

GIST-뉴욕주립대, 일상 동작에 맞춘 '의수 손목' 제어 방식 제시 불필요한 어깨·팔꿈치 움직임 최대 47% 감소

- GIST AI학과 강지연 교수팀-美 뉴욕주립대 버팔로 연구팀 팔 움직임 감지해 가상 의수 손목 실시간 제어...
어깨·팔꿈치 움직임과 사용자 선호를 함께 고려한 의수 제어 필요성 제시
- 국제학술지《Healthcare Technology Letters》게재



▲ (왼쪽부터) GIST AI학과 강지연 교수, 뉴욕주립대 버팔로 딥티 바라드와즈 (Deepti Bharadwaj) 석사과정생, GIST AI학과 안인균 석박사통합과정생, 뉴욕주립대 버팔로 사우라브 데쉬무크(Saurabh S. Deshmukh) 석사과정생

광주과학기술원(GIST·지스트, 총장 임기철)은 **AI학과 강지연 교수 연구팀이 미국 뉴욕주립대 버팔로 연구팀(University at Buffalo)과 공동으로, 일상생활 동작에 따라 의수 손목의 움직임을 다르게 제어하는 기술을 개발하고, 그 효과를 가상현실(VR) 환경에서 평가했다고 밝혔다.**

연구팀은 **동작에 필요한 손목 움직임에 맞춰 의수 손목을 제어했다.** 예를 들어 컵을 들거나 망치질할 때는 손목을 좌우로 기울이는 움직임을, 문 손잡이나 드라이버를 돌릴 때는 손목을 회전하는 움직임을 적용했다. 그 결과, **어깨와 팔꿈치를 불필요하게 움직이는 ‘보상 움직임’이 줄어드는 것을 확인했다.**

전통 의수는 손을 쥐고 펴는 것뿐 아니라 손목을 돌리거나 좌우로 기울이는 등 다양한 움직임이 가능하도록 발전하고 있다. 그만큼 사용자가 원하는 대로 의수를 움직이도록 제어하는 일도 복잡해지고 있다.

현재는 주로 사용자가 팔 근육을 움직일 때 발생하는 전기신호인 근전도(sEMG)를 센서로 감지해 의수를 제어한다.

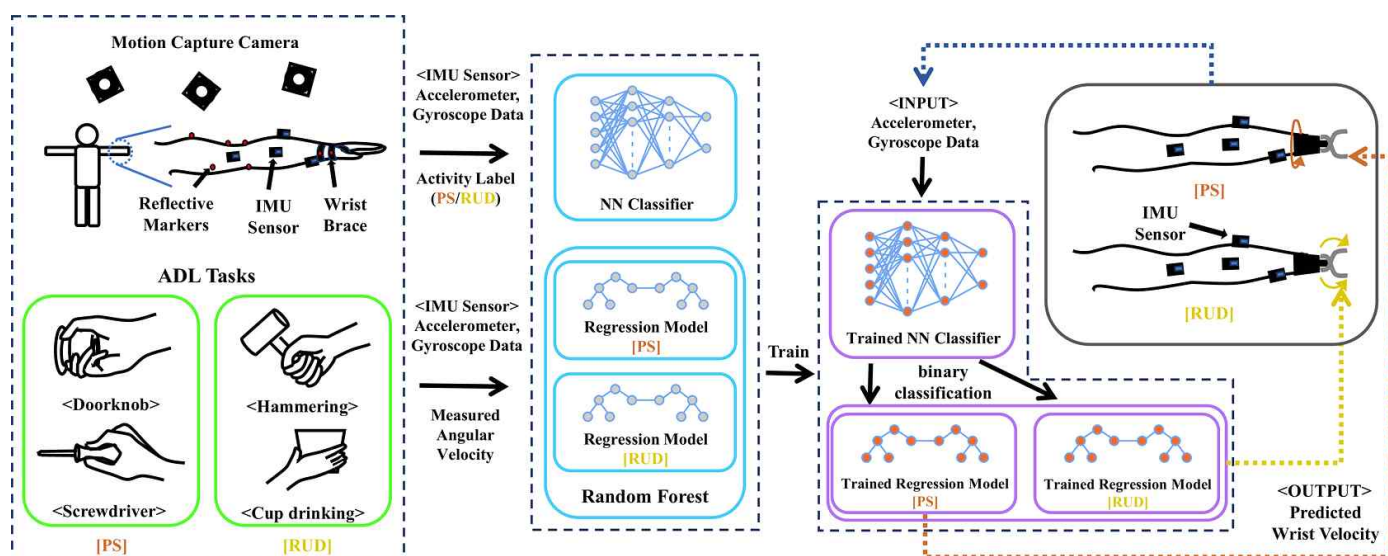
하지만 제어해야 할 움직임이 많아지면 원하는 기능으로 전환하거나 여러 근육 신호를 구분해야 하는 과정이 복잡해질 수 있고, 근전도 신호 자체도 센서 위치나 팔의 자세, 근육 피로 등에 따라 달라질 수 있다는 한계가 있다.

