

# AffecTV : 생체신호 분석을 통한 TV 시청자 선호도 추론

이승환<sup>1</sup>, 최진혁<sup>2</sup>, 이기혁<sup>3</sup>, 이한규<sup>4</sup>  
한국정보통신대학교 공학부<sup>1,2,3</sup>, 한국전자통신연구원<sup>4</sup>  
{rigelsh<sup>1</sup>, demon<sup>2</sup>, geehyuk<sup>3</sup>}@icu.ac.kr, hkl@etri.re.kr<sup>4</sup>

## AffecTV - watcher preference inference based on physiological signal analysis

Seunghwan Lee<sup>1</sup>, Jinhyuk Choi<sup>2</sup>, Geehyuk Lee<sup>3</sup>, Han-kyu Lee<sup>4</sup>  
Information and Communications University, School of Engineering<sup>1,2,3</sup>,  
Electronics and Telecommunications Research Institute<sup>4</sup>

### 요약

최근에 들어서 생체신호분석을 통하여 여러 가지 사용자 상태를 파악하려는 연구가 많이 진행되고 있다. 대표적인 것이 GSR(전기피부반응, galvanic skin response), BVP(blood volume pressure), 호흡 등의 생체신호가 사람의 흥분 정도, 정신적 부담, 감정변화에 따라 달라지는 특성을 활용하는 것이다. 본 연구에서는 디지털 TV, 혹은 IPTV의 콘텐츠를 감상하는 환경 하에서 시청자의 생체신호의 변화 패턴을 분석하여, 그 분석 결과로부터 TV 프로그램이나 디지털 콘텐츠에 대해 시청자가 느끼는 만족도, 집중도, 흥미 여부 등을 추론하고자 하였다. 즉, 주어진 콘텐츠를 감상하는 동안 시청자로부터 얻어낸 생체신호를 분석한 시청 정보 데이터가 프로그램에 대한 선호도와 관련을 가질 수 있는지 검증한 기초 연구 결과를 제시한다. 또한 이 결과를 통해 프로그램에 대한 시청자의 반응을 객관적으로 측정하고 실시간으로 반영할 수 있도록 하는 TV 프로그램 추천 시스템의 구현 가능성을 검증한다.

Keyword : HCI, physiological signal, GSR, BVP, 사용자 선호도

## 1. 서론

현재 연구되고 있는 사용자 특성을 고려한 많은 시스템들은 사용자의 행동 내역을 바탕으로 특성을 추론하는 방법을 택하고 있다. 이러한 접근은 정보를 선택하는데 있어서 중요한 역할을 하는 사용자의 감정 상태를 반영하지 못하고 있다. 특히 디지털 TV 프로그램 시청 시 시청자의 만족도나 집중도가 추후 동일한 장르 및 내용의 프로그램을 선택하는데 있어서 중요한 역할을 할 수 있기 때문에 디지털 TV 프로그램 추천 시스템은 시청 당시의 사용자의 기분 및 감정 상태를 충분히 반영할 필요가 있다. 사람으로부터 얻을 수 있는 여러 가지 생체 신호들은 환경으로부터 주어지는 자극과 자신의 감정적 변화에 따라 값을 변화한다. 따라서 본 연구에서는 현재의 TV 프로그램 추천

시스템의 한계를 극복하기 위해 프로그램 시청 후의 만족도를 시청자의 생체 신호들을 이용하여 객관적으로 측정할 수 있는 시스템에 필요한 기술에 대해 연구하였다.

## 2. 생체 신호 특성

사람이 가질 수 있는 여러 가지 감정 상태를 추론해내는데 쓸 수 있는 생체 신호에는 심전도(ECG, electrocardiogram), 전기피부반응(GSR; galvanic skin response), 호흡(respiration), 근전도(EMG; electromyogram), 피부온도(skin temperature), 혈류량변화(BVP; blood volume pressure) 등을 포함한 여러 가지 신호들이 있다. 이러한 생체 신호들 중에 우리는 가장 최소한의 장치 부착을 통해서 그 값을 얻어낼 수 있는 GSR 과 BVP 값을 이용

하기로 했다.

