(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0051364
(43) 공개일자 2025년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01M 9/04 (2006.01) *B25J 11/00* (2006.01)
B25J 9/04 (2006.01) *B64G 1/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01M 9/04 (2013.01)
B25J 11/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0134399
(22) 출원일자 2023년10월10일
심사청구일자 2023년10월10일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 조선대길 126(서석동, 산학협력단)
(72) 발명자
정성훈
광주광역시 동구 남문로753번길 20, 109동 2103호(학동, 무등산 아이파크)
김신형
경기도 파주시 미래로 535, 313동 1120호(목동동, 해솔마을3단지 운정현대아파트)
(74) 대리인
특허법인지원

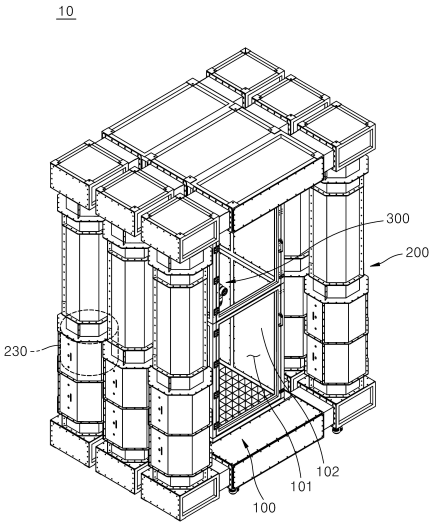
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **로켓 이착륙 테스트용 수직풍동장치**

(57) 요 약

본 발명은 로켓 이착륙 테스트용 수직풍동장치에 관한 것으로서, 풍동영역이 형성되는 부스; 부스와 연동되고 부스 내에 일방향의 풍동이 발생되도록 유체가 순환되는 경로를 형성하는 순환유로; 부스 내에서 로켓을 파지하고 제어부에 의해 제어되는 다관절을 구비하는 로봇팔; 및 로봇팔을 제어하고 풍동에 의해 발생되는 운동에너지 정보를 수집하는 처리부;를 포함하는, 수직풍동장치가 제공된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B25J 9/046 (2013.01)
B64G 1/008 (2023.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415187809
과제번호	20023727
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술기획평가원
연구사업명	차세대지능형반도체기술개발사업(시스템반도체상용화설계)
연구과제명	인공지능 기반 전고체 배터리 대응 배터리 제어 반도체 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	조선대학교 산학협력단
연구기간	2023.04.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

풍동영역이 형성되는 부스;

상기 부스와 연동되고 상기 부스 내에 일방향의 풍동이 발생되도록 유체가 순환되는 경로를 형성하는 순환유로;

상기 부스 내에서 로켓을 파지하고 제어부에 의해 제어되는 다관절을 구비하는 로봇팔; 및

상기 로봇팔을 제어하고 상기 풍동에 의해 발생되는 운동에너지 정보를 수집하는 처리부;를 포함하는, 수직풍동장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 순환유로는 상기 풍동을 발생시키는 송풍부를 포함하고,

상기 송풍부는 상기 풍동영역에서의 상기 풍동이 하부로부터 상부로 발생하도록 하는, 수직풍동장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 부스는 저면이 구획되어 공기가 단위면적당 균일하게 통과될 수 있도록 하는 분배구를 포함하는, 수직풍동장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 로봇팔은 적어도 6축을 통한 제어가 될 수 있는, 수직풍동장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 처리부는,

상기 풍동영역 내에서 상기 제어부가 제어한 상기 로켓의 위치 및 자세와 풍속을 기초로 상기 로봇팔에 발생하는 모멘트 및 저항을 감지하고, 기 결정된 모델에 의해 상기 로켓의 위치 및 자세를 예측하는, 수직풍동장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 제어부는 상기 처리부와 연동되어 정확도 시험, 자세 제어 시험 및 위치 제어 시험 중 하나 이상의 시험 공정을 수행하는, 수직풍동장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 로켓 이착륙 테스트용 수직풍동장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 일반적으로, 로켓을 대상으로 하는 수직풍동장치의 경우 로켓의 수직 착륙 능력을 시뮬레이션하고 테스트하기 위한 장치이다. 이 장치는 로켓 이착륙 시나리오를 시뮬레이션하고 로켓의 안정성과 정확성을 평가하기 위한 핵심 도구로 사용되고 있다. 최근 발사체 시작에서 1단 로켓(부스터)를 회수하여 예산 절감을 하는 시도가 증가하는 추세이며, 기존 발사체 설계의 기본 목표인 경량화를 추구하면서 로켓 회수 임무를 수행하기 위한 선택으로 주 추진 엔진을 그대로 재활용해 착륙할 수 있는 수직 이착륙 방식이 가장 대중적으로 성공한 사례가 있다. 이에 따라 많은 후발기업들이 수직 이착륙을 통한 로켓 회수 기술을 개발하고 있다. 여기서, 로켓의 수직 착륙 기술은 역추진시 발생하는 배기 플룸에 의해 영향을 받는 등 이륙 및 정상 비행할 때와 상당히 다른 공기역학적 특징을 갖는데, 이에 따라 수직이착륙을 위한 제어기 개발 등에 풍동 및 시뮬레이션 연구가 요구되고 있다.

