



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년08월19일

(11) 등록번호 10-2145361

(24) 등록일자 2020년08월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G05B 19/418* (2006.01) *G05B 13/04* (2006.01)  
*G05B 23/02* (2006.01) *G06F 30/20* (2020.01)

(52) CPC특허분류  
*G05B 19/41885* (2013.01)  
*G05B 13/04* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0035623

(22) 출원일자 2020년03월24일

심사청구일자 2020년03월24일

(56) 선행기술조사문헌

Yin et al., RGV dynamic scheduling..., 2019  
 IOP conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 569 032026\*  
 김충욱 등, 양방향 유도 궤도를 가진..., 대한산업  
 공학회 추계학술대회 논문집, 1992.10,  
 pp.217-280\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

비엔에스(주)

경기도 오산시 가장산업서북로 103-5 (지곶동)

(72) 발명자

최중은

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제3공학관 C319호(신촌동, 연세대학교)

이창민

서울특별시 중구 청계천로 400, 105동 1501호(황학동, 롯데캐슬베네치아)

박제현

서울특별시 서대문구 이화여대1길 33, 302호(대현동)

(74) 대리인

특허법인우인

전체 청구항 수 : 총 12 항

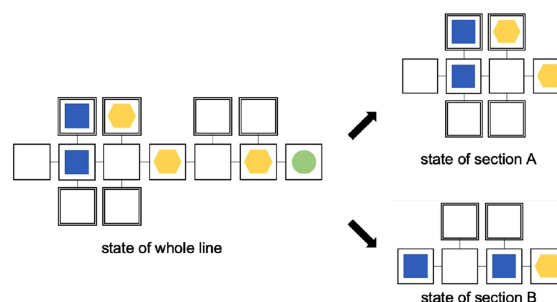
심사관 : 강성철

(54) 발명의 명칭 마르코브 결정 프로세스를 이용한 생산 라인의 제어 로직 최적화 장치 및 방법

## (57) 요약

본 실시예들은 마르코브 결정 프로세스 모델을 이용하여 제조 시스템을 관리 가능한 공간 차원의 여러 모듈로 모듈화하고 실현 가능한 제어 로직을 합성하여, 변경 사항이 있을 때 제어 로직을 신속한 설계 변경이 가능하고 제어 로직 디자이너에 의존하지 않는 일관된 성능을 확보하는 생산 라인 제어 장치 및 방법을 제공한다.

## 대표도



(52) CPC특허분류

*G05B 23/02* (2013.01)

*G06F 30/20* (2020.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

생산 라인 제어 장치에 의한 생산 라인 제어 방법에 있어서,

이동하는 복수의 운반대, 상기 하나의 운반대가 위치 가능한 자리의 집합, 및 상기 하나의 운반대를 검사하는 검사 장비가 위치하는 검사 자리의 집합이 배치된 생산 라인에 대해서, 기 설정된 동작 조건을 만족하도록 제어 로직 최적화 모델을 통해 최적화된 제어 로직을 출력하는 단계를 수행하며,

상기 제어 로직 최적화 모델은 마르코브 결정 프로세스(Markov Decision Process) 모델을 이용하며,

상기 마르코브 결정 프로세스 모델의 상태는 모든 자리의 집합에서 상기 운반대의 국소 상태 조건을 조합한 것으로 정의되고,

상기 마르코브 결정 프로세스 모델은 액션에 대해서 보상 함수를 최대화하는 최적화 정책에 따라 매 시간마다 상기 운반대의 검사를 완료하도록 모델링하며,

상기 제어 로직 최적화 모델은

상기 검사 장비의 유형에 따라 상기 생산 라인을 복수의 생산 라인 모듈로 설정하고,

상기 복수의 생산 라인 모듈마다 최적화 정책을 설정하고,

상기 복수의 생산 라인 모듈의 입구 자리 및 출구 자리가 중첩되는 공유 자리를 기준으로 분리하는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어 로직에 따른 명령어를 상기 생산 라인의 구동 모듈로 전달하는 단계를 추가로 포함하며,

상기 구동 모듈은 선형 모터로 구현되는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 방법.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제어 로직 최적화 모델은

상기 복수의 생산 라인 모듈 각각에 해당하는 액션에 대해서 보상 함수를 최대화하는 최적화 정책을 결합하여 전체 액션을 산출하며,

상기 공유 자리가 입구 자리에 해당하는 생산 라인 모듈에서 상기 입구 자리에서의 최적화 정책을 상기 공유 자리가 출구 자리에 해당하는 생산 라인 모듈에서 상기 출구 자리에서의 최적화 정책에 덮어 쓰는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제어 로직 최적화 모델은

상기 복수의 생산 라인 모듈 각각에 대해서 상기 운반대가 충돌하는 상황에 대한 상태-액션 쌍을 제거하고 상기 상태의 천이 확률을 산출하는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 운반대가 충돌하는 상황은 (i) 자리를 유지하는 이동하지 않은 운반대에 충돌하는 상황, (ii) 동일한 빈 자리로 이동하는 복수의 운반대가 충돌하는 상황, (iii) 이동하려는 운반대가 있던 자리로 다른 운반대가 이동하여 시간적 차이로 충돌할 가능성이 높은 상황으로 정의되는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제어 로직 최적화 모델은

상기 복수의 생산 라인 모듈마다 설정된 최적화 정책을 계층적인 정책으로 설계하고, 상기 계층적인 정책은 각 생산 라인 모듈에 대한 하위 정책 및 전체 생산 라인에 대한 상위 정책을 포함하고, 상기 계층적인 정책은 상기 하위 정책 및 상기 상위 정책에 설정된 우선 순위에 따라 모델링하는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 방법.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 기 설정된 동작 조건은

(i) 모든 운반대가 상기 생산 라인을 나가기 전에 필요한 모든 유형의 검사를 전부 진행하는 제1 동작 조건, (ii) 상기 운반대는 상호 충돌하지 않는 제2 동작 조건, (iii) 상기 운반대는 상기 검사 자리가 비어 있으면 상기 검사 자리로 이동하는 제3 동작 조건을 포함하며, 완전한 동작 상황으로 설정되는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 방법.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 기 설정된 동작 조건은

(iv) 오류가 있는 운반대는 상기 검사 자리로 이동하지 않고 상기 검사 자리로 이동을 대기하지 않는 제4 동작 조건을 포함하며, 불완전한 동작 상황으로 설정되는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 방법.

