

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2021-0054448
(43) 공개일자 2021년05월13일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B25J 9/16 (2006.01) B65G 57/03 (2006.01)
B65G 57/22 (2006.01) B65G 61/00 (2014.01)
- (52) CPC특허분류
B25J 9/1687 (2013.01)
B25J 9/161 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0128392
(22) 출원일자 2020년10월05일
심사청구일자 없음
- (30) 우선권주장
62/931,161 2019년11월05일 미국(US)
16/905,837 2020년06월18일 미국(US)
- (71) 출원인
무진 아이엔씨
일본 도쿄 135-0053 교토구, 타츠미 3-8-5
- (72) 발명자
데니스 카누니코프
일본 도쿄 135-0053 교토구, 타츠미 3-8-5
로젠 니콜라예프 디안코프
일본 도쿄 135-0053 교토구, 타츠미 3-8-5
- (74) 대리인
윤귀상

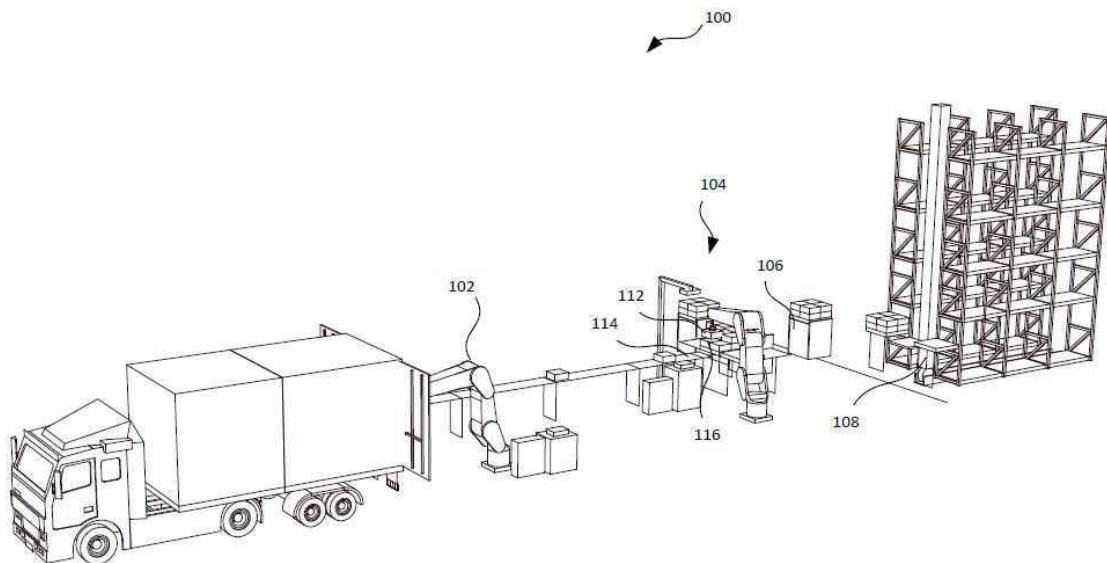
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 벽-기반 패킹 메커니즘을 구비한 로봇 시스템 및 이것을 작동시키는 방법

(57) 요약

물체를 지지 벽을 가진 컨테이너에 배치하도록 로봇 시스템을 작동시키기 위한 시스템 및 방법이 개시된다. 로봇 시스템은 물체를 서로 위에 적층하기 위한 패킹 계획을 도출할 수도 있다. 로봇 시스템은 아래에서 하나 이상의 지지 물체를 오버행하는 하나 이상의 물체에 대한 배치 위치를 도출할 수도 있다. 도출된 배치 위치는 배치된 물체를 고정시키도록 지지 벽 중 하나 이상의 지지 벽을 활용하는 것에 기초할 수도 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B25J 9/1664 (2013.01)

B25J 9/1671 (2013.01)

B25J 9/1676 (2013.01)

B25J 9/1694 (2013.01)

B65G 57/03 (2013.01)

B65G 57/22 (2013.01)

B65G 61/00 (2018.08)

B65G 2814/0304 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법으로서,

제1 물체 모델 및 제2 물체 모델을 획득하는 단계로서, 상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델은 이산화 단위(discretization unit)에 따라, 제1 물체 및 제2 물체 각각에 대한 물리적 치수, 형상 또는 이들의 조합의 이산화된 표현(discretized representation)이고, 상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델은 과업 위치에서 하나 이상의 컨테이너에 배치하기 위해 지정된, 상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델 각각을 나타내는, 상기 획득하는 단계;

컨테이너 기저부 위에서 연장되는 지지 벽을 가진 컨테이너를 나타내는 컨테이너 모델에 액세스하는 단계로서, 상기 컨테이너 모델은 상기 이산화 단위에 따라 상기 컨테이너의 이산화된 표현인, 상기 컨테이너 모델에 액세스하는 단계;

상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델을 이산화된 컨테이너 모델 위에 오버레이(overlay)하는 것에 기초하여 패킹 계획을 도출하는 단계로서, 상기 패킹 계획은 상기 제1 물체를 배치하기 위한 제1 배치 위치(placement location) 및 상기 제2 물체를 배치하기 위한 제2 배치 위치를 포함하되,

상기 제1 배치 위치는 상기 지지 벽과 직접적으로 인접한 상기 컨테이너 내 위치를 나타내고,

상기 제2 배치 위치는 상기 제2 물체의 일부가 상기 제1 물체의 주변 에지를 넘어 상기 지지 벽을 향하여 횡 방향으로 돌출되는 상기 컨테이너 내 그리고 상기 제1 배치 위치보다 위쪽의 위치를 나타내고,

상기 제2 배치 위치는 상기 제1 물체보다 위쪽에 배치된 상기 제2 물체를 지지하도록 상기 지지 벽을 활용하기 위한 위치인, 상기 패킹 계획을 도출하는 단계; 및

로봇 암 및 엔드-이펙터(end-effector)를 사용하여 상기 제1 물체 및 상기 제2 물체를 상기 컨테이너에 배치하기 위한 상기 패킹 계획을 구현하는 단계를 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 배치 위치는 상기 제1 물체를 상기 지지 벽으로부터 물체-벽 이격 거리만큼 이격된 위치에 배치하기 위한 위치이고;

상기 제2 배치 위치는 상기 제1 물체를 오버행하는(overhang) 상기 제2 물체를 배치하기 위한 위치인, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 패킹 계획을 도출하는 것은,

상기 제2 물체를 배치하기 위한 상기 이산화된 컨테이너 모델 내에서 후보 위치를 도출하는 것;

상기 제1 물체 모델을 상기 제1 배치 위치에 그리고 상기 제2 물체 모델을 상기 후보 위치에 배치하는 것에 기초하여 상기 후보 위치와 연관된 하나 이상의 속성을 추정하는 것; 및

추정된 속성이 물체를 수직으로-지향된 컨테이너 부분의 옆에 배치하고 수직으로-지향된 컨테이너 부분과 직접적으로 접촉하게 하기 위한 하나 이상의 필요조건을 나타내는 벽-지지 규칙을 충족시킬 때 상기 후보 위치를 상기 제2 배치 위치로서 확인하는(validating) 것을 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 하나 이상의 속성을 추정하는 것은 상기 제1 물체 모델과 중첩하는 상기 제2 물체 모델의 일부에 기초하여 실질적인 지지를 계산하는 것을 포함하고;

상기 후보 위치를 확인하는 것은 상기 실질적인 지지가 중첩 필요조건을 충족시킨다고 결정하는 것을 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 하나 이상의 속성을 추정하는 것은 상기 제1 물체 모델을 오버행하는 상기 제2 물체 모델의 일부에 대한 오버행 측정값을 추정하는 것을 포함하고; 그리고

상기 후보 위치를 확인하는 것은 상기 오버행 측정값이 오버행 필요조건을 충족시킨다고 결정하는 것을 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 하나 이상의 속성을 추정하는 것은 상기 제2 물체의 질량 중심(center-of-mass: CoM)에 대응하는 CoM 위치를 추정하는 것을 포함하고;

상기 후보 위치를 확인하는 것은 상기 CoM 위치가 CoM 오프셋 필요조건을 충족시킨다고 결정하는 것을 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 패킹 계획을 도출하는 것은,

상기 제2 물체를 상기 지지 벽으로부터 이격되게 배치하기 위한 상기 이산화된 컨테이너 모델 내에서 후보 위치를 도출하는 것;

상기 제1 물체 모델을 상기 제1 배치 위치에 그리고 상기 제2 물체 모델을 상기 후보 위치에 배치하는 것에 기초하여 상기 후보 위치와 연관된 피벗 위치를 추정하는 것으로서, 상기 피벗 위치는 상기 제1 물체의 주변 에지 또는 가장 높은 부분을 나타내는, 상기 피벗 위치를 추정하는 것;

상기 제2 물체 모델을 상기 지지 벽을 향하여 시프트하는(shift) 것 및/또는 상기 제2 물체 모델을 상기 피벗 위치를 중심으로 회전시키는 것에 기초하여 하나 이상의 시프트된 자세를 도출하는 것으로서, 상기 하나 이상의 시프트된 자세는 상기 후보 위치로부터 시프트하고 상기 지지 벽과 직접적으로 접촉하는 상기 제2 물체를 나타내는, 상기 하나 이상의 시프트된 자세를 도출하는 것; 및

상기 하나 이상의 시프트된 자세가 물체를 수직으로-지향된 컨테이너 부분으로부터 이격되게 횡 방향으로 배치하기 위한 하나 이상의 필요조건을 나타내는 기울어짐-지지 규칙을 충족시킬 때 상기 후보 위치를 상기 제2 배치 위치로서 확인하는 것을 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 패킹 계획을 도출하는 것은,

상기 제1 물체를 오버행하는 중간 물체를 오버행하는 상기 제2 물체를 배치하기 위한 상기 이산화된 컨테이너 모델 내에서 후보 위치를 도출하는 것;

상기 제1 물체 모델을 상기 제1 배치 위치에 그리고 상기 제2 물체 모델을 상기 중간 물체를 위한 위치보다 위쪽의 상기 후보 위치에 배치하는 것에 기초하여 상기 후보 위치와 연관된 하나 이상의 속성을 추정하는 것; 및

상기 추정된 속성이, 하단 지지 물체를 오버행하는 다수의 물체를 배치하기 위한 하나 이상의 필요조건을 나타내는 다수의 오버행 규칙을 충족시킬 때 상기 후보 위치를 상기 제2 배치 위치로서 확인하는 것을 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 하나 이상의 속성을 추정하는 것은 상기 제1 물체 모델과 중첩하는 상기 제2 물체 모델의 일부에 기초하여 실질적인 지지를 계산하는 것을 포함하고;

상기 후보 위치를 확인하는 것은 상기 실질적인 지지가 중첩 필요조건을 충족시킨다고 결정하는 것을 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 하나 이상의 속성을 추정하는 것은,

상기 제2 물체 및 상기 중간 물체를 하나의 물체로서 나타내는 결합된 물체 추정을 도출하는 것; 및

상기 결합된 물체 추정의 상기 하나 이상의 속성을 추정하는 것을 포함하고;

상기 후보 위치를 확인하는 것은 상기 하나 이상의 속성이 벽-지지 규칙 또는 기울어짐-지지 규칙을 충족한다고 결정하는 것을 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 과업 위치에서 컨테이너 내에 배치하기 위해 지정된 물체에 대한 물체 집단을 결정하는 단계;

상기 물체 집단에 대한 처리 순서를 도출하는 단계를 더 포함하고;

상기 패킹 계획을 도출하는 것은 상기 처리 순서 및 상기 물체 집단에 기초하여 상기 패킹 계획을 도출하는 것을 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 패킹 계획은 패킹 작동 동안 또는 패킹 작동 바로 전에 동적으로 도출되는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 과업 위치에서 상기 컨테이너를 나타내는 이미지 데이터를 획득하는 단계;

상기 이미지 데이터를 분석하는 것에 기초하여 예상되지 않은 특징부를 검출하는 단계로서, 상기 예상되지 않은 특징부는 예상된 상태에서부터 벗어나는 지지 벽의 실제 물리적 특성을 나타내는, 상기 예상되지 않은 특징부를 검출하는 단계를 더 포함하고;

상기 패킹 계획을 도출하는 것은 상기 예상되지 않은 특징부에 기초하여 상기 패킹 계획을 동적으로 도출하는 것을 포함하고, 상기 패킹 계획은 상기 예상된 상태에 따라 상기 제1 물체 및 상기 제2 물체를 상기 컨테이너에 배치하기 위한 이전의 계획을 교체하기 위한 계획인, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 엔드-이펙터를 나타내는 그리퍼 모델을 획득하는 단계;

상기 제2 물체를 배치하기 위해 하나 이상의 잠재적인 장애물을 식별하는 단계를 더 포함하되, 상기 하나 이상의 잠재적인 장애물은 상기 컨테이너의 수직으로-지향된 부분을 포함하고;

상기 패킹 계획을 도출하는 것은,

상기 제2 물체를 배치하기 위한 상기 이산화된 컨테이너 모델 내에서 후보 위치를 도출하는 것;

상기 그리퍼 모델과 상기 제2 물체 모델의 조합을 상기 컨테이너 모델 상에 오버레이하는 것에 기초하여 진입로

를 도출하는 것으로서, 상기 진입로는 상기 제2 물체를 시작 위치로부터 상기 후보 위치로 이송하도록 상기 엔드-이펙터에 대한 위치의 시퀀스를 나타내는, 상기 진입로를 도출하는 것; 및

상기 하나 이상의 잠재적인 장애물이 상기 진입로를 따른 상기 그리퍼 모델과 상기 제2 물체 모델의 조합에서 없을 때 상기 후보 위치를 상기 제2 배치 위치로서 확인하는 것을 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 진입로를 도출하는 것은,

상기 제2 물체를 파지하는 상기 엔드-이펙터를 나타내는 맞물린 인터페이스 높이에 따라 상기 그리퍼 모델과 상기 제2 물체 모델의 조합을 조정하는 것;

초기 높이에서 횡 방향으로 연장되는 길을 식별하는 것으로서, 상기 횡 방향으로 연장되는 길은 상기 그리퍼 모델과 상기 제2 물체 모델의 조정된 조합을 횡 방향으로 이동시키는 것에 대응하는, 상기 횡 방향으로 연장되는 길을 식별하는 것;

상기 횡 방향으로 연장되는 길이, 이전의 물체 및/또는 상기 수직으로-지향된 부분을 포함하는 상기 하나 이상의 잠재적인 장애물과 중첩하는지를 결정하는 것; 및

역순으로 상기 진입로를 따라 상기 제2 물체의 이송을 시뮬레이션하기 위해 상기 하나 이상의 잠재적인 장애물이 상기 횡 방향으로 연장되는 길에서 없을 때까지 접근 증분(approach increment)에 따라 상기 횡 방향으로 연장되는 길의 높이를 반복적으로 증가시키는 것을 포함하는, 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법.

청구항 16

로봇 시스템으로서,

회로와 데이터를 통신하도록 구성된 통신 디바이스; 및

상기 통신 디바이스와 결합된 적어도 하나의 프로세서를 포함하되, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

전달된 데이터에 적어도 부분적으로 기초하여, 제1 물체 모델 및 제2 물체 모델을 획득하기 위한 것으로서, 상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델은 이산화 단위에 따라, 제1 물체 및 제2 물체, 각각에 대한 물리적 치수, 형상 또는 이들의 조합의 이산화된 표현이고, 상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델은 과업 위치에서 하나 이상의 컨테이너에 배치하기 위해 지정된, 상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델, 각각을 나타내는, 상기 획득하기 위한 것;

컨테이너 기저부 위에서 연장되는 지지 벽을 가진 컨테이너를 나타내는 컨테이너 모델에 액세스하기 위한 것으로서, 상기 컨테이너 모델은 상기 이산화 단위에 따라 상기 컨테이너의 이산화된 표현인, 상기 컨테이너 모델에 액세스하기 위한 것;

상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델을 이산화된 컨테이너 모델 위에 오버레이하는 것에 기초하여 패킹 계획을 도출하기 위한 것으로서, 상기 패킹 계획은 상기 제1 물체를 배치하기 위한 제1 배치 위치 및 상기 제2 물체를 배치하기 위한 제2 배치 위치를 포함하되,

상기 제1 배치 위치는 상기 지지 벽과 직접적으로 인접한 상기 컨테이너 내 위치를 나타내고,

상기 제2 배치 위치는 상기 제2 물체의 일부가 상기 제1 물체의 주변 에지를 넘어 상기 지지 벽을 향하여 횡 방향으로 돌출되는 상기 컨테이너 내 그리고 상기 제1 배치 위치보다 위쪽의 위치를 나타내고,

상기 제2 배치 위치는 상기 제1 물체보다 위쪽에 배치된 상기 제2 물체를 지지하도록 상기 지지 벽을 활용하기 위한 위치인, 상기 패킹 계획을 도출하기 위한 것; 및

로봇 암 및 엔드-이펙터를 사용하여 상기 제1 물체 및 상기 제2 물체를 상기 컨테이너에 배치하기 위한 상기 패킹 계획을 구현하기 위한 것인, 로봇 시스템.

청구항 17

하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 방법을 수행하게 하는, 프로세서

명령어가 저장된 유형의(tangible) 비일시적 컴퓨터-판독 가능 매체로서, 상기 방법은,

제1 물체 모델 및 제2 물체 모델을 획득하는 단계로서, 상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델은 이산화 단위에 따라, 제1 물체 및 제2 물체, 각각에 대한 물리적 치수, 형상 또는 이들의 조합의 이산화된 표현이고, 상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델은 과업 위치에서 하나 이상의 컨테이너에 배치하기 위해 지정된, 상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델, 각각을 나타내는, 상기 획득하는 단계;

컨테이너 기저부 위에서 연장되는 지지 벽을 가진 컨테이너를 나타내는 컨테이너 모델에 액세스하는 단계로서, 상기 컨테이너 모델은 상기 이산화 단위에 따라 상기 컨테이너의 이산화된 표현인, 상기 컨테이너 모델에 액세스하는 단계;

상기 제1 물체 모델 및 상기 제2 물체 모델을 이산화된 컨테이너 모델 위에 오버레이하는 것에 기초하여 패킹 계획을 도출하는 단계로서, 상기 패킹 계획은 상기 제1 물체를 배치하기 위한 제1 배치 위치 및 상기 제2 물체를 배치하기 위한 제2 배치 위치를 포함하되,

상기 제1 배치 위치는 상기 지지 벽과 직접적으로 인접한 상기 컨테이너 내 위치를 나타내고,

상기 제2 배치 위치는 상기 제2 물체의 일부가 상기 제1 물체의 주변 에지를 넘어 상기 지지 벽을 향하여 횡 방향으로 돌출되는 상기 컨테이너 내 그리고 상기 제1 배치 위치보다 위쪽의 위치를 나타내고,

상기 제2 배치 위치는 상기 제1 물체보다 위쪽에 배치된 상기 제2 물체를 지지하도록 상기 지지 벽을 활용하기 위한 위치인, 상기 패킹 계획을 도출하는 단계; 및

로봇 암 및 엔드-이펙터를 사용하여 상기 제1 물체 및 상기 제2 물체를 상기 컨테이너에 배치하기 위한 상기 패킹 계획을 구현하는 단계를 포함하는, 유형의 비일시적 컴퓨터-판독 가능 매체.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 패킹 계획을 도출하는 것은,

상기 제2 물체를 배치하기 위한 상기 이산화된 컨테이너 모델 내에서 후보 위치를 도출하는 것;

상기 제1 물체 모델을 상기 제1 배치 위치에 그리고 상기 제2 물체 모델을 상기 후보 위치에 배치하는 것에 기초하여 상기 후보 위치와 연관된 하나 이상의 속성을 추정하는 것; 및

추정된 속성이 물체를 수직으로-지향된 컨테이너 부분의 옆에 배치하고 수직으로-지향된 컨테이너 부분과 직접적으로 접촉하게 하기 위한 하나 이상의 필요조건을 나타내는 벽-지지 규칙을 충족시킬 때 상기 후보 위치를 상기 제2 배치 위치로서 확인하는 것을 포함하는, 유형의 비일시적 컴퓨터-판독 가능 매체.

청구항 19

제17항에 있어서, 상기 패킹 계획을 도출하는 것은,

상기 제2 물체를 상기 지지 벽으로부터 이격되게 배치하기 위한 상기 이산화된 컨테이너 모델 내에서 후보 위치를 도출하는 것;

상기 제1 물체 모델을 상기 제1 배치 위치에 그리고 상기 제2 물체 모델을 상기 후보 위치에 배치하는 것에 기초하여 상기 후보 위치와 연관된 피벗 위치를 추정하는 것으로서, 상기 피벗 위치는 상기 제1 물체의 주변 에지 또는 가장 높은 부분을 나타내는, 상기 피벗 위치를 추정하는 것;

상기 제2 물체 모델을 상기 지지 벽을 향하여 시프트하는 것 및/또는 상기 제2 물체 모델을 상기 피벗 위치를 중심으로 회전시키는 것에 기초하여 하나 이상의 시프트된 자세를 도출하는 것으로서, 상기 하나 이상의 시프트된 자세는 상기 후보 위치로부터 시프트하고 상기 지지 벽과 직접적으로 접촉하는 상기 제2 물체를 나타내는, 상기 하나 이상의 시프트된 자세를 도출하는 것; 및

상기 하나 이상의 시프트된 자세가 물체를 수직으로-지향된 컨테이너 부분으로부터 이격되게 횡 방향으로 배치하기 위한 하나 이상의 필요조건을 나타내는 기울어짐-지지 규칙을 충족시킬 때 상기 후보 위치를 상기 제2 배치 위치로서 확인하는 것을 포함하는, 유형의 비일시적 컴퓨터-판독 가능 매체.

청구항 20

제17항에 있어서, 상기 패킹 계획을 도출하는 것은,

상기 제1 물체를 오버행하는 중간 물체를 오버행하는 상기 제2 물체를 배치하기 위한 상기 이산화된 컨테이너 모델 내에서 후보 위치를 도출하는 것;

상기 제1 물체 모델을 상기 제1 배치 위치에 그리고 상기 제2 물체 모델을 상기 중간 물체를 위한 위치보다 위쪽의 상기 후보 위치에 배치하는 것에 기초하여 상기 후보 위치와 연관된 하나 이상의 속성을 추정하는 것; 및

상기 추정된 속성이 하단 지지 물체를 오버행하는 다수의 물체를 배치하기 위한 하나 이상의 필요조건을 나타내는 다수의 오버행 규칙을 충족시킬 때 상기 후보 위치를 상기 제2 배치 위치로서 확인하는 것을 포함하는, 유형의 비밀시적 컴퓨터-판독 가능 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원(들)에 대한 상호-참조

[0002] 본 출원은 미국 특허 가출원 일련번호 제62/931,161호(출원일: 2019년 11월 05일)의 이득을 주장하고, 상기 기초출원은 전문이 참조에 의해 본 명세서에 원용된다. 본 출원은 또한 미국 특허 출원 일련번호 제16/905,837호(출원일: 2020년 06월 18일)에 관한 것이고, 상기 기초출원은 전문이 참조에 의해 본 명세서에 원용된다.

[0003] 기술 분야

[0004] 본 기술은 일반적으로 로봇 시스템, 더 구체적으로, 컨테이너 내에서 물체를 패킹하기 위한 시스템, 과정 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 성능이 계속해서 증가되고 비용이 낮아짐에 따라, 많은 로봇(예를 들어, 물리적 행위를 자동으로/자율적으로 실행시키도록 구성된 기계)이 이제 많은 분야에서 광범위하게 사용된다. 로봇은 예를 들어, 제작 및/또는 조립, 패킹 및/또는 패키징, 수송 및/또는 배송 등에서 다양한 과업을 실행하도록(예를 들어, 물체를 공간을 통해 조작하거나 또는 이송하도록) 사용될 수 있다. 과업을 실행할 때, 로봇이 인간 행위를 복제할 수 있어서, 그렇지 않으면 위험하거나 반복적인 과업을 수행하도록 요구될 인간 수반을 교체하거나 또는 감소시킨다.

[0006] 그러나, 기술적 진보에도 불구하고, 로봇은 종종 더 복잡하고 까다로운 과업을 실행하기 위해 필요한 인간 감성 및/또는 융통성을 복제하는데 필요한 정교화가 부족하다. 예를 들어, 로봇은 종종 입수 가능한 자원을 완전히 활용하도록 실행된 행위에서 세분화된 제어 및 융통성이 부족하다. 또한, 로봇은 종종 다양한 현실 존재 인자로부터 발생할 수도 있는 편차 또는 불확실성을 설명할 수 없다. 따라서, 다양한 현실 존재 인자에도 불구하고 과업을 완료하도록 로봇의 다양한 양상을 제어하고 관리하기 위한 개선된 기법 및 시스템이 필요하다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 벽-기반 패킹 메커니즘을 구비한 로봇 시스템이 작동할 수도 있는 예시적인 환경의 도면.

도 2는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 로봇 시스템을 도시하는 블록도.

도 3은 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 로봇 시스템의 도면.

도 4a 내지 도 4d는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 예시적인 물체 컨테이너의 도면.

도 5a 내지 도 5c는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 예시적인 엔드-이펙터(end-effector)의 도면.

도 6은 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 패킹 컴포넌트의 예시적인 이산화된 모델(discretized model)의 도면.

도 7a는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 예시적인 패킹 계획의 도면.

도 7b는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 배치 계획 과정의 도면.

도 7c는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 배치 규칙의 도면.

도 8a 및 도 8b는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 지원 계산의 다양한 양상의 도면.

도 9a 내지 도 9c는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 예시적인 이동 계획 계산의 양상의 도면.

도 10은 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 예시적인 실시간 센서 데이터의 도면.

도 11은 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 도 1의 로봇 시스템을 작동시키는 제1 예시적인 방법에 대한 흐름도.

도 12는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 도 1의 로봇 시스템을 작동시키는 제2 예시적인 방법에 대한 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] 벽-기반 패킹 메커니즘을 구비한 로봇 시스템에 대한 시스템 및 방법이 본 명세서에서 설명된다. 일부 실시형태에 따라 구성된 로봇 시스템(예를 들어, 하나 이상의 지정된 과업을 실행하는 디바이스의 통합 시스템)은 컨테이너 벽에 대해 물체(예를 들어, 패키지, 박스, 케이스 등)를 패킹함으로써 향상된 제어, 활용성, 및 융통성을 제공한다. 예를 들어, 로봇 시스템은 물체를 겹겹이 적층할 수 있고, 기저층보다 위쪽의 하나 이상의 물체는, (1) 하나 이상의 컨테이너 벽과 접촉하거나 또는 컨테이너 벽에 기대고/기대거나 (2) 컨테이너 벽과 가장 가까운 하나 이상의 기저층 물체(들)를 오버행(overhang)(예를 들어, 기저층 물체의 주변 에지(들)를 넘어 횡 방향으로 돌출)한다.
- [0009] 로봇 시스템은 다양한 패킹 컴포넌트를 이산화하는 것에 기초하여 컨테이너 벽(예를 들어, 카트, 케이스, 통, 박스 등의 수직으로-지향된 벽 또는 칸막이)에 대해 물체를 패킹할 수 있다. 패킹 컴포넌트의 일부 예는 물체(예를 들어, 등록된 또는 예상된 물체 및/또는 비인식된 물체), 물체를 수용하도록 구성되는 컨테이너 또는 패킹 플랫폼 및/또는 로봇 조작기(예를 들어, 엔드-이펙터, 로봇 암, 이들의 일부 또는 이들의 조합)를 포함할 수 있다. 로봇 시스템은 패킹 컴포넌트의 이산화된 모델을 생성할 수 있다.
- [0010] 이산화된 모델을 사용하여, 로봇 시스템은 컨테이너 내 물체의 배치 위치(placement location)를 식별하는 패킹 계획을 도출할 수 있다. 패킹 계획은 물체를 서로의 위에(예를 들어, 겹겹이) 적층하는 배치 위치를 포함할 수 있다. 로봇 시스템은 물체 사이의 이격 거리 및/또는 물체와 컨테이너 벽 사이의 이격 거리, 오버행 거리 또는 부분, 다른 물체-대-물체 측정값, 및/또는 다른 물체-대-컨테이너 측정값을 계산/추정할 수 있다. 계산에 기초하여, 로봇 시스템은 배치된 물체가 컨테이너 벽과 접촉하고/컨테이너 벽에 기대고/기대거나 아래에서 하나 이상의 물체를 오버행하는 배치 위치에 대한 패킹 계획을 도출할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템은 패킹 계획을 도출하기 위해 물체의 질량 중심(center-of-mass: CoM) 위치, 회전점, 질량/중량, 치수, 및/또는 다른 물리적 특성을 도출할 수 있고 활용할 수 있다.
- [0011] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템은 패킹 계획에 대응하는 이동 계획을 도출할 수 있다. 각각의 이동 계획은 물체에 대응할 수 있고 물체 및/또는 로봇 장치(예를 들어, 로봇 암 및/또는 엔드-이펙터)에 대한 명령/설정의 대응하는 세트 또는 이동 경로를 포함할 수 있다. 이동 계획은 로봇 장치가 시작 위치에서의 물체에 다가가고, 물체를 엔드-이펙터로 파지하고, 물체를 리프팅하여 물체의 배치 위치로 이송하고, 물체를 배치 위치에 놓는/배치하는 작동에 대응할 수 있다.
- [0012] 로봇 시스템은 예컨대, 하나 이상의 이동 계획 및/또는 대응하는 명령/설정을 타깃된 로봇 장치와 통신함으로써, 패킹 계획을 구현할 수 있다. 로봇 시스템은 타깃된 로봇 장치에서 명령/설정을 실행시킴으로써 패킹 계획을 더 구현할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템은 로봇 장치가 패킹 계획에 따라 물체를 시작 위치로부터 각각의 배치 위치로 이송하도록 작동할 수 있다.
- [0013] 로봇 시스템은 패킹 계획을 동적으로 조정하도록, 예컨대, 예상되지 않은 상태(예를 들어, 컨테이너 이상)를 처리하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 컨테이너(예를 들어, 2-벽 카트 및/또는 3-벽 케이스)는 변형될 수도 있고, 휘어질 수도 있고, 오정렬될 수도 있고, 부분적으로 폐쇄될 수도 있고/있거나 그렇지 않으면 예상된 상태와 물리적으로 상이할 수도 있는 수직으로-지향된 벽을 포함할 수도 있다. 이러한 예상되지 않은 상태는 컨테이너 내 배치 영역 및/또는 배치 영역으로의 진입로에 영향을 줄 수도 있다. 로봇 시스템은 이러한 예상되지 않은 상태를 검출할 수 있고 패킹 계획을 동적으로 조정할 수 있다. 아래에서 상세히 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템은 축 정렬식 바운딩 박스(axis aligned bounding box: AABB)를 결정하고, AABB를 오프셋하고/하거나 오프셋된 AABB를 확인(validate)하도록 이산화된 모델을 사용할 수 있다. 또한, 동적 조정에 기초하여, 로봇 시스템은 예상되지 않은 상태를 처리하도록 이동 계획을 업데이트할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템이 조정된 물

체 배치 위치로부터 시작되고 시작 위치에 대해 역방향으로 점진적으로 이동하여 이동 계획을 결정할 수 있다. 로봇 시스템이 역추적 경로를 따라 엔드-이펙터의 이산화된 모델을 배치하여 이동 계획을 업데이트하고/하거나 확인할 수 있다.

[0014] 다음의 설명에서, 수많은 특정한 상세사항은 현재 개시된 기술의 완전한 이해를 제공하도록 제시된다. 다른 실시형태에서, 본 명세서에 도입된 기법은 이 특정한 상세사항 없이 실행될 수 있다. 다른 경우에, 잘 알려진 특징, 예컨대, 특정한 함수 또는 루틴은 본 개시내용을 불필요하게 모호하게 하는 것을 방지하도록 상세히 설명되지 않는다. "실시형태", "하나의 실시형태" 등에 대한 이 설명의 참조는 설명되는 특정한 특징, 구조, 재료 또는 특성이 본 개시내용의 적어도 하나의 실시형태에 포함된다는 것을 의미한다. 따라서, 이 명세서에서 이러한 어구의 출현은 동일한 실시형태를 반드시 전부 나타내는 것은 아니다. 반면에, 이러한 참조는 또한 반드시 서로 배타적인 것은 아니다. 게다가, 특정한 특징, 구조, 재료 또는 특성은 하나 이상의 실시형태에서 임의의 적합한 방식으로 조합될 수 있다. 도면에 도시된 다양한 실시형태는 단지 예시적인 표현이고 반드시 축척대로 도시되는 것이 아님이 이해된다.

[0015] 잘 알려져 있고 로봇 시스템 및 하위 시스템과 종종 연관되지만, 개시된 기법의 일부 상당한 양상을 불필요하게 모호하게 할 수 있는 구조 또는 과정을 설명하는 수개의 상세사항이 명료성을 위해 다음의 설명에서 제시되지 않는다. 게다가, 다음의 개시내용이 본 기술의 상이한 양상의 수개의 실시형태를 제시하지만, 수개의 다른 실시형태는 이 부문에서 설명된 것과 상이한 구성 또는 상이한 컴포넌트를 가질 수 있다. 따라서, 개시된 기법은 부가적인 구성요소를 갖거나 또는 아래에 설명된 수개의 구성요소를 갖지 않는 다른 실시형태를 가질 수 있다.

