

NUI 공간에서 체감형 게임을 통한 사용자의 심박변이도 자동분석

이현주, 신동일*, 신동규
세종대학교 컴퓨터공학과

e-mail: nedkelly@gce.sejong.ac.kr, {dshin, shindk}@sejong.co.kr

Automatic analysis of Heart Rate Variability of a tangible game user on NUI space

Hyun-Ju Lee, Dong-Il Shin*, Dong-Kyoo Shin
Sejong University

요 약

NUI(Natural User Interface)는 사용자가 신체부위를 사용하여 인터페이스 할 수 있는 기술이다. 본 연구에서는 NUI 공간에서 체감형 게임을 시행하였다. 게임은 태권도게임으로 사용자와 컴퓨터간의 대련이며, 게임 시 사용자의 심전도 신호를 측정하였다. 사용자는 심전도데이터를 게임 시에 사용자 프로파일로 전송한다. 전송받은 심전도신호로 사용자의 심박변이도를 분류하여 분류기 실험을 시행하고 정확도를 측정하였다. 실험은 체감형 게임 시행 전과 시행 후의 상태로 나누어 실험하였으며, 분류기는 Decision Tree를 사용하였다. 실험결과 심박변이율은 게임 시행 후 정확도가 4.16% 높게 도출되었다.

1. 서론

체감형 게임은 마우스와 키보드를 사용하는 기존의 화면, 소리 등 시각과 청각에 기반을 둔 게임 인터페이스[1]와는 다르게 신체동작을 활용한 게임이다. NUI(Natural User Interface)는 키보드와 마우스 없이 사용자의 신체부위를 이용한 인터페이스로, 2006년 Christian Moore[2]가 제스처 인식 등 관련 기술에 관한 논의를 위해 오픈리서치 커뮤니티를 개설하면서 확산되었다[3]. 본 실험에서는 NUI 공간을 구성하여 체감형 게임을 시행하였다. 시험에 참가한 실험자는 남녀 각각 10명으로 총 20명에게 시행하였다. 시행한 체감형 게임은 태권도 게임으로 사용자와 컴퓨터와의 대련으로 구성되어있으며, 사용자가 게임 시에 발생하는 심전도 신호를 사용자 프로파일로 전송한다. 전송된 신호는 심박변이율을 추출하여 분류실험을 시행하며, 분류기는 Decision Tree를 사용하여 정확도를 도출하였다.

CLI(Command Line Interface), 마우스에 기반한 GUI(Graphics User Interface)와는 달리 명령어와 사용법을 배우지 않더라도 기존의 사용자가 가진 경험을 기반으로 키보드나 마우스 없이 신체부위를 이용하여 자연스럽게 사용할 수 있는 사용자 인터페이스를 말한다. NUI의 가장 큰 특징 중 하나로, 사용자가 콘트롤 하는 콘텐츠 자체가 인터페이스의 역할을 하게 된다는 점이다[4]. 따라서 NUI 공간은 이런 사용자 인터페이스를 활용한 공간으로, 손동작인식, 몸동작 인식, 음성인식등 사용자가 입력장치에 구애받지 않고 인터페이스를 할 수 있는 공간이다.



(그림 1) NUI 공간

2. NUI 공간에서의 체감형 게임

2.1 NUI 공간

NUI(Natural User Interface) 기술은 컴퓨터와 사용자 사이의 간격을 줄여서 사용성을 높여줄 수 있는지 없는지를 결정하는 기술이다. NUI는 키보드에 기반한

사용자는 NUI 공간에서 게임 시작 전 및 시행 이후에 심전도를 측정하고, 측정된 신호는 사용자 프로파일에 전송한다. 따라서 전송 시에는 사용자 정보를 인증하며, 인

* 교신저자

증 후에 전송받은 정보를 사용자 프로파일에 저장한다. 전송받은 심전도 신호는 심박변이율(HRV: Heart Rate Variability)을 추출하여 저장하며, 저장된 데이터로는 분류실험을 시행하였다. 심박변이율은 체감형 게임을 시행하기 전과 시행 후로 분류하여 실험하였다. 본 실험환경에서 심전도를 측정하는 목적은 체감형 게임은 일반적인 장치를 사용한 게임과는 달리 사용자가 전신을 움직여 진행하는 게임이다. 따라서 인간의 실제 행동과 유사한 상호작용을 하므로 게임 시행 전과 후에 심전도를 측정시에 사용자의 상태변화를 예측할 수 있다고 추정되므로 시행하였다.