#### 청구항 11

하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리를 포함하는 생산 라인 제어 장치에 있어서,

상기 프로세서는 이동하는 복수의 운반대, 상기 하나의 운반대가 위치 가능한 자리의 집합, 및 상기 하나의 운반대를 검사하는 검사 장비가 위치하는 검사 자리의 집합이 배치된 생산 라인에 대해서, 기 설정된 동작 조건을 만족하도록 제어 로직 최적화 모델을 통해 최적화된 제어 로직을 출력하며,

상기 제어 로직 최적화 모델은 마르코브 결정 프로세스(Markov Decision Process) 모델을 이용하며,

상기 마르코브 결정 프로세스 모델의 상태는 모든 자리의 집합에서 상기 운반대의 국소 상태 조건을 조합한 것으로 정의되고,

상기 마르코브 결정 프로세스 모델은 액션에 대해서 보상 함수를 최대화하는 최적화 정책에 따라 매 시간마다 상기 운반대의 검사를 완료하도록 모델링하며,

상기 제어 로직 최적화 모델은

상기 검사 장비의 유형에 따라 상기 생산 라인을 복수의 생산 라인 모듈로 설정하고,

상기 복수의 생산 라인 모듈마다 최적화 정책을 설정하고,

상기 복수의 생산 라인 모듈의 입구 자리 및 출구 자리가 중첩되는 공유 자리를 기준으로 분리하는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 장치.

## 청구항 12

삭제

## 청구항 13

삭제

## 청구항 14

제11항에 있어서,

상기 제어 로직 최적화 모델은

상기 복수의 생산 라인 모듈 각각에 해당하는 액션에 대해서 보상 함수를 최대화하는 최적화 정책을 결합하여 전체 액션을 산출하며,

상기 공유 자리가 입구 자리에 해당하는 생산 라인 모듈에서 상기 입구 자리에서의 최적화 정책을 상기 공유 자리가 출구 자리에 해당하는 생산 라인 모듈에서 상기 출구 자리에서의 최적화 정책에 덮어 쓰는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 장치.

## 청구항 15

제11항에 있어서,

상기 제어 로직 최적화 모델은

상기 복수의 생산 라인 모듈 각각에 대해서 상기 운반대가 충돌하는 상황에 대한 상태-액션 쌍을 제거하고 상기 상태의 천이 확률을 산출하는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 장치.

## 청구항 16

제11항에 있어서,

상기 기 설정된 동작 조건은

(i) 모든 운반대가 상기 생산 라인을 나가기 전에 필요한 모든 유형의 검사를 전부 진행하는 제1 동작 조건, (ii) 상기 운반대는 상호 충돌하지 않는 제2 동작 조건, (iii) 상기 운반대는 상기 검사 자리가 비어 있으면 상기 검사 자리로 이동하는 제3 동작 조건, (iv) 오류가 있는 운반대는 상기 검사 자리로 이동하지 않고 상기 검사 자리로 이동을 대기하지 않는 제4 동작 조건을 포함하며, 불완전한 동작 상황으로 설정되는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명이 속하는 기술 분야는 생산 라인의 제어 로직을 최적화하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 대량 생산 공장(예컨대, LCD 디스플레이 제조 라인)은 수백 개의 제품을 동시에 제조하고 검사한다. 제조 라인에서 운반대의 제품은 제어 로직 디자이너가 설계한 제어 로직에 따라 움직인다. 제조 시스템이 커짐에 따라 시스템의 공간 복잡성이 증가하는 추세이고, 제조 시스템의 생산 속도는 제어 로직 디자이너의 역량에 좌우되고 있는 실정이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1860258호 (2018.05.15.)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 실시예들은 마르코브 결정 프로세스 모델을 이용하여 제조 시스템을 관리 가능한 공간 차원의 여러 모듈로 모듈화하고 실현 가능한 제어 로직을 합성하여, 변경 사항이 있을 때 제어 로직을 신속한 설계 변경이 가능하고 제어 로직 디자이너에 의존하지 않는 일관된 성능을 확보하는 데 주된 목적이 있다.

[0006] 본 발명의 실시예들은 마르코브 결정 프로세스 모델링에서 실행 불가능하거나 충돌하는 상태-액션 쌍을 모두 필터링하여, 운반대의 충돌없이 안전한 동작을 보장하는 데 추가적인 목적이 있다.

[0007] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 생산 라인 제어 장치에 의한 생산 라인 제어 방법에 있어서, 이동하는 복수의 운반대, 상기 하나의 운반대가 위치 가능한 자리의 집합, 및 상기 하나의 운반대를 검사하는 검사 장비가 위치하는 검사 자리의 집합이 배치된 생산 라인에 대해서, 기 설정된 동작 조건을 만족하도록 제어 로직 최적화 모델을 통해 최적화된 제어 로직을 출력하는 단계를 수행하는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 방법을 제공한다.

[0009] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리를 포함하는 생산 라인 제어 장치에 있어서, 상기 프로세서는 이동하는 복수의 운반대, 상기 하나의 운반대가 위치 가능한 자리의 집합, 및 상기 하나의 운반대를 검사하는 검사 장비가 위치하는 검사 자리의 집합이 배치된 생산 라인에 대해서, 기 설정된 동작 조건을 만족하도록 제어 로직 최적화 모델을 통해 최적화된 제어 로직을 출력하는 것을 특징으로 하는 생산 라인 제어 장치를 제공한다.

### 발명의 효과

[0010] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 마르코브 결정 프로세스 모델을 이용하여 제조 시스템을 관리 가능한 공간 차원의 여러 모듈로 모듈화하고 실현 가능한 제어 로직을 합성하여, 변경 사항이 있을 때 제어 로직을 신속한 설계 변경이 가능하고 제어 로직 디자이너에 의존하지 않는 일관된 성능을 확보할 수 있는 효과가 있다.

[0011] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치를 예시한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 모터로 구현된 생산 라인에 적용된 생산 라인 제어 장치를 예시한 도면이다.

도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치가 적용 가능한 생산 라인을 예시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치가 생산 라인을 모듈화하여 모델링하는 동작을 예시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치가 정의한 운반대의 국소 상태 조건을 예시한

도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치가 생산 라인을 모듈화하여 결정한 액션을 결합하는 동작을 예시한 도면이다.

도 8 및 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치가 상태-액션 쌍을 필터링하는 동작을 예시한 도면이다.

도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 생산 라인 제어 방법을 예시한 흐름도이다.

