

수영 환경을 고려한 다중 사용자 운동게임 디자인

A Multi-player Exergame Design for Swimming

최우혁

Woohyeok Choi

한국과학기술원

KAIST

woohyeok.choi@kaist.ac.kr

이의진

Uichin Lee

한국과학기술원

KAIST

uclee@kaist.edu

요약문

수영은 대표적인 생활체육 중 하나로써, 최근 HCI 분야에서 수영하는 사람들을 지원할 수 있는 방법들이 다양하게 연구되고 있다. 본 논문에서는 수영이 가지는 특수한 점을 고려한 스마트폰 기반의 다중 사용자 운동 게임을 디자인하였다. 이를 위해, 수중에서 무선 네트워크 기술들의 성능을 측정하여 비교하고, 단일 스마트폰 기반의 수영 영법 인식 알고리즘을 개발하였으며, 수영 환경을 고려한 게임 디자인 함의 도출 및 게임 프로토타입 개발을 수행하였다.

ABSTRACT

Swimming is the one of the most representative sports for all, and recently, various topics for supporting swimmers have been studied in HCI area. In this paper, we transform swimming to a smartphone-based multi-player exergame considering unique characteristics of swimming. For this, we perform comparative analysis of the performance of a variety of wireless network technologies under water, and we develop a swimming activity recognition algorithm. Finally, we design and prototype a multi-player exergame for swimmers on Android phones.

주제어

운동게임, 수영, 모션 인식, 무선 네트워크

서론

비만 인구가 전세계적으로 증가함에 따라, 식이습관 개선과 더불어 운동의 중요성이 보다 강조되고 있다. 하지만, 반 이상의 사람들이 운동을 시작한지 6개월 안에 그만둔다고 한다 [1]. 이는 운동 지속을 위한

동기 및 운동 파트너의 부족, 충분한 시간 및 비용의 부족 등의 이유 때문인 것으로 알려져 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여, HCI 분야에서는 운동 게임 (Exergame) 연구들이 활발히 이루어지고 있다. 운동 게임이란 주로 신체적 활동(예, 운동)에 의해 게임의 결과가 결정되는 디지털 게임 [2]으로써, 게임과 운동을 연결시킴으로써 운동의 재미를 증진시키고, 운동에 대한 동기를 강화하는 장점이 있다. 이미 Dance Dance Revolution, Kinect Sports 와 같은 게임 콘솔이 상업적으로 큰 성공을 거두었고, 학계에서도 다양한 운동 게임이 연구되고 있다. 특히, 최근의 운동 게임 연구에서는 운동 게임을 통한 사회적 상호작용의 지원을 중시하고 있다. Park. et al 은 다수의 사람이 다양한 운동을 하나의 게임으로 즐길 수 있는 운동 게임 플랫폼 ExerLink [3]를 개발하였고, Mueller. et al 은 다수의 사용자가 원거리에서도 같이 조깅을 하는 경험을 느낄 수 있는 Jogging over Distance [4]를 제시하였다. 하지만, 대부분의 운동 게임 연구들은 지상 기반의 운동 (예, 조깅, 걷기, 자전거 등) 에 집중되어 있었고, 수중 운동을 대상으로 한 운동 게임은 많이 연구된 바가 없다.

이에, 본 연구진은 다양한 수중 운동 중 대표적인 수영을 대상으로 하여, 다중 사용자를 대상으로 한 운동 게임을 개발하고자 한다. 제안한 게임에서 사용자들은 수영 영법을 통하여 괴물을 공격하고, 괴물의 공격을 피하고, 체력을 회복하는 등의 행동을 통하여 제한된 시간 내에 괴물을 물리쳐야 한다. 하지만, 이러한 게임을 구현하기 위하여 몇 가지 해결해야 할 난제가 존재한다.

