(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0025983
(43) 공개일자 2010년03월10일

(51) Int. Cl.
G06F 17/50 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0084765
(22) 출원일자 2008년08월28일
심사청구일자 2008년09월16일

(71) 출원인
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 가좌동 900
(72) 발명자
윤정원
경남 사천시 사천읍 구암리 이안애 아파트 106-904
크리스티앤드
대전광역시 유성구 가정로 한국전자통신연구원 기숙사
(74) 대리인
권오식, 박창희, 김종관

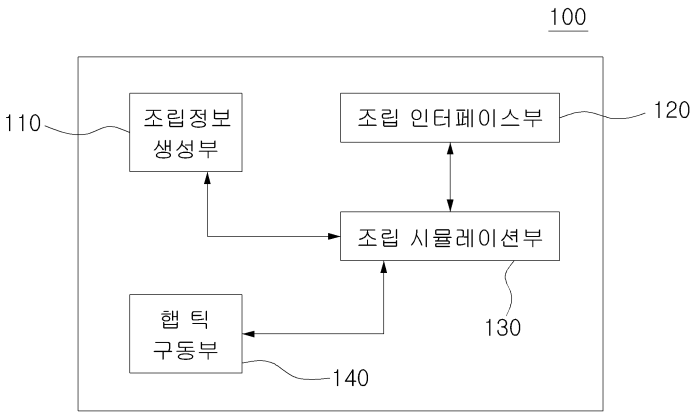
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 가상조립 시뮬레이션 시스템

(57) 요 약

본 발명에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템은, 선정된(predetermined) 부품 정보 및 그리퍼 정보로부터 최적조립 알고리즘을 통해 조립순서정보 및 조립경로정보를 생성하는 조립정보 생성부; 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보에 따른 각 부품의 조립 시뮬레이션을 위한 가상조립환경을 사용자에게 제공하는 조립 인터페이스부; 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보를 통해 최적화된 조립순서안내 및 조립경로안내를 상기 사용자에게 제공하고, 상기 사용자에 의한 상기 각 부품의 조립 시뮬레이션의 수행을 제어하는 조립 시뮬레이션부; 및 상기 조립 시뮬레이션의 수행시 상기 각 부품의 충돌이나 부품과 장애물 간의 충돌이 감지되는 경우, 상기 사용자에게 상기 충돌에 대응하는 햅틱 피드백을 제공하는 햅틱 구동부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

선정된(predetermined) 부품 정보 및 그리퍼 정보로부터 최적조립 알고리즘을 통해 조립순서정보 및 조립경로정보를 생성하는 조립정보 생성부;

상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보에 따른 각 부품의 조립 시뮬레이션을 위한 가상조립환경을 사용자에게 제공하는 조립 인터페이스부;

상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보를 통해 최적화된 조립순서안내 및 조립경로안내를 상기 사용자에게 제공하고, 상기 사용자에 의한 상기 각 부품의 조립 시뮬레이션의 수행을 제어하는 조립 시뮬레이션부; 및

상기 조립 시뮬레이션의 수행시 상기 각 부품의 충돌이나 부품과 장애물 간의 충돌이 감지되는 경우, 상기 사용자에게 상기 충돌에 대응하는 햅틱 피드백을 제공하는 햅틱 구동부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 조립정보 생성부는,

상기 사용자로부터 상기 부품 정보 및 상기 그리퍼 정보를 입력받는 입력부; 및

상기 입력받은 상기 부품 정보 및 상기 그리퍼 정보를 상기 최적조립 알고리즘에 적용하여 상기 각 부품의 조립순서 및 조립경로의 상호관계가 최적화된 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보를 생성하는 최적조립 알고리즘 제어부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 최적조립 알고리즘 제어부는 상기 부품 정보 및 상기 그리퍼 정보에 따라 상기 각 부품 조립에 사용되는 도구장치의 교환회수 및 상기 각 부품의 조립동안 상기 각 부품의 회전수를 최소화하는 최적의 조립순서에 상기 각 부품간의 충돌방지 및 이동거리를 최소화하는 경로조건을 결합하는 규칙을 통해 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로조건을 생성하는 것을 특징으로 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 최적조립 알고리즘 제어부는 제1 규칙, 제2 규칙, 및 제3 규칙을 통해 상기 조립순서에 상기 경로조건을 결합하며, 상기 제1 규칙은 최종조립위치에 도착한 부품은 다음 부품을 위한 장애물이 되는 규칙이고, 상기 제2 규칙은 각 부품 간의 간섭 및 충돌을 예방하기 위하여 가능한 조립 방향을 선택하고 조립시 상기 조립 방향으로 결합되는 규칙이며, 상기 제3 규칙은 최적경로 탐색 동안에 주어진 조립방향과 부품의 면이 수직이 되는 경우 기존 부품에 발생되는 척력이 소멸하는 규칙인 것을 특징으로 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 최적조립 알고리즘 제어부는 상기 조립순서 및 상기 경로조건의 결합을 위한 경로를 전위계 방법을 통해 표현하고, 척력반경을 상기 조립순서 최적화와 연동시켜 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보를 생성하는 것을 특징으로 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 조립 인터페이스부는,

조립순서, 그리퍼, 조립회전, 및 현재 조립 중인 부품의 정보를 제공하고, 조립과정 동안 생성되는 각종 정보를 갱신하여 표시하는 정보패널;

전체 조립된 상태에서의 현재 부품이 위치해야 할 기준과, 최종부품형상에 대한 상기 현재 부품의 조립위치를 제공하는 최종부품형상;

부품의 조립시 최전방향을 안내하고 조립 작업의 가능한 방향을 가이드하는 조립회전지시기;

장애물;

부품;

상기 부품을 조작하기 위해 필요한 그리퍼의 위치를 나타내는 초기위치그리퍼;

상기 사용자에게 작업의 정보를 안내하는 지시패널; 및

상기 사용자와 가상 객체 간의 햅틱상호작용을 발생하는 햅틱상호작용점

을 포함하는 것을 특징으로 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 조립 시뮬레이션부는 상기 조립경로정보를 통해 구해진 경로를 중심으로 원, 반원, 또는 사각형 형태의 단면을 갖는 경로객체를 생성하고, 상기 경로객체 내의 햅틱 상호작용을 통해 상기 경로객체 내에서만 운동이 발생하도록 조립동작에 조건을 부여하는 햅틱경로안내를 포함하는 상기 조립경로안내, 추천 그리퍼, 및 조립회전 시시기로 조립부품의 작업 방향을 가이드하며 순차적으로 각 부품의 순서를 표시하는 상기 조립순서안내를 상기 사용자에게 제공하는 것을 특징으로 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 조립 시뮬레이션부는 상기 각 부품의 조립에 대한 조립시간 및 조립이동거리를 산출하여 상기 사용자에게 제공하는 것을 특징으로 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 최적화된 조립이동경로 및 조립순서정보를 이용하여 가상조립환경에서 햅틱경로안내 및 조립순서안내를 통해 조립시간 및 이동거리를 최소화하여 부품조립 구현시의 효율성을 극대화 할 수 있는 가상조립 시뮬레이션 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 항공기, 자동차, 조선 등의 응용 기계 시스템의 개발에 사용되고 있는 DMU(Digital Mock-Up) 기능에 가상현실 기술을 합친 가상설계(Virtual Design) 기술은 제품 제조 공정을 실제와 유사하게 디지털화함으로써, 제품 설계, 조립성, 및 사용성 등에 있어 결함과 오류를 사전에 발견하도록 하여 개발기간 및 비용을 획기적으로 절감하는 효과를 유발한다.