도 11 내지 도 13은 본 발명의 실시예들에 따라 수행된 모의 실험 결과를 도시한 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하고, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다.
- [0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치를 예시한 블록도이다.
- [0015] 생산 라인 제어 장치(110)는 적어도 하나의 프로세서(120), 컴퓨터 판독 가능한 저장매체(130) 및 통신 버스(170)를 포함한다.
- [0016] 프로세서(120)는 생산 라인 제어 장치(110)로 동작하도록 제어할 수 있다. 예컨대, 프로세서(120)는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)에 저장된 하나 이상의 프로그램들을 실행할 수 있다. 하나 이상의 프로그램들은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서(120)에 의해 실행되는 경우 생산 라인 제어 장치(110)로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0017] 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)는 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)에 저장된 프로그램(140)은 프로세서(120)에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 생산 라인 제어 장치(110)에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.
- [0018] 통신 버스(170)는 프로세서(120), 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(140)를 포함하여 생산 라인 제어 장치(110)의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.
- [0019] 생산 라인 제어 장치(110)는 또한 하나 이상의 입출력 장치(24)를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스(150) 및 하나 이상의 통신 인터페이스(160)를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스(150) 및 통신 인터페이스(160)는 통신 버스(170)에 연결된다. 입출력 장치(미도시)는 입출력 인터페이스(150)를 통해 생산 라인 제어 장치(110)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다.
- [0020] 생산 라인 제어 장치(110)는 마르코브 결정 프로세스 모델을 이용하여 제조 시스템을 관리 가능한 공간 차원의 여러 모듈로 모듈화하고 실현 가능한 제어 로직을 합성하여, 변경 사항이 있을 때 제어 로직을 신속한 설계 변경이 가능하고 제어 로직 디자이너에 의존하지 않는 일관된 성능을 확보한다.
- [0021] 생산 라인 제어 장치(110)는 사용하는 제조 시스템에 개별 상태(각 위치의 운반대 조건) 및 개별 액션(각 운반대의 이동 방향)에 대해서 마르코브 결정 프로세스 모델을 이용하여 모델링한다.
- [0022] 생산 라인 제어 장치(110)는 이동하는 복수의 운반대, 상기 하나의 운반대가 위치 가능한 자리의 집합, 및 하나의 운반대를 검사하는 검사 장비가 위치하는 검사 자리의 집합이 배치된 생산 라인에 대해서, 기 설정된 동작 조건을 만족하도록 제어 로직 최적화 모델을 통해 최적화된 제어 로직을 출력한다.
- [0023] 생산 라인 제어 장치(110)는 마르코브 결정 프로세스 모델링에서 실행 불가능하거나 충돌하는 상태-액션 쌍을 모두 필터링하여, 운반대의 충돌없이 안전한 동작을 보장한다.
- [0024] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 모터로 구현된 생산 라인에 적용된 생산 라인 제어 장치를 예시한 도면이다. 도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치가 적용 가능한 생산 라인을 예시한

도면이다.

- [0025] 도 2를 참조하면, 생산 라인 제어 장치는 제어 로직에 따른 명령어를 생산 라인의 구동 모듈로 전달한다. 구동 모듈은 선형 모터로 구현될 수 있다. 리니어 모터는 가공 공정, 반도체 제조 및 조립 라인 등과 같은 다양한 응용 분야에 사용된다.
- [0026] 도 3을 참조하면, 생산 라인의 구성을 운반대가 이동하는 자리(위치), 검사 장비, 검사 자리, 검사를 받지 않은 운반대, 제1 유형의 검사를 받은 운반대, 제1 유형 및 제2 유형의 검사를 받은 운반대, 오류를 갖는 운반대 등으로 정의할 수 있다.
- [0027] 도 4에서 예시적으로 가정한 생산 라인을 참조하면, 생산 라인에서 운반대가 한 위치에서 다른 위치로 이동한다. 운반대가 메인 라인을 통과할 때 검사 장비에서 운반대를 검사해야 한다. 각 운반대의 몇 분에서 몇 시간으로 다양하다. 하나의 제품이 동작을 멈추면 전체 라인이 중지되고 문제가 해결될 때까지 기다려야 한다. 운반대는 서로 독립적으로 움직인다. 독립적인 운반대의 이동은 상태와 액션 쌍의 조합 수를 증가시킨다.
- [0028] 도 4를 참조하면, 운반대는 입구 자리 0으로 들어온 후 출구 자리 6으로 나간다. 기본 라인(위치 0-6)을 따라가는 동안 운반대는 A 유형의 검사(검사 자리 7, 8, 11 및 12)를 진행하고, B 유형의 검사(검사 자리 9 및 10)를 진행한다. 운반대는 하나의 검사 자리에서 검사를 진행해야 한다.
- [0029] 운반대는 연결된 라인을 따라 이동 가능하나 뒤로 이동할 수 없다. 예컨대, 자리 1의 운반대는 자리 2, 7 또는 11로 이동할 수 있지만 자리 0으로 이동할 수 없다. 자리 7의 운반대는 위치 1로 이동할 수 있지만 위치 8로 이동할 수 없다.
- [0030] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치가 생산 라인을 모듈화하여 모델링하는 동작을 예시한 도면이다.
- [0031] 제어 로직 최적화 모델은 마르코프 결정 프로세스(Markov Decision Process) 모델을 이용한다. 마르코프 결정 프로세스 모델의 상태는 모든 자리의 집합에서 운반대의 국소 상태 조건을 조합한 것으로 정의된다. 마르코프 결정 프로세스 모델은 액션에 대해서 보상 함수를 최대화하는 최적화 정책에 따라 매 시간마다 운반대의 검사를 완료하도록 모델링한다.
- [0032] 마르코프 결정 프로세스는 어떤 상태  $s$ 에 존재한다. 결정 프로세스 모델은 해당 상태  $s$ 에서 어떤 액션  $a$ 를 취할 수 있다. 다음 시점에서 마르코프 결정 프로세스는 확률적으로 새로운 상태  $s'$ 로 천이한다. 결정 프로세스 모델은 상태 천이에 해당하는 보상  $R_a(s, s')$ 을 받는다. 기존의 상태  $s$ 에서 새로운 상태  $s'$ 로 천이하는 확률은 결정 프로세스 모델의 액션에 영향을 받는다. 천이 확률 함수는  $P_a(s, s')$ 로 주어진다. 다음 상태  $s'$ 는 현재 상태  $s$ 와 결정 프로세스 모델의 액션  $a$ 에 영향을 받고, 이전의 모든 상태와는 확률적으로 독립적이다. 할인 인자(Discount Factor)는 현재 얻게 되는 보상이 미래에 얻게 될 보상보다 얼마나 더 중요한지를 나타내는 값이다. 결정 프로세스 모델의 의사 결정 정책(Policy)을 구하되, 정책은 상태  $s$ 에서 결정 프로세스 모델이 취할 행동을 지정하는 함수이다. 정책이 결정되면, 각 상태에서 행동이 결정된 마르코프 결정 프로세스는 시간에 따른 상태의 변화인 이산 시간 확률을 수행한다. 마르코프 결정 프로세스의 목표는 확률적으로 주어지는 보상의 누적합을 최대화시키는 정책을 산출한다.
- [0033] 개별 상태는 각 위치의 운반대 조건이 정의된 국소 상태 조건을 의미하고, 개별 액션은 각 운반대의 이동 방향을 의미한다. 국소 상태 조건은 도 6에 예시되어 있다.
- [0034] 상태 수가 증가하면서 계산 시간이 증가하므로, 모델의 차원을 최대한 줄이는 것이 중요하다. 본 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치는 모듈식 설계 방식을 적용한다.
- [0035] 제어 로직 최적화 모델은 검사 장비의 유형에 따라 생산 라인을 복수의 생산 라인 모듈로 설정한다. 복수의 생산 라인 모듈마다 최적화 정책을 설정하고, 복수의 생산 라인 모듈의 입구 자리 및 출구 자리가 중첩되는 공유 자리를 기준으로 분리한다.
- [0036] 도 5에서 먼저 제조 라인을 두 개의 모듈 A와 B로 나눈다. 모듈 A는 메인 라인의 자리 0-3 및 A 유형의 검사 자리 7, 8, 11 및 12이고, 모듈 B는 메인 라인의 나머지 자리 3-6 및 B 유형의 검사 자리 9 및 10을 포함할 수 있다. 두 모듈은 자리 3을 공유한다. 전체 제조 라인의 상태는 더 작은 공간 치수를 가진 두 개의 서로 다른 모듈의 상태로 나뉜다. 천이 행렬을 얻고 각 모듈에 대해 개별적으로 값을 산출한다. 해당 값을 사용하여 각 모듈에 대한 최적화 정책을 얻는다.

