

발목 굽힘 재활 장치의 시뮬레이션 Simulation of Ankle Bending Rehabilitation System

*#김갑순¹, 김용국¹, 김현민¹

*#K. S. Kim(gskim@gnu.ac.kr)¹, Y. G. Kim¹, H. M. Kim¹

¹경상대학교 제어계측공학과

Key words : Ankle bending, Rehabilitation system, Simulation

1. 서론

우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 초고령화가 급속히 증가함에 따라 뇌졸중 환자는 지속적으로 증가 추세에 있다. 이 뇌졸중은 발생하면 치료가 힘들 뿐만 아니라 편마비, 전신마비를 동반하기 쉽다. 이들 중증 뇌졸중 환자를 재활치료를 위해서는 전문치료사, 간호사 등의 많은 인력을 필요로 하지만 실제로는 많은 부족한 실정이므로 이를 대신할 수 있는 재활 로봇의 개발이 필요하다.

마비 환자의 발 재활치료를 위해서는 지속적인 운동을 통하여 강직된 근육을 풀어주어야 한다. 이 운동은 환자의 발목을 중심으로 앞뒤로 잡아당기거나 밀어주어야 하고, 좌우로 회전 하여야 한다. 이를 위해서는 발목의 움직임에 맞추어진 로봇이 설계 되어야 한다.

본 논문에서는 뇌졸중 등의 질병이나 사고에 의해 발과 발목이 마비되어 있는 환자의 재활 치료를 할 수 있는 로봇을 모델링 한다. 모델링을 위해 정역학 해석을 실시하고, 해석결과를 기초로 하여 시뮬레이션을 실시한다.

2. 정역학 해석

Fig. 1 은 발목 재활 치료 장치의 개략도이다. “L”자 좌우 반전 형태의 지지대에 발을 올려 고정하면 지지대 상하에 고정되어 있는 링크가 늘어나거나 줄어들면서 발목을 중심으로 발을 상하로 움직여 주는 구조로 구성되어 있다. 해석의 편의를 위해 각 링크의 명칭은 Fig. 1 에 나타낸 것과 같이 Link1 에서 Link7 의 7 개의 링크로 구성

되어 있다. 발목 부분의 조인트를 중심으로 발을 상하로 움직이는 것, 즉 θ_1 이 변화하기 위해서는 Link5 와 Link7 의 길이가 연동하여 변화 하고 θ_2 의 값도 변화 한다. 해석을 위해 Link1 의 연장선을 기준으로 윗 쪽부분을 보면 Link1, Link2, Link4, Link5, θ_1 , θ_2 로 이루어져 있다. 이를 해석하기 위해 발목 부분 링크를 시작점으로 정한다. Link1 과 Link2 의 사이각은 90도로 변화 하지 않고, Link2 와 Link4 의 사이각 역시 270도로 변화 하지 않기 때문에 한 개의 덩어리로 가정할 수 있다. Link4 과 Link5 의 조인트를 점(Px, Py)로 한다면 아래와 같은 식을 얻을 수 있다.

$$Px = L1\cos\theta_1 - L2\sin\theta_1 + L4\cos\theta_1 \quad (1)$$

$$Py = L1\sin\theta_1 + L2\cos\theta_1 + L4\sin\theta_1 \quad (2)$$

$$L1 + L4 + L5 - Px = L5'\sin\theta_2 \quad (3)$$

$$L2 - Py = L5'\cos\theta_2 \quad (4)$$

여기서 L1 은 Link1, L2 는 Link2, L4 는 Link4, L5 는 Link5 이고 위하여 L5'는 길이 변화가 발생하여 θ_1 , θ_2 의 값이 0 이 아닐 경우의 Link5 의 길이를 나타낸다.

