



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0139089  
(43) 공개일자 2016년12월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01D 21/02 (2006.01) G01L 1/22 (2006.01)  
G01L 5/00 (2006.01) G01L 5/04 (2006.01)  
G10G 7/00 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01D 21/02 (2013.01)  
G01L 1/22 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0072869  
(22) 출원일자 2015년05월26일  
심사청구일자 2015년05월26일

(71) 출원인  
경희대학교 산학협력단  
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)  
(72) 발명자  
김동한  
서울특별시 강남구 삼성로 212 11동 1110호 (대치동, 은마아파트)  
이범주  
서울특별시 동대문구 답십리로69길 81 203호 (장안동, 이화연립)  
조원서  
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 전자정보대학관 554-1호 (서천동, 경희대학교국제캠퍼스)  
(74) 대리인  
김홍석, 김동용

전체 청구항 수 : 총 16 항

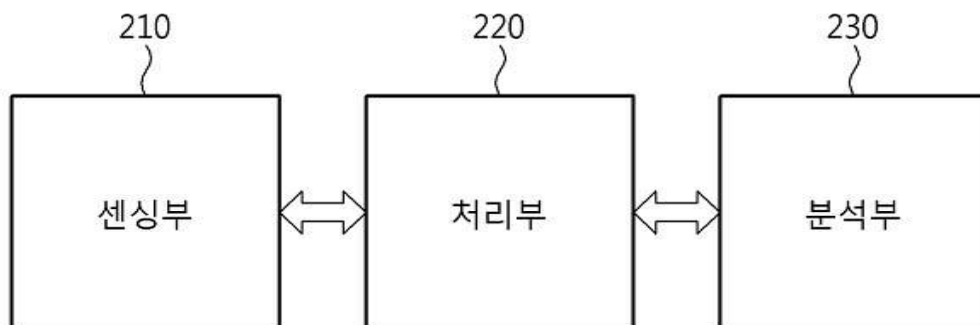
(54) 발명의 명칭 활에 발생하는 힘을 측정하는 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 현악기의 연주시 활의 힘(bowing force)을 안정하게 유지하여 의도하는 음의 톤을 낼 수 있도록 활에 발생하는 힘을 측정하고, 이를 분석하여 활의 힘의 제어하거나, 힘을 제어하기 위한 정보를 제공하는 기술로서, 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 이용하여 활에 발생하는 힘을 수집하고, 상기 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하는 센싱부, 상기 생성된 출력신호를 신호처리 하는 처리부, 및 상기 신호처리된 출력신호에 기초하는 소리의 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석하는 분석부를 포함한다.

대표도 - 도2

200



(52) CPC특허분류

G01L 5/00 (2013.01)  
 G01L 5/0028 (2013.01)  
 G01L 5/04 (2013.01)  
 G10G 7/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|          |                                                       |
|----------|-------------------------------------------------------|
| 과제고유번호   | 2012R1A1A2043822                                      |
| 부처명      | 교육부                                                   |
| 연구관리전문기관 | 한국연구재단                                                |
| 연구사업명    | 일반연구자지원사업                                             |
| 연구과제명    | 실시간 Auditory Feedback 기반 HRI 시스템 연구                   |
| 기 여 율    | 1/2                                                   |
| 주관기관     | 경희대학교                                                 |
| 연구기간     | 2012.09.01 ~ 2015.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업             |
| 과제고유번호   | NRF-2014S1A5B6035098                                  |
| 부처명      | 교육부                                                   |
| 연구관리전문기관 | 한국연구재단                                                |
| 연구사업명    | 학제간융합연구사업                                             |
| 연구과제명    | 인간과 실시간 협연을 위한 바이올린 연주 로봇 개발                          |
| 기 여 율    | 1/4                                                   |
| 주관기관     | 경희대학교                                                 |
| 연구기간     | 2014.11.01 ~ 2015.10.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업             |
| 과제고유번호   | NIPA-2014-ITAH0905140110020001000100100               |
| 부처명      | 미래창조과학부                                               |
| 연구관리전문기관 | 정보통신기술진흥센터                                            |
| 연구사업명    | 해외IT전문인력활용촉진                                          |
| 연구과제명    | 실시간 Auditory Feedback을 활용한 음악로봇의 추가로 향상된 로봇 뮤지컬 기술 개발 |
| 기 여 율    | 1/4                                                   |
| 주관기관     | 경희대학교                                                 |
| 연구기간     | 2014.12.01 ~ 2016.12.31                               |

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 이용하여 활에 발생하는 힘을 수집하고, 상기 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하는 센싱부;

상기 생성된 출력신호를 신호처리 하는 처리부; 및

상기 신호처리된 출력신호에 기초하는 소리의 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석하는 분석부를 포함하는 힘 측정 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 상기 활의 손잡이의 일측면에 장착되고,

상기 센싱부는 상기 활의 활대(stick)에 발생하는 휨새로부터 상기 활의 손잡이에 전달되는 힘의 변화를 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 통해 수집하는 힘 측정 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 상기 활의 활털걸이의 일측면에 장착되고,

상기 센싱부는 상기 활의 활털(hair)에 발생하는 장력으로부터 상기 활의 활털걸이에 전달되는 힘의 변화를 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 통해 수집하는 힘 측정 장치.

