

포터블 EEG를 활용한 콘텐츠 몰입도 평가

금남호*, 이택*, 이정빈*, 인호*

*고려대학교 컴퓨터정보통신대학원

e-mail:{namo8408, comtaek, jungbini83, hoh_in}@korea.ac.kr

Measurement of degree of contents immersion with using the portable EEG device

Nam-Ho Keum*, Taek Lee*, Jung-Been Lee*, Hoh Peter In*

*Dept. of Computer Science & Engineering, Korea University

요 약

최근 소형 모바일 디바이스가 발달함에 따라 시간적, 공간적 제약이 없이 대량의 콘텐츠가 소비되고 있는 환경에서 콘텐츠 소비 만족도 및 몰입도를 측정하기 위해 사용자 피드백을 설문 조사하는 기존 방식은 비효율적이다. 왜냐하면 수작업에 의존하고 객관성이 결여된 데이터가 수집될 가능성이 있기 때문이다. 따라서 최근 연구에서는 EEG를 활용한 방법이 하나의 대안으로 제시되고 있다. 본 논문에서는 기존 설문조사 방식의 한계점을 보완하고 기존 EEG방식의 단점을 개선하기 위한 포터블 EEG를 활용하는 방법을 제안하였다. 소형 및 간편함을 확보하기 위하여 배터리 환경에 비 접촉식 단일전극을 이용하여 EEG를 측정하고 주파수 분석을 통하여 집중력과 관련된 파형을 분리, 콘텐츠 몰입도를 점수화 하였다. 마지막으로 실험을 통해 앞서 산출한 점수와 콘텐츠의 흥미도가 비례관계에 있음을 증명하였다.

1. 서론

오늘날 스마트폰 등 다양한 모바일 디바이스의 발달에 따라 콘텐츠 소비의 시간적, 공간적 제약이 없어졌고, 그에 따라 과거에 비해 비교할 수 없을 만큼 다량의 콘텐츠가 생산되고 또한 소비되고 있다. 이러한 시대적 상황에서 맞춰 사용자의 콘텐츠 소비 만족도나 몰입도를 측정하는 것은 공급자 입장에서 중요한 이슈로 떠올랐고[1] 이를 소형화/자동화 된 방법으로 측정하거나 그 방법을 이용하여 빅데이터를 수집할 수 있다면 이는 대단한 비즈니스 기회이다. 현재 콘텐츠의 몰입도를 측정하기 위해 이루어지는 연구는 설문조사의 항목을 개선하거나[2] 평가영역을 재정의 하여[3] 설문지의 품질을 향상시키는 것이 대부분이지만 이는 자동화 된 방법이 아닐뿐더러 대량의 데이터를 수집하는데도 한계가 있다.

최근에는 설문지의 한계를 극복하고자 생체 신호를 이용하여 콘텐츠의 몰입도를 측정하려는 연구가 진행되고 있지만 이는 고가의 다채널 EEG(Electroencepharogram) 장비를 이용한 연구[4][5]기 때문에 콘텐츠가 소비되는 실제 환경에 적용시키기엔 무리가 있다.

반대로 포터블 EEG 디바이스를 이용한다면 사용자에 게 거부감 없이 손쉽게 양질의 데이터를 대량으로 확보하는 것이 가능해 질 것이고, 이를 바탕으로 객관성 있는 평가 정보 역시 확보하는 것이 가능해 지지만 포터블 EEG 디바이스에서 몰입도에 관한 뇌파 특징을 추출해 내는 것이 기술적으로 쉽지 않다. 왜냐하면 포터블 EEG 디바이스는 비 접촉식 전극, 단일채널, 배터리 동작 및 무선통신 환경으로 인한 노이즈로 오염되어 있기 때문이다.

따라서, 본 논문에서는 노이즈 제거를 위해 시계열(time series) 분석의 일종인 Online SSA(singular spectrum analysis)알고리즘[6][7] 및 중간 값 적용 알고리즘을 이용하여 포터블 EEG 디바이스로부터 출력되는 노이즈가 섞인 신호에서 뇌파만을 분리해 냈으며, 전처리과정이 끝난 신호에서 주파수 분석을 통해 사용자가 콘텐츠에 얼마나 몰입하고 있는지 실험을 통해 그 정도를 측정하였다. 결론적으로 본 논문에서는 실험결과를 통해 포터블 EEG 디바이스를 이용한 콘텐츠 몰입도 평가가 가능하고 그 결과가 긍정적임을 보인다.