2.2 체감형 게임

체감형 게임은 인간의 실제 행동과 유사한 상호작용 방식을 통한 게임을 말한다. 체감형 게임에서의 상호작용은 핸들조작, 총을 이용한 조준 및 발사, 몸을 이용한 춤추기 등 게임 밖의 실제에서 사용하는 물리적인 행동이 주로 이루어진다[5]. 체감형 게임의 형태는 실제적인 신체적 층위의 경험을 전제로 한다는 점에서 체험의 질이 다르며, 체험 주의적 관점에서 가장 강력한 게임적 체험을 제공할 수 있다[6]. 현재 전 연령층을 대상으로 정상성인에게 맞추어 개발되고 있으며[7], 게임의 발전에 따라 다양한 장르로 나누어진다. 본 실험에서 제시한 게임은 태권도 대련게임으로 사용자와 컴퓨터와의 대련으로 전개된다. 사용자는 먼저 캐릭터를 선택할 수 있으며, 남자는 남성형 캐릭터, 여자는 여성형 캐릭터를 선택한다.



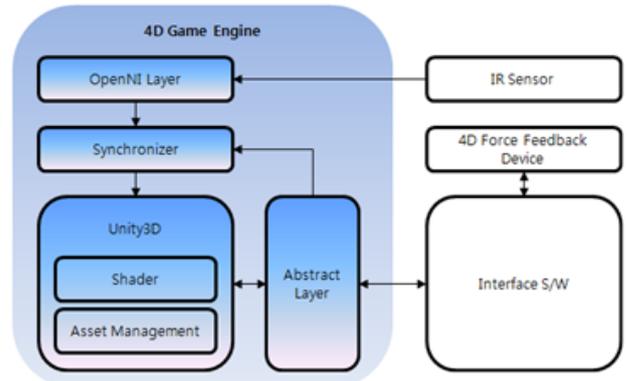
(그림 2) 게임 캐릭터

사용자는 선택한 캐릭터를 사용하여 몬스터와의 대련을 펼치며, 사용자가 취할 수 있는 자세는 게임에 미리 설정되어 있는 동작을 선택한다.

<표 1> 신체에 따른 사용부위

신체	사용부위
주먹	정권, 등주먹, 매주먹, 받주먹, 편주먹
손	손날, 손날등, 손끝, 마탕손, 아귀손
발	앞꿈치, 뒤꿈치, 발날, 발등, 발바닥, 발날
다리	정강이, 무릎
팔	팔목, 팔굽이

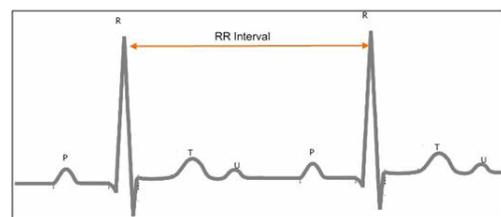
체감형 게임은 4D게임 엔진으로 설계하였는데, 게임 엔진은 OpenNI Layer, Synchronizer, Abstract Layer의 모듈로 나뉘며, 세 개의 모듈은 Unity3D 게임 엔진위에서 통합된다. 그리고 IR 센서 기반의 동작인식 기술을 사용하였는데, 1) Joint Angle Recalculation, 2) Joint Position Normalization, 3) Joint Local Rotation으로 구성된다. 1)은 각 조인트 위치 사이의 각을 계산하고, 2)는 조인트의 위치를 정규화 하여 동작을 비교하였다. 그리고 3)은 키벡트로 부터 들어온 조인트 회전각을 3D 기준모델에 대합하여 조인트의 로컬 회전각으로 동작을 인식한다.



(그림 3) 4D 게임엔진 구성도

3. 심박변이도 (HRV : Heart Rate Variability)

심전도는 혈액순환 펌프작용을 하는 심장의 전기적인 활동이 반영된 신호로써 P, QRS, T파에 해당하는 연속된 여러형태의 peak로 나타난다. 이중에 보통 양방향으로 가장 높은 peak는 R peak로 매번 반복적인 패턴으로 나타나며 시간간격으로 R-R interval로 나타난다.