[0004] 그러나 종래에는 기존 개발된 수직 풍동 장치가 있음에도 단순히 로켓 주위에 발생하는 유동을 확인하기 위한 목적에 가깝고 이 경우, 높은 레이놀즈 수에서 중력이 유체에 미치는 영향은 매우 미미하기 때문에 수평 풍동 장치를 활용하는 것은 기대효과가 낮다는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제 10-1810859 호 (2017. 12. 14)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 일 실시예는 로봇팔을 개입시켜 수직풍동에 대한 데이터만 수집할 수 있는 것을 목적으로 한다.

[0008] 본 발명의 일 실시예는 수직풍동만 가동되는 환경에서 수집할 수 있는 다양한 데이터를 수집할 수 있는 것을 목적으로 한다.

[0009] 본 발명의 일 실시예는 이착륙시의 자세, 위치, 풍속을 모사하여 보다 정확한 결과를 도출하는 것을 목적으로 한다.

[0010]

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 로켓 이착륙 테스트용 수직풍동장치에 관한 것으로서, 풍동영역이 형성되는 부스; 부스와 연동되고 부스 내에 일방향의 풍동이 발생되도록 유체가 순환되는 경로를 형성하는 순환유로; 부스 내에서 로켓을 파지하고 제어부에 의해 제어되는 다관절을 구비하는 로봇팔; 및 로봇팔을 제어하고 풍동에 의해 발생되는 운동에너지 정보를 수집하는 처리부;를 포함하는, 수직풍동장치가 제공된다.

[0012] 그리고, 순환유로는 풍동을 발생시키는 송풍부를 포함하고, 송풍부는 풍동영역에서의 풍동이 하부로부터 상부로 발생하도록 할 수 있다.

[0013] 또한, 부스는 저면이 구획되어 공기가 단위면적당 균일하게 통과될 수 있도록 하는 분배구를 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 로봇팔은 적어도 6축을 통한 제어가 될 수 있다.

[0015] 또한, 처리부는, 풍동영역 내에서 제어부가 제어한 로켓의 위치 및 자세와 풍속을 기초로 로봇팔에 발생하는 모멘트 및 저항을 감지하고, 기 결정된 모델에 의해 로켓의 위치 및 자세를 예측할 수 있다.

[0016] 또한, 제어부는 처리부와 연동되어 정확도 시험, 자세 제어 시험 및 위치 제어 시험 중 하나 이상의 시험 공정을 수행할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따라 로봇팔을 개입시켜 수직풍동에 대한 데이터만 수집할 수 있는 로켓 이착륙 테스트용 수직풍동장치를 제공할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따라 수직풍동만 가동되는 환경에서 수집할 수 있는 다양한 데이터를 수집할 수 있는 로켓 이착륙 테스트용 수직풍동장치를 제공할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따라 이착륙시의 자세, 위치, 풍속을 모사하여 보다 정확한 결과를 도출하는 로켓 이착륙 테스트용 수직풍동장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직풍동장치의 사시도를 나타낸 도면 이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 송풍부의 단면을 나타낸 사시도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 로켓부스의 단면을 나타낸 사시도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 공기유동을 나타낸 정면측 단면도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직충동장치의 구동을 나타낸 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

[0024] 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0025] 본 발명의 기술적 사상은 청구범위에 의해 결정되며, 이하의 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 효율적으로 설명하기 위한 일 수단일 뿐이다.

[0026] 이하에서는 본 발명의 일 실시예로서, 로켓부스(100)터를 회수하는 과정에서 발생할 수 있는 문제점들을 해결하기 위해 풍동장치를 통해 물리량을 수집하여 로켓회수과정을 개선할 수 있도록 제공되는 수직풍동장치(10)에 관하여 설명하기로 한다. 본 발명의 수직풍동장치(10)는 종래에 실시되던 수평방향으로의 풍동장치는 높은 레이놀즈 수에서 중력이 유체에 미치는 영향이 매우 미미하므로 수평풍동장치만의 이점이 없다고 할 수 있다.

[0027] 반면에 본 발명과 같이 수직풍동장치(10) 내부에 제어 가능한 로봇팔(300)을 통해 다축으로 자유도를 부여함으로써 실제 로켓이 회수되는 과정과 같이 착륙하는 효과를 실제로 구현함으로써 실제와 유사한 현상을 관측 및 데이터 수집이 가능하다.

[0028] 본 발명은 이를 위해 풍속을 조절할 수 있는 구성와 로켓을 파지할 수 있는 로봇팔(300)을 구비하며 이는 각각 제어부와 연동되어 소정의 착륙시나리오를 실시할 수 있으며, 사용자의 필요에 따라 다양한 실험요구를 충족할 수 있다. 예를 들면, 로켓의 자세, 위치, 풍속 등의 환경을 모사함으로써 시뮬레이션을 통한 제어 실험으로 얻을 수 있는 데이터보다 정확한 결과를 도출할 수 있게 된다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직풍동장치(10)의 사시도를 나타낸 도면 이다.

[0031] 도 1을 참조하면, 본 발명의 수직풍동장치(10)는 풍동영역(101)이 형성되는 부스(100), 부스(100)와 연동되고

부스(100) 내에 일방향의 풍동이 발생되도록 유체가 순환되는 경로를 형성하는 순환유로(200), 부스(100) 내에서 로켓을 파지하고 제어부에 의해 제어되는 다관절을 구비하는 로봇팔(300) 및 로봇팔(300)을 제어하고 풍동에 의해 발생되는 운동에너지 정보를 수집하는 처리부를 포함할 수 있다.

