

관절 가동 범위의 제한 정보를 반영한 아바타 기반 재활 운동 콘텐츠 서비스 설계

윤창락*, 장운섭*, 김재철*

*한국전자통신연구원 지능형휴먼트윈연구센터
cryoon@etri.re.kr, ychang76@etri.re.kr, kimjc@etri.re.kr

Design of Avatar Rehabilitation Content Service with Limited Range of Motion

Chang-Rak Yoon*, Yoon-Seop Chang*, Jae-Chul Kim*

*Intelligent Human Twin Research Center, ETRI

요 약

근골격계 질환 환자들은 정상인들에 비해 질환 부위의 관절 가동 범위(ROM, Range of Motion)가 제한되는 경향이 있다. 이러한 근골격계 질환 환자의 관절 가동 범위 제한을 고려하지 않은 재활 운동 콘텐츠 서비스는 오히려 환자의 건강 상태를 악화시킬 수도 있으므로 주의해야 하는 서비스 요인이다. 본 논문에서는 근골격계 질환 환자의 제한적인 관절 가동 범위를 고려한 아바타 기반의 재활 운동 콘텐츠 서비스 기술을 제안한다. 이에 재활 운동의 모션 캡처 데이터로부터 아바타 재활 운동 콘텐츠로의 변환 기술과 근골격계 질환 환자의 관절 가동 범위 제한 정보를 적용한 아바타 기반 재활 운동 콘텐츠 재현 기술을 설계한다. 일련의 기술적 구성 요소를 고찰하고 설계함으로써 근골격계 질환 환자들의 서로 다른 관절 가동 범위를 반영한 맞춤형 재활 운동 콘텐츠 서비스가 안전하고 효과적인 재활을 지원할 수 있도록 한다.

1. 서론

진단, 치료, 재활 등의 의료서비스는 빅데이터와 인공지능 기술의 도입을 통해 생애 전주기 디지털 헬스케어 시장으로 그 영역을 확대하고 있다. 현재 디지털 헬스케어 산업은 진단, 치료 분야에서 빅데이터에 기반을 둔 분석, 예측을 통해 의료진의 의사 결정을 지원하기 위한 방향으로 진행되고 있으나 의료기관과 지역사회의 협업이 필요한 재활 분야에서의 ICT 기술 도입은 초기 단계에 머물고 있다. 이는 진단, 치료와 관련한 의료기관의 전자기록(EMR, Electronic Medical Record)에 기반한 디지털 헬스케어 서비스의 빅데이터 구축이 활발히 진행되는 반면 재활 분야에서의 빅데이터 구축이 미진하기 때문이다. 더불어 현대 사회에서의 건강에 대한 높은 관심으로 인해 스포츠산업에서의 ICT 기술 도입이 증가하고 있다. ICT 기술은 홈트레이닝 서비스와 같은 단순한 비디오 운동 콘텐츠 서비스에 운동 프로그램 관리, 운동 수행 모니터링, 운동 수행 결과 피드백 등의 차별화된 기능을 적용함으로써 의료서비스와 연계한 재활 분야로의 시장 확대를 도모하고 있다.[1-4]

상기와 같이 의료서비스에서의 ICT 기술은 환자의 진단, 치료에 중점을 두고 있으며 스포츠산업에서의 ICT 기술은 건강한 일반인을 대상으로 하는 경우가 많아 재활 환자에게 적합하지 않은 경우가 많다. 특히 근골격계 질환 환자들은 건강한 일반인들과 달리 개인의 질환 수준에 따른 맞춤형 재활 운동 콘텐츠 서비스가 필요하다. 예를 들어, 건강한 일반인의 최대 관절 가동 범위를 적용한 비디오 운동 콘텐츠 서비스는 관절 가동 범위가 제한되는 재활 환자에게는 오히려 위험한 상황을 초래할 수도 있다. 이를 해소하기 위해 가변적인 관절 가동 범위 제한에 따른 다수의 비디오를 획득하는 것은 콘텐츠 구축 비용의 증가를 초래할 수 있다.

