

마이크로프로세서 제어 대퇴의지의 개발

*김신기, 김중권, 최기원, 김경훈, 문무성
재활공학연구센터

Development A Microprocessor Controlled Pneumatic Above-knee Prosthesis

S.K. Kim, J.K. Kim, K.W. Choi, K.H. Kim, and M.S. Mun,
Korea Orthopedic & Rehabilitation Engineering Center

Abstract

In this paper, a transfemoral prosthesis with a microprocessor controlled pneumatic knee developed at KOREC is presented. The resistance of the knee is changed automatically via a microprocessor as the amputee's gait speed changes, so that the prosthetic side of the amputee can follow the sound limb. Gait analysis has been conducted to evaluate the performance of the developed prosthesis and the improvement of the gait pattern including the gait symmetry was observed.

1 서론

대퇴절단자들의 보행을 위한 대퇴의지는 무릎 역할을 하는 슬관절기구가 원활하고 경제적인 보행에 매우 중요하며 사람의 무릎과 유사하게 작동하는 슬관절 기구의 개발에 많은 노력들이 있어 왔다. 슬관절 기구는 단진자운동을 하는 것으로 전형적인 슬관절기구는 보행중 회전 속도를 조절할 수 없는 구조로 되어있어 착용자의 보행속도의 변화가 클 경우 적용하지 못하고 넘어지는 경우가 많아서 보행에 제한이 많다.

본 연구에서는 착용자의 보행 속도의 변화에 따라 슬관절기구에 부착된 댐퍼의 저항이 자동적으로 조절되어 의족축이 정상축과 같이 움직여 절단 장애인들의 활동 범위를 높여주는 마이크로프로세서 제어 *대퇴의지*(이하 인공지능 대퇴의지 이라 함) 개발하였다.

인공지능 대퇴의지는 보행속도를 검출하여 그 속도에 대응하도록 비선형 특성을 가진 공압실린더의 오리피스를 필요량만큼 마이크로 프로세서를 이용하여 보행 중에 자동적으로 조절하여 빠른 걸음으로 걸어도 자연스럽게 안정된 보행을 하도록 개발되었다.[1][2] 본 논문에서는 개발된 인공지능대퇴의지를 대퇴절단자에게 장착하여 보행분석을 수행한 결과를 보여준다.

2. 인공지능 대퇴의지의 개발

2.1 구조

인공지능 대퇴의지는 무게 대비 강도가 우수한 탄소 섬유 복합재료 프레임 내부에 하중 작동식 브레이크 및 인공지능의지용 실린더가 부착되었고 프레임 하부에 파이프 및 족부가 부착되고 프레임 상부에는 절단부에 장착하도록 플라스틱제 소켓이 연결된다.

2.2 실린더의 설계

실린더는 피스톤으로 양분된 두 챔버 간에 두 개의 유체통로가 있어 보행 중에 각각의 통로에서 무릎의 굴곡과 신전을 조절한다. 유체통로에는 니들 밸브(가변 노즐)가 설치되어 유체의 저항을 조절할 수 있다. 인공지능의지용 실린더는 근접 센서, 노즐 조절 스텝 모터, 마이크로프로세서, 전원용 건전지와 공압 실린더의 결합으로 이루어진다. 피스톤 내부에 장착된 마그네틱형 근접 센서로 속도 신호가 검출되어 속도의 변화에 따라 마이크로프로세서에 의해 스텝 모터를 구동하여 니들 밸브를 조절하여 니들밸브를 통한 유량의 흐름을 제어한다. 유량의 제어는 보행 속도와 직접적으로 관계가 있다. 기구적으로 건전지를 교환이 용이하도록 설계하였다. 그림1은 인공지능의지용 실린더의 사진이다.

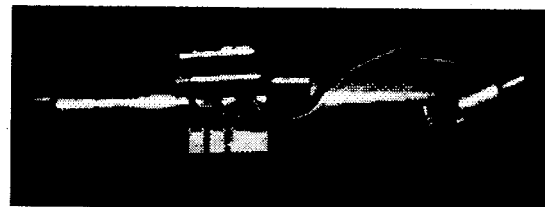


그림 1 인공지능용 실린더

2.3 실린더의 특성

보행속도는 피스톤상부에 부착된 근접센서에서 검출된 피스톤의 왕복 주기의 pulse 출력 data를 사용하여 결정한다. 마이크로프로세서에서는 이 데이터에서 보속을 계산하여 미리 입력된 데이터

와 일치하도록 니들 밸브 조절량을 결정한다. 그 조절량에 해당하는 입력신호에 의해 스텝 모터가 구동되어 니들밸브를 조절한다.

그림 3은 노즐의 위치 변화(Orifice의 단면적 변화)에 따른 실린더 발생하는 Force을 관계를 나타낸 것이다.