(그림 4) R-R interval

R-R interval은 자율신경의 기능평가 시 유용하게 쓰인다[8]. 자율 신경계는 교감 신경계(Sympathetic Nervous System)와 부교감 신경계(Parasympathetic Nervous System)의 길항작용(Negative Feedback)에 의해 조절되는데, 주로 체내의 항상성(homeostasis)을 유지하면서 활성화 된다. 교감신경계는 심한 스트레스를 받거나 신체상에 질병이 발생하는 경우, 인체의 기초 신진 대사를(Basic Metabolism Rate)을 촉진시키게 된다. 이로 인하여 심혈관계와 소화 기계의 활동이 활발해 지는데, 혈압상승, 심박수의 증가, 혈당량의 상승, 골격근으로 혈류량 증가

등의 현상이 나타난다. 심박변이도는 자율신경계의 변화를 반영하며, 일반적으로 교감신경활동은 심박동수를 증가시키고 부교감 신경의 활동은 심박동수를 감소시킨다. 따라서 HRV는 주파수 분석을 통해 총 주파수 (Total-Frequency: TF), 고주파(High-Frequency: HF), 저주파(Low-Frequency: LF), 파워(Power)를 측정한다. 그리고 측정된 주파수를 통해 교감신경과 부교감 신경의 비율을 추정할 수 있다. 부교감 신경계는 교감신경의 작용에 반대되는 역할을 하는데, 교감신경계는 교감신경계에 비해 그 반응이 국소적이며 전신적으로 과급되는 경향은 적다 [9].

4. 실험방법

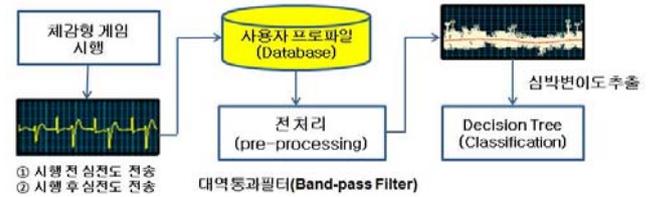
4.1 알고리즘(Decision Tree)

본 실험에서 분류기 알고리즘은 Decision Tree를 사용하였다. Decision tree는 decision rule를 트리구조로 도표화 하여 분류(classification)와 예측(prediction)을 수행하는 분석방법이다. 이 방법은 분류 또는 예측의 과정이 트리구조에 의한 추론 규칙에 의해서 표현되기 때문에 다른 방법들에 비해서 연구자가 그 과정을 쉽게 이해하고 설명할 수 있다는 장점을 갖는다. 분류 의사결정 트리의 알고리즘은 분리 기준에 따라 J48과 Kass(1980)이 제안한 CHAID(Chi-quared automatic interaction detection), Breiman(1984)등이 제안한 CART(Classification and regression trees), Quinlan(1993)이 제안한 C4.5가 있다.

CART에 대해서 살펴보면, CART는 의사결정 나무를 생성할 때 이진분리를 하며, 분리할 때 지니지수를 감소시키는 입력 변수를 찾고, 입력변수의 분리기준점을 정한다. 선택된 입력 변수와 그것의 분리 기준점에 따라 생성된 노드들에 다시 같은 방법을 반복함으로써 나무 구조를 형성해 나간다. 이렇게 형성된 완전 모형에서 과대적합(overfitting)을 방지하고 부적절한 추론규칙을 가지고 있는 노드를 가지치기(pruning)하여 최적의 의사결정 나무를 얻는다. 본 실험은 J48을 사용하였는데, J48은 기존의 연구에서 cross-validation 방법으로 실험했을 때 traffic classification에 있어서 우수한 성능을 보였으므로 선택하였다 [10].

4.2 실험과정과 수식

실험은 사용자가 게임을 시행하기 전과 후로 구분하여 실시하였다. 실험자는 19세에서 22세까지의 대학생 남녀 각각 10명을 상대로 모두 20명에게 시행하였다. 실험과정은 그림 5와 같다.



(그림 5) 실험과정

심전도 신호는 게임시행 전과 시행 후로 나누어 측정하였다. 게임시행 전 또는 후에 사용자의 심전도를 센서를 통하여 사용자 프로파일에 전송한다. 전송된 신호는 전처리과정을 거치며, 대역통과필터를 사용하여 잡음을 제거하였다. 잡음제거 후 신호에서 심박변이도를 추출하였고, 추출한 심박변이도는 수치화한 데이터로 구성한다. 마지막으로 구성된 데이터를 Decision Tree분류기로 실험을 진행하였다.