[0003] VR 툴과 제품의 CAD 데이터를 이용하는 VR 기반 실물모형(Mock-Up) 기술은 디지털 데이터를 표현하고, 운영자가 VR 인터페이스를 통해 직관적으로 조작할 수 있도록 하여 실제 프로토 타입을 대체할 수 있다. 이때, 가상현실을 이용한 설계의 핵심 기술로 가상 객체 사이의 상호작용 결과를 사실적인 수준에 가깝게 표현하기 위해 물리엔진과 같은 시뮬레이션 기술의 활용과 사용자의 직접 상호작용을 통한 핸드 인터페이스 장치의 개발이 필요하다.

[0004] 햅틱 인터페이스(Haptic Interface) 기술은 인간과 컴퓨터의 상호작용을 이용하여 생산성과 효율성을 높여주며, 손을 사용하여 자연스러운 방법으로 실제 존재하는 물체를 만드는 것처럼 컴퓨터 상에서 물체를 만들거나 조작, 변형할 수 있도록 한다.

[0005] 따라서, 첨단 기계 부품을 사실적인 감각 정보를 갖는 실물 크기의 가상 디지털 모형으로 만들어, 실제와 같은 감각으로 가상 조립을 수행함으로써 부품의 조립유무를 확인할 수 있는 시스템은 부품 조립을 실감적으로 시뮬레이션 할 수 있어, 조립의 최적화에 사람의 지능을 적용할 수 있는 효과적인 방안이다. 이에, 가상 생산과 햅틱을 포함한 핸드인터페이스를 결합한 시스템이 제시되고 있지만, 가살 조립 시스템 및 햅틱 연동 관련 시스템은 아직 제시되고 있지 않다.

[0006] 기존 부품 조립의 최적화에서는 형상 데이터 및 조립에 필요한 그리퍼에 의존하여 수치적으로 조립순서의 최적화를 수행하고 있다. 하지만, 이러한 경우 부품이 복잡해짐에 따라 수치적인 복잡성이 증가하고, 실제 적용 시 수치적으로 산출된 시뮬레이션과 차이가 발생하는 문제점이 있다.

[0007] 따라서, 수치적으로 산출하는 조립 최적화 접근 방법 대신, 가상환경으로 조립환경을 구현하여 사용자에 의한 최적 조립 방법을 구현하는 것을 목적으로 하는 가상조립설계환경이 제시되고 있다. 하지만, 가상조립환경과 조립최적화를 합친 시스템은 제시되고 있지 않다.

[0008] 가상조립환경을 실제와 같은 조립환경으로 구축하고 제안된 조립 알고리즘을 시뮬레이션 한다면, 빠른 시간 내에 조립 알고리즘을 평가하고 보안 검증할 수 있다. 이에, 최적의 경로 이동으로 조립시간 및 이동거리를 단축시킬 수 있는 경로계획(path planning)이 조립순서와 결합된 최적조립 알고리즘을 적용한 가상조립 시뮬레이션 시스템의 개발이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0009] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술을 개선하기 위해 안출된 것으로서, 최적화된 조립이동경로 및 조립순서정보를 이용하여 가상조립환경에서 햅틱경로안내 및 조립순서안내를 통해 조립시간 및 이동거리를 최소화하여 부품조립 구현시의 효율성을 극대화 할 수 있는 가상조립 시뮬레이션 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 햅틱이 포함된 VR 기반 최적조립 시스템을 이용하여 가상환경에서 조립 알고리즘의 성능을 실제 경우와 유사한 환경에서 평가할 수 있도록 하고, 부품이 조립동안 움직인 거리를 최소화시키는 경로를 추종하도록 햅틱 안내를 통해 최적조립이 가능토록 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0011] 또한, 본 발명은 그리퍼 교환 회수 및 부품 회전수를 최소화하는 조립 순서 최적화 알고리즘에 경로궤적의 이동거리가 최소화되는 알고리즘이 추가되어, 부품조립순서 및 경로가 동시에 최적화되는 조립 시뮬레이션을 가능하게 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 또한, 본 발명은 형상 데이터에 의존한 수치적인 조립순서 최적화 방법에 햅틱 안내가 가능한 경로계획 알고리즘을 포함시켜, 최적화된 조립순서안내 및 조립경로안내를 사용자에게 제공함으로써, 사용자가 조립 동안 최단거리 및 적은 에너지 소비로 최대한 빠른 조립이 가능한 조립조건을 찾을 수 있도록 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0013] 또한, 본 발명은 햅틱경로안내 및 조립순서안내가 주어진 최적의 조립 시뮬레이션의 반복된 훈련을 통해 보다 효과적인 사용자의 조립 훈련을 가능하게 하는 가상조립 시뮬레이션 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

[0014] 상기의 목적을 이루고 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템은, 선정된(predetermined) 부품 정보 및 그리퍼 정보로부터 최적조립 알고리즘을 통해 조립순서정보 및 조립경로정보를 생성하는 조립정보 생성부; 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보에 따른 각 부품의 조립 시뮬레이션을 위한 가상조립환경을 사용자에게 제공하는 조립 인터페이스부; 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보를 통해 최적화된 조립순서안내 및 조립경로안내를 상기 사용자에게 제공하고, 상기 사용자에 의한 상기 각 부품의 조립 시뮬레이션의 수행을 제어하는 조립 시뮬레이션부; 및 상기 조립 시뮬레이션의 수행시 상기 각 부품의 충돌이나 부품과 장애물 간의 충돌이 감지되는 경우, 상기 사용자에게 상기 충돌에 대응하는 햅틱 피드백을 제공하는 햅

틱 구동부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 본 발명에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 상기 조립정보 생성부는, 상기 사용자로부터 상기 부품 정보 및 상기 그리퍼 정보를 입력받는 입력부; 및 상기 입력받은 상기 부품 정보 및 상기 그리퍼 정보를 상기 최적조립 알고리즘에 적용하여 상기 각 부품의 조립순서 및 조립경로의 상호관계가 최적화된 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보를 생성하는 최적조립 알고리즘 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 본 발명에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 상기 최적조립 알고리즘 제어부는 상기 부품 정보 및 상기 그리퍼 정보에 따라 상기 각 부품 조립에 사용되는 도구장치의 교환회수 및 상기 각 부품의 조립동안 상기 각 부품의 회전수를 최소화하는 최적의 조립순서에 상기 각 부품간의 충돌방지 및 이동거리를 최소화하는 경로조건을 결합하는 규칙을 통해 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로조건을 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 본 발명에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 상기 최적조립 알고리즘 제어부는 제1 규칙, 제2 규칙, 및 제3 규칙을 통해 상기 조립순서에 상기 경로조건을 결합하며, 상기 제1 규칙은 최종조립위치에 도착한 부품은 다음 부품을 위한 장애물이 되는 규칙이고, 상기 제2 규칙은 각 부품 간의 간섭 및 충돌을 예방하기 위하여 가능한 조립 방향을 선택하고 조립시 상기 조립 방향으로 결합되는 규칙이며, 상기 제3 규칙은 최적경로 탐색 동안에 주어진 조립방향과 부품의 면이 수직이 되는 경우 기존 부품에 발생되는 척력이 소멸하는 규칙인 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 본 발명에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 상기 최적조립 알고리즘 제어부는 상기 조립순서 및 상기 경로조건의 결합을 위한 경로를 전위계 방법을 통해 표현하고, 척력반경을 상기 조립순서 최적화와 연동시켜 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보를 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 본 발명에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 상기 조립 인터페이스부는, 조립순서, 그리퍼, 조립회전, 및 현재 조립 중인 부품의 정보를 제공하고, 조립과정 동안 생성되는 각종 정보를 갱신하여 표시하는 정보패널; 전체 조립된 상태에서의 현재 부품이 위치해야 할 기준과, 최종부품형상에 대한 상기 현재 부품의 조립위치를 제공하는 최종부품형상; 부품의 조립시 회전방향을 안내하고 조립 작업의 가능한 방향을 가이드하는 조립회전지시기; 장애물; 부품; 상기 부품을 조작하기 위해 필요한 그리퍼의 위치를 나타내는 초기위치그리퍼; 상기 사용자에게 작업의 정보를 안내하는 지시패널; 및 상기 사용자와 가상 객체 간의 햅틱상호작용을 발생하는 햅틱상호작용점을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 본 발명에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 상기 조립 시뮬레이션부는 상기 조립경로정보를 통해 구해진 경로를 중심으로 원, 반원, 또는 사각형 형태의 단면을 갖는 경로객체를 생성하고, 상기 경로객체 내의 햅틱 상호작용을 통해 상기 경로객체 내에서만 운동이 발생하도록 조립동작에 조건을 부여하는 햅틱경로안내를 포함하는 상기 조립경로안내, 추천 그리퍼, 및 조립회전시시기로 조립부품의 작업 방향을 가이드하며 순차적으로 각 부품의 순서를 표시하는 상기 조립순서안내를 상기 사용자에게 제공하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 본 발명에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 상기 조립 시뮬레이션부는 상기 각 부품의 조립에 대한 총 조립시간 및 총조립이동거리를 산출하여 상기 사용자에게 제공하는 것을 특징으로 한다.

