

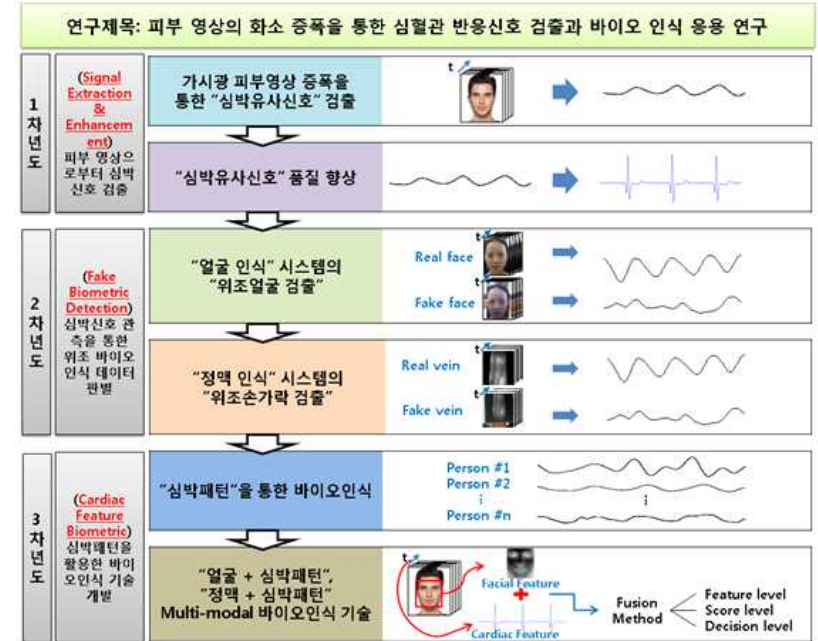
[별첨1. 연구성과 요약보고서 및 연구계획서 파일 업로드 양식]

2019년도 상반기(5월 종료) 신진(중견연계)연구 지원과제 연구성과 요약보고서

수행 과제명	국문	피부 영상의 화소 증폭을 통한 심혈관 반응신호 검출과 바이오 인식 응용 연구
	영문	Detection of cardiovascular response signal through pixel amplification of skin image and biometric application

1. 목표달성도

- － 최종목표: 본 연구과제에서는 아래 그림과 같이 가시광 카메라의 피부 영역이 포함된 **인체 영상을 컬러 도메인에서의 증폭 방법을 통해 “심박유사신호”를 비접촉식으로 검출하고 품질을 향상**시키며, 이 정보를 개인 인증을 위한 바이오인식 분야에서 **위조 바이오정보(얼굴, 손가락)** 검출 및 바이오인식 특징으로 **활용**한 새로운 바이오인식 기술을 개발함



세부 연구목표		연구내용 및 결과	달성도 (%)	관련 증빙
최초연구목표	변경연구목표*			
피부색 증폭을 통한 “심박유사신호” 검출 기술 개발	변경사항 없음	<ul style="list-style-type: none"> 피부색 미세 변화 증폭을 통한 “심박유사신호” 측정 방법 개발 HRV 분석을 통한 심혈관계 건강 정보 판단 기법 개발 “심박유사신호” 품질 개선 기법 개발 	100	1(가시광영상 비접촉식 심박측정 방법 논문) 2(얼굴영상 비접촉식 심박측정 방법 논문)
“심박유사신호”를 기반한 위조 바이오 데이터 판별 기술 연구	변경사항 없음	<ul style="list-style-type: none"> 얼굴 인식 시스템에서의 위조 얼굴 판별 방법 개발 손가락 정맥 인식 시스템에서의 위조 지정맥 검출 방법 개발 	100	3(위조 얼굴판별 등록 특허) 4(위조 정맥판별 출원 특허)
심박패턴 특징 및 기존 바이오 특징과의 융합을 통한 새로운 바이오 인식 기술 연구	변경사항 없음	<ul style="list-style-type: none"> 심박패턴을 이용한 바이오 인식 방법 개발 얼굴 특징과 심박패턴 특징 융합을 통한 단일 센서 멀티모달 바이오 인식 방법 개발 손가락 정맥 특징과 심박패턴 특징 융합을 통한 단일 센서 멀티모달 바이오 인식 방법 개발 	85	5(정맥과 심박 특징 융합된 새로운 바이오 인식 국제학술대회 발표논문)