GSR 은 피부가 일시적으로 외부 자극에 반응하면 전도도가 변화한다는 기본적인 현상이 발견된 이후로 많은 연구에서 이용되고 있고 심리적인 상태나 인지 과정 등에 민감하며 상대적으로 측정이 용이하기 때문에 주의, 정보처리 과정, 감정 상태, 흥분 정도 등을 측정하는데 주로 이용된다.

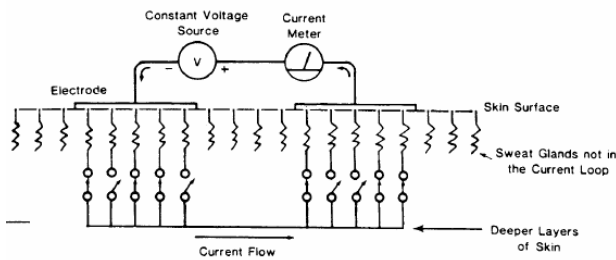


그림 1. Basic skin conductance loop [1]

그림 1 과 같이 피부에 2 개의 전극을 붙이게 되면 상대적으로 전도도가 낮은 피부와 전도도가 높은 내피 사이에 존재하는 땀샘이 전기적 경로의 역할을 하게 되어 하나의 회로 루프가 형성되며 땀샘의 수에 따라 흐르는 전류의 양이 결정된다.

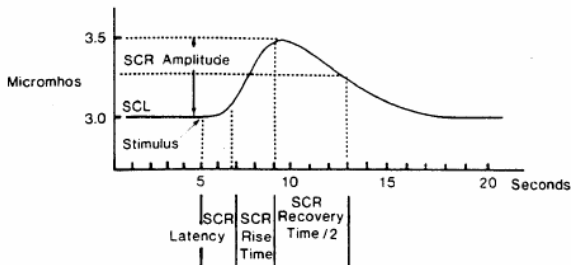


그림 2. GSR 파라미터 [1]

그림 2 는 자극에 대한 GSR 의 값 변화추이를 나타낸 그래프로, GSR 값의 수치적 수준과 전도도 증가에 의한 변화, 그리고 변화 이후에 다시 이전의 값으로 돌아오는 데 걸리는 시간, 자극이 주어진 시간과 GSR 값에 변화가 나타나기 시작한 시간과의 차이, 그리고 GSR 값이 최대치에 이르는 데 걸리는 시간 등이 중요한 데이터가 된다.

무의식적인 수준의 반응을 담당하는 자율신경계는 교감신경계와 부교감신경계로 나누어지는데, 외부 환경으로부터 스트레스를 받았을 때 작용하는 교감신경계의 활동을 직접적으로 표현해 주는 데이터가 GSR 의 변화로 볼 수 있고 교감신경계

와 부교감신경계를 모두 포함하는 더 넓은 영역의 데이터는 심장 박동 수치가 있다.

심장 박동 수치는 valence 가 그 변화에 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 즉, 유쾌하지 않은 자극은 초기 deceleration 의 값이 상승하도록 하며, 반대로 유쾌한 자극은 peak acceleration 의 상승을 유도한다. 이러한 acceleration 과 deceleration 은 심장 박동과 박동 사이의 간격(IBI)을 측정하여 그 역수를 취하는 방법으로 얻어지는 것이 일반적이거나, 최근에 들어서 spectrum analysis 를 통한 특징 분석을 많이 시도한다. 심장 박동 수치는 가상 또는 실제 작업 환경에서의 사람의 정신적 부담을 측정하는 지표로 많이 활용되기도 한다. 그러나 일반적으로 심장 박동 수치와 심장 박동 변화는 다른 생체 시스템들의 작용에 의해 많은 영향을 받기 때문에 측정할 때마다 그 데이터가 다양한 변화를 나타내므로 측정의 용이성에 비해 분석이 어려워 독립적으로 분석되기 보다는 다른 생체 신호 정보와 융합하여 사용되는 경우가 많다.