공동연구팀은 이러한 한계를 보완하기 위해 사람이 손목을 움직일 때 어깨와 팔꿈치도 함께 움직인다는 점에 주목했다.

즉 의수 손목의 움직임을 근육의 전기신호만으로 제어하는 대신, 팔의 움직임을 통해 손목이 어느 방향으로 움직이려는지 알아내는 방식이다.

이를 위해 팔에 부착한 관성측정장치(IMU)*로 움직임을 측정하고, 인공지능(AI)이 사용자가 손목을 회전하려는지 좌우로 기울이려는지를 구분한 뒤, 필요한 손목 움직임의 속도까지 예측해 가상 의수를 움직이도록 했다.

* 관성측정장치(Inertial Measurement Unit, IMU): 가속도와 회전 속도 등을 측정해 사람이나 물체가 어떻게 움직이는지 파악하는 센서다.



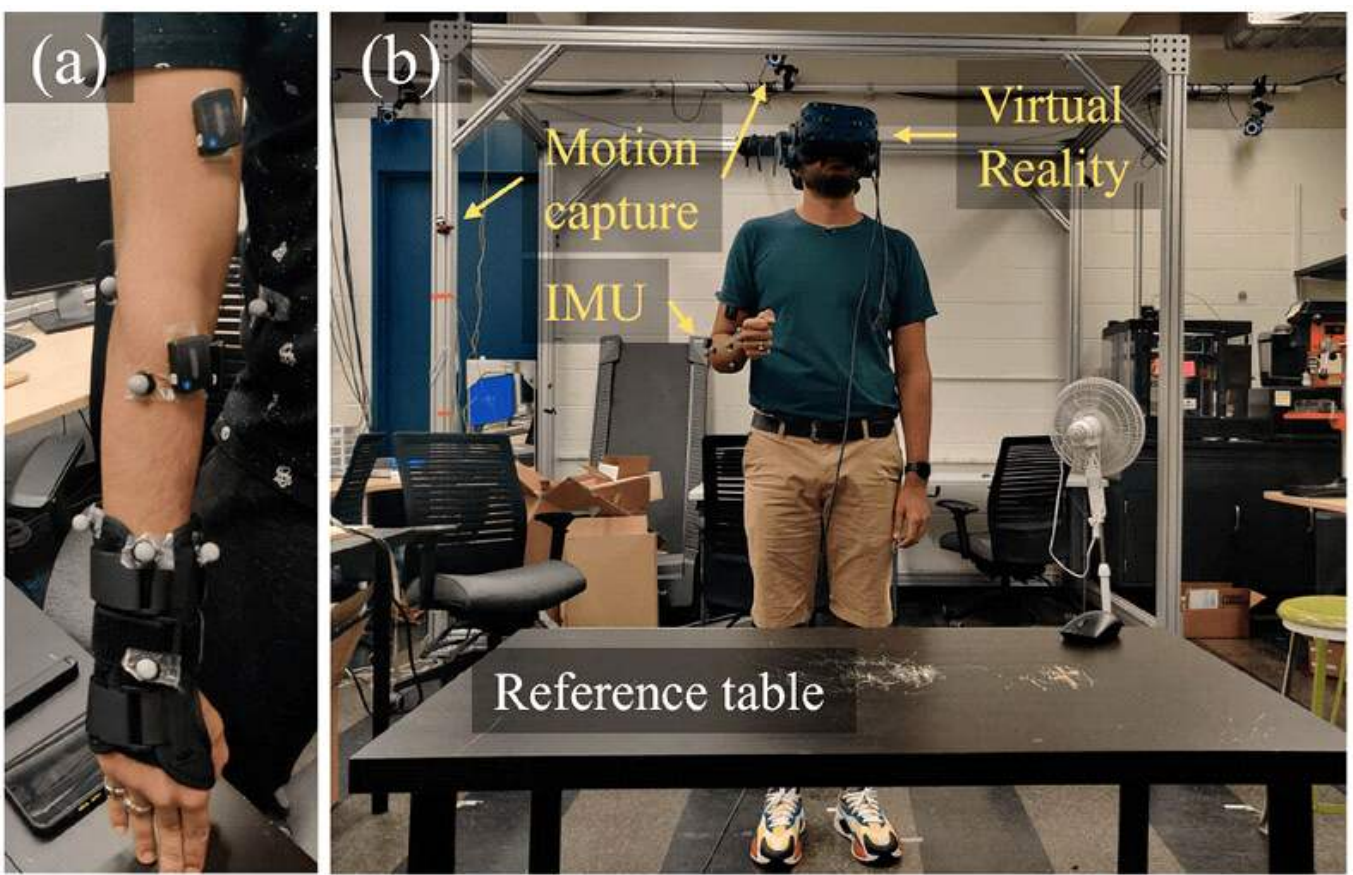
▲ 팔 움직임을 이용한 의수 손목 제어 기술의 작동 원리. 팔에 부착한 관성측정장치(IMU)로 움직임을 측정해 인공지능(AI)을 학습시키고, 학습된 AI가 사용자의 팔 움직임을 바탕으로 손목을 회전하려는지 좌우로 기울이려는지를 구분한 뒤 필요한 움직임의 속도를 예측해 의수 손목을 제어하는 과정을 나타낸다.