[0032] 구체적으로 실험대상인 로켓은 로봇팔(300)에 의해 파지되되, 부스(100) 내에 파지될 수 있다. 부스(100)는 하부로부터 상부 방향으로 풍동이 발생될 수 있다. 풍동을 지속적으로 발생시키기 위해 부스(100)에 인접하여 연통되는 하나 이상의 순환유로(200)가 형성될 수 있다. 순환유로(200)는 수직풍동장치(10)의 부스(100) 내부에서 지속적인 풍동이 형성되도록 하기 위해 공기를 순환시킬 수 있다. 이를 위해 부스(100)의 상부와 하부 각각과 연통된 순환유로(200)는 풍동관(210)으로 유로를 연장하여 상시 상부로부터 상기 하부로 공기를 이동시키는 기능을 수행할 수 있다. 여기서 풍동관(210)이 연장되는 구간에는 적어도 하나의 송풍부(230)가 마련되고, 송풍부(230)가 마련되는 하우징 내에 송풍부(230)가 위치될 수 있다.

[0033] 한편, 로봇팔(300)은 적어도 6축을 통한 제어가 될 수 있다. 이를 통해 로봇팔(300)이 파지하는 로켓은 사용자가 기 설정한 조건대로 부스(100) 내에서 자세 및 위치를 조성할 수 있고, 그와는 별개로 송풍부(230)에 의한 풍동이 발생되며 사용자는 관측창(102)을 통해 관측하고 제어부를 통해 데이터 수집을 실시할 수 있다. 사용자의 관측은 부스(100)의 적어도 일면이 투시가능한 투시창으로 마련되는 관측창(102)일 수 있고, 적어도 일부면적이 투시 가능한 관측창(102)으로 형성되고, 관측창(102)을 통해 사용자는 실험과정을 직관적으로 확인할 수 있는 것이 바람직하다.

[0035] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 송풍부(230)의 단면을 나타낸 사시도이다.

[0036] 도 2를 참조하면, 순환유로(200)는 풍동을 발생시키는 송풍부(230)를 포함하고, 송풍부(230)는 풍동영역(101)에서의 풍동이 하부로부터 상부로 발생하도록 할 수 있다. 상기 송풍부(230)는 풍동영역(101)의 상부로부터 공기를 유입할 수 있도록 상대적으로 음압을 형성시켜 제1풍동(F1)을 유발하는 송풍부(230)를 마련할 수 있고, 수직풍동장치(10)의 외부와는 구획된 내구공간에서 유체가 순환되도록 함으로써 지속적인 풍동을 발생시킬 수 있다. 이러한 풍동은 로켓의 착륙상황을 구현할 수 있도록 경우에 따라 풍속을 조절할 수 있다. 상기 풍속은 기 설정된 착륙 시나리오에 대응되도록 변경될 수 있다.

[0037] 또한, 송풍부(230)에 의해 부스(100) 하부에는 상대적으로 양압이 형성되어 공기가 하단으로부터 상단으로 흐를 수 있도록 하는데 이때 하단에서 제공되는 공기가 단위면적당 균일하게 제공되도록 하기 위해 부스(100)의 하단에는 분배구(110)가 마련될 수 있다. 이러한 분배구(110)가 없는 경우에는 송풍부(230)에 의해 형성된 양압에 의한 제2풍동(F2)이 균일한 층류로 로켓에 영향을 미치지 않아 수직방향 이외의 방향으로 외력의 영향을 발생시킬 수 있어 보다 균일한 층류형태로 로켓에 풍동을 제공될 수 있도록할 수 있다.

[0038] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 로켓부스(100)의 단면을 나타낸 사시도인데, 도 3을 포함한 본 발명의 예시와 같이 부스(100)는 저면이 구획되어 공기가 단위면적당 균일하게 통과될 수 있도록 하는 분배구(110)를 포함할 수 있다. 구체적으로 부스(100)와 인접한 순환유로(200)가 다수 형성된 경우에는 송풍부(230)에 의해 복수의 방향으로부터 제공되는 공기가 섞이며 난류형태로 로켓에 풍동영향을 미칠 수 있는데 이는 로켓이 착륙하는 조건과 다소 상이할 수 있어, 층류형태의 풍동환경을 조성하여 풍동영역(101)을 구성할 수 있다.

[0039] 이 때, 로봇팔(300)은 다축(예를 들어, 6축 이상)으로 구성되어 파지한 로켓의 위치 및 자세 등의 조건을 변경시킬 수 있고, 사용자는 로켓에 가해지는 압력데이터를 로봇팔(300)을 통해 데이터를 수집할 수 있다. 예를 들어, 고도 30m 내에서 착륙할 때 100m/s의 속도로 하강하다가 최종적으로 0m/s의 정지속도가 되는데, 착륙 지면으로부터 3m의 높이에서 초기속도 10m/s로 착륙하는 것이 이상적인 착륙 시나리오라고 할 때, 바람직한 착륙의 경우에 로봇팔(300)은 로켓을 지지하기 위한 별도의 힘을 가하지 않고 로봇과 함께 움직기만 할 수 있다. 이때의 압력데이터는 0일 수 있으며, 여러가지 요건에 의해 이상적인 경로나 속도를 벗어나는 경우 로봇팔(300)이 로켓을 지지하기 위해 힘(압력)이 가해지게 된다. 이 때 발생하는 힘을 압력데이터로서 수집하여 보다 이상적인 착륙 조건을 수립할 수 있게된다.