본 논문에서는 근골격계 질환 환자들의 재활을 지원하기 위한 아바타 기반 재활 운동 콘텐츠 서비스를 제안한다. 아바타 기반 재활 운동 콘텐츠 서비스는 최대 관절 가동 범위를 적용한 재활 운동의 모션 캡처 데이터로부터 아바타 재활 운동 콘텐츠를 생성하고 재활 환자의 질환 부위와 질환 수준에 따라 제한된 관절 가동 범위를 적용하여 아바타 재활 운동 콘텐츠를 재현하는 기술로 구성된다.

2. 관절 가동 범위 제한 정보를 반영하는 아바타 기반 재활 운동 콘텐츠 서비스 설계

근골격계 질환 환자들의 재활을 위한 다양한 운동들은 구조화 작업을 통해 명세를 정의할 수 있다. 재활 운동의 관절 가동 범위는 안전 가동 범위로 정의할 수 있으며 재활 환자 별 질환 부위 및 질환 수준에 따른 주요 관절들의 가동 범위 제한 정보를 정의한다. 표 1은 재활 운동 및 재활 운동 콘텐츠 명세의 일부 예시이다.

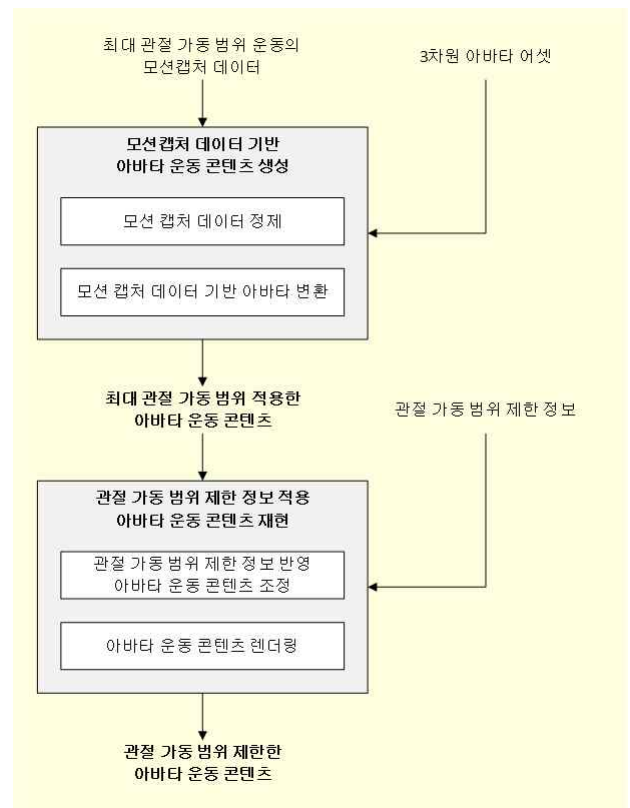
<표 1> 재활 운동 및 운동 콘텐츠 명세 예시(일부)

운동 명세	운동 콘텐츠 명세
운동 ID	운동 콘텐츠 ID
운동 이름	운동 콘텐츠 이름
운동 설명	운동 ID
운동 목적	운동 목적
질병 코드	질병 코드
재활 부위	재활 부위
운동 부위	운동 부위
지원 운동	좌우측구분
기능 동작	지원 운동
대상 연령	기능 동작
대상 성별	대상 연령
기구 목록	대상 성별
머신 목록	기구 목록
안전 가동 범위	머신 목록
최대 반복 회수	모델 신장
추천 빈도 주기	안전 가동 범위
추천 운동 빈도	소요 시간
	운동재활 기능 목표값

아바타 기반 재활 운동 콘텐츠를 서비스하기 위해서는 재활 운동 명세와 재활 운동 콘텐츠 명세를 기반으로 최대 관절 가동 범위를 적용한 재활 운동의 모션 캡처 데이터를 획득한다. 재활 운동의 모션 캡처 데이터는 단위 운동에 대한 구조화된 명세를 참조하여 전처리, 변환의 과정을 거쳐 정제한다. 정제한 재활 운동의 모션 캡처 데이터와 3차원 아바타 어셋의 각 관절에 대해 관절 가동 범위를 매핑하여 최대 관절 가동 범위가 적용된 아바타 재활 운동 콘텐츠를 생성한다.