2. 관련연구

2.1 콘텐츠 품질 향상을 위한 연구

오늘날 콘텐츠 품질과 관련하여 가장 많은 연구가 진행되고 있는 분야 중 하나는 설문조사 시 정확하고 의미 있는 피드백을 받기 위해 설문항목 및 설문구성을 개선하는 것이다[2][3].

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 - 차세대정보·컴퓨팅기술개발사업(2012M3C4A7033345)과 보건복지부의 재원으로 한국보건산업진흥원의 보건 의료기술연구개발사업(HI14C3212) 지원에 의하여 이루어진 것임.

그러나 최근의 연구 움직임은 기존 설문 방식을 탈피하여 사용자로부터 불편하게 응답을 요구하는 방식이 아니라 사용자가 콘텐츠를 소비할 때 발생하는 다양한 생체신호를 측정하여 콘텐츠의 수준 및 품질을 자동으로 측정해 내는 방식으로 변화하고 있다[8][9][10].

2.2 뇌파와 집중력의 상관관계 분석연구

뇌파는 뇌의 신경세포가 활동함으로써 발생하는 전기적인 신호로 인간의 뇌 활동 상태를 보여주는 중요한 생체신호다. 이 뇌파는 <표1>과 같이 주파수 대역별로 활동 상태를 나눌 수 있다[11].

<표1> 뇌파의 주파수 대역과 뇌의 활동상태 특성

뇌파명	주파수 대역	활동역역
Delta	0.1~3Hz	숙면상태
Theta	4~7Hz	졸리는 상태, 망상
Alpha	8~12Hz	안정된 상태
SMR	12~15Hz	정적 상태에서 집중력을 유지하는 상태
Beta	15~20Hz	집중, 스트레스 상태
High Beta	20~35Hz	경직, 불안, 긴장상태

<표1>에 의하면 집중력이 발생하는 상황에서는 SMR, Beta, High Beta과형으로 정의되어 있고 이 집중력은 BCI(Brain Computer Interface) 및 성적 향상 등을 위한 뉴로피드백 훈련에 결정적인 지표이기 때문에 이를 실험적으로 증명하고자 하는 연구가 있었고[12] 그 연구에서 Beta파, SMR과, High Beta파와 집중력 사이에는 높은 상관관계가 있음이 증명되었다.

2.3 노이즈 제거에 대한 연구

과거에 진행되는 EEG연구는 접촉식/삽입식 전극을 이용하여 실험실 환경에서 신호를 습득하였기 때문에 실제 생활 환경에서 취일 수 있는 노이즈에 대해서는 별다른 언급이 없는 게 대부분이다. 그나마 진행된 EEG노이즈 제거 기법 역시 생활 잡음을 없애는 것이 아니라 EEG측정 시 같이 측정 된 다른 생체신호를 분리, 제거하는 기법이고 그마저도 다채널 EEG하에서만 가능한 방법들 이었다[13].

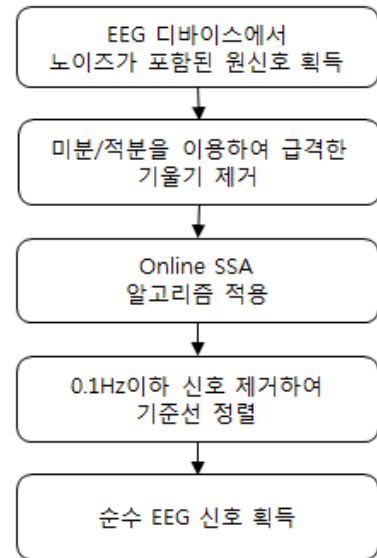
최근에서야 기술의 발달로 포터블 환경에서 EEG를 측정할 수 있는 디바이스가 등장함에 따라 단일전극 환경 하에서 다른 생체 노이즈를 제거하는 기법이 연구되기 시작했다. 예를 들면 EEG신호에서 EOG(안구전도)나 ECG(심전도)를 제거하는 기법이다[6].

