

곡선 링크가 적용된 2자유도 평면 보조 로봇의 작업공간 분석 Analysis of the workspace of 2DOF planar assistive robot with a curved link

*이등주¹, 구광민¹, 손지나¹, 나영진¹, #김정¹

*D. J. Lee¹, G. M. Gu¹, J. Son¹, Y. Na¹, #J. Kim¹

¹한국과학기술원 기계공학과

Key words : upper limb assist robot, curved link, workspace analysis, target orient design.

1. 서론

현재 증가하고 있는 고령자와 환자의 수에 비해 이를 치료하는 전문의나 도움을 주는 사람의 수는 부족한 실정이다. 이에 대한 대안으로 로봇을 이용한 로봇재활이나 생활보조 로봇이 제안되고 있다. 근력이 저하된 환자들이 독립적으로 일상생활활동을 수행할 수 있게 도움을 줌으로써, 환자들의 독립성을 증가시키고, 이들을 돌보는데 드는 사회적 비용을 줄일 수 있다. 환자의 재활을 위해 물리치료와 작업치료를 수행할 수 있는 상지 재활 로봇으로 잘 알려진 ARMin (ETH, Zurich)은 재활 동작을 위해 6 자유도로 구성되어 사람의 상지 움직임을 수행할 수 있다. ARMin은 어깨관절과 팔꿈치 관절과 손목 관절에 대해서 치료를 수행할 수 있다. 하지만 다자유도로 인한 6개의 모터와 엔코더, 고가의 힘/토크 센서로 인한 개발비용이 상당히 높아 환자뿐 아니라 병원에서도 운용하기에 많은 어려움이 있다. 따라서 정상인의 완벽한 움직임을 구현하기 보다 환자의 상태와 정도에 따라 그 특성을 고려한 상용 로봇 시스템들이 제안되었다. Armon Edero (Armon Products)는 모터의 사용 없이 하드웨어적인 중력보상을 통해 팔의 무게를 지지해 줌으로서, 근력이 저하된 환자가 평면상에서 팔을 움직일 수 있게 해준다. 하지만 시스템의 구조상 고정된 평면에서만 사용할 수 있다. Armon Edero와 유사한 시스템으로는 Neater Armon Suppor (Neater) 가 있다. Edero와 같이 평면상에서는 환자가 팔의 무게를 아래팔에 위치한 받침대(brace)로 지지 받아 움직일 수 있고 팔 받침대의 높낮이를 모터로 조정 할 수 있다.

정상인의 모든 관절가동범위를 완벽하게 구현하기 위해서는 ARMin, HAL_UL과 같은 다자유도 시스템이 필요하며, 평면상의 움직임 구현을 위해 Edero, Neater Armon Suppor 등이 제안되었다. 외골

격형으로서 정상인의 관절 가동범위를 구현하는 복잡한 형태의 로봇을 설계하기보다, 사용자가 원하는 필수적인 동작들을 수행할 수 있게 함으로서 사용자의 만족도를 높이고 삶의 질 향상에 기여할 수 있는 형태의 상지 부하 보조 로봇을 설계하고자 한다. 고령자나 환자에 대해서 책상이나 식탁 위에서 스스로 식사를 비롯한 소일거리를 수행할 수 있도록 사용자의 필요를 바탕으로 목표 작업을 설정하고 이 작업을 수행할 수 있는 2자유도 보조 매니플레이터에 대해 작업공간 분석하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 목표지향적 설계방법을 기반으로 목표를 설정하고, 이에 따라 생체역학적 자료들을 바탕으로 기구학적 분석을 통해 목표작업을 수행할 수 있는 작업공간을 확보한다. 3장에서는 분석 과정에서 링크형상에 따른 시뮬레이션 결과를 검토하고, 링크 제작 및 구동 방법을 고려했을 때 가장 적합한 링크 형상을 제안하도록 한다.

2. 목표 작업 분석

목표 지향적 설계를 위해 목표로하는 사용자와 작업 및 작업환경을 고려해야 한다. 사용자는 앞서 언급한 바와 같이 자신의 팔의 중력에 의한 힘을 버티지 못하지만 중력보상을 통해 스스로 움직일 수 있는 MRC 등급 2-3단계의 고령자 및 환자를 대상으로 한다. 목표작업은 설문조사에 기반한 Romily et al. 의 연구를 바탕으로, 환자가 일상생활에서 꼭 필요하다고 반응한 항목 중에 팔 뻗기(stretching, reaching) 동작을 수행하고자 한다[1]. 또한 사용자가 병원에서뿐만 아니라 집에서 사용할 수 있도록 환경을 설정한다.

