영상처리를 이용한 수면패턴 측정 및 분석

정한솔*, 류제우*, 박기태**, 배효성***
*인하대학교 전자공학과
**인하대학교 컴퓨터공학과
***울산대학교 IT융합전공
e-mail: mihcho1007@naver.com

Analysis of sleep patterns using image processing

Han-Sol Cheong*, Je-u Ryu*, Gi-Tae Park**, Hyo-Seong Bae***
*Dept of Electronic Engineering, Inha University
**Dept of Computer Engineering, Inha University
***Dept of IT Convergence, Ulsan University

요 약

수면 패턴 정보는 잠이 부족한 현대인에게 수면 환경을 개선하는데 도움이 되는 정보이다. 본 논문에서는 영상분석을 통해 수면 패턴 측정 기능을 구현했다. 영상 분석을 통해 동작 정보를 획득하여 수면 패턴 분석을 수행했고 정확한 분석을 위해 동작 감지 노이즈 제거 필터 기능을 추가했다. 또한 시중에 판매되는 웨어러블 스마트밴드와 영상분석을 통해 얻은 각각의 수면패턴 분석 정보를 비교 분석했다.

1. 서론

최근 사물인터넷(IOT)의 발전에 따라 영상을 찍어 저장하던 기능만 가진 CCTV가 네트워크 연결, 영상분석 등의 정보통신기술과 결합하여 홈CCTV로 가정에 보급되고 있다. 실제로 온라인 쇼핑몰인 11번가의 통계에 따르면 가정에 사용되는 홈CCTV의 판매량이 2014년은 전년 대비 32%, 2015년은 전년 대비 30% 각각 상승하고 특히 2016년은 1/4분기에 전년대비 83%나 급증했을 정도로 홈CCTV 관련 시장이 커지고 있다. 따라서 홈CCTV에 보안 기능뿐만 아니라 수면 패턴 측정 기능이 들어가면 삶의 질을 크게 높일 수 있는 지능형 홈CCTV가 될 것이다.

영상분석을 이용한 수면 패턴 측정 기능을 구현하기 위해 영상처리 라이브러리인 Opencv를 사용한 동작 감지 기능을 구현하여 수면 패턴 분석에 필요한 정보를 수집하였다.

영상분석을 이용한 동작감지를 통해 얻은 정보를 기반으로 수면 패턴 측정 기능을 구현하기 위해 수면주기의 특성과 손목에 차는 스마트 밴드의 수면 분석 정보를 활용했다. 수면패턴에 따라 동작의 유무가 달리진다는 점을 이용해 수면패턴 분석 알고리즘을 구현했다. 그리고 스마트 밴드가 가속도 센서를 이용한 동작 감지를 통해 수면 패턴 분석을 하기 때문에 영상분석을 통해 얻은 정보와 스마트 밴드의 수면 패턴 분석 정보를 비교 분석하여 참고했다.

사용자의 편의성을 위해 수면 패턴 정보는 안드로이드 어플리케이션으로 전송하여 사용자가 손쉽게 수면 패턴 정보를 확인할 수 있도록 하였다.

본 논문에서는 영상분석을 통한 수면패턴 분석 기능을 구현하기 위해 사용된 영상처리 기술과 수면패턴 측정 알고리즘을 소개한다.

2. 사용된 기술

2.1 CCTV(라즈베리파이)

2.1.1 차영상

차영상이란 움직임이 없는 배경은 검은색, 움직임이 있는 부분은 하얀색으로 바꾼 영상이다. 차영상은 이전 프레임 영상과 현재 입력 프레임 영상의 차이를 계산하고 임계값 이상의 화소 위치를 움직임이 있는 화소로 판단하는 기법이다.