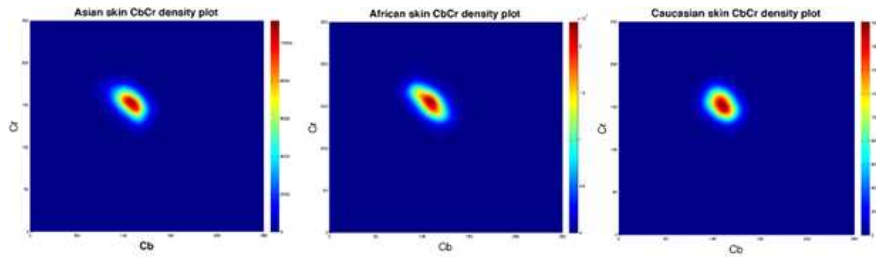
※ 달성도 판단근거: 연구내용에 대한 SW개발, 성능평가를 완료한 것을 100%로 판단. 3차년도는 성능평가가 연구기간 만료인 5월까지 완료될 예정이므로 85% 수준으로 산정되었음

[1차년도: 피부색 증폭을 통한 “심박유사신호” 검출 기술 개발]

▶ 피부색 미세 변화 증폭을 통한 “심박유사신호” 측정 방법 개발

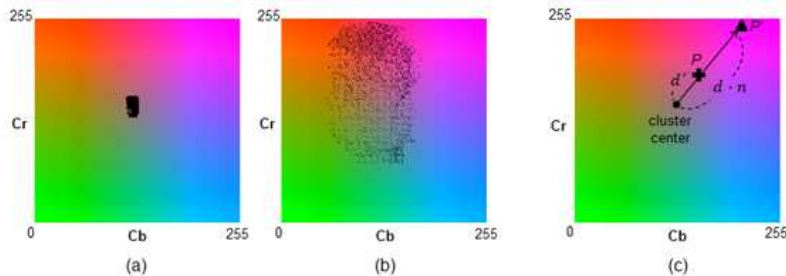
1) 피부색 변화 증폭

- 개인별 피부톤이나 주변 조명에 강인한 피부색의 미세 변화를 파악하기 위해 RGB 영상을 YCbCr 컬러 공간으로 변환함.
- 혈류 흐름에 의한 피부색의 변화를 관찰하기 위해 조명 성분을 나타내는 Y 성분을 제외한 Cb와 Cr 성분만을 사용하며, 분포의 가시성을 위해 Cb-Cr 2차원 평면을 생성함.



<그림> 인종별 Cb-Cr 평면 내 피부색 화소 분포

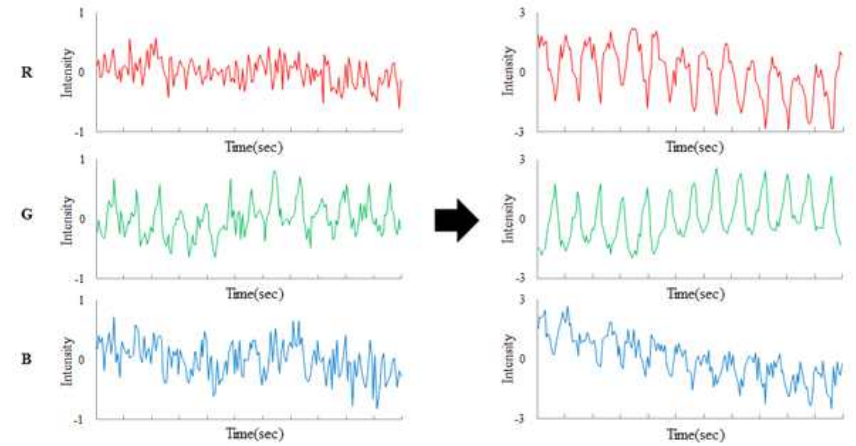
- Cb-Cr 평면 상에서 얼굴 및 피부영역 픽셀들의 화소 분포를 분석해봄으로써 Cb-Cr 평면에서의 피부색 픽셀의 고유의 군집적 특성을 파악함. (채널을 0~255 범위의 값으로 표현할 경우 대략, $90 < Cb < 130$, $125 < Cr < 165$ 범위에 분포함)
- 혈류 흐름에 따른 피부색의 미세 변화는 주기성을 가지는 시계열 신호적 특성을 가지므로 동영상의 매 프레임별로 피부색 화소들의 분포를 관찰함.
- 시간의 흐름에 따른 피부색 군집의 미세한 주기적 변화를 큰 폭으로 확대하기 위하여 Cb-Cr 평면상에서 각 화소들을 방사형으로 n배 증폭함.
- 이 때 증폭 중심은 군집의 무게중심으로 설정하였으며 도메인의 범위를 벗어나는 화소들에 대해서는 clipping 처리를 함.
- 피부색 증폭 결과 시간의 흐름에 따른 피부색의 미세 변화 정도를 크게 확대하는 것이 가능함.