[0016] 아래에 설명된 본 개시내용의 많은 실시형태 또는 양상은 프로그램 가능한 컴퓨터 또는 프로세서에 의해 실행되는 루틴을 포함하는, 컴퓨터- 또는 프로세서-실행 가능 명령어의 형태를 취할 수 있다. 당업자는 개시된 기법이 아래에 도시되고 설명된 것과 다른 컴퓨터 또는 프로세서 시스템에서 실행될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 본 명세서에 설명된 기법은 아래에 설명된 컴퓨터-실행 가능 명령어 중 하나 이상을 실행하도록 특별히 프로그래밍되고, 구성되거나 또는 구축되는 특수-목적 컴퓨터 또는 데이터 프로세서에서 구현될 수 있다. 따라서, 일반적으로 본 명세서에서 사용될 때 용어 "컴퓨터" 및 "프로세서"는 임의의 데이터 프로세서를 나타내고 인터넷 기기 및 핸드헬드 디바이스(초소형 컴퓨터, 착용 컴퓨터, 셀룰러 또는 모바일 폰, 멀티-프로세서 시스템, 프로세서-기반 또는 프로그램 가능한 가전 제품, 네트워크 컴퓨터, 미니 컴퓨터 등을 포함함)를 포함할 수 있다. 이 컴퓨터 및 프로세서에 의해 처리되는 정보는 액정 디스플레이(liquid crystal display: LCD)를 포함한, 임의의 적합한 디스플레이 매체에 제공될 수 있다. 컴퓨터- 또는 프로세서-실행 가능 과업을 실행하기 위한 명령어는 하드웨어, 펌웨어, 또는 하드웨어와 펌웨어의 조합을 포함하는, 임의의 적합한 컴퓨터-판독 가능 매체에 저장될 수 있다. 명령어는 예를 들어, 플래시 드라이브 및/또는 다른 적합한 매체를 포함하는, 임의의 적합한 메모리 디바이스에 포함될 수 있다.

[0017] 용어 "결합된" 및 "연결된"은 이들의 파생어와 함께, 컴포넌트 간의 구조적 관계를 설명하도록 본 명세서에서 사용될 수 있다. 이 용어는 서로에 대해 동의어로서 의도되지 않음이 이해되어야 한다. 오히려, 특정한 실시형태에서, "연결된"은 2개 이상의 구성요소가 서로 직접적으로 접촉하는 것을 나타내도록 사용될 수 있다. 달리 문맥에서 분명히 나타내지 않는 한, 용어 "결합된"은 2개 이상의 구성요소가 서로 직접적으로 또는 간접적으로(다른 개재 구성요소가 구성요소 사이에 있음) 접촉하거나, 또는 2개 이상의 구성요소가 서로 협력하거나 또는 상호작용하는 것(예를 들어, 원인과 결과 관계와 같이, 예컨대, 신호 전송/수신을 위해 또는 함수 호출을 위해), 또는 둘 다를 나타내도록 사용될 수 있다.

[0018] 적합한 환경

[0019] 도 1은 벽-기반 패키징 메커니즘을 구비한 로봇 시스템(100)이 작동할 수도 있는 예시적인 환경의 도면이다. 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 과업을 실행하도록 구성된 하나 이상의 장치(예를 들어, 로봇)를 포함할 수 있고/있거나 하나 이상의 장치와 통신할 수 있다. 벽-기반 패키징 메커니즘의 양상은 다양한 장치에 의해 실행 또는 구현될 수 있다.

[0020] 도 1에 예시된 실시예에 대해, 로봇 시스템(100)은 창고 또는 유통/배송 허브에서 언로딩 장치(102), 이송 장치(104)(예를 들어, 팔레트화 로봇 및/또는 피스-피커 로봇), 수송 장치(106), 로딩 장치(108), 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 로봇 시스템(100)에서 장치의 각각은 하나 이상의 과업을 실행하도록 구성될 수 있다. 과업은 목적을 달성하는 작동을 수행하도록, 예컨대, 물체를 트럭 또는 밴으로부터 내리고 물체를 창고에 저장하거나 또는 물체를 저장 위치로부터 내려서 물체를 배송을 위해 준비하도록 시퀀스대로 결합될 수 있다. 또 다른 예를 들면, 과업은 물체를 타깃 위치에(예를 들어, 팔레트의 상단부에 그리고/또는 통/케이싱/박스/케이스의 내

부에) 배치하는 것을 포함할 수 있다. 아래에서 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템은 물체를 배치하고/배치하거나 적층하기 위한 계획(예를 들어, 배치 위치/방향, 물체를 이송하기 위한 시퀀스, 및/또는 대응하는 이동 계획)을 도출할 수 있다. 장치의 각각은 과업을 실행시키기 위해 하나 이상의 도출된 계획에 따라 행위의 시퀀스를 실행시키도록 (예를 들어, 하나 이상의 컴포넌트를 작동시킴으로써) 구성될 수 있다.

[0021] 일부 실시형태에서, 과업은 시작 위치(114)로부터 과업 위치(116)로 타깃 물체(112)(예를 들어, 과업의 실행에 대응하는 패키지, 박스, 케이스, 케이지, 팔레트 등 중 하나)의 조작(예를 들어, 이동 및/또는 방향 변경)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 언로딩 장치(102)(예를 들어, 디배닝 로봇(devanning robot))는 타깃 물체(112)를 캐리어(예를 들어, 트럭) 내 위치로부터 컨베이어 벨트 상의 위치로 이송하도록 구성될 수 있다. 또한, 이송 장치(104)는 타깃 물체(112)를 하나의 위치(예를 들어, 컨베이어 벨트, 팔레트, 또는 통)로부터 또 다른 위치(예를 들어, 팔레트, 통 등)로 이송하도록 구성될 수 있다. 또 다른 예를 들면, 이송 장치(104)(예를 들어, 팔레트화 로봇)는 타깃 물체(112)를 소스 위치(예를 들어, 팔레트, 픽업 영역 및/또는 컨베이어)로부터 목적지 팔레트로 이송하도록 구성될 수 있다. 작업을 완료할 때, 수송 장치(106)는 타깃 물체(112)를 이송 장치(104)와 연관된 영역으로부터 로딩 장치(108)와 연관된 영역으로 이송할 수 있고, 로딩 장치(108)는 타깃 물체(112)를 (예를 들어, 타깃 물체(112)를 나르는 팔레트를 이동시킴으로써) 이송 장치(104)로부터 저장 위치(예를 들어, 선반 상의 위치)로 이송할 수 있다. 과업 및 연관된 행위에 관한 상세사항은 아래에 설명된다.

[0022] 예시 목적을 위하여, 로봇 시스템(100)이 배송 센터의 맥락에서 설명되지만; 로봇 시스템(100)이 다른 환경에서/다른 목적을 위해, 예컨대, 제작, 조립, 패키징, 의료 및/또는 자동화의 다른 유형을 위해 과업을 실행하도록 구성될 수 있다는 것이 이해된다. 로봇 시스템(100)이 도 1에 도시되지 않은, 다른 장치, 예컨대, 조작기, 서비스 로봇, 모듈식 로봇 등을 포함할 수 있다는 것이 또한 이해된다. 예를 들어, 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 물체를 케이지 카트 또는 팔레트로부터 컨베이어 또는 다른 팔레트로 이송하기 위한 팔레트화 해제 장치, 물체를 하나의 컨테이너로부터 또 다른 컨테이너로 이송하기 위한 컨테이너-전환 장치, 물체를 감싸기 위한 패키징 장치, 물체의 하나 이상의 특성에 따라 물체를 분류하기 위한 분류 장치, 물체의 하나 이상의 특성에 따라 상이하게 물체를 조작(예를 들어, 구분, 분류 및/또는 이송)하기 위한 피스-피킹 장치, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0023] 로봇 시스템(100)은 운동(예를 들어, 회전 및/또는 병진 변위)을 위한 이음부에서 연결되는 물리적 또는 구조적 부재(예를 들어, 로봇 조작기 암)를 포함할 수 있고/있거나 물리적 또는 구조적 부재에 결합될 수 있다. 구조적 부재 및 이음부는 로봇 시스템(100)의 사용/작동에 따라 하나 이상의 과업(예를 들어, 파지, 회전, 용접 등)을 실행하도록 구성된 엔드-이펙터(예를 들어, 그리퍼)를 조작하도록 구성된 운동 사슬을 형성할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 대응하는 이음부 주변에서 또는 대응하는 이음부에서 구조적 부재를 구동 또는 조작(예를 들어, 변위 및/또는 방향 변경)하도록 구성된 구동 디바이스(예를 들어, 모터, 액추에이터, 와이어, 인공 근육, 전기활성 폴리머 등)를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 대응하는 장치/새시(chassis)를 하나의 장소로부터 다른 하나의 장소로 수송하도록 구성된 수송 모터를 포함할 수 있다.

[0024] 로봇 시스템(100)은 과업을 구현하도록, 예컨대, 구조적 부재를 조작하기 위해 그리고/또는 로봇 장치를 수송하기 위해 사용되는 정보를 획득하도록 구성된 센서를 포함할 수 있다. 센서는 로봇 시스템(100) 그리고/또는 주변 환경의 하나 이상의 물리적 특성(예를 들어, 하나 이상의 구조적 부재/부재의 이음부의 상태, 조건 및/또는 위치)을 검출 또는 측정하도록 구성된 디바이스를 포함할 수 있다. 센서의 일부 예는 가속도계, 자이로스코프, 힘 센서, 변형계, 촉각 센서, 회전력 센서, 위치 인코더 등을 포함할 수 있다.

[0025] 일부 실시형태에서, 예를 들어, 센서는 주변 환경을 검출하도록 구성된 하나 이상의 이미징 디바이스(예를 들어, 시각적 및/또는 적외선 카메라, 2D 및/또는 3D 이미징 카메라, 거리 측정 디바이스, 예컨대, 라이다(lidar) 또는 레이더(radar) 등)를 포함할 수 있다. 이미징 디바이스는 기계/컴퓨터 비전을 통해 (예를 들어, 자동 검사, 로봇 안내 또는 다른 로봇 적용을 위해) 처리될 수도 있는 디지털 이미지 및/또는 포인트 클라우드와 같은, 검출된 환경의 표현을 생성할 수 있다. 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 타깃 물체(112), 시작 위치(114), 과업 위치(116), 타깃 물체(112)의 자세, 시작 위치(114) 및/또는 자세에 관한 신뢰도 측정 또는 이들의 조합을 식별하도록 디지털 이미지 및/또는 포인트 클라우드를 처리할 수 있다.

[0026] 타깃 물체(112)를 조작하기 위해, 로봇 시스템(100)은 타깃 물체(112) 및 타깃 물체의 시작 위치(114)를 식별하도록 지정된 영역(예를 들어, 픽업 위치, 예컨대, 트럭의 내부 또는 컨베이어 벨트 상)의 이미지를 캡처할 수 있고 분석할 수 있다. 유사하게, 로봇 시스템(100)은 과업 위치(116)를 식별하도록 또 다른 지정된 영역(예를 들어, 물체를 컨베이어 상에 배치하기 위한 드롭 위치, 물체를 컨테이너의 내부에 배치하기 위한 위치, 또는 적

층 목적을 위한 팔레트 상의 위치)의 이미지를 캡처할 수 있고 분석할 수 있다. 예를 들어, 이미징 디바이스는 픽업 영역의 이미지를 생성하도록 구성된 하나 이상의 카메라 및/또는 과업 영역(예를 들어, 드롭 영역)의 이미지를 생성하도록 구성된 하나 이상의 카메라를 포함할 수 있다. 캡처된 이미지에 기초하여, 아래에서 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 시작 위치(114), 과업 위치(116), 연관된 자세, 패킹/배치 계획, 이송/패킹 시퀀스 및/또는 다른 처리 결과를 결정할 수 있다.

[0027] 일부 실시형태에서, 예를 들어, 센서는 로봇 시스템(100)의 구조적 부재(예를 들어, 로봇 암 및/또는 엔드-이펙터) 및/또는 대응하는 이음부의 위치를 검출하도록 구성된 위치 센서(예를 들어, 위치 인코더, 전위차계 등)를 포함할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 과업의 실행 동안 구조적 부재 및/또는 이음부의 위치 및/또는 방향을 추적하도록 위치 센서를 사용할 수 있다.

[0028] 적합한 시스템

[0029] 도 2는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 로봇 시스템(100)을 도시하는 블록도이다. 일부 실시형태에서, 예를 들어, 로봇 시스템(100)(예를 들어, 위에서 설명된 장치 및/또는 로봇 중 하나 이상에서)은 전자/전기 디바이스, 예컨대, 하나 이상의 프로세서(202), 하나 이상의 저장 디바이스(204), 하나 이상의 통신 디바이스(206), 하나 이상의 입력-출력 디바이스(208), 하나 이상의 구동 디바이스(212), 하나 이상의 수송 모터(214), 하나 이상의 센서(216), 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 다양한 디바이스는 유선 연결 및/또는 무선 연결을 통해 서로 결합될 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 버스, 예컨대, 시스템 버스, 주변 컴포넌트 상호 연결(Peripheral Component Interconnect: PCI) 버스 또는 PCI-익스프레스 버스, 하이퍼트랜스포트(HyperTransport) 또는 산업 표준 아키텍처(industry standard architecture: ISA) 버스, 소형 컴퓨터 시스템 인터페이스(small computer system interface: SCSI) 버스, 범용 직렬 버스(universal serial bus: USB), IIC(I2C) 버스, 또는 전기 전자 기술자 협회(Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE) 표준 1394 버스(또한 "파이어와이어(Firewire)"로서 지칭됨)를 포함할 수 있다. 또한, 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 디바이스 간의 유선 연결을 제공하기 위한 브릿지, 어댑터, 프로세서, 또는 다른 신호-관련 디바이스를 포함할 수 있다. 무선 연결은 예를 들어, 셀룰러 통신 프로토콜(예를 들어, 3G, 4G, LTE, 5G 등), 무선 국부 영역 네트워크(local area network: LAN) 프로토콜(예를 들어, 와이파이(wireless fidelity: WIFI)), 피어-대-피어 또는 디바이스-대-디바이스 통신 프로토콜(예를 들어, 블루투스, 근거리 통신(Near-Field communication: NFC) 등), 사물 인터넷(Internet of Things: IoT) 프로토콜(예를 들어, NB-IoT, LTE-M 등) 및/또는 다른 무선 통신 프로토콜에 기초할 수 있다.

[0030] 프로세서(202)는 저장 디바이스(204)(예를 들어, 컴퓨터 메모리)에 저장된 명령어(예를 들어, 소프트웨어 명령어)를 실행하도록 구성된 데이터 프로세서(예를 들어, 중앙 처리 장치(central processing unit: CPU), 특수-목적 컴퓨터 및/또는 온보드 서버)를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 프로세서(202)는 도 2에 예시된 다른 전자/전기 디바이스 및/또는 도 1에 예시된 로봇 장치에 작동 가능하게 결합되는 별개의/독립형 제어기에 포함될 수 있다. 프로세서(202)가 다른 디바이스를 제어하고/다른 디바이스와 인터페이스하도록 프로그램 명령어를 구현할 수 있어서, 로봇 시스템(100)이 행위, 과업 및/또는 작동을 실행하게 한다.

[0031] 저장 디바이스(204)는 프로그램 명령어(예를 들어, 소프트웨어)가 저장된 비일시적 컴퓨터-판독 가능 매체를 포함할 수 있다. 저장 디바이스(204)의 일부 예는 휘발성 메모리(예를 들어, 캐시 및/또는 랜덤-액세스 메모리(random-access memory: RAM)) 및/또는 비휘발성 메모리(예를 들어, 플래시 메모리 및/또는 자기 디스크 드라이브)를 포함할 수 있다. 저장 디바이스(204)의 다른 예는 휴대용 메모리 드라이브 및/또는 클라우드 저장 디바이스를 포함할 수 있다.

[0032] 일부 실시형태에서, 저장 디바이스(204)는 액세스를 처리 결과 및/또는 사전 결정된 데이터/문턱값에 더 저장하고 제공하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 저장 디바이스(204)는 로봇 시스템(100)에 의해 조작될 수도 있는 물체(예를 들어, 박스, 케이스 및/또는 제품)의 설명을 포함하는 마스터 데이터(252)를 저장할 수 있다. 하나 이상의 실시형태에서, 마스터 데이터(252)는 각각의 이러한 물체에 대한 등록 데이터(254)를 포함할 수 있다. 등록 데이터(254)는 치수, 형상(예를 들어, 상이한 자세의 물체를 인지하기 위한 컴퓨터-생성된 모델 및/또는 잠재적인 자세를 위한 템플릿), 색 배합, 이미지, 식별 정보(예를 들어, 바코드, 신속 응답(quick response: QR) 코드, 로고 등 및/또는 이들의 예상된 위치), 예상된 무게, 다른 물리적/시각적 특성, 또는 로봇 시스템(100)에 의해 조작되는 것으로 예상되는 물체에 대한 이들의 조합을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 마스터 데이터(252)는 물체에 관한 조작-관련된 정보, 예컨대, 물체의 각각의 질량 중심(center-of-mass: CoM) 위치 또는 이의 추정값, 하나 이상의 행위/조작에 대응하는 (예를 들어, 힘, 회전력, 압력 및/또는 접촉 측정에

대한) 예상된 센서 측정값, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

- [0033] 통신 디바이스(206)는 네트워크를 통해 외부 또는 원격 디바이스와 통신하도록 구성된 회로를 포함할 수 있다. 예를 들어, 통신 디바이스(206)는 수신기, 송신기, 변조기/복조기(모뎀), 신호 검출기, 신호 인코더/디코더, 연결기 포트, 네트워크 카드 등을 포함할 수 있다. 통신 디바이스(206)는 하나 이상의 통신 프로토콜(예를 들어, 인터넷 프로토콜(Internet Protocol: IP), 무선 통신 프로토콜 등)에 따라 전기 신호를 전송, 수신 그리고/또는 처리하도록 구성될 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 정보를 로봇 시스템(100)의 장치 간에 교환하고/하거나 정보(예를 들어, 보고, 데이터 수집, 분석 및/또는 고장 진단 목적을 위한)를 로봇 시스템(100)의 외부의 시스템 또는 디바이스와 교환하도록 통신 디바이스(206)를 사용할 수 있다.
- [0034] 입력-출력 디바이스(208)는 정보를 전달하고/하거나 정보를 인간 조작자로부터 수신하도록 구성된 사용자 인터페이스 디바이스를 포함할 수 있다. 예를 들어, 입력-출력 디바이스(208)는 정보를 인간 조작자에게 전달하기 위한 디스플레이(210) 및/또는 다른 출력 디바이스(예를 들어, 스피커, 촉각 회로 또는 촉각 피드백 디바이스 등)를 포함할 수 있다. 또한, 입력-출력 디바이스(208)는 제어 또는 수신 디바이스, 예컨대, 키보드, 마우스, 터치스크린, 마이크로폰, 사용자 인터페이스(UI) 센서(예를 들어, 이동 명령을 수신하기 위한 카메라), 착용 입력 디바이스 등을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 행위, 과업, 작동, 또는 이들의 조합을 실행할 때 인간 조작자와 상호작용하도록 입력-출력 디바이스(208)를 사용할 수 있다.
- [0035] 로봇 시스템(100)은 운동(예를 들어, 회전 및/또는 병진 변위)을 위한 이음부에서 연결되는 물리적 또는 구조적 부재(예를 들어, 로봇 조리기 암)를 포함할 수 있다. 구조적 부재 및 이음부는 로봇 시스템(100)의 사용/작동에 따라 하나 이상의 과업(예를 들어, 파지, 회전, 용접 등)을 실행하도록 구성된 엔드-이펙터(예를 들어, 그리퍼)를 조작하도록 구성된 운동 사슬을 형성할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 대응하는 이음부 주변에서 또는 대응하는 이음부에서 구조적 부재를 구동 또는 조작(예를 들어, 변위 및/또는 방향 변경)하도록 구성된 구동 디바이스(212)(예를 들어, 모터, 액추에이터, 와이어, 인공 근육, 전기활성 폴리머 등)를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 대응하는 장치/새시를 하나의 장소로부터 다른 하나의 장소로 수송하도록 구성된 수송 모터(214)를 포함할 수 있다.
- [0036] 로봇 시스템(100)은 과업을 구현하도록, 예컨대, 구조적 부재를 조작하기 위해 그리고/또는 로봇 장치를 수송하기 위해 사용되는 정보를 획득하도록 구성된 센서(216)를 포함할 수 있다. 센서(216)는 로봇 시스템(100) 그리고/또는 주변 환경의 하나 이상의 물리적 특성(예를 들어, 하나 이상의 구조적 부재/부재의 이음부의 상태, 조건 및/또는 위치)을 검출 또는 측정하도록 구성된 디바이스를 포함할 수 있다. 센서(216)의 일부 예는 가속도계, 자이로스코프, 힘 센서, 변형계, 촉각 센서, 회전력 센서, 위치 인코더 등을 포함할 수 있다.
- [0037] 일부 실시형태에서, 예를 들어, 센서(216)는 주변 환경을 검출하도록 구성된 하나 이상의 이미징 디바이스(222)(예를 들어, 시각적 및/또는 적외선 카메라, 2D 및/또는 3D 이미징 카메라, 거리 측정 디바이스, 예컨대, 라이다(lidar) 또는 레이더(radar) 등)를 포함할 수 있다. 이미징 디바이스(222)는 기계/컴퓨터 비전을 통해(예를 들어, 자동 검사, 로봇 안내 또는 다른 로봇 적용을 위해) 처리될 수도 있는 디지털 이미지 및/또는 포인트 클라우드와 같은, 검출된 환경의 표현을 생성할 수 있다. 아래에 더 상세히 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템(100)은(예를 들어, 프로세서(202)를 통해) 도 1의 타깃 물체(112), 도 1의 시작 위치(114), 도 1의 과업 위치(116), 타깃 물체(112)의 자세, 시작 위치(114) 및/또는 자세에 관한 신뢰도 측정 또는 이들의 조합을 식별하도록 디지털 이미지 및/또는 포인트 클라우드를 처리할 수 있다.
- [0038] 타깃 물체(112)를 조작하기 위해, 로봇 시스템(100)은(예를 들어, 위에서 설명된 다양한 회로/디바이스를 통해) 타깃 물체(112) 및 타깃 물체의 시작 위치(114)를 식별하도록 지정된 영역(예를 들어, 픽업 위치, 예컨대, 트럭의 내부 또는 컨베이어 벨트 상)의 이미지를 캡처할 수 있고 분석할 수 있다. 유사하게, 로봇 시스템(100)은 과업 위치(116)를 식별하도록 또 다른 지정된 영역(예를 들어, 물체를 컨베이어 상에 배치하기 위한 드롭 위치, 물체를 컨테이너의 내부에 배치하기 위한 위치, 또는 적층 목적을 위한 팔레트 상의 위치)의 이미지를 캡처할 수 있고 분석할 수 있다. 예를 들어, 이미징 디바이스(222)는 픽업 영역의 이미지를 생성하도록 구성된 하나 이상의 카메라 및/또는 과업 영역(예를 들어, 드롭 영역)의 이미지를 생성하도록 구성된 하나 이상의 카메라를 포함할 수 있다. 캡처된 이미지에 기초하여, 아래에서 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 시작 위치(114), 과업 위치(116), 연관된 자세, 패킹/배치 계획, 이송/패킹 시퀀스 및/또는 다른 처리 결과를 결정할 수 있다.
- [0039] 일부 실시형태에서, 예를 들어, 센서(216)는 로봇 시스템(100)의 구조적 부재(예를 들어, 로봇 암 및/또는 엔드-이펙터) 및/또는 대응하는 이음부의 위치를 검출하도록 구성된 위치 센서(224)(예를 들어, 위치 인코더, 전위

차계 등)를 포함할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 과업의 실행 동안 구조적 부재 및/또는 이음부의 위치 및/또는 방향을 추적하도록 위치 센서(224)를 사용할 수 있다.

[0040] 예시적인 물체 이송 및 패킹

[0041] 도 3은 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 도 1의 로봇 시스템(100)의 도면이다. 로봇 시스템(100)은 엔드-이펙터(304)(예를 들어, 그리퍼)를 포함하는 로봇 암(302)을 포함할 수 있거나 또는 로봇 암에 통신 가능하게 결합될 수 있다. 로봇 암(302)은 도 1에 예시된 로봇 장치(예를 들어, 도 1의 이송 장치(104)의 인스턴스(instance)) 중 하나의 로봇 장치 또는 로봇 장치 중 하나의 로봇 장치의 일부일 수 있다. 예를 들어, 로봇 암(302)은 패키지 처리 적용을 포함하는 산업 적용에서 채용되는 산업용 로봇 시스템을 포함할 수 있다. 로봇 암(302)은 예컨대, 6-축 산업용 로봇 암 구조체에 대해, 복수의 축을 따라 또는 복수의 축 주위에서 연결될 수도 있다.

[0042] 로봇 암(302)은 타겟 물체(112)를 도 1의 시작 위치(114)와 도 1의 과업 위치(116) 사이에서 이송하도록 구성될 수 있다. 도 3에 예시된 바와 같이, 시작 위치(114)는 컨베이어(306)(예를 들어, 도 1의 수송 장치(106)의 인스턴스) 상의 위치(예를 들어, 단부/진입 지점)에 대응할 수 있다. 로봇 암(302)에 대한 과업 위치(116)는 배치 플랫폼(308)(예를 들어, 컨테이너, 예컨대, 카트 또는 케이스) 또는 배치 플랫폼 내 위치일 수 있다. 예를 들어, 로봇 암(302)은 물체(112)를 컨베이어(306)로부터 집고 물체를 또 다른 목적지/과업으로의 수송을 위해 배치 플랫폼(308)에/상에 배치하도록 구성될 수 있다.

[0043] 엔드-이펙터(304)는 로봇 암(302)의 원위 단부에 결합된 임의의 컴포넌트 또는 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 엔드-이펙터(304)는 하나 이상의 물체와 상호작용하도록 구성될 수 있다. 일부 실시형태에서, 엔드-이펙터(304)는 힘-회전력(force-torque: F-T) 센서(미도시), 암 인터페이스, 그리퍼 시스템, 및/또는 그리퍼 인터페이스를 포함할 수 있다. 예시 목적을 위하여, 흡입 컵의 열을 가진 엔드-이펙터(304)가 도시되지만, 엔드-이펙터(304)가 상이한 구성을 가질 수 있다는 것이 이해된다. 예를 들어, 엔드-이펙터(304)는 통합된 흡입 채널을 구비한 흡입 패드, 핀치 유형의 파지 디바이스, 또는 물체를 움켜잡기 위한 파지 시스템의 임의의 다른 유형을 가질 수 있다.

[0044] 로봇 시스템(100)은 로봇 암(302)을 사용하여 이송 작업을 수행할 때 도 2의 센서(216) 중 하나 이상의 센서를 사용할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 시작 위치(114) 및/또는 과업 위치(116)에서 또는 그 주위에서 센서(예를 들어, 2D 및/또는 3D 센서, 예컨대, 카메라 및/또는 깊이 센서)의 세트를 포함할 수 있거나 또는 센서의 세트에 결합될 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 과업 위치(116) 위의 그리고 과업 위치로 향하는 상단-뷰 센서(310) 및/또는 과업 위치(116)와 인접하고 과업 위치로 횡 방향으로 향하는 측면-뷰 센서(312)를 포함할 수 있거나 또는 이들과 결합될 수 있다. 로봇 시스템(100)은 유사하게 시작 위치(114)로 향하는 하나 이상의 소스 센서(314)를 포함할 수 있다. 센서는 대응하는 위치를 이미징하고/하거나 분석하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 상단-뷰 센서(310)는 배치 플랫폼(308) 및/또는 배치 플랫폼 상의 물체의 평면도를 도시하는 이미지 데이터를 생성할 수 있고/있거나 처리할 수 있다. 또한, 측면-뷰 센서(312)는 배치 플랫폼(308) 및/또는 배치 플랫폼 상의 물체의 측면도를 도시하는 이미지 데이터를 생성할 수 있고/있거나 처리할 수 있다.

[0045] 로봇 시스템(100)은 과업을 수행하기 위해, 예컨대, 물체를 시작 위치(114)로부터 과업 위치(116)로 이송하기 위해 센서(216)로부터 이미지 데이터를 사용할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 패킹 계획 및/또는 이동 계획을 도출하고 구현하여 과업을 수행하도록 이미지 데이터를 사용할 수 있다. 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 물체를 배치 플랫폼(308) 상에 또는 내에 배치하기 위해 패킹 계획 및 대응하는 이동 계획을 도출할 수 있고/있거나 동적으로 조정할 수 있다. 계획은 하나 이상의 물체가 다른 물체의 상단부에 배치(예를 들어, 적층)되는 것에 대응할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 물체의 주변부(들)가 하부 물체의 주변부(들)를 넘어 횡 방향으로 연장되도록 적층된 물체(예를 들어, 하부 물체의 상단부에 배치된 물체)가 배치되기 위한 다양한 계획을 도출 및/또는 조정할 수도 있다. 일부 경우에, 로봇 시스템(100)은 돌출되는 적층된 물체가 배치 플랫폼(308)의 수직으로-지향된 벽 또는 칸막이와 접촉하고/하거나 이것에 기대기 위한 계획을 도출 및/또는 조정할 수도 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 배치 플랫폼(308) 내 배치 구역을 실질적으로 증가시키고 수직으로-지향된 벽 또는 칸막이를 사용하여 배치 플랫폼 내에 물체를 지지하기 위한 패킹 계획 및 이동 계획을 도출할 수 있다.

[0046] 또한 아래에서 상세히 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 배치 플랫폼(308)과 연관된 이상을 검출하는 것에 기초하여 패킹 계획 및/또는 이동 계획을 동적으로 조정할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 배치 플랫폼이 로봇 시스템(100)의 작동 동안 배치될 때 실제 배치 플랫폼(예를 들어, 카트 및/또는 케이스)의 실시간

이미지를 획득할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 배치 플랫폼의 이상, 예컨대, 수직 벽 내 부분적인 개구, 오정렬, 및/또는 뒤틀림에 의해 유발되는 (예를 들어, 미리 결정되거나 또는 예상된 공간과 비교하여) 배치 구역의 감소를 검출하도록 실시간 이미지를 분석할 수 있다. 이상을 실시간으로 검출하는 것에 기초하여, 로봇 시스템(100)은 계획을 (예를 들어, 배치 위치에서 그리고/또는 처음에 도출된 계획을 구현/트리거링하기 직전에) 동적으로 업데이트할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 다양한 시프트된(shifted) 배치 위치를 테스트할 수 있고 검증할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 실시간 상태에 따라 배치 위치에 대응하는 업데이트된 이동 계획을 더 테스트할 수 있다.

[0047] 로봇 시스템(100)은 유사하게 로봇 암(302), 엔드-이펙터(304), 및/또는 타겟 물체(112)를 추적하고 이들의 위치를 찾도록 센서(216) 중 하나 이상의 센서를 사용할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 위치 센서로부터의 판독에 기초하여 위치(도 3에서 좌표 세트(x, y, z)로서 도시됨)를 추적할 수 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 전달되거나 또는 실행된 명령/설정 에 기초하여 위치를 계산할 수 있고 추적할 수 있다. 로봇 시스템은 사전 결정된 좌표 시스템 또는 격자에 따라 위치를 결정할 수 있고 추적할 수 있다.

[0048] 예시적인 배치 플랫폼

[0049] 도 4a 내지 도 4d는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 예시적인 물체 컨테이너(예를 들어, 도 3의 배치 플랫폼(308))의 도면이다. 도 4a는 예시적인 카트(410)의 측면도이고, 도 4b는 카트(410)의 평면도이다. 카트(410)는 카트-기저부(412) 및 마주보는 카트-측벽(414)의 쌍을 가진 물체 컨테이너일 수 있다. 예를 들어, 카트-기저부(412)는 직사각형 형상을 가진 풋프린트(예를 들어, 상단 또는 하단 뷰로부터 둘레 형상 또는 실루엣)를 가질 수 있다. 카트-측벽(414)은 카트-기저부(412)의 마주보는 주변 에지의 쌍에/위에 부착될 수 있거나 또는 그와 일체화될 수 있다. 카트-기저부(412)의 나머지 주변 에지 위쪽의 공간은 개방될 수 있거나 또는 미차단될 수 있다.

[0050] 도 4c는 예시적인 케이지(420)의 측면도이고, 도 4d는 케이지(420)의 평면도이다. 케이지(420)는 케이지-기저부(422) 및 3개의 수직으로-지향된 벽(예를 들어, 마주보는 케이지-측벽(424)의 쌍 및 케이지-뒷벽(426))을 가진 물체 컨테이너일 수 있다. 예를 들어, 케이지-기저부(422)는 직사각형 형상을 가진 풋프린트를 가질 수 있다. 케이지-측벽(424)은 케이지-기저부(422)의 마주보는 주변 에지의 쌍에/위에 부착될 수 있거나 또는 그와 일체화될 수 있다. 케이지-뒷벽(426)은 케이지-기저부(422)의 나머지 주변 에지 중 하나의 주변 에지에/위에 부착될 수 있거나 또는 그와 일체화될 수 있다. 케이지-뒷벽(426)의 반대편의 공간은 개방될 수 있거나 또는 미차단될 수 있다.

[0051] 각각의 배치 플랫폼(308)은 운반된/로딩된 물체에 의해 점유될 수 있는 예상된 배치 구역(430)을 포함할 수 있다. 즉, 예상된 배치 구역(430)은 대응하는 배치 플랫폼(308)에 대한 의도되거나 또는 사전 결정된 화물 공간을 나타낼 수 있다. 도 4a 내지 도 4d를 함께 참조하면, 카트(410) 및 케이지(420)에 대한 예상된 배치 구역(430)은 수직으로-지향된 벽(예를 들어, 카트-측벽(414), 케이지-측벽(424), 및/또는 케이지-뒷벽(426))까지 확장될 수 있고/있거나 이들에 의해 경계가 이루어질 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 물체가 수직으로-지향된 벽과 접촉하고/하거나 그에 의해 지지되도록 물체를 카트(410) 및/또는 케이지(420) 내에 배치하기 위한 계획을 도출할 수도 있고, 구현할 수도 있고/있거나 실행시킬 수도 있다. 배치 구역(430)은 카트-기저부(412) 및/또는 케이지-기저부(422)의 개방된/미차단된 에지를 지나 또는 이들까지(예를 들어, 이들 앞까지 또는 이들과 동일 평면 상에 있고/일치하게) 횡 방향으로 (예를 들어, y-축을 따라) 확장될 수도 있다. 유사하게, 배치 구역(430)은 수직으로-지향된 벽의 상단 에지까지 또는 그보다 위쪽으로 수직으로 (예를 들어, z-축을 따라) 확장될 수도 있다. 즉, 일부 경우에, 로봇 시스템(100)은 배치된 물체의 적어도 부분이 대응하는 배치 플랫폼(308)의 수직으로-지향된 벽의 상단 에지보다 위쪽에 있도록 물체를 배치하기 위한 계획을 도출할 수도 있고, 구현할 수도 있고/있거나 실행시킬 수도 있다.

