



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월06일

(11) 등록번호 10-1517830

(24) 등록일자 2015년04월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**A61H 1/00** (2006.01) **B25J 11/00** (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0086020  
 (22) 출원일자 2013년07월22일  
 심사청구일자 2013년07월22일  
 (65) 공개번호 10-2015-0011136  
 (43) 공개일자 2015년01월30일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020130001663 A\*  
 KR1020110084630 A  
 JP09248322 A  
 KR1020130025311 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**한국기계연구원**  
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)  
 (72) 발명자  
**김영우**  
 대구광역시 수성구 들안로 360, 106동 1905호 (수성동4가, 수성태영테시아아파트)  
 (74) 대리인  
**김민태**

전체 청구항 수 : 총 11 항

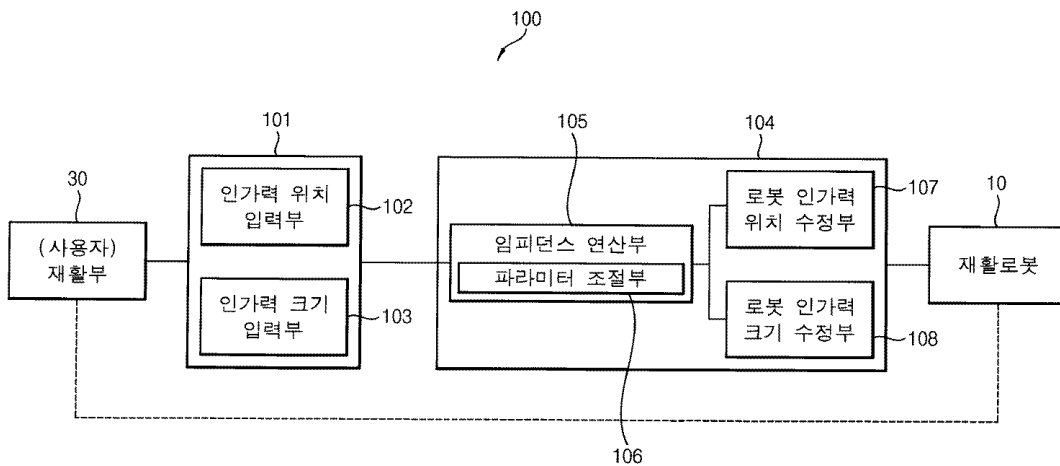
심사관 : 박정민

(54) 발명의 명칭 **재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템 및 이를 이용한 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법**

**(57) 요약**

재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템 및 이를 이용한 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법에서, 상기 동시 제어 시스템은 입력부 및 제어부를 포함한다. 상기 입력부는 재활로봇과 사용자의 접점에서 사용자가 상기 재활로봇에 인가하는 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 각각 입력받는다. 상기 제어부는 상기 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 바탕으로 상기 재활로봇과 사용자의 접점에서 상기 재활로봇이 사용자에게 인가하는 제2 인가력의 위치 및 크기를 동시에 제어하여, 상기 재활로봇에 출력한다.

**대표도**



**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

재활로봇과 사용자의 접점에서 사용자가 상기 재활로봇에 인가하는 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 각각 입력받는 입력부; 및

상기 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 바탕으로 상기 재활로봇과 사용자의 접점에서 상기 재활로봇이 사용자에게 인가하는 제2 인가력의 위치 및 크기를 동시에 제어하여, 상기 재활로봇에 출력하는 제어부를 포함하고,

상기 재활로봇은 상기 제2 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보로 정의된 가상의 재활궤도를 추적하며,

상기 제1 인가력의 정보가 상기 재활궤도에 설정된 정보와 다른 경우 상기 재활궤도는 상기 제1 인가력의 위치 및 크기를 동시에 고려하여 수정되는 것을 특징으로 하는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 제2 인가력의 위치 및 크기 각각은 0 에서 1 사이에서 가중치가 부여되며 동시에 제어되는 것을 특징으로 하는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템.

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 입력부로 입력되는 상기 제1 인가력의 위치에 관한 정보는, 상기 제1 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 포함하고,

상기 제어부에서 출력되는 상기 제2 인가력의 위치에 관한 정보는, 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 포함하는 것을 특징으로 하는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템.

**청구항 5**

제4항에 있어서, 상기 제어부는,

상기 제1 인가력의 위치, 속도, 가속도 및 크기를 임피던스 제어모드를 이용하여 제어하는 임피던스 연산부;

상기 임피던스 연산부에서 제어된 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 상기 재활로봇으로 출력하는 로봇 인가력 위치 수정부; 및

상기 임피던스 연산부에서 제어된 상기 제2 인가력의 크기를 상기 재활로봇으로 출력하는 로봇 인가력 크기 수정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템.

**청구항 6**

제5항에 있어서, 상기 임피던스 연산부에서는

$$M_1(\ddot{r} - \ddot{r}_d) + D_1(\dot{r} - \dot{r}_d) + K_1(r - r_d) = F_h \quad (1)$$

$$M_2(\ddot{r}' - \ddot{r}'_d) + D_2(\dot{r}' - \dot{r}'_d) + K_2(r' - r'_d) = F'_d \quad (2)$$

{r, r' 및 r''은 각각 제1 인가력의 위치, 속도 및 가속도, r<sub>d</sub>, r'<sub>d</sub> 및 r''<sub>d</sub>은 각각 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도, F<sub>h</sub>는 제1 인가력의 크기벡터, F'<sub>d</sub>는 수정된 제2 인가력의 크기벡터, M<sub>1</sub>, D<sub>1</sub> 및 K<sub>1</sub>은 각각 가상임피던스의 관성, 점성 및 탄성행렬의 초기값, M<sub>2</sub>, D<sub>2</sub> 및 K<sub>2</sub>는 각각 가상임피던스의 관성, 점성 및 탄성행렬의 제어값}

상기 식 (1) 및 식 (2)를 이용하여 상기 제2 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 수정하는 것을 특징으로 하는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 식 (1)에서 제1 인가력의 크기벡터  $F_h$ 는 이전 단계에서의  $F'_h$ 와 동일한 것으로 가정되며, 상기 수정된 제2 인가력의 크기벡터  $F'_d$ 는 기 설정된 제2 인가력의 크기벡터  $F_d$ 와 이전 단계에서의 제1 인가력의 크기벡터  $F'_h$ 의 합력인 것을 특징으로 하는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템.