<그림> 피부색 증폭 알고리즘 및 결과. (a) 증폭 전, (b) 증폭 후, (c) 피부색 증폭 원리

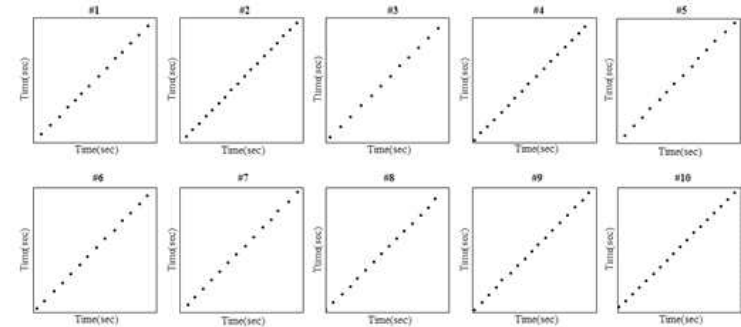
2) “심박유사신호” 추출

- Cb-Cr 평면 상에서 증폭된 화소를 RGB 컬러 공간으로 재변환 후, 피부색 화소로부터 시계열 신호를 추출하기 위하여 화소들의 평균값을 신호값으로 선택함.
- 이 때, 적은 수의 화소는 영상 고유의 잡음 및 동잡음에 취약하다는 단점이 있어 움직임에 강인한 검출을 위해 피부 전체 화소를 모두 사용함.
- 원본 비디오의 시계열 신호와 피부색 증폭을 수행한 비디오의 시계열 신호를 비교해 본 결과 특정 주기의 파형이 더욱 뚜렷하게 드러나는 것을 확인함.
- RGB 채널 중 가장 뚜렷한 맥박 특징을 보이는 G(green) 채널의 신호를 대표 신호로 선택함.



<그림> 피부색 증폭 전후에 추출된 각 시계열 신호 비교>

- 추출된 신호의 파형이 실제 심박신호와 일치하는지 파악하기 위해 KFPA 인증을 받은 손가락 집게형 타입의 PPG 센서를 사용하여 동시 측정함.
- 두 신호의 peak 지점들을 기준으로 상관 계수를 측정한 결과 0.99의 상관계수를 얻었으며 이로써 피부색으로부터 취득한 심박유사신호가 실제 심박수와 동기화되어 있음을 확인함.

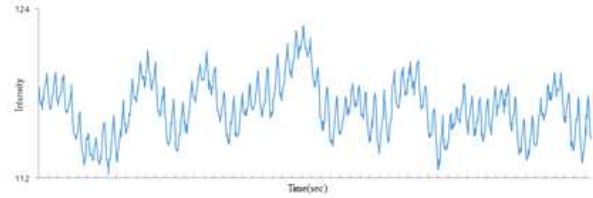


<그림> 두 신호의 peak 간 상관성 분석 (x축: PPG 센서 신호, y축: 본 기술의 신호)

- 추가적인 피부 영역들도 측정해봄으로써 본 기술의 적용이 얼굴 영역뿐만 아니라 피부가 얇고 모세혈관이

비교적 잘 드러나는 특성을 가지는 손바닥이나 손가락 등 추가 영역에서도 사용될 수 있음을 확인함.