### 3. 관련 연구사례

StartleCam[2] 은 기억이나 사용자의 주의, 집중 정도가 arousal level 을 나타내는 Skin Conductance 와 관련이 있다는 전제 하에 Skin Conductance 데이터를 분석하여 사용자의 반응을 감지하여 그 순간의 이미지 정보를 비디오 카메라를 사용하여 저장, 서버로 전송하여 사용자에게 중요한 정보를 기록할 수 있도록 하는 웨어러블 컴퓨터 시스템이다. 갑작스런 놀라움이나 스트레스를 주는 사건 등의 기억될만한 정보를 감지해내기 위해 matched filter, first forward difference, threshold 등을 이용하였고 적절한 threshold 설정, 자극에 대한 습관화, GSR 센서 전극의 위치에 따른 신호의 차이 등을 언급하였다.

MIT 미디어랩의 picard 교수는 8 가지 감정 (Neutral, Anger, Hate, Grief, Platonic Love, Romantic Love, Joy, Reverence)을 분류하려는 시도를 하였다.[3] 이를 위해 electromyogram(EMG), blood volume pressure(BVP), skin conductivity(GSR), respiration 의 네 가지 생체 신호로부터 각각 6 가

지 신호의 특징 정보들을 이용하였고 SFFS-FP 방법을 사용하여 24 차원 데이터의 차원을 감소시켜 처리하였다. 실험 진행 시 8 가지 감정 상태를 이끌어내기 위하여 경험 많은 여배우가 각 감정 상태를 연기하도록 하여 그때의 생체 신호를 측정하였다.

이 밖에도 사용자의 생체신호를 바탕으로 표정변화나 맞춤형 서비스를 제공하는 agent 시스템 [5] 등이 연구된 바 있다.

## 4. 실험

### 4-1 신호 측정장치

본 연구에서는 GSR 측정을 위해 간단한 측정장치를 만들었고 BVP 신호는 CMA 사의 Heart-rate sensor (Art. Nr. 029)를 이용해 측정하였다.

GSR 측정은 감정상태와 관련된 교감신경의 영향이 크게 작용하는 손가락에서 이루어지도록 반지형으로 전극을 디자인하였다. 전극 디자인 시에 피부 바깥쪽을 통하여 흐르는 전류를 피하고 땀샘을 통하여 피부 안쪽으로 흐르는 전류만을 측정하고, 전극 부착이 땀 분비를 야기시키지 않기 위해 여러 가지 시도 끝에 구리 테이프를 벨크로가 감싸고 있는 반지모양으로 만들어 피실험자의 손가락 마디에 맞게 착용할 수 있도록 하였다. 장시간의 느린 GSR 변화 측정 시 전극이 산화되며 형성되는 표면 전지에 따른 DC 오프셋도 고려해야 하지만 본 연구에서는 장시간의 절대값 변화가 아닌 자극에 따른 반응의 측정이 목적이었으므로 산화에 따른 문제점은 고려하지 않았다.

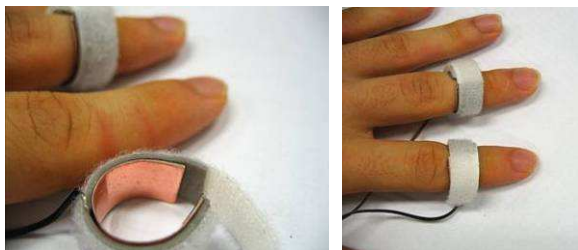


그림 3. GSR 센서에 사용된 전극과 착용 모습

기존의 GSR 센서 회로는 신체를 흐르는 60Hz 노이즈에 취약하고 전극에 가하는 전압이 고정되어 있다는 단점이 있었다. 우리는 GSR 센서를 디

자인하면서 회로를 데이터 수집장치와 전기적으로 분리(isolation)시키고 인가 전압을 조정 가능하게 함으로써 좀 더 정확한 GSR 값을 얻고 땀샘의 활동에 대한 보다 많은 정보를 얻을 수 있도록 하였다. 제작된 센서는 USB 커넥터를 통하여 초당 30 회씩 PC 로 측정값을 전송하도록 하였고 PC 측에서는 가상 serial port 를 통해 신호를 받고 부가적인 신호처리를 행하였다.