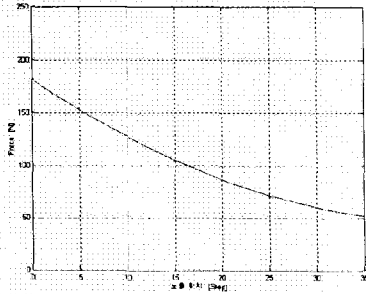


그림 2 노즐위치와 Force의 관계

3. 인공지능 대퇴의지의 보행분석

3.1 보행분석 실험 방법

실험에 참여한 피검자는 오른쪽 대퇴절단자로 절단한지 16년 되었으며, 다른 절단자들과 비교하여 골반의 변형이 적고 보행상태가 양호한 편이다. 체중은 60Kg이고, 키는 160Cm이고 나이는 50세 인 성인남성이다. 그림3 인공지능 대퇴의지를 장착하고 보행하는 모습이이다.



그림3 인공지능 대퇴의지 장착모습

실험장치로는 4개의 piezoelectric force plate (600 x 900 2개, 400 x 600 2개), 적외선 카메라 6대, 25mm 반사마커, CCD 카메라 2대, VCR, 데이터 처리장치 (VICON 370), 컴퓨터 등이 사용되었다. 모든 실험장치는 Vicon 370 data station에 연결되어 시간적으로 일체화 되도록 되어있으며, 실험시 측정되는 모든 데이터들은 vicon 370 data station을 통하여 control PC로 전달된다.

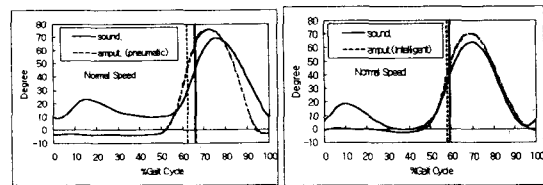
보행분석시스템은 크게 CCD카메라들로 구성되어 있는 운동형상학적 시스템과 힘측정판으로 구

성되어 있는 운동학적 시스템, 근전도를 측정하는 생리학적인 시스템 등으로 구성되어 있다.

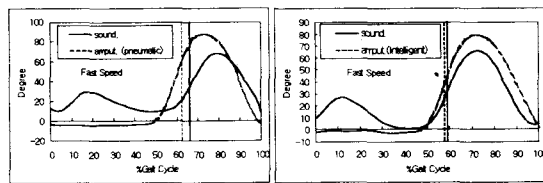
3.2 보행분석 결과

slow, normal, fast 3단계의 보행속도 변화에 따라 보행분석을 실시하였다. 정확한 보행분석을 하고자 시간 간격을 두고 3차례 실험을 실시하였다. 인공지능 대퇴의지의 보행분석 결과 의족측과 정상측의 보행 Pattern이 양호하게 나타났다.

그림 4는 4축 공압식 대퇴의지와 인공지능 대퇴의지의 Normal(1.22m/s)속도의 무릎관절의 신전/굴곡을 비교하여 나타낸 것이고, 그림5는 4축 공압식 대퇴의지와 인공지능 대퇴의지의 Fast(1.44m/s) 속도에서의 무릎관절의 신전/굴곡을 비교한 것으로, 인공지능 대퇴의지를 착용한 경우에 보행Pattern의 좌우Symmetry가 4축 공압식 대퇴의지에 비해 현저하게 개선된 것을 볼 수 있다.



(a) 4축공압식대퇴의지 (b) 인공지능대퇴의지
그림 4. 4축 공압식 대퇴의지와 인공지능 대퇴의지의 보행분석 비교(Normal Speed)



(a) 4축공압식대퇴의지 (b) 인공지능대퇴의지
그림5. 4축 공압식대퇴 의지와 인공지능 대퇴의지의 보행분석 비교(Fast Speed)

4. 결론

인공지능 대퇴의지를 개발하여 대퇴절단 장애인에게 장착하여 보행분석을 한 결과 목적인대로 gait symmetry가 개선되고 착용자가 만족감을 표시한 제품이 개발되었다. 그러나, 임상 실험이 아직 한사람에게만 국한되어 비교검증을 위해 다수의 대퇴절단 장애인에게 장착하여 임상 실험을 실시할 계획이다.

참고문헌

- [1] Zarrugh, M.Y., and Radcliffe, C.W., "Simulation of Swing Phase Dynamics in Above-Knee Prostheses", Journal of Biomechanics, 1976, Vol. 9, pp.283-292.
- [2] Bar.A., Ishai, G., Meretsky, P., and Koren, Y., "Adaptive Microcomputer Control of An Artificial Knee in Level Walking", J.Biomed. Eng, April 1983, Vol.5, pp.145-150.