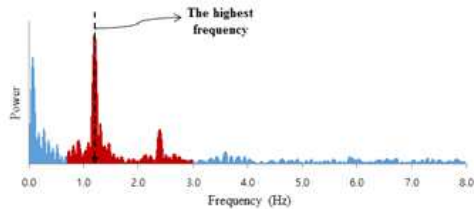
- 또한, 1분여 길이의 피부 비디오에 본 기술을 적용해봄으로써 본 기술로 얻을 수 있는 정보가 심박신호에 국한된 것이 아니라 호흡 정보까지 취득할 수 있음을 확인함.



<그림> 60초 길이의 얼굴 비디오로부터 추출한 신호에서의 호흡 패턴

3) 신호 개선 및 심박수 검출

- 추출한 심박유사신호의 품질을 더욱 개선하기 위하여 band-pass filtering을 적용함으로써 심박수에 해당하는 주파수 대역의 신호 성분만 남김.
- 심박수 42~240회/분에 해당하는 0.7~4.0Hz 대역의 성분만 남기고 모두 제거함으로써 심박과 관계가 없는 노이즈 성분을 제거함.
- 심박수를 측정하기 위하여 주파수 도메인에서 가장 높은 power를 가지는 주파수 대역을 검출함으로써 심박수를 실시간으로 계산함.

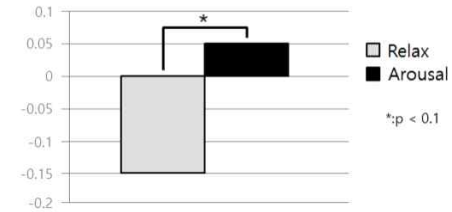


<그림> 주파수 도메인에서의 심박수 추출 방법

▶ HRV 분석을 통한 심혈관계 건강 정보 판단 기법 개발

- 본 연구에서는 HRV를 구성하는 주파수 성분 중 특정 주파수의 에너지 또는 전력 분포에 대한 정보를 제공하여 특정 주기를 가지고 발생하는 인체 내 활동에 대한 정보취득이 용이한 이유로 얼굴피부색 증폭신호를 통해 한 주파수 영역 분석법을 사용함.
- 측정된 얼굴컬러영상의 RGB 영상을 CbCr 도메인으로 변환 후 화소값들을 방사형으로 n배 증폭하여 취득한 신호에서 amplitude와 PPI를 검출함.
- HRV는 PPI를 interpolation rate 2Hz로 재샘플링하여 시계열 데이터로 변환한 뒤, FFT Spectrum 처리하고 주파수 대역을 VLF(Very Low Frequency), LF(Low Frequency), 그리고 HF(High Frequency)로 나누어 대역별 크기의 변화율을 산정함.
- HRV는 교감신경계와 부교감신경계의 활동 우세정도를 비교하기 위하여, 자극 전 20초 동안의 LF/HF값(휴식 LF/HF)과 자극제시 후 20초 동안의 LF/HF값(자극 LF/HF)을 normalization 적용하고 이를, 이완자극제시와 각성자극제시간의 독립표본 T-test를 실시함.
- 연구 결과, 이완자극과 각성자극에 대한 normalized LF/HF의 유의확률($p < .071$)은 신뢰수준 90%내에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었음.

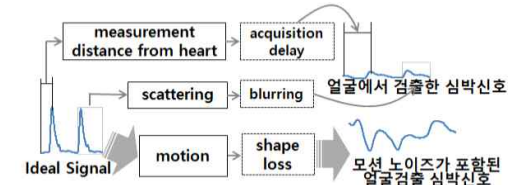
- HRV의 LF/HF변수는 각성과 이완에 대한 상반된 값을 가지는 것으로 나타나 각성자극이 주어지면 교감신경계와 연관이 있는 LF가 더 많이 활성화되고, 이완자극이 주어지면 부교감신경계와 연관이 있는 HF가 더 많이 활성화됨을 확인함.



