 축적한 장기적인 데이터(예를 들면 2~3년 단위의 데이터)를 기초로 모델이 작성되므로, 제어부(201)는, 새롭게 취득한 특징량에 의거하여 모델을 실행함으로써, 모델이 나타내는 트렌드로부터의 어긋남을 판정할 수 있다. 제어부(201)는, 모델이 나타내는 트렌드로부터의 어긋남이 문턱값 이상인 경우, 에지 디바이스(110)(120, 130)가 구비하는 모델에 이상이 있다고 판단한다. 제어부(201)는, 모델에 이상이 없다고 판단한 경우, 모델의 갱신이 필요하지 않다고 판단하여(S150: NO), 제어부(201)는, 처리를 단계 S149로 되돌린다.

[0124] 제어부(201)는, 모델에 이상이 있다고 판단한 경우, 모델의 갱신이 필요하다고 판단하여(S150: YES), 기판 처리 장치(100)에 대하여 모델의 재학습 지시를 송신한다(단계 S151).

[0125] 기판 처리 장치(100)가 구비하는 컨트롤 디바이스(150)의 제어부(151)는, 장치군 서버(200)로부터 송신되는 재학습 지시를 수신하였는지 여부를 판단한다(단계 S152). 재학습 지시를 수신하고 있지 않다고 판단한 경우(S152: NO), 제어부(151)는, 처리를 단계 S141로 되돌리고, 단계 S141~S144의 처리를 반복하여 실행한다.

[0126] 재학습 지시를 수신한 경우(S152: YES), 제어부(151)는, 에지 디바이스(110)(120, 130)에 지시를 부여하여, 재학습을 실행시킨다(단계 S153). 에지 디바이스(110)(120, 130)의 제어부(111)는, 예를 들면, 센서(S1)로부터 얻어지는 센서 데이터와 기판 처리 장치(100)의 상태 정보를 훈련 데이터에 이용하여 추가 학습을 행함으로써, 관측 모델(MD11)을 재학습할 수 있다. 또한, 제어부(111)는, 예를 들면, 센서(S1)로부터 얻어지는 센서 데이터와 기판 처리 장치(100)에 있어서 이용되는 제어값을 훈련 데이터에 이용하여 추가 학습을 행함으로써, 제어 모델(MD12)을 재학습할 수 있다. 추가 학습에 의해 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)을 재학습하는 구성 대신에, 상기 훈련 데이터를 이용하여, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)을 처음부터 다시 학습하는 구성이어도 된다.

[0127] 본 플로우 차트에서는, 장치군 서버(200)로부터 재학습 지시가 부여된 경우, 에지 디바이스(110)(120, 130)에 있어서 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)을 재학습하는 구성으로 하였지만, 컨트롤 디바이스(150)에 있어서 관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22)을 재학습하는 구성으로 해도 된다. 컨트롤 디바이스(150)의 제어부(151)는, 데이터 베이스(DB20)에 축적된 특징량 및 상태 정보를 훈련 데이터에 이용하여, 관측 모델(MD21)을 재학습할 수 있다. 또한, 제어부(151)는, 데이터 베이스(DB20)에 축적된 특징량 및 제어값을 훈련 데이터에 이용하여, 제어 모델(MD22)을 재학습할 수 있다. 제어부(151)는, 추가 학습에 의해 관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22)을 재학습해도 되고, 상기 훈련 데이터를 이용하여 관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22)을 처음부터 다시 학습해도 된다.

[0128] 또한, 본 플로우 차트에서는, 장치군 서버(200)에 있어서 모델의 갱신이 필요하다고 판단한 경우, 재학습 지시를 기판 처리 장치(100)에 송신하는 구성으로 하였지만, 모델의 연산 결과를 보정하기 위한 보정값을 기판 처리 장치(100)에 송신해도 된다. 예를 들면, 제 3 학습 모델(관측 모델(MD31) 및 제어 모델(MD32))에 의한 예측 결과와 실측 결과와의 오차로부터 보정값을 산출할 수 있다.

[0129] 이상과 같이, 본 실시 형태에서는, 각 에지 디바이스(110~130)에 있어서 센서 데이터에 의거하는 고화질인 모델(관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12))을 작성할 수 있다. 또한, 에지 디바이스(110~130)는, 취득한 센서 데이터에 의거하여, 기판 처리 장치(100)가 구비하는 컴포넌트의 열화를 추정하는 모델을 작성해도 된다.

[0130] 각 에지 디바이스(110~130)는, 센서 데이터를 송신하지 않고, 각 모델에서 추출한 특징량을 컨트롤 디바이스(150)로 송신하므로, 에지 디바이스(110~130)와 컨트롤 디바이스(150)와의 사이의 네트워크 부하를 저감할 수 있다. 컨트롤 디바이스(150)는, 센서 데이터의 특징량에 의거하여, 중기적인 트렌드의 모델(관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22))을 작성할 수 있다.

[0131] 각 기판 처리 장치(100)는, 각 모델에서 추출한 특징량을 장치군 서버(200)로 송신하므로, 기판 처리 장치(100)와 장치군 서버(200)와의 사이의 네트워크 부하를 저감할 수 있다. 장치군 서버(200)는, 기판 처리 장치

(100)로부터 송신되는 특징량에 의거하여, 장치간의 개체차를 흡수한 장기적인 트렌드의 모델(관측 모델(MD31) 및 제어 모델(MD32))을 작성할 수 있다.

[0132] 또한, 기판 처리 시스템 내에 새로운 기판 처리 장치(도시 생략)가 도입된 경우, 학습이 끝난 제 1 학습 모델(관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12))을 각 에지 디바이스(110~130)에 디플로이해도 된다. 또한, 학습이 끝난 제 2 학습 모델(관측 모델(MD21) 및 제어 모델(MD22))을 각 기판 처리 장치(100)의 컨트롤 디바이스(150)에 디플로이해도 된다.