[0052] 예시적인 엔드-이펙터

[0053] 도 5a 내지 도 5c는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 예시적인 엔드-이펙터(예를 들어, 도 3의 엔드-이펙터(304))의 도면이다. 도 5a 및 도 5b는 각각, 로봇 암(302)의 예시적인 그리퍼 조립체(502) 및 부분의 측면도 및 평면도이다. 일부 실시형태에서, 그리퍼 조립체(502)는 그리퍼 조립체(502)와 물체 사이에 진공을 생성하여, 물체를 그리퍼 조립체(502)에 대해 부착(예를 들어, 물체를 파지)시키도록 구성된 진공-기반 그리퍼에 대응할 수 있다.

[0054] 그리퍼 조립체(502)는 로봇 암(302)을 그리퍼(514)에 구조적으로 결합하는 구조적 부재(512)(예를 들어, 회전

이음부, 연장 암 등)를 포함할 수도 있다. 그리퍼(514)는 파지 인터페이스(516)를 작동시켜서 하나 이상의 타깃된 물체를 그리퍼(514)에 대해 접촉시키고 부착시키도록 구성된 회로, 모터, 및/또는 다른 기계적 컴포넌트를 포함할 수도 있다. 일부 실시형태에서, 파지 인터페이스(516)는 그리퍼(514) 내 작동기 및/또는 다른 기계적 컴포넌트에 의해 제어되는 흡입 컵을 포함할 수 있다. 그리퍼(514)는 접촉된 표면 및 흡입 컵의 각각에 의해 경계를 이룬 공간 내 진공을 형성하고 제어하여, 타깃된 물체를 부착시키고 파지하도록 구성될 수 있다.

[0055] 그리퍼 조립체(502)는 다른 컴포넌트를 포함할 수도 있다. 일부 실시형태에서, 그리퍼 조립체(502)는 그리퍼 조립체(502) 및/또는 그리퍼 조립체의 하나 이상의 부분의 위치를 결정하도록 사용되는 기능을 제공하도록 구성된 캘리브레이션 보드(calibration board)(518)를 포함할 수도 있다. 캘리브레이션 보드(518)는 획득된 이미지에서 기준으로서 사용될 수 있고/있거나 캘리브레이션 과정에 대한 상세한 위치 정보를 제공할 수 있다. 캘리브레이션 보드(518)는 그리퍼(514)의 주변 에지에 부착될 수도 있거나 또는 주변 에지와 일체화될 수도 있고 주변 에지로부터 이격되어 연장될 수도 있다. 일부 실시형태에서, 캘리브레이션 보드(518)는 그리퍼(514)의 상단면으로부터 이격되어 수직으로 연장될 수 있다. 캘리브레이션 보드(518)는 또한 그리퍼(514)의 중심부 및/또는 구조적 부재(512)를 향하여 또는 그로부터 이격되어 횡 방향으로 연장될 수도 있다.

[0056] 그리퍼 조립체(502)는 로봇 시스템(100)에 의해 미리 결정되거나 또는 알려진 치수를 가질 수 있다. 예를 들어, 그리퍼 조립체(502)는 조립체 높이(522), 기저부 길이(524), 및/또는 기저부 폭(526)을 가질 수 있다. 조립체 높이(522)는 구조적 부재의 최외측 부분(예를 들어, 로봇 암(302)에 연결된 상단부 또는 부분)과 최외측 부분의 반대편의 파지 인터페이스(516)의 부분 사이의 거리(예를 들어, z-축을 따름)에 대응할 수 있다. 기저부 길이(524) 및 기저부 폭(526)은 직각 방향(예를 들어, x-축 및 y-축)을 따라 측정된 그리퍼(514)의 횡 방향 치수에 대응할 수 있다. 치수는 타깃된 물체와 맞물리는 것 또는 타깃된 물체를 파지하는 것과 연관된 그리퍼 조립체(502)의 사전 결정된 자세/배열에 대응할 수 있다.

[0057] 일부 실시형태에서, 그리퍼 조립체(502)의 하나 이상의 치수는 물체를 파지하는 동안 변경될 수도 있다. 도 5c는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 타깃 물체(112)를 파지하고 리프팅한 후 그리퍼 조립체(502)의 실례가 되는 측면도이다. 진공-기반 그리퍼에 대해, 연장된 인터페이스 높이(532)는 초기 그리고 맞물리지 않은 상태의 흡입 컵의 높이에 대응할 수도 있다. 흡입 컵 내 진공과 접촉하고, 진공을 생성하고, 진공을 유지할 때, 흡입 컵의 형상은 변형될 수도 있고/있거나 압축될 수도 있다. 따라서, 그리퍼(514)가 타깃 물체(112)와 맞물리고 타깃 물체를 파지할 때, 파지 인터페이스(516)는 연장된 인터페이스 높이(532) 미만인 맞물린 인터페이스 높이(534)에 대응할 수도 있다. 따라서, 조립체 높이(522)는 타깃 물체(112)와 맞물리고/타깃 물체를 파지할 때 감소될 수도 있다. 로봇 시스템(100)이 높이(예를 들어, 맞물린 인터페이스 높이(534))의 변화를 결정하고 식별하여 그리퍼(514), 타깃 물체(112), 및/또는 이들의 부분의 위치를 정확하게 결정할 수 있고 추적할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 도 2의 저장 디바이스(204)에 저장되고 미리 결정되는 맞물린 인터페이스 높이(534)를 가질 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 타깃 물체(112)를 파지하고 그리퍼(514)를 사전 결정된 높이만큼 리프팅한 후 도 3의 측면-뷰 센서(312)로부터 이미지 데이터를 캡처하고 분석하는 것에 기초하여 실시간으로(예를 들어, 배치/작동 동안) 맞물린 인터페이스 높이(534)를 결정할 수 있다.

[0058] 예시적인 이산화 모델

[0059] 도 6은 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 패킹 컴포넌트의 예시적인 이산화된 모델(discretized 모델)(600)의 도면이다. 이산화된 모델(600)은 패킹 컴포넌트, 예컨대, 조각된/패킹된 물체(예를 들어, 등록된 물체), 로봇 장치 또는 로봇 장치의 부분, 및/또는 물체 용기(예를 들어, 도 3의 배치 플랫폼(308))의 화소 처리된 표현을 포함할 수 있다. 예를 들어, 이산화된 모델(600)은 이산화 단위(602)(즉, 사전 결정된 치수에 대응하는 하나의 이산형 영역/공간)에 따라 패킹 컴포넌트의 물리적 크기/형상을 설명할 수 있다. 즉, 이산화 단위(602)는 단위 화소, 예컨대, 이산화 길이에 대응하는 하나 이상의 치수를 가진 다각형(예를 들어, 정사각형 또는 정육면체)에 대응할 수 있다.

[0060] 이산화 단위(602)의 치수는 시스템 조작자, 시스템 설계자, 사전 결정된 입력/설정, 또는 이들의 조합에 의해 미리 설정되는 길이를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 이산화 단위(602)의 치수는 로봇 시스템(100)의 작동 동안 동적으로 조정될 수 있다. 일부 실시형태에서, 이산화 단위(602)(예를 들어, 이산화 단위)의 크기는 물체의 치수 및/또는 로딩 플랫폼의 치수에 따라 변화될 수 있다. 이산화 단위(602)(예를 들어, 화소)의 크기는 또한 필요한 자원(예를 들어, 계산 시간, 필요한 메모리 등)과 패킹 정확도의 균형을 맞추도록 (예를 들어, 미리 설정된 규칙/등식 및/또는 조작자 선택을 통해) 조정될 수 있다. 크기가 감소될 때, 계산 시간 및 패킹 정확도가 결과적으로 발생하는 증가된 데이터에 따라 증가될 수 있다. 따라서, 조정 가능한 이산화 단위(602)를 사

용하는 패킹 과업(예를 들어, 타깃 패키지, 엔드-이펙터 조립체 및 패킹 플랫폼)의 이산화는 패키지를 팔레트화 하기 위해 증가된 융통성을 제공한다. 로봇 시스템(100)은 고유 시나리오, 패턴 및/또는 환경에 따라 계산 자원 /시간과 패킹 정확도 간의 균형을 제어할 수 있다.

[0061] 로봇 시스템(100)은 도 3의 로봇 암(302), 도 3의 엔드-이펙터(304), 도 1의 타깃 물체(112), 배치 플랫폼(308)(예를 들어, 도 4a의 카트(410) 및/또는 도 4b의 케이지(420)), 이미 배치된 물체 및/또는 이의 부분을 알려지거나 또는 사전 결정된 단위를 통해 설명할 수 있거나 또는 표현할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 연속적인 현실에 존재하는 공간/영역을 컴퓨터 판독 가능한 디지털 정보로 변형시킬 수 있다. 게다가, 이산화된 데이터는 패킹 컴포넌트에 의해 점유된 공간을 설명할 때 그리고 다양한 패키지 배치 위치를 비교하기 위해 감소된 계산 복잡성을 제공할 수 있다. 예를 들어, 패키지 치수가 실세계 십진수보다는 오히려 이산화 단위의 정수에 대응할 수 있어서, 관련된 수학적 계산의 복잡성을 감소시킨다.

[0062] 로봇 시스템(100)은 이산화 메커니즘(예를 들어, 과정, 회로, 함수 및/또는 루틴)에 의해 생성되는 이산화된 모델(600)을 활용할 수 있다. 일부 경우에, 이산화된 모델(600)은 외부 공급원(예를 들어, 제작용자, 유통업자, 고객 등)에 의해 제공될 수도 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 패킹 컴포넌트를 나타내는 분할된 타깃 데이터(예를 들어, 이미지 데이터, 형상 템플레이트, 및/또는 다른 디지털화된 물리적 표현)에 기초하여 이산화된 모델(600)을 생성할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 예컨대, 에지 검출 메커니즘(예를 들어, 소벨 필터(Sobel filter))을 사용하여, 분할된 타깃 데이터에서 실제 특징부(606)(예를 들어, 에지 및/또는 코너)를 식별할 수 있다. 식별된 실제 특징부(606)(실선을 사용하여 도시됨)에 기초하여, 로봇 시스템(100)은 분할된 타깃 데이터에서 기준점/에지(604)(예를 들어, 코너, 중심부, 중심 부분, 시각적 표시, 및/또는 위치 찾기 디바이스)를 결정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 기준 위치(604)를 원점으로서 사용할 수 있고 따라서 이산화 단위(602)(점선을 사용하여 도시됨)에 대응하는 사전 결정된 치수 및/또는 방향을 사용하여 분할된 타깃 데이터를 분할할 수 있다. 결과적으로 발생된 부분은 이미징된 컴포넌트의 이산화된/화소 처리된 단위일 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 (예를 들어, 도 2의 프로세서(202)를 통해) 현실에 존재하는 물체(예를 들어, 패키지, 로봇 암, 그 리퍼, 이의 하나 이상의 부분 및/또는 과업과 연관된 다른 물체)의 연속적인 표면/에지를 이산형 상대(예를 들어, 단위 길이 및/또는 단위 영역)에 맵핑할 수 있다.

[0063] 일부 경우에, 실제 특징부(606)는 이산화 단위(602)와 일치하지 않을 수도 있다. 즉, 패킹 컴포넌트는 이산화 단위의 소수/분수 성분(예를 들어, 1.2 단위 또는 3/4 단위)을 가진 치수를 가질 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 맥락에 따른 반올림 또는 반내림에 기초하여 이산화된 모델(600)을 생성할 수 있다. 예를 들어, 이산화된 모델(600)은 모델 물체(예를 들어, 도 1의 타깃 물체(112)), 도 3의 배치 플랫폼(308), 도 3의 로봇 암(302) 및/또는 도 3의 엔드-이펙터(304)일 수 있거나 또는 이들을 포함할 수 있다. 물체 용기에 들어가는 컴포넌트(예를 들어, 로봇 암(302), 엔드-이펙터(304), 및/또는 물체)에 대해, 로봇 시스템(100)은 이산화 단위(602)의 수량에 대해 치수를 반올림함으로써 대응하는 이산화된 모델(600)을 생성할 수도 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 도 4의 카트(410) 및/또는 도 4의 케이지(420)에 들어가는 모델링된 컴포넌트의 실제 특징부(606)를 넘어 모델 경계(608)(파선을 사용하여 도시됨)를 가진 이산화된 모델(600)을 생성할 수 있다. 물체 용기(예를 들어, 배치 플랫폼(308), 예컨대, 카트(410) 및/또는 케이지(420))에 대해, 로봇 시스템(100)은 이산화 단위(602)의 수량에 대해 치수를 반내림함으로써 대응하는 이산화된 모델(600)을 생성할 수도 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 모델링된 컴포넌트의 실제 특징부(606) 앞에 또는 이들 사이에 이산화된 모델(600)을 생성할 수 있다.

[0064] 로봇 시스템(100)은 이격 거리(610)만큼 실제 특징부(606)를 넘어(예를 들어, 실제 특징부로부터 이격된) 모델 경계(608)를 가진 이산화된 모델(600)을 생성할 수도 있다. 예를 들어, 이격 거리(610)는 로봇 시스템(100)이 예컨대, 엔드-이펙터(304)에 대해, 실제 컴포넌트보다 더 큰 공간을 모델링하고 점유하도록 추가된 버퍼에 대응할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 모델링된 컴포넌트가 작동 동안(예를 들어, 컴포넌트를 이동시키는 동안) 다른 물체/구조체와 접촉하지 않거나 또는 충돌하지 않는 것을 보장할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 이격 거리(610)에 따라 생성된 이산화된 모델(600)을 사용하여 감소된 충돌율을 제공할 수 있다. 또한, 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 모델링된 컴포넌트의 최외측 부분과 일치하거나 또는 최외측 부분에 기초하는 모델 경계(608)를 가진 직사각형 단면 형상을 가진 이산화된 모델(600)을 생성할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 모델링된 컴포넌트에 대한 위치/이동을 테스트하기 위한 (즉, 모든 에지/코너/특징부를 고려하는 것과 비교하여) 덜 복잡하고 더 간단한 처리를 제공할 수 있다.

[0065] 일부 실시형태에서, 이산화된 모델(600)은 오프라인에서(예를 들어, 대응하는 작동/구현에 관계 없이 그리고 이것 전에) 미리 결정될 수도 있거나 또는 생성될 수도 있고 로봇 시스템(100)의 배치 또는 작동 동안 액세스를 위해 마스터 데이터(252)에 저장될 수도 있다. 다른 실시형태에서, 이산화된 모델(600)은 시작 위치(114) 및/또

는 과업 위치(116)를 나타내는 이미지 데이터를 획득하는 것에 기초하여 실시간으로(예를 들어, 작동 동안) 생성될 수도 있다.

[0066] 이산화된 모델(600)은 패키징 컴포넌트의 형상, 치수 등을 2D 및/또는 3D로 나타낼 수 있다. 예를 들어, 이산화된 모델(600)은 등록되거나 또는 이미징된 물체의 각각의 인스턴스 또는 유형에 대해 물체 모델(예를 들어, 물체 풋프린트 모델(612) 및/또는 물체 프로파일 모델(614))을 포함할 수 있다. 또한, 이산화된 모델(600)은 배치 플랫폼(308)의 각각의 인스턴스 또는 유형에 대해 컨테이너 모델(예를 들어, 컨테이너 풋프린트 모델(622) 및/또는 컨테이너 프로파일 모델(624))을 포함할 수 있다. 컨테이너 모델(622 및 624)은 이산화 단위(602)에 따라 배치 표면(예를 들어, 도 4a 내지 도 4d에 예시된 바와 같이 횡 방향 인클로저를 가진 물체 용기의 내부 하단면)을 나타낼 수 있다. 컨테이너 모델(622 및 624)은 알려지거나 또는 표준 크기의 물체 용기에 기초할 수 있다. 게다가, 이산화된 모델(600)은 물체(예를 들어, 타깃 물체(112))를 배치 플랫폼(308) 상에/에 배치하는 것과 연관된 과업을 수행하도록 사용되는 로봇 장치의 부분을 나타내는 그리퍼 풋프린트 모델(632) 및/또는 그리퍼 프로파일 모델(634)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 그리퍼 모델(632 및/또는 634)은 엔드-이펙터(304), 로봇 암(302), 및/또는 이들의 부분을 나타낼 수 있다.

[0067] 풋프린트 모델은 횡 방향 평면(예를 들어, x-y 평면)을 따라 모델링된 컴포넌트의 주변부에 대응할 수 있다. 프로파일 모델은 수직면(예를 들어, x-z 및/또는 y-z 평면)을 따라 모델링된 컴포넌트의 주변부에 대응할 수 있다. 일부 실시형태에서, 이산화된 모델(600)은 3-D 모델을 포함할 수 있다.

[0068] 예시적인 배치 계산

[0069] 도 7a는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 예시적인 패키징 계획(700)의 도면이다. 로봇 시스템(100)은 도 3의 배치 플랫폼(308)(예를 들어, 컨테이너) 내의 또는 상의 물체의 세트에 대한 도출된 배치 위치를 포함하는 패키징 계획(700)을 도출하도록 도 6의 이산화된 모델(600)을 사용할 수 있다. 패키징 계획(700)은 배치 위치 및/또는 배치된 물체를 2D 및/또는 3D로 나타낼 수 있다. 일부 실시형태에서, 패키징 계획(700)은 3D 모델일 수 있다. 패키징 계획(700)은 도 4a의 예상된 배치 구역(430) 내에 배치된 물체의 횡 방향 점유 및/또는 수직 점유를 나타내는 평면도(702) 및/또는 측면도(704)에 대응할 수 있다.

[0070] 도 7a에 예시된 실시예에 대해, 타깃된 물체는 카트(410)의 인스턴스에 패키징되도록 지정된 제1 유형, 제2 유형, 및 제3 유형의 물체를 포함할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 제1 유형, 제2 유형, 및 제3 유형 각각에 대응하는 제1 물체 모델(706), 제2 물체 모델(708), 및 제3 물체 모델(710), 및 컨테이너 모델(예를 들어, 컨테이너 풋프린트 모델(622) 및/또는 컨테이너 프로파일 모델(624))을 사용하는 패키징 계획(700)을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 컨테이너 모델 상에 오버레이된(overlaid) 물체 모델의 다양한 위치를 도출하고, 테스트하고, 평가하는 것에 기초하여 패키징 계획(700)을 도출할 수 있다. 아래에서 상세히 설명되는 규칙 및/또는 조건에 따라, 로봇 시스템(100)은 물체의 제1 유형 및 제2 유형을 하부층(712)(예를 들어, 도 4a의 카트-기저부(412)와 접촉하는 최하부층)에 그리고 물체의 제3 유형을 적층된 층(722)에 배치하는 패키징 계획(700)을 도출할 수도 있다.

[0071] 로봇 시스템(100)은 타깃된 물체를 지정된/할당된 배치 플랫폼(308)에 배치/패키징하기 위한 패키징 계획(700)을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 타깃된 물체의 물체 모델(예를 들어, 도 6의 물체 풋프린트 모델(612) 및/또는 도 6의 물체 프로파일 모델(614)의 인스턴스)을 지정된 배치 플랫폼(308)의 컨테이너 모델(예를 들어, 도 6의 컨테이너 풋프린트 모델(622) 및/또는 도 6의 컨테이너 프로파일 모델(624)) 상에 오버레이하는 것에 기초하여 패키징 계획(700)을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 사전 결정된 규칙 및/또는 조건의 세트에 따라 대응하는 배치 위치를 도출할 수 있고/있거나 테스트할 수 있다. 로봇 시스템(100)이 타깃된 물체에 대한 배치 위치를 반복적으로 도출하여 패키징 계획(700)을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 자원 비용(예를 들어, 조작의 수, 대응하는 지속기간 등)을 최소화하고, 패키징된 물체의 수를 최대화하고/하거나 오류/고장(예를 들어, 피스-분실, 충돌 등)을 최소화하는 것에 기초하여 패키징 계획(700) 및/또는 이동 계획의 대응하는 세트를 더 도출할 수 있다.

[0072] 게다가, 로봇 시스템(100)은 물체를 서로 위에, 예컨대, 층(예를 들어, 하부층(712) 및 적층된 층(722))에 적층하기 위한 패키징 계획(700)을 도출할 수 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 물체가 컨테이너의 수직으로-지향된 벽(예를 들어, 도 4a의 카트-측벽(414) 및/또는 도 4c의 케이지-측벽(424))과 접촉하고/하거나 이에 기대는 패키징 계획(700)을 도출할 수 있다. 예를 들어, 하부층(712)은 지지 벽(725)(예를 들어, 물체와 접촉하고/물체를 지지하도록 사용/지정될 수도 있는 예상된 배치 구역(430)을 획정하거나 또는 예상된 배치 구역 내에 있는 컨테이너의 수직으로-지향된 구조체)과 가장 가깝고 물체-벽 이격 거리(726)(예를 들어, 지지 벽(725)과 대응하는 직접

적으로 인접한 물체의 가장 가까운 주변 에지/지점 사이의 거리 및/또는 복수의 화소)만큼 이격되는 하부-최외측 물체(714)를 포함할 수 있다. 물체/벽은 다른 물체가 예컨대, 횡 방향을 따라, 물체의 대응하는 쌍 사이의 공간을 점유하지 않을 때 직접적으로 인접할 수도 있다. 상부 적층된 층(722)은 하부-최외측 물체(714) 상에 적어도 부분적으로 배치되고 이에 의해 지지되는 적층된 물체(724)를 포함할 수 있다. 적층된 물체(724)의 주변부는 하부-최외측 물체(714)의 주변 에지를 넘어 횡 방향으로 돌출될 수 있다. 적층된 물체(724)의 주변 에지/표면(예를 들어, 수직으로 지향된 표면/에지 및/또는 상단 코너/에지)은 지지 벽(725)과 더 가까울 수 있거나 지지 벽과 접촉할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 물체-벽 이격 거리(726)에 기초하여 적층된 물체(724)(예를 들어, 하부-최외측 물체(714)를 지나 오버행/돌출하고/하거나 지지 벽(725)과 접촉함)에 대한 배치 위치를 가진 패킹 계획(700)을 도출할 수 있다. 일부 실시형태에서, 가장 가까운 물체의 에지/표면이 지지 벽(725)과 평행하지 않을 때, 로봇 시스템(100)은 물체-벽 이격 거리(726)를 대응하는 거리의 평균으로서 계산할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 타깃된 물체의, 물체 기준 위치(728), 예컨대, CoM 위치 및/또는 중심부에 따라 패킹 계획(700)을 더 도출할 수 있다. 도출에 관한 상세사항은 아래에서 설명된다.

[0073] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 컨테이너 내 배치를 위해 지정된 물체의 세트에 대한 축 정렬식 바운딩 박스(AABB)(730)를 도출할 수 있고 활용할 수 있다. 즉, AABB(730)는 도출된 배치 계획에 따라 물체의 최외측 부분을 포함하고/하거나 최외측 부분과 일치하는 지정된 평면 형상(예를 들어, 직사각형)일 수 있다. 도 7a에 예시된 실시예에 대해, AABB(730)는 패킹 계획(700)에서 물체의 최외측 지점과 일치하는 사전 결정된 축(예를 들어, x축, y축, 및 z축)의 세트에 따라 정렬되는 직사각형의 세트일 수 있다. AABB(730)는 패킹 계획(700)의 전체 크기(예를 들어, 팩 크기)를 나타낼 수 있다. 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)을 조정하고 예상되지 않은 현실에 존재하는 상태(예를 들어, 부분적으로-개방된 컨테이너 및/또는 뒤틀린 컨테이너 벽)를 처리하도록 AABB(730)를 도출할 수도 있고 사용할 수도 있다. 아래에서 상세히 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 물체의 배치 또는 위치를 변경하거나 시프트할 때 AABB(730)(예를 들어, 패킹 계획(700))를 도출할 수도 있고 사용할 수도 있다. 일부 실시형태에서, AABB(730)를 사용하여, 로봇 시스템(100)은 단일의 물체로서 패킹 계획(700)에 대한 물체의 전체 스택을 고려할 수 있다. AABB(730)는 위에서 설명된 바와 같이 이산화된 단위에 따라 도출될 수 있다.

[0074] 도 7b는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 배치 계획 과정의 도면이다. (예를 들어, 도 2의 하나 이상의 프로세서(202)를 통해) 도 1의 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742)의 세트에 대한 도 7a의 패킹 계획(700)을 도출할 수 있다. 입수 가능한 패키지(742)는 출항 배송을 위해 그리고/또는 저장을 위해 패킹되어야 하거나 또는 패킹되도록 타깃되는 물체에 대응할 수 있다. 예를 들어, 입수 가능한 패키지(742)는 진입 배송을 통해 수용된 들어오는 물체 및/또는 출항 배송을 위해 주문되어야 하는 저장된 물체에 대응할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742)를 실시간으로, 예컨대, 목록, 리스트 등을 수신하는 것에 (즉, 문턱값 지속기간 내에) 응답하여 직접적으로 식별하도록 배송 목록, 주문 리스트 등을 사용할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)을 실시간으로 도출하도록 식별된 입수 가능한 패키지(742)를 사용할 수도 있다. 이와 같이, 로봇 시스템(100)은 실시간 상태와 상관 없이 적용되는 계획을 도출하도록 패키지의 가상 수/세트/조합을 활용하는 오프라인 패킹 시뮬레이터 대신에 패킹 계획(700)을 도출하도록 실시간 상태, 가용성 및/또는 수요를 사용할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 물체를 수용, 저장 그리고/또는 전송하는 위치, 예컨대, 배송 허브 및/또는 창고에 위치된 디바이스(예를 들어, 프로세서(202) 중 하나 이상의 프로세서)를 사용할 수 있다. 다른 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 패킹 도출을 오프라인에서 구현하도록 예상된 조건을 사용할 수 있다.

[0075] 패킹 계획을 도출할 때, 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742)를 분류 및/또는 시퀀싱할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)을 도출하도록 입수 가능한 패키지(742)의 주문된 세트를 사용할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)을 도출하도록 입수 가능한 패키지(742)에 대한 고유 배치 위치/조합을 결정 및 평가할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 잠재적인 배치 조합(744)의 세트를 결정할 수 있고 사전 결정된 필요 조건의 세트, 상태, 중량, 비용, 후속의 영향 또는 이들의 조합에 따라 이들을 평가할(예를 들어, 스코어가 매겨질) 수 있다. 평가에 기초하여, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)을 도출하도록 배치 조합을 선택할 수 있다.

[0076] 적어도 하나의 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 시퀀싱된 패키지의 배치를 반복적으로 평가하는 알고리즘을 사용하여 패킹 계획(700)을 도출할 수 있다. 도 7b에 예시된 바와 같이, 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742) 중 제1 패키지에 대한 초기 배치를 결정함으로써 도출을 시작할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 처음 위치(예를 들어, 코너, 중간 위치, 및/또는 또 다른 미리 설정된 위치)에서의 이산화된 플랫폼

폼 모델(예를 들어, 도 6의 컨테이너 모델(622 및/또는 624)) 위에 이산화된 물체 모델(예를 들어, 도 7a에 예시된 바와 같은 제1 물체 모델(706), 제2 물체 모델(708), 및/또는 제3 물체 모델(710))을 중첩할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742)로부터 배치된 패키지(예를 들어, 제1 패키지)를 제거하는 것에 기초하여 나머지 패키지(752)를 추적할 수 있다.

[0077] 초기 배치에 기초하여, 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742) 중 제2 패키지에 대한 가능한 배치의 세트를 결정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 사전 결정된 규칙, 패턴, 또는 이들의 조합에 따라 가능한 배치의 세트를 결정할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 이전에 배치된 패키지(들)에 대한(예를 들어, 이전에 배치된 패키지(들)에 대한) 위치의 패턴에 따라 배치 위치를 결정할 수 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 최소/최대 이격 거리 또는 패키지 중 하나 이상의 패키지 사이에 필요한 이격 거리의 부재에 기초하여 배치 위치를 결정할 수 있다. 게다가, 로봇 시스템(100)은 사전 결정된 양, 예컨대, 90도에 따라 패키지(즉, 대응하는 이산화된 물체 모델)를 회전시키는 것에 기초하여 배치 위치를 결정할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 사전 결정된 문턱값 및/또는 패턴에 따라 배치 가능성을 제한할 수 있다. 게다가, 로봇 시스템(100)은 나머지 패키지(752)를 이에 따라 업데이트할 수 있다.

[0078] 로봇 시스템(100)은 정지 상태에 도달할 때까지 위에서 설명된 과정을 반복할 수 있고 입수 가능한 패키지(742)를 반복적으로 처리할 수 있다. 정지 상태의 일부 예는 모든 패키지가 배치되는 것(즉, 나머지 패키지(752)가 없는 것), 배치가 개선될 수 없는 것(예를 들어, 이전의 티어(tier)/반복으로서 동일한 평가 스코어), 더 많은 패키지가 이산화된 플랫폼 모델 위에 배치될 수 없는 것, 또는 이들의 조합을 나타낼 수 있다.

[0079] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 검색 트리(754)를 사용하여 가능한 배치 및 대응하는 잠재적인 배치 조합(744)을 추적할 수 있다. 검색 트리(754)의 뿌리는 초기 배치에 대응할 수 있고 각각의 레벨 또는 티어는 입수 가능한 패키지(742) 중 후속의 패키지의 잠재적인 배치를 포함할 수 있다. 상이한 티어는 패키지의 세트에 대한 배치의 고유 조합에 대응하는 가치를 형성하도록 연결될 수 있다.

[0080] 각각의 패키지의 잠재적인 배치에 대해, 로봇 시스템(100)은 (예를 들어, 도 7b에서 'X'로 나타낸) 불필요한 풋프린트를 식별 및 제거할 수 있다. 예를 들어, 검색 트리(754)의 각각의 티어에서, 로봇 시스템(100)은 잠재적인 배치 위치/조합의 결과적으로 발생된 풋프린트를 비교(예를 들어, 오버레이)할 수 있다. 비교예에 기초하여, 로봇 시스템(100)은 결과적으로 발생된 풋프린트의 복제물을 제거할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 관련된 복제물을 제거하도록 결과적으로 발생된 풋프린트의 전치된, 회전된 그리고/또는 미러링된 버전을 더 비교할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 하나의 풋프린트를 ± 90 도만큼 회전시킬 수 있고/있거나 풋프린트를 하나 이상의 미러링 선(예를 들어, 마주보는 코너에 걸쳐 연장되는 대각선, x 및/또는 y 방향을 따라 연장되는 평분선(들) 또는 이들의 조합)에 걸쳐 전치할 수 있고 하나의 풋프린트를 다른 풋프린트와 비교할 수 있다.

[0081] 또한, 각각의 패키지의 잠재적인 배치에 대해, 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 필요조건/제약을 위반하는 배치를 식별 및 제거할 수 있다. 필요조건/제약의 하나의 예는 충돌 확률에 기초할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 이전에 존재한 풋프린트, 패키지의 하나 이상의 치수, 이송 로봇의 위치, 이전의 사건 또는 이력, 또는 이들의 조합에 따라 각각의 배치 위치 및 대응하는 충돌 확률에 대한 진입로를 계산할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 충돌 확률이 사전 결정된 문턱값을 초과하는 배치를 제거할 수 있다. 필요조건/제약의 또 다른 예는 패키지를 적층(즉, 하나 이상의 지지 패키지 상에/위에 직접적으로 배치)하기 위한 지지 중량일 수 있다. 배치 위치 아래의 패키지 중 하나 이상의 패키지에 대해, 로봇 시스템(100)은 배치된 패키지의 중량에 기초하여 지지 중량(즉, 바로 위의 패키지 또는 패키지의 부분의 결합 중량)을 계산할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 지지 중량이 배치 위치 아래의 패키지 중 하나 이상의 패키지에 대한 취약도 필요조건(예를 들어, 최대 지지 가능한 중량)을 위반하는(예를 들어, 문턱값 범위를 초과하거나 또는 문턱값 범위 이내에 있는) 배치를 제거할 수 있다.

[0082] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 우선권 큐(756)(예를 들어, 더미 구조 등)를 사용하여 배치 조합(744)을 추적 및/또는 평가할 수 있다. 우선권 큐(756)는 선호도의 시퀀스에 따라 배치 조합(744)을 주문할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 사전 결정된 기준에 따라 배치 조합(744)의 각각을 평가할 수 있고 스코어가 매겨질 수 있다. 기준은 현재의 배치가 미래의 배치 또는 가능성에 영향을 주는 방식과 연관된 하나 이상의 휴리스틱 스코어(heuristic score) 및/또는 이미 배치된 아이템과 연관된 하나 이상의 비용을 포함할 수 있다.

[0083] 기준의 하나의 예는 풋프린트 밀도의 극대화를 포함할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 패키지의 분류를 위해 외부 주변부(762)에 대한 풋프린트 밀도를 계산할 수 있다. 일부 실시형태에서, 외부 주변부(762)는 패키지의 집단의 노출된/외부 주변 에지에 기초하여 결정될 수 있다. 로봇 시스템(100)은 2개 이상의 에지를 연장하고 교차점을

발견함으로써 그리고/또는 풋프린트의 하나 이상의 코너를 연결하는 선을 그림으로써 주위의/관련된 영역을 더 둘러쌀 수 있다. 로봇 시스템(100)은 풋프린트 밀도를 실제 점유된 영역(764)(예를 들어, 도 6의 복수의 이산화 단위(602) 또는 음영 처리된 영역에 대응하는 화소)과 빈 영역(766)(예를 들어, 둘러싸인/관련된 영역에 대응하는 복수의 이산화 단위(602)) 간의 비로서 계산할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 빈 영역(766)을 최소화하는 배치 계획을 (예를 들어, 더 높은/더 낮은 스코어를 할당함으로써) 선호하도록 구성될 수 있다.

[0084] 도 7c는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 예시적인 배치 규칙의 도면이다. 로봇 시스템(100)은 지정된 컨테이너 내 물체의 배치 위치를 도출하도록 배치 규칙을 사용할 수도 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 배치 규칙을 충족하는데 실패한 잠재적인 배치 위치를 폐기할 수도 있거나 자격 박탈할 수도 있다.