<그림> HRV의 Normalized LF/HF 분석 결과

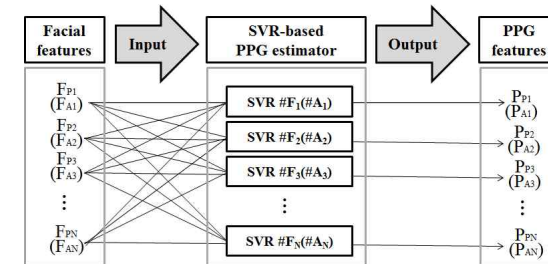
▶ “심박유사신호” 품질 개선 기법 개발

- 얼굴 영역의 피부색 증폭을 통해 비접촉식으로 검출된 심박신호는 그 모양이 센서를 통해 접촉식으로 검출된 신호에 비해 상세한 정보가 모호하다는 문제가 있음.



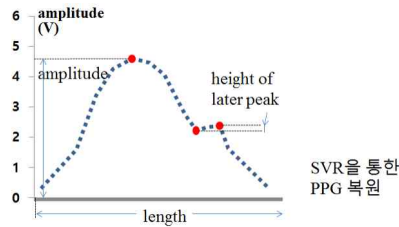
<그림> 이상적인 심박신호 기준 얼굴영역 피부색 증폭을 통해 검출된 신호의 노이즈 유형 분석

- 수학적으로 deconvolution 자체가 non-invertable한 문제이기 때문에, 기계학습적 접근방법을 선택하여 신호 복원을 시도하였으며, SVR을 통해 fully connected 되는 estimator 연결망을 구성하여, 서로 다른 시계열에 대해 미치는 영향에 대해서도 비선형적으로 설명될 수 있도록 함.



<그림> Facial feature와 PPG 신호의 feature 간 다중 SVR(Support Vector Regression) 기반 학습망

- 얼굴에서 비접촉식으로 검출된 신호와 접촉식 PPG 신호 100쌍의 correspondence를 수집하여 위 그림과 같이 설계된 SVR 망을 통해 학습을 진행하였음.
- 아래 그림과 같이 얼굴 영역에서 검출된 blur되고 모호한 주기 신호가 PPG의 later peak이 살아난 주기 신호 형태로 복원되는 현상을 관찰할 수 있었음.

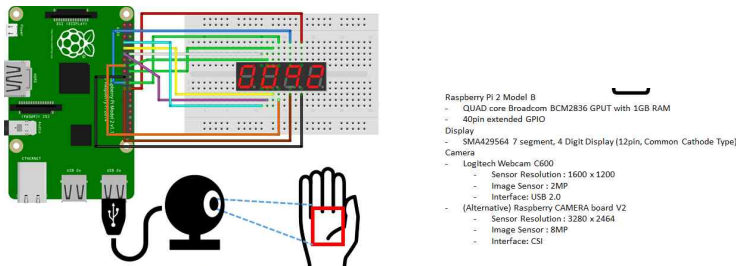


<그림> 다중 SVR 학습망을 통해 복원된 심박신호의 한 주기 예시

- 위 연구 내용은 기존 본 연구팀에서 진행한 PPG 신호를 ECG 신호의 품질로 향상시키기 위한 연구 내용에서 착안한 것으로, 과거 연구에서는 신호의 변곡점만을 특징으로 활용하였으나 신호의 모든 샘플을 활용하여 신호의 모든 shape 자체를 그대로 복원할 수 있도록 하였음.
- 주기 단위로 분리된 신호를 부드럽게 reconstruction 하는 작업을 수행함.

▶ 심박 측정 독립형 시제품 제작

- PC와 연결하지 않고 별도로 동작하는 심박 측정 및 출력 시제품 제작을 진행중이며 5월 중 완료 예정임.
- 본 연구과제를 통해 개발된 소프트웨어가 싱글보드 PC(라즈베리파이2)에 포팅되어 동작하며, 비접촉식으로 얼굴 또는 손바닥 등 피부 영역의 영상 증폭을 통해 심박수를 측정하고 출력할 수 있도록 제작함.