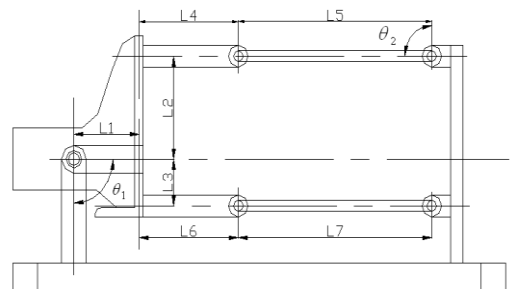


Fig. 1 Schematic diagram of angle bending rehabilitation

식(3)을 식(4)로 나누면 $\tan \theta_2$ 의 값을 구할 수 있고, θ_2 의 값을 식(4)에 대입하면 $L5'$ 를 구할 수 있다. 이것을 정리하면 θ_1 의 각변화에 따른 Link5의 길이 변화와 θ_2 의 각변화를 구할 수 있다. Link1의 연장선 아래방향도 이와 동일한 방식으로 정리가 가능하다.

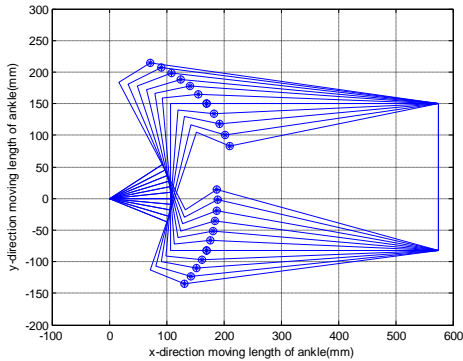


Fig. 2 Result of ankle bending rehabilitation simulation

3. 모델링의 시물레이션

정리된 식을 이용하여 발목부분이 상하로 움직일 경우, 즉 Link1이 발목을 원점으로 위아래로 움직이게 될 경우 Link5와 Link6의 길이 변화와 각의 변화를 시물레이션 하였다. 발 바닥에서 발 목까지의 길이를 100mm 발의 길이를 275로 추정하여 시물레이션 변수로 활용하였고, Link5와 Link7의 초기 길이는 로봇의 크기와 각의 움직임, 무게 등을 고려하여 초기 길이는 405mm로 결정하였다. 발목이 움직일 각도는 마비 환자가 침대에 누워 있을 때를 가정하여 다리와 지면이 수평인 경우를 0°로 하여 발가락이 몸으로 가까워 지는 경우를 위쪽, 멀어지는 경우를 아래쪽으로 정하였고, 움직이는 각도는 한번에 5°씩 위쪽으로 30°, 아래쪽으로 20°로 정하였다. 시물레이션 프로그램은 Matlab을 이용하여 실시하였고 결과는 Fig. 2와 같다.

변화된 길이 값은 table1에서 나타낸 것과 같이 Link5의 변화 값은 307.1mm에서 506.9mm까지 변화하였고, Link7은 398.5mm에서 446.5mm까지 변화하였다.

때문에 발목의 원활한 운동을 재현 하기 위해서는 Link가 200mm 이상 변화 해야하는 것을 알 수 있다. Link5와 Link7의 변화 차이는 발목에서 Link5와 Link7까지 높이 차이가 있기 때문이다.

Table 1 Result of ankle bending rehabilitation simulation

Angle change(°)	Link5 length(mm)	Link7 length(mm)
-20	307.1	446.5
-10	382.9	422.8
0	405.0	405.0
10	434.5	394.5
20	469.1	392.3
30	506.9	398.5

4. 결론

본 논문에서는 중증 뇌졸중환자 등의 발마비 환자의 유연성 재활운동과 근육강화 재활운동을 실시할 수 있는 발목 굽힘 재활로봇을 모델링하였고, 정역학 해석을 통해 시물레이션 변수를 결정하고 시물레이션 하였다. 이는 발목 굽힘 재활 로봇의 제작에 활용하여 재활장치 제작에 도움이 될 것으로 판단 된다.

후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012R1A1A2A10041417).

참고문헌

1. Yamaura, H., Matsushita, K., Kato, R. and Yokoi, H., "Development of Hand Rehabilitation System for Paralysis Patient – Universal Design Using Wire-Driven Mechanism –," Engineering in Medicine and Biology Society, Annual International Conference of the IEEE, pp. 7122-7125, 2009.