BVP 는 동맥의 혈류 변화를 측정하는 것으로써 일반적으로 혈액의 광학적 흡수성을 이용하여 측정한다. 단일 파장 적외선 광원 (LED)를 이용하여 귀나 손가락과 같이 얇아서 빛이 투과하기 쉬운 부위 중 동맥이 분포하는 부분의 한쪽 면을 조명하고 다른 쪽에서 투과되는 광량을 측정하는 방법으로 간단하게 측정이 가능하다. 실험에 사용된 Heart-rate 센서의 0V~5V 아날로그 출력을 DAQ 보드를 이용하여 PC 프로그램에서 바로 읽어 들이도록 하였다.

아래 그림 4 는 두 가지 센서를 이용해 얻은 생체 신호 샘플이다.

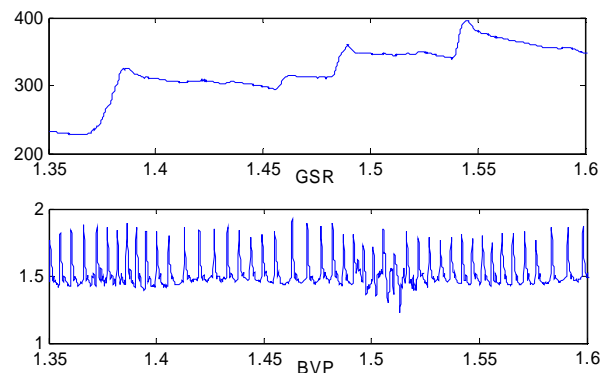


그림 4. 측정된 GSR 과 BVP 신호의 파형

### 4-2 실험 진행

최대한 편안한 집안환경을 재현하기 위해서 TV, 테이블, 소파와 같은 소품들이 갖추어져 있는 실험실에서, 피실험자가 Heart rate 센서, GSR 센서의 전극을 착용한 상태로 소파에 앉아 TV 를 통하여 방송 프로그램을 각 세션당 30 분간 시청하도록 실험을 진행하였다. 23 명의 피실험자에 대해서 이들에 걸쳐 4 가지의 방송 프로그램을 시청하도록 하였다. 첫 번째 프로그램으로 애니메이션 ‘바람의 검심’을, 두 번째 프로그램으로 스틸러영

화 ‘원초적 본능’을 시청하도록 하였고 2 차 실험으로 코미디영화 ‘여선생 VS 여제자’ 와 전쟁드라마 ‘Band of Brothers’를 시청하도록 하였다. 실험 참여에 앞서 모든 피실험자들에게 TV에 대한 의식상태 조사와 실험 중 상영하게 되는 방송프로그램 선정에 대해 설문조사를 실시하였고, 각 방송프로그램 시청 직후에 다음 프로그램 시청에 앞서 휴식을 취하면서 실험 후 설문조사에 응답하도록 하였다. 이 설문은 프로그램 시청 후의 느낌, 특별히 기억에 남는 부분, 마음에 드는 등장인물이나 배우의 유무, 시청하는 동안 지루하였거나 졸렸는지 여부, 이어지는 내용을 계속 보고 싶은지 등의 질문에 대해 답하도록 하여 방송프로그램에 대한 피실험자들의 주관적인 느낌을 기록하도록 하였다. 아래 그림 5는 피실험자가 센서를 착용한 채로 TV 화면을 보고 있는 장면과, 실험에 사용된 센서와 데이터 수신용 노트북을 포함한 전체 실험 환경 모습이다.



그림 5. (a) 센서착용 모습, (b) 전체 실험 환경

### 4-3 신호처리

피실험자들이 방송을 시청하는 동안 얻어진 생체신호들의 분석과정을 그 흐름에 따라 그림 6과 같이 표현할 수 있다.

실제 측정되는 GSR 파형은 연속되는 SCR(skin conductance response)의 중첩에 의해 형성되므로 단순한 패턴 매칭이 아닌 다수의 matched filter를 구성하고 각각의 출력을 결합하여 classifier로 입력함으로써 원하는 이벤트를 감지해내고자 하였다. 필터의 시간범위는 1초와 20초를 적용하였고 ramp형 필터와 step형 필터를 써서 선형적인 변화와 갑작스런 변화도 감지하려고 시도하였다.