[0085] 배치 규칙의 일부 경우는 물체를 서로의 위에 배치하기 위한 것, 예컨대, 패키지의 하나 이상의 층을 패키지의 하나 이상의 다른 층(들)보다 위쪽에 적층/배치하기 위한 것일 수 있다. 로봇 시스템(100)은 적층된 물체의 안정성을 개선/보장하기 위한 배치 규칙을 사용할 수 있고 임의의 물체가 컨테이너의 이동 동안 미끄러지고/지거나 기울어지는 것을 방지할 수 있다. 예시 목적을 위하여, 도 7c는 상단 패키지(772)가 하나 이상의 지지 패키지(774)의 바로 위쪽에 있고 하나 이상의 지지 패키지에 의해 지지되는(예를 들어, 이들과 직접적으로 접촉하는) 다수의 시나리오를 도시한다.

[0086] 로봇 시스템(100)은 3D 배치 위치(예를 들어, 도 7a의 3D 패키징 계획(700))를 도출하도록 수평 오프셋 규칙(776)을 사용할 수도 있다. 수평 오프셋 규칙(776)은 적층된 아이템 사이에서 수직 에지/표면의 수평 오프셋을 제어하기 위한 규정, 필요조건, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들어, 수평 오프셋 규칙(776)은 중첩 필요조건(778), 오버행 필요조건(780), 또는 이들의 조합에 기초할 수 있다. 중첩 필요조건(778)은 적층된 패키지 사이의 중첩의 최소량(예를 들어, 길이, 폭, 및/또는 표면적의 백분율 또는 비율)을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 중첩 필요조건(778)은 상단 패키지(772)의 수평 치수/표면적의 최소량이 지지 패키지(774)의 수평 치수/표면적과 중첩되고/되거나 접촉할 것을 요구할 수 있다. 오버행 필요조건(780)은 오버행의 최대량(예를 들어, 길이, 폭, 및/또는 표면적의 백분율 또는 비율), 예컨대, 지지 패키지(774)의 주변 에지/표면을 지나 수평으로 연장되는 상단 패키지(772)의 부분을 포함할 수 있다.

[0087] 일부 실시형태에서, 수평 오프셋 규칙(776)은 중량, 치수, 및/또는 질량 중심(CoM) 위치(782)에 기초할 수 있다. 예를 들어, 중첩 필요조건(778) 및/또는 오버행 필요조건(780)은 예컨대, 지지 패키지(774)의 수평 에지/표면과 상단 CoM 위치 사이의 거리에 대해 상단 패키지(772)와 지지 패키지(774)의 CoM 위치(782) 사이의 거리를 평가하기 위해, CoM 위치(782)에 기초할 수 있다. 또한, 중첩 필요조건(778) 및/또는 오버행 필요조건(780)은 오버행 거리(예를 들어, 지지 패키지(774)의 주변 에지(들)를 지나 연장되는 상단 패키지(772)의 부분의 수평 방향을 따른 측정값)에 대한 상단 패키지(772)와 지지 패키지(774)의 CoM 위치(782) 사이의 거리의 평가에 대응할 수 있다. 일부 실시형태에서, 수평 오프셋 규칙(776)은 상단 패키지(772)와 지지 패키지(774)의 CoM 위치(782)가 CoM 지지 문턱값 내에 있을 것을 요구하는 CoM 오프셋 필요조건(784)에 기초할 수 있다. CoM 지지 문턱값은 사전 결정된 거리, 수평 치수에 대한 CoM 위치(782) 사이의 오프셋 거리 사이의 비에 대한 문턱값 한계, 오버행 거리, 중첩된 거리, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0088] 로봇 시스템(100)은 또한 3D 배치 위치를 도출하도록 지지 분리 규칙(786)을 사용할 수도 있다. 지지 분리 규칙(786)은 지지 패키지(774) 사이의 횡 방향 이격 거리(788)를 제어하기 위한 규정, 필요조건, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 횡 방향 이격 거리(788)는 직접적으로 인접한 지지 패키지(774)의 주변 표면/에지 사이의 수평 거리에 대응할 수 있다. 일부 실시형태에서, 지지 분리 규칙(786)은 상단 패키지(772)와 지지 패키지(774) 사이의 중첩된 표면의 위치 및/또는 양에 더 기초할 수 있다. 예를 들어, 지지 분리 규칙(786)은 횡 방향 이격 거리(788)가 사전 결정된 백분율만큼 임의의 오버행 거리보다 더 클 것을 요구할 수 있다. 또한, 지지 분리 규칙(786)은 횡 방향 이격 거리(788)가 상단 패키지(772)의 CoM 위치(782) 아래로 연장될 것을 요구할 수 있다. 일부 실시형태에서, 상단 패키지(772)의 배치 위치가 지지 분리 규칙(786)을 충족할 때, 로봇 시스템(100)은 지지 패키지(774) 사이의 상단 패키지(772)의 부분(예를 들어, 횡 방향 이격 거리(788)에 걸친 부분)을 하단층의 물체에 의해 지지되고/되거나 물체와 접촉하는 것으로서 고려할 수도 있다.

[0089] 로봇 시스템(100)은 또한 3D 배치 위치를 도출하도록 수직 오프셋 규칙(790)을 사용할 수도 있다. 수직 오프셋 규칙(790)은 지지 패키지(774)의 수직 위치 사이의 지지 높이차(792)를 제어하기 위한 규정, 필요조건, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 지지 높이차(792)는 예컨대, 대응하는 지지 패키지(774) 위에 배치된 상단 패키지(772)와 접촉할 것 같은 부분에 대해, 대응하는 지지 패키지(774)의 상단부 사이의 수직 거리에 대응할 수 있다. 일부 실시형태에서, 수직 오프셋 규칙(790)은 지지 높이차(792)가 지지 패키지(774)의 위에 하나 이상의

패키지를 적층하기 위한 사전 결정된 문턱값 필요조건하에 있을 것을 요구할 수 있다.

[0090] 일부 실시형태에서, 수직 오프셋 규칙(790)은 층 높이에 기초하여 변경될 수 있다. 예를 들어, 상단 패키지(772)(예를 들어, 지지된 패키지)가 최상단층의 부분일 때, 지지 높이차(792)에 대한 한계는 하부층에 대한 한계보다 더 클 수 있다. 일부 실시형태에서, 수직 오프셋 규칙(790)은 지정된 컨테이너의 수직으로-지향된 벽/칸막이에 대한 근접성에 기초하여 변경될 수 있다. 예를 들어, 더 낮은 높이를 가진 지지 패키지(774)가 수직 벽과 가장 가까울 때(예를 들어, 지지 패키지(774)와 벽 사이에 다른 물체가 없음), 지지 높이차(792)에 대한 한계는 지지가 실패되고/되거나 상단 패키지(772)가 시프트할지라도 상단 패키지(772)가 수직 벽에 의해 지지될 수도 있으므로 더 클 수 있다.

[0091] 로봇 시스템(100)은 상단 패키지(772)의 방향(예를 들어, 횡 방향/수평 기준면 아래의 기울어짐)과 연관된 피벗 위치(793)를 도출/추정할 수도 있다. 피벗 위치(793)는 더 긴 지지 패키지의 상단부(즉, 가장 긴 지지 위치)일 수 있다. 로봇 시스템(100)은 피벗 위치(793)를 더 짧은 지지 패키지와 가장 가까운 지지 패키지의 주변 에지 및/또는 가장 높은 부분으로서 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 CoM 위치(782), 상단 패키지(772)의 횡 방향 치수 및/또는 상단 패키지(772)의 중량에 기초하여 피벗 위치(793)를 더 도출할 수 있다. 유사하게, 로봇 시스템(100)은 피벗 위치(793)를 중심으로 한 상단 패키지(772)의 회전을 추정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 물체 기준 위치(728)(예를 들어, CoM 위치(782)), 상단 패키지(772)의 횡 방향 치수 및/또는 상단 패키지(772)의 중량에 따라 회전을 추정할 수도 있다.

[0092] 로봇 시스템(100)은 배치 규칙에 따라 패킹 계획(예를 들어, 다수의 2D 배치 계획/위치의 3D 조합)을 생성할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 높이 필요조건에 따라(예를 들어, 물체 집단의 높이를 문턱값 거리 내에서 유지하기 위해) 2D 배치 계획(예를 들어, 횡 방향 층/평면에 따른 배치 위치)을 생성할 수 있다. 후속하여, 로봇 시스템(100)은 2D 배치 계획을 수직으로 중첩(예를 들어, 적층)하는 것에 기초하여 적층 계획을 생성할 수 있다.

[0093] 로봇 시스템(100)은 물체를 지지 벽(725)에 기대게 하기 위한 배치 규칙에 따라 패킹 계획을 더 생성할 수 있다. 일부 실시형태에서, 배치 규칙은 벽-지지 규칙(794), 기울어짐-지지 규칙(796), 및/또는 다수의 오버행 규칙(798)을 포함할 수 있다. 벽-지지 규칙(794)은 수직으로-지향된 컨테이너 구조체에 대한/접촉하는 물체의 배치를 제어하기 위한 규정, 필요조건, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 하나 이상의 실시형태에서, 벽-지지 규칙(794)이 먼저 분석될 수도 있고 다른 규칙(예를 들어, 기울어짐-지지 규칙(796) 및/또는 다수의 오버행 규칙(798))이 제안된/분석된 배치 위치가 벽-지지 규칙(794)을 충족할 때 분석될 수도 있거나 또는 점검될 수도 있다.

[0094] 벽-지지 규칙(794)은 상단 패키지(772)가 지지 패키지(774) 상에 배치될 때 지지 패키지(774)와 접촉하고/하거나 지지 패키지에 의해 지지되는 상단 패키지(772)의 부분(예를 들어, 상단 패키지의 하단면의 부분)에 대응하는 실질적인 지지(795)에 기초할 수도 있다. 즉, 실질적인 지지(795)는 지지 패키지(774)와 상단 패키지(772) 및/또는 상단 패키지의 오버행되는 부분으로부터 배제되는/남아있는 상단 패키지(772)의 부분 사이의 중첩되는 부분에 대응할 수도 있다. 일부 실시형태에서, 벽-지지 규칙(794)은 실질적인 지지(795)의 최소량(예를 들어, 최소 백분율 문턱값, 예컨대, 51% 이상)을 요구할 수도 있다. 즉, 벽-지지 규칙(794)은 오버행 거리가 규정된 양만큼 실질적인 지지(795) 미만일 것을 요구할 수 있다. 하나 이상의 실시형태에서, 벽-지지 규칙(794)은 최소 수의 코너(예를 들어, 박스-유형 구조체에서 8개의 코너 중에서 4 내지 6개의 코너)가 지지 패키지(774) 위에 있고/지지 패키지에 의해 지지될 것을 요구할 수도 있다.

[0095] 벽-지지 규칙(794)은 또한 지지 벽(725)과 지지 패키지(774) 사이에서 측정되는 물체-벽 이격 거리(726), 상단 패키지(772)의 하나 이상의 치수 및/또는 상단 패키지(772)의 CoM 위치(782)에 기초할 수도 있다. 예를 들어, 벽-지지 규칙(794)은 CoM 위치(782)가 지지 패키지(774) 위에 있고/있거나 지지 패키지에 의해 지지되도록 CoM 위치(782)가 실질적인 지지(795)의 주변 에지 위에 또는 내에 있길 요구할 수도 있다. 또한, 벽-지지 규칙(794)은 물체-벽 이격 거리(726)가 실질적인 지지(795)(예를 들어, 상단 패키지(772)의 남아있는/중첩된 부분)의 횡 방향 치수 미만일길 요구할 수도 있다. 벽-지지 규칙(794)이 수평 오프셋 규칙(776)과 유사한 양상을 고려할 수도 있지만, 낮아진 지지 필요조건은 상단 패키지(772)에 대한 지지 벽(725)에 의해 제공되는 지지 및/또는 접촉에 기초한다. 즉, 로봇 시스템(100)은 수평 오프셋 규칙(776)을 위반하지만 벽-지지 규칙(794)을 충족하는 잠재적인 배치 위치를 도출, 분석 및/또는 확인할 수 있다. 예를 들어, 벽-지지 규칙(794)은 수평 오프셋 규칙(776)에 의해 허용되는 것보다 횡 방향을 따라 더 오버행되는 잠재적인 배치 위치를 도출할 수 있고 확인할 수 있다. 배치 위치에 배치된 물체가 지지 벽(725)과 접촉하고 컨테이너로부터 구조적 지지/안정성을 도출하기 때

문에, 물체는 그렇지 않으면 수평 오프셋 규칙(776)을 위반하는 위치에 배치될 수도 있다.

[0096] 기울어짐-지지 규칙(796)은 상단 패키지(772)와 지지 벽(725) 사이의 접촉에 대해 상단 패키지(772)의 자세의 변화 또는 기울어짐에 따라 물체의 배치를 제어하기 위한 규정, 필요조건, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 기울어짐-지지 규칙(796)은 상단 패키지(772)가 접촉 없이(예를 들어, 상단 패키지(772)의 최외측 에지와 지지 벽(725) 사이의 횡 방향을 따른 0이 아닌 이격 거리를 가짐) 지지 벽(725)과 인접할 때 적용/테스트될 수 있다. 기울어짐-지지 규칙(796)은 컨테이너 내 다른 물체 상의 수송 및 결과적으로 발생된 효과 동안 발생할 수도 있는 상단 패키지(772)의 시프트 및/또는 회전을 처리하도록 사용될 수 있다.

[0097] 일부 실시형태에서, 기울어짐-지지 규칙(796)은 상단 패키지(772)와 연관된 경사각(797)에 대한 한계(예를 들어, 최대 문턱값)를 둘 수도 있다. 경사각(797)은 의도된 자세에서 또는 후보 배치 위치에서 그리고 회전된 자세에서 상단 패키지(772)의 기준면(예를 들어, 상단면) 사이의 각일 수 있다. 로봇 시스템(100)은 피벗 위치(793)(예를 들어, 지지 벽(725)과 가장 가까운 지지 패키지(774)의 주변 에지)를 중심으로 상단 패키지(772)의 대응하는 이산화된 모델을 회전하는 것에 기초하여 경사각(797)을 계산할 수 있다. 경사각(797)은 지지 벽(725)과 접촉하는 상단 패키지(772)의 주변부(예를 들어, 지지 벽(725)과 가장 가까운 상단부)에 대응할 수 있다. 따라서, 기울어짐-지지 규칙(796)은 상단 패키지(772)가 상단 패키지(772)의 과도한 회전(즉, 지지 패키지(774)가 위치에서 시프트하고/하거나 상단 패키지(772)가 물체-벽 이격 거리(726)에 토폴링되게(topple)/떨어지게 하는 회전량) 없이 지지 벽(725)과 접촉하고/하거나 지지 벽에 의해 지지되게 하는 배치 위치를 확인하도록 사용될 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 다른 규칙, 예컨대, 수평 오프셋 규칙(776) 및/또는 벽-지지 규칙(794)을 위반할 수도 있는 잠재적인 배치 위치를 도출하고, 분석하고/하거나 확인하도록 기울어짐-지지 규칙(796)을 사용할 수 있다. 즉, 기울어짐-지지 규칙(796)에 기초하여, 로봇 시스템(100)은 물체가 수송 동안 시프트되는 경우에도 물체가 지지/고정되기 때문에 물체가 수평 오프셋 규칙(776)에 의해 허용되는 것보다 더 확장/오버행되는 위치를 확인할 수 있다.

[0098] 하나 이상의 실시형태에서, 기울어짐-지지 규칙(796)은 상단 패키지(772)의 중량 및/또는 피벗 위치(793)에 대한 상단 패키지(772)의 CoM 위치(782)에 더 기초할 수도 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 상단 패키지의 중량에 기초하여 상단 패키지(772)에 대한 물체-시프트 가능성(예를 들어, 이송 동안 횡 방향 변위의 가능성)을 계산할 수 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 피벗 위치(793)에 대한 상단 패키지(772)의 CoM 위치(782) 및 중량에 기초하여 상단 패키지(772)에 대한 물체-회전 가능성을 계산할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 이송 동안 물체가 직면하는 힘, 배치된 물체 및/또는 컨테이너 사이의 마찰력 및/또는 다른 연관된 물리적 매개변수를 처리하는 하나 이상의 사전 결정된 등식/과정에 따라 다양한 가능성을 계산할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 다양한 가능성에 대한 자격 부여된 문턱값(들)을 포함할 수도 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 계산된 시프트/회전 가능성이 경사각(797)을 고려하거나 또는 고려하는 일 없이 자격 부여된 문턱값 미만일 때 타깃된 배치 위치가 기울어짐-지지 규칙(796)을 충족한다고 결론 내릴 수도 있다.

[0099] 다수의 오버행 규칙(798)은 다수의/연이은 오버행된 물체의 배치를 제어하기 위한 규정, 필요조건, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 즉, 다수의 오버행 규칙(798)은 지지 패키지(774) 위에 있고 지지 패키지에 의해 지지되는 중간 물체(799) 위에 있고 중간 물체에 의해 지지되는 후보 배치 위치를 평가하도록 사용될 수 있다. 로봇 시스템(100)은 후보 배치 위치가 아래에서 하나 이상의 물체를 오버행하는 중간 물체(799) 위에 있고 중간 물체(799)의 주변부가 아래에서 하나 이상의 물체의 주변부를 지나 횡 방향으로 연장될 때 다수의 오버행 규칙(798)을 고려할 수도 있다. 다른 경우에(예를 들어, 중간 물체(799)의 주변부가 아래에서 물체의 주변부를 넘지 않고 주변부까지 횡 방향으로 연장될 때), 로봇 시스템(100)은 예컨대, 중간 물체(799)를 지지 물체로서 고려함으로써, 중간 물체(799)에 대한 후보 배치 위치를 고려할 수도 있다.

[0100] 다수의 오버행 규칙(798)을 처리할 때, 로봇 시스템(100)은 중간 오버행된 물체(799)의 아래에서 하나 이상의 패키지에 대한 상단 패키지(772)의 실질적인 지지(795)를 도출할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 상단 패키지(772)와 최하단 패키지 및/또는 지지 벽(725)으로부터 횡 방향으로 가장 먼 패키지 사이의 중첩에 기초하여 실질적인 지지(795)를 도출할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은, 최하단 물체 또는 지지 벽(725)으로부터 횡 방향으로 가장 먼 물체를, 상단 패키지(772)를 비롯한 위쪽의 물체에 대한 지지 패키지(774)로서 지정할 수도 있다. 일부 실시형태에서, 다수의 오버행 규칙(798)에 대한 처리의 일부로서, 로봇 시스템(100)은 수평 오프셋 규칙(776) 및/또는 벽-지지 규칙(794)을 테스트하도록 상단 패키지(772)에 대한 결과적으로 발생된 실질적인 지지(795)를 사용할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 후보 배치 위치를 확인할 수 있고 다수의 오버행 규칙(798)을 상단 패키지(772)의 조정된 실질적인 지지(795)가 위에서 설명된 바와 같은 수평 오프셋 규칙(776) 및/또는 벽-

지지 규칙(794)을 충족할 때 충족되는 것으로서 결정할 수 있다.

[0101] 대안적으로 또는 부가적으로, 로봇 시스템(100)은 상단 패키지(772)의 후보 배치 위치를 포함하는, 지정된 지지 패키지(774)보다 위쪽의 물체(예를 들어, 최하단 물체 및/또는 후보 배치 위치보다 아래에 있고 지지 벽(725)으로부터 횡 방향으로 가장 먼 물체)에 대한 결합된 기준 위치(734)와 함께 결합된 물체 추정(732)을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 결합된 물체 추정(732)을 결합된 물체(예를 들어, 지정된 지지 패키지(774)보다 위쪽에 있고/있거나 지정된 지지 패키지에 의해 지지되는 물체)의 최외측 부분을 포함하고/하거나 최외측 부분과 일치하는 지정된 평면 형상(예를 들어, 직사각형)으로서 도출할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 결합된 물체에 대해서가 아니라 AABB(730)와 유사한 결합된 물체 추정(732)을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 결합된 물체의 기준 위치(예를 들어, CoM 위치)를 결합하는 것에 기초하여 결합된 기준 위치(734)를 도출할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 CoM 위치(782)에 대한 매개변수 중량으로서 대응하는 패키지 중량과 CoM 위치(782)를 결합하는 것(예를 들어, 공간 평균법을 통해)에 기초하여 결합된 기준 위치(734)를 도출할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 물체의 결합된 세트에 대한 CoM 위치를 추정할 수 있고 처리할 수 있다.

[0102] 다수의 오버행 규칙(798)의 준수를 테스트하기 위해, 로봇 시스템(100)은 상단 패키지(772) 및/또는 대응하는 CoM 위치(782) 대신에 결합된 물체 추정(732) 및/또는 결합된 기준 위치(734)를 처리/테스트할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 대응하는 결합된 물체 추정(732) 및/또는 결합된 기준 위치(734)가 수평 오프셋 규칙(776), 벽-지지 규칙(794), 기울어짐-지지 규칙(796), 및/또는 임의의 다른 배치 규칙을 충족시킬 때 후보 배치 위치를 확인할 수 있다.

[0103] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 물체-벽 이격 거리(726)를 상단 패키지(772)를 지지하기 위한 한계를 나타내는 지지 문턱값 거리와 비교할 수도 있다. 지지 문턱값 거리는 상단 패키지(772)의 하나 이상의 물리적 양상(예를 들어, 패키지 높이)에 기초할 수도 있다. 예를 들어, 지지 문턱값 거리는 물체-벽 이격 거리(726)가 상단 패키지(772)가 횡 방향으로 시프트되고 지지 벽(725)과 지지 패키지(774) 사이에서 떨어지기에 충분히 큰 지를 결정하기 위한 것일 수 있다. 따라서, 수평 오프셋 규칙(776), 벽-지지 규칙(794), 기울어짐-지지 규칙(796), 및/또는 다른 배치 규칙은 물체-벽 이격 거리(726)가 지지 문턱값 거리(예를 들어, 상단 패키지의 치수의 비율) 미만에 있길 요구할 수도 있다. 하나 이상의 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 물체-벽 이격 거리(726)와 지지 문턱값 거리 간의 관계에 기초하여 실질적인 지지(795)에 대한 문턱값 필요조건을 조정할 수도 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 물체-벽 이격 거리(726)가 지지 문턱값 거리 초과일 때 실질적인 지지(795)에 대한 문턱값 필요조건(예를 들어, 51%와 60% 내지 75% 이상 사이)을 증가시킬 수도 있다.

[0104] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 상단 패키지(772)가 지지 벽(725)의 상단 에지 위에서 연장되는 후보 배치 위치를 고려할 수 있고 확인할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 예를 들어, (1) 지지 벽(725)과 상단 패키지(772) 사이의 중첩량, (2) 상단 에지보다 위쪽으로 돌출되는 상단 패키지(772)의 부분에 대한 돌출량, (3) (1)과 (2) 간의 비, (4) 상단 패키지(772)의 CoM 위치(782)(예를 들어, 벽 에지에 대한 CoM의 수직 위치), (5) 상단 패키지(772)와 지지 벽(725) 사이의 횡 방향 거리, (6) 피벗 위치, (7) 배치된 물체에 대한 추정된 또는 사전 결정된 마찰 계수, (8) 물체의 중량, (9) 시프트된/토폴링된 물체와 연관된 최대 가속도/힘 문턱값 및/또는 다른 유사한 물리적 매개변수에 기초하여 이러한 배치 위치를 확인할 수도 있다.

[0105] 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 사전 결정된 시퀀스 및/또는 상호작용 패턴에 따라 다양한 배치 규칙을 처리할 수도 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 배치 규칙과 연관된 사전 결정된 시퀀스 및/또는 흐름(예를 들어, 만약-그러하다면 처리 유형)에 따라 후보 배치 위치를 테스트할 수도 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 각각의 배치 규칙에 대응하는 스코어를 처리할 수도 있고, 결과적으로 발생된 스코어를 종합할 수도 있고, 종합 스코어를 배치 스코어 문턱값과 비교하여 후보 배치 위치를 확인할 수도 있다.

[0106] 예시적인 3D 계산

[0107] 도 8a 및 도 8b는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 지원 계산의 다양한 양상의 도면이다. 위에서 설명된 바와 같이, 도 1의 로봇 시스템(100)은 도 1의 타겟 물체(112)에 대한 후보 배치 위치를 도출하고 테스트하는 것에 기초하여 도 7a의 패키징 계획(700)을 도출할 수 있다. 후보 배치 위치는 도 7b의 검색 트리(754) 내 노드를 나타낼 수 있다. 도 8a 및 도 8b는 적어도 부분적으로 오프라인에서(예를 들어, 예상된 또는 알려진 매개변수를 사용하여) 그리고/또는 적어도 부분적으로 실시간으로(예를 들어, 실시간 센서 데이터에 기초하여) 수행될 수도 있는, 물체(예를 들어, 적층된 물체)의 3D 배치를 계산하기 위한 예시적인 메커니즘을 예시할 수도 있다.

- [0108] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 후보 위치를 생성하도록 타겟 물체의 이산화된 모델(예를 들어, 도 6의 물체 풋프린트 모델(612))을 지정된 배치 컨테이너의 이산화된 모델(예를 들어, 도 6의 컨테이너 풋프린트 모델(622))에 걸쳐 반복적으로 이동시킬 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 이산화된 플랫폼 모델의 사전 결정된 처음 위치(예를 들어, 코너)에서 하나 이상의 방향에 따라 대응하는 이산화된 물체 모델을 배치함으로써 후보 위치(801)의 초기 인스턴스를 생성할 수 있다. 후보 위치(801)의 다음의 인스턴스에 대해, 로봇 시스템(100)은 이산화된 물체 모델을 사전 결정된 방향/패턴에 따라 사전 결정된 거리(예를 들어, 하나 이상의 단위 화소)만큼 이동시킬 수 있다.
- [0109] 후보 위치(801)가 계획된 위치에서의 하나 이상의 물체 또는 기존의 물체/구조체와 (예컨대, 실시간 배치 계산을 위해) 중첩할 때, 로봇 시스템(100)은 이미 배치된 물체에 의해 제공된 지지 측정값(예를 들어, 도 7c의 실질적인 지지(795))를 계산할 수 있고 구할 수 있다. 지지 측정값을 계산하고 구하기 위해, 로봇 시스템(100)은 배치 영역에 대한 높이/윤곽을 결정할 수 있고 추적할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 처리된 물체(예를 들어, 확장된 또는 확인된 배치 위치를 가진 물체)의 알려진/예상된 높이에 따라 단위 면적(예를 들어, 도 6의 이산화된 단위(602))당 높이 측정값(802)을 업데이트할 수 있다. 실시간 처리를 위해, 로봇 시스템(100)은 도 1의 과업 위치(116)로 향하는 도 2의 이미징 디바이스(222) 중 하나 이상의 이미징 디바이스로부터 깊이 측정값(예를 들어, 포인트 클라우드 값)을 사용할 수 있다. 지면 및/또는 플랫폼 표면의 수직 위치(예를 들어, 시설 지표면보다 위쪽의 카트/케이지-기저부의 높이)가 알려져 있기 때문에, 로봇 시스템(100)은 플랫폼의 노출된 상단면(들), 배치된 물체, 또는 이들의 조합의 높이/윤곽을 계산하도록 깊이 측정값을 사용할 수 있다.
- [0110] 로봇 시스템(100)은 반복적인 배치 도출 동안 높이 측정값(802)을 포함하도록 이산화된 플랫폼 모델을 업데이트할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 이산화된 플랫폼 모델 내 이산화된 화소의 각각에 따라 높이 측정값(802)을 결정할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 대응하는 단위 화소 내 컨테이너 기저부 및/또는 배치된/처리된 물체의 표면부의 최대 높이로서 높이 측정값(802)을 결정할 수 있다.
- [0111] 이미 배치된 물체 중 하나 이상의 이미 배치된 물체와 중첩하는 후보 위치(801)의 각각에 대해, 로봇 시스템(100)은 높이 측정값(802)에 기초하여 배치 가능성을 평가할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)의 각각에서 중첩된 높이 측정값(802) 중 가장 높은 값을 식별하는 것에 기초하여 배치 가능성을 평가할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)의 각각에 위치된 다른 높이 측정값(802)을 더 식별할 수 있고 높이 측정값(802)은 높이 측정값(802) 중 가장 높은 측정값에 비해 차분 문턱값의 한계 내에 있다. 자격 부여된 셀/화소는 적층된 물체가 본질적으로 평평한/수평면(즉, 컨테이너 기저부의 배치 표면에 대해 평행함)에 놓이도록 지지를 적층된 물체에 제공할 수 있는 위치를 나타낼 수 있다.
- [0112] 도 8a에 예시된 바와 같이, 후보 위치(801) 중 제1 후보 위치(컨테이너 풋프린트 모델(622)의 상부 좌측 코너)에 대해, 가장 높은 높이 측정값은 0.3(즉, 300밀리미터(mm) 높이)일 수 있다. 0.02(예를 들어, 20mm를 나타냄)로서 사전 결정된 차분 문턱값에 대해, 로봇 시스템(100)은 차분 문턱값을 충족하는 것으로서 상단 4개의 이산화된 셀/화소를 식별할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 지지 정도를 평가하도록/나타내도록 식별된/자격 부여된 셀/화소를 사용할 수 있다.
- [0113] 도 8b는 지원 계산의 추가의 실시예를 예시한다. 도 8b는 후보 위치(801)의 상부-좌측 코너에서 오버레이된 컨테이너 풋프린트 모델(622)(실선의 더 두꺼운 윤곽을 사용하여 도시됨)과 함께 후보 위치(801) 중 하나의 후보 위치를 도시한다. 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)를 평가하도록 사용된 매개변수인, 다양한 지지 매개변수(804)를 계산/활용할 수 있다. 예를 들어, 지지 매개변수(804)는 이산화된 치수(806), 중첩된 영역(808), 높이 차분 문턱값(810), 지지 문턱값(812), 최대 높이(814), 높이 하한(816), 자격 부여 수(818), 지지 영역 윤곽(820)의 세트, 지지 영역 크기(822), 지지 비율(824), CoM 위치(782), 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0114] 이산화된 치수(806)는 도 6의 이산화 단위(602)에 따라 도 1의 타겟 물체(112)의 물리적 치수(예를 들어, 길이, 폭, 높이, 원주 등)를 설명할 수 있다. 예를 들어, 이산화된 치수(806)는 이산화된 물체 모델(612/614)의 주변 에지를 형성하는 이산화 단위(602)의 수량을 포함할 수 있다. 중첩된 영역(808)은 유사하게 이산화 단위(602)에 따라 나타날 수 있는, 타겟 물체(112)에 의해 점유된 영역(예를 들어, 수평면을 따른 풋프린트 크기)을 설명할 수 있다. 즉, 중첩된 영역(808)은 이산화된 물체 모델 내 다수의 이산화 단위(602)에 대응할 수 있다. 도 8b에 예시된 실시예에 대해, 타겟 물체(112)는 42개의 화소의 중첩된 영역(808)에 대응하는, 6개의 화소×7개의 화소의 이산화된 치수(806)를 가질 수 있다.
- [0115] 높이 차분 문턱값(810) 및 지지 문턱값(812)은 후보 위치(801)를 처리 및/또는 확인하도록 사용되는 한계에 대응할 수 있다. 조작자 및/또는 순서에 의해 사전 결정되고/되거나 조정될 수 있는, 높이 차분 문턱값(810)은 상

단부에 배치된 패키지와 접촉하고/하거나 패키지를 지지하기 위한 또 다른 기준 높이(예를 들어, 이산화된 물체 모델에 의해 중첩된 영역에서 높이 측정값(802)의 가장 높은 인스턴스에 대응하는 최대 높이(814))로부터 허용된 편차를 나타낼 수 있다. 즉, 높이 차분 문턱값(810)은 상단부에 배치된 패키지와 접촉하고/하거나 패키지를 지지할 수 있는 다양한 표면 높이를 확정하도록 사용될 수 있다. 이와 같이, 최대 높이(814)에 비해, 높이 하한(816)은 지지를 적층된 패키지에 제공할 수 있는 중첩된 영역(808) 내 높이에 대한 하한에 대응할 수 있다. 도 8b에 예시된 실시예에 대해, 높이 차분 문턱값(810)은 0.02일 수 있다. 최대 높이(814)가 0.2일 때, 높이 하한(816)은 0.18일 수 있다. 따라서, 타겟 물체(112)를 후보 위치(801)에 배치할 때, 로봇 시스템(100)은 0.18 초과와 높이를 가진 표면/화소가 타겟 물체(112)와 접촉하고/하거나 지지를 타겟 물체에 제공할 것을 추정할 수 있다.

[0116] 따라서, 하나 이상의 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 높이 차분 문턱값(810)에 따라 중첩된 영역(808) 내 이산화 단위(602)를 분류할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 지지 위치(828)(예를 들어, 음영 처리된 화소를 통해 도 4b에 나타낸 바와 같이, 상부에 적층된 물체를 가질 수 있는 표면을 나타내는 이산화 단위(602)의 집단)로서 높이 차분 문턱값(810)(즉, 높이 하한(816) 이상의 값)을 충족하는 높이를 가진 이산화 단위(602)를 분류할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 다른 이산화 단위(602)를 부적격 위치(830)(예를 들어, 높이 하한(816) 미만의 높이를 가진 화소)로서 분류할 수 있다.

[0117] 지지 문턱값(812)은 지지 위치(828)의 충분함에 기초하여 후보 위치(801)를 평가하기 위한 한계를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 지지 문턱값(812)은 지지 위치(828)와 연관된 양, 비, 영역, 위치, 또는 이들의 조합을 평가하기 위한 것일 수 있다. 일부 실시형태에서, 지지 문턱값(812)은 후보 위치(801)를 위한 자격 부여 수(818)(예를 들어, 지지 위치(828)의 양)가 타겟 물체(112)를 지지하기 위해 충분한지를 결정하도록 사용될 수 있다.