[0133] (실시 형태 2)

[0134] 실시 형태 2에서는, 제 1 학습 모델의 완성도나 견실성을 평가하고, 평가 결과를 출력하는 구성에 대하여 설명한다.

[0135] 또한, 시스템 구성, 기판 처리 장치(100) 및 장치군 서버(200)의 내부 구성에 대해서는, 실시 형태 1과 마찬가지이기 때문에, 그 설명을 생략한다.

[0136] 기판 처리 장치(100)는, 학습 페이즈 또는 운용 페이즈의 적절한 타이밍에, 에지 디바이스(110~130)가 구비하는 제 1 학습 모델(관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12))의 완성도나 견실성을 평가하고, 평가 결과를 출력한다.

[0137] 기판 처리 장치(100)에는, 제 1 학습 모델(관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12))을 평가하기 위해, 평가용의 데이터 세트가 준비된다. 예를 들면, 에지 디바이스(110)가 구비하는 관측 모델(MD11)을 평가하기 위해, 센서(S1)의 센서 데이터와, 이 센서(S1)의 센서 데이터를 입력한 경우에 관측 모델(MD11)이 출력해야 할 정답 데이터를 포함하는 세트를 평가용의 데이터 세트로서 이용할 수 있다. 마찬가지로, 에지 디바이스(110)가 구비하는 제어 모델(MD12)을 평가하기 위해, 센서(S1)의 센서 데이터와, 이 센서(S1)의 센서 데이터를 입력한 경우에 제어 모델(MD12)이 출력해야 할 정답 데이터를 포함하는 세트를 평가용의 데이터 세트로서 이용할 수 있다. 에지 디바이스(120, 130)를 평가하기 위한 평가용의 데이터 세트에 대해서도 마찬가지이다.

[0138] 기판 처리 장치(100)는, 평가용의 데이터 세트에 포함되는 센서 데이터를 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)에 입력한 경우에 얻어지는 추정값과, 당해 데이터 세트에 포함되는 정답 데이터와의 차이에 의거하여, 제 1 학습 모델의 완성도나 견실성을 평가할 수 있다.

[0139] 기판 처리 장치(100)는, 제 1 학습 모델의 완성도나 견실성을 평가한 경우, 표시부(156)에 평가 결과를 표시한다. 도 15는 평가 결과의 표시예를 나타내는 모식도이다. 도 15의 예에서는, 에지 디바이스(110~130)의 각각이 구비하는 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 완성도와 견실성을 평가한 결과를 나타내고 있다. 또한, 각 그래프에 있어서, A, B, C의 인덱스는, 각각 에지 디바이스(110, 120, 130)를 나타내고 있다. 상단(上段)의 그래프는, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 완성도가 학습 횟수의 증가에 따라 높아지는 모습을 나타내고 있다. 하단(下段)의 그래프는, 각 에지 디바이스(110, 120, 130)가 구비하는 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 평가 시점에서의 견실성을 나타내고 있다.

[0140] 이와 같이, 실시 형태 2에서는, 각 학습 모델의 성능을 일람으로 표시할 수 있으므로, 관리자는, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 완성도나 견실성이 불충분한 경우, 조작부(155)를 통하여 재학습 지시를 부여함으로써, 관측 모델(MD11) 및 제어 모델(MD12)의 완성도나 견실성을 높일 수 있다.

[0141] 금회 개시된 실시 형태는, 모든 점에 있어서 예시이며, 제한적인 것은 아니라고 생각되어야 한다. 본 발명의 범위는, 상기 서술한 의미가 아니라, 청구범위에 의해 나타나고, 청구범위와 균등한 의미 및 범위 내에서의 모든 변경이 포함되는 것이 의도된다.

[0142] 예를 들면, 본 실시 형태에서는, 기판 처리 시스템에 대한 적용예에 대하여 설명하였다. 대체적으로, 전자 기기, 자동차, 의약, 화학 제품, 식품 등의 다양한 생산 관리 시스템에 있어서, 복수의 에지 디바이스에서 이용되는 학습 모델의 관리에 적용할 수 있다.