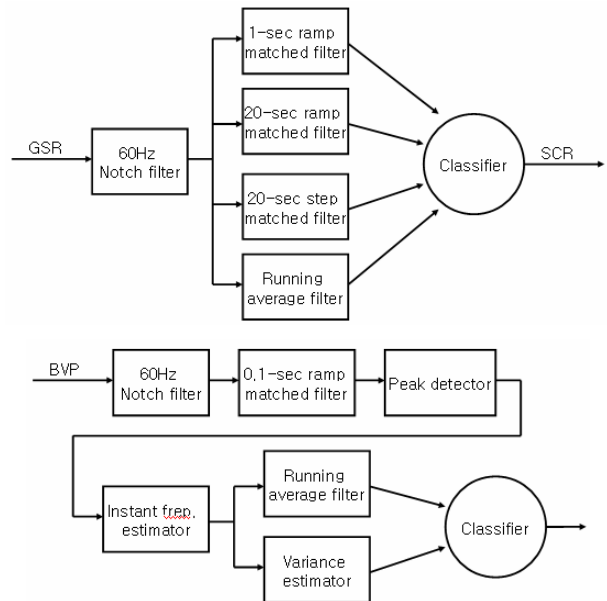
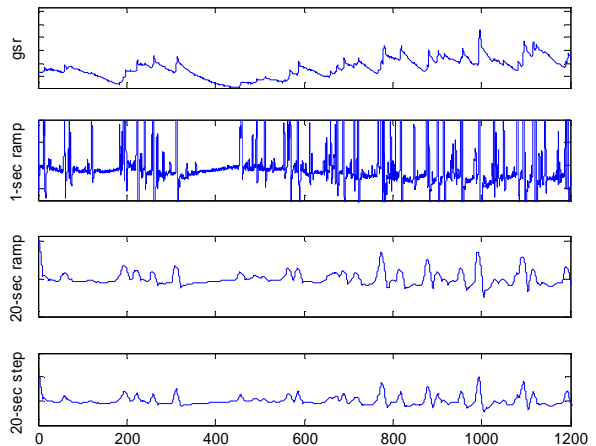
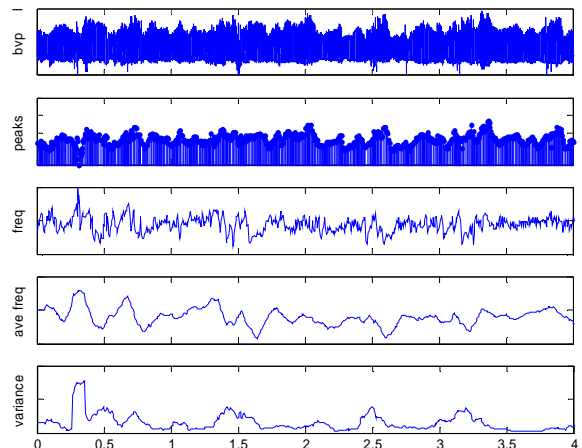


그림 6. 신호처리 단계의 개념도

BVP 신호의 경우 파형의 피크가 되는 부분을 결정하고 이로부터 순간적 주파수, running average frequency, frequency의 variance 등을 계산하여 마지막 단계의 classifier에 입력으로 쓰였다.



(a)



(b)

그림 7. (a) GSR 필터링 결과 (b) BVP 필터링 결과

위의 과정을 거쳐 모아진 한 피실험자에 대한 신호로부터 필터링 결과들을 포함하여 9 가지 특성을 뽑아냈고 각 특성들이 각각의 특징벡터가 되어 통합되었다. 30 분간의 데이터는 그림 8 과 같이 1 분 단위의 윈도우를 30 초씩 이동시켜가며 그 값들을 평균을 내어주었다. 그리하여 얻어진 특징벡터는 57 개의 윈도우에 대한 9 차원 값으로 표현된다. 30 분의 데이터 중 시작부분과 끝부분의 데이터는 필터링 과정에서 convolution 에 의해 값이 왜곡되는 부분이라 이용하지 않았다.