OpenCV는 차영상을 만드는 여러 알고리즘을 지원하는데 알고리즘 중에서 BackgroundSubtractorMOG2 알고리즘을 사용했다. BackgroundSubtractorMOG2 알고리즘은 가우시안 분포 믹스쳐를 배경 픽셀에 적용함으로써 배경 제거를 수행한다. 믹스쳐에 대한 가중치는 영상에서 배경제거를 위한 특정 픽셀이 동일한 장소에 머물고 있는 시간 비율을 나타낸다. 이 알고리즘은 각 픽셀마다 적절한 가우시안 분포값을 선택해서 배경을 없애기 때문에 조명 상태가 변화더라도 제대로 배경제거를 해준다. 수면 패턴 측정을 위해 밤부터 아침까지 계속 영상처리를 해야 되는 상황에서 조명이 변해도 배경제거를 제대로 해주는 것이 가장 중요한 부분으로 이 알고리즘을 선택했다.

2.1.2 동작감지

카메라를 이용한 수면패턴 측정을 위해서는 사람의 동작을 감지할 수 있어야 한다. 이를 위해 영상처리 라이브러리인 Opencv를 이용하여 해당 기능을 구현했다.

차영상은 움직임에 없는 검은색 배경에 움직임이 있는 흰색 부분의 크기가 달라지는데 이때 흰색 부분의 픽셀 숫자를

계산하여서 동작의 크기를 판단하였고 이를 바탕으로 수면 패턴 측정을 시행했다.[“그림 1) 참고”]

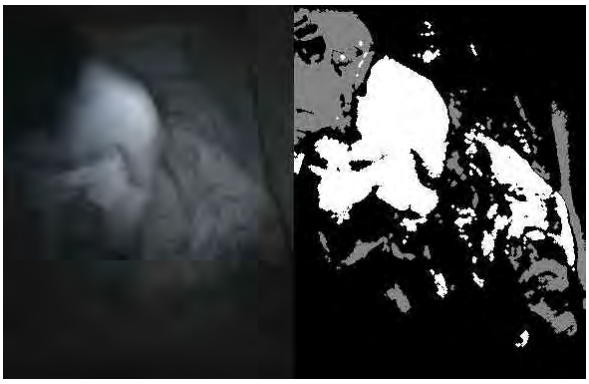

그림 1) (좌)원본 영상, (우)동작 감지 영상

영상분석을 이용한 동작 감지는 영상에 보이는 모든 움직임을 감지하기 때문에 원하는 정보를 얻기가 어려웠다.

따라서 동작 종류에 따라 감지되는 동작 크기가 다르다는 특성을 이용하여 감지되는 동작의 종류를 분류하였다.

영상분석을 통해 감지되는 동작을 분류하기 위해 동작이 감지되면 동작크기 정보와 동작이 감지되는 사진을 저장하였다. 8시간의 수면동안 동작크기 정보와 사진을 기록하였고 이 정보들을 분석하여 [“표 1)”] 같은 결과를 얻었다.

동작 종류	뒤척임	머리	팔
동작 평균 크기	1512	309	490
동작 종류	다리	일어남	노이즈
동작 평균 크기	645	3232	2942

표 1) 동작 종류에 따른 동작 크기 정보 분류

동작 크기를 분석한 자료를 토대로 수면패턴 측정 알고리즘을 만들었다. 자료 중에 일어남과 노이즈의 동작 크기는 차이가 없는데 이 문제점은 구분하는 것은 노이즈 필터 기능을 만들어 해결했다.

2.1.3 동작감지 노이즈 제거 필터

영상분석을 이용한 동작감지로 사람의 움직임을 감지하는 기능을 개발 할 때 노이즈가 감지되는 경우가 많았다.
노이즈의 특성을 조사하였을 때 다음과 같은 특징이 있다.

1) 빛의 변화에 따른 노이즈의 경우 동작이 감지된 픽셀의 숫자가 매우 크다.
2) 노이즈가 감지되는 시간은 1초 이내이다. 반대로 사람의 움직임은 1~3초 동안 지속적으로 동작이 감지된다.