[0118] 하나 이상의 실시형태에서, 지지 문턱값(812)은 지지 위치(828)와 연관된 지지된 영역(예를 들어, 높이 문턱값에 의해 결정될 수 있는 바와 같이, 지지를 상부에 적층된 물체에 제공할 수 있는 이산화 단위(602))을 평가하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 지지 위치(828)의 최외측/주변 인스턴스의 코너를 연결하도록 부적격 위치(830)에 걸쳐 또는 주위에서 연장되는 라인을 결정하고/하거나 에지를 연장하는 것에 기초하여 지지 영역 윤곽(820)을 결정할 수 있다. 따라서, 지지 영역 윤곽(820)은 부적격 위치(830)를 배제할 수 있다. 따라서, 지지 영역 윤곽(820)은 지지 위치(828)의 주변 인스턴스에 기초하여 지지된 영역을 위한 주변을 확정할 수 있다. 지지 영역 윤곽(820)이 부적격 위치(830)에 걸쳐 연장될 수 있고/있거나 부적격 위치를 포함할 수 있기 때문에, 지지 영역 크기(822)(예를 들어, 지지된 영역 내 이산화 단위(602)의 수)는 자격 부여 수(818) 초과일 수 있다. 이와 같이, 지지 영역 크기(822)는 지지가 제공되는 최외측 에지/코너 사이의 이격거리를 실질적으로 나타낸다. 더 넓은 지지부가 선호되기 때문에(예를 들어, 지지 영역 윤곽(820)의 부분이 오버행을 감소시키고/시키거나 안전성을 개선시키기 위해 물체의 중첩된 영역(808)보다 더 큼), 지지 문턱값(812)이 지지된 영역(예를 들어, 지지 영역 윤곽(820)을 평가하기 위함)에서 이산화 단위(602)의 최소 수에 대응할 수 있어서, 이에 의해 지지가 제공되는 최외측 에지/코너 사이의 이격거리를 실질적으로 평가한다.

[0119] 일부 실시형태에서, 지지 문턱값(812)은 자격 부여 수(818) 및/또는 지지 영역 크기(822)를 중첩된 영역(808)과 비교하는 것에 기초하여 계산될 수 있는, 지지 비율(824,)을 평가하기 위한 것일 수 있다. 예를 들어, 지지 비율(824)은 수평 안전성, 지지 중량 농도, 또는 이들의 조합을 나타내기 위한, 자격 부여 수(818)와 중첩된 영역(808) 간의 비율을 포함할 수 있다. 또한, 지지 비율(824)은 타겟 물체(112) 아래의 지지 에지/코너 사이의 상대적인 폭을 나타내기 위한, 지지 영역 크기(822)와 중첩된 영역(808) 간의 비율을 포함할 수 있다.

[0120] 게다가, 로봇 시스템(100)은 타겟 물체(112)의 CoM 위치(782)에 기초하여 후보 위치(801)를 더 평가할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 도 2의 마스터 데이터(252)로부터 타겟 물체(112)의 CoM 위치(782)에 액세스할 수 있고/있거나 타겟 물체(112)를 파지하고/하거나 리프팅하는 것에 기초하여 CoM 위치(782)를 동적으로 추정할 수 있다. 일단 액세스/추정된다면, 로봇 시스템(100)은 CoM 위치(782)를 지지 영역 윤곽(820)과 비교할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)가 지지 영역 윤곽(820) 내 CoM 위치(782)를 포함하고 이러한 필요조건을 충족하는데 실패한 후보 위치(801)를 제거/자격 박탈할 것 요구할 수 있다. 하나 이상의 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 CoM 위치(782)와 지지 영역 윤곽(820) 사이의 이격 거리(예를 들어, x축 및/또는 y축을 따름)에 기초하여 배치 스코어를 계산할 수 있고 구할 수 있다.

[0121] 로봇 시스템(100)은 제약/필요조건을 평가하도록 지지 매개변수(804)를 사용할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 지지 문턱값(812), CoM 위치 문턱값(예를 들어, 지지 영역 윤곽(820) 내 CoM 위치(782)를 포함하기 위한 필요조건) 및/또는 다른 적층 규칙을 충족시키지 못하는 후보 위치를 제거/자격 박탈할 수 있다. 또한, 로

봇 시스템(100)은 사전 결정된 중량 및/또는 등식에 따라 후보 위치(801)(예를 들어, 제약을 충족하는 위치)에 대한 배치 스코어를 계산하도록 지지 매개변수(804)를 사용할 수 있다. 아래에서 상세히 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 사전 결정된 선호도(예를 들어, 중량/등식에 의해 반영된 바와 같음)에 따라 후보 위치(801)의 순위를 매기도록 계산된 배치 스코어를 사용할 수 있다.

[0122] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 도 3의 엔드-이펙터(304)가 타겟 물체(112)를 놓도록 배치될 수 있는지를 결정할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 도출된 후보 위치(801)에 따라, 도 1의 과업 위치(116)에서 이산화된 플랫폼 모델(예를 들어, 컨테이너 풋프린트 모델(622) 및/또는 컨테이너 프로파일 모델(624)) 위에 이산화된 엔드-이펙터 모델(예를 들어, 도 6의 그리퍼 풋프린트 모델(632) 및/또는 도 6의 그리퍼 프로파일 모델(634))을 중첩할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 이산화된 엔드-이펙터 모델이 도 7c의 지지 벽(725) 또는 대응하는 이산화된 부분 사이에 있을 때(예를 들어, 중첩 없이) 후보 위치(801)를 검증할 수도 있다.

[0123] 실례가 되는 실시예에서, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)의 하나 이상(예를 들어, 각각)에 대해 엔드-이펙터(304)(예를 들어, 물체 등에 대해 1 내지 359도로 회전된, 주변 에지에 대해 정렬되는, 중심부에 걸친)의 이용 가능한 그리프 구성의 세트를 검증할 수 있다. 각각의 그리프 구성에 대해, 로봇 시스템(100)은 그리프 구성에 따라 이산화된 엔드-이펙터 모델을 조정할 수 있고 조정된 모델을 이산화된 플랫폼 모델 위에 오버레이할 수 있다. 오버레이된 모델을 사용하여, 로봇 시스템(100)은 타겟 물체(112)(즉, 타겟 물체(112)는 후보 위치(801)의 배치 표면 상에 놓임)의 배치 위치에서 엔드-이펙터(304)에 대한 깊이 값을 계산할 수 있다. 후보 위치(801)의 타겟 물체(112)의 상단면에 대한 깊이 값(들)은 이산화된 플랫폼 모델에 따른 배치 표면의 깊이 값, 컨테이너 플로어와 후보 위치(801) 사이의 배치를 위해 계획되거나 또는 배치된 하나 이상의 물체의 높이 및/또는 타겟 물체(112)의 높이의 합산으로서 계산될 수 있다. 엔드-이펙터에 대한 대응하는 깊이 값(들)은 후보 위치(801)에서 타겟 물체의 상단면의 계산된 깊이 값과 이산화된 엔드-이펙터 모델에 대응하는 깊이 값(들)의 합산으로서 계산될 수 있다.

[0124] 각각의 그리프 구성에 대해, 로봇 시스템(100)은 이산화된 엔드-이펙터 모델의 깊이 값을 후보 위치(801)의 타겟 물체(112)를 둘러싸는 깊이 값(예를 들어, 다른 물체 및/또는 지지 벽(725)의 높이)과 비교할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 이산화된 플랫폼 및/또는 이산화된 플랫폼 상의 물체에 대한 깊이 값이 이산화된 엔드-이펙터 모델에 대한 2D 메시가 컨테이너(예를 들어, 지지 벽(725))의 부분 또는 컨테이너에 적층된 물체와 충돌한다고 나타낼 때 그리프 구성을 거부할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 깊이 값이 동일하거나 또는 이산화된 플랫폼 모델과 이산화된 엔드-이펙터 모델 사이의 문턱값 범위 내에 있을 때 충돌 가능성을 검출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 또한 깊이 값이 이산화된 엔드-이펙터가 이산화된 플랫폼 모델의 대응하는/중첩되는 부분보다 더 낮다고 나타낼 때 충돌 가능성을 검출할 수도 있다. 유사하게, 로봇 시스템(100)은 로봇 암의 부착된 부분 및 엔드-이펙터를 나타내는 2D 메시가 이산화된 플랫폼 모델의 경계를 넘어 연장되거나 또는 접촉될 때 잠재적인 충돌을 결정할 수 있다.

[0125] 로봇 시스템(100)은 충돌 분석을 통과한 그리프 구성을 수용할 수 있고 확인할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 임의의 잠재적인 충돌에 대응하지 않는 나머지 그리프 구성을 확인할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 그리프 구성을 확인하는 것에 기초하여 대응하는 후보 위치(801)를 더 확인할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 타겟 물체(112)의 배치를 도출할 때 엔드-이펙터(304)를 처리할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 예상되지 않은 상태(예를 들어, 지지 벽(725)의 예상되지 않은 위치 및/또는 형상)를 조정하도록 실시간으로 배치 계획을 업데이트할 때 엔드-이펙터(304)를 처리하도록 위에서 설명된 과정을 더 사용할 수 있다.

[0126] 예시적인 이동 계획

[0127] 도 9a 내지 도 9c는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 예시적인 이동 계획 계산의 예시된 양상이다. 도 9a 및 도 9b는 도 1의 타겟 물체(112)를 배치하기 위한 예시적인 방식을 예시하는 프로파일 도면이다. 도 6a 및 도 6b 각각은 컨테이너 내 하나 이상의 이전의 물체(508)(예를 들어, 이미 배치되거나 또는 앞선 배치를 위해 계획된 물체) 위에 도 8a의 대응하는 후보 위치(801)에서 타겟 물체(112)를 배치하기 위한 진입로(901)를 예시한다.

[0128] 도 1의 로봇 시스템(100)은 F-1 내지 F-5의 파선 박스로서 예시되는, 접근 증분(approach increment)(903)에 기초하여 진입로(901)를 도출할 수 있다. 접근 증분(903)은 대응하는 진입로(901)를 따라 3D 공간에서, 타겟 물체(112)의 순차적인 위치, 도 3의 로봇 암(302)(또는 로봇 암의 부분), 도 3의 엔드-이펙터(304) 또는 이들의 조합에 대응하는 샘플링 증분을 나타낼 수 있다. 일부 실시형태에서, 접근 증분(903)은 모델을 위해 사용되는 도 6의 이산화 단위(602)의 하나 이상의 치수와 매칭될 수 있다. 진입로(901)는 선행 부분/방향에 대응하는 경

로 부분(904)을 포함할 수 있다. 경로 부분(904)은 타깃 물체(112)를 도 8a의 대응하는 후보 위치(801)에 배치하기 위한 최종 부분(906)을 포함할 수도 있다. 일부 실시형태에서, 최종 부분(906)은 수직(예를 들어, 하향) 방향 또는 이동을 포함할 수 있다. 다른 실시형태에서, 최종 부분(906)은 수직 하향 접근 증분 후, 예컨대, 물체를 아래에 그리고/또는 오버행으로 횡 방향으로 연장되게 배치하도록, 후보 위치(801)로의 치우친 하향 궤적을 포함할 수 있다.

[0129] 진입로(901)를 도출하기 위해, 로봇 시스템(100)은 타깃 물체(112)를 후보 위치(801)에 배치할 때 타깃 물체(112), 로봇 암(302), 및/또는 엔드-이펙터(304)에 대한 장애물이 잠재적으로 될 수도 있는 이전의 물체(902) 및/또는 지지 벽(725) 중 임의의 것을 식별할 수 있다. 하나 이상의 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 잠재적인 장애물(들)(910)을 시작 위치(114) 및 대응하는 후보 위치(801)에 걸친 위치 사이에서 연장되는 2D 평면 및/또는 수평선(예를 들어, x-y 평면을 따른 직선)과 중첩하는 이전에 배치된 물체(902)의 인스턴스(들)로서 식별할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 잠재적인 장애물(들)(910)을 예컨대, 타깃 물체(112)의 하나 이상의 치수(예를 들어, 폭, 길이 및/또는 높이)에 기초하여 폭을 갖고 수평선과 평행하고 수평선과 중첩하는 길(912)을 도출하는 것에 기초하여, 수평선의 주위에서 도출된 길(912)(도 9c에서 예시된 바와 같음)과 중첩하는 이전의 물체(902)의 인스턴스(들)로서 더 식별할 수 있다. 도 9a 및 도 9b에 예시된 바와 같이, 시작 위치(114)는 후보 위치(801)의 우측에 있을 수 있다. 유사하게, 로봇 시스템(100)은 잠재적인 장애물(들)(910)을 컨테이너의 지지 벽(725)으로서 더 식별할 수 있다.

[0130] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 위에서 설명된 깊이 측정값에 기초하여 잠재적인 장애물(910)을 확인할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)의 상단면 깊이 측정값 이상인 하나 이상의 상단면 깊이 측정값에 의해 가진 잠재적인 장애물(910)을 확인/식별할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)의 상단면 깊이 측정값 미만인 상단면 깊이 측정값을 가진 이전의 물체(902)를 잠재적인 장애물(910)로부터 제거할 수 있다. 하나 이상의 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)의 높이 및/또는 잠재적인 장애물(910)의 높이와 연관된 모호성에 기초하여 잠재적인 장애물(910)을 식별/제거할 수 있다.

[0131] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 진입로(901)를 후보 위치(801)로부터 시작해서 시작 위치(114)에서 종료되는 것과 같이, 역순으로 도출할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 잠재적인 장애물(910)을 회피하도록 최종 부분(906)을 먼저(예를 들어, 다른 부분 전에) 도출할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 물체 및 엔드-이펙터(도 5c의 맞물린 인터페이스 높이(534)에 따라 그리고 모델과 물체 모델의 조합)의 치수에 따라 길(912)의 세트를 결정할 수 있다. 일부 실시형태에서, 길의 세트는 타깃 물체의 높이 및/또는 폭에 대응하는 하나 이상의 횡 방향으로 연장되는 길들을 포함할 수 있다. 길의 세트는 또한 타깃 물체의 길이 및/또는 폭에 대응하는 하나 이상의 수직으로 연장되는 길들을 포함할 수도 있다.

[0132] 로봇 시스템(100)은 먼저 후보 위치(801)로부터 상향으로 연장되는 수직으로 연장되는 길들을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 수직으로 연장되는 길이 임의의 이전의 물체(902) 및/또는 지지 벽(725)과 중첩/접촉하는지를 평가할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 중첩/접촉을 검출하는 것에 기초하여 후보 위치(801)를 자격 박탈할 수 있고/있거나 횡 방향 이동을 평가할 수 있다. 수직으로 연장되는 길이 임의의 잠재적인 장애물(910)(예를 들어, 이전의 물체(902) 및/또는 지지 벽(725))과 중첩/접촉하지 않을 때, 로봇 시스템(100)은 수직으로 연장되는 길로부터 시작 위치(114) 위쪽의 위치로 횡 방향으로 연장되는 길들을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 횡 방향으로 연장되는 길들을 사전 결정된 최소 높이(예를 들어, 최소/최대 낙하 높이 및/또는 컨테이너 벽 높이)에서 도출할 수 있다.

[0133] 로봇 시스템(100)은 횡 방향으로 연장되는 길이 임의의 잠재적인 장애물(910)을 중첩/접촉하는지를 유사하게 평가할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 잠재적인 장애물의 검출에 기초하여 횡 방향으로 연장되는 길에 대한 높이를(예를 들어, 하나 이상의 접근 증분(903)에 의해) 반복적으로 증가시킬 수 있다. 따라서 로봇 시스템(100)은 분명한 접근로가 결정되고/되거나 최대 평가 높이에 도달할 때까지 횡 방향 길들을 증가되는 높이에서 평가할 수 있다. 최대 평가 높이가 분명한 길 없이 도달될 때, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)를 무시할 수 있다. 그렇지 않으면, 로봇 시스템(100)은 횡 방향으로 연장되는 길들을 확인할 수 있다.

[0134] 로봇 시스템(100)은 확인된 수직 길(예를 들어, 최종 부분(906)에 대응함) 및 확인된 횡 방향 길(예를 들어, 경로 부분(904)에 대응함)에 따라 진입로(901)를 도출할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 진입로(901)에 대한 사전으로 연장되는 길(예를 들어, 상향으로 그리고 비스듬하게 연장되는 길) 및/또는 다수의 길 부분(예를 들어, 반복적으로 올라가고 이어서 이동되어 계단 패턴을 따름)을 유사하게 평가할 수 있다.

[0135] 실례가 되는 실시예로서, 로봇 시스템(100)은 하단면/길 에지가 잠재적인 장애물(910)보다 위쪽에 있고/있거나

가장 가까운 잠재적인 장애물을 간격 문턱값(914)(예를 들어, 타깃 물체(112)와 잠재적인 장애물(910) 사이의 접촉 또는 충돌을 방지하도록 잠재적인 장애물(910)의 가장 높은 지점보다 위쪽의 타깃 물체(112)에 대한 최소 수직 이격거리를 위한 필요조건)에 의해 제거할 때까지 횡 방향으로 연장되는 길의 높이를 계속해서 증가시킬 수 있다. 길이 간격 문턱값(914)을 충족시킬 때, 로봇 시스템(100)은 사전 결정된 거리만큼 수평 방향을 따라(예를 들어, 시작 위치(114)를 향하여) 대응하는 접근 증분을 조정할 수도 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801) 및 진입로(901)에 기초하여 최종 부분(906) 및/또는 후속의 경로 부분(904)을 도출할 수 있다.

[0136] 일단 도출된다면, 로봇 시스템(100)은 대응하는 후보 위치(801)를 평가하도록 진입로(901)를 사용할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 진입로(901)에 따라 배치 스코어를 계산할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 최종/수직 부분에 대한 더 짧은 길이/거리에 대한 선호도에 따라(예를 들어, 사전 결정된 배치 선호도에 대응하는 하나 이상의 중량에 따라) 배치 스코어를 계산할 수 있다. 하나 이상의 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)를 제거하거나 또는 자격 박탈하도록 사용되는 진입로(901)(예를 들어, 최종/수직 부분(906)에 대한)와 연관된, 제약, 예컨대, 최대 한계를 포함할 수 있다.

[0137] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 다른 충돌/방해 관련된 매개변수에 따라 대응하는 후보 위치(801)를 더 평가할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(360)와 이전의 물체(902) 중 하나 이상의 이전의 물체 사이의 수평 이격거리(916)에 따라 후보 위치(801)를 평가할 수 있다. 수평 이격거리(916)의 각각은 대응하는 후보 위치(360)와 이전의 물체(902)의 인접한 인스턴스 사이에서 수평 방향(예를 들어, x-y 평면)을 따른 거리(예를 들어, 가장 짧은 거리)일 수 있다. 로봇 시스템(100)은 진입로(901)에 대해 위에서 설명된 바와 유사하게 수평 이격거리(916)에 기초하여 후보 위치(360)에 대한 배치 스코어를 계산할 수 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 수평 이격거리(916)가 최소 필요조건을 충족시키지 못할 때와 같이, 수평 이격거리(916)에 기초하여 후보 위치(360)를 제거할 수 있고 자격 박탈할 수 있다. 최종 부분(906)이 일반적으로 물체 배치에 대해 가장 어렵기 때문에, 최종 부분(906)으로 시작되는 진입로(901)의 확인은 진입로(901)를 확인하기 위한 감소된 처리 시간을 제공한다.

[0138] 예상되지 않은 상태에 대한 예시적인 조정

[0139] 도 10은 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 예시적인 실시간 센서 데이터(예를 들어, 센서 출력(1000))를 예시한다. 도 1의 로봇 시스템(100)은 대응하는 센서를 통해 센서 출력(1000)을 획득할 수 있다. 예를 들어, 센서 출력(1000)은 도 3의 상단-뷰 센서(310)로부터 평면도 이미지(1052) 및/또는 도 3의 측면-뷰 센서(312)로부터 측면도 이미지(1054)를 포함할 수도 있다. 평면도 이미지(1052) 및/또는 측면도 이미지(1054)는 도 1의 과업 위치(116)에서의 컨테이너(예를 들어, 도 4a의 카트(410) 및/또는 도 4c의 케이지(420)) 및/또는 컨테이너 내 물체를 도시할 수 있다.

[0140] 도 1의 로봇 시스템(100)은 컨테이너와 연관된 예상되지 않은 특징부(1002)에 대한 센서 출력(1000)을 분석할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 실제 특징부(606)를(예를 들어, 예지-검출 메커니즘, 예컨대, 소벨 필터를 통해) 검출하고 이러한 실제 특징부를 컨테이너의 사전 결정된/예상된 특징부(예를 들어, 예지)와 비교하는 것에 기초하여 센서 출력(1000)을 분석할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 센서 출력(1000)에 도시된 실제 특징부(606)가 컨테이너의 예상된 특징부(예를 들어, 대응하는 템플릿으로 나타냄) 및/또는 사전 결정된 오류 상태에 대한 템플릿 패턴으로부터 벗어날 때 예상되지 않은 특징부(1002)를 검출할 수 있다. 예상되지 않은 특징부(1002)의 일부 예는 도 7c의 지지 벽(725)에 대한 오류 상태, 예컨대, 부분적으로-개방된 카트 벽(좌측 벽을 통해 예시됨) 및/또는 뒤틀린 벽(우측 벽을 통해 예시됨)에 대응할 수 있다.

[0141] 예상되지 않은 특징부(1002)는 예상된 배치 표면으로부터 벗어나는 배치 표면에 대응할 수도 있다. 예를 들어, 부분적으로-개방된 카트 벽 및/또는 뒤틀린 벽은 컨테이너 하단면의 감소된 부분을 노출시킬 수도 있다. 이와 같이, 예상된 상태에 기초하여 도출된 도 7a의 패킹 계획(700)은 예상되지 않은 특징부(1002)를 가진 실제 컨테이너에 대해 적용 가능하지 않을 수도 있다(예를 들어, 조정 없이 피팅되지 않을 수도 있음). 또한, 예상되지 않은 특징부(1002)는 패킹 계획(700)과 연관된 이동 계획(예를 들어, 도 9a의 진입로(901))에 대한 예상되지 않은 장애물/차단을 제공할 수도 있다.

[0142] 따라서, 예상되지 않은 특징부(1002)를 검출하는 것에 응답하여, 로봇 시스템(100)은 예상되지 않은 특징부(1002)를 처리하도록 패킹 계획(700)을 동적으로 조정할 수도 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 예상되지 않은 특징부(1002)에도 불구하고 또는 예상되지 않은 특징부를 고려해서 계획된 물체를 컨테이너에 배치하도록 패킹 계획(700)을 동적으로(예를 들어, 패킹/로딩 작동 동안) 생성할 수 있거나 또는 업데이트할 수 있다. 패킹 계획(700)을 동적으로 조정할 때, 로봇 시스템(100)은 예상되지 않은 특징부(1002)를 포함하거나 또는 나타내는 하

나 이상의 실제 컨테이너 모델을 동적으로 생성하도록 센서 출력(1000)을 사용할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 평면도 이미지(1052)에 기초하여 조정된 풋프린트 모델(1022) 그리고/또는 측면도 이미지(1054)에 기초하여 조정된 프로파일 모델(1024)을 동적으로 생성할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 도 6의 이산화 단위(602) 및/또는 도 9a의 접근 증분(903)에 따라 센서 출력(1000)을 화소 처리하고/하거나 이산화하는 것에 기초하여 조정된 모델을 생성할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 깊이, 컬러, 형상 및/또는 다른 매개변수와 연관된 사전 결정된 패턴에 기초하여, 지지 벽(725)(예를 들어, 지지 벽의 하나 이상의 내부 상단 에지) 및/또는 컨테이너 기저부에 대응하는 검출된 에지를 식별할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 식별된 에지의 하나 이상의 사전 결정된 인스턴스를 시작/기준 에지(예를 들어, 모델 경계(608)의 부분)로서 선택할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 선택된 에지를 사용할 수 있고 화소화 과정을 위해 지지 벽(725) 사이의 영역/공간을 분할하기 시작할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 지지 벽(725) 및/또는 연관된 위치/높이에 대응하는 에지를 초과하거나 또는 에지를 지나 연장되는 일 없이 영역/공간을 화소 처리할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 모델 경계(608)의 나머지 부분을 결정할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 물체가 저장될 수도 있는 조정된 배치 구역(1026)을 나타내는 조정된 모델을 동적으로 생성할 수 있다.

[0143] 위에서 설명된 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 도 4a의 예상된 배치 구역(430)과 상이할 수도 있는 조정된 배치 구역(1026)을 동적으로 결정할 수 있다. 예상되지 않은 특징부(1002)가 검출될 때, 로봇 시스템(100)은 조정된 배치 구역(1026)을 예상된 배치 구역(430) 및/또는 물체를 컨테이너에 배치하기 위한 패킹 계획(700)과 비교할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 컨테이너 모델 및/또는 패킹 계획(700)을 조정된 모델 위에 오버레이할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 예상된 배치 구역(430)이 조정된 배치 구역(1026)과 상이한지 그리고/또는 패킹 계획(700)이 조정된 배치 구역(1026)을 지나 확장되는지를 결정할 수 있다.

[0144] 로봇 시스템(100)은 예상된 배치 구역(430)이 조정된 배치 구역(1026)과 상이할 때 그리고/또는 패킹 계획(700) 또는 패킹 계획의 일부가 조정된 배치 구역(1026)을 넘어 확장될 때 팩 재배치를 개시시킬 수 있다. 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)을 조정된 배치 구역(1026) 내에서 이동시키는 것에 기초하여 팩 재배치를 구현할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 도 7a의 AABB(730)를 조정된 배치 구역(1026)의 사전 결정된 코너/에지에 대해 처음에 정렬할 수 있고 AABB(730)가 조정된 배치 구역(1026) 내에 포함되는지를 평가할 수 있다. AABB(730)의 초기 정렬이 조정된 배치 구역(1026)의 경계 내에 포함되지 않을 때, 로봇 시스템(100)은 사전 결정된 패턴에 따라 AABB(730)를 조정된 배치 구역(1026) 내에서 반복적으로 시프트할 수 있고 AABB(730)가 조정된 배치 구역(1026) 내에 포함되는지를 평가할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700) 내 모든 물체의 배치 위치를 군/유닛으로서 조정할 수도 있다.

[0145] AABB(730)의 배치가 조정된 배치 구역(1026) 내에 피팅될 때, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)의 조정된 위치를 확인할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)의 시프트된 또는 조정된 인스턴스의 하나 이상의 물체에 대한, 도 9a의 진입로(901)가 검출된 컨테이너 에지와 중첩하는지를 평가하는 것에 기초하여 패킹 계획(700)의 조정된 위치를 확인할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 조정 배치 위치를 처리하도록 제1 물체, 제1 층, AABB(730)의 주변 위치의 물체 및/또는 다른 물체의 진입로(901)를 업데이트할 수 있다. 시프트된 진입로(901)는 시프트된 진입로(901)가 컨테이너 벽 및/또는 이전의 물체와 중첩/충돌하는지를 결정하도록 센서 출력(1000) 위에 오버레이될 수 있고 센서 출력과 비교될 수 있다. 예상되지 않은 특징부에 대한 도 9a의 잠재적인 장애물(910)이 평가된 진입로에서 제거될 때, 로봇 시스템(100)은 시프트된 위치에 따라 패킹 계획(700)을 확인할 수 있고 구현할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 예상되지 않은 특징부(1002)를 고려하여, 예컨대, 패킹 계획(700) 및/또는 진입로(901)를 재도출하는 일 없이 패킹 계획(700)을 구현할 수 있다. 로봇 시스템(100)이 모든 물체가 조정된 배치 구역(1026) 내에 포함되는 AABB(730)의 대안적인 위치를 결정하는데 실패할 때, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)을 재도출할 수도 있고/있거나 컨테이너의 교체를 개시/구현할 수도 있다. 예상되지 않은 특징부(1002)에 대한 동적 조정에 관한 상세사항은 아래에서 설명된다.

[0146] 도 11은 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 도 1의 로봇 시스템(100)을 작동시키는 제1 예시적인 방법(1100)에 대한 흐름도이다. 방법(1100)은 물체(예를 들어, 패키지, 케이스, 및/또는 박스)를 컨테이너(예를 들어, 도 4a의 카트(410) 및/또는 도 4c의 케이저(420))에 배치하기 위한 도 7a의 패킹 계획(700)을 도출하기 위한 것일 수 있다. 방법(1100)은 도 2의 프로세서(202) 중 하나 이상의 프로세서와 함께 도 2의 저장 디바이스(204) 중 하나 이상의 저장 디바이스에 저장된 명령어를 실행시키는 것에 기초하여 구현될 수 있다. 프로세서(202)는 도 3의 로봇 암(302) 및/또는 도 3의 엔드-이펙터(304)를 패킹 계획(700)에 따라, 예컨대, 도 1의 타깃 물체(112)를 도 1의 시작 위치(114)로부터 도 1의 과업 위치(116)의 컨테이너로 이송함으로써 제어할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(202)가 로봇 장치를 제어하여 컴포넌트/물체를 도 9a의 진입로(901)를 따라 조종하고 이들

을 컨테이너 내 대응하는 배치 위치에 배치할 수 있다.

- [0147] 블록(1102)에서, 로봇 시스템(100)은 과업 위치(116)에서 컨테이너 내 배치를 위해 지정된 물체(예를 들어, 도 7b의 적층된 물체(724), 도 7c의 상단 패키지(772), 도 7c의 지지 패키지(774), 도 7c의 중간 물체(799) 등)의 세트를 식별할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 패키징을 위해 이용 가능하고, 수입 내에 있고, 지정된 위치에 도착하고, 소스에 위치되고, 배치를 위해 지정되고/되거나 주문서/요청서/화물 목록에 나열되는 물체(예를 들어, 도 7b의 입수 가능한 패키지(742)의 세트)를 식별할 수 있다.
- [0148] 또한, 블록(1102)에서, 로봇 시스템(100)은 식별된 물체를 수용하도록 이용 가능한 컨테이너를 식별할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 비어 있거나 또는 부분적으로 충전된 상태를 갖고/갖거나 액세스를 위해 이용 가능한(예를 들어, 현재 사용 중이 아니거나 또는 차단되지 않음) 카트(410) 및/또는 케이지(420)를 식별할 수 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 이용 가능하게 되는, 예컨대, 큐(queue)로부터, 컨테이너를 식별할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 식별된 컨테이너에 대한 특성/특징(예를 들어, 범주, 치수, 식별자 등)을 더 결정할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 또 다른 시스템(예를 들어, 수송 로봇 시스템)과 인터페이스할 수 있고, 도 2의 마스터 데이터(252)로부터의 정보에 액세스할 수 있고/있거나 컨테이너로부터 (예를 들어, 사전 결정된 위치의 센서를 통해) 실시간 정보를 획득하여 컨테이너 및/또는 컨테이너의 특성을 식별할 수 있다.
- [0149] 블록(1104)에서, 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 이산화된 모델을 (예를 들어, 마스터 데이터(252)를 실시간으로 생성하고/하거나 마스터 데이터에 액세스함으로써) 획득할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 식별된 물체, 예컨대, 도 7a의 물체 모델(706 내지 710), 도 6의 대응하는 풋프린트 모델(612) 및/또는 도 6의 대응하는 프로파일 모델(614)을 나타내는 이산화된 모델을 획득할 수 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 식별된 컨테이너, 예컨대, 도 6의 컨테이너 풋프린트 모델(622) 및/또는 도 6의 컨테이너 프로파일 모델(624)을 나타내는 이산화된 모델을 획득할 수 있다.
- [0150] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 도 6의 이산화 단위(602)(예를 들어, 설정 치수를 가진 화소)에 따라 물체/컨테이너의 물리적 치수 또는 이미지를 화소 처리하거나 또는 분할하는 것에 기초하여 이산화된 모델을 실시간으로(예를 들어, 주문을 수신한 후 그리고/또는 패키징 작동을 시작하기 전 또는 오프라인에서) 생성할 수 있다. 이산화 단위(602)의 치수는 제작업자, 주문 고객, 및/또는 조작자에 의해 사전 결정될 수 있거나 또는 동적으로 설정될 수 있다. 예를 들어, 이산화 단위(602)는 1밀리미터(mm) 또는 1/16인치(in) 이상(예를 들어, 5mm 또는 20mm)일 수도 있다. 일부 실시형태에서, 이산화 단위(602)는 하나 이상의 물체 및/또는 컨테이너의 치수 또는 크기에 기초할 수 있다(예를 들어, 백분율 또는 비율).
- [0151] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 저장 디바이스(204) 및/또는 또 다른 디바이스(예를 들어, 저장 디바이스, 데이터베이스, 수송 로봇을 제어하기 위한 시스템 및/또는 도 2의 통신 디바이스(206)를 통해 액세스된 패키지 공급자의 서버)에 저장된 이산화된 모델에 액세스할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 식별된 물체 및/또는 식별된 컨테이너를 나타내는 사전 결정된 이산화된 모델에 액세스할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 물체 및 물체의 대응하는 모델에 대한 마스터 데이터(252)(예를 들어, 사전 결정된 테이블 또는 룩업 테이블)를 검색함으로써 식별된 물체에 대응하는 이산화된 물체 모델에 액세스할 수 있다. 유사하게, 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 물체가 배치되는, 과업 위치(116), 예컨대, 식별된 카트 또는 케이지를 나타내는 이산화된 컨테이너 모델에 액세스할 수 있다.
- [0152] 블록(1106)에서, 로봇 시스템(100)은 물체 집단(예를 들어, 식별된 물체의 하위집단)을 결정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 식별된 물체의 하나 이상의 특성의 유사성 및/또는 패턴에 따라 물체 집단을 결정할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 사전 결정된 분류 조건/필요조건, 예컨대, 물체 우선권(예를 들어, 한 명 이상의 고객에 의해 명시된 바와 같음), 취도 등급(예를 들어, 물체에 의해 지지 가능한 최대 중량), 중량, 치수(예를 들어, 높이), 유형, 또는 이들의 조합에 따라 물체 집단을 결정할 수 있다. 물체의 분류 시, 로봇 시스템(100)은 분류 조건/필요조건과 매칭되는 식별된 물체의 다양한 특성에 대한 마스터 데이터(252)를 검색할 수 있다.
- [0153] 블록(1108)에서, 로봇 시스템(100)은 식별된 물체 및/또는 물체 집단을 위한 처리 순서(예를 들어, 배치 위치를 고려/도출하기 위한 시퀀스)를 도출할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 시퀀싱 조건/필요조건에 따라 처리 순서를 도출할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 집단의 각각에서 물체의 수에 따라, 예컨대, 배치 계획에서 더 일찍 다수의 물체를 가진 집단을 처리하기 위해, 물체 집단의 처리의 우선순위를 정할 수 있다. 일부 실시형태에서, 시퀀싱 조건은 예컨대, 중량 범위, 취약도 순위 등에 대한 분류 조건과 중첩할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 조기 처리를 위해 그리고/또는 하부층 내 배치를 위해 더 무겁

고/무겁거나 덜 취약한 물체의 처리의 우선순위를 정할 수 있다.

