

2 자유도 원격중심운동 기구의 구동을 위한 신호처리 기법에 관한 연구 A Study on Signal Processing for Driving of 2DOF RCM Manipulator

*김광호¹, 임성빈¹, 정상화²

*G. H. Kim¹, S. B. Im¹, #S. H. Jeong(Shjeong@chosun.ac.kr)²
¹ 조선대학교 대학원 기계공학과, ² 조선대학교 기계공학과

Key words : Remote center of motion, Double parallelogram linkage, Dental implant surgery, 6-axis F/T sensor

1. 서론

최근 로봇 제어 기술의 발달로 산업용 로봇 이외에 다양한 분야의 작업이 로봇에 의해 이루어지고 있다. 산업용 로봇 뿐만 아니라 서비스 로봇으로서 개인용 로봇 및 전문용 로봇에 대한 관심이 높아지고 있다. 의료지원용 로봇은 서비스 로봇 중 전문용 로봇에 속하며, 인간의 능력으로는 실현할 수 없는 정밀작업이 필요한 마이크로 단위의 움직임을 구현하여 수술의 정확성을 높이고 환자의 회복기간을 단축할 수 있다. 치과용 구강 수술에 관한 연구는 주로 사전 시술 계획이나 수술의 시각적 도움을 주는 3차원 형상화 분야에 초점이 맞추어져 있다. 하지만 치과용 임플란트 시술의 성공여부는 정확한 사전시술 계획의 수립 뿐만 아니라 수술 단계에서 치과 의사의 시술 수행능력도 중요하다. 의료용 로봇 분야는 대체적으로 수술용 로봇, 수술 시뮬레이터, 수술 보조 로봇 등으로 분류할 수 있다. 로봇이 의사의 역할을 완벽하게 수행할 수는 없지만, 시술을 보조함으로써 보다 안정적이고 신속한 시술이 가능하다는 것을 보여준다. 수술 보조 로봇은 의사의 손 떨림과 같은 수술에 적합하지 못한 현상을 제거할 수 있을 뿐 아니라, 신경 수술과 같은 분야에서의 정밀한 힘 제어와 위치제어를 바탕으로 안전한 수술을 보장해 준다. 더구나 사람의 손이 기구학적으로 닿을 수 없는 지점에서의 수술을 가능하게 해 주며, 수술부위를 최소화하고 내시경과 여유자유도 로봇을 이용하여 피수술자의 수술 후 통증을 최소화하는데 기여하고 있다. 임플란트 시술시 발생할 수 있는 드릴의 진동에 의한 의사의 손떨림 환자의 움직임, 의사의 피로도 및 비숙련도 등은 시술계획과는 무관하게 임플란트 시술의 정확도를 떨어뜨린다. 임플란트 시술에서 보다 완벽하고 안정적인 시술을 위한 대안은 임플란트 시술에 로봇을 도입하는 것이다. 따라서 환자의 구강상태에 맞는 시술 계획을 수술단계에 적용할 수 있는 기구부의 개발이 요구된다.

본 논문에서는 2 자유도 원격중심운동 기구의 구동을 위한 신호처리 기법에 관하여 연구하였다. 이중 평행사변형 링크부를 이용해서 추가적인 직선변위 보상없이 각도조절이 가능한 원격중심운동 기구부를 설계하였다. 원격중심운동 기구부는 포스/토크센서를 사용하여 각도조절이 이루어진다. 따라서 포스/토크센서 신호를 보정하고 노이즈를 제거하고자 한다.

2. 이중평행사변형 기구부 설계

치과용 임플란트 시술 보조 로봇의 각도 조절은 드릴팁의 위치를 유지하면서, 각도 조절을 구현하기 위하여 평행사변형 메커니즘을 적용하였다. 슬라이더 크랭크 운동에 따른 평행사변형의 각도 변화는 드릴팁의 각도 변화를 유발한다. 직선변위 운동을 적용하기 위해 선형 운동 기구를 도입하였다. 선형 운동 기구는 위치 결정 정밀도가 크고 동시에 고속 움직임이 가능하며 강성과 허용하중이 크다. 또한 장기간 고정도를 유지하므로 의료기기 분야에 적용이 가능하다. Fig. 1 에 이중평행사변형 원격중심운동 기구부를

나타내었다. 두 개의 모터는 롤과 피치운동을 구현하고 임플란트 식립을 위한 드릴링 각도 조절이 가능하다. 또한 설정된 각도로 드릴링이 가능하도록 핸드피스의 드릴과 깊이조절모터의 진행방향이 평행하도록 설계하였다.