**청구항 8**

제6항에 있어서, 상기 임피던스 연산부는 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도, 및 상기 제2 인가력의 크기의 제어 비율을 결정하는 파라미터 조절부를 포함하며,

$$\begin{aligned}
 & [\Gamma M_1 + (I - \Gamma)M_2](\ddot{r} - \ddot{r}_d) + [\Gamma D_1 + (I - \Gamma)D_2](\dot{r} - \dot{r}_d) + [\Gamma K_1 + (I - \Gamma)K_2](r - r_d) \\
 & = \Gamma F_h + (I - \Gamma)F'_d = F_r
 \end{aligned} \tag{3}$$

상기 파라미터 조절부에서는 상기 식 (3)에서 파라미터  $\Gamma (0 \leq \Gamma \leq 1)$ 를 설정하는 것을 특징으로 하는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템.

**청구항 9**

재활로봇과 사용자의 접점에서 사용자가 상기 재활로봇에 인가하는 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 각각 입력받는 단계;

상기 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 바탕으로 상기 재활로봇과 사용자의 접점에서 상기 재활로봇이 사용자에게 인가하는 제2 인가력의 위치 및 크기를 동시에 제어하여, 상기 재활로봇에 출력하는 단계; 및

상기 재활로봇이 상기 제2 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보로 정의된 가상의 재활궤도를 추적하는 단계를 포함하며,

상기 제1 인가력의 정보가 상기 재활궤도에 설정된 정보와 다른 경우 상기 재활궤도는 상기 제1 인가력의 위치 및 크기를 동시에 고려하여 수정되는 것을 특징으로 하는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법.

**청구항 10**

제9항에 있어서, 상기 제2 인가력의 위치 및 크기는 각각 0에서 1 사이에서 가중치가 부여되며 동시에 제어되는 것을 특징으로 하는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법.

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

제10항에 있어서, 상기 제2 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 동시에 제어하는 단계는,

상기 제1 인가력의 위치, 속도, 가속도 및 크기를 임피던스 제어모드를 이용하여 제어하여 상기 제2 인가력의 위치, 속도, 가속도 및 크기를 산출하는 단계;

상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 상기 재활로봇으로 출력하는 단계; 및

상기 제2 인가력의 크기를 상기 재활로봇으로 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 제2 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 동시에 제어하는 단계는, 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도, 및 상기 제2 인가력의 크기의 제어 비율을 파라미터  $\Gamma$  ( $0 \leq \Gamma \leq 1$ ) 를 통해 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템 및 이를 이용한 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 재활치료용 재활 로봇에서의 재활 로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템 및 이를 이용한 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 장애인이나 환자의 재활 치료를 위한 재활 운동이 최근에는 재활로봇의 보급 확대에 따라 재활로봇을 이용하여 수행되는 경우가 증가하고 있다. 이러한 재활로봇의 확대 보급에 따라, 재활운동을 보조하기 위한 재활로봇과 관련된 다수의 선행기술이 개시되고 있다.

[0003] 특히, 종래에는 단순한 구조로 사용자의 상태에 대한 평가나 분석없이 특정 동작을 반복적으로 수행할 수 있도록 설계된 재활로봇이 다수 보급되었으나, 최근에는 사용자의 상태에 대한 분석을 바탕으로 재활효과의 향상을 위해 최적화된 재활 효과를 수행하기 위한 양방향 재활로봇이 개발되고 있는 추세이다.

[0004] 대한민국 특허출원 제2007-0043763호는 사용자의 보행시 상지 운동 상태를 보행 재활진행 상황에 반영하여 보행 재활의 효과를 향상시킬 수 있는 보행 재활로봇에 관한 기술을 개시하고 있으며, 대한민국 특허출원 제2009-0066514호는 사용자의 양측 근육이 서로 다르게 운동하더라도 양측 근육을 측정하여 취약 근육을 보다 효과적으로 재활시키는 기술을 개시하고 있다.

[0005] 그러나, 현재까지 환자의 재활상태를 고려하여 능동적으로 재활을 보조하는 재활로봇에 관하여 개발된 기술들의 경우, 특정 재활 운동에만 적용될 수 있어 범용성의 한계가 있으며, 환자의 재활운동시의 미세한 변화를 충분히 고려하지 않은 조보적인 기술들에 불과한 한계가 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 이에, 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에서 착안된 것으로 본 발명의 목적은 재활 효과를 향상시킬 수 있는 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템에 관한 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 상기 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어시스템을 이용한 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법에 관한 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템은 입력부 및 제어부를 포함한다. 상기 입력부는 재활로봇과 사용자의 접점에서 사용자가 상기 재활로봇에 인가하는 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 각각 입력받는다. 상기 제어부는 상기 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 바탕으로 상기 재활로봇과 사용자의 접점에서 상기 재활로봇이 사용자에게 인가하는 제2 인가력의 위치 및 크기를 동시에 제어하여, 상기 재활로봇에 출력한다.

[0009] 일 실시예에서, 상기 제2 인가력의 위치 및 크기 각각은 0 에서 1 사이에서 가중치가 부여되며 동시에 제어될 수 있다 .

[0010] 일 실시예에서, 상기 재활로봇은 상기 제2 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보로 정의된 가상의 재활궤도를 추적할 수 있다. 상기 제1 인가력의 정보가 상기 재활궤도에 설정된 정보와 다른 경우 상기 재활궤도는 상기 제1 인가력의 위치 및 크기를 동시에 고려하여 수정될 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 입력부로 입력되는 상기 제1 인가력의 위치에 관한 정보는, 상기 제1 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 포함할 수 있다. 상기 제어부에서 출력되는 상기 제2 인가력의 위치에 관한 정보는, 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 제어부는, 상기 제1 인가력의 위치, 속도, 가속도 및 크기를 임피던스 제어모드를 이용하여 제어하는 임피던스 연산부, 상기 임피던스 연산부에서 제어된 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 상기 재활로봇으로 출력하는 로봇 인가력 위치 수정부, 및 상기 임피던스 연산부에서 제어된 상기 제2 인가력의 크기를 상기 재활로봇으로 출력하는 로봇 인가력 크기 수정부를 포함할 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 임피던스 연산부에서는

$$M_1(\ddot{r} - \ddot{r}_d) + D_1(\dot{r} - \dot{r}_d) + K_1(r - r_d) = F_h \quad (1)$$

$$M_2(\ddot{r}' - \ddot{r}'_d) + D_2(\dot{r}' - \dot{r}'_d) + K_2(r' - r'_d) = F'_d \quad (2)$$