부호의 설명

[0143] 110, 120, 130 에지 디바이스

111 제어부

112 기억부

113 입력부

114 출력부

115 통신부

150 컨트롤 디바이스

151 제어부

152 기억부

153 제 1 통신부

154 제 2 통신부

155 조작부

156 표시부

200 장치군 서버

201 제어부

202 기억부

203 통신부

204 조작부

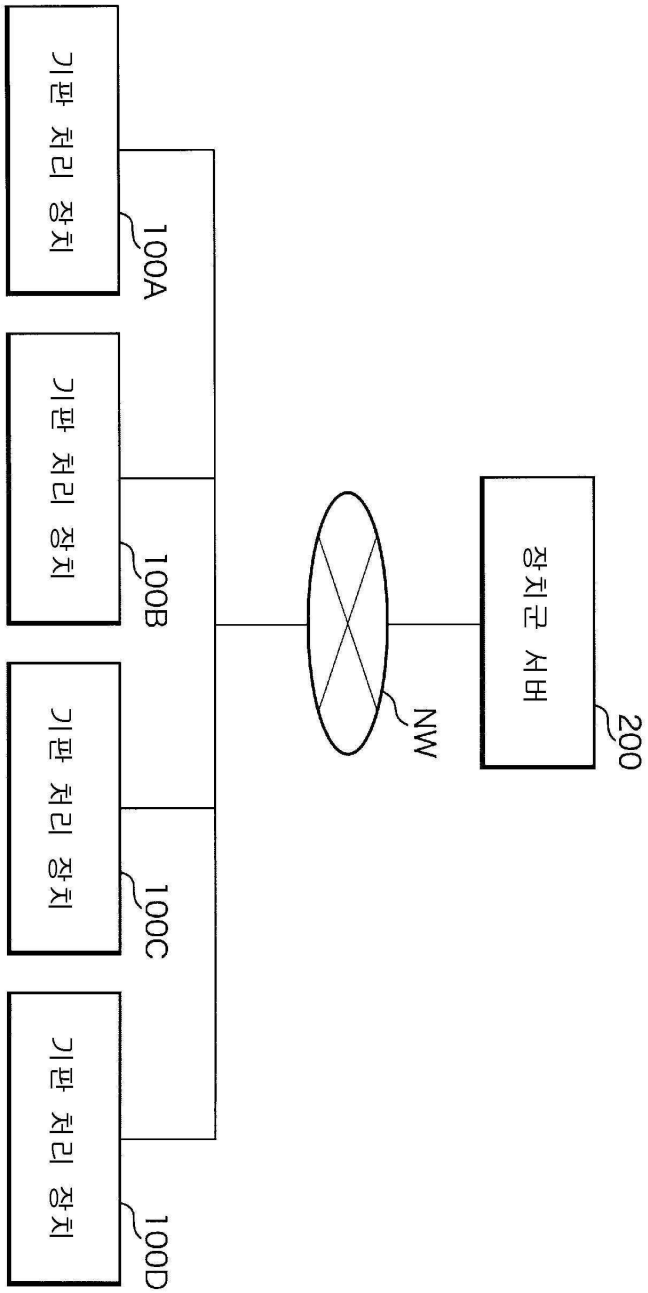
205 표시부

MD11, MD21, MD31 관측 모델

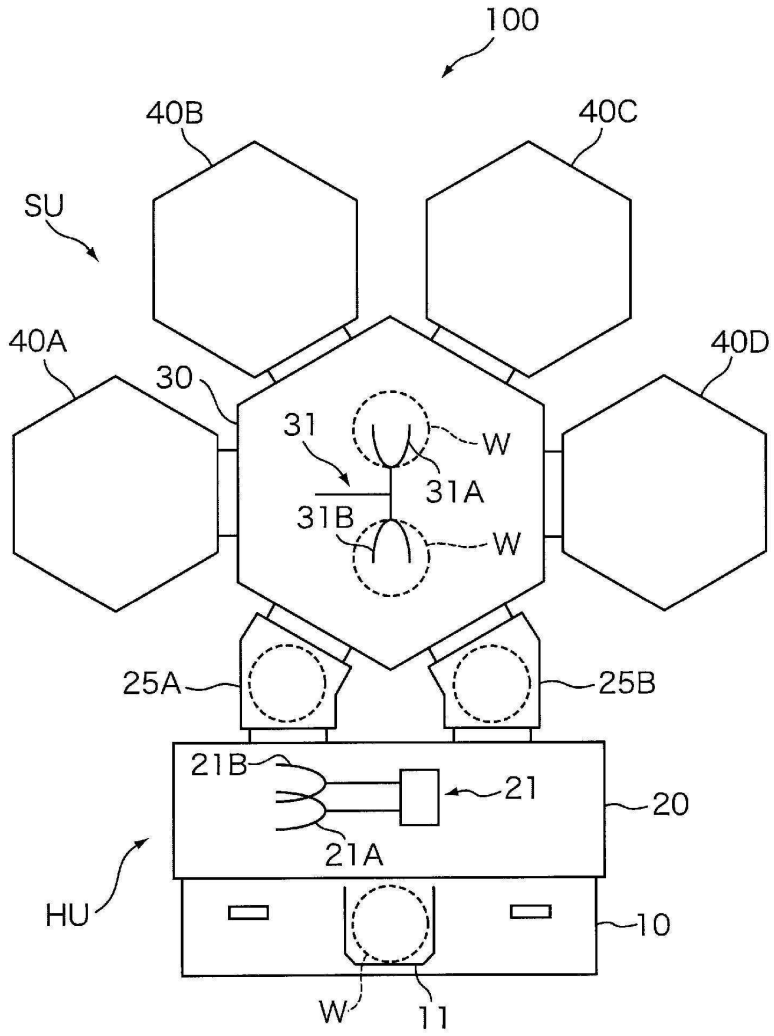
MD12, MD22, MD32 제어 모델

도면

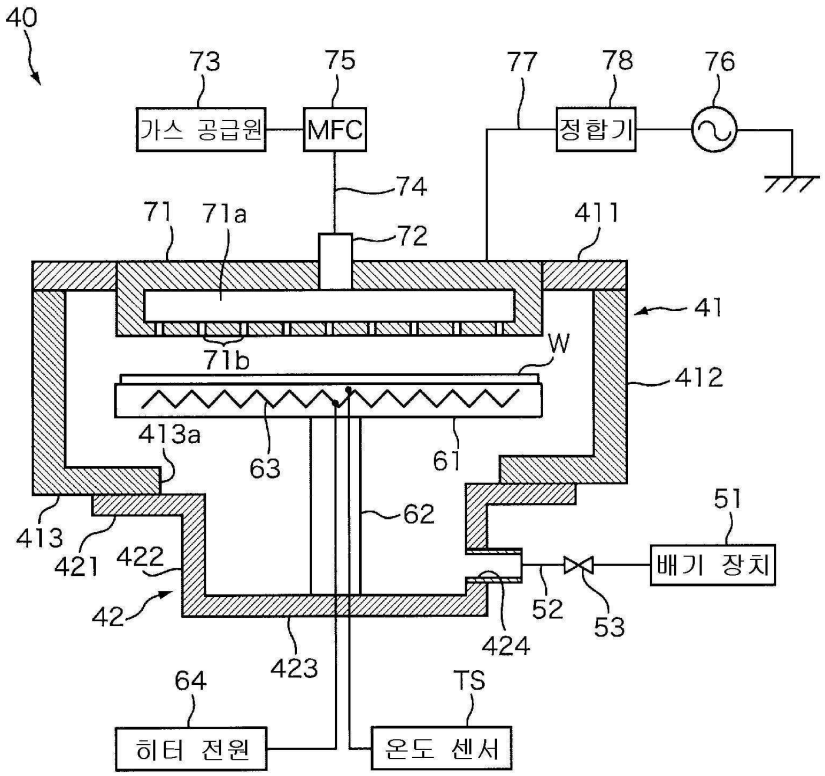