[0040] 반면, 착륙이 아닌 이륙 시에는 풍동의 방향을 상부로부터 하부로 발생시켜 높이 방향인 z축은 고정한 상태로 x 및 y의 평면상에서 이동시키면서 시뮬레이션을 할 수도 있다. 이를 위해 송풍부(230)는 회전방향을 달리 하여 풍동발생 방향을 변화시킬 수도 있고, 180도 회전하여 풍동방향을 변경할 수도 있다.

[0042] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 공기유동을 나타낸 정면측 단면도이다.

[0043] 도 4를 참조하면, 처리부는 풍동영역(101) 내에서 제어부가 제어한 로켓의 위치 및 자세와 풍속을 기초로 로봇팔(300)에 발생하는 모멘트 및 저항을 감지하고, 기 결정된 모델에 의해 로켓의 위치 및 자세를 예측할 수 있다.

[0044] 전술한 바와 같이 순환유로(200)는 풍동을 발생시키는 송풍부(230)를 포함하고, 송풍부(230)는 풍동영역(101)에서의 풍동이 하부로부터 상부로 발생하도록 하는 것을 기본으로 하고, 송풍부(230)로부터 송풍되는 방향을 전환시키면서 상부로부터 하부로 풍동을 형성하는 것 또한 선택적으로 가능하다. 도 4에 도시된 예시는 하부로부터 상부로 형성되는 풍동을 나타낸 것으로 순환유로(200)에 의해 부스(100) 내에는 지속적으로 풍동이 발생하고, 부스(100)와 순환유로(200)를 반복적으로 순환하는 유체흐름을 형성할 수 있다.

[0045] 이 과정에서 적어도 6축 이상의 자유도를 가진 로봇팔(300)은 로켓의 자세 및 위치를 다양한 경우에 대입하여 적용시험해볼 수 있도록 한다, 여기서 6축은 6자유도를 의미하며 여기서 3자유도는 위치(position)이며, 나머지 3자유도는 자세(orientation)에 대한 것일 수 있다. 비행체인 로켓의 무게중심을 중심으로 하는 세 개의 축을 중심으로 운동하는 것을 로봇팔(300)을 통해 구현할 수 있으며, 사용자의 필요에 따라 양성(positive)운동 및 음성(negative)운동을 실시하며 기 설정된 제어를 수행할 수 있다.

[0047] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직풍동장치(10)의 구동을 나타낸 순서도이다.

[0048] 도 5를 참조하면, 로켓의 위치 및 자세를 기 설정된 값으로 조정하고, 기 설정된 풍속을 제공하는 것으로 실험을 실시할 수 있다. 여기서 로켓의 위치 및 자세는 로켓의 질점에 대한 상기 6축에 관한 것이며, 이에 대하여 송풍부(230)로부터 발생되는 풍동의 풍속에 따라 로봇팔(300)은 로드셀로 전달되는 압력(힘과 모멘트)을 측정할 수 있게 된다.

[0049] 상기 측정을 통해 수집된 힘과 모멘트 정보를 기 설정된 모델에 반영하여 질점의 자세 및 위치를 예측하고 시험구간의 이탈여부를 포함하는 산출정보를 생성할 수 있다. 상기 산출정보는 정확도 시험, 자세 제어 시험, 위치 제어 시험 중 하나 이상을 적용해볼 수 있으며, 이는 사용자의 니즈에 따라 선택적으로 결정될 수 있다.

[0050] 그리고, 사용자가 기 설정한 시험이 상기 정확도 시험인 경우에는 시험대상인 로켓의 안전 구역 충돌 예측값 및 허용 충격량 초과 여부를 판단하여 충격량이 초과하는 경우 로봇팔(300)이 로켓의 움직임을 정지하면서 시험이 종료될 수 있다. 상기 충격량은 전술한 압력(힘과 모멘트)에 포함되는 개념일 수 있다.

[0051] 또한, 사용자가 기 설정한 시험이 상기 자세 제어 시험인 경우에는 로봇팔(300)로 로켓의 질점을 고정시킨 상태에서 풍속에 변화를 가해 가상의 질점위치를 제어하는 과정에서 시험대상인 로켓의 안전 구역 충돌 예측값 및 허용 충격량 초과 여부를 판단하여 충격량이 초과하는 경우 로봇팔(300)이 로켓의 움직임을 정지하면서 시험이 종료될 수 있다. 상기 충격량은 전술한 압력(힘과 모멘트)에 포함되는 개념일 수 있다.