[0016] {r, r' 및 r"} 은 각각 제1 인가력의 위치, 속도 및 가속도, r<sub>d</sub>, r'<sub>d</sub> 및 r<sub>d</sub>" 은 각각 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도, F<sub>h</sub>는 제1 인가력의 크기벡터, F'<sub>d</sub>는 수정된 제2 인가력의 크기벡터, M<sub>1</sub>, D<sub>1</sub> 및 K<sub>1</sub>은 각각 가상임피던스의 관성, 점성 및 탄성행렬의 초기값, M<sub>2</sub>, D<sub>2</sub> 및 K<sub>2</sub>는 각각 가상임피던스의 관성, 점성 및 탄성행렬의 제어값}

[0017] 상기 식 (1) 및 식 (2)를 이용하여 상기 제2 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 수정할 수 있다.

[0018] 일 실시예에서, 상기 식 (1)에서 제1 인가력의 크기벡터 F<sub>h</sub>는 이전 단계에서의 F'<sub>h</sub>와 동일한 것으로 가정되며, 상기 수정된 제2 인가력의 크기벡터 F'<sub>d</sub>는 기 설정된 제2 인가력의 크기벡터 F<sub>d</sub>와 이전 단계에서의 제1 인가력의 크기벡터 F'<sub>h</sub>의 합력일 수 있다.

[0019] 일 실시예에서, 상기 임피던스 연산부는 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도, 및 상기 제2 인가력의 크기의 제어 비율을 결정하는 파라미터 조절부를 포함하며,

$$\begin{aligned} & [\Gamma M_1 + (I - \Gamma)M_2](\ddot{r} - \ddot{r}_d) + [\Gamma D_1 + (I - \Gamma)D_2](\dot{r} - \dot{r}_d) + [\Gamma K_1 + (I - \Gamma)K_2](r - r_d) \\ & = \Gamma F_h + (I - \Gamma)F'_d = F_r \end{aligned} \quad (3)$$

[0021] 상기 파라미터 조절부에서는 상기 식 (3)에서 파라미터  $\Gamma (0 \leq \Gamma \leq 1)$  를 설정할 수 있다.

[0022] 상기한 본 발명의 다른 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법에서 재활로봇과 사용자의 접점에서 사용자가 상기 재활로봇에 인가하는 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 각각 입력받는다. 상기 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 바탕으로 상기 재활로봇과 사용자의 접점에서 상기 재활로봇이 사용자에게 인가하는 제2 인가력의 위치 및 크기를 동시에 제어하여, 상기 재활로봇에 출력한다.

[0023] 일 실시예에서, 상기 제2 인가력의 위치 및 크기는 각각 0에서 1 사이에서 가중치가 부여되며 동시에 제어될 수 있다.

[0024] 일 실시예에서, 상기 재활로봇이 상기 제2 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보로 정의된 가상의 재활궤도를 추적하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 제1 인가력의 정보가 상기 재활궤도에 설정된 정보와 다른 경우 상기 재활궤도는 상기 제1 인가력의 위치 및 크기를 동시에 고려하여 수정될 수 있다.

[0025] 일 실시예에서, 상기 제2 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 동시에 제어하는 단계는, 상기 제1 인가력의 위치, 속도, 가속도 및 크기를 임피던스 제어모드를 이용하여 제어하여 상기 제2 인가력의 위치, 속도, 가속도 및 크기를 산출하는 단계, 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 상기 재활로봇으로 출력하는 단계, 및 상기 제2 인가력의 크기를 상기 재활로봇으로 출력하는 단계를 포함할 수 있다.

[0026] 일 실시예에서, 상기 제2 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 동시에 제어하는 단계는, 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도, 및 상기 제2 인가력의 크기의 제어 비율을 파라미터  $\Gamma (0 \leq \Gamma \leq 1)$  를 통해 결정할 수

있다.

**발명의 효과**

- [0027] 본 발명의 실시예들에 의하면, 사용자가 재활로봇에 인가하는 인가력의 위치 및 크기(벡터)에 관한 정보를 바탕으로 재활로봇이 사용자에게 인가하는 인가력의 위치 및 크기(벡터)에 관한 정보를 동시에 수정하므로, 즉, 재활로봇 인가력의 위치 및 크기를 동시에 제어할 수 있으므로, 매번 사용자의 상태가 즉각 고려되어 재활이 수행되므로, 재활효과가 향상될 수 있다.
- [0028] 이 경우, 상기 재활로봇은 설정된 가상의 재활궤도를 추적하고, 사용자의 인가력에 따라 상기 재활궤도는 매번 수정되어 동일한 재활효과가 발생하도록 상기 재활궤도를 보상하여 수정하는 것으로, 이를 통해 재활효과를 극대화할 수 있다.
- [0029] 특히, 사용자가 인가하는 인가력의 위치가 기 설정 재활궤도보다 많이 벗어난다면 인가력의 위치를 중심으로 재활궤도를 수정하여 사용자가 기 설정 재활궤도를 추적할 수 있도록 제어하며, 사용자가 인가하는 인가력의 크기가 기 설정 재활궤도에 정의된 크기보다 많이 벗어난다면 인가력의 크기를 중심으로 재활궤도를 수정하여 사용자가 기 설정 재활 궤도에 정의된 인가력을 인가할 수 있도록 제어하며, 인가력의 위치를 중심으로 제어할지 또는 인가력의 크기를 중심으로 제어할지에 대하여 파라미터 조절부에서 파라미터  $\Gamma$ 를 변경하여 결정하므로 재활효과의 극대화를 도모할 수 있다.
- [0030] 이 경우, 상기 재활궤도는 위치, 속도, 가속도 및 인가력에 관한 정보를 모두 포함하므로 다양한 사용자에게 최적화된 다양한 재활궤도를 설정하여, 재활효과를 향상시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템을 나타낸 블록도이다.
- 도 2는 도 1의 동시제어 시스템이 적용된 재활운동시스템을 개략적으로 나타낸 모식도이다.
- 도 3은 도 2의 재활운동시스템에서 인가되는 사용자의 힘에 따라 재활로봇 인가력의 위치 제어 모드를 개략적으로 나타낸 모식도이다.
- 도 4는 도 2의 재활운동시스템에서 인가되는 사용자의 힘에 따라 재활로봇 인가력의 크기 제어 모드를 개략적으로 나타낸 모식도이다.
- 도 5는 도 1의 동시 제어 시스템에서 인가되는 사용자의 힘 및 수정된 로봇의 인가력의 관계를 나타낸 관계도이다.
- 도 6은 도 1의 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템을 이용한 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법을 도시한 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0032] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 실시예들을 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "이루어진다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0033] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의