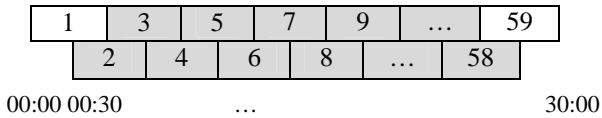


그림 8. 30 분간 측정된 데이터의 윈도우

9 차원 벡터에 대해 PCA (principle component analysis)를 활용하여 주요 데이터 특성만을 추출하였고 그 결과 전체 데이터는 영향력 있는 3 차원으로 표현된다. 이렇게 차원이 줄어든 데이터에 대해서 그림 9 와 같이 K-means 알고리즘을 적용 (K=2)하여 2 개의 클러스터로 전체 시간을 분류하였고 30 분간의 시청정보를 흑백으로 이루어진 막대 대로 표현하였다.

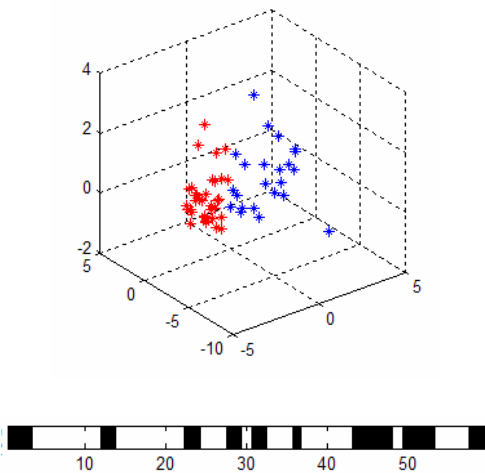


그림 9. 3 차원 공간에 표현된 각 데이터 값들과 흑백의 막대로 표현된 30 분간의 시청정보

이러한 처리과정을 거쳐 만들어진 두 가지 클러스터의 변화추이나 패턴이 방송프로그램에 대한 피실험자들의 신체적, 정신적 반응을 나타내는 것으로 볼 수 있다.

#### 4-4 분석결과

실험을 통하여 얻어진 모든 피실험자들의 데이터에 대해 앞에서 설명한 신호처리과정과 데이터의 분류과정을 거쳐 결과 분석을 시도하였다. 피실험자들의 실험 후 설문조사에 대해 답한 내용을 바탕으로 한 사람이 4 가지 프로그램을 보는 동안 얻어진 시청정보간의 비교, 프로그램에 대해 같은 반응을 보인 사람들의 시청정보 비교, 같은 반응을 보인 사람들의 데이터 사이의 상관관계 등을 통해 시청자들의 반응이 생체정보로부터 얻어진 시청정보에 나타나는지 확인하고자 하였다.

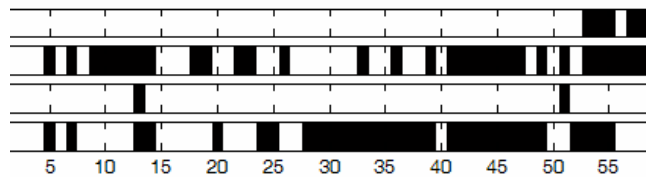
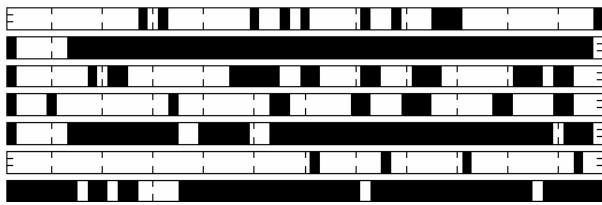


그림 10. 4 개 프로그램에 대한 시청정보

위의 그림 10 은 동일한 피실험자로부터 얻어진 4 가지 방송프로그램에 대한 시청정보이다. 설문을 통해 얻은 결과와 비교해보았을 때, 1 번 프로그램에 대해 지루함을 느꼈고, 이후의 내용에 관심이 없다고 응답하였다. 2 번 프로그램은 마음에 드는 출연자가 있어 집중하여 보았고 3 번 프로그램은 특별히 마음에 드는 등장인물이 없었고, 이후에도 내용 관심 없다고 답하였다. 그리고 4 번 프로그램에 대해서는 내용이 흥미가 있었다고 답하였다. 이를 통해 시청자가 프로그램에 대해 긍정적인 평가를 내린 경우의 시청정보가 시간에 따라 좀 더 활발한 변화를 보임을 확인할 수 있었다.