3. 몰입도 획득 프로세스 및 실험설계

3.1 EEG신호 획득 및 몰입도 계산

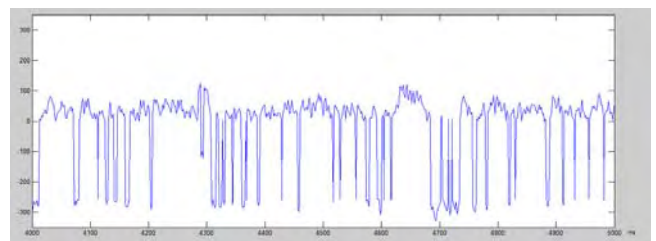
본 논문에서는 실험실 환경을 벗어나 실제 생활에서 모바일 디바이스의 무선 통신 방식으로 수집된 EEG데이터를 이용한다. 때문에 앞선 연구들이 다루었던 EEG에

포함된 다른 생체신호를 제거할 뿐만 아니라 신호 손실이나 기타 생활 잡음에 의한 노이즈를 단일 전극만으로 제거하여 EEG 신호만을 추출한다. 그 후 신호를 주파수 대역별로 분리하여 몰입도를 수치적으로 계산한다. 이러한 일련의 과정을 정리하면 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 필터링 프로세스

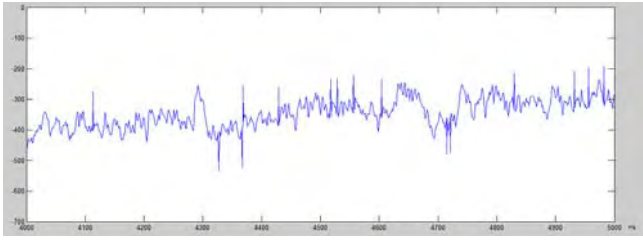
단계적으로 살펴보면 우선 비 접촉식 단일전극 포터블 EEG 디바이스 인 NeuroSky MindSet을 이용하여 EEG 원 신호를 측정하고 이 데이터를 삼성 갤럭시노트3 안드로이드 응용프로그램을 이용하여 수집하였다. 수집된 데이터는 (그림2)과 같이 EEG이외의 다양한 생체신호와 모바일 디바이스의 오류로 인한 노이즈가 섞여있다.



(그림 2) 노이즈가 포함된 원신호

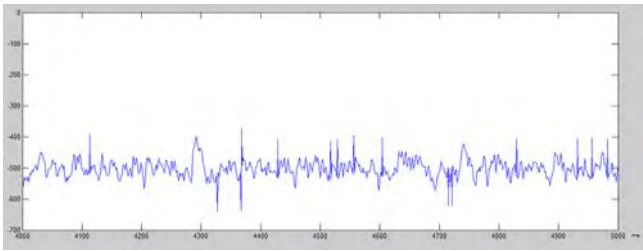
이 신호를 1차 미분하여 아래 (1)공식에 따라 급격한 기울기를 제거 후 다시 적분하여 신호를 복구하면 (그림 2)와 같이 1차 필터링 된 데이터가 나온다.

$$\begin{cases} \text{abs}(\frac{df(t)}{dt}) > 100 \text{ 이면 } \frac{df(t)}{dt} = (\frac{df(t-1)}{dt} + \frac{df(t+1)}{dt})/2 \\ \text{abs}(\frac{df(t)}{dt}) <= 100 \text{ 이면 } \frac{df(t)}{dt} = \frac{df(t)}{dt} \end{cases} \quad (1)$$



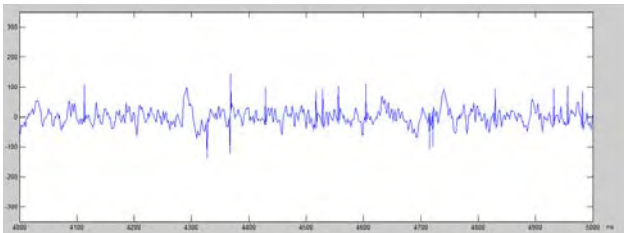
(그림 3) 1차 필터링 된 신호

그 후 특정 패턴을 제거하기 적합한 Online SSA알고리즘[6]을 적용하여 EOG 등의 다른 생체신호를 제거하면 (그림 4)와 같이 순수 EEG 신호만 남는다.