미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

- [0034] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.
- [0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템을 나타낸 블록도이다. 도 2는 도 1의 동시제어 시스템이 적용된 재활운동시스템을 개략적으로 나타낸 모식도이다. 도 3은 도 2의 재활운동시스템에서 인가되는 사용자의 힘에 따라 재활로봇 인가력의 위치 제어 모드를 개략적으로 나타낸 모식도이다. 도 4는 도 2의 재활운동시스템에서 인가되는 사용자의 힘에 따라 재활로봇 인가력의 크기 제어 모드를 개략적으로 나타낸 모식도이다. 도 5는 도 1의 동시 제어 시스템에서 인가되는 사용자의 힘 및 수정된 로봇의 인가력의 관계를 나타낸 관계도이다.
- [0036] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 의한 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템(100)(이하, 동시 제어 시스템이라 한다.)은 입력부(101) 및 제어부(104)를 포함하며, 상기 입력부(101)는 재활부(사용자, 30)와 연결되어 상기 재활부(30)로부터 필요한 정보(예를 들어, 사용자 인가력의 크기 또는 위치)를 입력받으며, 상기 제어부(104)는 재활로봇(10)을 제어한다.
- [0037] 한편, 상기 동시 제어 시스템(100)의 구체적인 설명은 후술한다.
- [0038] 도 2는 상기 동시 제어 시스템(100)이 팔 근육 강화운동에 적용된 예를 나타낸 것이다. 이 경우, 팔 근육 강화 운동에 사용되는 상기 재활로봇(10)은 몸체부(11), 회전축(12), 제1 로봇암(13), 제2 로봇암(14) 및 링크부(15)를 포함하고, 상기 재활부(30), 즉 사용자의 팔 근육은 설명의 편의를 위해 제1 골격부(31), 제2 골격부(32), 관절부(33) 및 고정축(34)의 단순한 구조를 포함하는 것으로 가정한다.
- [0039] 이 경우, 상기 재활로봇(10)의 로봇암 또는 링크부의 개수 및 형상, 상기 재활부(30)의 골격부 또는 관절부의 개수 및 형상은 다양하게 변형될 수 있으며, 이에 따라 상기 재활로봇(10)에 설정된 운동궤도도 재활 치료의 목적 등을 고려하여 다양하게 변형될 수 있음은 당연하다.
- [0040] 본 실시예에서, 상기 재활부(30)는 상기 재활로봇(10)이 운동궤도(20)를 따라 이동하는 경우 이를 따라 재활 운동된다. 즉, 사용자는 상기 재활로봇(10)에 기 설정된 운동궤도(20)를 따라 이동하면서 재활 운동을 수행한다. 이 경우, 상기 운동궤도(20)는 기 설정되어 정의된 가상의 재활궤도로, 특정 재활효과를 구현하기 위한 이상적인 운동궤도이다. 이 경우, 상기 운동궤도(20)는 타원운동 궤도, 원운동 궤도 등일 수 있으며, 이와 달리 특정 궤도로 한정되지 않고 주기적 형태를 갖는 다양한 궤도일 수 있다.
- [0041] 한편, 상기 운동궤도(20)는 단순한 위치 정보만을 포함한 궤도가 아니고, 상기 궤도의 각각의 위치에서의 운동의 속도, 운동의 가속도 및 작용해야할 인가력이 모두 정의된 궤도로 구체적인 내용은 후술한다.
- [0042] 그러나, 상기 재활부(30)에 의한 재활 운동은 사용자에게 의해 수행되는 것으로 반드시 상기 재활로봇(10)에 정의된 상기 운동궤도(20)를 따라 수행될 수는 없으며, 사용자의 상태에 따라 상기 정의된 운동궤도(20)와 다르게 수행될 수 있다.
- [0043] 또한, 상기 운동궤도(20)는 매 위치마다 상기 재활부(30)에 의해 작용되어야 할 인가력도 정의되는데, 상기 재활부(30)에 의해 인가되는 인가력은 마찬가지로 사용자의 상태에 따라 상기 정의된 운동궤도(20) 내의 인가력과 다르게 수행될 수 있다.
- [0044] 특히, 상기 재활부(30)에 의한 재활 운동은 상기 운동궤도(20)를 반복적으로 수행되어야 하는데, 상기 재활부(30)가 반복적인 재활 운동의 매번마다 상기 운동궤도(20)에 정의된 운동의 위치, 속도, 가속도 및 인가되는 인가력을 동일하게 유지하며 재활 운동을 수행하는 것은 현실적으로 불가능하다.
- [0045] 따라서, 본 실시예에 의한 동시 제어 시스템(100)에서는 상기 재활부(30)에 의한 재활 운동이 상기 운동궤도(20)에 정의된 운동의 위치, 속도, 가속도 및 인가되는 인가력이 다르게 수행되는 경우라도 동일한 재활효과를 발생시킬 수 있도록 상기 운동궤도(20)가 수정되는 것을 주요 특징으로 한다. 이 경우, 상기 운동궤도(20)가 수정되는 것은 곧, 상기 운동궤도(20)에 정의된 운동의 위치, 속도, 가속도 및 인가되는 인가력이 수정되는 것을 의미한다.
- [0046] 이와 같이, 상기 재활부(30)에 의한 재활 운동의 매 경우마다 동일한 재활효과의 발생을 위해 상기 운동궤도(20)가 수정되는 것이 본 실시예에 의한 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템에 해당된다. 즉, 상기 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템을 통해, 상기 재활부(30)에 의한 재활 운동의 매 경우

마다 동일한 재활 효과의 발생을 위해 상기 운동궤도(20) 내에 정의된 운동의 위치, 속도, 가속도 및 인가되어야 할 인가력이 수정된다.