- [0154] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 결합된 수평 영역에 따라 배치 계획의 우선순위를 정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 마스터 데이터(252)에 명시된 정보를 사용하여 집단 내 물체의 상단면의 표면적을 (예를 들어, 대응하는 폭과 길이를 곱하는 것을 통해) 계산할 수 있거나 또는 표면적에 액세스할 수 있다. 결합된 수평 영역을 계산할 때, 로봇 시스템(100)은 문턱값 범위 내에서 동일한 유형 및/또는 높이를 가진 물체의 표면적을 추가할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 조기 처리를 위해 그리고/또는 하부층 내 배치를 위해 더 큰 결합된 수평 영역을 가진 집단의 배치 계획의 우선순위를 정할 수 있다.
- [0155] 하나 이상의 실시형태에 대해, 로봇 시스템(100)은 식별된 물체의 식별자 및/또는 수량을 가진 버퍼(예를 들어, 저장 디바이스(204))를 로딩할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 집단에 따라 버퍼 내 식별자를 시퀀싱할 수 있다. 게다가, 로봇 시스템(100)은 처리 순서에 따라 버퍼 내 식별자를 시퀀싱할 수 있다. 따라서, 버퍼 내 시퀀싱된 값은 도 7b에 예시된 입수 가능한 패키지(742) 및/또는 나머지 패키지(752)에 대응할 수 있다.
- [0156] 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742)의 의 초기 세트에 대한 처리 순서를 오프라인에서, 예컨대, 임의의 물체가 플랫폼 상에 배치되기 전에 도출할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 대응하는 패키징 계획(700)을 개시한 후 또는 구현하는 동안 입수 가능한 또는 나머지 패키지(752)의 나머지 세트에 대한 처리 순서를 동적으로 도출할 수 있다. 예를 들어, 블록(1116)으로부터 피드백 루프로 예시된 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 트리거링 조건에 따라 나머지 세트(예를 들어, 플랫폼으로 이송되지 않고/않거나 소스 위치에 남아있는 입수 가능한 또는 나머지 패키지(752)의 부분)에 대한 처리 순서를 계산할 수 있다. 예시적인 트리거링 조건은 적층 오류(예를 들어, 분실된 또는 떨어진 패키지), 충돌 사건, 사전 결정된 리트리거링 타이밍, 컨테이너 이상(예를 들어, 도 10의 예상되지 않은 특징부(1004)의 검출) 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0157] 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 배치 규칙에 따라 후보 위치(801) 및/또는 이들의 조합을 반복적으로 도출하고 평가하는 것에 기초하여 패키징 계획(700)을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 물체 모델을 후보 위치(801)에서 이산화된 컨테이너 모델 위에 오버레이하는 것에 기초하여 패키징 계획(700)을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)에서 오버레이된 물체 모델과 연관된 하나 이상의 속성(예를 들어, 물체의 물리적 배열, 결과적으로 발생된 중량, 충돌 확률, 안정성 등)을 추정할 수 있다.
- [0158] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)이 층에 따라 후보 위치(801)를 도출할 수 있어서, 2D 계획을 도출하고 평가한다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 배치된 물체가 컨테이너 기저부(즉, 배치 표면)와 직접적으로 접촉하는 가장 낮은 층을 형성하는 물체 배치 위치를 도출(예를 들어, 후보 위치(801)의 인스턴스를 확인)할 수 있다. 층을 도출할 때 그리고/또는 후속의 평가를 위해, 로봇 시스템(100)은 도 8a의 높이 측정값(802)을 배치 위치에 추가할 수도 있고 위치를 3D로 처리할 수도 있다. 일단 가장 낮은 층이 도출/확인된다면, 로봇 시스템(100)은 가장 낮은 층 내 배치를 위해 계획된 물체의 위의(예를 들어, 상단면과 직접적으로 접촉하는) 물체의 배치를 위한 후보 위치(801)를 도출할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 서로 위에 적층된 다수의 2D층을 포함하는 패키징 계획(700)을 도출할 수 있다. 게다가, 패키징 계획(700)을 도출할 때, 로봇 시스템(100)은 적층된 물체 각각이 적층된 물체 아래에 위치한 하나 이상의 물체를 오버행하고 지지를 위한 지지 벽(725)을 활용하는 위치를 도출할 수 있고 확인할 수 있다. 패키징 계획(700)의 도출에 관한 상세사항은 아래에서 설명된다.
- [0159] 블록(1110)에서, 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742)를 대응하는 수평면을 따라 배치하기 위한 2D 계획(예를 들어, 층, 예컨대, 도 7a에 예시된 하부층(712) 및/또는 적층된 층(722))을 도출할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742)의 하위세트에 대해 수평면을 따른 배치 위치의 2D 맵핑을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 이산화된 모델에 기초하여, 예컨대, 이산화된 물체 모델을 이산화된 컨테이너 모델 상에/과 오버레이/비교함으로써 배치 계획을 도출할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 이산화된 물체 모델의 상이한 배열(예를 들어, 도 8a의 후보 위치(801))을 분석할 수 있고 이산화된 플랫폼 모델의 경계 내에 있는 배열을 확인할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 또 다른 층에 대한 이산화된 컨테이너 모델의 경계 내에 배치될 수 없는 물체를 지정할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 패키지 세트 내 패키지의 각각이 위치에 할당될 때까지 패키징 계획(700)의 2D층에 대한 배치 위치를 반복적으로 도출할 수 있다.
- [0160] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 물체 집단에 기초하여 패키징 계획(700) 및/또는 패키징 계획 내 층을 생성할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 또 다른 집단에서 물체의 배치를 고려하기 전에 하나의 집단에서 물체를 위한 배열을 결정할 수 있다. 물체 집단 내 물체가 층을 넘어갈 때(즉, 물체가 이산화된 플랫폼 모델의 하나의 층 또는 하나의 인스턴스에 피팅될 수 없음) 그리고/또는 하나의 집단의 모든 패키지를 배치한 후, 로봇

시스템(100)은 그 다음 집단에서 물체를 위한 위치를 이산화된 컨테이너 모델 내 임의의 나머지/점유되지 않은 영역에 할당할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 미할당된 물체 중 어느 것도 이산화된 컨테이너 모델의 나머지 공간에 걸쳐 피팅될 수 없을 때까지 할당을 반복적으로 반복할 수 있다.

[0161] 유사하게, 로봇 시스템(100)은 처리 순서에 기초하여(예를 들어, 처리 순서에 따른 물체 집단에 기초하여) 계획 층을 생성할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 처리 순서에 따라 물체 및/또는 집단을 할당하는 것에 기초하여 테스트 배열을 결정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 가장 이른 시퀀싱된 물체/집단을 테스트 배열을 위한 초기 배치에 할당할 수 있고, 이어서 처리 순서에 따라 후속의 물체/집단을 테스트/할당할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 층에 걸쳐(예를 들어, 배치 계획(350)의 인스턴스에 걸쳐) 물체/집단을 위한 처리 순서를 유지할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 각각의 층이 충전된 후 처리 순서를 재도출 및 업데이트할 수 있다(도 6의 피드백 파선을 사용하여 예시됨). 일부 실시형태에서, 위에서 설명된 과정의 실패가 되는 실시예로서, 로봇 시스템(100)은 물체 집단 및/또는 패키지 세트의 각각 내에서 상이한/고유의 패키지 유형을 식별함으로써 2D 계획을 생성할 수 있다.

[0162] 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742)의 각각에 대한 배치 위치를 (예를 들어, 반복적으로) 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 처리 순서에 따라 차례대로 먼저 고유 물체에 대한 초기 배치 위치(예를 들어, 후보 위치(801))를 결정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 위에서 설명된 바와 같은 사전 결정된 패턴(예를 들어, 방향/위치의 사전 결정된 시퀀스)에 따라 초기 배치 위치를 결정할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 각각의 고유 패키지에 대한 초기 배치를 계산할 수 있다. 결과적으로 발생된 초기 배치는 각각 예컨대, 반복에 걸쳐 배치 위치의 조합을 추적함으로써, 고유 배치 조합(예를 들어, 도 7b의 검색 트리(754)의 인스턴스)으로 전개될 수 있다. 로봇 시스템(100)은 위에서 설명된 바와 같은 처리 순서 및/또는 나머지 패키지에 따라 후속의 물체에 대한 후보 배치 위치를 도출 및 추적할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 도 7b의 배치 조합(744)을 반복적으로 도출할 수 있다.

[0163] 배치 조합(744)(예를 들어, 후보 위치(801)의 세트)을 도출할 때, 로봇 시스템(100)은 후보 적층 시나리오(예를 들어, 도출된 후보 위치(801)에서 물체 위의 물체의 잠재적인 배치)를 반복적으로 도출할 수 있고 평가할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 층 내 후보 위치(801)의 세트를 결과적으로 발생된 상단면 영역, 안정성 추정값, 지지 추정값 및/또는 다른 기준에 따라 평가할 수 있다. 평가되는 기준은 이산화된 물체 모델이 배치 구역의 수평 경계 내에 전부 피팅되는 것을 요구/선호할 수 있다. 또한, 배치 기준은 이산화된 물체 모델의 배치가 초기 배치 위치(예컨대, 수평 방향을 따른) 및/또는 예컨대, 인접한 배치 또는 분리 필요조건을 위한, 이전의 배치 위치에 대한 문턱값 거리 내에 있는 것을 요구할 수 있다. 배치 기준의 다른 예는 하나 이상의 패키지 치수(예를 들어, 높이), 취약도 순위, 패키지 중량 범위, 또는 이들의 조합의 가장 작은 차(들)를 가진 패키지를 인접하게 배치하기 위한 선호도를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 배치 기준은 기준 위치(예를 들어, 팔레트화 로봇의 위치)에 대한 층 내 이전에 할당된 패키지의 위치 및/또는 특성(예를 들어, 높이)에 대응할 수 있는 충돌 확률을 포함할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 패키지 배치 위치의 다수의 고유 배치 조합(즉, 다수의 층을 각각 포함하는 후보 적층 시나리오 및/또는 각각의 층에 대한 후보 배치 계획)을 생성할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 배치 반복에 걸쳐 검색 트리(754)를 생성하고 업데이트하는 것에 기초하여 조합의 배치를 추적할 수 있다.

[0164] 2D층에 대한 배치 위치를 완결할 때, 로봇 시스템(100)은 각각의 조합/패키지 배치에 대한 배치 스코어를 계산/업데이트할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 배치 조건/선호도(예를 들어, 패키지 치수, 충돌 확률, 취약도 순위, 패키지 중량 범위, 분리 필요조건, 패키지 수량 조건) 중 하나 이상에 따라 배치 스코어를 계산할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 패키지 사이의 이격 거리, 인접한 패키지에 대한 패키지 치수/취약도 순위/패키지 중량의 차, 충돌 확률, 동일한 높이에서 연속적인/인접한 표면, 이들의 통계 결과(예를 들어, 평균, 최대, 최소, 표준 편차 등), 또는 이들의 조합에 대한 선호도를 설명하도록 선호도 인자(예를 들어, 승수 중량) 및/또는 등식을 사용할 수 있다. 각각의 조합은 시스템 제작업자, 주문 및/또는 시스템 조작자에 의해 사전 확정될 수도 있는 선호도 인자 및/또는 등식에 따라 스코어가 매겨질 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 전체 배치 반복의 끝에서 배치 스코어를 계산할 수 있다.

[0165] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 각각의 배치 반복 후 도 7b의 우선권 큐(756)에서 배치 조합(744)의 시퀀스를 업데이트할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 배치 스코어에 기초하여 시퀀스를 업데이트할 수 있다.

[0166] 로봇 시스템(100)은 빈 소스 상태, 풀(full) 층 상태, 또는 변화되지 않은 스코어 상태를 결정하는 것에 기초하여 배치 반복(예를 들어, 하나의 후보 배치 계획의 완료)을 중단할 수 있다. 빈 소스 상태는 모든 입수 가능한

물체가 배치된 것을 나타낼 수 있다. 풀 층 상태는 다른 물체가 고려된 이산화된 컨테이너 모델의 나머지 영역에 배치될 수 없다는 것을 나타낼 수 있다. 변화되지 않은 스코어 상태는 조합에 대한 배치 스코어가 하나 이상의 연속적인 배치 반복에 걸쳐 일정하게 남아 있다는 것을 나타낼 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 후보 적층 시나리오의 다른 인스턴스를 도출하도록 상이한 초기 배치 위치 및/또는 상이한 처리 순서를 사용하여(예를 들어, 시퀀싱 조건과 연관된 동일한 시퀀싱 값/스코어를 가진 군을 재정리하기 위해) 배치 반복을 반복할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 다수의 2D 배치 계획을 생성할 수 있고, 각각의 2D 배치 계획은 3D 스택 내 층(예를 들어, 후보 적층 시나리오의 인스턴스)을 나타낼 수 있다. 다른 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 2D 배치 계획이 도출될 때 3D 효과를 반복적으로 고려할 수 있고 2D 배치 계획이 풀 상태가 될 때 그 다음 반복으로서 그 다음 층을 도출하기 시작할 수 있다.

[0167] 블록(1112)에서, 로봇 시스템(100)은 2D 계획의 적층 시나리오를 계산할 수 있다. 그렇게 해서, 로봇 시스템(100)은 블록(1152)에 예시된 바와 같이 배치 조합(744) 및/또는 2D 배치 계획의 각각을 3D 상태로 전환할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 물체의 높이 값을 배치 조합(744)에 할당할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 배치 조합(744)에서 대응하는 물체의 높이에 따라 컨테이너 모델(예를 들어, 컨테이너 풋프린트 모델(622))의 이산화 단위(602)/화소의 각각에 대한 높이 측정값(802)을 계산하는 것에 기초하여 윤곽 맵(깊이 맵의 추정값)을 생성할 수도 있다. 다수의 층에 대해, 로봇 시스템(100)은 화소 처리된 위치에서 배치/적층을 위해 계획된 물체의 높이를 결합하는 높이 측정값(802)을 계산할 수 있다.

[0168] 3D 상태에 대해, 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 적층 규칙(예를 들어, 도 7c의 수평 오프셋 규칙(776), 도 7c의 지지 분리 규칙(786) 및/또는 도 7c의 수직 오프셋 규칙(790))에 따라 배치 조합(744)을 평가할 수 있다. 실례가 되는 실시예로서, 로봇 시스템(100)은 도 7c의 중첩 필요조건(778), 도 7c의 오버행 필요조건(780), 수직 오프셋 규칙(790), 도 7c의 CoM 오프셋 필요조건(784), 또는 위에서 설명된 이들의 조합을 위반하는 배치 조합(744) 또는 이들의 플래그 위치에 대한 감소된 스코어를 계산할 수 있다. 하나 이상의 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은, 예컨대, 중첩된 패키지에서 지지 중량을 추정하고 이를 하부층에 대해 계획된 물체의 대응하는 취약도 순위와 비교함으로써 하나 이상의 물체의 취약도 순위를 계산할 수 있다.

[0169] 블록(1154)에서, 로봇 시스템(100)은 3D 스코어/업데이트에 따라 조합을 선택할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 3D 배치 스코어를 계산할 수 있거나 또는 배치 스코어를 업데이트할 수 있고 이에 따라 조합을 선택할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 3D 배치에 대한 배치 비용 및/또는 휴리스틱 값(heuristic value)과 연관된 사전 결정된 선호도(예를 들어, 중량 및/또는 등식)를 사용할 수 있다. 사전 결정된 3D 선호도는 2D 선호도, 분류 선호도, 시퀀싱 조건, 또는 이들의 조합과 유사할 수 있다. 예를 들어, 3D 선호도는 3D 상태에 기초하여 충돌 확률을 계산하고 더 낮은 충돌 확률을 가진 배치 조합에 찬성하는 스코어를 계산하도록 구성될 수 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 나머지 패키지(752), 공통 높이를 가진 지지 영역의 크기, 3D 상태에서 패키징된 아이템의 수, 처리된 패키지의 높이 간의 차, 또는 이들의 조합에 기초하여 스코어를 계산할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 스코어에 따라 우선권 큐(756)에서 배치 조합(744)의 시퀀스를 업데이트할 수 있다.

[0170] 3D 상태가 처리된 후, 로봇 시스템(100)은 블록(1110)에서와 같이, 나머지 패키지(752)에서 그 다음 패키지를 위한 배치를 도출함으로써 2D 계획을 업데이트할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 중단 상태까지, 예컨대, 모든 입수 가능한 패키지(742)가 처리될 때(즉, 나머지 패키지(752)에 대한 빈 값/세트) 그리고/또는 배치 조합(744)이 개선될 수 없을 때(또한 미개선된 조합으로서 지칭됨) 위에서 설명된 과정을 반복할 수 있다. 미개선된 조합의 일부 예는 현재 처리된 배치가 하나 이상의 위반에 기인하여 우선권 큐(756)에서 배치 조합(744)의 마지막을 제거할 때 그리고/또는 배치 스코어가 반복의 문턱값 수에 걸쳐 선호된 조합에 대해 일정하게 유지될 때를 포함할 수 있다.

[0171] 중단 상태가 검출될 때, 로봇 시스템(100)은 배치 스코어(예를 들어, 2D 및/또는 3D 관련된 스코어)에 따라 도출된 배치 조합(744) 중 하나를 선택할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 선택된 배치 조합을 패키징 계획(700)으로서 지정할 수 있다.

[0172] 실례가 되는 실시예로서, 로봇 시스템(100)은 블록(1110 및 1112)의 기능을 상이하게 구현할 수 있다. 예를 들어, 블록(1110)에서, 로봇 시스템(100)은 위에서 설명된 바와 같이 하단층에 대한 2D 계획(예를 들어, 배치 계획(350)의 인스턴스)을 생성할 수 있다. 그렇게 함으로써, 로봇 시스템(100)은 패키지 높이와 매칭되기 위한 더 많은 선호도(예를 들어, 더 큰 매개변수 중량), 배치 및/또는 처리 순서를 고려할 때 패키지에 대한 더 무거운 패키지 중량 및/또는 더 큰 지지 가능한 중량을 배치하도록 구성될 수 있다. 로봇 시스템(100)은 블록(1110)에 대해 위에서 설명된 바와 같이 기저층에 대한 제1의 2D 계획을 도출할 수 있다.

- [0173] 일단 제1의 2D층이 위에서 설명된 바와 같이 완성되고/폴 상태여서, 기저층을 형성한다면, 로봇 시스템(100)은 블록(1112)에 대해 설명된 바와 같이 배치 계획을 3D 상태로 전환할 수 있다. 3D 정보를 사용하여, 로봇 시스템(100)은 위에서 설명된 바와 같은 기저층의 하나 이상의 평면 부분/영역을 식별할 수 있다. 평면 부분을 사용하여, 로봇 시스템(100)은 기저층보다 위쪽의 그 다음 층을 위한 패키지 배치를 반복적으로/되풀이하여 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 블록(1110)에 대해 위에서 설명된 바와 같이 이산화된 플랫폼의 새로운 인스턴스로서 평면 부분의 각각을 실질적으로 고려할 수도 있고 상이한 배치를 테스트/평가할 수도 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 배치 표면을 사용하여 2D 배치를 도출할 수 있지만 배치 영역/공간의 전부에 걸쳐 스코어를 계산할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 이전의 배치 영역으로 제한되는 일 없이 후속의 층에 대한 더 큰 배치 영역에 대한 선호도를 따르도록 구성될 수 있다.
- [0174] 일단 반복적인 배치 과정이 제2 층에 대해 중단된다면, 로봇 시스템(100)은 그 다음 위쪽 층에 대한 나머지 패키지/집단의 2D 배치를 생성하도록 도출된 층에 대한 평면 부분(예를 들어, 문턱값 범위 내 높이를 가진 상단면)을 계산할 수 있다. 반복적인 층 형성 과정은 중단 조건이 위에서 설명된 바와 같이 충족될 때까지 계속될 수 있다.
- [0175] 제2 층 및 더 높은 층에 대한 2D 계획을 도출할 때, 로봇 시스템(100)은 계획된 배치에 대한 물체가 아래에서 하나 이상의 물체(즉, 하부층의 2D 배치 계획 내 물체)를 오버행하는 물체 배치 위치를 도출할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 제1 물체(예를 들어, 도 7c의 지지 패키지(774))가 지지 벽(725)과 직접적으로 인접하고 물체-벽 이격 거리(726)에 의해 분리되는 하부/제1 층에 대한 2D 계획을 도출할 수 있다. 상부/적층된 층에 대한 2D 계획을 도출할 때, 로봇 시스템(100)은 제1 물체의 위에 적층/배치되도록 제2 물체(예를 들어, 적층된 물체(724))에 대한 후보 위치(801)를 도출할 수 있고 제2 물체의 부분은 제1 물체의 주변 에지를 넘어 그리고 지지 벽(725)을 향하여 횡 방향으로 돌출된다. 로봇 시스템(100)은 제2 물체 배치를 지지하기 위해 지지 벽(725)을 활용하기 위한 후보 위치(801)를 도출할 수 있고 확인할 수 있다.
- [0176] 블록(1122)에서, 실례가 되는 실시예로서, 로봇 시스템(100)은 2D 배치 계획을 도출할 때 벽-지지와 연관된 후보 위치(801)를 도출할 수도 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 일단 제2 물체가 배치된다면 물체가 지지 벽(725)과 직접적으로 접촉하고 지지 벽에 의해 지지되는 경우에 제2 물체(예를 들어, 적층된 물체(724))에 대한 위치를 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 물체가 컨테이너 수송 동안 시프트되는 경우에 물체가 지지 벽(725)과 접촉할 수도 있고 지지 벽에 의해 지지될 수도 있도록 문턱값 거리 미만만큼 지지 벽(725)으로부터 이격되는 제2 물체에 대한 위치를 더 도출할 수 있다. 후보 위치(801)는 제2 물체를 배치하기 위한 이산화된 컨테이너 모델 내에 있을 수 있다. 후보 위치(801)는 또한 제2 물체가 제1 물체의 주변 에지(들)를 넘어 횡 방향으로 돌출되고(예를 들어, 제1 물체를 오버행하고) 지지 벽(725)을 향하여 횡 방향으로 돌출되기 위한 것일 수 있다.
- [0177] 블록(1124)에서, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)에 대한 하나 이상의 속성을 추정할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 제2 물체를 후보 위치(801)에 배치하는 가능한 물리적 결과를 계산할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 제1 물체 모델을 제1 배치 위치에 그리고 제2 물체 모델을 후보 위치에 배치하는 것에 기초하여 하나 이상의 속성을 추정할 수 있다.
- [0178] 블록(1132)에서, 로봇 시스템(100)은 다수의-오버행 시나리오에 대한 도 7의 결합된 물체 추정(732)을 도출할 수도 있다. 다수의-오버행 시나리오는 하부 물체를 오버행하는 도 7c의 중간 물체(799)를 포함할 수 있고 후보 위치(801)는 중간 물체(799) 또는 그보다 위쪽의 물체를 오버행한다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 아래에서 계획된 물체를 오버행하는 배치 위치를 추적할 수 있다. 추적 상태를 사용하여, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)가 아래에서 계획된 물체를 오버행할 때를 결정할 수 있고 아래의 하나 이상의 계획된 위치는 또한 다른 물체를 오버행한다.
- [0179] 후보 위치(801)가 다수의-오버행 시나리오에 대응할 때, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801) 및 가장 낮은 추정된 오버행 위치에 기초하여 결합된 물체 추정(732)을 도출할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)와 연관된 하나 이상의 속성을 추정하기 위한 결합된 물체 추정(732)을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 중간 물체(799)에 대한 물체 모델을 포함하여, 적층된/처리된 물체(예를 들어, 상단 패키지(772))에 대한 물체 모델을 후보 위치(801)에 그리고 배치를 위해 계획된 물체 모델을 후보 위치(801) 아래에 배치하는 것에 기초하여 결합된 물체 추정(732)을 도출할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 물체 모델의 배치된 세트의 최외측 표면/에지와 정렬하거나 또는 최외측 표면/에지를 포함하는 윤곽을 도출하는 것에 기초하여 결합된 물체 추정(732)을 도출할 수도 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 하나의 물체로서 오버행되는 적층된 물체의 세트를 나타내는 모델 또는 추정을 도출할 수도 있다.

- [0180] 블록(1134)에서, 로봇 시스템(100)은 실질적인 지지 및/또는 오버행 측정값을 계산할 수도 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 계획된 위치에서, 예컨대, 상단 패키지(772) 및 지지 패키지(774)에 대해, 적층된 물체의 물체 모델 사이에서 중첩하는 이산화 단위(602)의 수를 세는 것에 기초하여 도 7c의 실질적인 지지(795)를 계산할 수도 있다. 다수의-오버행 시나리오에 대해, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)에서 상단 패키지(772)의 물체 모델과 후보 위치(801) 아래의 배치를 위해 계획된 물체의 모델 사이의 중첩에 기초하여 실질적인 지지(795)를 계산할 수도 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 예컨대, 지지 벽(725)으로부터 가장 먼 지지 물체에 대해, 후보 위치(801)에서 모델과 아래의 모델 사이의 가장 작은 중첩량으로서 실질적인 지지(795)를 계산할 수도 있다. 추가의 다른 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 결합된 물체 추정(732)과 아래의 하나 이상의 물체 사이의 중첩으로서 실질적인 지지(795)를 계산할 수도 있다.
- [0181] 또한, 로봇 시스템(100)은 하단 물체 모델의 주변 에지를 넘어 그리고 지지 벽(725)을 향하여 연장되는 상단 물체 모델의 이산화 단위(602)의 수를 세는 것에 기초하여 오버행 측정값을 계산할 수도 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 실질적인 지지(795)로부터 이격되는 상단 물체 모델의 부분(예를 들어, 이산화 단위(602)의 수)에 기초하여 오버행 측정값을 계산할 수도 있다.
- [0182] 블록(1136)에서, 로봇 시스템(100)은 후보 위치에서 상단 물체 모델에 대한 CoM 위치(782)를 추정할 수도 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 물체 모델에서 그리고/또는 마스터 데이터(252)로부터 사전 결정된 정보에 액세스하는 것에 기초하여 CoM 위치(782)를 추정할 수도 있다. 또한, 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 CoM 위치를 물체 모델의 중간부로서 추정할 수도 있다.
- [0183] 로봇 시스템(100)은 CoM 위치(782)와 아래의 물체 사이의 관계를 더 도출할 수도 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 지지 패키지(774)의 주변 에지에 대한 상단 패키지(772)의 CoM 위치(482)를 결정할 수 있다.
- [0184] 다수의-오버행 시나리오에 대해, 로봇 시스템(100)은 결합된 물체 추정(732)에 대한 도 7c의 결합된 기준 위치(734)를 도출할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 결합된 물체 추정(732)의 횡 방향 영역/치수에 걸친 적층된 물체의 세트에 대한 CoM 위치(782)를 결합하는 것에 기초하여 결합된 기준 위치(734)를 도출할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 횡 방향 영역/치수에 걸친 대응하는 CoM 위치(782) 및 물체의 중량에 따라 가중 평균 또는 중량 분포를 계산하는 것에 기초하여 CoM 위치(782)를 결합할 수도 있다.
- [0185] 블록(1138)에서, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)에 대한 피벗 위치(793)를 추정할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 적층 시나리오에 따라 피벗 위치(793)를 가장 높은 높이를 가진 지지 패키지(774)의 부분으로서 추정할 수도 있다. 지지 패키지(774)의 다수의 부분이 동일한 높이값 또는 3D 상태를 가질 때, 로봇 시스템(100)은 피벗 위치(793)를 지지 벽(725)과 가장 가까운 부분(들)으로서 추정할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 피벗 위치를 지지 패키지(774)의 주변 에지로서 추정할 수도 있다.
- [0186] 블록(1140)에서, 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)에 기초하여 시프트된 자세를 도출할 수도 있다. 예를 들어, 후보 위치(801)가 지지 벽(725)으로부터 이격된(즉, 직접적으로 접촉하지 않는) 상단 패키지(772)를 가질 때, 로봇 시스템(100)은 상단 물체 모델을 후보 위치(801)로부터 지지 벽(725)으로 시프트하는 것에 기초하여 시프트된 자세를 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 모델이 지지 벽(725)과 접촉할 때까지 상단 물체 모델을 횡 방향으로 시프트할 수 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 상단 물체 모델을 피벗 위치를 중심으로 회전시키는 것에 기초하여 시프트된 자세를 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 CoM 위치(782)가 지지 패키지(774)보다 위쪽에 있을 때 회전된 자세를 무시 또는 묵살할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 CoM 위치(782)가 지지 패키지(774)의 주변 에지와 지지 벽(725) 사이에 있을 때 회전된 자세를 유지할 수 있다. 시프트된 자세는 예컨대, 컨테이너의 수송 동안, 후보 위치(801)로부터 시프트되고/되거나 지지 벽(725)에 기대는 상단 패키지(772)를 나타낼 수 있다.
- [0187] 블록(1126)에서, 로봇 시스템(100)은 상단 패키지(772)를 후보 위치(801)에 배치하기 위한 도 9a의 진입로(901)를 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 상단 물체 모델과 그리퍼 모델의 조합을 도출하는 것에 기초하여 진입로(901)를 도출할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 도 5c의 맞춤형 인터페이스 높이(534)에 대해 조정하는 것에 기초하여 모델의 조합을 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 결합된 모델을 후보 위치(801)에 배치하는 것에 기초하여 진입로(901)를 도출할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 결합된 모델을 컨테이너 모델 및/또는 다른 물체 모델 위에 오버레이할 수 있다.
- [0188] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 도 9c의 횡 방향으로 연장되는 길(912)을 식별하는 것에 기초하여 진입

로(901)를 도출할 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 횡 방향 라인을 결합된 모델의 주변 에지/지점으로부터 로봇 장치의 계획된 위치를 향하여 연장시키는 것에 기초하여 횡 방향으로 연장되는 길(912)을 식별할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 사전 결정된 간격 거리에 따라 길(912)을 넓힐 수 있다.

[0189] 횡 방향으로 연장되는 길(912)을 사용하여, 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 잠재적인 장애물을 식별할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 잠재적인 장애물을 도 9a의 이전의 물체(902)(예를 들어, 상단 패키지(772) 앞에 배치를 위해 계획된 물체) 및/또는 길(912)과 중첩되는 지지 벽(725)으로서 식별할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 평가된 높이에서, 횡 방향으로 연장되는 길(912)이 하나 이상의 잠재적인 장애물과 중첩하는 지를 결정할 수 있다.

[0190] 실례가 되는 실시예로서, 로봇 시스템(100)은 블록(1142)에 도시된 바와 같이 상이한 높이에서 길(912)을 점진적으로 식별함으로써 진입로(901)를 도출할 수 있고 블록(1144)에 도시된 바와 같이 길에 대한 잠재적인 장애물을 반복적으로 식별할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 길(912)이 적어도 하나의 잠재적인 장애물과 중첩할 때 접근 증분(903)에 따라 횡 방향으로 연장되는 길(912)의 높이를 반복적으로 증가시킬 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 모든 잠재적인 장애물이 횡 방향으로 연장되는 길(912)에서 제거되는 높이를 식별할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 식별된 높이에 기초하여 도 9a의 경로 부분(904) 및/또는 도 9a의 최종 부분(906)을 도출할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 상단 패키지(772)의 이송을 시뮬레이션하기 위해 진입로를 반대로(예를 들어, 후보 위치(801)로부터 시작해서 시작 지점으로) 도출할 수 있다. 횡 방향으로 연장되는 길(912)은 후보 위치(801)로의 횡 방향 이동 동안 엔드-이펙터(304) 및 상단 패키지(772)에 의해 점유되는 공간에 대응할 수 있다.

[0191] 블록(1128)에서, 로봇 시스템(100)은 물체 배치를 위한 후보 위치(801)를 확인할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 패키징 계획(700)에 대한 배치 위치를 도출할 때 후보 위치(801)를 확인할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 대응하는 규칙/문턱값에 따라 추정된 속성을 평가하는 것에 기초하여 후보 위치(801)를 확인할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 지지 벽과 직접적으로 인접하거나 또는 지지 벽과 접촉하는(예를 들어, 후보 위치(801)에서 물체 모델의 하나 이상의 주변 경계가 컨테이너/벽의 하나 이상의 경계와 중첩함) 후보 위치(801)를 식별할 수 있다. 식별된 후보 위치(801)에 대해, 로봇 시스템(100)은 대응하는 규칙에 따라 확인할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 추정된 속성이 수직으로-지향된 컨테이너 부분에 대한 사전 결정된 관계에 따라 물체를 배치하기 위한 하나 이상의 필요조건을 나타내는, 도 7c의 벽-지지 규칙(794) 및/또는 다른 연관된 규칙(예를 들어, 도 7c의 기울어짐-지지 규칙(796) 및/또는 도 7c의 다수의 오버행 규칙(798))을 충족할 때 후보 위치(801)를 확인할 수 있다.