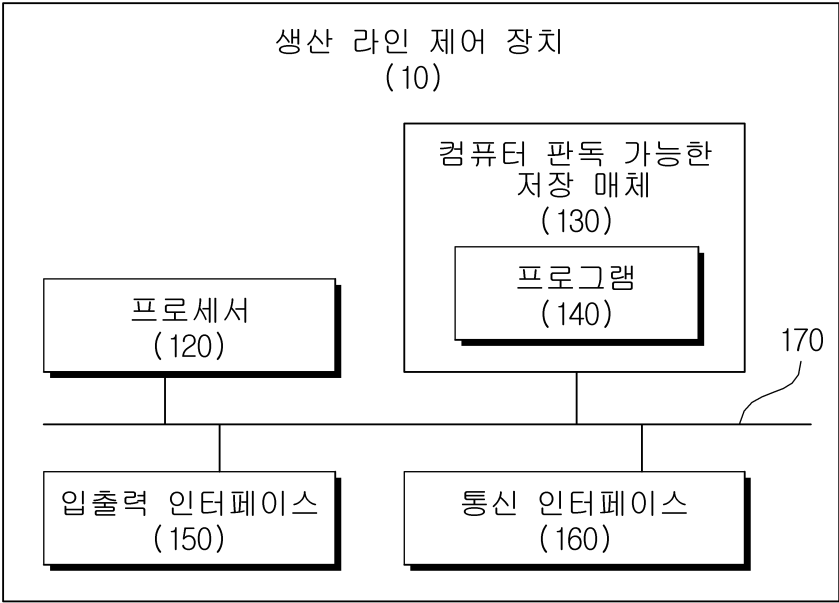


- [0037] 도 6에 도시된 바와 같이, 모듈화 과정을 거쳐서 모듈 A와 B의 국소 상태 조건은 전체 상태 조건보다 개수가 적다. 결국 상태 개수를 감소시켜 최적화 정책을 도출하는 계산 시간을 줄일 수 있다.
- [0038] 모듈의 최적화 액션은 도 7과 같이 전체 제조 라인의 액션으로 결합한다.
- [0039] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치가 생산 라인을 모듈화하여 결정한 액션을 결합하는 동작을 예시한 도면이다.
- [0040] 제어 로직 최적화 모델은 복수의 생산 라인 모듈 각각에 해당하는 액션에 대해서 보상 함수를 최대화하는 최적화 정책을 결합하여 전체 액션을 산출한다. 공유 자리가 입구 자리에 해당하는 생산 라인 모듈에서 입구 자리에서의 최적화 정책을 공유 자리가 출구 자리에 해당하는 생산 라인 모듈에서 출구 자리에서의 최적화 정책에 덮어 쓴다.
- [0041] 도 7을 참조하면, 운반대를 이동시켜 검사 A 및 B를 완료하고 검사된 팔레트를 연속적인 방식으로 출력하는 제어 로직에서, 모듈 A가 위치 3의 팔레트에 대한 검사 A를 완료하는지 확인하고, 모듈 B가 위치 6의 팔레트에 대한 검사 B를 완료하는지 확인한다. 모듈 A의 최적화 정책은 보상 기능을 최대화하기 위해 검사된 팔레트를 위치 3에서 위치 4로 밀고, 모듈 A와 B의 두 정책을 결합하는 과정에서 자리 3(모듈 간 인터페이스)의 모듈 B의 정책이 위치 3의 모듈 A의 정책을 덮어 쓴다.
- [0042] 도 8 및 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 생산 라인 제어 장치가 상태-액션 쌍을 필터링하는 동작을 예시한 도면이다.
- [0043] 안전한 작동을 보장하기 위해 결정 프로세스 모델에서 충돌 상태 액션 쌍을 제거하여 충돌없이 작은 공간에 상태 액션 쌍을 투사한다. 상태와 액션이 있는 두 모듈의 가능한 모든 조합을 확인한다.
- [0044] 제어 로직 최적화 모델은 복수의 생산 라인 모듈 각각에 대해서 운반대가 충돌하는 상황에 대한 상태-액션 쌍을 제거하고 상태의 진이 확률을 산출한다.
- [0045] 운반대가 충돌하는 상황은 (i) 자리를 유지하는 이동하지 않은 운반대에 충돌하는 상황, (ii) 동일한 빈 자리로 이동하는 복수의 운반대가 충돌하는 상황, (iii) 이동하려는 운반대가 있던 자리로 다른 운반대가 이동하여 시간적 차이로 충돌할 가능성이 높은 상황으로 정의될 수 있다.
- [0046] 도 8의 (a)를 현재 상태  $s_1$ 이라고 가정하면, 도 8의 (b) 내지 (f)는 각각의 위치에서 가능한 국소 제어의 조합에 의해 획득된  $s_1$ 에서의 액션의 일부 예이다.
- [0047] 도 8의 (b)는 자리 1의 운반대가 자리 0의 운반대와 충돌하므로 안전하지 않은 액션이다. 도 8의 (c)는 자리 1의 운반대가 검사 자리 8의 팔레트가 자리 2에서 충돌하므로 안전하지 않은 액션이다.
- [0048] 도 8의 (d) 및 (e)는 각각 테스트 제조 라인에 의해 하드웨어 제약 및 중복 안전 조건으로 인해 실행 불가능한 액션이 된다. 중복 안전 조건은 운반대가 다른 인접 위치로 이동하려면 팔레트가 이동하기 전에 위치가 비어 있어야 하는 조건이다.
- [0049] 도 8의 (f)는 상태  $s_1$ 에서 허용 가능한 안전한 액션이 된다. 도 9에 도시된 바와 같이 2 개의 가능한 상태가 존재한다. 검사 장비 A와 B의 검사 속도는 동일하거나 상이하게 설정될 수 있다. 이는 검사 속도에 영향을 준다. 상태  $s_1$ 에서  $s_2$  또는  $s_3$ 으로의 진이 확률은 동일하게 설정될 수 있다.
- [0050] 각 모듈에 대한 검사가 완료되고 검사된 운반대가 메인 라인을 벗어나면 각 모듈의 즉각적인 보상이 증가한다. 두 보상에 검사 할인 인자 및/또는 출구 할인 인자가 적용될 수 있다.
- [0051] 고차원 상태 공간의 대규모 제조 시스템에서 모듈식 접근 방식을 기반으로 한 전체 제조 시스템의 전역 최적화를 보장할 수 있도록, 제어 로직 최적화 모델은 복수의 생산 라인 모듈마다 설정된 최적화 정책을 계층적인 정책으로 설계할 수 있다. 계층적인 정책은 각 생산 라인 모듈에 대한 하위 정책 및 전체 생산 라인에 대한 상위 정책을 포함하고, 계층적인 정책은 하위 정책 및 상위 정책에 설정된 우선 순위에 따라 모델링할 수 있다.
- [0052] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 생산 라인 제어 방법을 예시한 흐름도이다. 생산 라인 제어 방법은 생산 라인 제어 장치에 의하여 수행될 수 있다.
- [0053] 단계 S210에서 프로세서는 이동하는 복수의 운반대, 하나의 운반대가 위치 가능한 자리의 집합, 및 하나의 운반대를 검사하는 검사 장비가 위치하는 검사 자리의 집합이 배치된 생산 라인에 대해서, 기 설정된 동작 조건을 만족하도록 제어 로직 최적화 모델을 통해 최적화된 제어 로직을 출력한다.