#### 청구항 4

제2항에 있어서,

상기 센싱부는,

상기 활의 손잡이에 전달되는 힘의 변화에 의해, 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)의 휨 또는 뒤틀림의 정도를 센싱하는 힘 측정 장치.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 각 축당 복수개의 스트레인게이지를 포함하고,

상기 센싱부는

상기 복수개의 스트레인게이지에서 발생하는 값을 수집하여 상기 활에 발생하는 힘을 수집하는 힘 측정 장치.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 각 축당 풀-브리지(full bridge)회로의 형태로 구현되는 4개의 스트레인게이지를 포함하고,

상기 센싱부는,

상기 4개의 스트레인게이지에서 발생하는 값을 수집하여 상기 출력신호를 생성하는 힘 측정 장치.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,  
상기 처리부는,  
상기 생성된 출력신호를 증폭하는 힘 측정 장치.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,  
상기 분석부는,  
상기 활의 활대에서, 미리 지정된 위치에서 미리 지정된 크기로 발생하는 힘에 상응하는 출력신호와, 상기 발생하는 힘에 의해 예측 가능한 예상 출력신호를 대비하여 캘리브레이션 정보를 생성하고, 상기 생성된 캘리브레이션 정보를 고려하여 상기 피치(pitch) 정보, 상기 음색(Timbre)정보, 및 상기 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석하는 힘 측정 장치.

#### 청구항 9

미리 지정된 모양으로 형성된 홀(hole)을 갖고, 이를 유지하는 로드셀;  
상기 홀의 일측에 위치하며, 활에 발생하는 힘의 변화에 상응하여 상기 홀의 변형을 센싱하고, 상기 센싱에 기초하는 센싱값을 출력하는 스트레인게이지를 포함하는 힘 측정 장치.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,  
상기 로드셀은, 상기 미리 지정된 모양으로 형성된 홀(hole)을 각 축 별로 구비하는 힘 측정 장치.

#### 청구항 11

제9항에 있어서,  
상기 스트레인게이지는, 상기 홀(hole)의 중심축의 수직 방향에 위치하는 상기 로드셀의 평면상에 위치하는 힘 측정 장치.

#### 청구항 12

적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 이용하여 활에 발생하는 힘을 수집하고, 상기 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하는 단계;  
상기 생성된 출력신호를 신호처리 하는 단계; 및  
상기 신호처리된 출력신호에 기초하는 소리의 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석하는 단계를 포함하고,  
상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 상기 활의 손잡이의 일측면에 장착되는 힘 측정 방법.

#### 청구항 13

제12항에 있어서,  
상기 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하는 단계는,  
상기 활의 활대(stick)에 발생하는 힘으로부터 상기 활의 손잡이에 전달되는 힘의 변화를 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 통해 수집하는 단계를 포함하는 힘 측정 방법.

#### 청구항 14

제12항에 있어서,

상기 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하는 단계는,

상기 활의 활털(hair)에 발생하는 장력으로부터 상기 활의 손잡이에 전달되는 힘의 변화를 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 통해 수집하는 단계를 포함하는 힘 측정 방법.

#### 청구항 15

제12항에 있어서,

상기 분석하는 단계는,

상기 활의 활대에서, 미리 지정된 위치에서 미리 지정된 크기로 발생하는 힘에 상응하는 출력신호와, 상기 발생하는 힘에 의해 예측 가능한 예상 출력신호를 대비하는 단계;

상기 대비된 결과에 기초하여 캘리브레이션 정보를 생성하는 단계; 및

상기 생성된 캘리브레이션 정보를 고려하여 상기 피치(pitch) 정보, 상기 음색(Timbre)정보, 및 상기 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석하는 단계를 포함하는 힘 측정 방법.

#### 청구항 16

기록매체에 저장되는 힘 측정 프로그램으로서, 상기 프로그램은 컴퓨팅 시스템에서 실행되는:

적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 이용하여 활에 발생하는 힘을 수집하고, 상기 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하는 명령어 세트;

상기 생성된 출력신호를 신호처리 하는 명령어 세트; 및

상기 신호처리된 출력신호에 기초하는 소리의 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석하는 명령어 세트를 포함하고,

상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 상기 활의 손잡이의 일측면에 장착되는 힘 측정 프로그램.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 현악기의 연주시 활의 힘(bowing force)을 안정하게 유지하여 의도하는 음의 톤을 낼 수 있도록 활에 발생하는 힘을 측정하고, 이를 분석하여 활의 힘의 제어하거나, 힘을 제어하기 위한 정보를 제공하는 기술적 사상에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 현악기는 활과 현이 진동하여 소리를 생성하는 악기로서, 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre) 정보, 및 크기(loudness)의 조절을 통해 다양한 소리를 생성한다.

[0003] 이 중에서 피치(pitch)는 소리의 기본(fundamental) 주파수를 인지하는 것을 의미하며, 음계와 음정(tone)을 나타내는 요소이다. 음색(Timbre)은 악기나 음성의 조화(harmonic) 주파수 구조에 따라 특유의 특징이나 음의 소리를 결정하는 요소이고, 크기(loudness)는 음성의 강도를 인식하는 정도를 나타내는 요소이다.

[0004] 이 중에서, 특히 음색(Timbre)은 소리의 특징에 영향을 주는 가장 큰 요소이고, 이는 활의 속도, 활의 힘, 연주점 위치에 연관되어 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 공개공보 제10-2011-0072603호

### 발명의 내용

## 해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 현악기의 활에 발생하는 힘을 정확하게 측정하고 이를 분석하여 활의 힘(bowing force)을 안정하게 유지함으로써 의도하는 음의 톤을 낼 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다.
- [0007] 본 발명은 활의 힘을 조절할 수 있도록 정보를 제공함으로써 바이올린 초보 연주자들도 바이올린을 쉽게 배울 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다.