효 과

[0022] 본 발명의 가상조립 시뮬레이션 시스템에 따르면, 최적화된 조립이동경로 및 조립순서정보를 이용하여 가상조립 환경에서 햅틱경로안내 및 조립순서안내를 통해 조립시간 및 이동거리를 최소화하여 부품조립 구현시의 효율성을 극대화 할 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명의 가상조립 시뮬레이션 시스템에 따르면, 햅틱이 포함된 VR 기반 최적조립 시스템을 이용하여 가상환경에서 조립 알고리즘의 성능을 실제 경우와 유사한 환경에서 평가할 수 있도록 하고, 부품이 조립동안 움직인 거리를 최소화시키는 경로를 추종하도록 햅틱 안내를 통해 최적조립이 가능토록 하는 효과를 얻을 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 가상조립 시뮬레이션 시스템에 따르면, 그리퍼 교환 회수 및 부품 회전수를 최소화하는 조립순서 최적화 알고리즘에 경로궤적의 이동거리가 최소화되는 알고리즘이 추가되어, 부품조립순서 및 경로가 동시에 최적화되는 조립 시뮬레이션을 가능하게 하는 효과를 얻을 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 가상조립 시뮬레이션 시스템에 따르면, 형상 데이터에 의존한 수치적인 조립순서 최적화 방법에 햅틱 안내가 가능한 경로계획 알고리즘을 포함시켜, 최적화된 조립순서안내 및 조립경로안내를 사용자에게

제공함으로써, 사용자가 조립 동안 최단거리 및 적은 에너지 소비로 최대한 빠른 조립이 가능한 조립조건을 찾을 수 있도록 하는 효과를 얻을 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 가상조립 시뮬레이션 시스템에 따르면, 햅틱경로안내 및 조립순서안내가 주어진 최적의 조립 시뮬레이션의 반복된 훈련을 통해 보다 효과적인 사용자의 조립 훈련을 가능하게 하는 효과를 얻을 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0027] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 구성을 도시한 블록도이다.

[0029] 본 발명의 일실시예에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템(100)은 조립정보 생성부(110), 조립 인터페이스부(120), 조립 시뮬레이션부(130), 및 햅틱 구동부(140)를 포함한다. 본 발명의 일실시예에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템(100)은 연사처리가 가능한 PC, 노트북, 서버의 일부 구성으로 구현될 수도 있고, 본 발명의 가상조립 시뮬레이션만을 수행하는 독립적인 장치나 단말기로 구현될 수도 있다.

[0030] 조립정보 생성부(110)는 선정된(predetermined) 부품 정보 및 그리퍼 정보로부터 최적조립 알고리즘을 통해 조립순서정보 및 조립경로정보를 생성한다. 조립정보 생성부(110)는, 상기 사용자로부터 상기 부품 정보 및 상기 그리퍼 정보를 입력받는 입력부 및 상기 입력받은 상기 부품 정보 및 상기 그리퍼 정보를 상기 최적조립 알고리즘에 적용하여 상기 각 부품의 조립순서 및 조립경로의 상호관계가 최적화된 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보를 생성하는 최적조립 알고리즘 제어부를 포함한다.

[0031] 상기 최적조립 알고리즘 제어부는 상기 부품 정보 및 상기 그리퍼 정보에 따라 상기 각 부품 조립에 사용되는 도구장치의 교환회수 및 상기 각 부품의 조립동안 상기 각 부품의 회전수를 최소화하는 최적의 조립순서에 상기 각 부품간의 충돌방지 및 이동거리를 최소화하는 경로조건을 결합하는 규칙을 통해 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로조건을 생성한다.

[0032] 상기 최적조립 알고리즘 제어부는 제1 규칙, 제2 규칙, 및 제3 규칙을 통해 상기 조립순서에 상기 경로조건을 결합할 수 있다. 상기 제1 규칙은 최종조립위치에 도착한 부품은 다음 부품을 위한 장애물이 되는 규칙이고, 상기 제2 규칙은 각 부품 간의 간섭 및 충돌을 예방하기 위하여 가능한 조립 방향을 선택하고 조립시 상기 조립방향으로 결합되는 규칙이며, 상기 제3 규칙은 최적경로 탐색 동안에 주어진 조립방향과 부품의 면이 수직이 되는 경우 기존 부품에 발생되는 척력이 소멸하는 규칙으로 구현될 수 있다.

[0033] 상기 최적조립 알고리즘 제어부는 상기 조립순서 및 상기 경로조건의 결합을 위한 경로를 전위계 방법을 통해 표현하고, 척력반경을 상기 조립순서 최적화와 연동시켜 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보를 생성할 수 있다.

[0034] 조립 인터페이스부(120)는 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보에 따른 각 부품의 조립 시뮬레이션을 위한 가상조립환경을 사용자에게 제공한다.

[0035] 조립 인터페이스부(120)는, 조립순서, 그리퍼, 조립회전, 및 현재 조립 중인 부품의 정보를 제공하고, 조립과정 동안 생성되는 각종 정보를 갱신하여 표시하는 정보패널, 전체 조립된 상태에서의 현재 부품이 위치해야 할 기준과, 최종부품형상에 대한 상기 현재 부품의 조립위치를 제공하는 최종부품형상, 부품의 조립시 회전방향을 안내하고 조립 작업의 가능한 방향을 가이드하는 조립회전지시기, 장애물, 부품, 상기 부품을 조작하기 위해 필요한 그리퍼의 위치를 나타내는 초기위치그리퍼, 상기 사용자에게 작업의 정보를 안내하는 지시패널, 및 상기 사용자와 가상 객체 간의 햅틱상호작용을 발생하는 햅틱상호작용점을 가상조립환경으로 포함할 수 있다.

[0036] 조립 시뮬레이션부(130)는 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보를 통해 최적화된 조립순서안내 및 조립경로안내를 상기 사용자에게 제공하고, 상기 사용자에 의한 상기 각 부품의 조립 시뮬레이션의 수행을 제어한다.

[0037] 조립 시뮬레이션부(130)는 상기 조립경로정보를 통해 구해진 경로를 중심으로 원, 반원, 또는 사각형 형태의 단면을 갖는 경로객체를 생성하고, 상기 경로객체 내의 햅틱 상호작용을 통해 상기 경로객체 내에서만 운동이 발생하도록 조립동작에 조건을 부여하는 햅틱경로안내를 포함하는 상기 조립경로안내, 추천 그리퍼, 및 조립회전 시시기로 조립부품의 작업 방향을 가이드하며 순차적으로 각 부품의 순서를 표시하는 상기 조립순서안내를 상기 사용자에게 제공한다.

[0038] 조립 시뮬레이션부(130)는 상기 각 부품의 조립에 대한 총조립시간 및 총조립이동거리를 산출하여 상기 사용자

에게 제공할 수 있다.