다중의 사용자들이 수영을 하면서 게임 내에서 서로 소통하기 위해선 무선 네트워크를 통한 데이터 통신이 필수적이다. 하지만 수영과 같은 수중 환경에서 무선 네트워크 기술의 성능을 비교 분석한 연구는 드물다. 또한, 수영 영법을 게임 내에 활용하기 위해선 실시간 영법 인식이 필수적이나, 많은 연구들이 오프라인으로 센서 데이터를 분석하여 영법에 대한 피드백을

제공하였다. 마지막으로, 수영 도중에는 의사 소통 수단이 다수 제한되기에 (예, 시각 및 청각 감수성의 감소, 구두 대화 제한), 기존의 게임들과는 달리 이를 고려한 새로운 게임 디자인이 필요하다.

본 연구진은 이와 같은 기술적 난제들을 해결하고, 수영 상황을 고려한 다중 사용자 운동 게임을 디자인하기 위하여 다음과 같은 세부 과제를 선정하였다: 1) 수중에서의 무선 네트워크 성능 측정 및 비교, 2) 실시간 수영 영법 인식 방법 연구, 3) 수영 환경을 고려한 게임 디자인 및 개발. 각 세부 과제 연구 수행을 통하여, 수중에서의 무선 네트워크는 LTE, 수영 영법 인식은 선형 Support Vector Machine (SVM)을 이용한 개인화 영법 인식 모델과 기압계 데이터 정점 검출을 이용한 스트로크 시점 검출 알고리즘을 채택하였으며, 수영의 수중 상황을 고려하여 네트워크 지연 시간에 대처할 수 있는 게임 디자인을 도출하고 안드로이드 스마트폰을 대상으로 하여 개발하였다. 또한, 개발한 게임을 8 명의 피실험자를 대상으로 하여 직접 플레이 하도록 하였으며, 인터뷰에서 본 게임이 재미있고, 수영하는 도중의 스트레스를 감소시키며, 영법 및 게임 내 행동이 직관적이라고 응답하였다.

수중에서의 무선 네트워크 성능 측정

수중에서의 무선 네트워크 성능을 알아보기 위하여, 본 연구진은 3G, LTE (LG), 802.11G 를 대상으로 성능 측정 및 비교 분석을 실시하였다. 일단, 전체적인 수중에서의 무선 네트워크 성능을 알아보기 위하여, 스마트폰을 5cm 단위로 물 속에 집어넣으면서 Packet Loss Rate (PLR)을 측정하였다. 이 실험에서 128byte 패킷을 50ms 시간 단위로 2000 개씩 전송하였고, 이를 10 회씩 반복하였다. 스마트폰은 LTE 는 Caiso G'zOne Command, 그 외에는 Galaxy S4 Active 를 사용하였다.

전체적으로 수심이 증가함에 따라 PLR 이 증가하는 경향을 보였고, LTE 가 가장 깊은 수심에서도 원활한 성능을 보이는 것으로 나타났다 (최대 20cm 에서 PLR 0.21). 3G 는 5cm 수심에서 PLR 이 0.94 에 달하였으며, 802.11G 는 10cm 수심에서 PLR 이 0.09 였으나 15cm 수심에서는 연결이 끊어졌다.

LTE 의 성능이 가장 좋게 나오는 이유는 Beer-Lambert 법칙 [5]에 의해 저대역 주파수일수록 신호 감쇄량이 줄어들기 때문이다(LTE: 800 Mhz vs 3G: 2Ghz vs WiFi: 2.4 Ghz, 5Ghz). 또한 LTE 의 OFDMA 변조 방식의 특성인 협대역 다중 주파수의 사용은 3G 의 WCDMA 의 변조 방식보다 가혹한 채널 상황에 잘 버티는 것으로 알려져 있다. 또한 본

연구진은 3G 를 제외한 나머지 두 네트워크 기술이 실제 수영 상황에서 영법에 따라 어떠한 성능을 보이는지 알아보기 위하여, 스마트폰을 상완에 착용하고 자유형, 배영, 접영, 평영을 하며 PLR 을 측정하였다. 실험 결과, 802.11G 의 경우 자유형 및 배영에서 0.3, 접영에서 0.51, 평영에서 0.73 의 큰 PLR 이 측정되었다. 특히 접영과 평영의 높은 PLR 은 각 영법에서 상완이 다른 영법보다 물에 깊게 잠기기 때문으로 보여진다. 이와는 달리 LTE 는 영법에 따라 다소 격차가 있긴 하였으나, 모든 PLR 이 0.05 이하를 기록하였다. 본 실험 결과 본 연구진은 LTE 네트워크가 다른 네트워크 기술보다 수중에서 가장 좋은 성능을 내고, 수영 상황에서 또한 충분히 사용 가능하다고 결론 지었다.