[0047] 한편, 도 3 및 도 4에 도시된 수정운동궤도(21)는 위치 제어 모드에 의해 운동의 위치, 속도 및 가속도가 수정된 것을 나타내며, 도 4에 도시된 수정운동궤도(21)는 내부적으로 인가되어야 할 인가력도 수정된 것( $F_h$ )을 나타낸다. 즉, 상기 수정운동궤도(21)도 상기 운동궤도(20)와 동일하게 단순한 위치 정보를 포함한 궤도가 아니고, 각각의 위치에서, 운동의 속도, 운동의 가속도 및 작용해야 할 인가력이 모두 수정되어 정의된 수정궤도에 해당된다.

[0048] 도 1을 다시 참조하면, 구체적으로, 상기 입력부(101)는 인가력 위치 입력부(102) 및 인가력 크기 입력부(103)를 포함하고, 상기 제어부(104)는 임피던스 연산부(105), 로봇 인가력 위치 수정부(107) 및 로봇 인가력 크기 수정부(108)를 포함한다. 한편, 상기 임피던스 연산부(105)는 파라미터 조절부(106)를 포함한다.

[0049] 상기 인가력 위치 입력부(102)는 상기 재활로봇(10)과 상기 재활부(30)가 서로 접하는 접점 P에서 상기 재활부(30)가 상기 재활로봇(10)에 인가하는 제1 인가력의 위치에 관한 정보를 입력받는다.

[0050] 이 경우, 상기 제1 인가력의 위치에 관한 정보는, 상기 제1 인가력의 위치(position), 상기 제1 인가력의 속도(velocity) 및 상기 제1 인가력의 가속도(acceleration)를 포함한다. 따라서, 상기 제1 인가력의 위치에 관한 정보는 벡터로 표현될 수 있다.

[0051] 즉, 상기 인가력 위치 입력부(102)는 상기 접점 P에서의 제1 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 모두 입력받으며, 상기 접점 P가 변화하는 경우 매 위치에서의 제1 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 입력받는다.

[0052] 상기 인가력 크기 입력부(103)는 상기 재활로봇(10)과 상기 재활부(30)가 서로 접하는 접점 P에서 상기 재활부(30)가 상기 재활로봇(10)에 인가하는 제1 인가력의 크기에 관한 정보( $F_h$ )를 입력받는다.

[0053] 이 경우, 상기 제1 인가력의 크기( $F_h$ )에 관한 정보는, 상기 제1 인가력의 절대값(크기) 및 방향을 포함한다. 따라서, 상기 제1 인가력의 크기에 관한 정보는 벡터로 표현될 수 있고, 이하에서 크기라고 설명한 것을 실질적으로는 크기 및 방향을 포함하는 크기벡터로 정의한다.

[0054] 이상과 같이, 상기 입력부(101)를 통해 입력된 상기 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보는, 상기 제어부(104)로 전달되며, 상기 제어부에서는 임피던스 제어모드를 적용한다.

[0055] 즉, 상기 제어부(104)는 상기 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 바탕으로 상기 재활로봇(10)에 기 설정되어 상기 재활로봇(10)과 상기 재활부(30)가 서로 접하는 접점 P에서 상기 재활로봇(10)이 상기 재활부(30)에게 인가하는 제2 인가력의 위치 및 크기( $F_d$ )에 관한 정보를 동시에 수정한다. 또한, 상기 제어부(104)는 상기 수정된 상기 제2 인가력의 위치 및 크기( $F_d'$ )에 관한 정보를 상기 재활로봇(10)에 출력한다. 이 경우, 상기 제2 인가력의 위치에 관한 정보를 수정하는 것을 인가력 위치 제어라고 하며, 상기 제2 인가력의 크기에 관한 정보를 수정하는 것을 인가력 크기 제어라고 한다.

[0056] 그리하여, 상기 재활로봇(10)에 기 정의된 도 2의 운동궤도(20)는 도 3에 도시된 수정운동궤도(21)로 수정되고, 상기 재활부(30)는 상기 수정운동궤도(21)를 통해 재활을 수행하여, 동일한 재활효과에 도달할 수 있다.

[0057] 구체적으로, 상기 제1 인가력의 위치, 속도, 가속도 및 크기를 임피던스 제어모드를 이용하여 제어하며, 이 경우 상기 임피던스 제어모드는 하기 식 (1) 및 식 (2)에 의해 수행된다.

$$M_1(\ddot{r} - \ddot{r}_d) + D_1(\dot{r} - \dot{r}_d) + K_1(r - r_d) = F_h \quad (1)$$

$$M_2(\ddot{r} - \ddot{r}_d) + D_2(\dot{r} - \dot{r}_d) + K_2(r - r_d) = F_d' \quad (2)$$

[0058]

[0059] 이 경우,  $r$ ,  $\dot{r}$  및  $\ddot{r}$ 은 각각 제1 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 나타내는 벡터이며,  $r_d$ ,  $\dot{r}_d$  및  $\ddot{r}_d$ 은 각각 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 나타내는 벡터이다. 또한,  $F_h$ 는 제1 인가력의 크기를 나타내는 벡터,  $F_d'$ 는 수정된 제2 인가력의 크기를 나타내는 벡터이다. 또한,  $M_1$ ,  $D_1$  및  $K_1$ 은 각각 가상임피던스의 관성, 점성 및 탄성행렬의 초기값이며,  $M_2$ ,  $D_2$  및  $K_2$ 는 각각 가상임피던스의 관성, 점성 및 탄성행렬의 제어값에 해당된다.



[0060] 상기 식 (1)을 통해 상기 임피던스 연산부(105)는 상기 재활부(30)에 의한 상기 제1 인가력  $F_h$ 를 바탕으로 상기 운동궤도(20)를 상기 수정운동궤도(21)로 수정하고, 이는 이미 설명한 바와 같이 인가력 위치 제어 모드에 해당된다.

[0061] 또한, 상기 식 (2)를 통해 상기 임피던스 연산부(105)는 상기 재활부(30)에 의한 상기 제1 인가력  $F_h$ 를 바탕으로 상기 운동궤도(20)를 상기 수정운동궤도(21)로 수정하며 상기 수정운동궤도(21) 상의 제2 인가력의 크기  $F_d'$ 에 관한 정보를 수정하고, 이는 이미 설명한 바와 같이 인가력 크기 제어 모드에 해당된다.