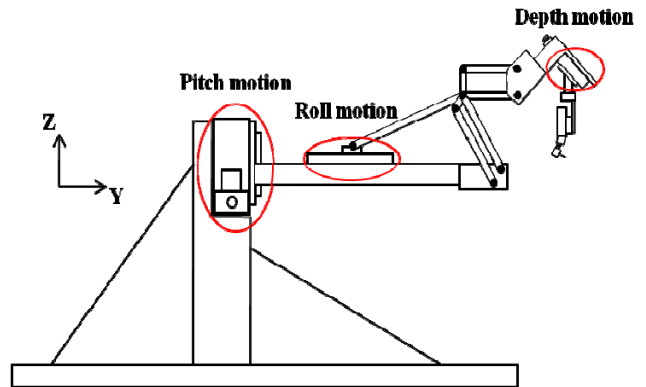


Fig. 1 Remote center of motion linkage

원격운동중심 기구부를 구동하기 위한 실험 기구도를 Fig. 2 에 나타내었다. 6 축 포스/토크 센서를 이용하여 조이스틱과 같이 원격중심운동 기구부를 조작한다. 포스/토크 센서에 입력된 명령은 센서 보정을 통해 모터 구동 신호로 변환되고, 1 펄스구동방식의 신호를 이용하여 전진과 후진한다. 또한 홈센서와 리미트센서의 신호 검출이 가능하다. 모터의 정확한 위치와 드릴팁의 회전각도를 측정하기 위해서 레이저 변위 센서와 기울기 센서를 이용하였다.

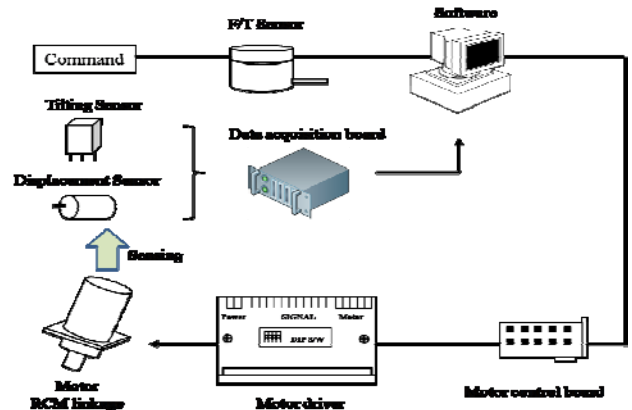
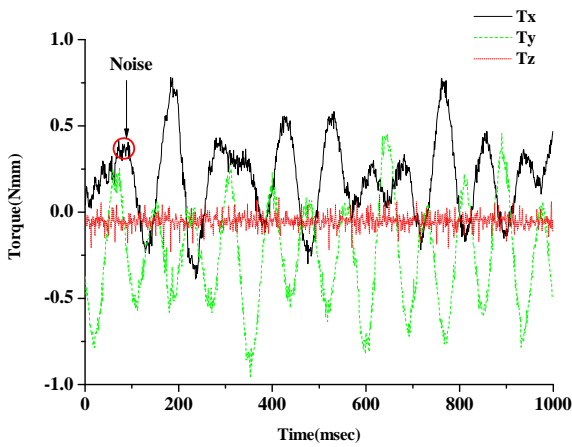


Fig. 2 Schematic diagram for driving system

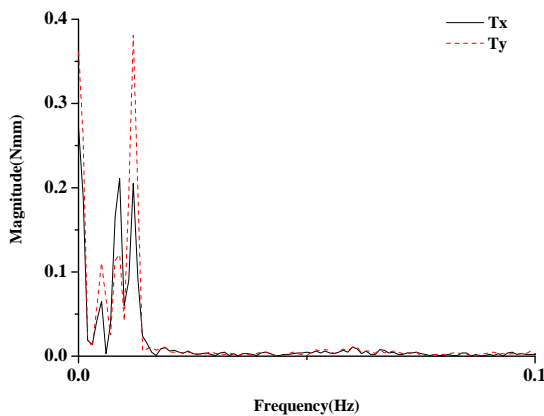
3. 포스/토크센서의 신호처리

포스/토크 센서 신호는 보정 매트릭스를 이용해서 스트레인게이지의 신호를 힘과 포스값으로 변환하고 제로 오프셋을 통해 신호를 초기화하였다. 입력 명령 신호가 없는 경우의 포스/토크센서 신호를 Fig. 3 에 나타내었다. Fig. 3(a) 에서와 같은 신호가 출력되었고, 원격운동중심 기구의 피치와 롤 구동을 위해 T_x 와 T_y 토크신호가 사용된다. 신호

에 중첩되어 있는 노이즈 신호를 확인할 수 있다. Fig. 3(b)와 같이 푸리에 변환을 통해 포스/토크 센서의 고유진동수가 약 0.01Hz임을 확인하였다