<그림> 시제품 도면 및 사양

[2차년도: “심박유사신호”를 기반한 위조 바이오 데이터 판별 기술 연구]

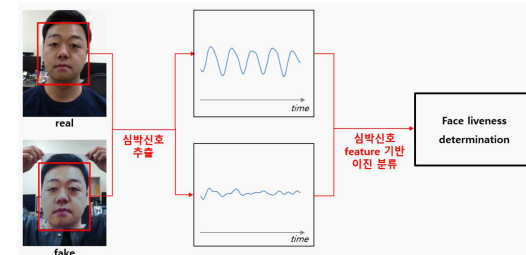
▶ 얼굴 인식 시스템에서의 위조 얼굴 판별 방법 개발

- 1) 얼굴 인식 시스템에서의 위조 공격 시나리오 분석
 - 생체 인식 기술이 점점 보편화 됨에 따라 다양한 위조 생체 공격으로 인식 시스템을 속이는 사례들이 보고되면서 최근 이를 막기 위한 다양한 연구들이 진행 중임.
 - 본 연구에서는 위조 생체 정보를 판별하기 위해 ‘liveness detection’ 방식이 있으며, liveness detection은 현재 인증을 시도하는 사람이 시스템에 등록된 사람인지 아닌지를 인식하는 목적과는 달리, 현재 인증을 시도하는 사람의 생체 정보가 살아 있는 사람의 것인지 아닌지를 판별하는 데에 목적이 있음.

2) 위조 얼굴 판별 방법 개발

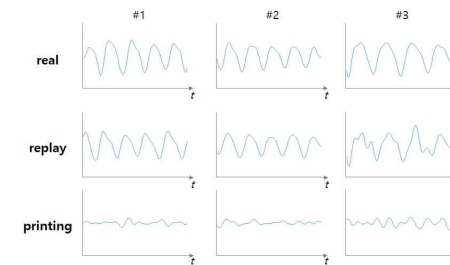
- 얼굴 인식 시스템에서의 위조 얼굴 공격을 막기 위한 방법으로 liveness detection 방식을 채택하였으며,

실제 얼굴이라면 추출된 심박신호에서 주기적이고 뚜렷한 파형이 관찰될 것이고, 가짜 얼굴 (사진이나 마스크)이라면 이러한 파형이 관찰되지 않을 것이라는 가설을 세움.



<그림> 영상 기반 심박신호 측정 알고리즘을 통한 위조 얼굴 검출 방법의 흐름도

- 위조 얼굴 판별의 핵심 데이터인 영상 기반으로 높은 퀄리티를 갖는 심박신호를 추출하기 위하여 피부색 증폭 알고리즘을 사용하여 보다 뚜렷한 심박 신호를 추출해 냄.
- 실험을 위하여 대한민국 성인 20~30대 남녀 10명을 대상으로 각각 real, replay attack, printing attack 시나리오로 구성된 DB를 구축하여 AVI 포맷으로 저장함 (640×480 pixels, 15 frames/sec).
- 심박신호의 PPI (Peak to Peak Interval), magnitude 등을 feature로 사용하여 printing attack의 경우 100% 분류되었으나, replay attack의 경우 고해상도의 replay attack을 사용할 경우 심박 성분이 비슷하게 추출되어 분류 정확도가 50%에 그침. replay attack의 경우 추가적인 알고리즘 (3D 깊이 분석, 조명 반사 등)을 사용하여 보완할 수 있을 것으로 판단됨.



<그림> 시나리오별 추출된 영상 기반 심박신호 비교

▶ 손가락 정맥 인식 시스템에서의 위조 지정맥 검출 방법 개발

1) 손가락 정맥 인식 시스템에서의 위조 지정맥 검출 방법 개발

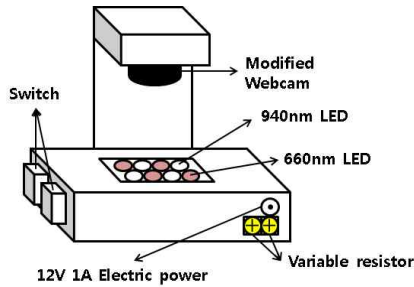
- 정맥 인식은 피부의 표면에서 볼 수 있는 혈관의 분포 패턴 분석을 통한 생체 인식 식별 기술로, 장치와 직접적인 접촉이 없고 인체 내의 정맥 형태 정보를 읽어 들이기 때문에 피부 상태가 정확도에 영향을 주지 않는 특징을 가짐.
- 하지만 정맥 인식 또한 위조된 정맥 영상을 사용할 수 있다는 위험성이 있음.
- 위조 정맥 영상인 경우, 사람의 고유한 생체 정보인 심박 데이터 정보를 지니지 못함. 따라서 위조 정맥은 심박 데이터 추출을 동시에 진행하여 검출할 수 있을 것으로 판단됨.

