

수동 힘반영 기구의 수동성 제어

김범섭*(연세대학교/KIST), 황창순(KIST), 박민용(연세대학교)
 조창현(고려대학교/KIST), 송재복(고려대학교)

주제어 : 간접제어, 수동 힘반영 장치, FME 해석, 수동성 제어

본 논문은 수동 힘반영 기구의 안정성을 제어하기 위한 방법으로 수동성 제어를 제안한다. 수동 힘반영 기구는 브레이크와 같은 수동 액추에이터를 사용함으로써 힘을 반영하게 되는데, 여기에 사용되는 수동 액추에이터는 사용자가 움직이고자 하는 방향의 반대방향으로만 힘을 생성할 수 있기 때문에, 힘을 생성할 수 있는 방향에 제한이 있다. 따라서 가상의 벽면을 나타내는 데에도 정확히 원하는 방향의 힘을 제시하지 못하고, 힘의 근사화를 통하여 가장 근접한 방향의 힘을 생성해낸다. 이는 이상적인 수동 힘반영 기구의 연구에서도 나타나며, FME(Force Manipulability Ellipsoid)에 의해 명확하게 설명이 되는 현상이다. 또한 이러한 힘의 근사화는 능동형 힘반영 기구에서 관찰되는 회복능력이 수동 힘반영 기구에도 발생하게 하여 시스템의 불안정성을 높이게 된다. 또한 가상환경의 느린 갱신주기에 의해 그 불안정성은 더욱 증폭된다.

수동 힘반영 기구에서 힘의 근사화는 피할 수 없는 한계이므로, 불안정성을 해결하기 위해서는 힘의 근사화시에 회복능력을 제거하기 위한 방법을 제시할 수 있다. 이는 FME해석을 통하여 조작자가 가한 정확한 힘을 측정함으로써 회복능력을 발생시키는 힘을 적절히 제어하여 해결할 수 있는데, 조작자의 정확한 힘을 측정하기 위해서는 고가의 정밀한 힘/토크 센서가 필요하다. 그래서 회복능력을 제거하기 위한 또 다른 방법으로 수동성을 통한 방법을 제시한다.

불안정성을 피하기 위해서 제시된 수동성 제어기는 회복능력이 없는 힘 반영시의 수동성 변화율을 추종하도록 설계 되고, 안정성과 관계없는 수동성의 증가를 막기 위해서 제어기에 수동성 되먹임이 포함된다. 수동성의 크기에 따른 수동성의 변화를 제한한 궤적을 따라서, 수동성의 변화는 적절히 제한되고, 이를 통해서 수동 힘반영 기구는 안정적으로 작동하도록 한다. 두개의 전기브레이크를 가진 2절 링크 수동 힘반영 기구(Fig. 1)로 실험은 수행되었고, 실험결과 가상의 벽을 표시하는 실험에서 제시된 수동성 제어기는 만족할만한 성능을 낸다.

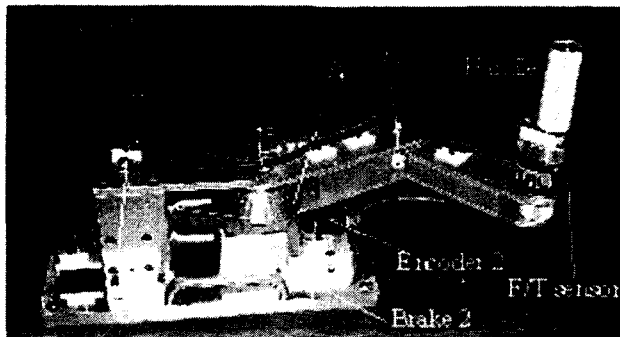


Fig. 1 Passive Haptic Device with coupled tendon-driven mechanism