## 과제의 해결 수단

- [0008] 일실시예에 따른 힘 측정 장치는 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 이용하여 활에 발생하는 힘을 수집하고, 상기 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하는 센싱부, 상기 생성된 출력신호를 신호처리 하는 처리부, 및 상기 신호처리된 출력신호에 기초하는 소리의 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석하는 분석부를 포함한다.
- [0009] 일실시예에 따른 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 상기 활의 손잡이의 일측면에 장착되고, 상기 센싱부는 상기 활의 활대(stick)에 발생하는 힘으로부터 상기 활의 손잡이에 전달되는 힘의 변화를 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 통해 수집한다.
- [0010] 일실시예에 따른 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 상기 활의 활털걸이의 일측면에 장착되고, 상기 센싱부는 상기 활의 활털(hair)에 발생하는 장력으로부터 상기 활의 활털걸이에 전달되는 힘의 변화를 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 통해 수집한다.
- [0011] 일실시예에 따른 상기 센싱부는, 상기 활의 손잡이에 전달되는 힘의 변화에 의해, 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)의 휨 또는 뒤틀림의 정도를 센싱한다.
- [0012] 일실시예에 따른 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 각 측당 복수개의 스트레인게이지를 포함하고, 상기 센싱부는 상기 복수개의 스트레인게이지에서 발생하는 값을 수집하여 상기 활에 발생하는 힘을 수집한다.
- [0013] 일실시예에 따른 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 각 측당 풀-브리지(full bridge)회로의 형태로 구현되는 4개의 스트레인게이지를 포함하고, 상기 센싱부는, 상기 4개의 스트레인게이지에서 발생하는 값을 수집하여 상기 출력신호를 생성한다.
- [0014] 일실시예에 따른 상기 처리부는, 상기 생성된 출력신호를 증폭한다.
- [0015] 일실시예에 따른 상기 분석부는, 상기 활의 활대에서, 미리 지정된 위치에서 미리 지정된 크기로 발생하는 힘에 상응하는 출력신호와, 상기 발생하는 힘에 의해 예측 가능한 예상 출력신호를 대비하여 캘리브레이션 정보를 생성하고, 상기 생성된 캘리브레이션 정보를 고려하여 상기 피치(pitch) 정보, 상기 음색(Timbre)정보, 및 상기 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석한다.
- [0016] 일실시예에 따른 힘 측정 장치는 미리 지정된 모양으로 형성된 홀(hole)을 갖고, 이를 유지하는 로드셀, 및 상기 홀의 일측에 위치하며, 활에 발생하는 힘의 변화에 상응하여 상기 홀의 변형을 센싱하고, 상기 센싱에 기초하는 센싱값을 출력하는 스트레인게이지를 포함한다.
- [0017] 일실시예에 따른 상기 로드셀은, 상기 미리 지정된 모양으로 형성된 홀(hole)을 각 측 별로 구비한다.
- [0018] 일실시예에 따른 상기 스트레인게이지는, 상기 홀(hole)의 중심축의 수직 방향에 위치하는 상기 로드셀의 평면 상에 위치한다.
- [0019] 일실시예에 따른 힘 측정 방법은 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 이용하여 활에 발생하는 힘을 수집하고, 상기 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하는 단계, 상기 생성된 출력신호를 신호처리 하는 단계, 및 상기 신호처리된 출력신호에 기초하는 소리의 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석하는 단계를 포함하고, 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 상기 활의 손잡이의 일측면에 장착된다.
- [0020] 일실시예에 따른 상기 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하는 단계는, 상기 활의 활대(stick)에 발생하는 힘으로부터 상기 활의 손잡이에 전달되는 힘의 변화를 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 통해 수집하는 단계를 포함한다.
- [0021] 일실시예에 따른 상기 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하는 단계는, 상기 활의 활털(hair)에 발생하는 장

력으로부터 상기 활의 손잡이에 전달되는 힘의 변화를 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 통해 수집하는 단계를 포함한다.

[0022] 일실시예에 따른 상기 분석하는 단계는, 상기 활의 활대에서, 미리 지정된 위치에서 미리 지정된 크기로 발생하는 힘에 상응하는 출력신호와, 상기 발생하는 힘에 의해 예측 가능한 예상 출력신호를 대비하는 단계, 상기 대비된 결과에 기초하여 캘리브레이션 정보를 생성하는 단계, 및 상기 생성된 캘리브레이션 정보를 고려하여 상기 피치(pitch) 정보, 상기 음색(Timbre)정보, 및 상기 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석하는 단계를 포함한다.

[0023] 일실시예에 따른 힘 측정 프로그램은 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 이용하여 활에 발생하는 힘을 수집하고, 상기 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하는 명령어 세트, 상기 생성된 출력신호를 신호처리 하는 명령어 세트, 및 상기 신호처리된 출력신호에 기초하는 소리의 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석하는 명령어 세트를 포함하고, 상기 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 상기 활의 손잡이의 일측면에 장착된다.

### 발명의 효과

[0024] 실시예들에 따르면, 활에 발생하는 힘을 정확하게 측정하고 이를 분석하여 활의 힘(bowing force)을 안정하게 유지함으로써 의도하는 음의 톤을 낼 수 있도록 할 수 있다.

[0025] 활의 힘을 조절할 수 있도록 정보를 제공함으로써 바이올린 초보 연주자들도 바이올린을 쉽게 배울 수 있도록 한다.

### 도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명에서 활의 힘(bowing force)을 안정하게 유지하기 위해 고려해야 하는 요소들을 설명하는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 힘 측정 장치를 설명하는 블록도이다.

도 3은 힘 측정 장치에서 스트레인게이지에 발생한 힘에 상응하는 출력신호를 안정적으로 생성하는데 회로를 설명하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 로드셀을 설명하는 도면이다.

도 5는 도 4의 실시예에 따른 로드셀이 활의 일측면에 장착되는 실시예를 설명하는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 힘 측정 방법을 설명하는 흐름도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하에서, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 이러한 실시예들에 의해 권리범위가 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0028] 아래 설명에서 사용되는 용어는, 연관되는 기술 분야에서 일반적이고 보편적인 것으로 선택되었으나, 기술의 발달 및/또는 변화, 관례, 기술자의 선호 등에 따라 다른 용어가 있을 수 있다. 따라서, 아래 설명에서 사용되는 용어는 기술적 사상을 한정하는 것으로 이해되어서는 안 되며, 실시예들을 설명하기 위한 예시적 용어로 이해되어야 한다.