[0192] 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 실질적인 지지(795)(예를 들어, 중첩된 화소의 수)가 컨테이너 벽과 직접적으로 인접하게 배치된 물체에 대한 도 7의 중첩 필요조건(778)을 충족하고/하거나 컨테이너 벽과 접촉하게 배치된 물체에 대한 벽-지지 규칙(794)을 충족한다고 결정하는 것에 기초하여 후보 위치(801)를 확인할 수 있다. 또한, 로봇 시스템(100)은 오버행 측정값이 컨테이너 벽과 직접적으로 인접하게 배치된 물체에 대한 도 7의 오버행 필요조건(780)을 충족하고/하거나 컨테이너 벽과 접촉하게 배치된 물체에 대한 벽-지지 규칙(794)을 충족한다고 결정하는 것에 기초하여 후보 위치(801)를 확인할 수 있다. 게다가, 로봇 시스템(100)은 CoM 위치(782)가 CoM 오프셋 필요조건(784)을 충족하는 것, 예컨대, CoM 위치(782)가 지지 패키지(들)(774)에 대한 모델의 주변 에지 내에, 이러한 주변 에지로부터 문턱값 거리 내에 그리고/또는 하나 이상의 지지 패키지(들)(774)의 CoM 위치로부터 문턱값 거리 내에 있을 때(예를 들어, 지지 패키지가 다른 하부 물체 위에 적층되도록 계획될 때)를 결정하는 것에 기초하여 후보 위치(801)를 확인할 수 있다. 컨테이너 벽과 직접적으로 인접하게 배치된 물체의 후보 위치(801)를 확인하기 위해, 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 시프트된 자세(예를 들어, 도 7의 경사각(797))가 기울어짐-지지 규칙(796)을 충족할 때 후보 위치(801)를 부가적으로 또는 대안적으로 확인할 수도 있다.

[0193] 일부 실시형태에서, 위에서 논의되는 바와 같이(예를 들어, 블록(1132)에 대해), 로봇 시스템(100)은 후보 위치(801)와 연관되거나 또는 후보 위치에 의해 유발되는 다수의 오버행 조건을 식별할 수 있다. 다수의 오버행 조건과 연관된 후보 위치(801)를 확인하기 위해, 로봇 시스템(100)은 다수의 오버행 규칙(798)에 따라 후보 위치(801)(예를 들어, 최하단, 가장-오프셋된 그리고/또는 아래의 다른 자격 부여된 지지 물체에 대한 연관된 실질적인 지지(795))를 평가할 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 로봇 시스템(100)은 수평 오프셋 규칙(776), 벽-지지 규칙(794), 및/또는 위에서 설명된 하나 이상의 다른 규칙에 따라 결합된 물체 추정(732)을 평가하는 것에 기초하여 확인할 수도 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 계산된 속성이 대응하는 규칙 및 필

요조건을 충족할 때 다수의 오버행 조건과 연관된 후보 위치(801)를 확인할 수 있다.

[0194] 로봇 시스템(100)은 또한 대응하는 진입로(901)에 기초하여 후보 위치(801)를 확인할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 위에서 설명된 바와 같이 미차단되는 진입로(901)에 대응하는 후보 위치(801)를 확인할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)이 실패 때 후보 위치(801)를 자격 박탈하여 모든 잠재적인 장애물(910)이 없는 후보 위치(801)로부터/로의 진입로(901)를 성공적으로 도출할 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 진입로(901)에 대해 도출/확인할 때 임의의 그림-관련 조정과 함께(예를 들어, 맞물린 인터페이스 높이(534)와 연장된 인터페이스 높이(532) 간의 차를 처리함으로써) 그리퍼 모델과 대응하는 물체 모델의 조합을 활용할 수 있다.

[0195] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 타깃 물체(112)에 대한 잠재적인 배치 위치의 세트를 반복적으로 분석할 수도 있다. 결과적으로, 로봇 시스템(100)은 동일한 타깃 물체(112)에 대한 다수의 확인된 위치를 생성할 수도 있다. 이러한 시나리오에 대해, 로봇 시스템(100)은 하나의 확인된 위치를 물체에 대한 배치 위치로서 선택하도록 구성될 수도 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 확인 과정 동안 대응하는 위치에 대한 배치 스코어를 계산할 수도 있고 가장 높은 스코어를 가진 위치를 선택할 수도 있다. 실례가 되는 실시예로서, 로봇 시스템(100)은 더 큰 실질적인 지지(795)에 대응하는 위치에 대한 더 높은 배치 스코어를 계산할 수도 있다. 또한, 실례가 되는 실시예로서, 로봇 시스템(100)은 더 짧은 진입로와 연관된 위치에 대한 더 높은 배치 스코어를 계산할 수도 있다.

[0196] 추가의 실례가 되는 실시예로서, 배치된 패키지가 하나 이상의 이전에 처리된 패키지 상에/위에 적층될 때, 로봇 시스템(100)은 위에서 설명된, 중첩 필요조건(778), 오버행 필요조건(780), 수직 오프셋 규칙(790), CoM 오프셋 필요조건(784), 또는 이들의 조합을 위반하는 배치 조합(744) 중 임의의 배치 조합을 제거할 수 있다. 하나 이상의 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은, 예컨대, 중첩된 패키지에서 지지 중량을 추정하고 이를 대응하는 취약도 순위를 비교함으로써, 처리된 패키지하의 하나 이상의 패키지의 취약도 순위를 위반하는 배치 조합(744) 중 임의의 배치 조합을 제거할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 나머지 조합에 기초하여 배치 위치를 선택할 수도 있다.

[0197] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 방법(1100) 또는 방법의 일부를 오프라인에서, 예컨대, 주문서 및 배송 화물 목록이 수신될 때 그리고 타깃된 물체의 세트가 실시간 처리/배치를 위해 입수 가능하게 되기 전에 구현할 수도 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 로봇 시스템(100)은 방법(1100) 또는 방법의 일부를 실시간으로 구현할 수도 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 컨테이너가 도 10의 예상되지 않은 특징부(1002) 중 하나 이상의 예상되지 않은 특징부를 가질 때 패키징 계획을 재도출하도록 방법(1100)의 일부를 구현할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 과업 위치(116)에서 컨테이너를 나타내는 이미지 데이터(예를 들어, 도 10에 전부 예시되는, 평면도 이미지(1052) 및/또는 측면도 이미지(1054)에 대응하는 센서 출력(1000))를 획득할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 예컨대, 획득된 이미지 데이터에 도시된 예지를 검출하고 분석하는 것에 기초하여, 예상되지 않은 특징부(1002)의 존재를 검출하거나 또는 결정하도록 획득된 이미지 데이터를 분석할 수 있다. 아래에서 상세히 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 예상되지 않은 특징부(1002)에 대해 기존의 패키징 계획(700)을 평가할 수도 있고 기존의 패키징 계획(700)을 조정/확인할 수도 있다.

[0198] 기존의 패키징 계획(700)에 대한 조정이 이용 가능하지 않거나 또는 확인될 수 없을 때, 로봇 시스템(100)은 방법(1100)의 일부를 구현할 수도 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 기존의 패키징 계획(700)과 연관된 물체에 대한 패키지 집단(블록(1106) 및/또는 처리 순서(블록(1108))를 재결정할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 패키지 집단의 이전에 결정된 인스턴스 및/또는 처리 순서에 액세스할 수도 있다. 결과적으로 발생된 정보를 사용하여, 로봇 시스템(100)은 컨테이너 모델(들) 대신에 획득된 이미지(들)를 사용하여 새로운 2D 계획을 재도출할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 예상되지 않은 특징부(1002)를 차지할 수 있고 기존의 패키징 계획(700)을 대체하는 패키징 계획의 새로운 인스턴스를 도출할 수 있다.

[0199] 블록(1116)에서, 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742)를 컨테이너(들)에 배치하기 위한 패키징 계획(700)(실시간 처리 또는 오프라인 처리로부터 발생됨)을 구현할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 패키징 계획(700)에 따라 하나 이상의 이동 계획, 작동기 명령/설정, 또는 이들의 조합을 대응하는 디바이스/장치(예를 들어, 도 1의 이송 장치(104), 도 2의 구동 디바이스(212), 도 2의 센서(216) 등)로 전달하는 것에 기초하여 패키징 계획(700)을 구현할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742)를 소스 위치로부터 목적지 컨테이너로 이송하도록 디바이스/장치에서 전달된 정보를 실행시키는 것에 기초하여 패키징 계획(700)을 더 구현할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 패키징 계획(700) 내 대응하는 3D 배치 위치에 따라 입수 가능한 패키지(742)를 배치

할 수 있다.

- [0200] 도 12는 본 기술의 하나 이상의 실시형태에 따른, 도 1의 로봇 시스템(100)을 작동시키는 제2 예시적인 방법(1200)에 대한 흐름도이다. 일부 실시형태에서, 방법(1200)은 도 11의 블록(1116)에 대응하는 과정의 서브루틴으로서 구현될 수 있다. 예를 들어, 도 7b의 입수 가능한 패키지(742)를 컨테이너에 배치하기 위한 실시간 작동 동안 또는 초반에, 로봇 시스템(100)은 블록(1201)에서 예시된 바와 같이 하나 이상의 사전 계산된 패킹 계획(예를 들어, 도 7a의 패킹 계획(700))을 획득할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 실시간 패킹 작동을 (예를 들어, 오프라인 계산을 통해) 개시시키기 전에 도출된 패킹 계획(700)을 획득할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)을 저장 디바이스(예를 들어, 도 2의 저장 디바이스(204) 및/또는 또 다른 컴퓨터 판독 가능 매체)에 저장할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 저장 디바이스로부터의 판독에 의해 기존의 패킹 계획(700)을 획득할 수 있거나 기존의 패킹 계획에 액세스할 수 있다.
- [0201] 블록(1202)에서, 로봇 시스템(100)은 블록(1202)에 예시된 바와 같이 컨테이너를 도시하는 하나 이상의 이미지(예를 들어, 도 11에 예시된 평면도 이미지(1052) 및/또는 측면도 이미지(1054) 둘 다)를 획득할 수도 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 이미지를 도 1의 과업 위치(116)와 연관된 센서(216)(예를 들어, 도 3에 예시된 상단-뷰 센서(310) 및/또는 측면-뷰 센서(312)) 중 하나 이상의 센서를 통해 실시간으로 획득할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742) 또는 입수 가능한 패키지의 하위세트를 수용하도록 지정된 컨테이너(예를 들어, 도 4a 내지 도 4d에 예시된 카트(410) 또는 케이지(420))의 하나 이상의 실시간 이미지를 획득할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 입수 가능한 패키지(742)를 과업 위치(116)에 위치된 컨테이너에 배치하기 위한 실시간 작동 동안 또는 초반에 하나 이상의 이미지를 획득할 수도 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 임의의 물체가 컨테이너에 배치되기 전 또는 하나 이상의 물체를 배치한 후 컨테이너를 도시하는 이미지를 획득할 수도 있다.
- [0202] 결정 블록(1204)에서, 로봇 시스템(100)은 컨테이너의 하나 이상의 물리적 속성이 실시간 이미지(들)에 기초하여 예상되는 바와 같은지를 결정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 도시된 컨테이너의 하나 이상의 물리적 속성을 식별하도록 획득된 실시간 이미지 데이터를 분석할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 이미지 데이터에 도시된 2D 및/또는 3D 에지를 검출하도록 에지 검출 메커니즘(예를 들어, 소벨 필터)을 구현할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 2개 이상의 에지 부분을 연결시키는 코너 및/또는 이음부를 더 식별할 수 있다. 에지 및 코너/이음부에 기초하여, 로봇 시스템(100)은 컨테이너 및/또는 컨테이너의 부분과 같은, 구조체에 대응하는 것으로서 에지에 의해 경계가 생긴 구역을 식별할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 과업 위치(116)에서 지정된 컨테이너 자세(예를 들어, 위치 및/또는 방향), 컨테이너의 예상된 크기, 컨테이너의 예상된 치수, 허용 오차 측정값의 세트 및/또는 컨테이너의 다른 알려진 또는 예상된 물리적 특성에 대응하는 사전 결정된 문턱값 및/또는 템플릿에 기초하여 컨테이너 및/또는 컨테이너의 부분에 대한 추정을 더 검증할 수 있다.
- [0203] 이미지 데이터에 도시된 컨테이너를 추정하거나 또는 인지할 때, 로봇 시스템(100)은 컨테이너의 하나 이상의 물리적 속성이 예상되는 바와 같은지를 결정할 수도 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 컨테이너 벽(예를 들어, 측벽 및/또는 뒷벽)의 위치, 형상 및/또는 방향이 예상되는 바와 같은지를 결정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 추정된 컨테이너 또는 컨테이너의 부분을 템플릿과 비교하는 것에 기초하여 컨테이너의 상태를 결정할 수도 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 로봇 시스템(100)은 컨테이너 및/또는 컨테이너의 부분에 대한 추정과 연관된 신뢰 스코어를 계산할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 물리적 속성(예를 들어, 하나 이상의 컨테이너 벽의 상태)이 대응하는 부분이 템플릿에 의해 확정된 문턱값 범위 내에 있을 때 그리고/또는 대응하는 신뢰 스코어가 예상 문턱값을 충족할 때 예상되는 바와 같은지를 검출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 대응하는 부분이 템플릿에 의해 확정된 문턱값 범위를 넘을 때 그리고/또는 대응하는 신뢰 스코어가 예상 문턱값을 충족하는 것에 실패할 때 예상되지 않은 상태(예를 들어, 컨테이너 또는 컨테이너의 하나 이상의 지지 벽과 연관된 오류 상태)를 검출할 수 있다. 예상되지 않은 상태의 검출은 도 10의 예상되지 않은 특징부(1002)의 검출을 나타낼 수 있다.
- [0204] 블록(1206)에서, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획의 현재/활성 인스턴스를 구현할 수 있다. 예를 들어, 과업 위치(116)에서의 컨테이너가 예상된 상태에 대응할 때, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)의 기존의 인스턴스(즉, 초기/오프라인 계산 후 미조정됨)를 구현할 수 있다. 또한, 아래에서 상세히 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획의 조정된 인스턴스를 구현할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)에 따라 로봇 장치를 (예를 들어, 명령/설정을 로봇 장치로 전송하는 것 그리고 로봇 장치에서 명령/설정을 실행시키는 것을 통해) 제어하는 것에 기초하여 패킹 계획을 구현할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)에 따

라 입수 가능한 패키지(742)를 컨테이너 내 대응하는 배치 위치에 배치할 수 있다.

- [0205] 과업 위치(116)에서 컨테이너가 예상되지 않은 상태에 대응할 때, 블록(1208)에 예시된 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 실제 컨테이너 모델을 동적으로 생성할 수도 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 실제 컨테이너의 실시간 상태(예를 들어, 예상되지 않은 특징부(1002))를 차지하는 컨테이너 모델을 동적으로 생성할 수 있다. 후속의 처리/분석을 위해, 로봇 시스템(100)은 컨테이너의 예상된 상태를 나타내는 컨테이너 모델(예를 들어, 도 6의 컨테이너 풋프린트 모델(622) 및/또는 도 6의 컨테이너 프로파일 모델(624)) 대신에 실제 컨테이너 모델을 사용할 수 있다.
- [0206] 로봇 시스템(100)은 실시간 이미지 데이터에 기초하여 실제 컨테이너 모델을 동적으로 생성할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 도 6의 이산화 단위(602)에 따라 평면도 이미지(1052) 및/또는 측면도 이미지(1054)를 분할하는 것에 기초하여 실제 컨테이너 모델을 동적으로 생성할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 실시간 이미지에서 검출된 컨테이너에 대한 도 6의 기준 위치(604)(예를 들어, 중심부 및/또는 사전 결정된 코너)를 식별하거나 또는 추정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 추정된 기준 위치(604)(예를 들어, 기준 위치와 일치하는 예지)에 대해 사전 결정된 관계를 갖는 하나 이상의 검출된 예지가 시스템 및 대응하는 공간에 대한 사전 결정된 기준 방향/축과 정렬되도록 이미지를 정렬하거나 또는 방향 변경할 수 있다. 기준 위치 및 축 정렬에 기초하여, 로봇 시스템(100)이 이산화 단위(602)의 치수에 기초하여 분할을 식별할 수 있어서, 실시간 이미지(들)를 화소 처리한다.
- [0207] 블록(1210)에서, 로봇 시스템(100)은 과업 위치(116)에서 컨테이너 내 실제 패킹 영역/공간을 계산할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 추정된 컨테이너 벽 사이의 배치 구역을 추정할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 벽의 하나 이상의 사전 결정된 물리적 특성(예를 들어, 크기, 위치, 방향, 형상, 컬러 등)에 기초하여 이미지 데이터 내 부분을 컨테이너 벽으로서 식별하거나 또는 추정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 벽 사이의 이미지 데이터 내 부분을 실제 컨테이너의 배치 구역으로서 식별할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 배치 구역을 시스템 축 중 하나 이상의 시스템 축과 정렬되고 컨테이너의 중심부와 가장 가까운 컨테이너 벽/컨테이너 기저부의 예지와 일치하는 직사각형 형상의 영역으로서 식별할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 배치 구역을 컨테이너 벽 사이의 영역/공간에 대한 축 정렬식 바운딩 박스의 인스턴스로서 식별할 수 있다.
- [0208] 로봇 시스템(100)은 실제 패킹 영역/공간을 계산하도록 배치 구역을 더 분석할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 배치 구역에 대한 치수의 세트 및/또는 크기를 계산할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 이산화 단위(602)에 기초하여 치수의 세트 및/또는 크기를 계산할 수도 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 실제 패킹 영역/공간을 시스템 축을 따른 배치 구역 및/또는 길이 내 이산화 단위(602)의 총 수량(예를 들어, 이산화 단위(602)의 수)으로서 나타낼 수도 있다. 크기/치수를 계산할 때, 로봇 시스템(100)은 배치 구역을 넘어 연장되는 이산화 단위(602)(즉, 컨테이너 벽 또는 컨테이너 기저부의 외부의 영역과 중첩하거나 또는 이들을 부분적으로 포함하는 이산화 단위(602))를 반내림할 수 있거나 또는 무시할 수 있다.
- [0209] 결정 블록(1212)에서, 로봇 시스템(100)은 계산된 영역/공간이 패킹 영역/공간에 대한 하나 이상의 최소 문턱값 필요조건 초과인지를 결정할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 배치 구역의 크기/치수를 모든 컨테이너에 일반적으로 적용 가능한 최소 문턱값과 비교할 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 로봇 시스템(100)은 이 크기를 기존의 패킹 계획(700)의 크기와 비교할 수 있다.
- [0210] 이용 가능한 배치 영역/공간이 비교된 문턱값(들)을 충족하는데 실패할 때, 블록(1214)에 예시된 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 과업 위치(116)에서 컨테이너를 재배치하거나 또는 교체할 수 있다. 예를 들어, 과업 위치(116)에서 컨테이너의 계산된 배치 영역/공간이 최소 문턱값을 초과하지 않을 때, 로봇 시스템(100)은 (1) 과업 위치(116)에서 컨테이너를 제거하고/하거나 (2) 새로운/상이한 컨테이너를 과업 위치(116)에 배치하도록 수송 장치/로봇 및/또는 대응하는 시스템과 통신할 수 있다. 새로운 컨테이너가 과업 위치(116)에 배치될 때, 로봇 시스템(100)은 블록(1202)에서 예시되고 위에서 설명된 바와 같이 컨테이너 이미지를 획득할 수 있다.
- [0211] 이용 가능한 배치 영역/공간이 최소 문턱값을 충족할 때, 블록(1216)에서와 같이, 로봇 시스템(100)은 팩 윤곽을 계산할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 기존의 패킹 계획(700)에 기초하여 AABB(730)를 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 AABB(730)를 배치를 위해 계획된 물체의 세트의 하나 이상의 물리적 속성의 표현으로서 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 AABB(730)를 지정된 평면 형상(예를 들어, 직사각형)에 따라 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 지정된 평면 형상을 패킹 계획(700)의 주변 지점(예를 들어, 최외측 부분 중 하나의 최외측 부분) 및 시스템 축에 대해 정렬할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)의 다른 주변 지점과 일치하도록 지정된 평면 형상의 다른/미정렬된 예지를 후속하여 연장/이동시킬 수 있다. 일부 실시형태에서, 예를

들어, 로봇 시스템(100)은 시스템 축을 따라 패킹 계획(700)의 전체 치수를 나타내는 직사각형을 계산할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 기존의 패킹 계획(700)의 최외측 지점과 일치하는 AABB(730)를 계산할 수 있다.

[0212] 블록(1218)에서, 로봇 시스템(100)은 후보 팩 배치 위치를 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 컨테이너 내 기존의 패킹 계획의 배치를 조정하기 위한 후보 팩 위치를 도출할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 후보 팩 위치를 실제 컨테이너 모델(예를 들어, 컨테이너의 배치 영역)의 코너로서 도출할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 AABB(730)의 코너가 실제 컨테이너 모델의 코너와 정렬되도록 후보 팩 위치를 도출할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 사전 결정된 패턴/시퀀스에 따라 코너를 선택할 수 있다. 선택된 코너에 기초하여, 로봇 시스템(100)은 AABB(730) 및 실제 컨테이너 모델의 대응하는 코너가 정렬되거나 또는 일치하도록 실제 컨테이너 모델의 기준점 및/또는 AABB(730)에 대한 좌표/오프셋을 계산할 수 있다.

[0213] 따라서, 로봇 시스템(100)은 대응하는 코너가 정렬되도록 후보 팩 위치에 따라 AABB(730)를 실제 컨테이너 모델 상에 오버레이할 수 있다. 결정 블록(1220)에서, 로봇 시스템(100)은 후보 팩 배치 위치에서 오버레이된 팩 윤곽이 이용 가능한 배치 영역/공간 내에 피팅되는지를 결정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 AABB(730)가 실제 컨테이너 모델의 적어도 하나의 주변 에지와 중첩하고/하거나 적어도 하나의 주변 에지를 넘어 연장되는지에 따라 피팅 상태를 결정할 수 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 AABB(730)의 치수(예를 들어, 시스템 축을 따른 이산화 단위(602)의 수)를 계산하고 계산된 치수를 배치 구역의 치수와 비교하는 것에 기초하여 피팅 상태를 결정할 수 있다.

[0214] 후보 팩 배치 위치에서 팩 윤곽이 이용 가능한 배치 영역/공간 내에 피팅되지 않을 때, 결정 블록(1222)에서 예시된 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 종료 상태에 도달했는지를 결정할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 모든 가능한 후보 팩 배치 위치(예를 들어, 실제 컨테이너 모델과 연관된 모든 코너 및/또는 다른 이용 가능한 위치)가 분석/처리되었는지를 결정할 수 있다. 로봇 시스템(100)이 종료 상태에 도달하지 못했다고 결정할 때, 블록(1218)에서 로봇 시스템(100)은 또 다른 후보 팩 배치 위치를 도출할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 피팅 상태가 AABB(730)가 실제 컨테이너 모델 내에 피팅되거나 또는 종료 상태에 도달하는 것을 나타낼 때까지 잠재적인 후보 팩 배치 위치를 반복적으로 처리할 수 있고 분석할 수 있다.

[0215] 후보 팩 배치 위치에서 팩 윤곽이 이용 가능한 배치 영역/공간 내에 피팅될 때, 결정 블록(1224)에서 예시된 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 조정된 팩 배치를 분석할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 조정된 팩 배치(예를 들어, 피팅된 후보 팩 배치 위치에 따라 시프트된 패킹 계획(700))를 확인 과정의 일부로서 분석할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 하나 이상의 물체에 대한 하나 이상의 결과적으로 발생된 진입로 및/또는 지지 필요조건에 기초하여 조정된 팩 배치를 분석할 수 있다.

[0216] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 기존의 패킹 계획(700)이 컨테이너의 수직 벽(예를 들어, 도 7a의 지지 벽(725))에 의해 지지되도록 지정된 대응하는 물체를 배치하기 위한 하나 이상의 배치 위치를 포함하는지를 결정할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)의 초기 도출 동안 벽-지지된 위치를 나타낼 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 기존의 패킹 계획(700)이 사전 결정된 표시 및 패킹 계획(700)에 액세스하는 것에 기초하여 하나 이상의 벽-지지된 배치 위치를 포함하는지를 후속하여 결정할 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 로봇 시스템(100)은 기존의 패킹 계획(700)을 예상된 컨테이너 모델(예를 들어, 예상되지 않은 특징부(1002)를 차지하지 않은 컨테이너 풋프린트 모델(622) 및/또는 컨테이너 프로파일 모델(624)) 위에 오버레이할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 기존의 패킹 계획(700)의 일부가 예상된 컨테이너 모델의 컨테이너-벽 부분으로부터 사전 결정된 거리와 일치하거나 또는 사전 결정된 거리 내에 있을 때 기존의 패킹 계획(700)이 하나 이상의 벽-지지된 배치 위치를 포함한다고 결정할 수 있다.

[0217] 로봇 시스템(100)은 기존의 패킹 계획(700)에서 식별된 벽-지지된 배치 위치에 대한 업데이트된 배치 위치를 결정할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 기존의 패킹 계획(700)과 피팅된 후보 팩 배치 위치 사이의 차를 나타내는 병진 매개변수(예를 들어, 하나 이상의 시스템 축을 따른 선형 변위 및/또는 하나 이상의 시스템 축을 중심으로 한 회전)를 계산할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 업데이트된 배치 위치를 결정하도록 병진 매개변수를 식별된 벽-지지된 배치 위치에 적용할 수 있다. 아래에서 더 설명되는 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 확인 과정 동안 벽-지지에 대한 업데이트된 배치 위치를 분석할 수 있다.

[0218] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획(700)의 잠재적인 조정된 위치(들) 및/또는 패킹 계획 내 배치 위치에 대응하는 도 9a의 진입로(901)의 하나 이상의 업데이트된 인스턴스를 도출할 수 있다. 진입로(901)의 업데이트된 인스턴스는 기존의 패킹 계획(700)을 피팅된 후보 팩 위치로 시프트하는 것에 대응하는 조정된 위치에서의 대응하는 물체의 배치와 연관된 이동 계획을 나타낼 수 있다. 로봇 시스템(100)은 확인 분석을 위한 하

나 이상의 물체 배치 위치를 선택할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 확인 분석을 위해 기존의 패킹 계획(700)에 따라 먼저 배치된 물체의 배치 위치를 선택할 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 로봇 시스템(100)은 확인 분석을 위해 기존의 패킹 계획(700)에 대한 하나 이상의 주변 에지 또는 코너를 형성하는 하나 이상의 배치 위치를 선택할 수 있다. 선택된 배치 위치(들)에 대해, 로봇 시스템(100)은 위에서 설명된 바와 같이(예를 들어, 도 11의 블록(1126)에 대해) 대응하는 진입로를 도출할 수 있다.

[0219] 결정 블록(1226)에서, 로봇 시스템(100)은 조정된 팩 배치가 유효한지 아닌지를 결정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 피팅 상태에 기초하여 후보 팩 배치 위치를 확인할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 예비 확인/자격을 위해 피팅 상태를 사용할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 실제 컨테이너 모델 내에 피팅되는 AABB(730)를 발생시키는 임의의 후보 팩 배치 위치를 제거할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 예를 들어, 대응하는 업데이트된 진입로 및/또는 업데이트된 벽-지지 위치에 기초하여 피팅되는 후보 팩 배치 위치를 더 확인할 수 있다.

[0220] 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 수직으로-지향된 구조체로부터 지지를 분석하도록 구성된 하나 이상의 규칙(예를 들어, 도 7c에 예시된 벽-지지 규칙(794), 기울어짐-지지 규칙(796), 다수의 오버행 규칙(798), 및/또는 다른 규칙/필요조건)에 따라 업데이트된 벽-지지된 배치 위치를 확인하는 것에 기초하여 피팅된 후보 팩 위치를 확인할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 위에서 설명된 바와 같이(예를 들어, 도 11의 블록(1110) 및/또는 블록(1128)에 대해) 규칙에 따라 확인할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 업데이트된 벽-지지된 배치 위치 중 하나 이상 또는 전부가 하나 이상의 벽-지지 관련 규칙을 충족시킬 때 피팅된 후보 팩 위치를 확인할 수 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 로봇 시스템(100)은 업데이트된 진입로를 성공적으로 도출하는 것에 기초하여 피팅된 후보 팩 위치를 확인할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 도 9a의 잠재적인 장애물(910)이 제거되는 선택된 기준 위치(들)에 대한 진입로(901)의 업데이트된 인스턴스 중 하나 이상 또는 전부를 성공적으로 도출하는 것에 기초하여 피팅된 후보 팩 위치를 확인할 수 있다.

[0221] 로봇 시스템(100)이 후보 팩 배치 위치를 확인할 때, 블록(1228)에서 예시된 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 기존의 패킹 계획(700)을 조정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 확인된 후보 팩 배치 위치에 따라 기존의 패킹 계획(700)의 물체 배치 위치 및/또는 대응하는 진입로(901)(예를 들어, 이동 계획)를 조정할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 차 및 위에서 설명된 바와 같이 기존의 패킹 계획(700)과 피팅된 후보 팩 배치 위치 간의 차를 나타내는 대응하는 병진 매개변수를 계산할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 확인된 팩 배치 위치와 연관된 조정된/업데이트된 배치 위치를 도출하도록 병진 매개변수를 기존의 패킹 계획(700)의 물체 배치 위치에 적용할 수 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 후보 팩 배치 위치에 따라 기존의 패킹 계획(700) 및 대응하는 배치 위치를 시프트할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 초기 배치 위치를 조정/시프트하는 것에 기초하여, 예컨대, 위에서 설명된(예를 들어, 도 11의 블록(1110)에 대해) 배치 위치를 도출하도록 사용된 초기 과정을 반복하는 일 없이 업데이트된 배치 위치를 직접적으로 도출할 수 있다.

[0222] 대안적으로 또는 부가적으로, 로봇 시스템(100)은 기준 배치 위치에 대한 진입로(901)의 초기 인스턴스와 업데이트된 인스턴스 간의 차를 계산할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 진입로(901)의 초기 인스턴스를 조정하여 확인된 팩 배치 위치에 대응하는 진입로의 업데이트된 인스턴스를 생성하도록 필요한 차분 벡터 또는 매개변수를 계산할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 다른 물체 배치에 대한 나머지 진입로/이동 계획을 예컨대, 차분 벡터/매개변수를 이것에 적용함으로써, 조정할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 차분 벡터/매개변수에 기초하여, 예컨대, 패킹 계획(700)에 대한 진입로(901)를 도출하도록 사용되는 초기 과정을 반복하는 일 없이 직접적으로 업데이트된 진입로/이동 계획을 도출할 수 있다.

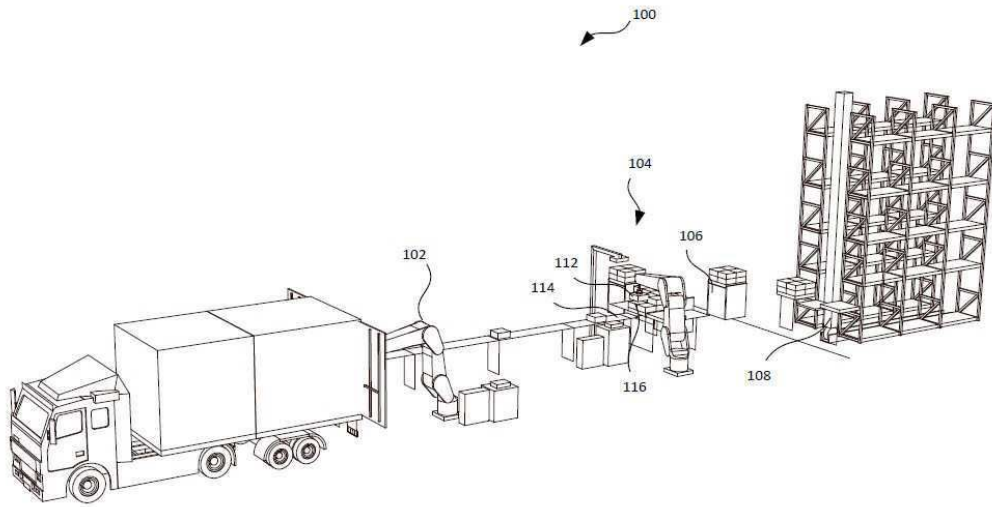
[0223] 로봇 시스템(100)은 조정된 패킹 계획을 구현할 수 있다. 예를 들어, 공정 흐름이 블록(1206)을 지나갈 수 있고 로봇 시스템(100)은 패킹 계획의 현재/활성 인스턴스, 예컨대, 패킹 계획(700)의 조정된 인스턴스를 구현할 수 있다. 따라서, 로봇 시스템(100)은 물체의 세트를 컨테이너에 배치하기 위한 조정된 패킹 계획을 구현할 수 있다.

[0224] 로봇 시스템(100)이 후보 팩 배치 위치를 확인하는데 실패할 때, 로봇 시스템(100)은 결정 블록(1222)에서 예시된 바와 같이, 종료 상태에 도달했는지를 결정할 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 로봇 시스템(100)은 다수의 후보 팩 배치 위치를 반복적으로 고려할 수도 있다. 종료 상태에 도달할 때, 예컨대, 이용 가능한/분석된 후보 팩 배치 위치 중 어느 것도 실제 패킹 영역/공간 내에 피팅되는 AABB(730)를 제공하지 않을 때, 로봇 시스템은 블록(1230)에서 예시된 바와 같이 해결책을 실행시킬 수도 있다. 일부 실시형태에서, 해결책을 실행시키는 것은 블록(1214)에 대해 위에서 설명된 바와 같이 컨테이너를 파업 위치(116)에 재배치하는 것을 포함할 수도 있다.