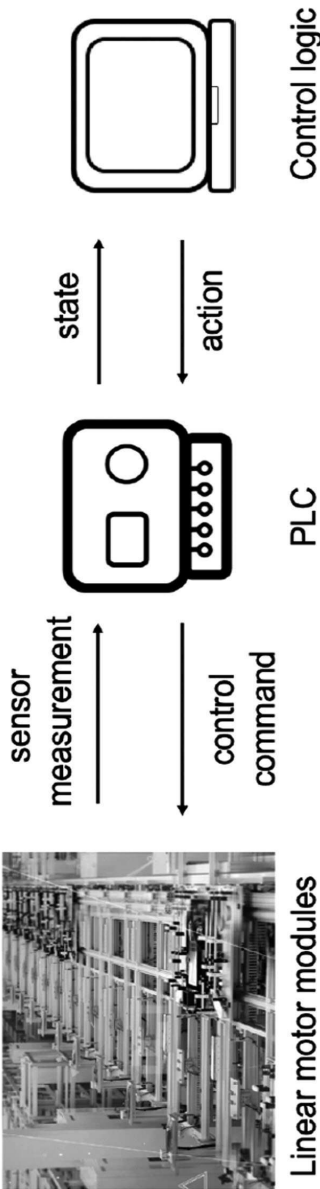
- [0054] 단계 S220에서 프로세서는 제어 로직에 따른 명령어를 생산 라인의 구동 모듈로 전달한다.
- [0055] 도 11 내지 도 13은 본 발명의 실시예들에 따라 수행된 모의 실험 결과를 도시한 것이다.
- [0056] 운반대의 국소 조건에 따라 2 가지 사례를 구분할 수 있다.
- [0057] 사례 1은 운반대가 완전한 상태이며 검사 A와 B를 모두 받는 경우이고, 사례 2는 오류가 있는 운반대를 고려하며 오류가 있는 운반대가 검사 장비의 운영 시간을 낭비하지 않고 메인 라인을 통과하는 경우이다. 도 11에 도시된 바와 같이 모듈화 방식을 적용하여 상태의 수를 줄이고 산출 시간을 최소화할 수 있다.
- [0058] 도 12는 사례 1을 예시적으로 도시하며, 사례 1은 완전한 동작 상황으로 (i) 모든 운반대가 생산 라인을 나가기 전에 필요한 모든 유형의 검사를 전부 진행하는 제1 동작 조건, (ii) 운반대는 상호 충돌하지 않는 제2 동작 조건, (iii) 운반대는 검사 자리가 비어 있으면 상기 검사 자리로 이동하는 제3 동작 조건을 포함하도록 동작 조건이 설정될 수 있다.
- [0059] 도 13은 사례 2를 예시적으로 도시하며, 사례 2는 불완전한 동작 상황으로 (i) 모든 운반대가 생산 라인을 나가기 전에 필요한 모든 유형의 검사를 전부 진행하는 제1 동작 조건, (ii) 운반대는 상호 충돌하지 않는 제2 동작 조건, (iii) 운반대는 검사 자리가 비어 있으면 검사 자리로 이동하는 제3 동작 조건, (iv) 오류가 있는 운반대는 상기 검사 자리로 이동하지 않고 검사 자리로 이동을 대기하지 않는 제4 동작 조건을 포함하도록 동작 조건이 설정될 수 있다.
- [0060] 생산 라인 제어 장치는 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 이들의 조합에 의해 로직회로 내에서 구현될 수 있고, 범용 또는 특정 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수도 있다. 장치는 고정배선형(Hardwired) 기기, 필드 프로그램 가능한 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array, FPGA), 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 등을 이용하여 구현될 수 있다. 또한, 장치는 하나 이상의 프로세서 및 컨트롤러를 포함한 시스템온칩(System on Chip, SoC)으로 구현될 수 있다.
- [0061] 생산 라인 제어 장치는 하드웨어적 요소가 마련된 컴퓨팅 디바이스 또는 서버에 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합하는 형태로 탑재될 수 있다. 컴퓨팅 디바이스 또는 서버는 각종 기기 또는 유무선 통신망과 통신을 수행하기 위한 통신 모듈 등의 통신장치, 프로그램을 실행하기 위한 데이터를 저장하는 메모리, 프로그램을 실행하여 연산 및 명령하기 위한 마이크로프로세서 등을 전부 또는 일부 포함한 다양한 장치를 의미할 수 있다.
- [0062] 도 10에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 10에 기재된 순서를 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능할 것이다.
- [0063] 본 실시예들에 따른 동작은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는 데 참여한 임의의 매체를 나타낸다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, 자기 매체, 광기록 매체, 메모리 등이 있을 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드, 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.
- [0064] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면