[0029] 또한 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 설명 부분에서 상세한 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 아래 설명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 이해되어야 한다.

[0030] 도 1은 본 발명에서 활의 힘(bowing force)을 안정하게 유지하기 위해 고려해야 하는 요소들을 설명하는 그래프(100)이다.

[0031] 본 발명의 일실시예에 따른 힘 측정 장치는 현악기의 연주시 활의 힘(bowing force)을 안정하게 유지하여 의도하는 음의 톤을 낼 수 있도록 활에 발생하는 힘을 측정할 수 있다. 또한, 측정된 힘을 분석하여 활의 힘의 제어하거나, 힘을 제어하기 위한 정보를 제공할 수 있다. 이를 위해, 본 발명의 일실시예에 따른 힘 측정 장치는 측정된 힘을 분석하여 현재 활에 가해지는 힘에 대한 증가 또는 감소를 결정할 수 있고, 음의 요소들에 대한 분

석을 수행할 수 있다. 이러한 분석에 따른 결과를 통해 활의 힘(bowing force)을 안정하게 유지할 수 있는데, 이를 위해 사운딩 포인트(sounding point)와 활의 힘(bowing force)의 관계를 고려할 수 있다.

- [0032] 도 1의 그래프(100)는 현악기 중에서도 특히 바이올린의 연주 시 음질을 결정하는 요소를 도시하고 있다. 도 1에서는 바이올린을 예를 들어 활의 힘(bowing force)을 안정하게 유지하기 위해 고려해야 하는 요소들을 설명하나, 바이올린에 대해서만 국한되는 것이 아니고 다양한 현악기에서 다양하게 응용될 수 있다.
- [0033] 그래프(100)를 살펴보면, F는 활이 현을 누르는 힘을 나타내고, P는 브릿지와 연주되는 지점의 거리를 의미하며, V는 활의 이동 속도로 해석될 수 있다. 또한,  $X_s$ 는 활의 시작위치이고,  $X_e$ 는 도착 위치로 해석될 수 있다. 바이올린을 켤 때의 각 변수 활의 힘, 활의 속도, 브릿지와 활의 거리로 현의 진동이 제어될 수 있다. 본 발명에 따른 힘 측정 장치는 활에 발생하는 힘을 분석함으로써, 활의 힘, 활의 속도, 브릿지와 활의 거리 등을 제어하는 신호를 출력할 수 있다.
- [0034] 그래프(100)에서 볼 수 있듯이 활의 힘(bowing force)이 활 속도(bowing velocity)와 사운딩 포인트(sounding point) 사이에서 가장 중요한 요소로 작용한다. 따라서, 활의 힘(bowing force)을 분석하여 제어하는 것이 현악기의 안정적인 연주를 위해 반드시 필요하다. 즉, 활의 힘(bowing force)이 상한 값을 넘겨 증가한다면 해당 음을 잃어버리고 raucous라는 잡음을 생성하게 되며, 반대로 활의 힘(bowing force)이 너무 작아지면 surface라는 잡음을 생성하게 된다.
- [0035] 본 발명에 따른 힘 측정 장치는 활에 발생한 힘을 센싱 및 분석하여 활의 힘(bowing force)이 적절하게 조절될 수 있도록 하는 제어 신호를 생성하거나, 활의 힘(bowing force)을 어떻게 조절하라는 정보가 포함된 알림 신호를 생성할 수 있다.
- [0036] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 힘 측정 장치(200)를 설명하는 블록도이다.
- [0037] 일실시예에 따른 힘 측정 장치(200)는 활에 발생한 힘을 센싱 및 분석하여 활의 힘(bowing force)이 적절하게 조절될 수 있도록 할 수 있다.
- [0038] 이를 위해, 일실시예에 따른 힘 측정 장치(200)는 센싱부(210), 처리부(220), 및 분석부(230)를 포함한다.
- [0039] 먼저, 일실시예에 따른 센싱부(210)는 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 이용하여 활에 발생하는 힘을 수집하고, 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성할 수 있다.
- [0040] 현악기에서 활은 활대(stick), 손잡이(lapping), 활털걸이(Frog), 활털(hair) 등으로 구성된다.
- [0041] 본 발명에 따른 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)은 활의 손잡이의 일측면에 장착될 수 있고, 활털걸이의 일측면에 장착될 수도 있다.
- [0042] 활의 활대(stick)에 발생하는 힘새 등의 변형은 활의 손잡이에 그대로 전달될 수 있다. 만약, 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)이 활의 손잡이의 일측면에 장착되었다면, 센싱부(210)는 활의 활대(stick)에 발생하는 힘새로부터 활의 손잡이에 전달되는 힘의 변화를 로드셀(Load Cell)을 통해 수집할 수 있다.
- [0043] 또한, 활의 활털에 발생하는 장력은 활털걸이에 그대로 전달될 수 있다. 만약, 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)이 활털걸이의 일측면에 장착되었다면, 센싱부(210)는 활의 활털에 발생하는 장력으로부터 활의 활털걸이에 전달되는 힘의 변화를 로드셀(Load Cell)을 통해 수집할 수 있다.
- [0044] 다른 예로, 센싱부(210)는 활의 손잡이에 전달되는 사용자의 힘을 센싱할 수 있다. 이를 위해, 센싱부(210)는 사용자가 활의 손잡이에 가하는 힘의 변화를 감지하기 위해 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)의 휨 또는 뒤틀림의 정도를 센싱할 수 있다.
- [0045] 일실시예에 따른 처리부(220)는 생성된 출력신호를 신호처리 할 수 있다.
- [0046] 예를 들어, 센싱부(210)의 출력이 미미하다면, 처리부(220)는 출력신호를 증폭하기 위한 신호처리를 수행할 수 있다.
- [0047] 일실시예에 따른 분석부(230)는 신호처리된 출력신호에 기초하는 소리의 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석할 수 있다.
- [0048] 활의 힘(bowing force)이 활 속도(bowing velocity)와 사운딩 포인트(sounding point) 사이에서 가장 중요한 반응 매개 중 하나로써 작용한다.