- [0225] 일부 실시형태에서, 해결책을 실행시키는 것은 동적 팩 계획 과정을 포함할 수도 있다. 즉, 로봇 시스템(100)은 기존의 패킹 계획을 재배치하기 위한 새로운 패킹 계획을 동적으로 재도출할 수도 있다. 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 예상되지 않은 특징부와 연관된 컨테이너에 대한 새로운 패킹 계획을 도출하도록 도 11의 방법(1100) 또는 방법의 일부를 구현할 수 있다. 동적 재도출을 위해, 로봇 시스템(100)은 블록(1232)에서 예시된 바와 같이 컨테이너 내 배치를 위해 처음에 지정된 물체의 세트 및 이러한 물체를 나타내는 모델을 식별할 수도 있다. 로봇 시스템(100)은 과업 위치(116)에서 실제 컨테이너 내에 배치되도록 처음에 의도된 물체의 고유 유형/범주를 식별할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 또한 식별된 고유 물체 유형/범주를 나타내는 물체 모델(예를 들어, 도 6에 예시된 물체 풋프린트 모델(612) 및/또는 물체 프로파일 모델(614))을 획득할 수도 있다.
- [0226] 블록(1234)에서, 로봇 시스템(100)은 물체 집단 및/또는 순서를 획득할 수도 있다. 일부 실시형태에서, 로봇 시스템(100)은 패킹 계획의 초기 도출 동안 계산되는 물체 집단 및/또는 순서를 저장할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 저장된 정보에 액세스함으로써 물체 집단 및/또는 순서를 획득할 수도 있다. 대안적으로, 또는 부가적으로, 로봇 시스템(100)은 위에서 설명된 바와 같이(예를 들어, 도 11의 블록(1106 및/또는 1108)에 대해) 집단/순서를 재처리할 수 있다.
- [0227] 로봇 시스템(100)은 도 11의 블록(1110)에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 2D 계획의 새로운 인스턴스를 도출하도록 결과적으로 발생된 정보를 처리할 수 있다. 도출을 위해, 로봇 시스템(100)은 예상되지 않은 특징부(1002)를 차지하지 않은 예상된 컨테이너 모델 대신에 실제 컨테이너 모델을 사용할 수 있다.
- [0228] 예를 들어, 로봇 시스템(100)은 식별된 물체의 세트를 배치하기 위한 후보 위치를 결정할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 결정된 후보 위치에 따라 물체 모델을 실제 컨테이너 모델 위에 오버레이할 수 있다. 로봇 시스템(100)은 오버레이된 모델을 분석할 수 있고 위에서 설명된 바와 같은 하나 이상의 배치 규칙에 기초하여 후보 위치를 확인할 수 있다.
- [0229] 결론
- [0230] 개시된 기술의 실시예의 위의 상세한 설명은 총망라하거나 또는 개시된 기술을 위에 개시된 정확한 형태로 제한하는 것으로 의도되지 않는다. 개시된 기술에 대한 특정한 실시예가 실례가 되는 목적을 위해 위에서 설명되지만, 다양한 등가의 변경이 관련 기술의 당업자가 인지할 바와 같이, 개시된 기술의 범위 내에서 가능하다. 예를 들어, 과정 또는 블록이 미리 결정된 순서로 제공되지만, 대안적인 구현예가 단계를 가진 루틴을 수행할 수도 있거나 또는 블록을 가진 시스템을 상이한 순서로 채용할 수도 있고, 일부 과정 또는 블록이 대안적인 조합 또는 하위 조합을 제공하도록 삭제, 이동, 추가, 하위분할, 결합 그리고/또는 변경될 수도 있다. 이 과정 또는 블록의 각각은 다양한 상이한 방식으로 구현될 수도 있다. 또한, 과정 또는 블록이 때로는 연속적으로 수행되는 것으로 도시되지만, 이 과정 또는 블록은 대신에 동시에 수행 또는 구현될 수도 있거나 또는 상이한 시간에 수행될 수도 있다. 게다가, 본 명세서에서 언급된 임의의 특정한 수는 단지 예이고; 대안적인 구현예는 상이한 값 또는 범위를 채용할 수도 있다.
- [0231] 이 변화 및 다른 변화는 위의 상세한 설명에 비추어 개시된 기술에 대해 이루어질 수 있다. 상세한 설명이 개시된 기술뿐만 아니라 고려되는 최상의 모드의 특정한 실시예를 설명하지만, 개시된 기술은 위의 설명이 본문에서 상세하게 나타날지라도, 많은 방식으로 실행될 수 있다. 시스템의 상세사항이 시스템의 특정한 구현예에서 상당히 변경될 수도 있지만, 여전히 본 명세서에 개시된 기술에 포함된다. 위에서 언급된 바와 같이, 개시된 기술의 특정한 특징 또는 양상을 설명할 때 사용되는 특정한 용어는 용어가 용어와 연관되는 개시된 기술의 임의의 특정한 특성, 특징, 또는 양상으로 제한되는 것으로 본 명세서에서 재정의되는 것을 암시하도록 취해져서는 안 된다. 따라서, 본 발명은 청구 범위에 의해서만을 제외하고 제한되지 않는다. 일반적으로, 다음의 청구항에서 사용되는 용어는 위의 상세한 설명 부분이 이러한 용어를 분명히 정의하지 않는 한, 개시된 기술을 본 명세서에 개시된 특정한 실시예로 제한하는 것으로 해석되지 않아야 한다.
- [0232] 본 발명의 특정한 양상이 특정한 청구항 형태로 아래에 제공되지만, 출원인은 본 발명의 다양한 양상을 임의의 수의 청구항 형태로 고려한다. 따라서, 출원인은 본 출원에서 또는 계속 출원에서, 이러한 추가의 청구항 형태를 추구하도록 본 출원을 출원한 후 추가의 청구항을 추구할 권리를 갖는다.

도면

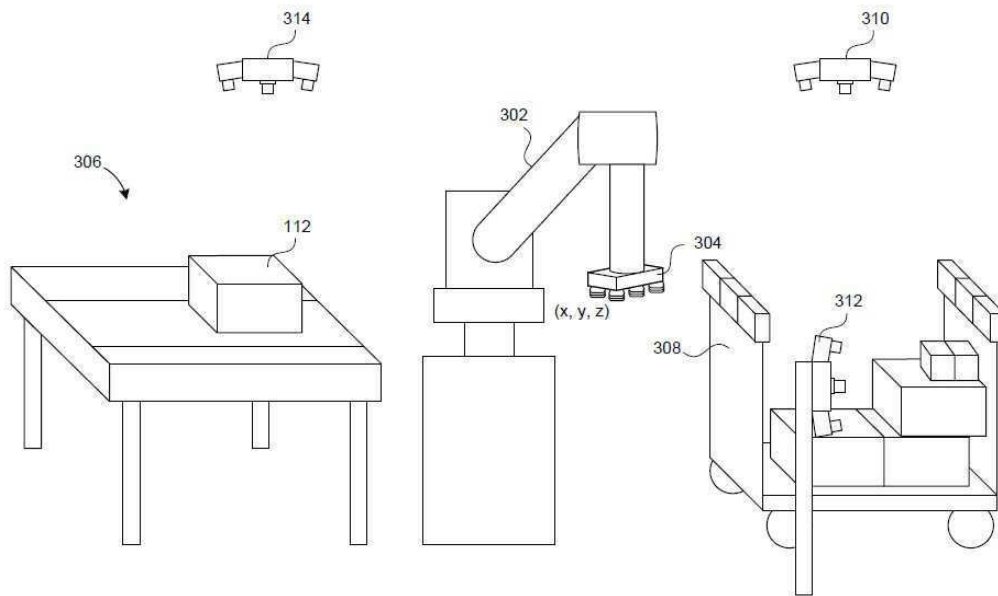
도면1



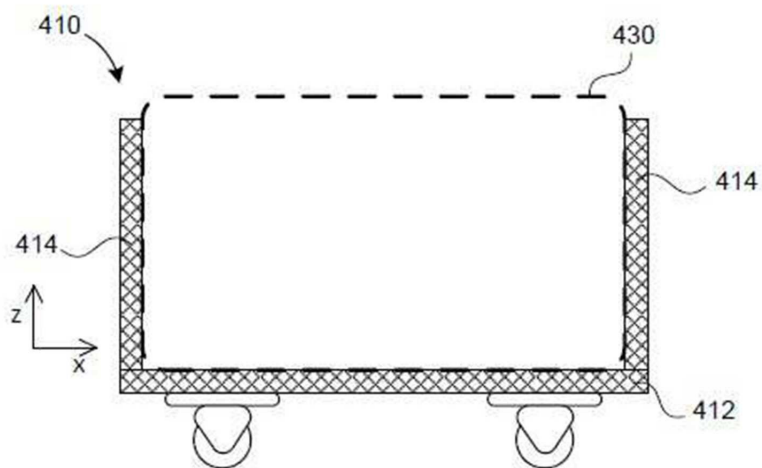
도면2



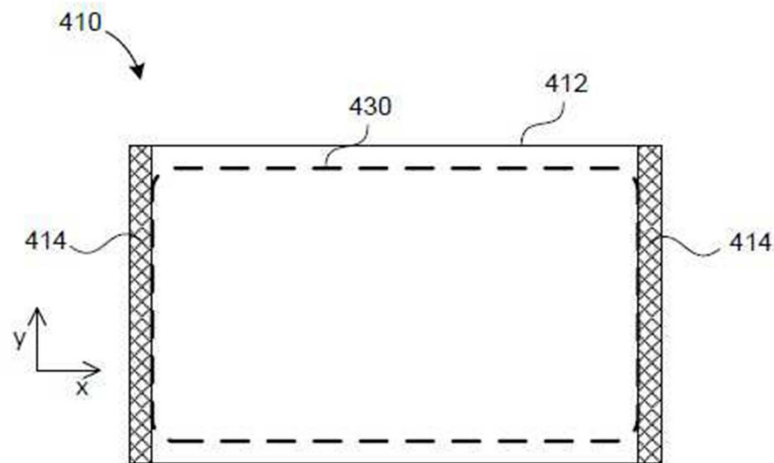
도면3



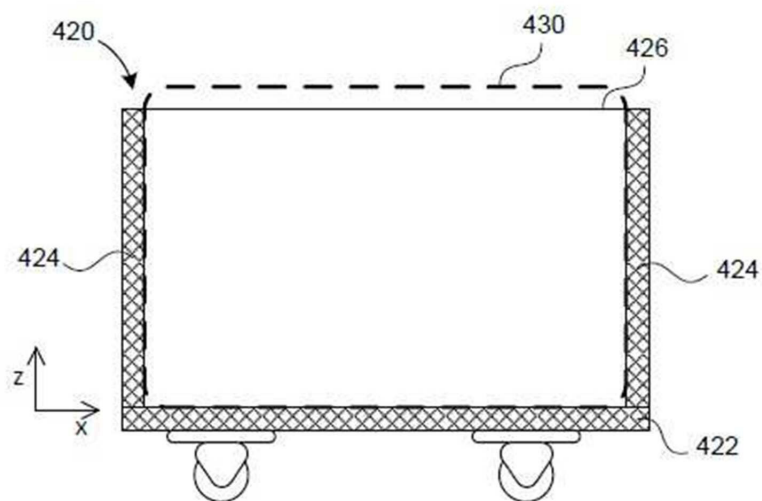
도면4a



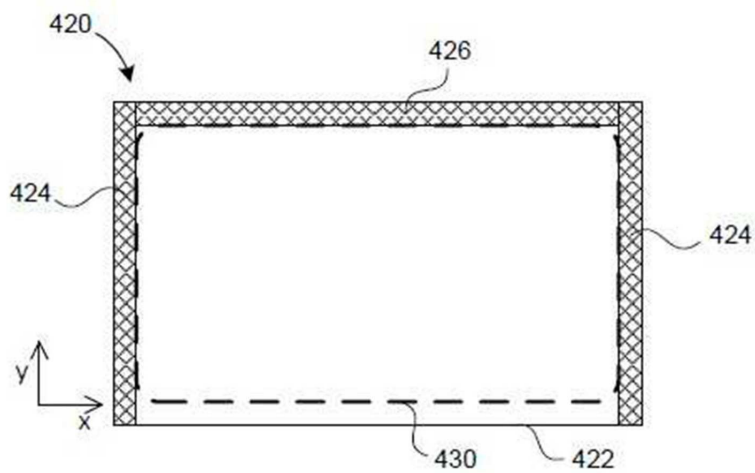
도면4b



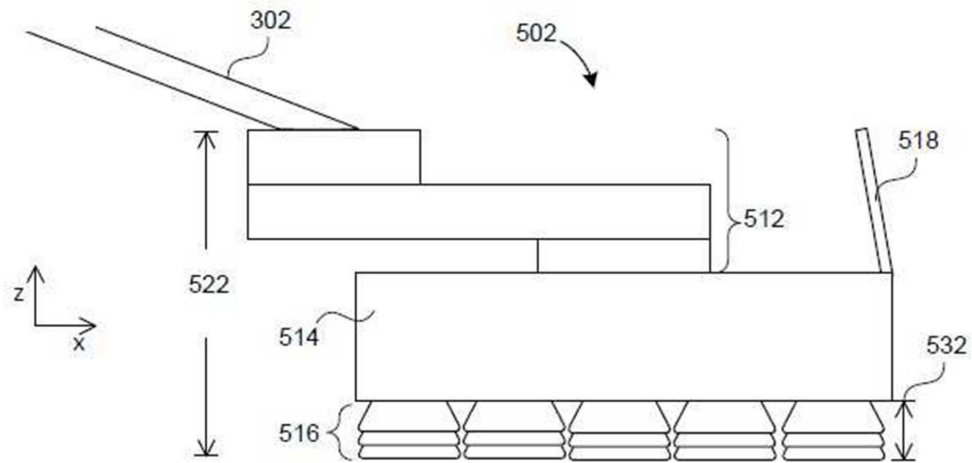
도면4c



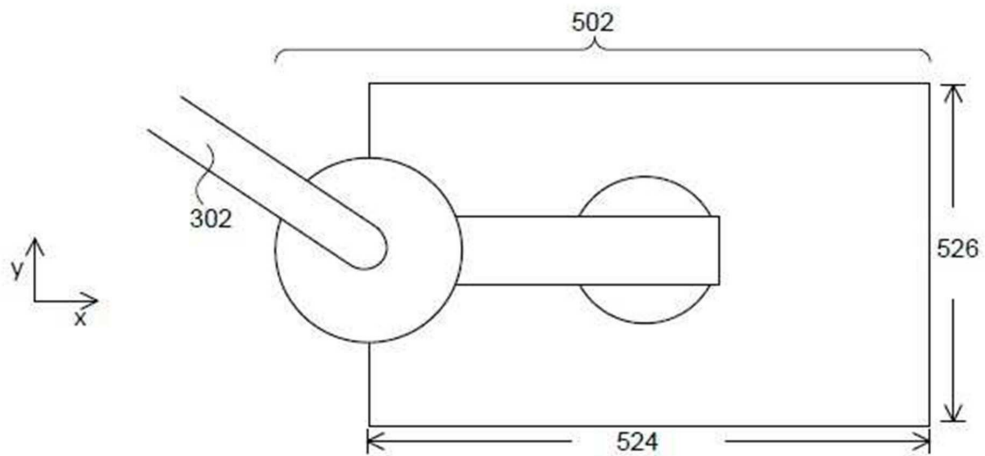
도면4d



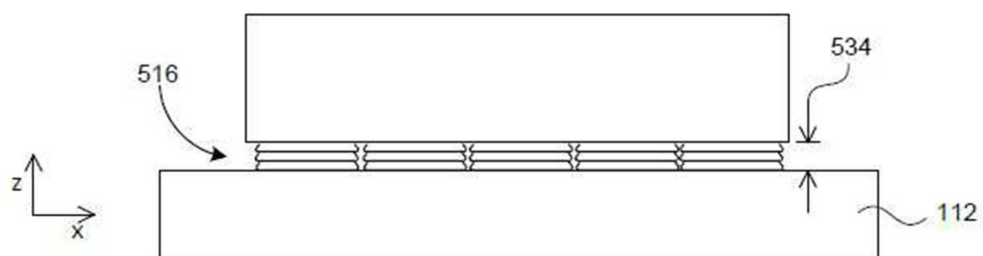
도면5a



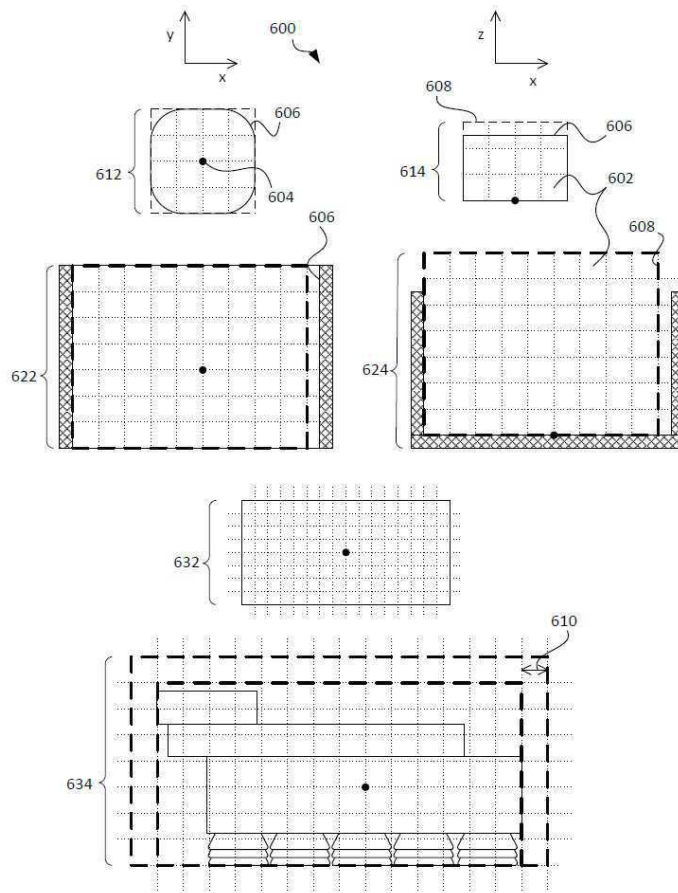
도면5b



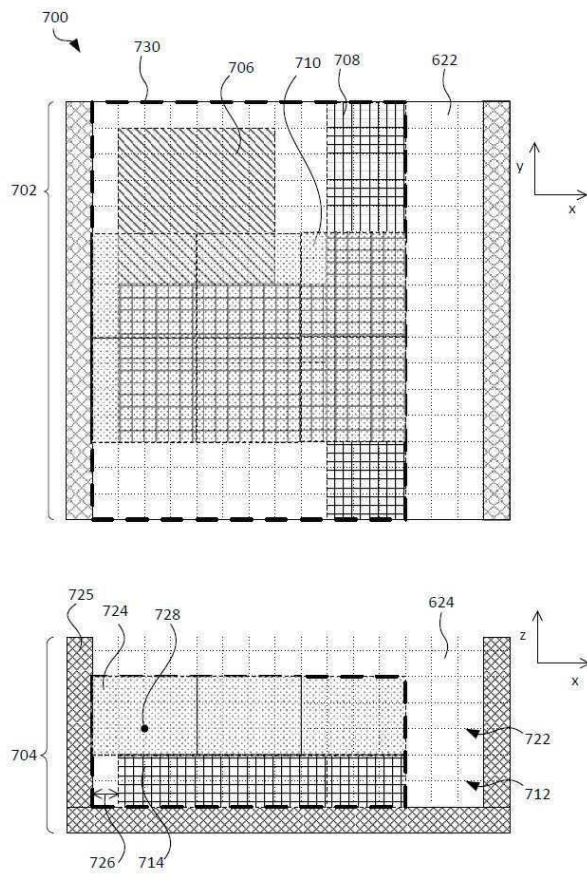
도면5c



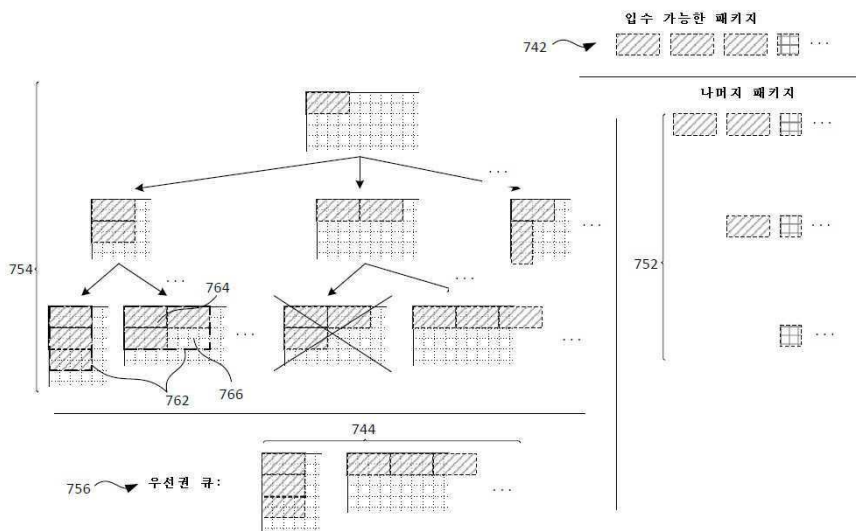
도면6



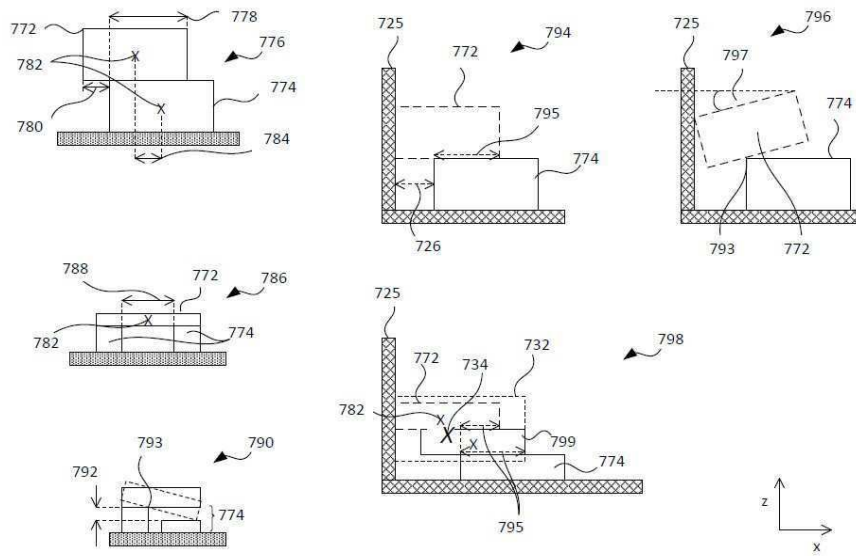
도면7a



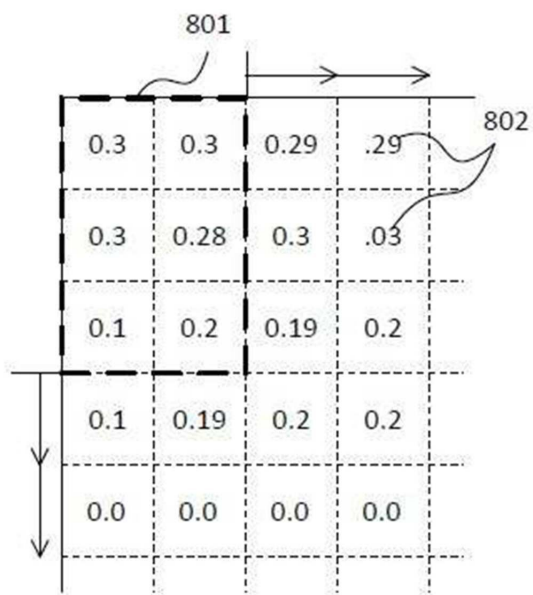
도면7b



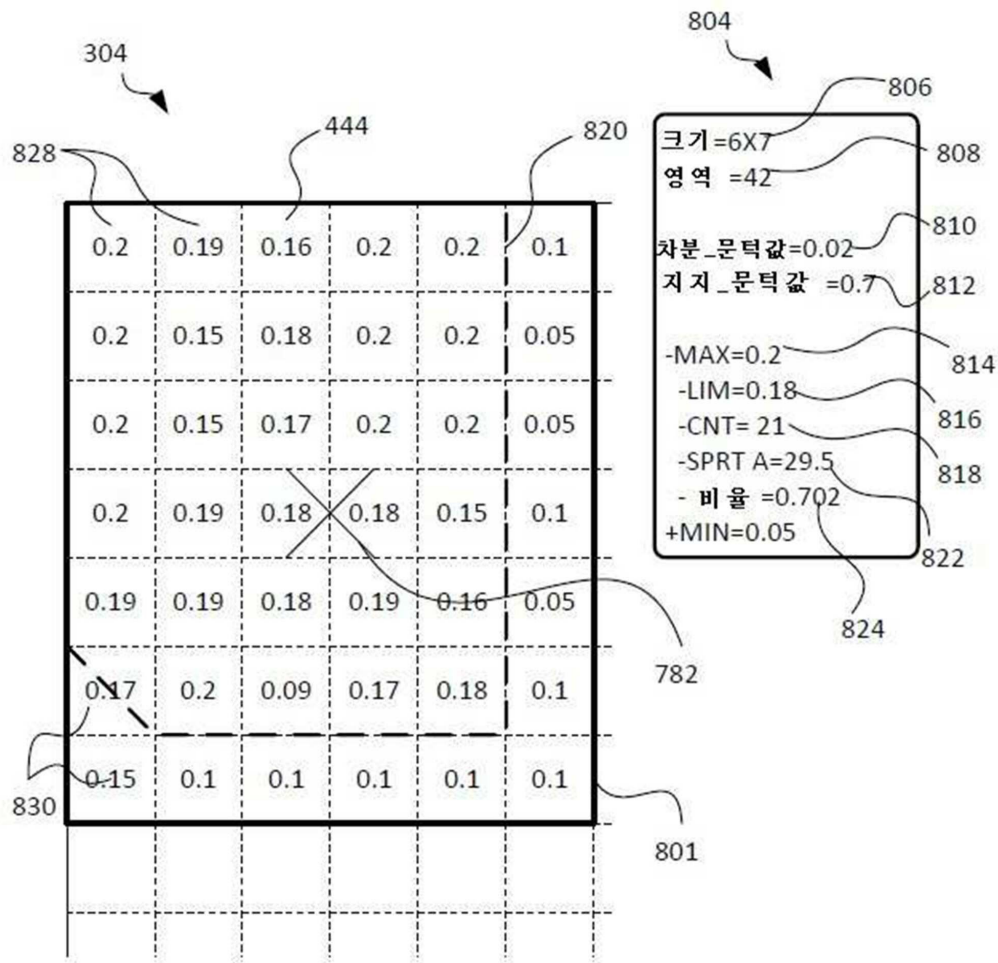
도면7c



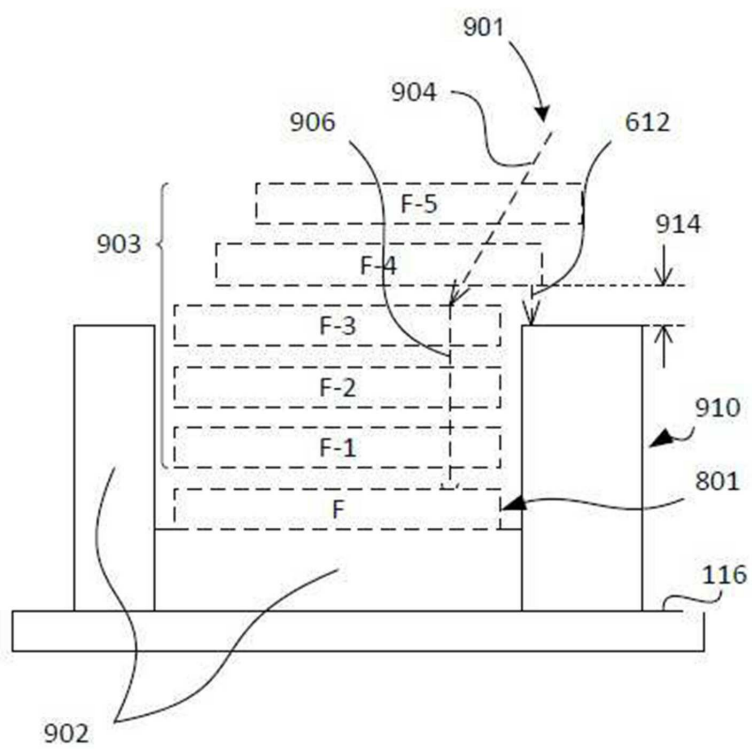
도면8a



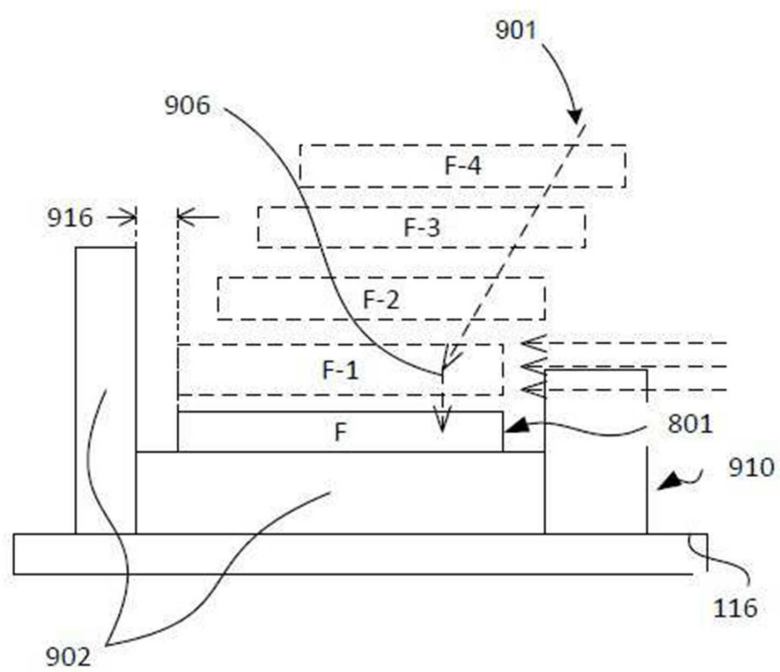
도면 8b



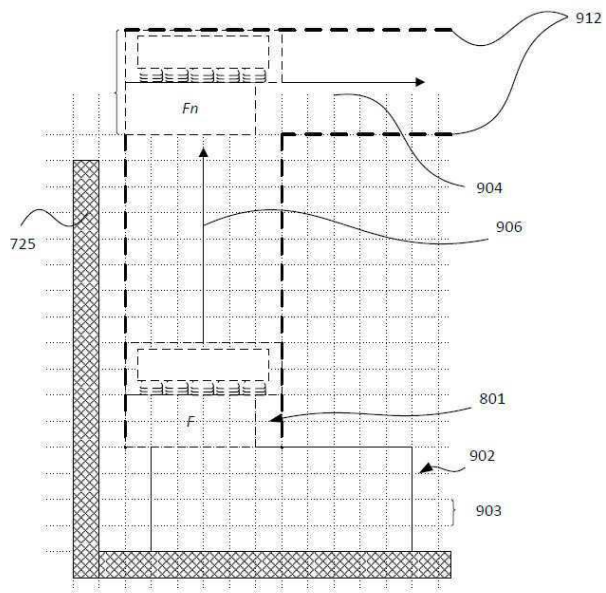
도면 9a



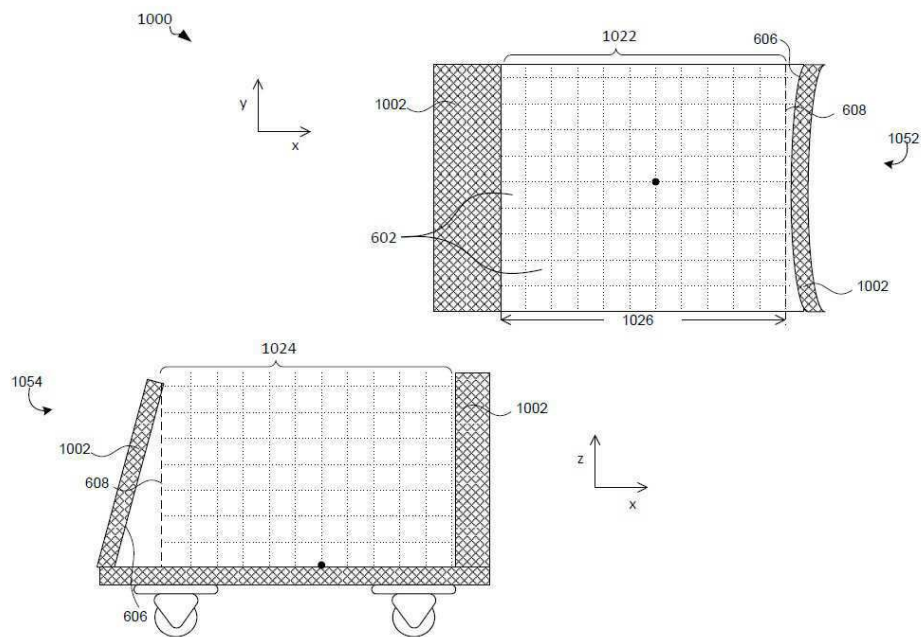
도면 9b



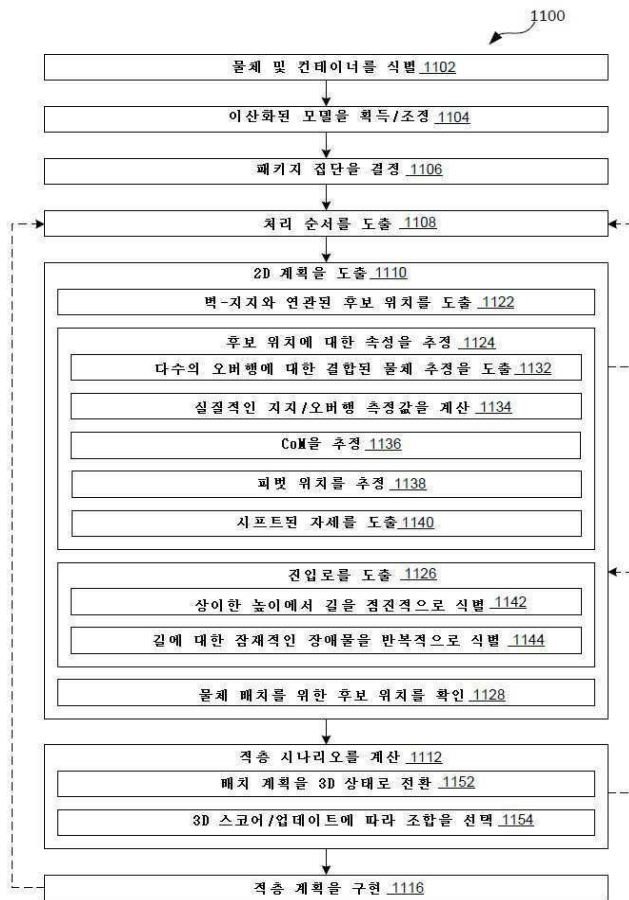
도면9c



도면10



도면11



도면12