[0052] 또한, 사용자가 기 설정한 시험이 상기 위치 제어 시험인 경우에는 시험 대상인 로켓의 안전 구역 이탈이 되면 로봇팔(300)을 통해 안전구역 내로 강제 이동을 시키고, 풍속에 변화를 가해 가상의 질점위치를 제어할 수 있다. 이 과정에서 시험대상인 로켓의 안전 구역 충돌 예측값 및 허용 충격량 초과 여부를 판단하여 충격량이 초과하는 경우 로봇팔(300)이 로켓의 움직임을 정지하면서 시험이 종료될 수 있다. 상기 충격량은 전술한 압력(힘과 모멘트)에 포함되는 개념일 수 있다.

[0053] 반면에, 대상인 로켓의 안전 구역 이탈이 일어나지 않는 경우에는 반복하여 상기 측정을 통해 수집된 힘과 모멘트 정보를 기 설정된 모델에 반영하여 질점의 자세 및 위치를 예측하고 시험구간의 이탈여부를 포함하는 산출정보를 생성할 수 있다. 이후 사용자가 기 설정한 위치 제어 시험이 실시 되도록 할 수 있다.

[0054] 전술한 정확도, 자세 제어 및 위치 제어 시험에서 각각 수행될 수 있는 로켓의 안전 구역 충돌 예측값 및 허용 충격량 초과 여부를 판단하는 과정에서 허용 충격량을 초과하지 않은 경우에도, 반복하여 상기 측정을 통해 수집된 힘과 모멘트 정보를 기 설정된 모델에 반영하여 질점의 자세 및 위치를 예측하고 시험구간의 이탈여부를 포함하는 산출정보를 생성할 수 있다. 이후 사용자가 기 설정한 위치 제어 시험이 실시 되도록 할 수 있다.

[0056] 이상에서 본 발명의 대표적인 실시예들을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을