도면1



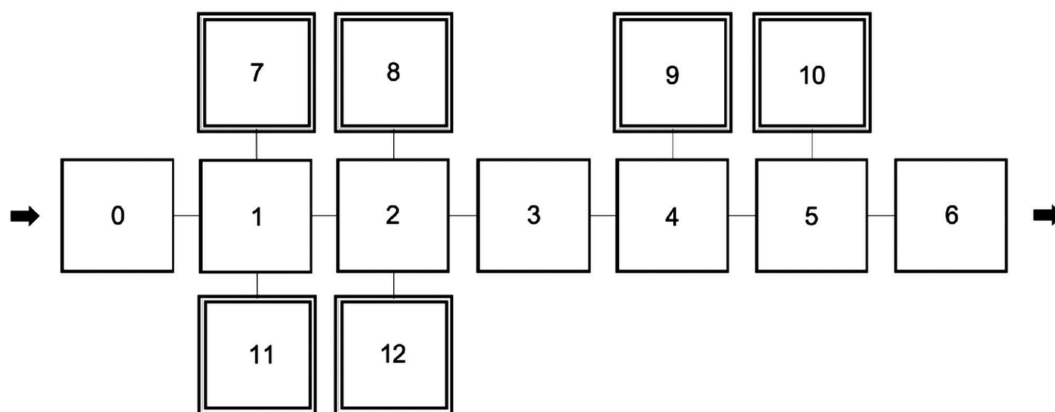
도면2



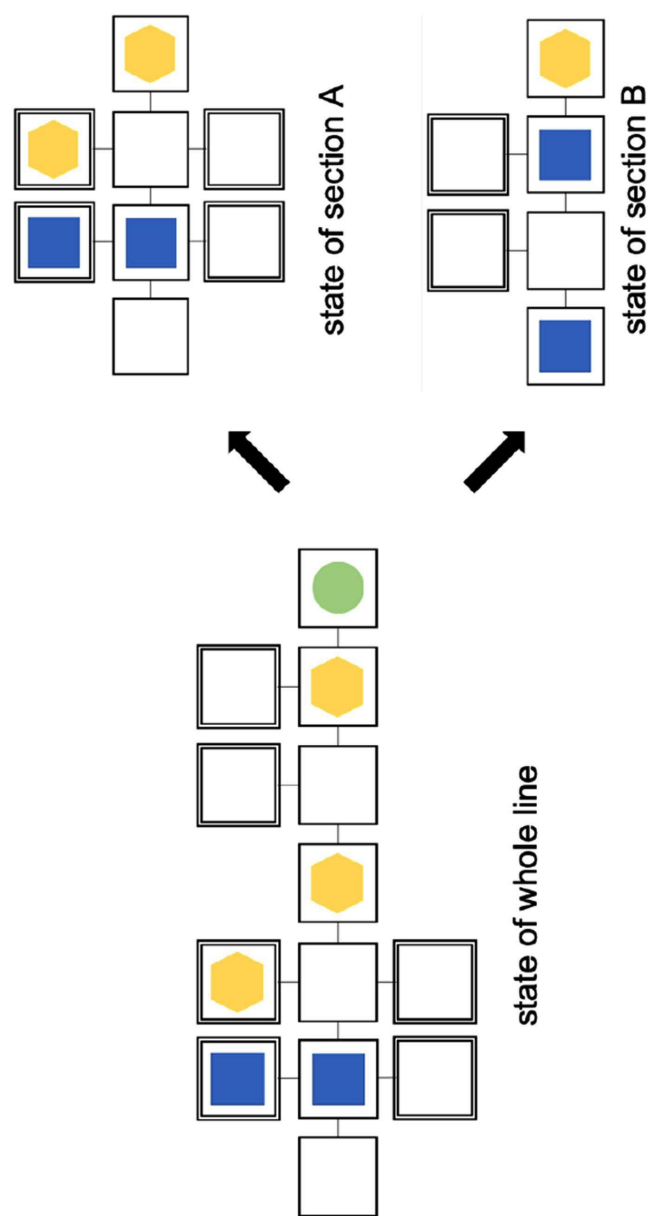
도면3

Element	Meaning
	position
	inspector
	a pallet without inspection
	an inspected pallet by inspector A
	an inspected pallet by both inspectors A and B
	a pallet with an error

도면4



도면5

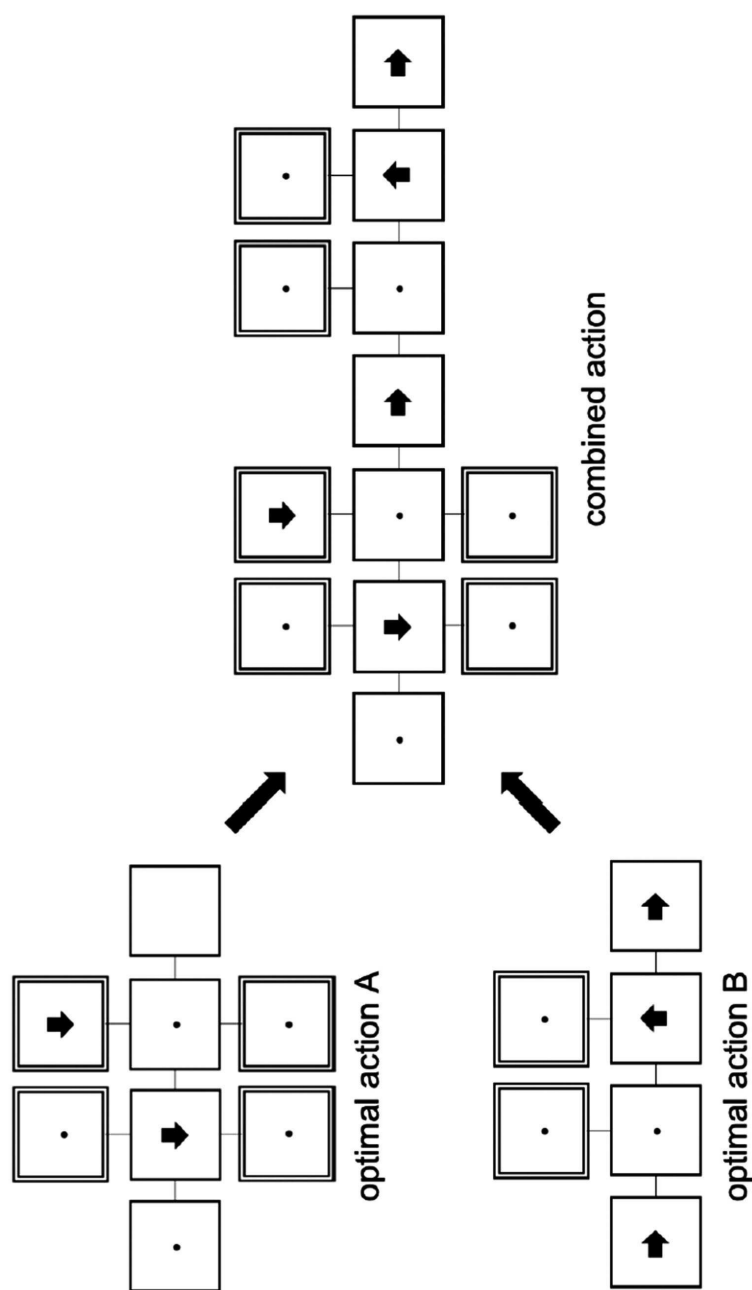


도면6

Notation	Local condition
0	no pallet
1	a pallet without inspection
2	an inspected pallet by inspector A
3	an inspected pallet by both inspections A and B
-1	a pallet with an error