이번 연구에서는 이 같은 의수 손목 제어 기술을 실시간으로 구현해 일상생활 동작에 따라 어떤 제어방식이 적합한지 비교·평가했다.

건강한 성인 10명의 손목을 보조기로 고정해 직접 움직이지 못하도록 한 뒤, 가상 현실(VR)에서 ▲컵 들어 마시기 ▲망치질하기 ▲문 손잡이 돌리기 ▲드라이버 사용하기 등 네 가지 일상생활 동작을 수행하도록 했다.

참가자들은 각각 ▲손목 회전만 가능한 ‘회전 방식(PS)’ ▲손목을 좌우로 기울이는 움직임만 가능한 ‘좌우 방식(RUD)’ ▲두 움직임이 모두 가능한 ‘복합 방식(PS-RUD)’으로 가상 의수를 움직였다.

같은 참가자가 세 방식을 모두 사용하도록 해 각 방식에서 어깨와 팔꿈치를 얼마나 추가로 움직이는지와 동작 수행시간, 사용자가 느끼는 선호도를 비교했다.

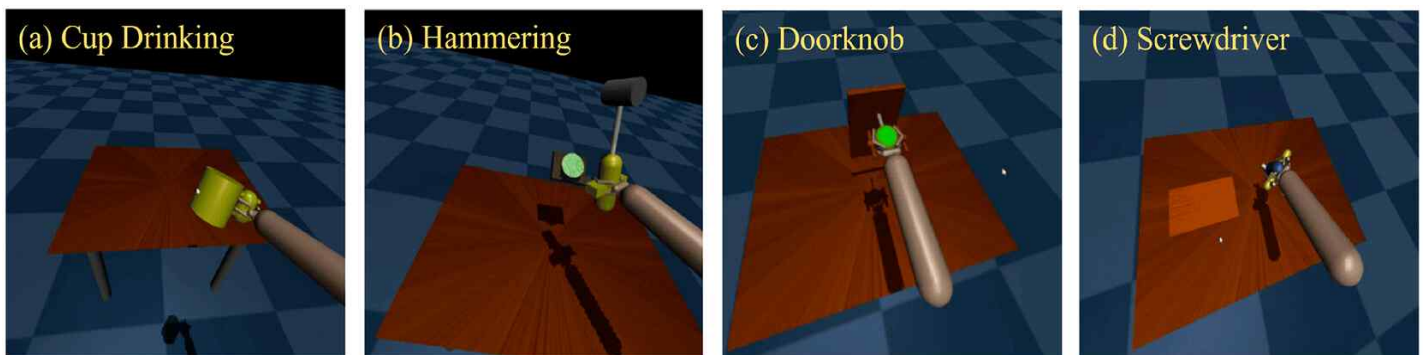


▲ 가상현실(VR)을 이용한 의수 손목 제어 실험 모습. (a) 참가자의 손목을 보조기로 고정하고 팔에 관성측정장치(IMU)와 움직임 측정용 표식을 부착한 모습이다. (b) 참가자가 가상현실 기기를 착용하고 팔의 움직임을 이용해 가상 의수를 제어하는 실험 모습이다.