[0062] 상기 식 (1)을 참조한 인가력 위치제어 모드에서는, 가상임피던스의 관성, 점성 및 탄성행렬의 초기값  $M_1$ ,  $D_1$  및  $K_1$ 과, 현 단계(n)에서의 제1 인가력의 크기를 나타내는 벡터  $F_h(n)$  입력되면, 기 설정된 운동궤도(20)를 정의하는 제2 인가력의 위치에 관한 정보인 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 나타내는 벡터  $r_d$ ,  $r_d'$  및  $r_d''$ 를 바탕으로, 수정 운동궤도(21)를 정의하는 수정된 제2 인가력의 위치에 관한 정보를 나타내는 벡터  $r$ ,  $r'$  및  $r''$ 를 구할 수 있다.

[0063] 즉, 상기 벡터  $r$ ,  $r'$  및  $r''$ 를 구함으로써, 상기 재활부(30)에 의해 인가된 제1 인가력  $F_h$ 가 고려된 수정운동궤도(21)의 위치에 관한 정보가 얻어진다. 이를 통해 상기 수정운동궤도(21)의 위치, 속도 및 가속도가 수정된다.

[0064] 상기 식 (1)에서는 현 단계(n)에서의 제1 인가력의 크기를 나타내는 벡터  $F_h(n)$ 을 대체하여, 이전 단계(n-1)에서의 제1 인가력의 크기를 나타내는 벡터  $F_h(n-1)$ 로 연산이 수행될 수 있다.

[0065] 한편, 도 5를 참조하면, 상기 재활부(20)에 의한 제1 인가력  $F_h$ 를 고려하여 수정된 상기 재활로봇(10)에서 인가하는 제2 인가력  $F_d'$ 는, 제1 인가력이 인가되지 않은 상태, 즉 이상적인 운동궤도(20) 상에서 제2 인가력의 크기를 나타내는 벡터  $F_d$ 를 바탕으로, 하기 식 (3)으로부터 도출된다.

$$F_d' = F_d + F_k' \quad (3)$$

[0067] 또한, 상기 식 (3)을 참조한 인가력 크기 제어 모드에서는, 기 설정된 운동궤도(20)를 정의하는 제2 인가력의 위치에 관한 정보인 벡터  $r_d$ ,  $r_d'$  및  $r_d''$ 와, 식 (1)을 통해 수정된 수정운동궤도(21)를 정의하는 수정된 제2 인가력의 위치에 관한 정보인 벡터  $r$ ,  $r'$  및  $r''$  및, 상기 도 5를 통해 도출된 수정된 제2 인가력의 크기( $F_{i2}$ )를 나타내는 벡터  $F_d'$ 를 바탕으로, 가상임피던스의 관성, 점성 및 탄성행렬의 제어값인  $M_2$ ,  $D_2$  및  $K_2$ 를 도출할 수 있다.

[0068] 이상과 같이, 상기 임피던스 연산부(105)는 상기 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 바탕으로 제2 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 수정하여 수정운동궤도(21)를 도출할 수 있으며, 이렇게 수정된 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 로봇 인가력 위치 수정부(107)를 통해 상기 재활로봇(30)으로 출력하고, 수정된 상기 제2 인가력의 크기( $F_{i2}$ )를 로봇 인가력 크기 수정부(108)를 통해 상기 재활로봇(30)으로 출력한다.

[0069] 한편, 본 실시예에서는 상기 파라미터 조절부(106)에서는 제어의 대상이 되는 제2 인가력의 위치에 관한 정보 및 크기에 관한 정보의 상관관계에 대하여 상기 임피던스 연산부(105)는 상기 제2 인가력의 위치에 관한 정보 및 크기에 관한 정보를 동시에 수정하기 위해, 하기 식 (4)과 같이 위치 및 크기의 비율을 조절하는 파라미터  $\Gamma$ 를 이용한다.

$$[\Gamma M_1 + (I - \Gamma)M_2](\ddot{r} - \ddot{r}_d) + [\Gamma D_1 + (I - \Gamma)D_2](\dot{r} - \dot{r}_d) + [\Gamma K_1 + (I - \Gamma)K_2](r - r_d) \\ \gg = \Gamma F_h + (I - \Gamma)F_d' = F_r \quad (4)$$

[0071] 상기 식 (4)에서, 파라미터  $\Gamma (0 \leq \Gamma \leq 1)$ 를 조절하여 인가력의 위치에 관한 정보 및 인가력의 크기에 관한 정보를 최적의 비율로 동시에 수정할 수 있다.

[0072] 예를 들어, 상기 재활로봇(10)과 상기 재활부(30)가 서로 접하는 접점 P에서 상기 재활부(30)에 의해 인가되는

제1 인가력의 위치가 상기 재활로봇(10)에 기 정의된 도 2의 운동궤도(20)와 비교하여 차이가 크다면 상기 파라미터 조절부(106)는  $\Gamma$  값을 증가시켜( $> 0.5$ ) 인가력 위치 제어를 중점적으로 수행하여 상기 재활부(30)가 상기 운동궤도(20)를 트래킹(tracking)할 수 있도록 유도한다.

[0073] 반면, 상기 재활로봇(10)과 상기 재활부(30)가 서로 접하는 접점 P에서 상기 재활부(30)에 의해 인가되는 제1 인가력의 크기가 상기 재활로봇(10)에 기 정의된 도 2의 운동궤도(20)와 비교하여 차이가 크다면 상기 파라미터 조절부(106)는  $\Gamma$  값을 감소시켜( $< 0.5$ ) 인가력 크기 제어를 중점적으로 수행하여 상기 재활부(30)가 상기 운동궤도(20)에 정의된 인가력의 크기를 트래킹(tracking)할 수 있도록 유도한다.

[0074] 이와 같이, 본 실시예에서는 상기 재활부(30)를 통해 입력되는 인가력의 입력값을 고려하여 위치 제어 및 크기 제어를 적절히 배분함으로써, 상기 재활부(30)의 재활 효과를 향상시킬 수 있다.

[0075] 즉, 상기 제1 인가력의 위치 및 크기에 관한 정보를 바탕으로, 기 설정 운동궤도(20)와 인가력 위치 에러가 큰 경우라면 위치 제어를 중점적으로 수행하고, 기 설정 운동궤도(20)와 인가력 크기 에러가 큰 경우라면 크기 제어를 중점적으로 수행하도록 하므로, 상기 재활부(30)의 재활 효과를 향상시킬 수 있다.

[0076] 도 6은 도 1의 재활로봇 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 시스템을 이용한 인가력의 위치 및 크기 동시 제어 방법을 도시한 흐름도이다.