[0039] 햅틱 구동부(140)는 상기 조립 시뮬레이션의 수행시 상기 각 부품의 충돌이나 부품과 장애물 간의 충돌이 감지되는 경우, 상기 사용자에게 상기 충돌에 대응하는 햅틱 피드백을 제공한다.

[0040] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 조립 인터페이스의 일례를 도시한 도면이다.

[0041] 조립 인터페이스는 정보패널(211), 최종부품형상(212), 조립회전지시기(213), 장애물(214), 부품(215), 초기위치그리퍼(216), 그리퍼형상(217), 지시패널(218), 햅틱상호작용점(219), 및 조립작업공간(220)을 포함한다.

[0042] 정보패널(211)은 조립순서, 그리퍼, 조립회전, 현재 조립중인 부품 등의 정보를 제공하고, 조립과정 동안 새로운 정보가 생성되는 경우 그에 따라 정보를 갱신한다. 최종부품형상(212)은 사용자로 하여금 전체 조립된 상태에서의 현재 부품이 위치해야 할 기준을 제공하고, 최종부품형상에서 상기 기준을 다른 색깔 등으로 부각하여 조립위치를 알려준다. 조립회전지시기(213)는 부품을 조립할 때 화살표 형태로 회전방향을 안내하고, 조립작업의 가능한 방향을 지시하는 역할을 한다.

[0043] 장애물(214)은 실제 작업공간에서 원치 않는 객체가 존재하는 경우 가상조립환경의 작업공간에서 장애물로 표현되어 실제 환경의 제한 사항을 사용자가 고려할 수 있도록 한다. 부품(215)은 조립 시뮬레이션을 위한 주요 객체로 실제 다양한 기계 부품 형상으로 구현되며 부품 형상에 따라 시뮬레이션 조건이 결정될 수 있다.

[0044] 초기위치그리퍼(216)는 부품을 조작하기 위해 필요한 그리퍼의 위치를 나타내며 사용자는 실제 부품을 조립하기 전에 초기위치그리퍼(216)를 통해 부품에 적합한 그리퍼를 선택할 수 있다. 지시패널(218)은 사용자가 원하는 특별한 작업의 정보를 나타낸다. 예를 들어, "그리퍼를 잡으시오", "조립을 수행하시오", "새로운 부품을 선택하시오" 등의 문구를 갖는 텍스트로 구현될 수 있다.

[0045] 상기 조립 인터페이스의 가상조립환경과 상기 사용자는 햅틱장치를 통하여 서로 인터페이스될 수 있다. 조립작업공간(220)에서 햅틱상호작용점(219)을 통해 상기 사용자와 가상객체 간의 햅틱 상호작용이 발생될 수 있다. 상기 사용자의 햅틱상호작용점(219)이 부품의 초기 위치지역에 도착하면 부품과 햅틱상호작용점을 연결하기 위한 객체들의 자동연결(snapping mechanism)이 활성화되어 객체의 중심이 햅틱상호작용점(219)과 연결될 수 있다. 이때 사용될 수 있는 햅틱 렌더링은 충돌 검출, 충돌시 힘의 반영 등의 역할을 하고, 상기 조립 인터페이스는 상기 사용자와 가상조립환경 간의 인터페이스를 제공할 수 있다. 상기 사용자는 가상조립 방법을 포함하는 가상객체를 햅틱 장치를 통해 조작할 수 있고, 햅틱 렌더링은 1KHz로 갱신될 수 있다.

[0046] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 햅틱 경로 및 조립순서안내를 포함하는 가상조립 시뮬레이션 알고리즘을 도시한 도면이다.

[0047] 본 발명의 일실시예에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템은 실시간 프로세서 및 오프라인 프로세서로 구현될 수 있다. 상기 오프라인 프로세서는 조립정보 생성부(110)로 구현될 수 있고, 상기 실시간 프로세서는 조립 인터페이스부(120), 조립 시뮬레이션부(130), 및 햅틱 구동부(140)로 구현될 수 있다.

[0048] 단계(311) 내지 단계(313)은 오프라인 프로세서인 조립정보 생성부(110)를 통해 수행될 수 있고, 단계(314) 내지 단계(317)은 실시간 프로세서인 햅틱 구동부(140)를 통해 수행될 수 있으며, 단계(318)은 조립 인터페이스부(120), 단계(319) 내지 단계(321)은 조립 시뮬레이션부(130)를 통해 수행될 수 있다.

[0049] 조립정보 생성부(110)는 부품 정보 및 그리퍼 정보를 사용자를 통해 입력받거나 선정된 조건에 따라 특정 데이터베이스로부터 상기 부품 정보 및 그리퍼 정보를 독출할 수 있다(단계(311)).

[0050] 조립정보 생성부(110)는 최적조립 알고리즘을 통해 상기 부품 정보 및 그리퍼 정보를 적용한다(단계(312)). 상기 최적조립 알고리즘은 도 6에 도시된 바와 같이 구현될 수 있다. 이는 추후 상세히 기술한다. 조립정보 생성부(110)는 상기 최적조립 알고리즘에 따라 최적화된 조립순서정보 및 조립경로정보를 생성한다(단계(313)).

[0051] 조립 인터페이스부(120)는 가상조립환경을 상기 사용자에게 제공하고(단계(318)), 햅틱 구동부(140)는 상기 조립순서정보 및 상기 조립경로정보에 따른 상기 사용자의 조립 시뮬레이션 동안 각 객체의 위치를 갱신하며(단계(314)), 각 객체 간의 충돌을 검출한다(단계(315)). 상기 충돌이 검출되는 경우(단계(316)), 햅틱 구동부(140)는 상기 사용자에게 햅틱 피드백을 제공한다(단계(317)).

[0052] 조립 시뮬레이션부(130)는 상기 각 객체의 위치 갱신에 따라 상기 각 객체가 초기위치에 도착하였는지 여부를 판단하고(단계(319)), 상기 각 객체가 초기위치에 도착한 것으로 판단되는 경우 상기 사용자의 조작에 따른 조

립작업을 수행한다(단계(320)). 상기 조립작업에 따라 상기 각 객체가 최종위치에 도착하였는지를 판단하여(단계(321)), 상기 조립작업을 종료할 수 있다.

[0053] 상술한 바와 같이, 햅틱구동부(140)는 상기 사용자가 모든 객체를 촉감으로 만질 수 있도록 조립 시뮬레이션 동안 햅틱 피드백을 제공하고, 조립 인터페이스부(120)는 상기 조립 시뮬레이션을 위한 상기 사용자와의 상호작용이 가능한 조립작업환경을 제공하며, 조립 시뮬레이션부(130)는 상기 사용자에 의한 조립작업이 최적의 조립경로 및 조립순서로 수행되도록 가이드할 수 있다.

[0054] 상기 사용자는 가상조립작업 동안 상기 각 부품을 초기위치에서 최종위치까지 상기 조립순서정보에 따른 최적화된 조립순서에 따라 이동시켜야 한다. 이때, 상기 사용자는 상기 조립경로정보에 따른 최적 경로 및 햅틱 피드백을 통해 상기 각 부품의 조립을 수행할 수 있다.

[0055] 조립순서 및 조립경로는 최적조립 알고리즘 통해서 실행되고, 주어진 경로는 경로 중심을 따라 원, 반원, 사각형 형태의 단면적에 구멍이 뚫린 형태의 고정된 객체가 된다. 이때, 상기 사용자는 조립시 장애물과의 충돌을 피하기 위하여 부품의 상호작용점이 항상 경로 경계 안에서만 움직이도록 해야 한다. 따라서 상기 사용자의 움직임이 경로경계를 벗어나려 하는 경우, 햅틱 피드백을 통해 상기 사용자의 움직임이 항상 정해진 경로경계에 머물 수 있도록 할 수 있다. 햅틱 피드백은 햅틱상호작용점이 경로경계 사이에서 충돌이 일어날 때 시작될 수 있다. 이를 통해 상기 사용자가 햅틱 피드백으로 주어진 경로를 추종하도록 가이드함으로써 조립 과정의 효율성을 증대시킬 수 있다.