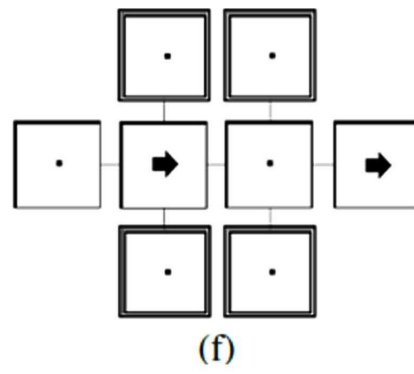
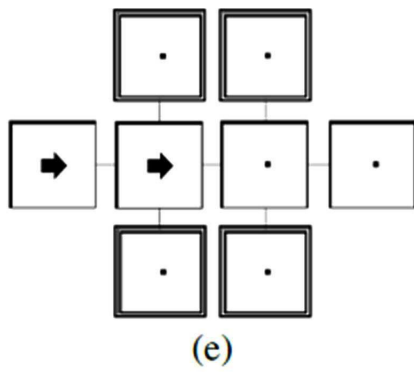
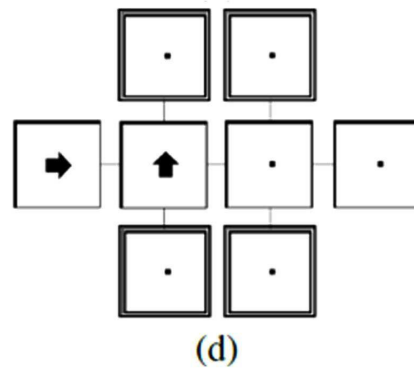
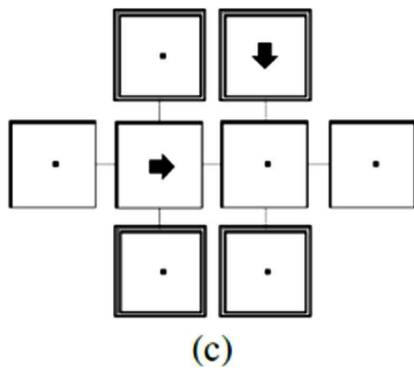
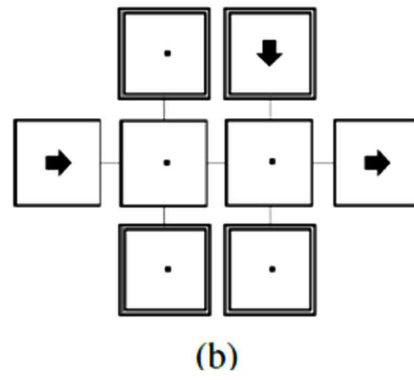
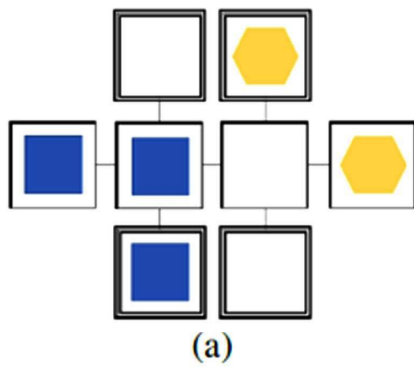
Module	Notation	Local condition
A	0	no pallet
	1	a pallet without inspection
	2	an inspected pallet by inspector A
	-1	a pallet with an error
B	0	no pallet
	1	an inspected pallet by inspector A
	2	an inspected pallet by both inspectors A and B
	-1	a pallet with an error