(a) F/T sensor signals

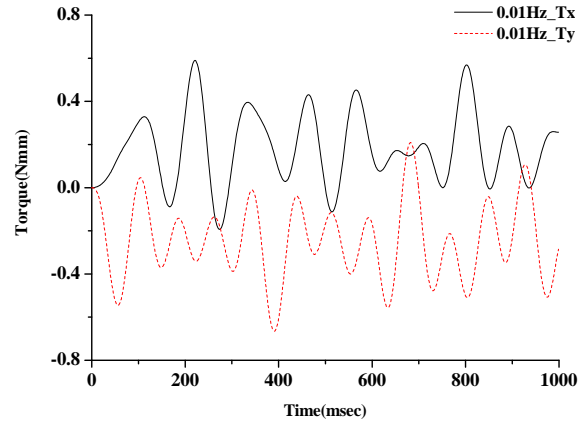


(b) FFT of torque T_x and T_y
Fig. 3 F/T sensor signals

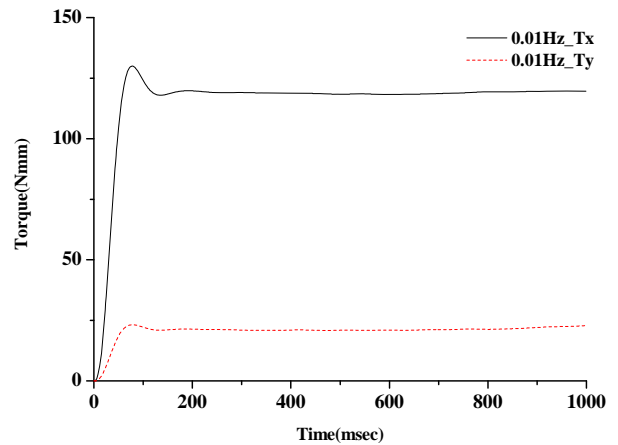
신호에 중첩되어 있는 노이즈를 제거하기 위해서 컷오프주파수를 0.01Hz로 설정하고 로우패스필터를 사용하였다. 필터링된 신호를 Fig. 4(a)에 나타내었다. 실험결과 포스/토크 센서의 고유진동수에 의해 노이즈가 발생하였고, 로우패스필터를 통해 신호의 형태는 유지하면서 노이즈만 제거할 수 있었다. 또한 포스/토크센서에 입력값을 주었을 경우에 로우패스필터의 영향을 측정하여 Fig. 4(b)에 나타내었다. 컷오프주파수를 0.1Hz로 하였을 때보다 정상상태 도달시간은 오래 걸렸지만, 오버슈트가 적고 정상상태 도달시간도 약 0.2 초로 비교적 빠르게 수렴함을 확인하였다. 컷오프주파수를 0.001Hz로 하였을 경우에는 신호에 왜곡이 발생하였다.

4. 결론

본 논문에서는 2 자유도 원격중심운동 기구의 구동을 위한 신호처리 기법에 관해 연구하였다. 이를 위해서 이중평형사변형 구조의 원격중심운동 기구를 제작하였다. 6축 포스/토크센서를 조이스틱과 같은 원리로 사용하여 원격중심운동 기구를 구동한다. 모터의 구동신호를 생성하는 포



(a) No input command



(b) Input command

Fig. 4 F/T sensor signals used in low pass filter with 0.01Hz cut off frequency

스/토크센서의 신호가 정확하고 노이즈가 적어야 정확한 위치제어가 가능하고 모터에 무리를 주지 않기 때문에 포스/토크센서의 신호를 필터링하였다. 포스/토크센서의 신호는 보정매트릭스를 통한 신호 보정, 바이어스 오차를 제거하기 위한 제로오프셋, 노이즈를 제거하기 위한 로우패스 필터링을 통해 원격운동중심 기구 구동을 위한 신호를 획득하였다.

후기

본 연구는 조선대학교 치과용 정밀장비 및 부품 지역혁신센터의 지원을 받아 연구함.

참고문헌

1. Brief, J., Hassfeld, S., Redichk, T., Ziegler, C., "Robot Assisted Insertion of Dental Implants a Clinical Evaluation," International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, pp.932-937, 2000.
2. Schicho, K., Kronrief, G., Ewers, R., "Theoretical background for the development of a robot in navigated dental implantology," International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, pp.412-418, 2007.
3. Guanghua, z., Xu, P., Jingjun, Y., "Design of Double Parallelogram Remote Center of Motion Mechanisms," Robotics Institute, Beihang University, pp.103-107, 2007.