그림 11 의 (a)는 실험하는 동안 시청한 30 분 이후의 프로그램 내용에 대해 관심을 보인 시청자들의 시청정보이고 그림(b)는 이후 내용에 관심이 없다고 답한 사람들의 데이터이다. 평균적인 state 변화(흑/백색 클러스터의 변화추이)를 비교해 보았을 때, (a)의 경우 평균 11.29 번의 state 변화를, (b)의 경우 8.33 번의 변화를 나타내어 프로그램을 집중해서 관심을 가지고 본 사람들의 데이터는 그렇지 않은 사람들의 데이터에 비해서 state 의 변화 빈도가 높게 나왔다. 이러한 추이는 지루함 여부, 내용에 대한 흥미 정도, 졸음 정도에 대해 공통되

게 나타났고 특정 배우나 캐릭터에 대한 관심도에 따라서는 의미 있는 차이를 보이지 않았다.



(a)



(b)

그림 11.1 번 프로그램에 대한 시청정보 데이터

이러한 결과를 통해 우리는 시청자가 TV 프로그램을 시청하는 동안 주어지는 자극들에 민감하게 반응하거나 방송프로그램의 내용에 몰입하는 경우 GSR, BVP 등의 생체 신호의 변화가 분류과정을 통해 얻어진 state 의 잦은 변화로 나타남을 알 수 있었다. 반대로 방송 내용에 대해 상대적으로 관심을 보이지 않았을 경우, 평균적인 변화 횟수가 적게 나타나 방송 내용에 몰입하지 않았다고 생각할 수 있었다.

## 5. 결론

현재의 공중파 방송이나 위성방송이 가까운 미래에 양방향성이 추가된 방송의 형태로 바뀔 것이고 이때에는 현재의 방송시스템보다 시청자의 반응에 관련된 훨씬 다양한 정보를 역으로 전송 가능할 것이다. 이런 시청자의 만족도나 집중 정도를 포함한 정보는 추후 시청자가 자신의 취향에 맞는 방송을 추천 받는 경우나 프로그램에 대한 평가 등에 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

본 논문에서는 실험을 통하여 TV 프로그램에 대한 만족도나 흥미 여부를 시청자의 생체 신호 (GSR, BVP) 분석을 통해 얻어낼 수 있는지에 대한 가능성을 증명하고자 하였다. 지금까지 제한적인 수준에서 실험이 진행되었고 신호의 분석과정

에서도 분류된 두 가지 상태의 변화 빈도와 만족도 사이의 연관성만을 찾아냈는데 더 찾아내지 못한 신호의 패턴이 있을 것으로 보인다. 개인차에 둔감한 추가적인 신호 특징의 사용이나 더 좋은 분석 알고리즘을 통하여 생체 신호의 변화추이와 프로그램에 대한 평가 사이의 일반적인 상관관계를 좀 더 확실히 찾을 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] Schwartz, M. S., & Andrasik, F. (2003). Biofeedback: A practitioner's guide (3rd ed.). New York: Guilford Press, p. 68-87
- [2] Healey, J., Picard, R. StartleCam: A cybernetic wearable camera. Proc. Intl. Symposium on Wearable Computers (Pittsburgh, PA, 1998)
- [3] E.Vyzas and R.W.Picard. Offline and Online Recognition of Emotion Expression from PhysiologicalData. MIT Media Laboratory Perceptual Computing Section Technical Report No. 488.
- [4] R. Picard, Affective Computing, The MIT Press, Cambridge, 1997
- [5] Christine L. Lisetti, Fatma Nasoz. MAUI: a multimodal affective user interface. Proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia, December 01-06, 2002, Juan-les-Pins, France