[0049] 이를 고려하여, 분석부(230)는 소리의 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보를 분석하는데 필요한 활의 힘(bowing force)의 상한( $F_{\max}$ ) 및 하한( $F_{\min}$ ) 값을 아래 [수학식 1]과 같이 산출할 수 있다.

[0050] [수학식 1]

$$F_{\max} = \frac{2ZV_b}{p(u_s - u_d)}, \quad F_{\min} = \frac{Z^2V_b}{2p^2R(u_s - u_d)}$$

[0051]

[0052] [수학식 1]에서  $u_s$ 와 활털(hair)에 발생하는 마찰계수이고,  $u_d$ 는 활털(hair)에 발생하는 슬라이딩 마찰계수이며,  $V_b$ 는 활 속도,  $z$ 는 현의 파동저항 특성이다.  $R$ 은 현악기 몸체로의 에너지 손실률이고,  $p$ 는 사운드링 포인트(sounding point)이다.

[0053] 활의 속도와 연주점의 변화량은 같은 크기가 유지되어야 하며, 이는 [수학식 2]로 표현될 수 있다.

[0054] [수학식 2]

$$\frac{F_{\max}}{F_{\min}} = \frac{2pR}{Z}$$

[0055]

[0056] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 힘 측정 장치(200)는 활의 힘을 분석하고 활의 속도와 연주점의 변화량을 같은 크기로 유지할 수 있는 제어 신호를 생성할 수 있다.

[0057] 예를 들어, 활과 브리지(bridge) 사이의 거리가 짧아질수록 활의 힘의 가능 범위가 좁아지는데, 본 발명의 일실시예에 따른 힘 측정 장치(200)는 브리지(bridge)에 활이 가까워질수록 내고자 하는 음의 톤을 유지할 수 있으며, 분석결과를 통해 활의 힘을 더욱 안정하게 조절할 수 있다.

[0058] 본 발명의 일실시예에 따른 분석부(230)는, 활의 활대에서, 미리 지정된 위치에서 미리 지정된 크기로 발생하는 힘에 상응하는 출력신호와, 발생하는 힘에 의해 예측 가능한 예상 출력신호를 대비하여 캘리브레이션 정보를 생성할 수 있다. 또한, 분석부(230)는 생성된 캘리브레이션 정보를 고려하여 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석할 수 있다.

[0059] 도 3은 힘 측정 장치에서 스트레인게이지에 발생한 힘에 상응하는 출력신호를 안정적으로 생성하는데 회로를 설명하는 도면이다.

[0060] 일실시예에 따른 로드셀은 1개당 활의 누르는 힘과 비틀리는 힘을 측정할 수 있다. 예를 들어, 로드셀에 외부 힘이 작용할 경우 로드셀이 변형되고 부착된 스트레인게이지 값도 변형된다. 이때 스트레인게이지의 저항에 전압을 인가하면, 출력단자에서 스트레인게이지의 저항 값의 변화에 비례하는 전압이 출력될 수 있는데, 이때 변하는 전기신호가 미세하기 때문에 로드셀 1축당 도면부호 310과 같이 4개의 스트레인게이지를 풀-브리지(full bridge)회로로 구현할 수 있다.

[0061] 풀-브리지(full bridge)회로(310)에서 출력되는 신호의 크기는 미미한데, 도면부호 320과 같이 로드셀 전용 OP-Amp를 이용하여 출력되는 값을 증폭시킬 수 있다.

[0062] 도면부호 320에 도시된 모듈은 스트레인게이지 센서의 미소신호(mV)를 내부에 내장된 앰프로 32, 64, 128배 선택하여 증폭할 수 있으며, 증폭된 신호를 24bit A/D의 형태로 변환시킬 수 있다. 또한, 도면부호 320에 도시된 모듈은 총 2채널을 사용할 수 있으며, A/D 변환주기를 10Hz, 80Hz를 설정할 수도 있다.

[0063] 또한, 도면부호 320에 도시된 모듈은 여기전압(Excitation Voltage)용 전압안정회로를 내장할 수도 있고 금속 캔으로 차폐되어 있어, 전파 간섭 및 노이즈에 강한 특성을 갖는다.

[0064] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 로드셀을 설명하는 도면이다.

[0065] 일실시예에 따른 로드셀은 현악기 연주시 활에 걸리는 힘을 측정하고 활의 힘을 제어하기 위해 2축의 형태로 구현될 수 있다.