그 결과, 일상동작에 필요한 손목 움직임과 의수의 제어방식이 일치할 때 어깨와 팔꿈치의 불필요한 움직임이 줄어드는 것으로 나타났다.

컵 들어 마시기와 망치질처럼 손목을 좌우로 기울이는 움직임이 필요한 동작에서는 좌우 방식(RUD)이 효과적이었다.

좌우 방식(RUD)을 사용했을 때 회전 방식(PS)보다 컵 들어 마시기에서는 어깨와 팔꿈치 움직임이 각각 43.86%, 27.61% 감소했으며, 망치질에서도 각각 46.94%, 22.69% 줄었다.

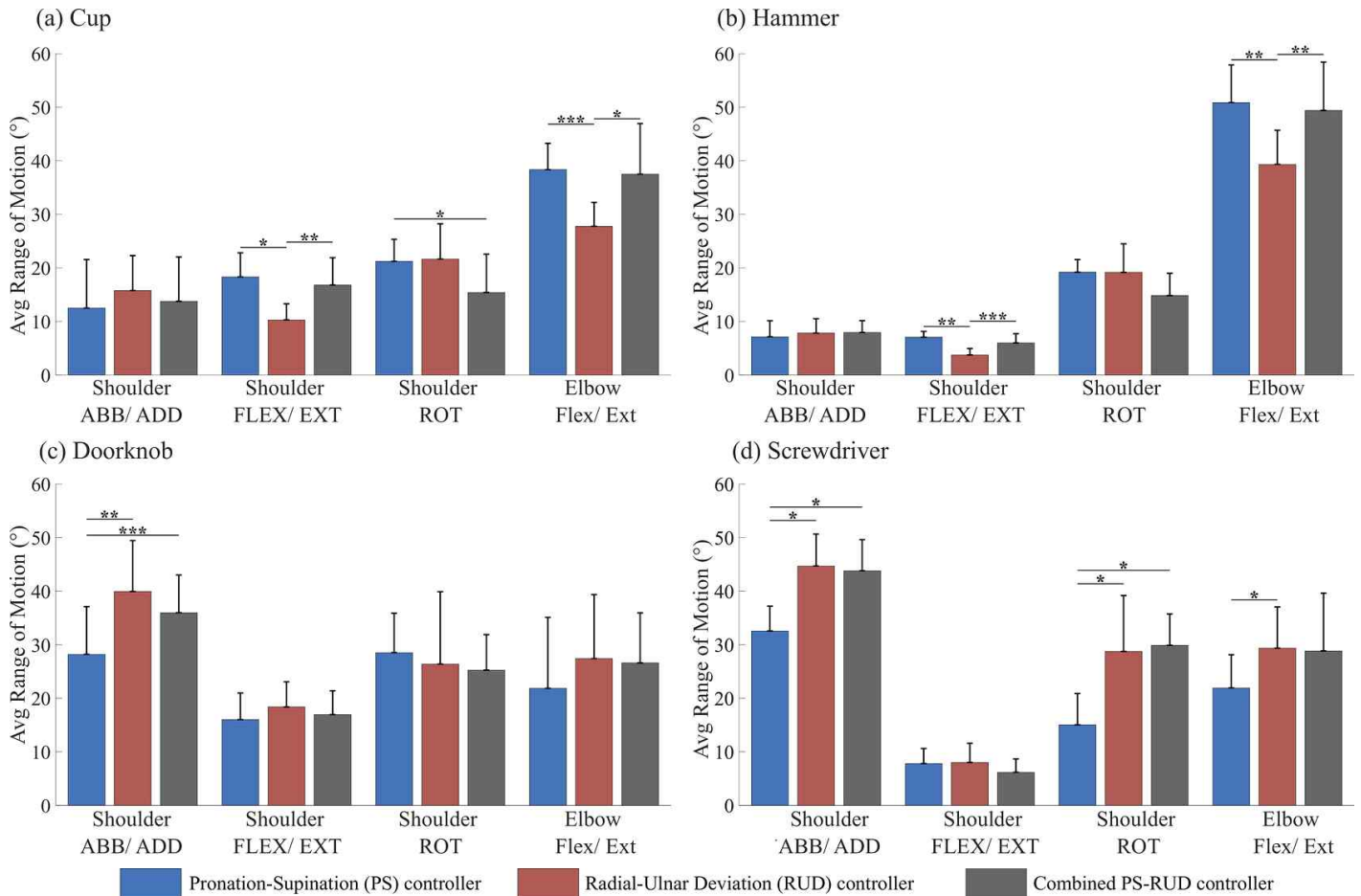


▲ 가상현실에서 수행한 네 가지 일상생활 동작. 참가자가 가상 의수를 이용해 (a) 컵 들어 마시기, (b) 망치질하기, (c) 문 손잡이 돌리기, (d) 드라이버 사용하기 등 네 가지

일상생활 동작을 수행하는 모습이다.