[0056] 햅틱경로 생성 알고리즘은 척력(Repulsive force) 및 인력(attractive force)의 혼합으로 장애물을 피하고 부품을 최종위치로 가이드하기 위한 경로를 발생시키는 전위계 방법(Potential Field Method, Mark WS, Seth H, Vidyasagar M. Robot modeling and control. USA : John Willey and Sons;2006)을 통해 구현될 수 있다. 사용되는 경로계획알고리즘은 조립순서의 최적화와 연동되기 위해 가능한 간단한 설계 변수 및 적은 계산용량을 가지며 수학적인 함수로 표현 가능한 알고리즘으로 구현될 수 있다. 최적조립순서 및 최적경로를 동시에 생성시키기 위하여, 비선형 시스템의 최적화에 사용되는 유전자 알고리즘(GA)이 사용될 수 있다. 전위계방법의 경우 척력 및 인력은 이동에 관한 방향을 수학식 1과 같이 제공한다.

수학식 1

[0057]
$$\vec{f} = \frac{F_{att} + F_{rep}}{\left\| F_{att} + F_{rep} \right\|} \cdot S$$

[0058] 수학식 1에서. F_{att}는 척력, F_{rep}는 인력, $\vec{f}$는 부품을 움직이기 위해 적용되는 단위 힘벡터, S는 경로 점들 사이의 간격을 의미한다. 조립 작업자를 부품의 초기 위치에서 최종위치까지 경로 안내를 위해 생성되는 경로생성 알고리즘은 도 4와 같이 구해질 수 있다.

[0059] 도 4에서, 단위 벡터 $\vec{f}$는 경로 안내를 만들기 위해 직접적으로 사용될 수 있으며 척력은 설계변수로 부품의 중심에서 장애물까지의 중심 거리인 척력반경 (repulsive force radius) ρ를 갖는다. 최적 경로의 획득을 위한 ρ값에 따라서 척력 및 인력 값을 포함한 경로 계획의 전체 결과 값이 결정될 수 있다. 따라서, ρ값을 변수로 한 경로 최적화를 통해 ρ값을 미리 결정할 수 있다.

[0060] 조립순서(assembly sequnce)와 경로계획(path planning)이 결합된 경우의 최적화를 수행하기 위하여 관련 조립규칙이 필요하다. 경로계획에서 제안된 조립규칙은 부품이 최종조립위치로 들어올 때, 부품의 움직임, 척력, 조립 방향을 제어할 수 있다. 상기 조립규칙은 다음과 같다.

[0061] 1) 제1 규칙: "최종조립위치에 도착한 부품은 다음 부품을 위한 장애물이 된다."

[0062] 상기 제1 규칙에서는 도착하는 부품이 최종 위치로 들어올 때 이전 부품과 충돌하지 않도록 한다. 각 부품의 경로는 이미 도착한 다른 부품에 기반한 축적된 척력에 영향을 받아 경로 조립 순서에 영향을 미치기 때문에, 조립순서에 관한 최종 경로는 어떤 부품이 먼저 도착했는지에 따라 달라질 수 있다. 도 5는 일례로 한 부품이 최종위치로 들어올 때의 경우를 보여준다. 도 5에서 부품 2는 미리 최종위치에 도착하여 척력을 나타내고 있으며 부품 3은 현재 최종위치로 충돌 없이 들어오려고 하고 있다. 최종위치에서의 총 척력의 형상은 이미 도착한

부품에 의존하기 때문에, 다른 부품조립순서는 각 부품에 관해 다른 경로를 발생시킬 수 있다.

[0063] 2) 제2 규칙: "부품들 사이의 간섭 및 충돌을 피하기 위하여 가능한 조립 방향을 선택하고 조립될 때 상기 방향으로 결합되어야 한다."

[0064] 조립 과정에서, 각 부품은 부품 사이의 충돌 및 간섭을 피하기 위하여 이미 계획된 조립 방향을 가지고 있어야 한다. 연속된 부품의 관계를 관찰하는 것에 의해 두 부품 사이의 가능한 방향을 정의 해주기 위해 연결행렬(connection matrix)이 미리 두 부품의 형상을 고려하여 정의 되어야 한다.

[0065] 3) 제3 규칙: "최적경로 탐색 동안에 주어진 조립 방향과 부품의 면이 수직이 되면, 기존 부품에 발생되는 척력이 사라진다."

[0066] 만일 부품의 최종위치가 축적된 척력 안에 위치하게 된다면, 다음 부품은 그 위치로 들어올 수 없게 된다. 따라서, 최종위치에서의 척력의 존재는 상기 제3 규칙으로 조절되어 다음 부품이 최종위치로 들어올 수 있도록 해야 한다.

[0067] 상술한 제1 규칙 내지 제3 규칙의 조립규칙들을 통해서 사용자가 조립을 위하는 각 부품들은 그에 따른 조립 순서와 경로를 고려하여 최종 위치에 도달할 수 있다.

[0068] 조립 순서 및 척력 반경 ρ이 조립 규칙을 만족한다는 조건아래, 효과적인 조립작업을 수행하기 위해서 최적화 문제는 최적의 조립 순서 및 척력 반경을 찾는 것으로 귀착될 수 있다. 제안된 최적화 문제는 복잡한 비선형 시스템에 절대 최적값(global optimization)을 얻을 수 있는 유전자 알고리즘(John HH. Adaptation in natural and artificial Systems. Cambridge-USA : MIT Press ; 1992)을 이용하여 해결될 수 있다. 최적화 비용함수(cost function)계산을 위한 입력 값은 수학식 2와 같이 각 부품의 실제 이동거리(Dact), 부품의 회전수(O), 그리퍼 교환 회수(G)로 구성되어 있다.

수학식 2

[0069]
$$Cost = w_1\left(1-\frac{O}{n-1}\right)+w_2\left(1-\frac{G}{n-1}\right)+w_3\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{(D_{ref})_i}{(D_{act})_i}}{n}\right)$$

[0070] 수학식 2에서, W_1, W_2, W_3 는 가중치 변수, n은 부품 수이다. 실제 경로 거리(Dact)는 하나의 경로점 최종 위치까지 이동할 때까지의 거리의 합이다. 반면, Dref는 초기 위치에서 최종 위치까지의 최단 거리이다. Dact와 Dref의 비교는 경로의 효율성을, 부품 회전수는 주어진 부품 조립 순서에서 얼마나 많은 횟수 동안 조립 회전이 변경되었는지, 그리퍼 변경수는 조립자가 얼마나 많은 그리퍼를 변경해야 되는지에 근거해서 계산될 수 있다. 모든 최적화 문제는 도 6에서와 같이 조립 순서를 따르는 오프라인 프로세서를 통해서 수행될 수 있다. 제안된 유전자알고리즘은 햅틱경로가 포함된 가상조립 알고리즘에서 최적조립 알고리즘으로 사용될 수 있다.

[0071] 조립 인터페이스를 통해 상기 사용자에게 제공되는 가상조립환경은 주어진 최적설계 결과값에서의 햅틱경로 및 조립안내가 주어지는 상태에서의 가상조립 시뮬레이션을 수행하기 위해 설계될 수 있다. 기본적인 조립작업은 초기위치에서 최종위치까지 부품을 이동시키는 작업으로 구성될 수 있다.