[0077] 도 6을 참조하면, 상기 재활운동궤도 최적화 방법에서는, 우선 가상임피던스의 관성, 점성 및 탄성행렬의 초기 값  $M_1$ ,  $D_1$  및  $K_1$ 을 설정한다(단계 S10). 이 후, 현 단계(n)가 초기단계(n=0)라면 이전 단계에서의 제1 인가력에 관한 정보가 없으므로  $F_h(n)$ 에 0의 초기값을 설정하고, 현 단계(n)가 초기단계가 아니라면 이전 단계에서의 제1 인가력에 관한 정보를 바탕으로  $F_h(n)$ 에  $F_h(n-1)$  값을 할당한다(단계 S30, 단계 S31).

[0078] 이 후, 기 설정된 운동궤도(20)를 정의하는 제2 인가력의 위치에 관한 정보인 상기 제2 인가력의 위치, 속도 및 가속도를 나타내는 벡터  $r_d(n)$ ,  $r_d'(n)$  및  $r_d''(n)$ 를 상기 식 (1)에 입력하면(단계 S40), 상기 위치제어 모드에 관한 식 (1)로부터 수정 운동궤도(21)를 정의하는 수정된 제2 인가력의 위치에 관한 정보를 나타내는 벡터  $r(n)$ ,  $r'(n)$  및  $r''(n)$ 를 구할 수 있다(단계 S50).

[0079] 이 후, 상기 식 (3)으로부터, 이상적인 운동궤도(20) 상에서 제2 인가력의 크기를 나타내는 벡터  $F_d(n)$ , 및 상기  $F_h(n-1)$ 을 바탕으로 제1 인가력을 고려하여 수정된 상기 재활로봇(10)에서 인가하는 제2 인가력  $F_d'(n)$ 을 도출할 수 있다(단계 S60).

[0080] 이 후, 상기 식 (2)로부터, 가상임피던스의 관성, 점성 및 탄성행렬의 제어값인  $M_2(n)$ ,  $D_2(n)$  및  $K_2(n)$ 를 도출한다(단계 S70).

[0081] 이를 통해, 상기 제1 인가력을 고려한 수정운동궤도(21)를 도출하고, 이를 통해 동일한 재활운동 효과를 구현할 수 있도록 재활운동궤도를 최적화할 수 있다.

[0082] 한편, 본 실시예에서는 상기 수정 운동궤도(21)를 정의하는 제2 인가력의 위치에 관한 정보 즉, 위치 제어 모드와 상기 제1 인가력을 고려하여 수정된 상기 재활로봇(10)에서 인가하는 제2 인가력  $F_d'(n)$  즉, 크기 제어 모드를 동시에 수행하되, 최적의 비율로 동시 제어 모드를 수행하므로, 최적의 비율을 결정하는 파라미터인  $\Gamma$ 를 설정한다(단계 S80). 상기 파라미터  $\Gamma$  설정의 예는 앞서 설명한 바와 같으므로 중복되는 설명은 생략하며, 상기 재활부(30)를 통해 인가되는 제1 인가력의 위치 및 크기에 따라 0 에서 1 사이의 값으로 설정될 수 있다.

[0083] 한편, 현 단계(n)에서의 제1 인가력의 크기에 관한 정보  $F_h(n)$ 을 측정하고(단계 S90), 상기 측정된  $F_h(n)$ 은 다음 단계(n+1)에서 수정운동궤도(21)의 추출에 사용될 수 있다.

[0084] 이 후, 재활운동이 종료되었는지(n=nf)를 판단하고(단계 S100), 종료되지 않은 경우 다음 단계(n=n+1)로 진행한다.

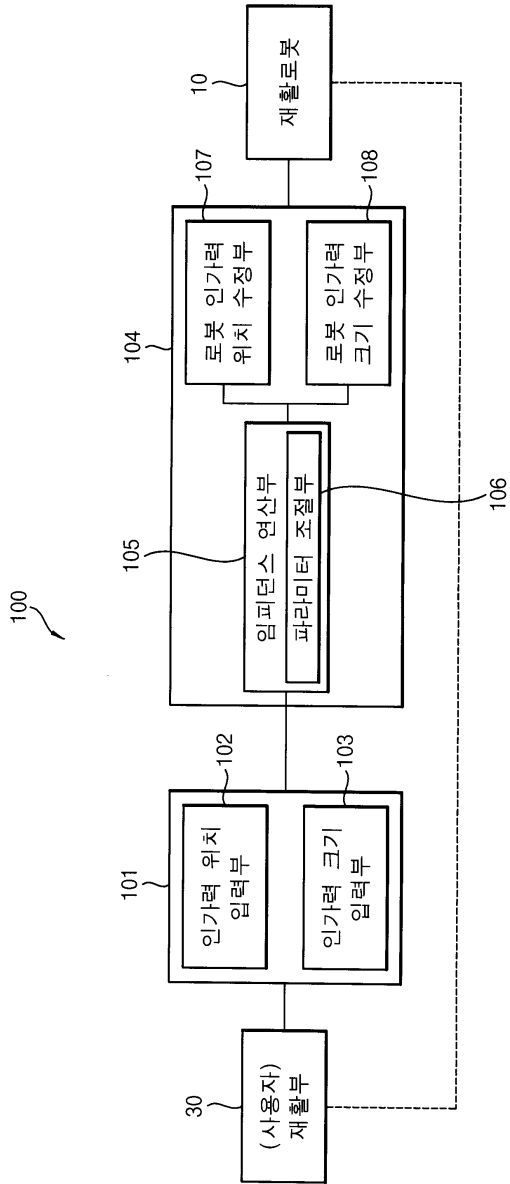
[0085] 이와 같이, 재활부(30)에서 재활운동이 수행되는 매 단계마다, 상기 재활로봇(10)이 추적하는 운동궤도(21)가 수정되어, 동일한 재활운동 효과를 구현할 수 있게 된다.