이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0057] 10 : 수직풍동장치

100 : 부스

101 : 풍동영역

102 : 관측창

110 : 분배구

200 : 순환유로

210 : 풍동관

220 : 하우징

230 : 송풍부

300 : 로봇팔

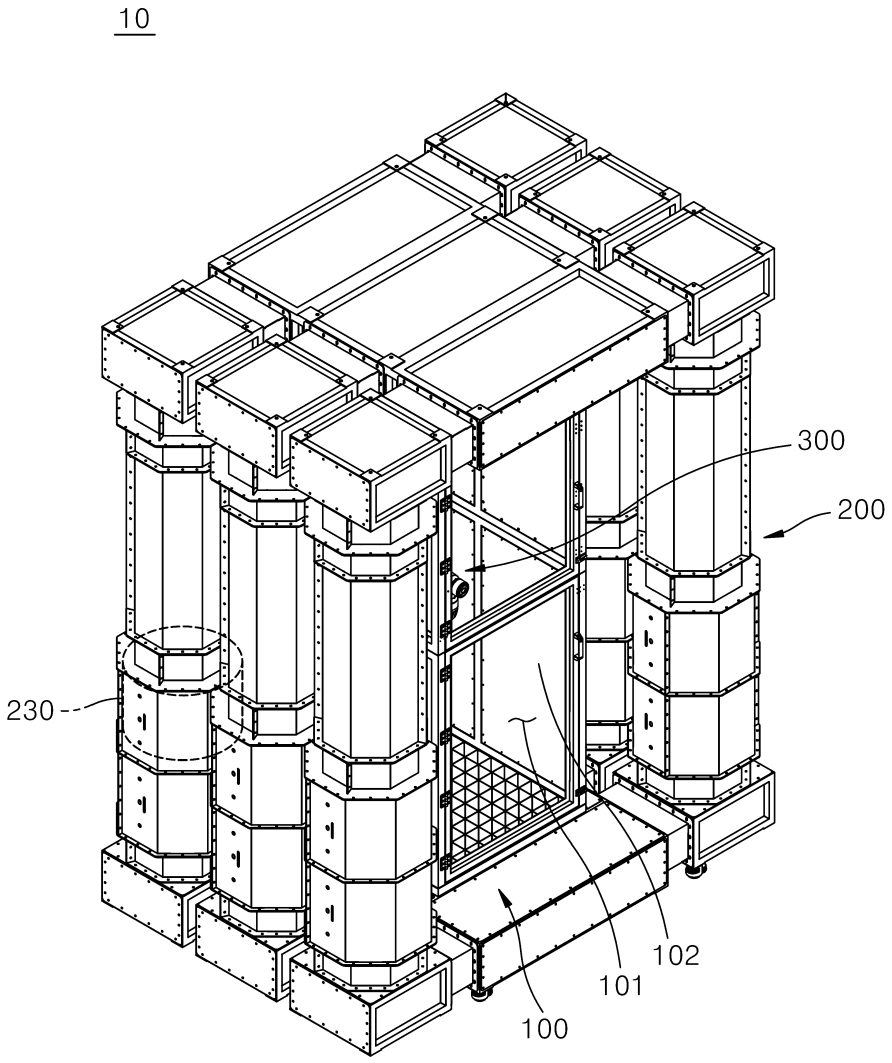
F : 순환풍동

F1 : 제1풍동