영법 인식 및 스트로크 시점 검출 알고리즘

본 연구진은 4 가지 수영 영법 (자유형, 배영, 평영, 접영)과 스트로크 시점을 게임의 입력으로 사용하기 위하여, 영법 인식 및 스트로크 시점 검출 모듈을 개발하였다. 이 때 스마트폰의 위치는 네트워크 연결성을 고려하여 상완으로 가정하였다.

학습 데이터 수집은 11 명의 교내 수영 동호회 회원들을 대상으로 이루어졌다. 실험 참가자들은 상완에 스마트폰을 부착하고, 각 영법마다 2 바퀴씩 25m 레인을 왕복하였다. 수영 중에는 부착한 스마트폰으로 가속도, 자이로스코프, 기압계 센서 데이터를 수집하였으며, 이 후 영법에 따라 데이터에 태그를 입력하여 기본 참 값으로 사용하였다. 영법 인식에서는 3 차원 가속도와 자이로스코프 센서의 각 축 데이터 (즉, X, Y, Z) 및 제곱 평균을 이동 평균 방법을 이용하여 평활화하였고, 2 초-0.5 초 슬라이딩 윈도우 내의 데이터를 대상으로 특징 데이터 (최대, 최소, 평균, 분산)를 계산하였다. 계산된 특징 데이터를 학습 데이터로 하여 선형 SVM 분류 모델을 수립하였고, 성능 검증을 위하여 10-분할 교차 검증을 실시하였다. 제안한 영법 인식 알고리즘은 4 가지 수영 영법을 분류 하는데 있어 98.2%의 정확도를 보였다.

스트로크 시점 검출은 기압계 센서 데이터의 정점 검출 방법을 이용하였다. 모든 영법에서 팔은 원을 그리며 수중에 잠겼다 나오며, 가장 깊숙이 팔을 집어 넣었을 때 압력 값이 최대가 된다. 이 때, 수영 하는 사람은 강한 힘을 가하게 된다. 그러므로, 본 연구진은 직관적으로 가장 강한 압력 값을 가지는 시점을 스트로크 시점으로써 사용하는 것이 적절하다고 판단하였다.

본 스트로크 시점 검출 알고리즘은, 기압계 센서 데이터를 이동 평균 방법으로 평활화 한 후, 연속된 데이터로부터 최소 및 최대 압력 정점을 찾아낸다. 이 두 정점의 차이가 2.5hPa 이상이면 최대 압력 정점이 기록된 시점을 스트로크 시점으로 간주한다. 또한, 일단 스트로크 시점이 검출되면 1 초 간은 또 다른 스트로크 시점이 존재하더라도 무시한다. 이는 본 연구진이 수집한 데이터로부터, 각 스트로크를 완료하기 위해선 최소 1 초 이상의 시간은 필요함을 발견하였기 때문이다. 제안한 스트로크 시점 검출 알고리즘은 95.9%의 정확도를 보였다.