도면1


기판 처리 장치
100A
기판 처리 장치
100B
기판 처리 장치
100C
기판 처리 장치
100D
NW
장치군 서버
200

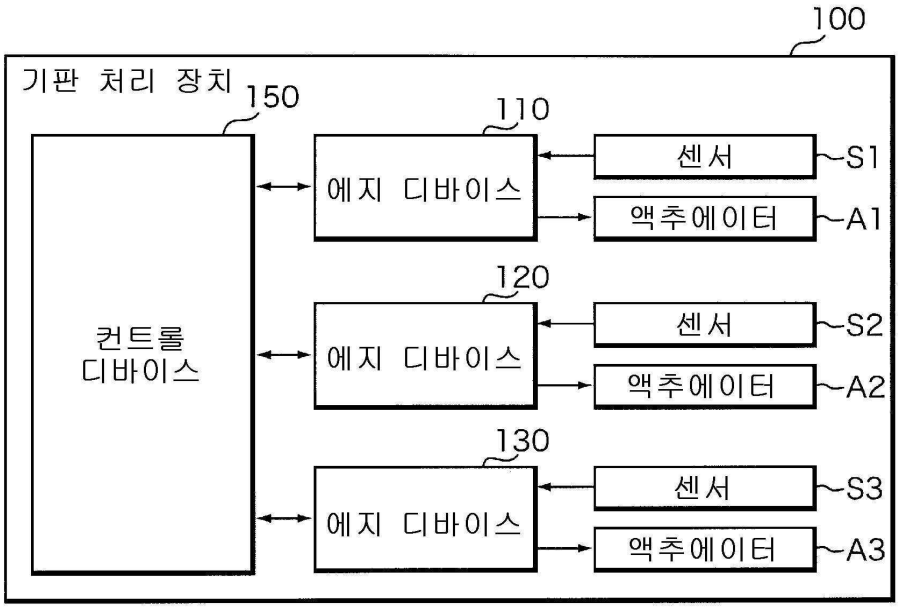
도면2


100
40B
40C
SU
40A
30
40D
31
W
31A
31B
W
25A
25B
21B
21
20
21A
HU
10
W
11

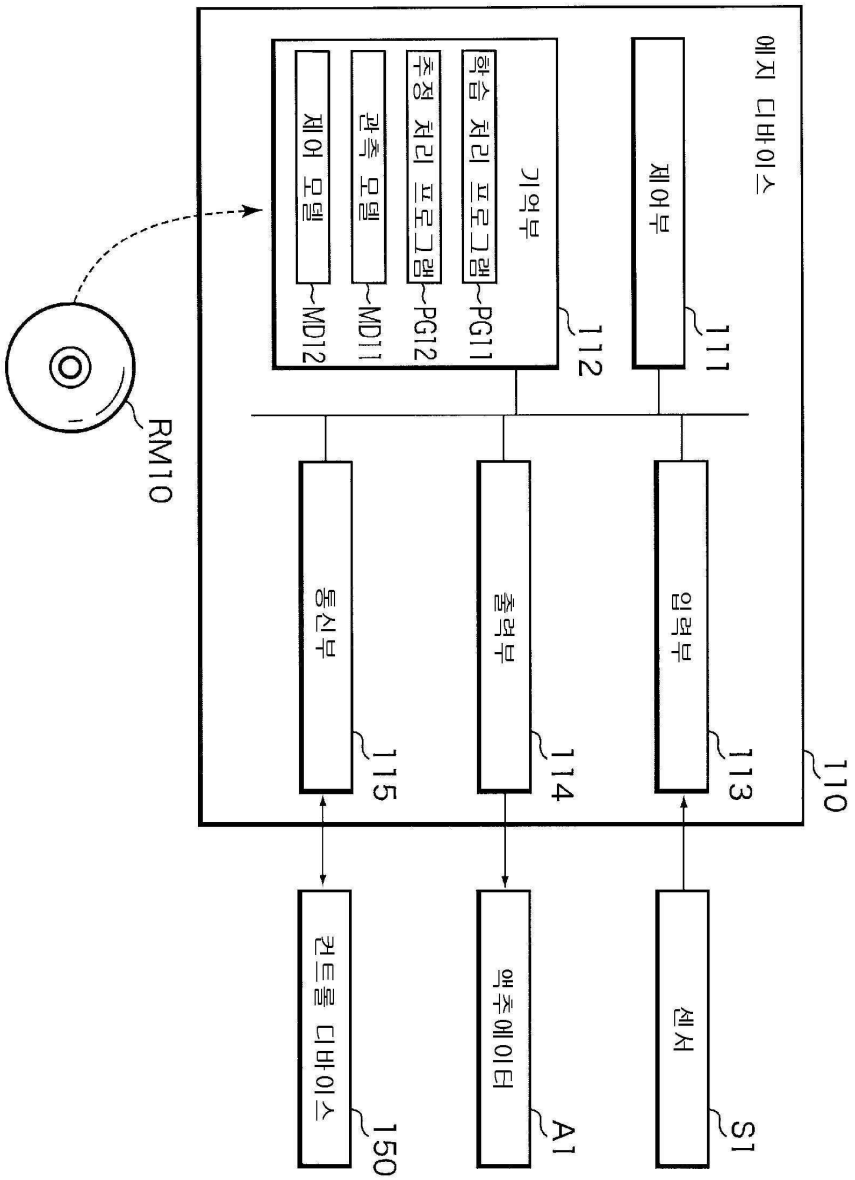
도면3


40
73
75
77
78
76
가스 공급원
MFC
정합기
74
71
71a
72
411
41
71b
W
412
413a
63
61
62
51
413
421
422
배기 장치
42
52
53
424
423
64
TS
히터 전원
온도 센서