본 실험에서는 Accuracy(정확도), Sensitivity(민감도), Specificity(특이도)를 도출하였다. 이는 TP(True Positive), TN(True Negative), FP(False Positive) 그리고 FN(False Negative)을 먼저 도출한 후에 아래 수식을 사용하여 계산한다.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \quad (3)$$

4.3 실험결과

실험은 체감형 게임의 시행 전과 후의 데이터로 나누었고, 실험결과는 전체 실험자의 데이터를 합산하여 도출하였다.

<표 2> 신체에 따른 사용부위

	Pre-HRV	After-HRV
Sensitivity	96.43	98.84
Specificity	83.33	100
Accuracy	94.79	98.95
Average	91.51	99.26

표 2는 본 실험의 결과를 나타낸 것이다. Pre-HRV는 체감형 게임 시행 전의 결과이며, After-HRV는 체감형 게임 시행 후의 결과이다. Sensitivity는 민감도를 나타내었고, Specificity는 특이도를 나타내었으며, Accuracy는 정확도를 나타낸 결과이다. 정확도를 살펴보면 시행 후의 심박변이도가 시행 전의 심박변이도보다 4.16%높은 결과

를 도출하였음을 알 수 있다. 시행 후의 심박변이도가 높은 이유는 체감형 게임의 특징에 있다고 추론하였다. 즉, 사용자가 전신을 움직여서 게임을 시행하면 심장박동이 정상상태보다 빨라지므로 심박변이에 영향을 주었다고 예측된다.

5. 결론 및 토의

본 실험에서는 NUI공간에서 체감형 게임을 체험하는 사용자의 심전도 신호를 측정하여 분석 실험을 하였다. 실험은 체감형 게임전과 후의 사용자의 심전도 신호에서 추출할 수 있는 심박변이율을 대상으로 하였으며, 추출된 신호를 분석하여 분류실험을 하였다. 자동분석을 위한 분류 알고리즘으로는 Tree 알고리즘중 성능이 우수하다고 알려진 Decision Tree를 사용하여 정확도, 민감도, 특이도를 도출하였다. 도출된 결과는 게임 시행 후의 정확도가 시행 전보다 높게 도출되었다. 향후에는 Decision Tree 외에도 다른 Tree 알고리즘과의 결과를 비교해보고, NUI 공간에서의 실험환경과 체감형 게임 시 사용자의 상태변화를 정확히 도출해낼 수 있는 프로파일 시스템에 관한 연구가 필요하다.

ACKNOWLEDGMENTS

"본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2013-H0301-13-4007)

참고문헌

- [1] Y. S. Han, E. S. Kim, H. C. Lee, B. S. Kim, J. H. Joo and G. T. Hur, "Prototype Tangible Bicycle Game Contents for the Silver Generation", The Korea Contents Society, Vol.9, No.8, pp. 166-177, 2009.
- [2] C. Moore, "New Community Open". NUI Group Community : http://nuigroup.com/log/comments/forums_launched/
- [3] 이상수, 이건표, "네츄럴 유저 인터페이스 디자인 모델", 한국 HCI 학술대회, pp. 962-965, 2011.
- [4] K. Hofmeester, D. Wixon, "Using Metaphors to Create a Natural User Interface for Microsoft Surface", CHI EA 2010.
- [5] W. H. Kang, "Handheld Augmented Reality Game System Using Dynamic Environment", KAIST, Master's Thesis, 2007.
- [6] K. J. Young and S. J. Hwan, "The Formation of New Game Generation in Game-Extended Space : Focused on the Experience Game", Korea Game Society,

Vol.10, No.5, pp. 3-13, 2010.

[7] J. K. Yoo and K. M. Lee, "Children's Interactive Game using RFID and Speech Interface", HCI Korea, pp. 564-566, 2011.

[8] LAXTHA : <http://www.laxtha.com/SiteView.asp?x=7&y=45&z=37&infid=160/>

[9] L. Federico and M. Alberto, "Heart Rate Variability: Standards of Measurement", Physiological Interpretation and Clinical Use, European Heart Journal, Vol.17, No.3, 1996, pp. 354-381, 1996.

[10] 이영섭, 오현정, 김미경, "데이터 마이닝에서 배경, 부스팅, SVM 분류 알고리즘 비교 분석", 응용통계 연구(한국 통계학회), Vol.8, No.2, pp. 343-354, 2005.