[0066] 본 발명에서는 활에 가해지는 힘을 측정하기 위해 로드셀을 이용하나, 로드셀 대신 특정 위치에서 가해지는 힘의 변화되는 만큼 전기신호를 출력할 수 있는 다양한 수단으로 응용될 수 있다. 예를 들어, 로드셀은 용수철, PVDF를 이용한 센서, 압축소자, 변위센서 등으로 대체될 수도 있다. 또한, 로드셀 중에도 자왜식 로드셀, 자이

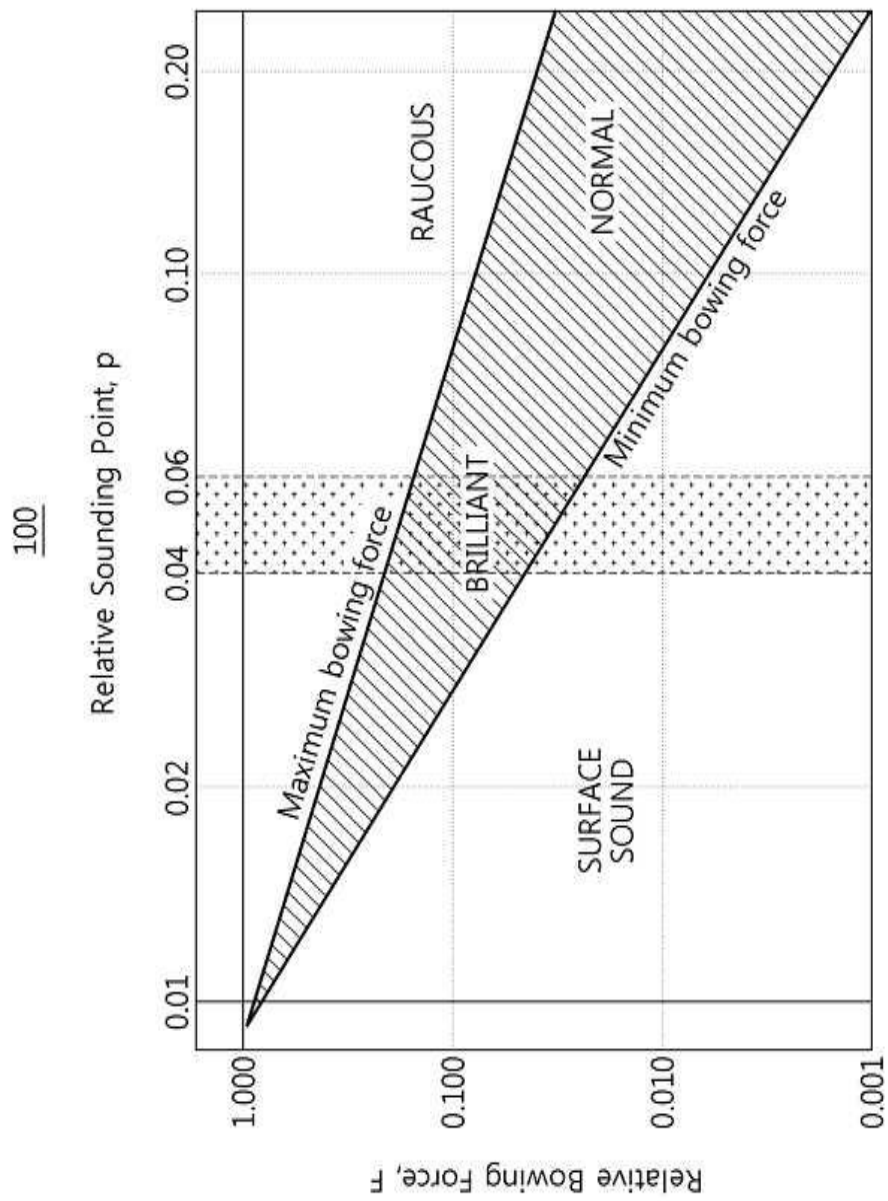
로식 로드셀, 스트레인게이지식 로드셀 등이 사용될 수 있다.