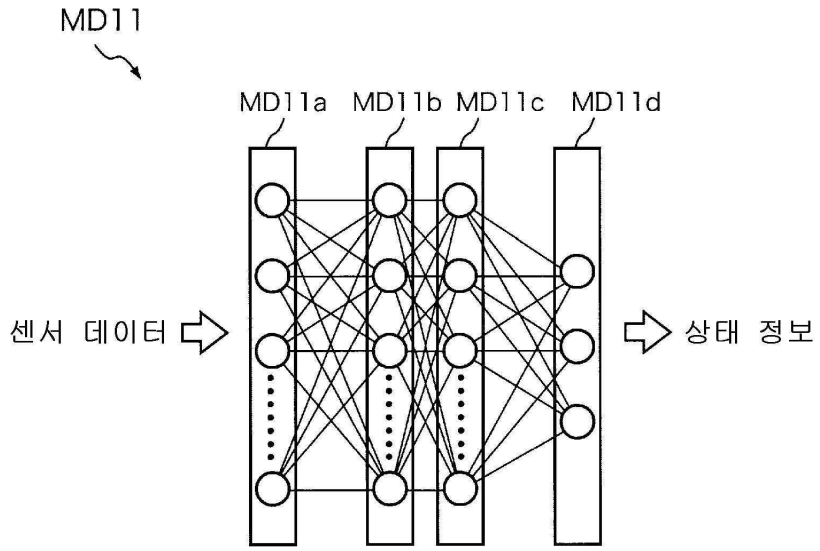
도면4


100
기판 처리 장치
150
110
센서
S1
에지 디바이스
액추에이터
A1
120
센서
S2
컨트롤
디바이스
에지 디바이스
액추에이터
A2
130
센서
S3
에지 디바이스
액추에이터
A3

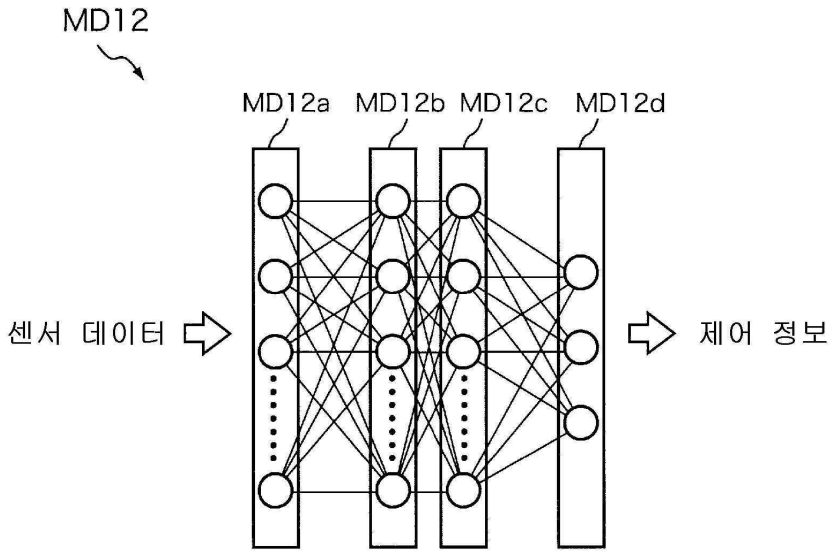
도면5


에지 디바이스
제어부
111
기억부
112
학습 처리 프로그램
PG11
추정 처리 프로그램
PG12
관측 모델
MD11
제어 모델
MD12
입력부
113
출력부
114
통신부
115
110
RM10
센서
S1
액추에이터
A1
컨트롤 디바이스
150