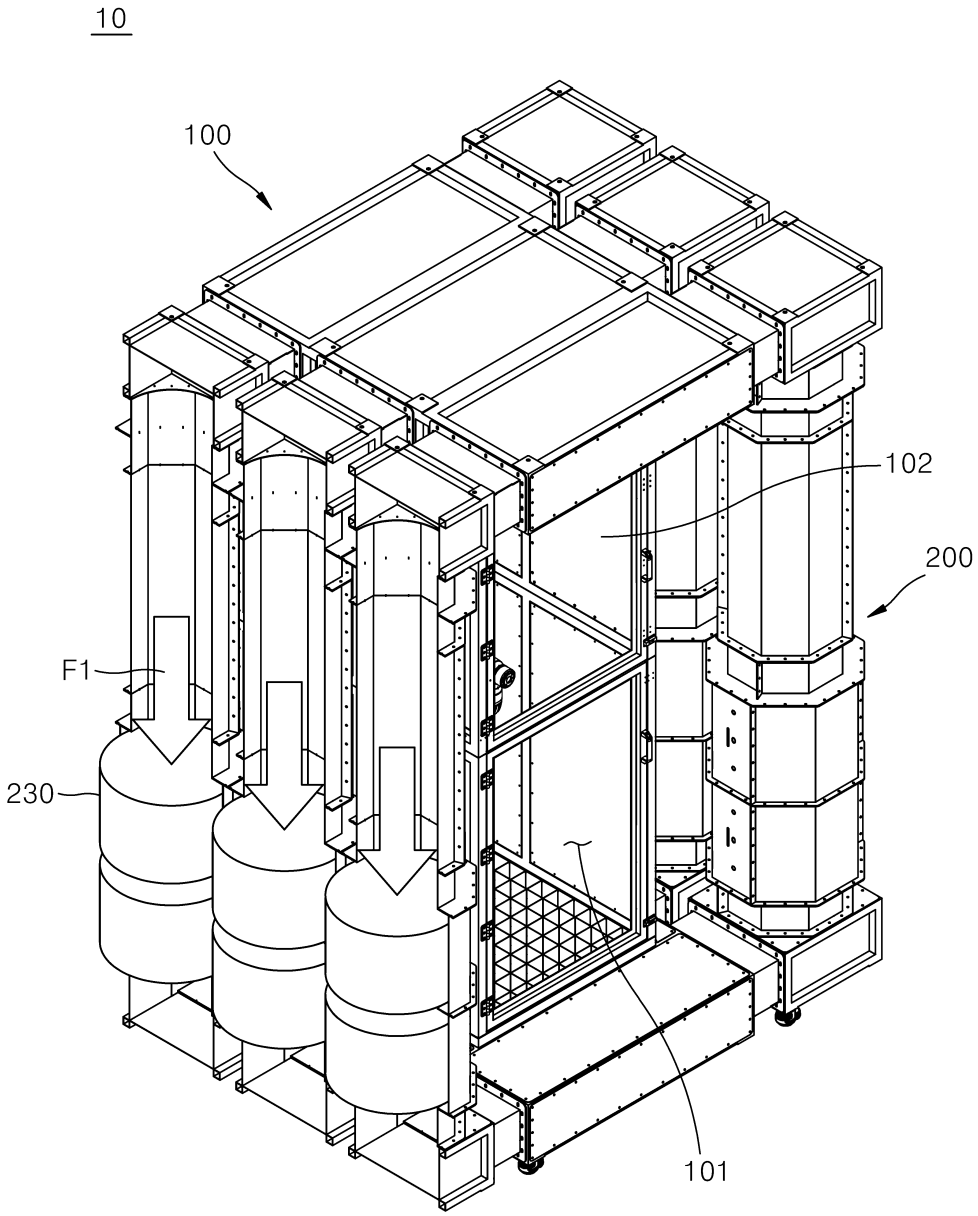
F2 : 제2풍동

도면

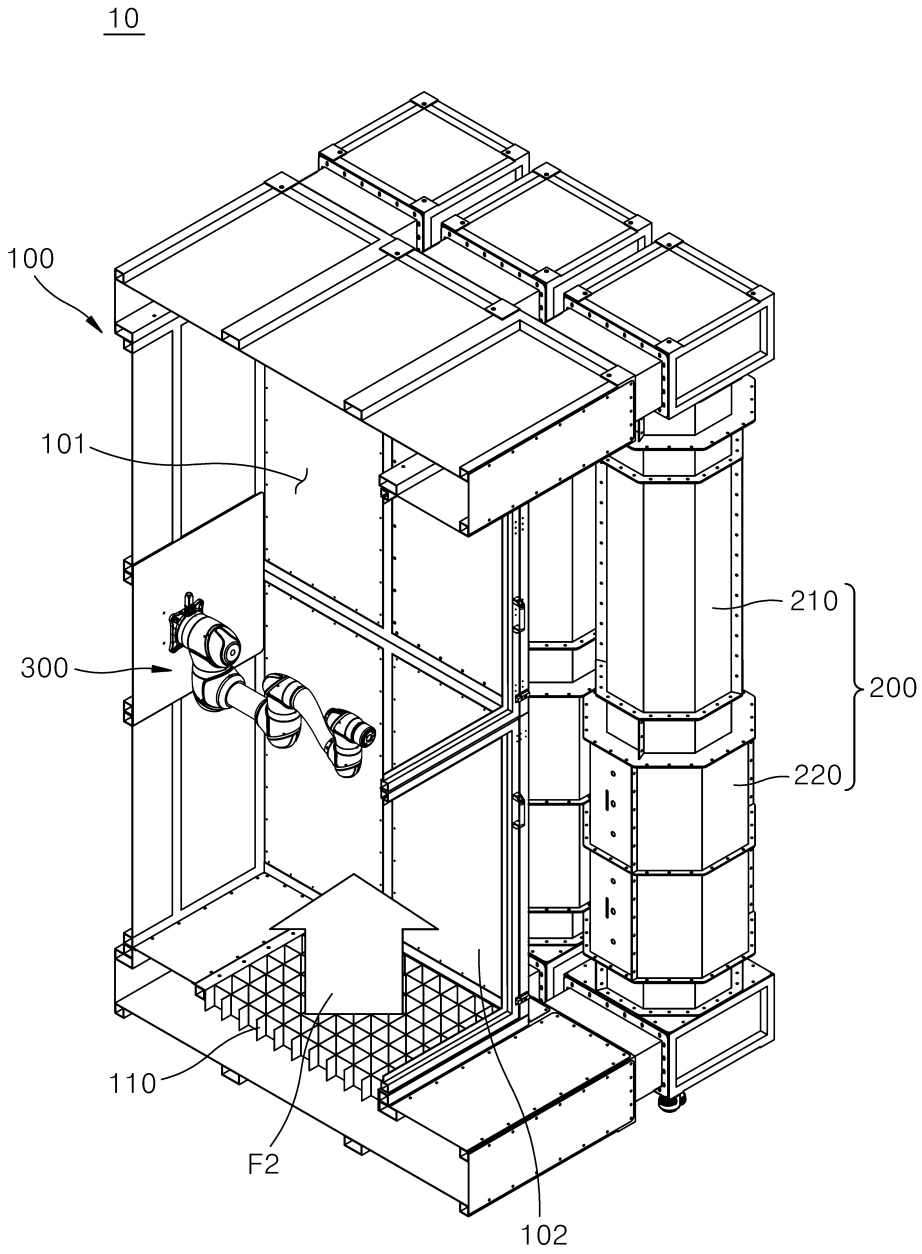
도면1



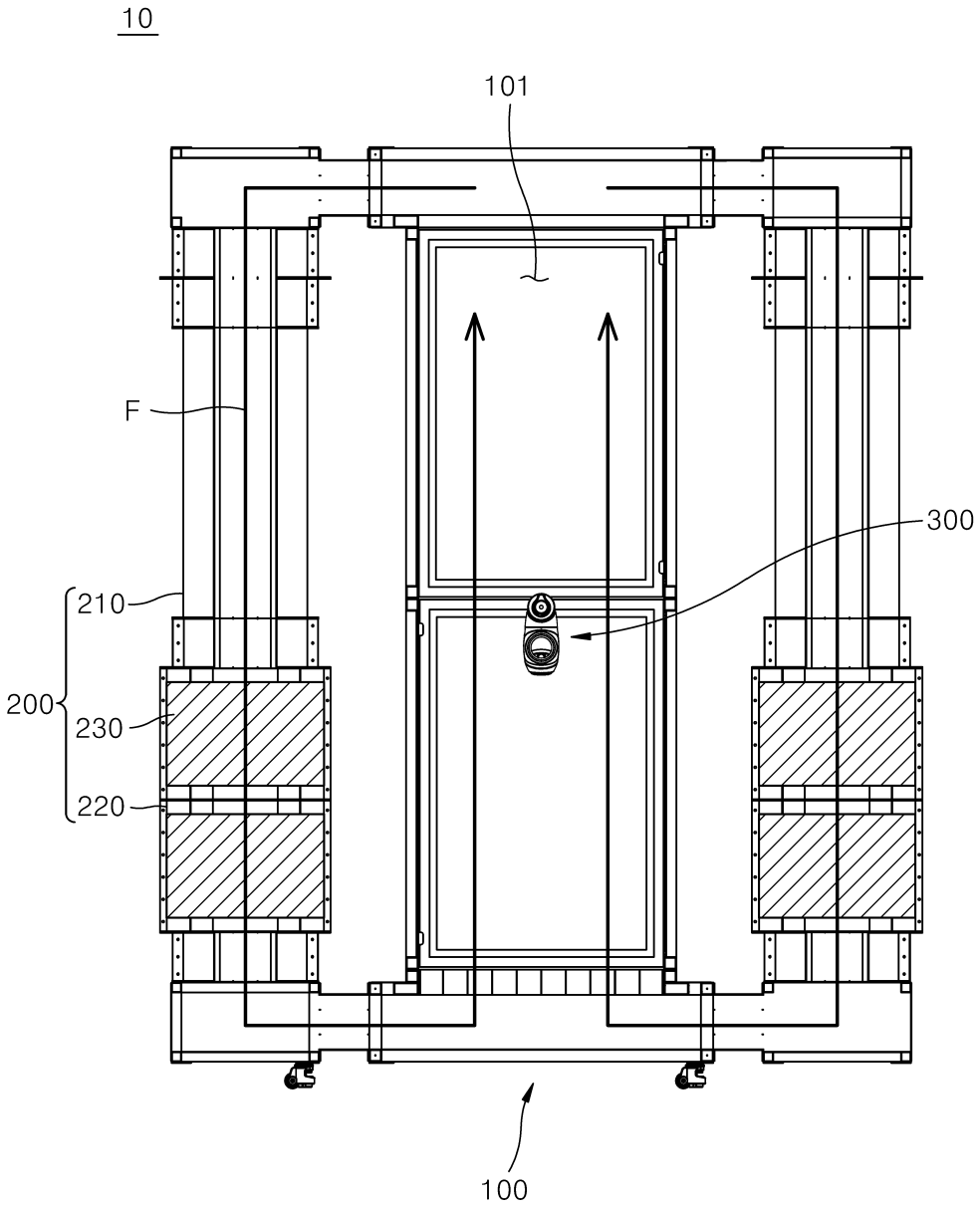
도면2



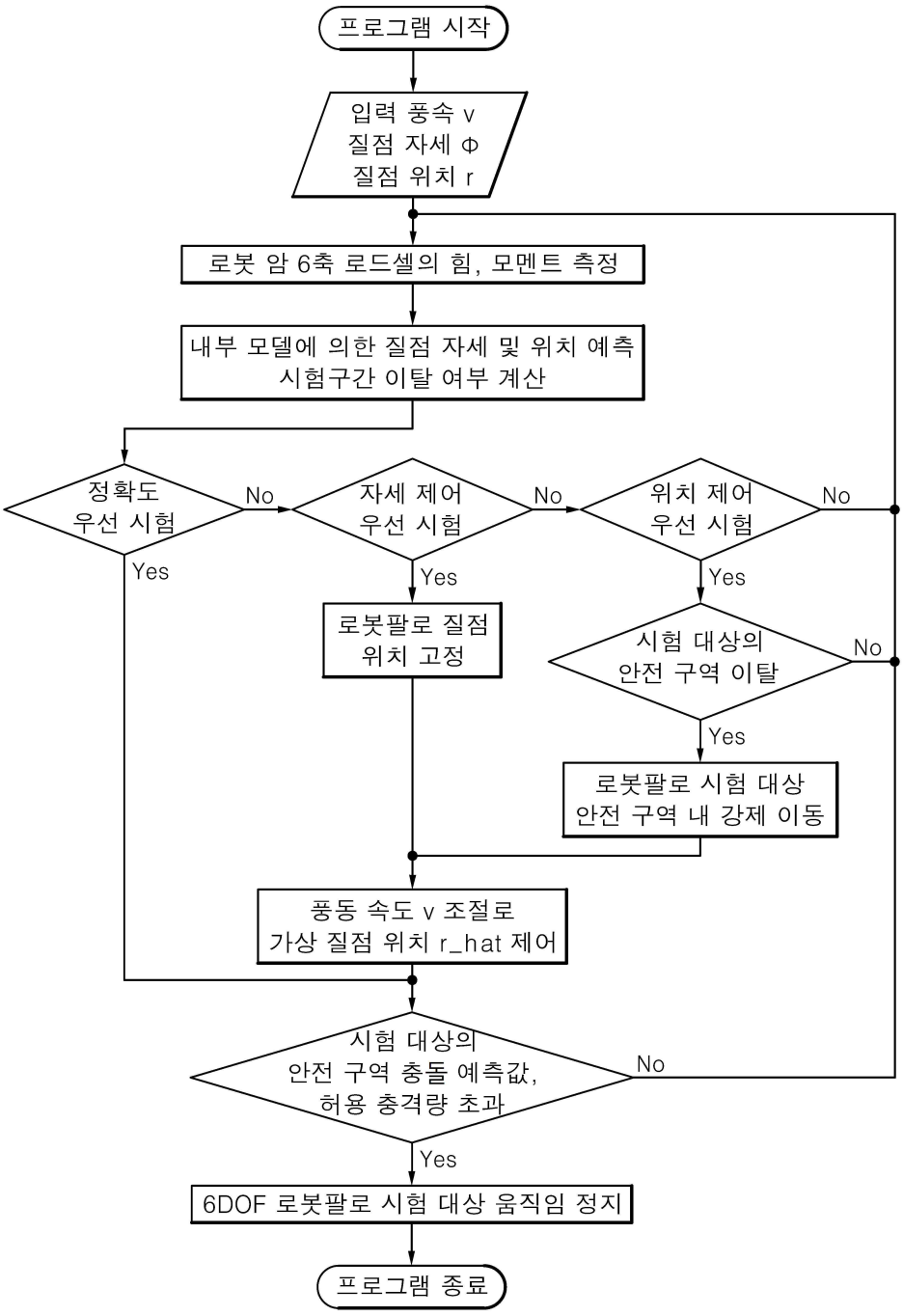
도면3



도면4



도면5


프로그램 시작
입력 풍속 v
질점 자세 Φ
질점 위치 r
로봇 암 6축 로드셀의 힘, 모멘트 측정
내부 모델에 의한 질점 자세 및 위치 예측
시험구간 이탈 여부 계산
정확도
우선 시험
No
Yes
자세 제어
우선 시험
No
Yes
위치 제어
우선 시험
No
Yes
로봇팔로 질점
위치 고정
시험 대상의
안전 구역 이탈
No
Yes
로봇팔로 시험 대상
안전 구역 내 강제 이동
풍동 속도 v 조절로
가상 질점 위치 r_hat 제어
시험 대상의
안전 구역 충돌 예측값,
허용 충격량 초과
No
Yes
6DOF 로봇팔로 시험 대상 움직임 정지
프로그램 종료