(그림 4) Online SSA알고리즘을 적용한 신호

마지막으로 앞서 적용한 알고리즘으로 기준선이 -400 정도로 떨어져 버렸기 때문에 0.1Hz 이하 신호를 제거하여 기준선을 0으로 맞추면 (그림 5)와 같이 최종적인 신호를 얻을 수 있다.



(그림 5) 기준선이 정리된 순수 EEG 신호

또한 [12]에서 밝혀진 바와 같이 집중을 하였을 경우 평균적으로 Alpha파형은 2.38% 감소하고 Beta파형은 4.16%, SMR은 6.47%, High Beta는 7.49% 증가하는 현상에 근거하여 본 논문에서는 몰입도 수치 계산법을 (2)과 같이 정의하였다.

$$\text{몰입도 수치} = \left(\frac{\sum \beta, \text{SMR}, \text{High}\beta \text{파} - \sum \alpha \text{파}}{\text{이전실험 뇌파수치} - \text{전체실험 min 수치}} - \frac{\sum \alpha \text{파}}{\text{전체실험 max 수치} - \text{전체실험 min 수치}} \right) * 10 \text{점} \quad (2)$$

3.2 실험 설계

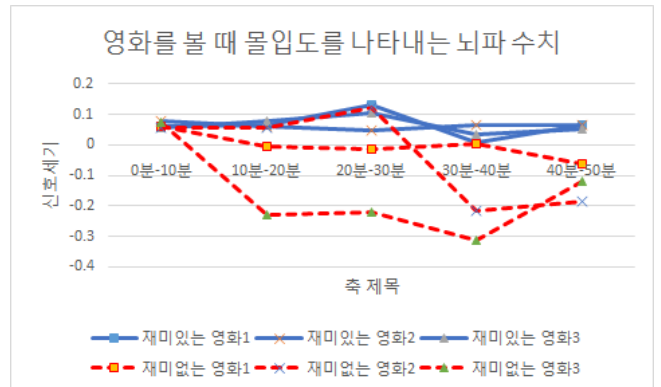
앞서 제안한 몰입도 뇌파수치 계산 수식 (2)의 유효함을 검증하기 위해 피실험자들에게 재미있는 영화 콘텐츠와 재미없는 영화 콘텐츠를 이용하게 하였고 제안 수식(2)를 이용하여 그 당시 EEG를 수집하여 상호 비교 분석하였다.

해당 콘텐츠가 재미있고 없고를 판단하기 위해 평균 응답자 300이상 표본오차 95% ±5.65 인 네이버 영화 평점을 기준데이터로 상위 3개의 영화를 재미있는 콘텐츠로, 하위 3개의 영화를 재미없는 콘텐츠로 분류하여 피 실험자에게 사전 정보 없이 영화를 보여주었다.

마지막으로 영화 관람을 끝낸 후 기존의 몰입도 측정 방식과 비교하기 위해 설문지를 이용하여 이 영화가 얼마나 재미있었는지 평점을 받았다.

4. 실험 결과

실험을 한 결과 (그림 6)과 같이 사전 정보가 없는 콘텐츠를 처음 접했을 때는 몰입도 판단 뇌파는 10분 동안 측정값이 동일하게 평균 0.06정도로 일반적인 상태보다 높게 유지하는 것으로 나타났다. 하지만 재미있는 영화를 봤을 경우에는 이 몰입도를 계속 유지하거나 증가하는 반면 재미없는 영화를 봤을 경우에는 급속도로 떨어져서 음수 값을 갖는 것을 알 수 있다.



(그림 6) 영화를 볼 때 몰입도를 나타내는 뇌파수치

이 수치를 수식(2)에 따라 점수화 하여 EEG를 통해 측정된 점수와 설문으로 받은 점수, 그리고 네이버 평점을 비교해 보니 <표2>과 같이 나타났다.