이러한 노이즈를 특징 할 수 있는 조건을 찾아내고 동작감지 노이즈 제거 필터를 구현하였다.[“그림 2)참고”]

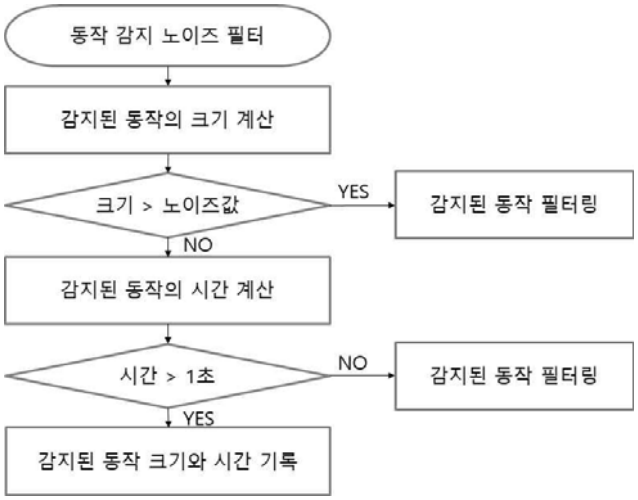

그림 2) 동작감지 노이즈 제거 필터

2.1.4 수면패턴 특성

보통 하루 7~8시간의 수면 동안 인간은 일정한 수면 패턴을 반복한다. 이를 수면주기라 하는데 크게 비 렘수면(Non-REM sleep)과 렘수면(REM sleep)이라는 단계를 반복한다. [“그림 3] 참고”]

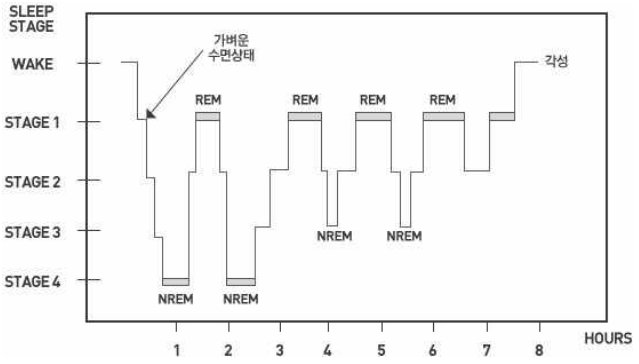

그림 3) 수면 주기

비 렘수면은 4단계로 구분되며 신체의 움직임이 있으나 뇌 전체의 활동이 적어지는 수면이다. 반면 렘수면은 신체는 마비되지만 뇌의 활동은 활발한 수면이다. 비 렘수면은 전체수면의 75-80%를 차지하고 신체적인 회복에 필요한 수면이고, 꿈꾸는 수면인 렘수면은 정신의 피로를 회복하는데 필요한 수면이다. 따라서 정신적인 피로를 회복하는 렘수면의 비율이 중요하며 본 논문에서는 렘수면을 깊은 수면, 비 렘수면은 얕은 수면으로 정의한다. [“표 2) 참고”]

수면 종류	수면주기	특징	수면 중 행동
깊은 수면	렘수면	정신회복	신체 동작 없음
얕은 수면	비 렘수면	육체회복	신체 동작 있음

표 2) 수면 종류에 따른 특징 분류

동작 감지를 이용한 수면 패턴 측정은 움직임이 없는 렘수면의 특성을 이용하여 깊은 수면을 측정하고 동작이 감지된 구간은 얕은 수면으로 측정한다.

2.1.5 수면패턴 측정 프로그램 로직

1) 동작 감지 기능을 통해 동작의 크기와 동작이 감지된 시간 정보를 획득한다.
2) 수면 정보 분석 결과 얕은 수면일 경우 일정 시간 내(약 10분 내외)에 움직임이 지속적으로 관찰이 된다. 반대로 깊은 수면일 경우 일정 시간(약 10분) 이상 동안 움직임이 관찰되지 않는다.
3) 영상 분석을 통한 동작 감지 결과를 분석해본 결과 사람의 움직임은 1~3초 동안 연속적으로 동작이 감지된다.
4) 2), 3)의 결과를 이용하기 위해 짧은 시간 내에 동작들이 감지되면 하나의 동작 묶음으로 생각하여 정보를 기록하였고 두 개의 동작 묶음이 기록되면 묶음 간의 시간을 검사하여 얕은 수면과 깊은 수면을 판별했다. ["그림 4), 그림 6) 참고"]