[0072] 사용자는 부품 선택 단계, 그리퍼 선택 단계, 그리퍼 선택전의 부품 다시 선택 단계, 및 해당 부품 조립 단계의 4가지 주요 조립 단계를 수행할 수 있다. 하나의 부품을 조립하기 위해서, 사용자는 정해진 부품 선택에 따른 그리퍼를 선택해야 한다. 사용자가 해당 그리퍼를 선택하면 연결행렬에 기반한 조립조건(constraint)이 따른다. 선택된 조립순서에 근거해 사용자는 현재의 그리퍼가 다음 부품에 다시 사용 가능하다면 새로운 그리퍼를 선택할 필요가 없다.

[0073] 최적화 설계가 그리퍼의 위치는 고려하지 않으므로 그리퍼는 각 부품의 초기 위치에서 고정된 거리에 위치하도록 구현될 수 있다. 따라서, 그리퍼의 변경 수 증가에 따른 효과를 명확히 조사할 수 있다. 또한, 가상조립 동안 사용자가 초기 햅틱상호작용점에서 가장 가까운 부품을 선택하는 경향을 방지하기 위하여, 상기 초기 햅틱 상호작용점은 일정한 위치에서 무작위(random)로 선택되게 할 수 있다. 조립 작업동안 부품은 가상환경에서 존

재하는 어떤 객체와도 충돌을 피하도록 구현되어야 하므로, 이를 위해 부품이 장애물을 통과하는 것을 방지하기 위해 장애물가 충돌 시 햅틱 피드백이 햅틱상호작용점에 주어질 수 있다.

[0074] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따라 햅틱경로 및 조립순서 가이드가 구현된 가상조립 시뮬레이션 시스템의 조립 인터페이스의 일례를 도시한 도면이다.

[0075] 최적화에 기반한 조립안내 기능들이 주어진 경우, 사용자는 부품을 선택하고 최적화 조립순서 결과에 기반한 조립 작업을 수행할 수 있다. 상기 사용자는 조립순서안내에 따른 추천 그리퍼를 제공하고 부품의 조립 순서를 정할 수 있다. 부품이 조립 인터페이스의 가상조립환경에 나타나면 상기 사용자는 부품에 적합한 그리퍼를 선택한다. 이때, 상기 사용자는 여러 부품에 동일한 그리퍼를 사용할 확률을 높은 추천된 그리퍼를 선택하여 사용할 수 있다.

[0076] 또한, 부품조립 동안 최소한의 회전을 위해 조립회전지시기(711)가 시각적인 표시로 조립작업 동안 제공될 수 있다. 부품의 조립순서를 구현하기 위하여 하나의 부품만이 상기 가상조립환경에 순차적으로 나타나도록 할 수 있다. 해당 부품의 조립이 마무리 되면 다른 부품이 초기 위치에 나타나고, 모든 부품 조립이 마무리 될 때까지 이상의 작업이 반복된다.

[0077] 또한, 조립경로안내 기능에 따라 부품이 가상조립환경에 나타나면 제안된 경로가 제시될 수 있다. 상기 경로는 조립정보 생성부(110)의 최적조립 알고리즘을 통해 생성된 조립경로정보에 따라 설정될 수 있다. 상기 경로는 상기 가상조립환경에서 도 7과같이 고정된 객체의 형태로 구현될 수 있고 햅틱상호작용점의 움직임은 상기 경로의 경계 내로 제한될 수 있다.

[0078] 조립을 위해 이동되는 부품이 상기 경로의 경계를 벗어나려는 경우, 사용자는 햅틱상호작용점과 경로경계 사이에서 햅틱 피드백을 느끼게 되므로 상기 사용자의 움직임이 최적조립경로를 따르도록 가이드 할 수 있다. 최적경로결과 값에 대하여 제안된 수동 햅틱 안내를 최적 햅틱경로(714)라 한다. 따라서, 각 부품에 관해서 사용자는 제안된 그리퍼(713)를 터치하여 선택하고, 부품 조립작업 동안 사용자는 주어진 경로를 따르게 되고, 조립회전지시기(711)가 가이드하는 방향으로 조립할 수 있다. 하나의 부품을 조립한 후 사용자는 다음 부품 조립을 위해 초기 위치로 돌아갈 때도 햅틱경로(714)를 이용하여 최단거리로 이동할 수 있다.

[0079] 가상조립환경에서 조립알고리즘의 성능은 총조립시간 및 총조립이동거리의 측정을 통해 결정될 수 있다. 상기 총조립시간은 그리퍼 선택 및 부품 조립 후 초기위치로 이동하는 과정을 포함한 모든 부품의 조립 작업을 마무리하는 시간을 의미한다. 상기 총조립이동거리는 모든 부품의 초기위치에서 최종위치까지 이동된 거리 및 그리퍼의 선택을 위한 이동, 부품 조립 후 다음 부품 선택 시의 이동거리를 모두 포함한 거리를 의미한다. 조립 시뮬레이션부(130)는 부품 조립 시뮬레이션이 수행되는 경우 상기 부품 조립에 따른 각 부품의 조립시간 혹은 총조립시간 및 각 부품의 조립이동거리 혹은 총조립이동거리를 산출하여 상기 사용자에게 제공하고, 상기 사용자는 상기 조립시간 및 상기 조립이동거리를 통해 조립 작업의 효율성을 평가할 수 있다.

[0080] 본 발명에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 가상조립 시뮬레이션 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 상기 매체는 프로그램 명령, 데이터 구조 등을 지정하는 신호를 전송하는 반송파를 포함하는 광 또는 금속선, 도파관 등의 전송 매체일 수도 있다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0081] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 이는 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명 사상은 아래에 기재된 특허청구범위에 의해서만 파악되어야 하고, 이의 균등 또는 등가적 변형 모두는 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0082] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 구성을 도시한 블록도.

[0083] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 조립 인터페이스의 일례를 도시한 도면.

[0084] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 가상조립 시뮬레이션 시스템의 햅틱 경로 및 조립순서안내를 포함하는 가상조립 시뮬레이션 알고리즘을 도시한 도면.

[0085] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 햅틱경로 생성을 위한 경로계획방법의 일례를 도시한 도면.

[0086] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 조립순서 및 조립경로 연동을 위한 조립규칙을 도시한 도면.

[0087] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 햅틱경로 및 조립순서가 포함된 최적조립 알고리즘의 일례를 도시한 도면.

[0088] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따라 햅틱경로 및 조립순서 가이드가 구현된 가상조립 시뮬레이션 시스템의 조립 인터페이스의 일례를 도시한 도면.