- [0067] 본 발명에서는 설명의 편의를 위해 로드셀 중에서도 스트레인게이지식 로드셀을 이용하여 본 발명을 설명한다.
- [0068] 본 발명의 로드셀은 알루미늄, 스테인레스 등의 일반적인 재료로 구현될 수 있고, 로드셀에 가해지는 힘을 측정하기 위한 수단으로서, 스트레인게이지(420)가 로드셀의 일측에 형성될 수 있다. 일례로, 스트레인게이지(420)는 Tokyo Sokki Kenkyujo 사의 FLA-03-23를 사용할 수 있고, 수 마이크로의 합금박을 이용해 약 0.03mm의 두께,  $120\Omega(\pm 0.3\Omega)$ 의 저항 값,  $2.33\%(\pm 2\%)$ 의 Gauge Factor로 구현할 수 있다. 또한, 절연성의 높은 에폭시 수지를 스트레인게이지(420)에 활용할 수 있다.
- [0069] 본 발명의 로드셀은 서로 다른 두 개의 축(410, 430)에서 각각 쌍안경 형태의 홀을 형성할 수 있는데, 이 홀에 발생하는 변형률을 측정하여 활에 가해지는 힘이 측정될 수 있다. 스트레인게이지(420)는 쌍안경 형태의 홀의 중심축에 수직인 면에서 홀에 발생하는 변형률을 측정할 수 있다.
- [0070] 도 5는 도 4의 실시예에 따른 로드셀이 활의 일측면에 장착되는 실시예를 설명하는 도면이다.
- [0071] 본 발명의 일실시예에 따른 로드셀(440)은 활의 손잡이(450)의 일측면에 장착될 수 있다. 이때 센싱부는 활대에 발생하는 변형으로부터 손잡이에 전달되는 힘을 로드셀(440)을 통해 센싱할 수 있다. 뿐만 아니라, 일실시예에 따른 로드셀(440)은 활의 활털걸이의 일측면에 장착될 수 있다. 이 때 센싱부는 활의 활털(hair)에 발생하는 장력으로부터 활의 활털걸이에 전달되는 힘의 변화를 로드셀(440)을 통해 수집할 수 있다.
- [0072] 도면부호 460은 활을 연주 기기에 고정하기 위한 하우징으로서, 연주 기기는 힘의 변화를 분석하고, 이를 기반으로 활대에 가해지는 힘을 제어하여 안정적인 연주가 가능하도록 할 수 있다.
- [0073] 결국, 힘 측정 장치를 활용하면, 활에 발생하는 힘을 정확하게 측정하고 이를 분석하여 활의 힘(bowing force)을 안정하게 유지함으로써 의도하는 음의 톤을 낼 수 있도록 할 수 있다. 또한, 활의 힘을 조절할 수 있도록 정보를 제공함으로써 바이올린 초보 연주자들도 바이올린을 쉽게 배울 수 있도록 한다.
- [0074] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 힘 측정 방법을 설명하는 흐름도이다.
- [0075] 일실시예에 따른 힘 측정 방법은 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 이용하여 활에 발생하는 힘을 수집하고, 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성할 수 있다(단계 601).
- [0076] 예를 들어, 본 발명의 힘 측정 방법은 수집된 힘에 상응하는 출력신호를 생성하기 위해, 활의 활대(stick)에 발생하는 힘으로부터 상기 활의 손잡이에 전달되는 힘의 변화를 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 통해 수집할 수 있다.
- [0077] 다른 예로, 본 발명의 힘 측정 방법은 활의 활털(hair)에 발생하는 장력으로부터 활의 손잡이에 전달되는 힘의 변화를 적어도 하나 이상의 로드셀(Load Cell)을 통해 수집할 수 있다.
- [0078] 본 실시예에서 설명하는 활의 손잡이는, 활대의 일측면에서 사용자가 그립하는 부분을 모두 포함하는 의미로서, 활털걸이도 손잡이의 일부로 해석할 수 있다.
- [0079] 일실시예에 따른 힘 측정 방법은 생성된 출력신호를 신호처리 할 수 있다(단계 602).
- [0080] 예를 들어, 생성된 출력신호가 풀-브리지(full bridge)회로의 형태로 구현된 스트레인 게이지로부터 생성된 신호인 경우, 그 신호의 크기는 미미하다. 이 경우, 단계 602에서는 로드셀 전용 OP-Amp를 이용하여 출력신호를 증폭시킬 수 있다.
- [0081] 일실시예에 따른 힘 측정 방법은 신호처리된 출력신호에 기초하는 소리의 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석할 수 있다(단계 603).
- [0082] 예를 들어, 일실시예에 따른 힘 측정 방법은 활의 활대에서, 미리 지정된 위치에서 미리 지정된 크기로 발생하는 힘에 상응하는 출력신호와, 발생하는 힘에 의해 예측 가능한 예상 출력신호를 대비할 수 있다. 또한 대비된 결과에 기초하여 캘리브레이션 정보를 생성하고, 생성된 캘리브레이션 정보를 고려하여 피치(pitch) 정보, 음색(Timbre)정보, 및 크기(loudness) 정보 중에서 적어도 하나를 분석할 수 있다.
- [0083] 결국, 본 발명을 이용하면 활에 발생하는 힘을 정확하게 측정하고 이를 분석하여 활의 힘(bowing force)을 안정하게 유지함으로써 의도하는 음의 톤을 낼 수 있도록 할 수 있다. 뿐만 아니라, 활의 힘을 조절할 수 있도록 정보를 제공함으로써 바이올린 초보 연주자들도 바이올린을 쉽게 배울 수 있도록 한다.

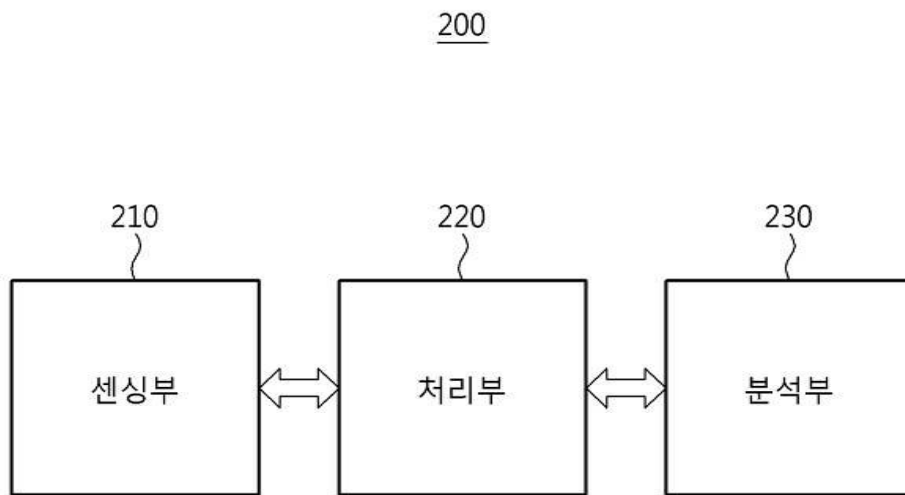
- [0084] 본 발명의 일실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 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. 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.
- [0085] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0086] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