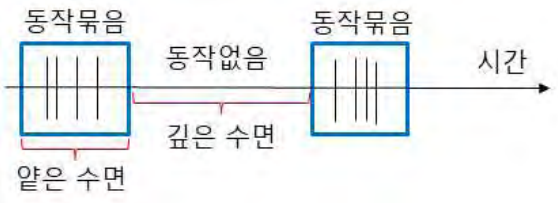

그림 4) 수면 패턴

5) 영상 분석을 통한 동작 감지 중에 조명의 변화 등으로 노이즈가 감지되는데 노이즈의 특성을 분석하여 노이즈 제거 기능을 추가 했다.
6) 수면 분석이 끝나면 분석한 수면 패턴 정보를 스마트폰 어플리케이션으로 전송해 사용자가 손쉽게 수면 정보를 확인 할 수 있다.["그림 5) 참고"]

그림 5) 어플리케이션 수면 패턴 분석 화면

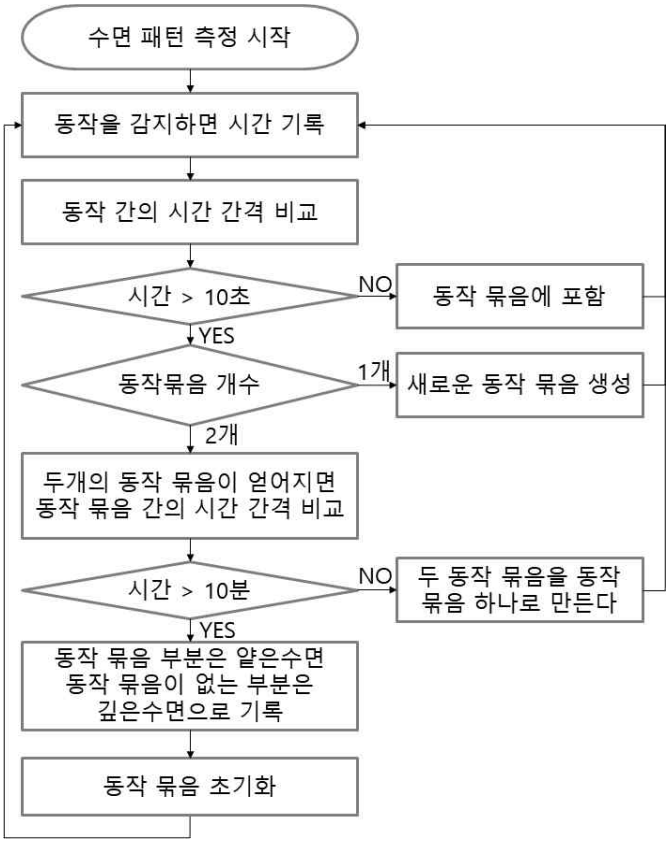

그림 6) 수면 패턴 측정 알고리즘

3. 시스템 흐름도

3.1 홈CCTV(라즈베리파이)

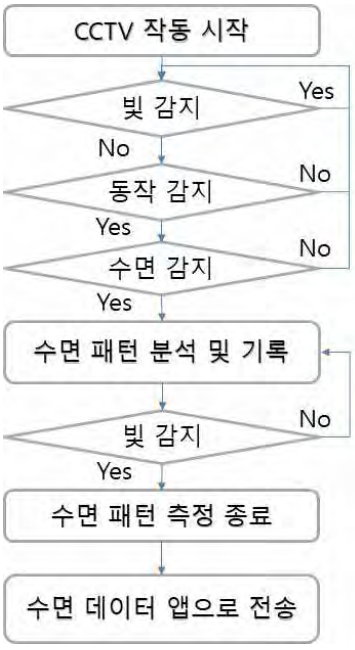

그림 7) 홈CCTV 시스템 흐름도

4. 수면패턴 분석 결과

본 논문에서 고안한 영상분석과 시중에 판매되는 스마트 밴드를 이용해 동시에 측정한 수면 패턴 결과는 다음과 같다.