부하보조 매니플레이터의 작업공간(workspace)

을 결정하기 위하여, 사람의 상지 작업공간을 분석하였다. 다양한 사용자가 사용할 수 있도록 하기 위해서 상지의 길이는 한국인 인체치수조사를 바탕으로 20-80세 남녀 기준으로 95 백분위 수를 갖는 값들로 결정하였다. 동작 범위의 경우, 같은 조사를 바탕으로 평균적인 동작 범위, 즉 50 백분위 수를 갖는 값들로 결정하였다. 위에서 결정된 상지 길이 및 동작 범위 값들을 이용하여 사람의 횡단면에서의 2차원 작업공간을 결정하였다. 높이 방향의 작업공간은 앉았을 때를 기준으로 팔꿈치에서 눈높이까지의 길이로 설정하였다

Table 1 . Human design parameters based on the investigation of Korean size

Length of arm	
위팔 길이	352 mm
전체 팔 길이	604.5 mm
추정 아래팔 길이	252.5 mm
얇은배두께	294 mm
위팔사이너비	495 mm
어깨너비	438 mm
Range of motion(ROM) for reaching motion	
팔꿈치굽힘	0 - 134.5°
팔모음	정면 기준 0 - 54.5°
팔벌림	정면 기준 -90° - 0°

3. 시뮬레이션 및 결론

2자유도 평면로봇은 보통 두 개의 링크가 직렬로 연결되는데, 가공 및 설계의 편의 때문에 일반적으로 직선링크로 설계되어왔다. 사람과 직접적으로 접촉해서 반복적으로 동일한 작업을 수행하는 재활 로봇의 경우는, 사람과 로봇의 위치가 결정되어 있기 때문에, 이러한 특정 작업을 만족시킬 수 있는 링크의 길이와 형상을 시뮬레이션을 통해 도출할 수 있다. 시뮬레이션에는 앞의 한국인인체치수를 바탕으로 로봇의 첫 번째 조인트(조인트의 위치는 사람의 어깨 관절에서 우측으로 30cm, 후면으로 10cm 떨어진 곳에 위치하도록 가정함)에서 사람과 충돌하지 않으면서 팔뻗기 및 스트레칭을 위한 ROM(-90~54.5°)를 만족시키는 링크의 길이와 형상을 분석하였다. 곡선링크와 직선링크를 비교한 이유는, 곡선 링크를 사용할 경우 사람의 몸통에 부딪치지 않으면서 더 많이 움직일 수 있게 되기 때문에 그 유효성을 판단해보고자 하였다.

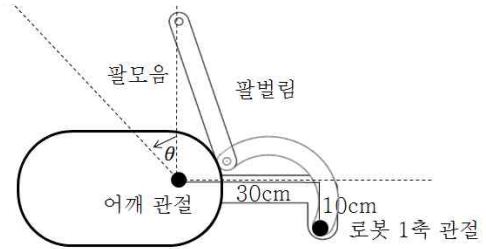


Fig. 1 Simulation model of human and robot 1th joint position

링크 길이가 길어질 경우 구동에 많은 토크가 요구되기 때문에 링크 길이는 400mm로 제한하였다. 또한 곡선링크의 곡률은 모두 동일하게 링크의 끝과 끝사이의 중간점에서 곡선의 정점까지 100mm가 되도록 설정하였다. 이를 바탕으로 다양한 조합을 시뮬레이션 하였고, 최종적으로 분석된 링크의 형상 및 길이에 대한 움직임 각은 아래와 같다.

	Case 1	Case 2	Case 3
링크 1 (형상/길이)	직선/400	직선/350	곡선/400
링크 2 (형상/길이)	직선/350	곡선/400	직선/350
작업공간	-90~30°	-90~62°	-90~43°

2자유도 평면로봇에 대해서 일반적으로 사용되고 있는 직선 링크에 비해서 Case 2 (직선/곡선)가 가장 효과적으로 작업공간을 구현하는 것을 확인하였다. 이는 앞서 설정된 스트레칭 작업 수행을 위한 ROM을 만족시킨다.

후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0020934).

참고문헌

1. Romilly, D.P.; Anglin, C.; Gosine, R.G.; Hershler, C.; Raschke, S.U.; , "A functional task analysis and motion simulation for the development of a powered upper-limb orthosis," Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on, vol.2, no.3, pp.119-129, Sep 1994