[0086] 상기와 같은 본 발명의 실시예들에 의하면, 사용자가 재활로봇에 인가하는 인가력의 위치 및 크기(벡터)에 관한 정보를 바탕으로 재활로봇이 사용자에게 인가하는 인가력의 위치 및 크기(벡터)에 관한 정보를 동시에 수정하

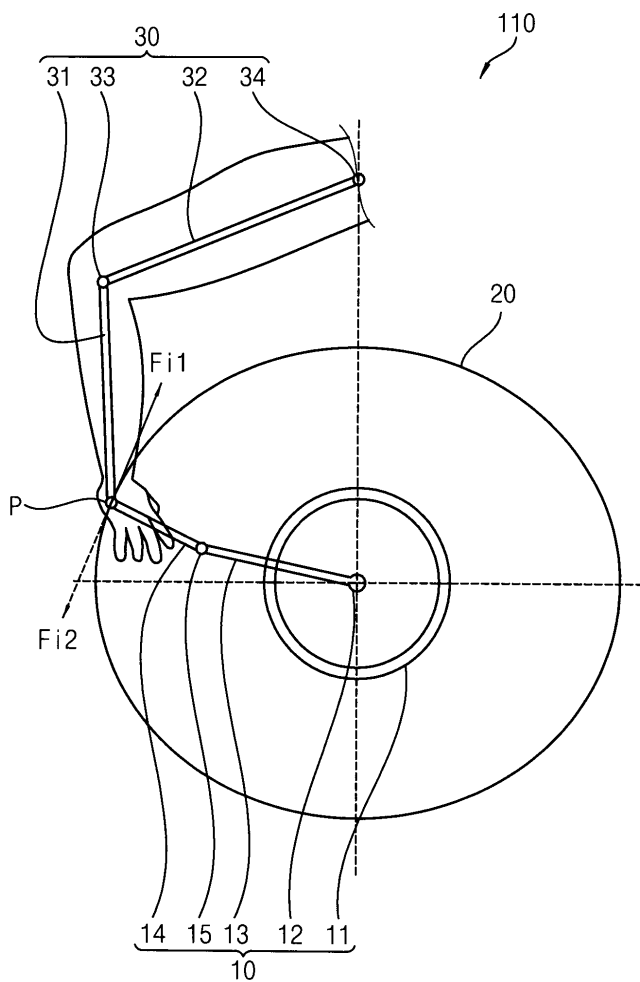


도면

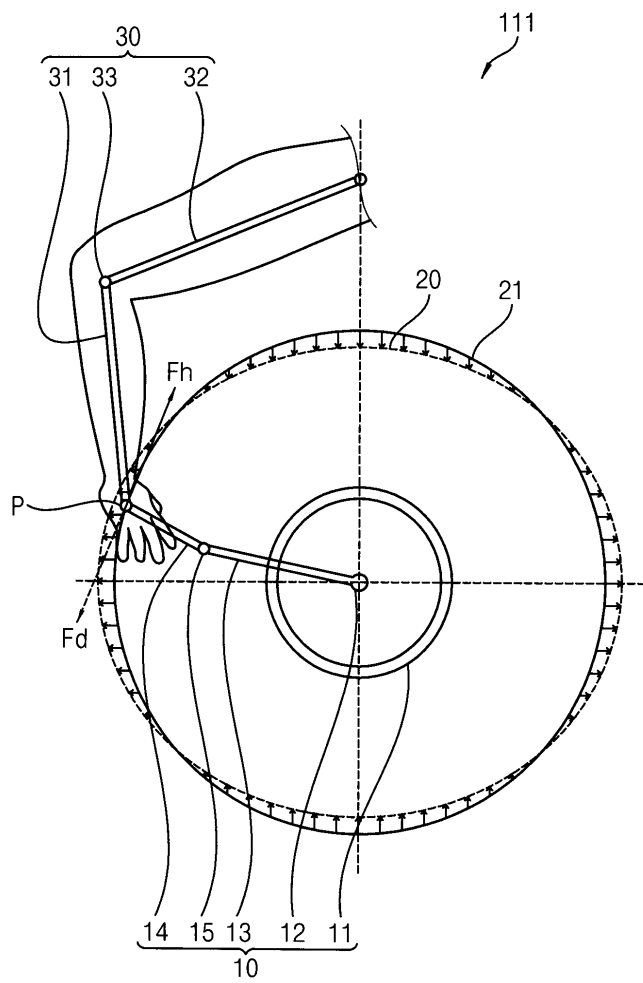
도면1



도면2

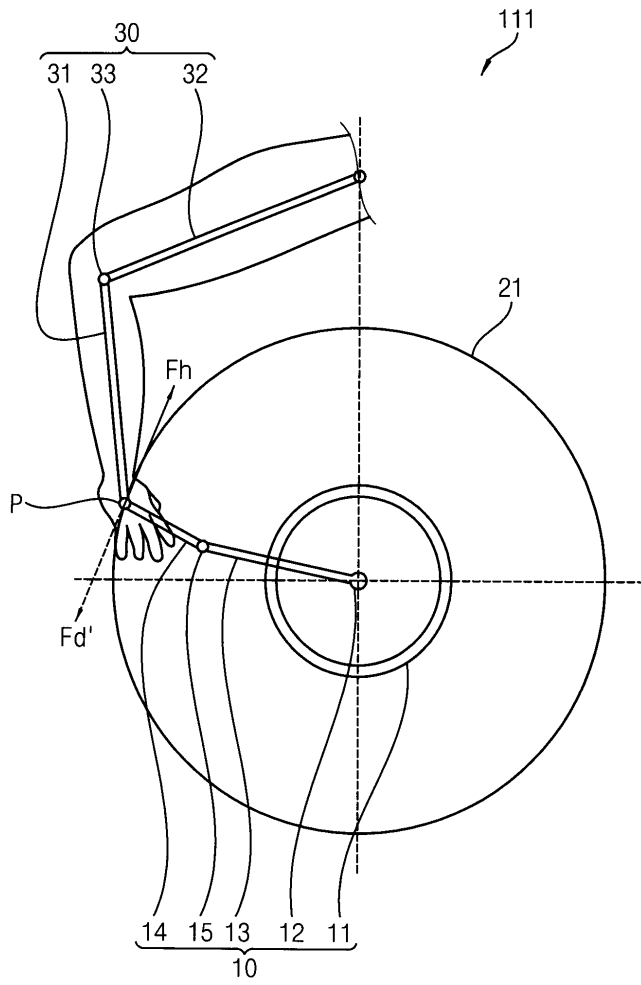


도면3

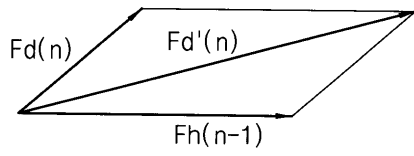




도면4



도면5



도면6