도면1

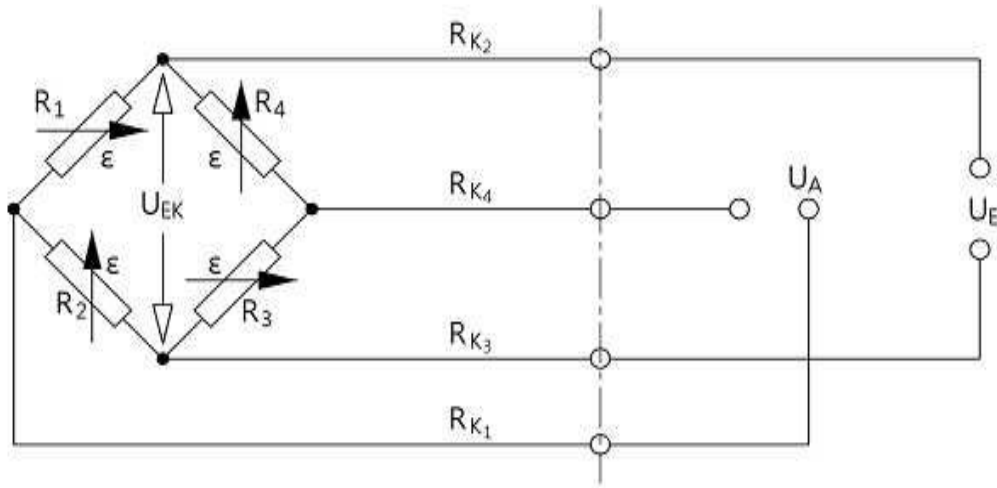


도면2

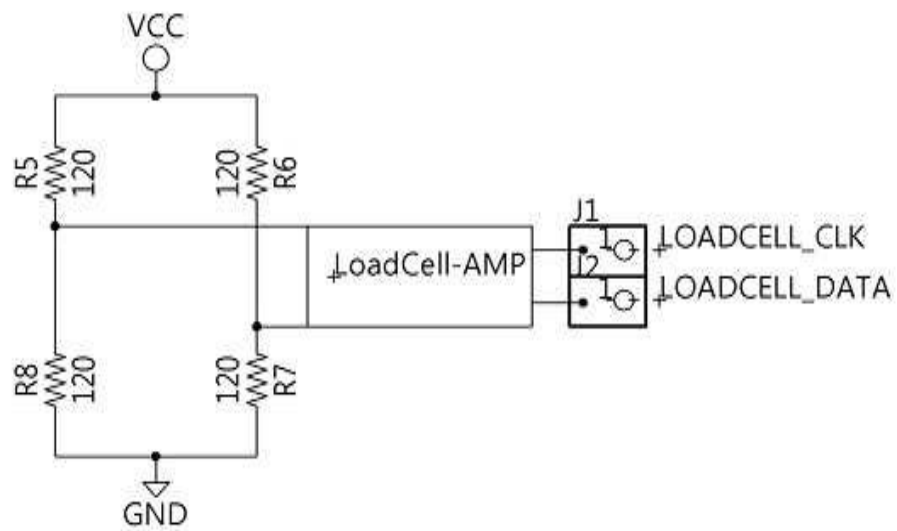


도면3

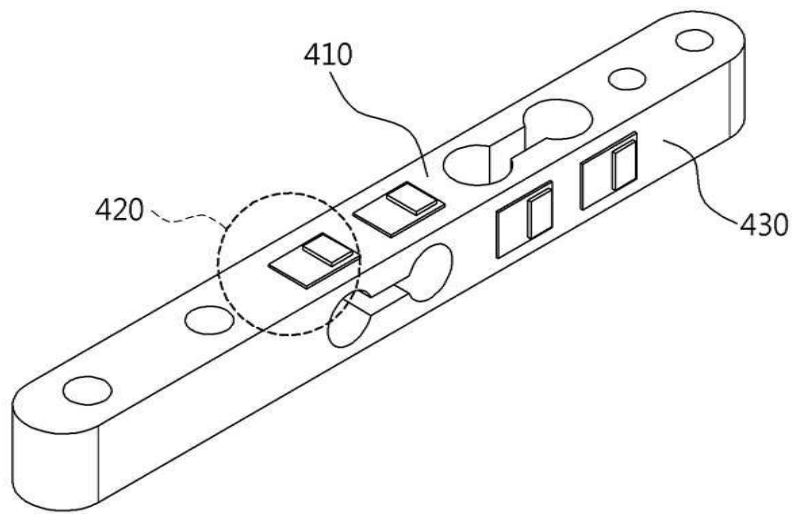
310



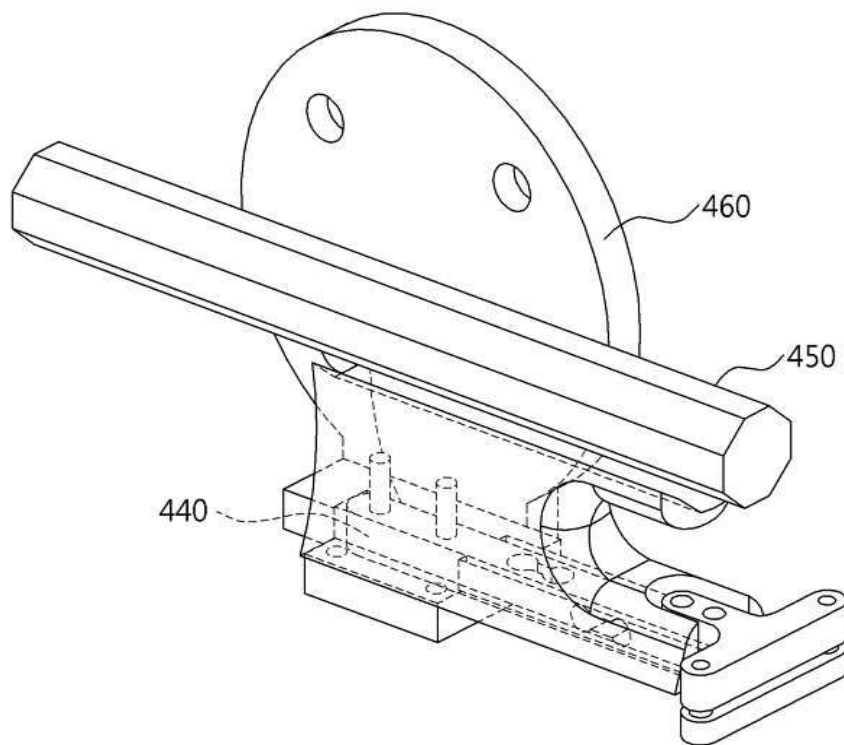
320



도면4



도면5



도면6