[0089] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

[0090] 100: 가상조립 시뮬레이션 시스템

[0091] 110: 조립정보 생성부

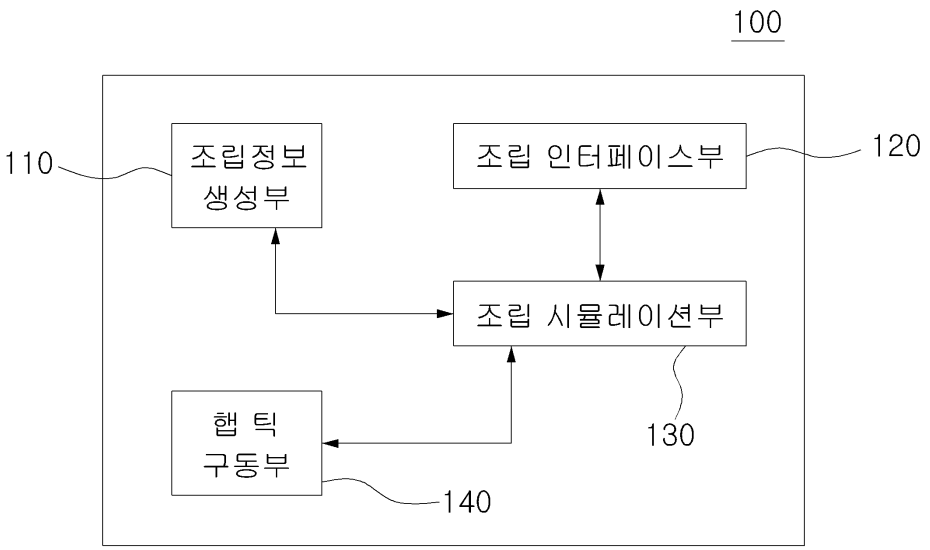
[0092] 120: 조립 인터페이스부

[0093] 130: 조립 시뮬레이션부

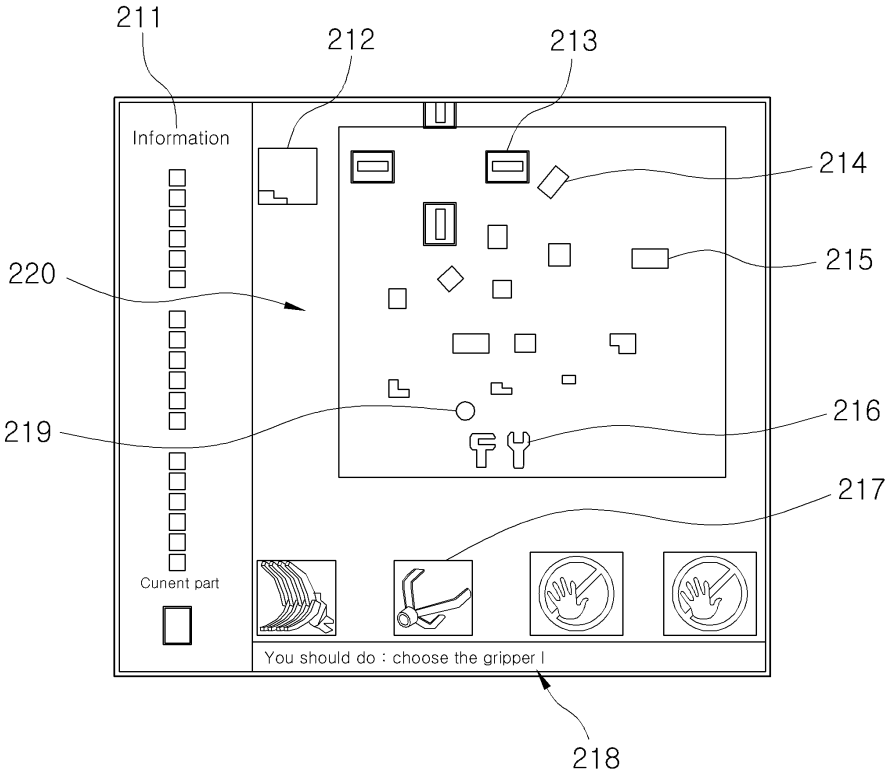
[0094] 140: 햅틱 구동부

도면

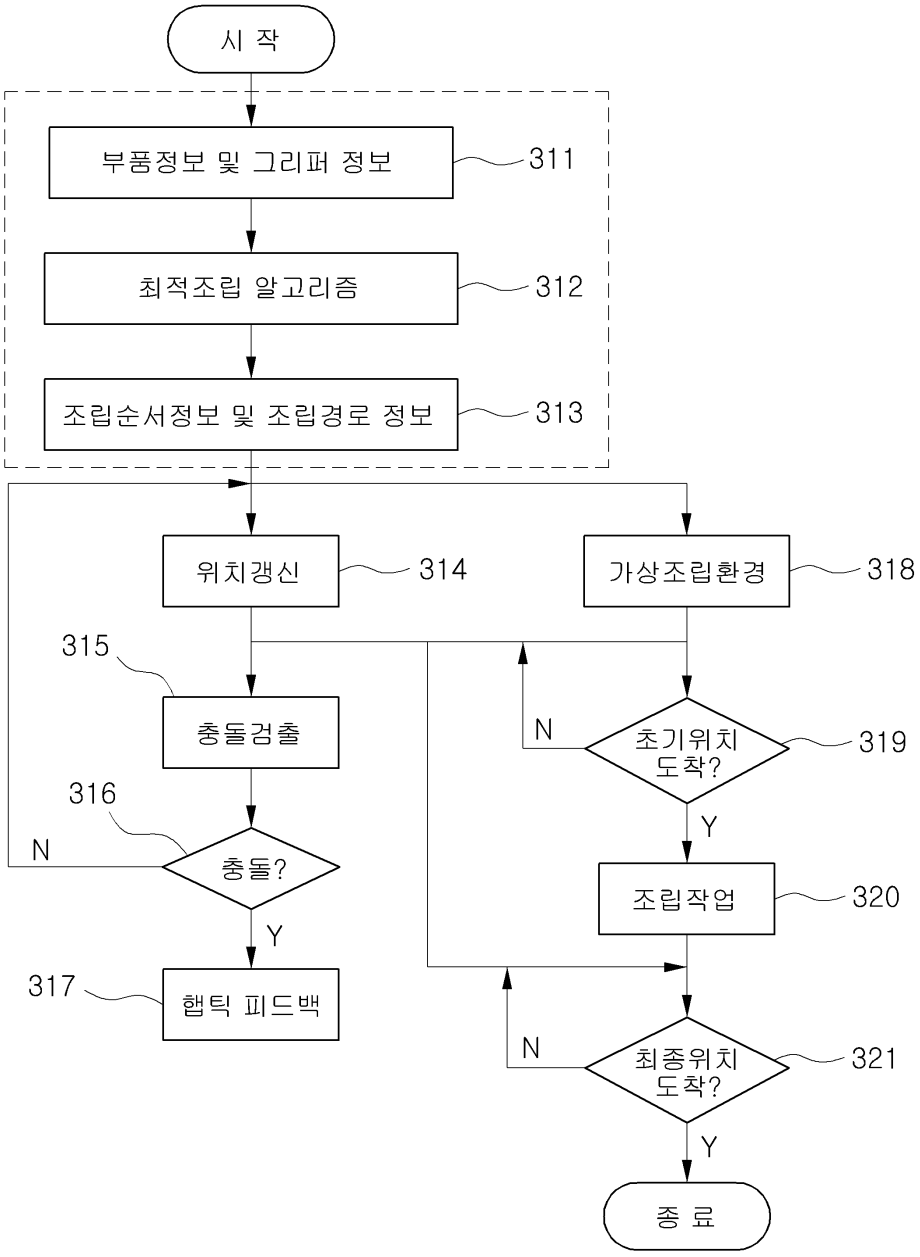
도면1



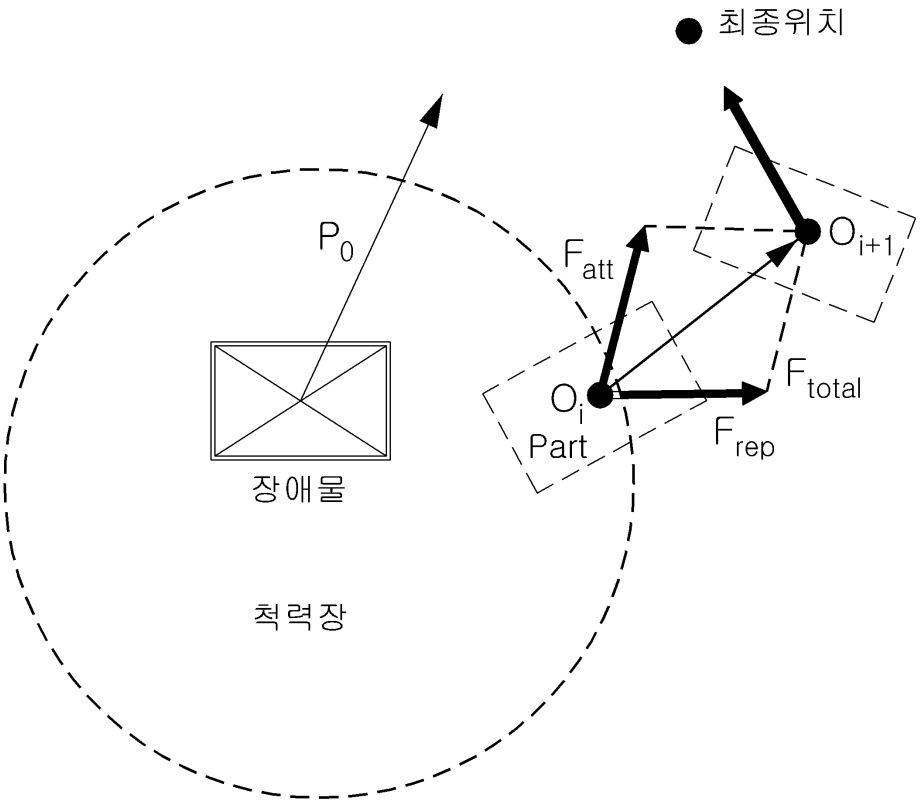
도면2


211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
Information
Cunent part
You should do : choose the gripper !