<표 2> 측정 방법별 평점

	몰입도 점수	설문 점수	네이버 평점
재미있는 영화1	10	9.2	9.37
재미있는 영화2	9.79	8.75	9.37
재미있는 영화3	9.92	8.75	9.37
재미없는 영화1	6.95	5.3	4.6
재미없는 영화2	5.65	4.8	2.2
재미없는 영화3	0	4.1	2.3

비교 결과 포터블 EEG 디바이스를 통해 측정된 데이터를 이용하여 몰입도 점수를 계산하여도 기존 설문 방식이나 네이버 평점과 비슷하게 나오는 것을 알 수 있고, 따라서 제안한 포터블 EEG 디바이스를 이용하여 충분히 피 실험자들이 느끼는 몰입도를 정확히 측정해 낼 수 있음을 증명하였다.

실험을 통해 얻은 중요한 통찰은 추가적으로 설문을 이용했을 때는 인당 평균 5분의 시간이 소요되는 반면 제안 기법을 이용하는 경우는 객관적이고 정확한 몰입도를 측정하기 위해서 별도의 시간 비용이 발생하지 않는 점이다.

5. 결론

본 논문에서는 비 접촉식 전극, 단일채널, 배터리 동작 및 무선통신 환경으로 인해 노이즈로 오염된 포터블 EEG 디바이스 신호에서 콘텐츠 몰입도에 해당하는 EEG영역만 추출하여 이를 바탕으로 사용자의 몰입도 평가가 가능하다는 것을 확인하였다. 이는 기존 설문지 방식에 의존할 필요 없이 생체 신호만으로 콘텐츠의 품질 평가가 가능하다는 것을 의미하고 과거 대비 준비시간이 적고 빠르게 자동화 된 방법으로 평가가 가능하다는 것, 이를 통해 빅데이터 수집이 용이하다는 것을 확인 할 수 있었다.

또한 이렇게 수집 분석된 평가 정보는 향후 다양한 사용자 적응형 콘텐츠 추천 시스템 등을 설계하는 데 활용되어 질 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 윤세환, “콘텐츠 가치 측정 모델의 연구 현황과 전망”, 신문과방송 12월호, 2012. pp 81-85

[2] 이명희, 백주연, “디지털 환경의 전문도서관 서비스 품질과 이용자 만족도에 관한 평가”, 한국비블리아학회지 제 25권 제1호, 2014, pp 343-361

[3] 이종원, “온라인 게임의 재미요소 평가모델 연구”, 한국컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집 제20권 제1호, 2012, pp 187-188

[4] Chung-heon Lee, Jang-woo Kwon, Jun-eui Hong, Dong-hoon Lee. “A Study on EEG based Concentration Power Index Transmission and Brain Computer Interface Application”, IFMBE Proceedings Volume 25/4, 2010, pp 537-539

[5] 박순찬, “이 게임 재미없나요? 腦波(뇌파)까지 읽는 게임회사”, 조선일보 보도자료, 2014
http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2014/12/15/2014121503958.html

[6] Hanjun Shin1, Sunwon Lee, Himchan Kim, Sangjin Lee, Jaewoo Kang, KooHyoung Lee. “Extracting Signals from Noisy Single-Channel EEG Stream for Ubiquitous Healthcare Applications”, Journal of Internet Technology, Vol. 13 No. 1, P.85-94, 2012

[7] Broomhead, D.S., and King, G.P. (1986) Extracting qualitative dynamics from experimental data, Physica D, 20(2-3), 217-236.

[8] 안홍찬, 연제혁, 이원형, “동영상자극을 이용한 뇌파(EEG)의 감성 평가 분석”, 한국인터넷정보학회 2006 정기총회 및 추계학술발표대회 제7권 제2호, 2006. pp315-318.

[9] 류준모, 박승보, 김재경, “그룹 몰입도 판단을 위한 움직임 동기화 연구”, 지능정보연구 제19권 제 1호, 2013, pp 79-94

[10] 박상용, 심한피, 이원형, “뇌파신호를 이용한 게임성 테스트”, 한국컴퓨터게임학회논문지 Volume25 No3, 2012, pp 223-228

[11] 김대식, 뇌파검사학, 고려의학, 2001.

[12] 조상흠, 김판기, 안창범, “뇌파 밴드 분석을 통한 집중력 연구”, 2009년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2009. 7. 14 - 17, 2009, pp 1994-1995

[13] Croft, R.J. and Barry, R.J. “Removal of ocular artifact from the eeg : a review, Neurophysiolgie.”, Clin, 30(1), 2000, pp 5-19