반대로 문 손잡이나 드라이버를 돌릴 때처럼 손목 회전이 중요한 동작에서는 회전 방식(PS)이 효과적이었다.

회전 방식(PS)을 사용했을 때 좌우 방식(RUD)보다 문 손잡이를 돌릴 때 어깨 움직임이 29.42% 감소했고, 드라이버를 사용할 때도 27.14% 줄었다. 특히 드라이버 사용에서는 팔꿈치의 불필요한 움직임도 25.31% 감소했다.



▲ 일상동작과 의수 손목 제어방식에 따른 어깨·팔꿈치 움직임 비교. 참가자가 (a) 컵 들어 마시기, (b) 망치질하기, (c) 문 손잡이 돌리기, (d) 드라이버 사용하기를 수행했을 때, '회전 방식(PS)', '좌우 방식(RUD)', 두 움직임이 모두 가능한 '복합 방식(PS-RUD)'에 따라 나타난 어깨와 팔꿈치의 움직임을 비교한 결과다. 동작에 필요한 손목 움직임과 제어방식이 일치할 때 어깨와 팔꿈치의 불필요한 움직임이 줄어드는 경향을 확인했다.

이처럼 일상동작에 따라 적합한 손목 제어방식이 달랐다. 다만 세 방식 모두 동작을 수행하는 데 걸린 시간은 대체로 비슷했다.

따라서 이번 결과는 의수로 동작을 더 빨리 수행할 수 있다는 의미보다는, 동작에 알맞은 손목 움직임을 제공하면 사용자가 어깨와 팔꿈치로 부족한 움직임을 보완해야 하는 부담을 줄일 수 있다는 데 의미가 있다.

한편 신체 움직임을 줄이는 데 유리한 방식과 사용자가 실제로 선호하는 방식은

꼭 일치하지는 않았다.

참가자들은 컵 들어 마시기와 문 손잡이 돌리기에서는 두 방향을 모두 사용할 수 있는 복합 방식(PS-RUD)을, 망치질에서는 좌우 방식(RUD)을 가장 선호했다. 반면 드라이버 사용에서는 특정 방식을 더 선호하는 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다.

강지연 교수는 “이번 연구는 의수의 움직임을 다양하게 만드는 것뿐 아니라 실제 사용자의 움직임과 선호도, 사용 부담까지 함께 고려해 제어방식을 설계하는 것이 중요하다는 점을 보여준다”며 “향후 실제 상지 절단 환자와 물리적 의수를 대상으로 검증을 확대해 사용자와 일상생활 동작에 맞춘 의수 제어 기술로 발전시키겠다”고 말했다.

AI학과 강지연 교수가 지도하고 뉴욕주립대 버팔로 딥티 바라드와즈(Deepti Bharadwaj) 석사과정생이 제1저자로 참여한 이번 연구는 보건복지부, 과학기술정보통신부, 한국연구재단(NRF), 정보통신기획평가원(IITP)의 지원을 받아 수행됐다.

연구 결과는 국제학술지 《Healthcare Technology Letters》에 2026년 7월 31일 온라인 게재됐다.

한편 GIST는 이번 연구 성과의 기술사업화 및 산업적 활용에 관심 있는 기업·기관의 문의를 창업혁신진흥원 기술사업화센터(hgmoon@gist.ac.kr)를 통해 받고 있다고 밝혔다.

논문 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Healthcare Technology Letters
- 연도·권·논문번호: 2026; 13(1): e70092
- 논문명 : User-Centred Design of Multi-DoF Prosthetic Wrist Controllers: Performance and Preference in Daily Living Tasks
- 저자 정보 : Deepti Bharadwaj(제1저자, 뉴욕주립대 버팔로), 안인균(공저자, GIST AI학과 석박사통합과정생), Saurabh S. Deshmukh(공저자, 뉴욕주립대 버팔로), 강지연(교신저자, GIST AI학과)