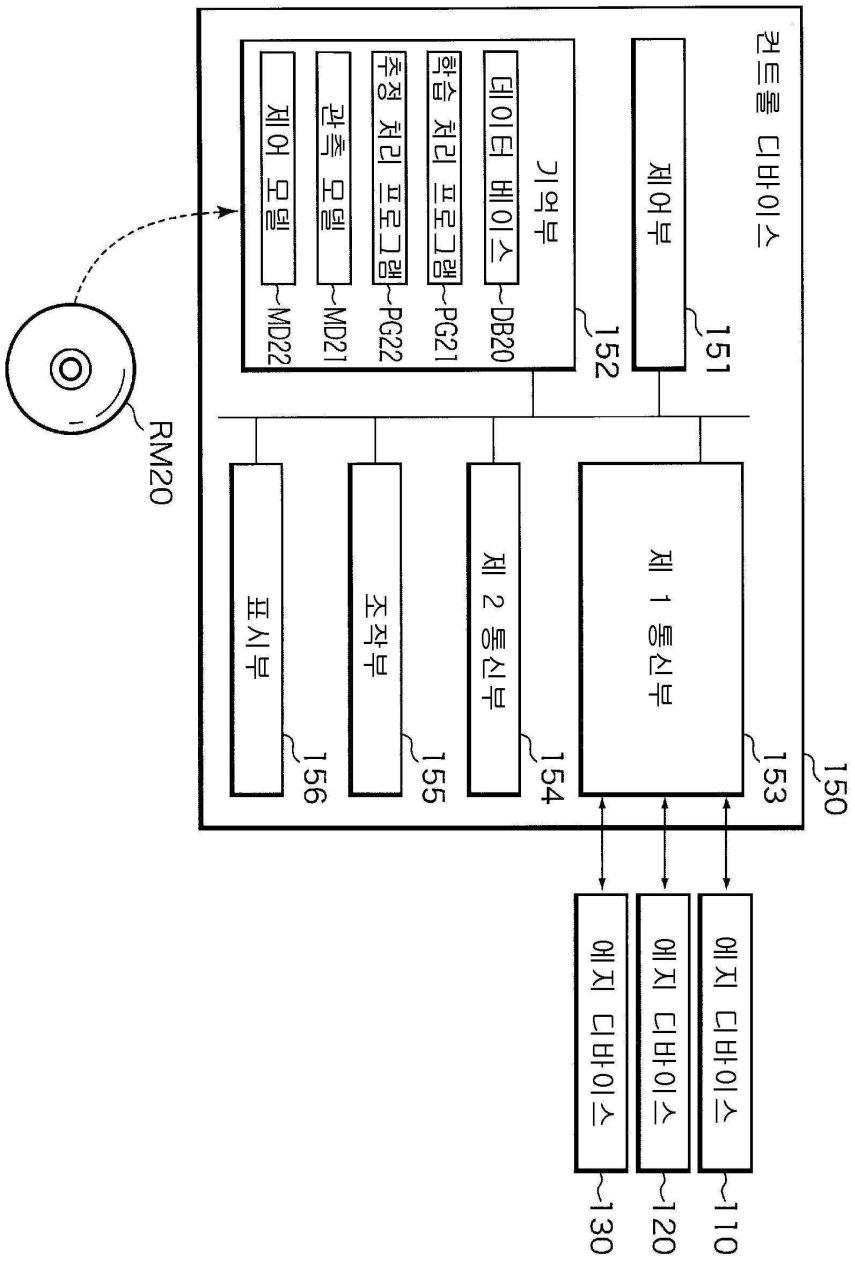
도면6


MD11
MD11a
MD11b
MD11c
MD11d
센서 데이터
상태 정보

도면7


MD12
MD12a
MD12b
MD12c
MD12d
센서 데이터
제어 정보

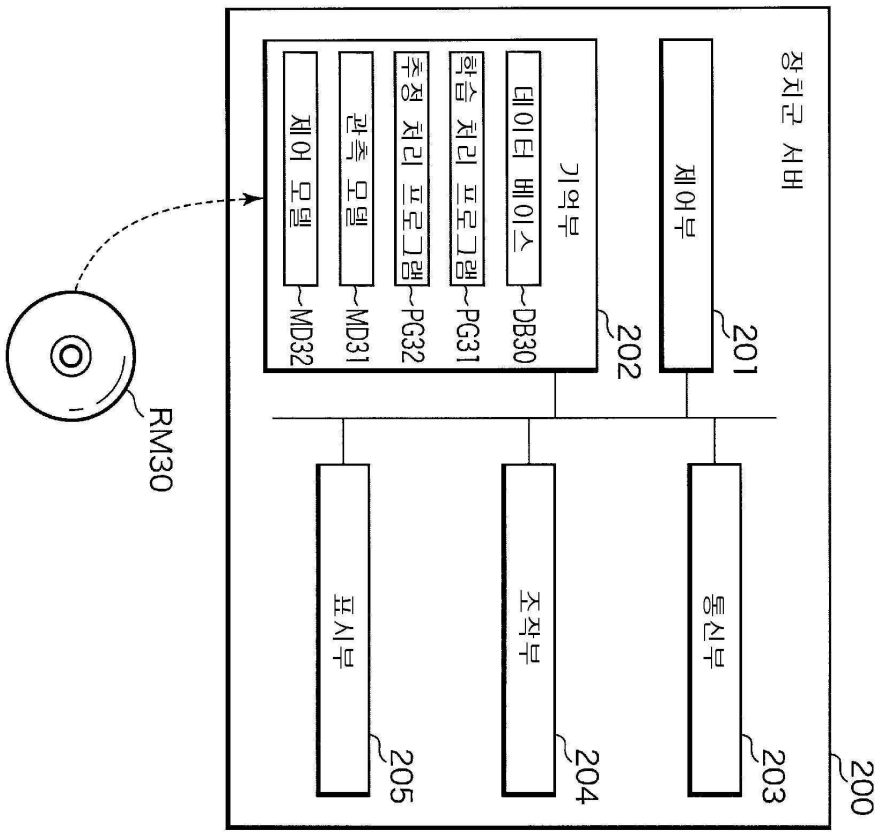
도면8


컨트롤 디바이스
제어부
151
기억부
152
데이터 베이스
DB20
학습 처리 프로그램
PG21
추정 처리 프로그램
PG22
관측 모델
MD21
제어 모델
MD22
RM20
표시부
156
조작부
155
제 2 통신부
154
제 1 통신부
153
150
에지 디바이스
130
에지 디바이스
120
에지 디바이스
110