최대 관절 가동 범위가 적용된 아바타 재활 운동 콘텐츠는 근골격계 질환 환자의 관절 가동 범위 제한 정보를 기반으로 각 관절의 가동 범위를 제한하게 된다. 관절 가동 범위 제한은 개인별 근골격계 질환 부위와 질환 수준에 따라 상이하므로 모든 상황에 따라 사전에 아바타 재활 운동 콘텐츠를 준비

할 수 없다. 따라서 아바타 재활 운동 콘텐츠를 요청하는 시점에 관절 가동 범위 제한 정보를 입력받아 최대 관절 가동 범위를 조정하여 아바타 재활 운동 콘텐츠를 실시간으로 변환하는 과정이 필요하다. 이를 위해 최대 관절 가동 범위가 적용된 아바타 재활 운동 콘텐츠의 애니메이션 프레임 별로 관절 가동 범위를 선형 보간하여 안전 가동 범위 내의 아바타 재활 운동 콘텐츠를 생성한다. 그림 1은 최대 관절 가동 범위를 적용한 재활 운동의 모션 캡처 데이터로부터 관절 가동 범위를 제한한 아바타 기반 재활 운동 콘텐츠를 생성하고 서비스하는 전체 흐름도이다.



(그림 1) 관절 가동 범위의 제한 정보를 반영한 아바타 기반 재활 운동 콘텐츠 서비스 흐름도

아바타 기반 재활 운동 콘텐츠 서비스는 근골격계 질환 환자가 재활 운동 콘텐츠를 따라 스스로 재활 운동을 수행할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. 이러한 자기 주도형 재활 운동은 운동 수행 이후에 재활 운동 별로 운동 수행 결과를 분석하여 재활 수준 향상을 위한 평가가 수반되어야 한다. 본 논문에서 제안하는 관절 가동 범위의 제한 정보를 반영하는 아바타 기반 재활 운동 콘텐츠 서비스는 재활 환자 개인의 질환 부위와 질환 수준에 따른 관절 가

동 범위를 재활 운동 콘텐츠에 반영할 수 있으며 DTW(Dynamic Time Warping) 등의 운동 수행 분석 기술을 적용할 때 제한된 관절 가동 범위 정보를 반영하여 운동 수행 결과 분석에 활용할 수 있다.

3. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 근골격계 질환 환자의 제한적인 관절 가동 범위를 고려한 아바타 기반의 재활 운동 콘텐츠 서비스 기술을 제안함으로써 안전한 재활 운동을 수행하고 효과적인 재활 수준의 향상을 도모하였다. 관절 가동 범위의 제한 정보를 반영한 아바타 기반 재활 운동 콘텐츠 서비스는 향후 전주기 재활 운동 빅데이터를 활용한 재활 수준 변화 분석, 예측 연구와 개인 맞춤형 재활운동 서비스 연구를 통해 그 효과성과 안전성을 검증하고자 한다.

감사의 글

본 논문은 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발 사업에 의거하여 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었습니다.(과제명: 지능형 개인맞춤 재활운동 서비스 기술개발)

참고문헌

- [1] S. Haqroosta, A. N.-Ghomsheh, "Adaptation of Avatar Upper Limb with Patient's Capabilities in Rehabilitation Serious Games," CGCO, 2021
- [2] T. T. Dao, H. Tannous, P. Puuletaut, D. Gamet, D. Isrtrate, M. C. Ho Ba Tho, "Interactive and Connected Rehabilitation Systems for E-Health," JETSAN, 2015.
- [3] D. Ebert, V. Metsis, F. Makedon, "Development and Evaluation of a Unity-based, Kinect-controlled Avatar for Physical Rehabilitation," PETRA, 2015.
- [4] S. Moya, S. Grau, D. Tost, R. Campeny, M. Ruiz, "Animation of 3D avatars for rehabilitation of the upper limbs," VS-GAMES, 2011.