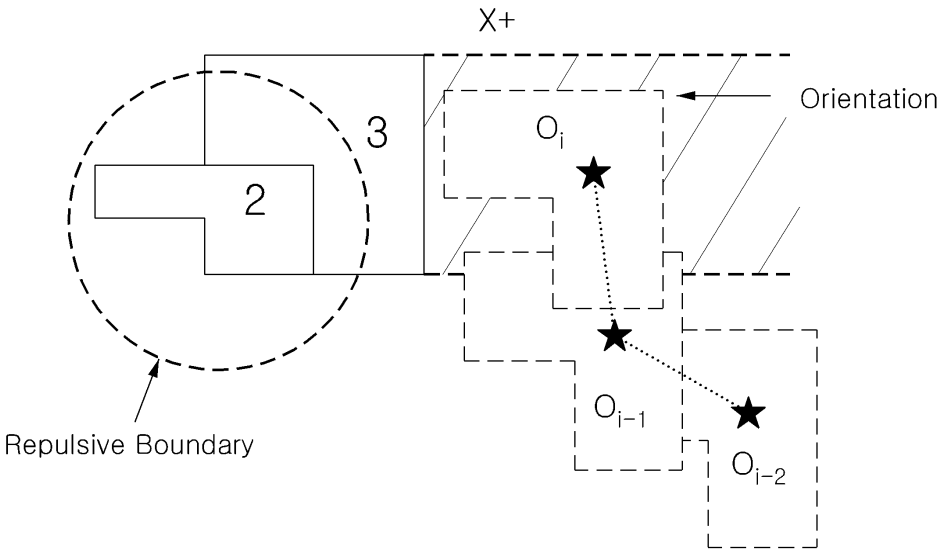
도면3


시 작
부품정보 및 그리퍼 정보
311
최적조립 알고리즘
312
조립순서정보 및 조립경로 정보
313
위치갱신
314
가상조립환경
318
315
충돌검출
316
충돌?
N
Y
317
햅틱 피드백
초기위치 도착?
319
N
Y
조립작업
320
최종위치 도착?
321
N
Y
종 료

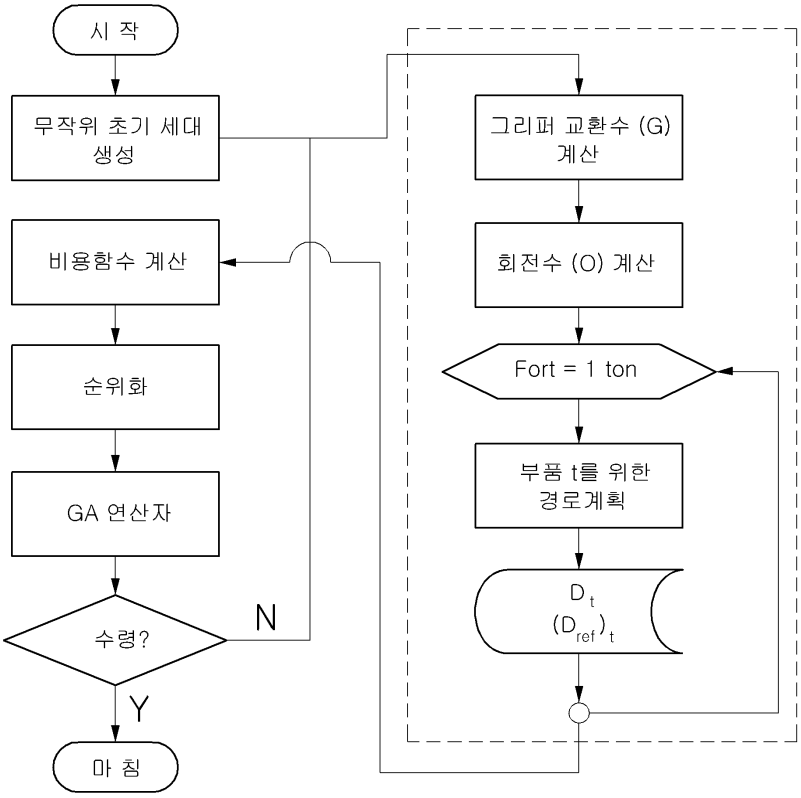
도면4


최종위치
P0
Fatt
Oi+1
Ftotal
Oi
Part
Frep
장애물
척력장

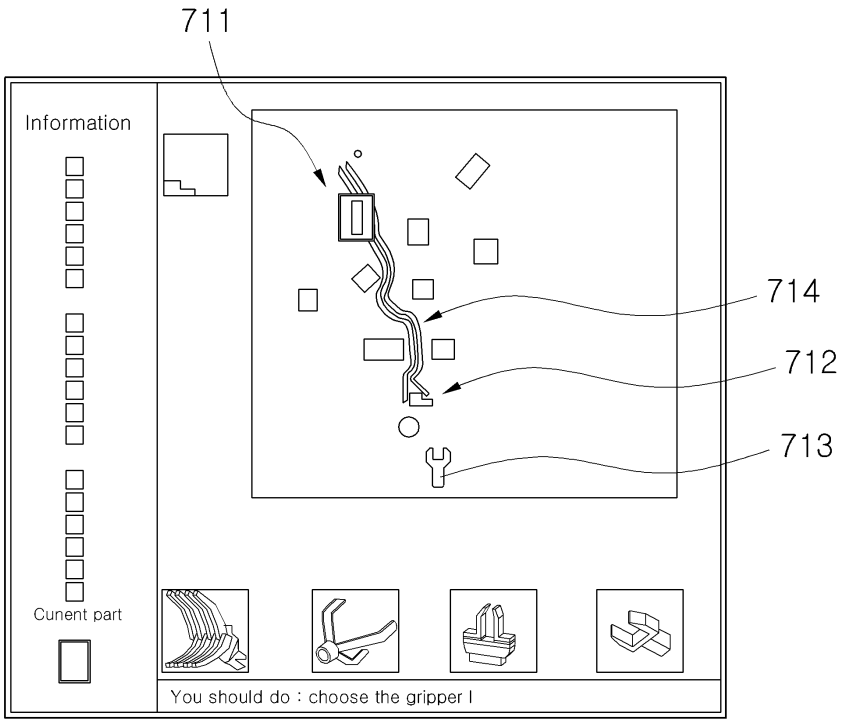
도면5


X+
Orientation
3
2
Oi
Oi-1
Oi-2
Repulsive Boundary

도면6


시 작
무작위 초기 세대 생성
비용함수 계산
순위화
GA 연산자
수령?
N
Y
마 침
그리퍼 교환수 (G) 계산
회전수 (O) 계산
Fort = 1 ton
부품 t를 위한 경로계획
D_t
$(D_{ref})_t$

도면7


711
Information
Cunent part
714
712
713
You should do : choose the gripper I