그림 8) 영상분석을 이용한 수면패턴 분석 결과

그림 9) 스마트밴드를 이용한 수면패턴 분석 결과

두 개의 수면패턴 측정 결과를 비교해 보면 얕은 수면과 깊은 수면의 분포가 비슷한 양상을 보이는 것을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서 고안한 수면패턴 분석 기능이 올바르게 동작하는 것을 알 수 있다.

또한 스마트밴드의 분석에 비해 영상분석을 통한 수면패턴 분석이 더욱 상세히 나온 것을 알 수 있다.

영상분석을 통한 수면패턴 분석이 상세하게 나온 이유는 한쪽 팔목에 착용하여 사람의 동작을 감지를 하는 스마트밴드에 비해 영상분석을 통해 동작 감지를 하는 게 더욱 정확한 동작 정보를 얻을 수 있기 때문이다.

5. 결 론

본 논문에서는 영상분석을 통해 사용자의 수면 패턴 정보를 측정하고 분석하는 시스템을 개발했다. 또한 수면 패턴 정보는 어플리케이션을 통해 보여줌으로써 사용자가 손쉽게 수면정보를 참고하여 수면의 질을 높이는데 활용할 수 있게 하였다.

영상 분석을 통한 수면 패턴 측정은 시중에 출시된 스마트 밴드나 스마트폰 어플리케이션에 비해 여러 장점을 가지고 있다. 영상 분석은 신체에 상시 부착해야 하는 웨어러블 스마트 밴드나 정확도가 떨어지는 스마트폰 어플리케이션의 단점을 개선하여 신체에 추가로 부착할 필요가 없고 더욱 정확한 수면패턴 분석을 얻을 수 있다. 따라서 사용자는 쉽고 편하게 수면패턴 분석을 할 수 있으면 상세한 수면패턴 분석 결과를 얻을 수 있다.

또한 고정된 CCTV를 통해 데이터를 수집하므로 영상인식을 이용한다면 사용자마다 수면분석을 각각 시행할 수 있으며, 유선으로 전원을 공급 받기 때문에 배터리 관리가 필요 없게 된다.

그리고 영상분석을 이용하기 때문에 별다른 추가 장비 없이 시중에 출시된 홈CCTV에 소프트웨어 업데이트를 통해 직접 수면패턴을 분석하거나 클라우드로 영상을 받아 분석하는 방식으로 유동적 접근이 가능하다는 것도 시장성 부분에서 큰 장점이다.

6. 향후 개선방향

향후 클라우드를 통해 데이터를 수집해 빅 데이터 분석을 한다면 서로 다른 환경에서 다양한 연령, 성별에 따른 수면패턴 분석을 실행하고 수면정보를 얻을 수 있을 것이다. 이를 통해 더 정확한 수면 패턴을 분석할 수 있을 것이다.

또한 최근 이슈가 되고 있는 안면 인식 기술을 적용하면 CCTV 하나로 다수의 사람들이 같은 공간에서 취침할 때도 각 개인의 수면패턴을 개별로 분석할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Prateek Joshi, 정성환 역, “Python 예제로 배우는 OpenCV”, 홍릉과학출판사

[2] Jan Erik Solem., “Programming computer vision with Python“, Sebastopol

[3] 신성윤, 신광성, 이양원, “컬러 히스토그램을 활용한 수면의 질 향상”, 한국해양정보통신학회논문지 제15권 제6호, 2011

[4] 허수진, “영상처리를 이용한 무구속 호흡 감시장치”, KISTI, 2004

[5] 홍승봉, “정상 수면과 수면장애 환자의 진찰”, Korean Sleep Research Soc, 2004

[6]https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_tutorials.html

“본 논문은 2017년 한이음 ICT멘토링 프로젝트의 결과물입니다.”