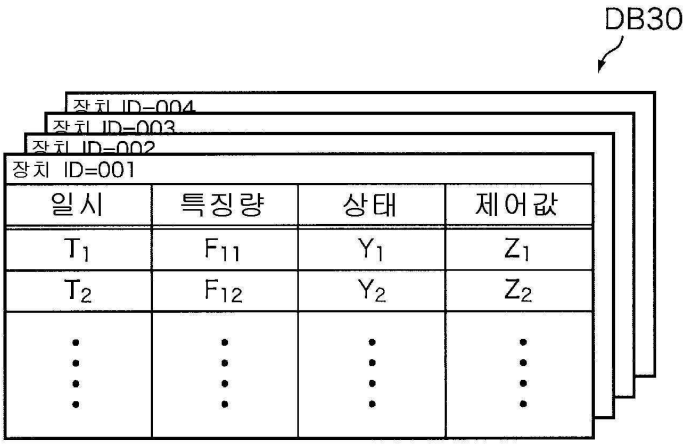
도면9


DB20
디바이스 ID=001
일시
특징량
상태
제어값
T1
F11
Y1
Z1
T2
F12
Y2
Z2

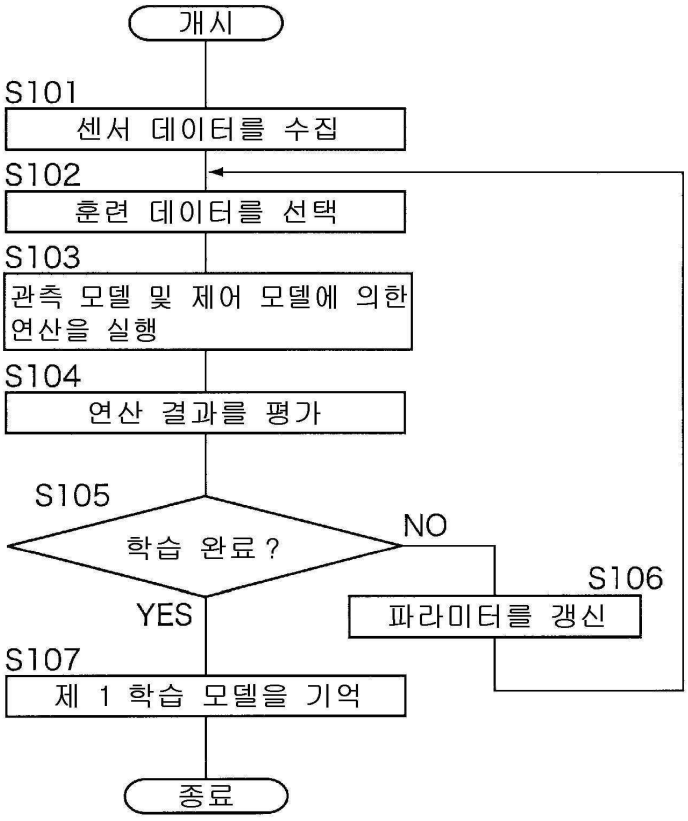
도면10


장치군 서버
기억부
데이터 베이스
DB30
학습 처리 프로그램
PG31
추정 처리 프로그램
PG32
관측 모델
MD31
제어 모델
MD32
제어부
201
202
표시부
205
조작부
204
통신부
203
200
RM30

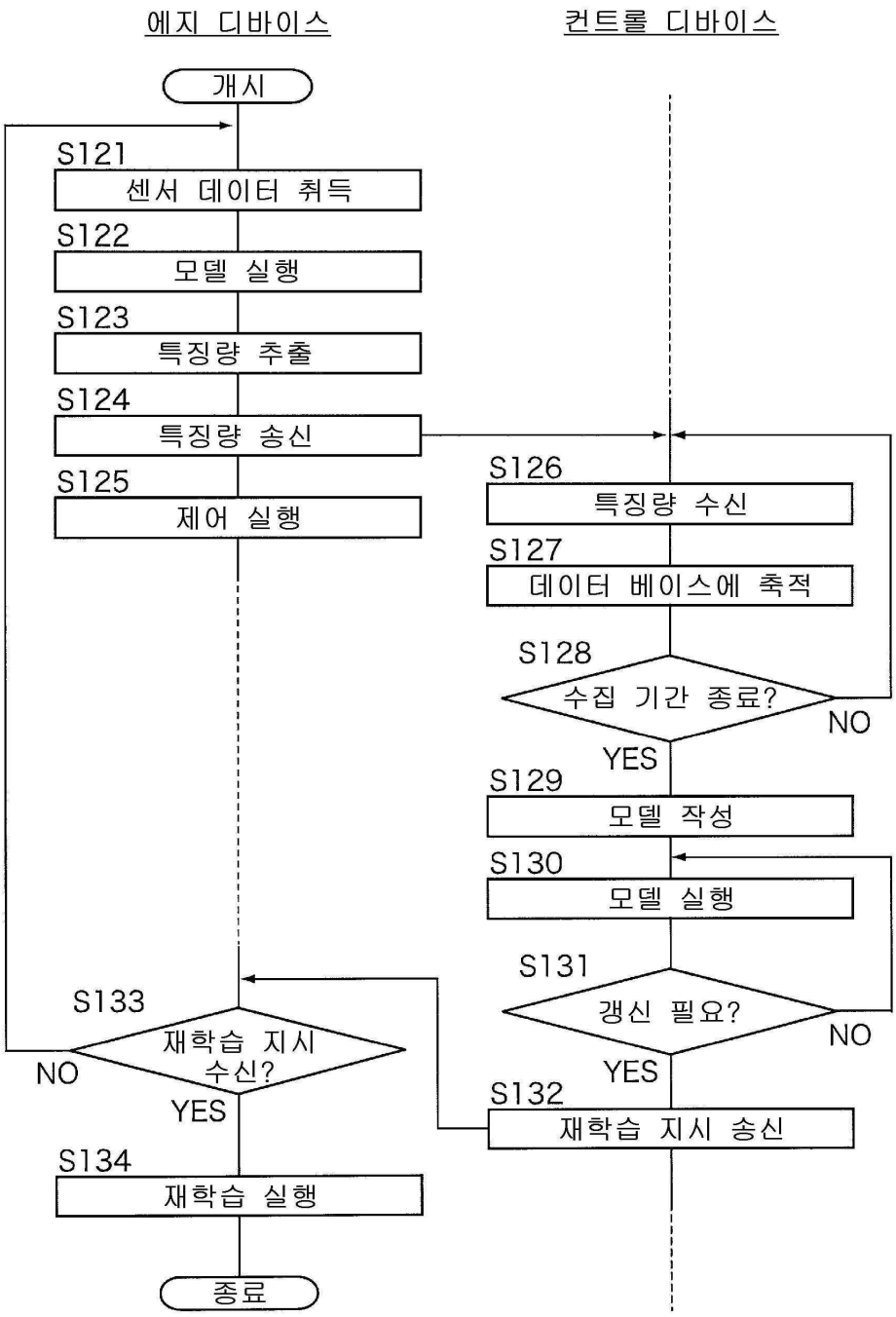
도면11


DB30
장치 ID=004
장치 ID=003
장치 ID=002
장치 ID=001
일시
특징량
상태
제어값
T1
F11
Y1
Z1
T2
F12
Y2
Z2