도면7

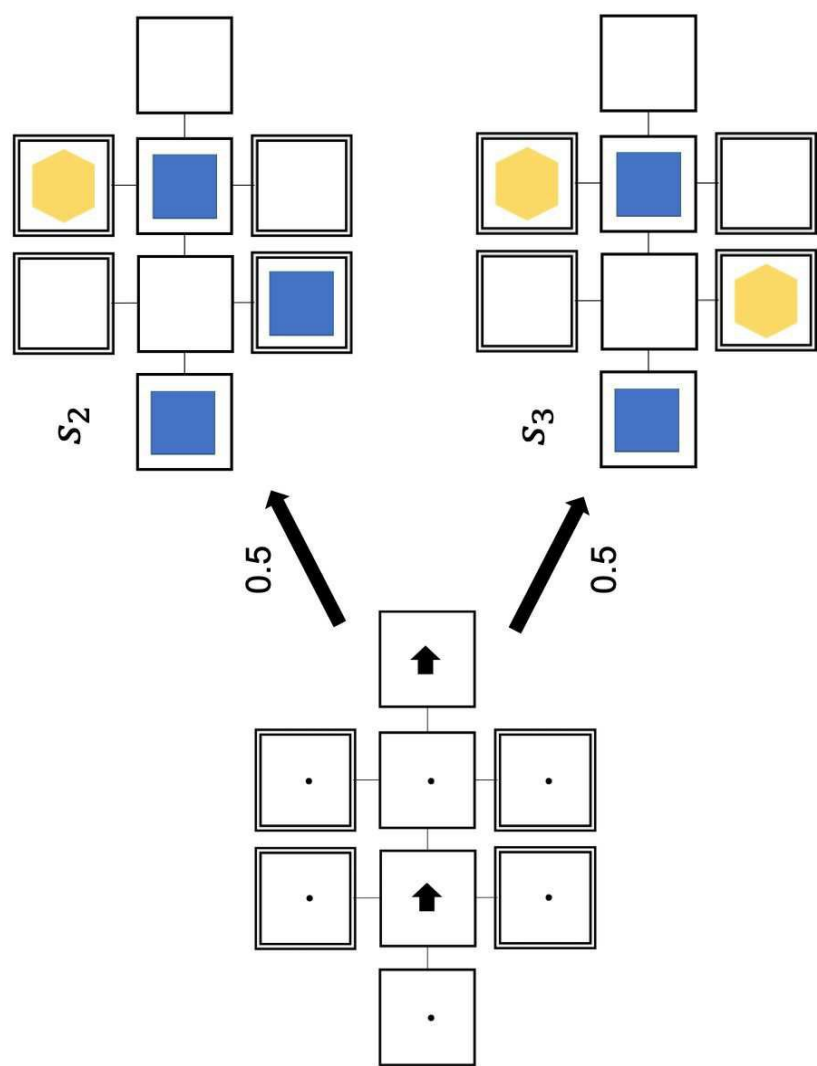




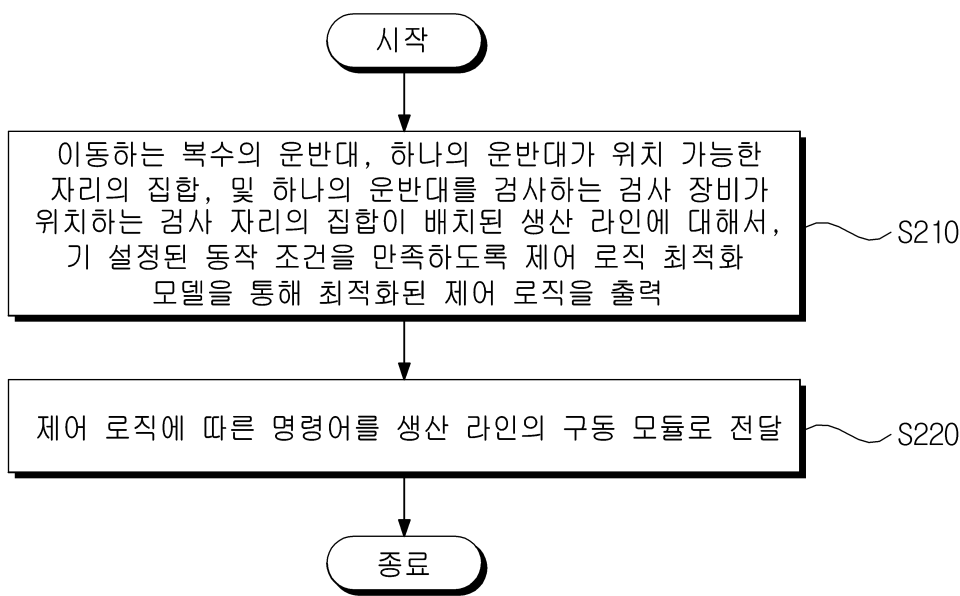
도면8



도면9



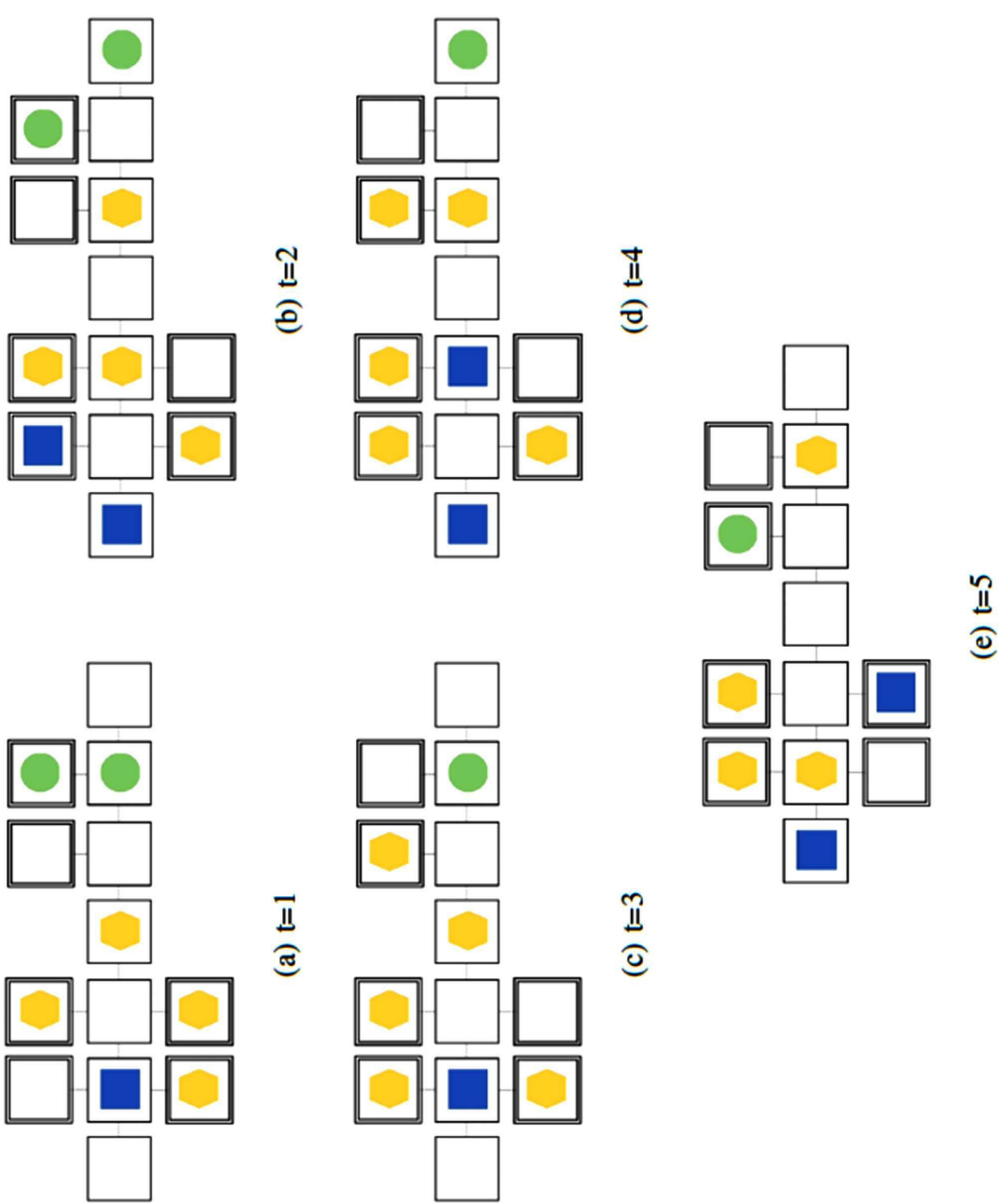
도면10



도면11

Case	Module	No. of states	Safe MDP modeling	Value Iteration
1	A	4,374	6 min	7.0 s
	B	486	7 s	0.33 s
2	A	49,152	117 min	62 s
	B	3,072	1 min	1.89 s
3	A + B	2,239,488	10.8 days (estimated)	-

도면12



도면13