게임 디자인

본 연구진은 사용자의 영법 및 스트로크 시점을 입력으로 하고, 소리로서 게임 상황을 알려주는 다중 사용자 온라인 게임을 디자인하였다. 이 게임에서 사용자들은 팀을 이루어 가상의 괴물을 제한시간 내에 물리쳐야 한다. 사용자들은 각각 공격, 강한 공격, 회피, 회복의 커맨드를 사용할 수가 있으며, 이들은 각 영법과 연결된다: 자유형-공격, 배영-회복, 평영-회피, 접영-강한 공격. 각 영법의 스트로크 시점이 검출되면 적절한 효과음을 사용자에게 들려주고, 다른 사용자들에게도 이 소리를 전달한다. 이를 통해 사용자들은 서로 같이 게임하고 있음을 느끼게 된다. 30 초마다 가상의 괴물은 사용자 중 한 명을 선정하여 일정 시간 간격으로 공격하는데, 이 시간 간격에 맞추어 공격 당하는 사용자는 평영을 하여 괴물의 공격을 회피해야 한다. 만약 공격을 회피하는 데 실패하면 사용자의 체력이 감소하고, 결국 “죽음” 상태로 들어가게 된다. 이 상태에서 죽은 사용자 및 팀원들은 배영을 통하여 죽은 사용자를 회복시킬 수 있다. 최종적으로 모든 팀원이 죽거나, 제한 시간을 초과하게 되면 게임에 패배하게 되며, 제한 시간 내에 괴물을 물리치면 승리하게 된다. 각 게임의 진행 상황(예, 공격 받고 있는 사용자, 괴물의 체력 등)은 나레이션을 통해 전달된다.

본 연구진은 제시하는 게임의 프로토타입을 개발하여, 8 명의 대상에게 4 명씩 팀을 지어 게임을 진행하게 하고, 이에 대한 인터뷰를 진행한 후 개방 코딩을 통하여 주요 토픽을 뽑았다.

직관적인 영법과 게임 커맨드 사상 다수의 참가자가 영법과 게임의 커맨드가 잘 연결된다고 하였다: “자유형이나 접영을 할 때, 진짜 물을 때리는 것 같아요. 배영은 물에 누우니까 쉬는 것 같구.”

사회적 상호작용 강화 제시한 게임에서 각 사용자의 행동은 나레이션 및 효과음을 통하여 다른 사용자들에게 전달된다. 이로 인해 같은 팀끼리

유대감이 생긴다고 하였다: “내가 공격하고 있을 때, 다른 사람들도 공격하고 있다는 소리가 들리는 게 힘을 줘요. 한 팀이 된 거 같아요”

결론

본 연구진은 대표적인 생활 체육 중 하나인 수영을 다중 사용자 온라인 게임으로써 디자인하였다. 이를 위해 본 연구진은 수중 환경에서 무선 네트워크 기술의 성능을 비교하였으며, 그 결과로 LTE 가 수중에서 가장 좋은 성능을 보여주었다. 또한, 수영 영법 및 스트로크 시점을 게임의 입력으로써 사용하기 위해, 단일 스마트폰 기반의 수영 영법 인식 알고리즘을 개발하였다. 영법 인식을 위해 가속도 및 자이로스코프 센서 데이터를 이용하여 선형 SVM 분류 모델을 만들었으며, 스트로크 시점 검출은 기압계 센서 데이터의 정점 검출 방법을 통하여 알아내었다. 이러한 실험 결과를 통해 본 연구진은 사용자의 영법을 인식하여 공격, 회피, 회복 등의 커맨드로 사용하고, 효과음 및 나레이션을 통해 사용자에게 게임 상황을 전달하는 다중 사용자 온라인 게임을 디자인하였다.

참고 문헌

1. Wilson, K., & Brookfield, D. 2009. Effect of goal setting on motivation and adherence in a six-week exercise program. *International Journal of Sport and Exercise Physiology*, 6, 89-100
2. Mueller, F., Edge, D., Vetere, F., Gibbs, M. R., Agamanolis, S., Bongers, B., & Sheridan, J. G. Designing Sports: A Framework for Exertion Games. In CHI '11: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems
3. T. Park, I. Hwang, U. Lee, S. I. Lee, C. Yoo, Y. Lee, H. Jang, S. P. Choe, S. Park, and J. Song. Exerlink: enabling pervasive social exergames with heterogeneous exercise devices. In ACM MobiSys 2012
4. F. Mueller, F. Vetere, M. Gibbs, D. Edge, S. Agamanolis, and J. Sheridan. Jogging over a distance between europe and australia. In ACM UIST 2010
5. B. Wozniak and J. Dera. Light absorption in sea water, volume 33. Springer, 2007