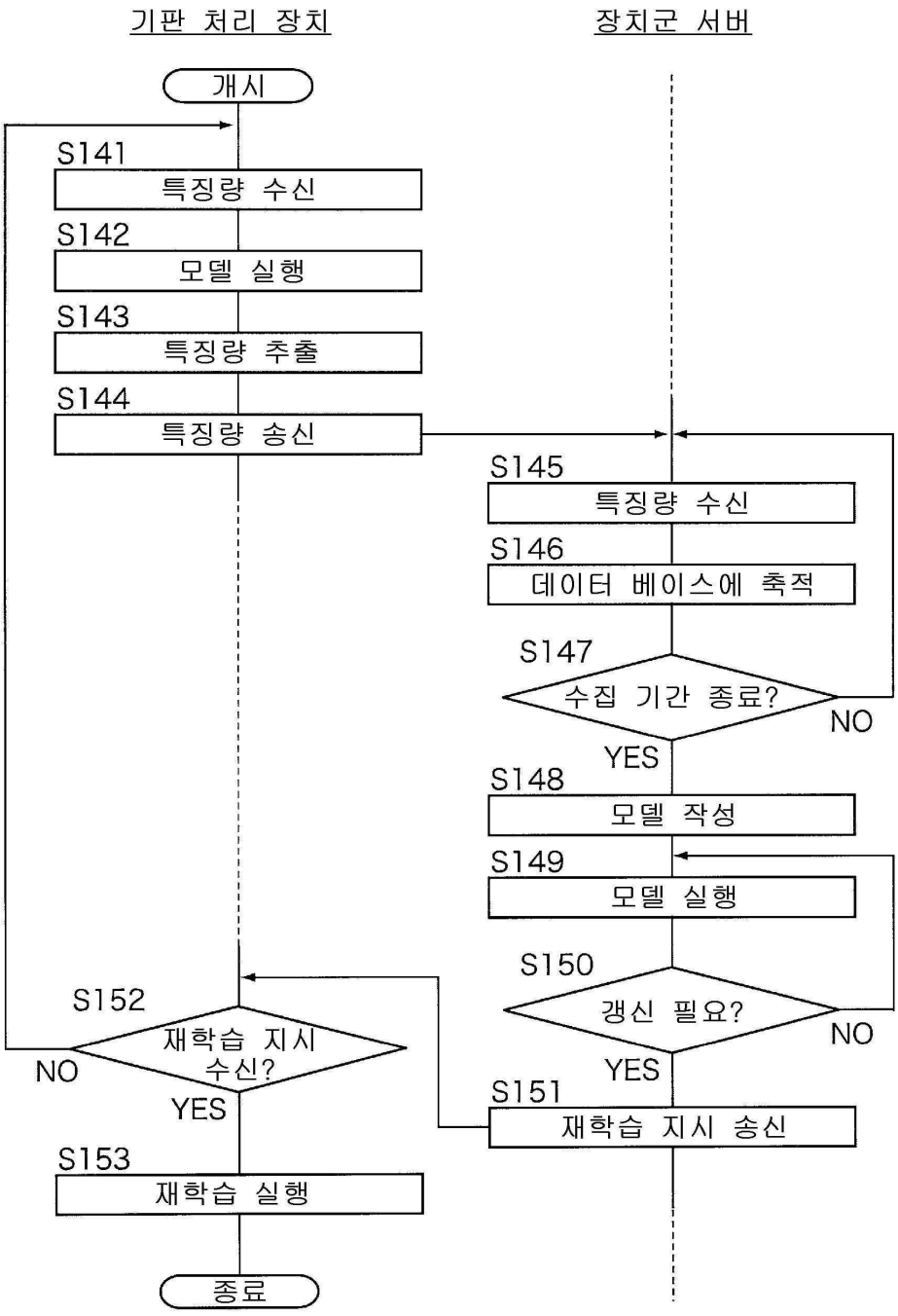
도면12


개시
S101
센서 데이터를 수집
S102
훈련 데이터를 선택
S103
관측 모델 및 제어 모델에 의한 연산을 실행
S104
연산 결과를 평가
S105
학습 완료?
NO
S106
파라미터를 갱신
YES
S107
제 1 학습 모델을 기억
종료

도면13


에지 디바이스
컨트롤 디바이스
개시
S121
센서 데이터 취득
S122
모델 실행
S123
특징량 추출
S124
특징량 송신
S125
제어 실행
S126
특징량 수신
S127
데이터 베이스에 축적
S128
수집 기간 종료?
NO
YES
S129
모델 작성
S130
모델 실행
S131
갱신 필요?
NO
YES
S132
재학습 지시 송신
S133
재학습 지시 수신?
NO
YES
S134
재학습 실행
종료

도면14


기판 처리 장치
장치군 서버
개시
S141
특징량 수신
S142
모델 실행
S143
특징량 추출
S144
특징량 송신
S145
특징량 수신
S146
데이터 베이스에 축적
S147
수집 기간 종료?
NO
YES
S148
모델 작성
S149
모델 실행
S150
갱신 필요?
NO
YES
S151
재학습 지시 송신
S152
재학습 지시 수신?
NO
YES
S153
재학습 실행
종료

도면15