2) 손가락 정맥 영상 취득을 위한 장치 개발

- 정맥 영상을 통한 심박 데이터 추출 및 정맥 인식 시스템 개발을 위해서는 적외선을 활용한 정맥 영상이

취득되어야 함.

- 정맥 영상 취득을 위해 기존의 혈류 측정 센서의 원리를 기반으로 새로운 장치를 설계하고자 하여, 개조된 웹캠, 940nm LED, 660nm LED, 스위치로 장치를 구성함.



<그림> 손가락 정맥 영상 취득을 위한 장치 설계

- 정맥과 동맥의 적외선 흡수율을 기반으로 적외선 조명이 파장을 결정하였으며, 정맥 영상을 취득한 결과 정맥의 모양이 940nm 조명으로 취득된 영상에서 가장 잘 보이고, 940nm와 660nm 조명 모두를 이용하였을 때 정맥 영상에서의 밝기 값을 가장 잘 관찰할 수 있음.
- 따라서 정맥 인식에는 940nm 조명을, 심박 데이터 추출에는 940nm와 660nm 조명 모두를 사용함.

3) 손가락 정맥 영상으로부터 심박 데이터 추출

- 심박 데이터 추출을 위해 영상에서의 손바닥 피부 화소들의 평균 밝기 값을 이용하였으며, 비교를 위해 영상을 취득하는 동시에 PPG 센서를 작동하여 실제 심박 데이터를 얻음.
- 장치로부터 취득된 손가락 영상에서 히스토그램 평활화를 수행하여 조명 변화에 따른 오차를 감소시킴으로써 안정적인 신호를 취득함.

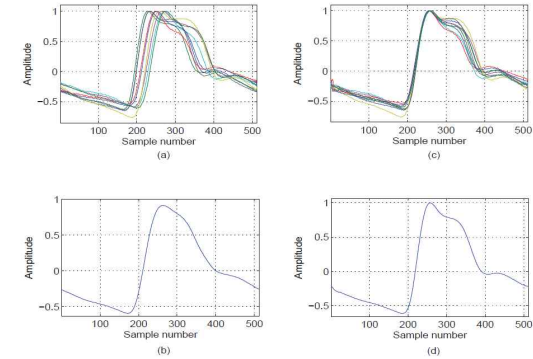
4) 심박신호 검출 여부를 통한 위조 정맥 여부 판별

- 위조 정맥(정맥영상을 종이에 프린트하여 손가락에 붙이고 인식을 시도)의 경우 피부 표면에서 영상이 촬영된 것이 아니기 때문에 심박 유사 패턴이 관찰되지 않음.
- 실제 손가락 정맥 영상에서는 심박 유사패턴이 관찰되어 변곡점간 간격이 비교적 일정하게 나타나므로, 신호의 표준편차와 간격 정보를 특징으로 활용하여, 실제 정맥영상과 위조 정맥 영상을 분리할 수 있음.

[3차년도: 심박패턴 특징 및 기존 바이오 특징과의 융합을 통한 새로운 바이오 인식 기술 연구]

▶ 심박패턴을 이용한 바이오 인식 방법 개발

- 개인의 유니크한 혈관 및 심장 박동 특성을 기반으로 1:1 매칭 기반 바이오 인식 기술을 개발함.
- 신호 비교에 방해가 되는 신호 내 저주파 성분을 제거하기 위하여 detrending 전처리 작업을 수행함.
- 심박의 주기는 자율신경계 반응으로 교감 신경과 부교감 신경의 작용에 따라 동일한 사람이라도 그 주기가 달라질 수 있으므로 개별 peak 구간을 검출하고 정규화하는 과정이 필요함.
- Peak 구간의 불안정성을 극복하기 위하여 다수의 peak 구간을 추출하여 평균 낸 특징을 사용하되, 신호의 지역적 특성을 망개지는 문제를 해결하기 위하여 systolic peak를 기준으로 정렬하는 과정을 선행함.

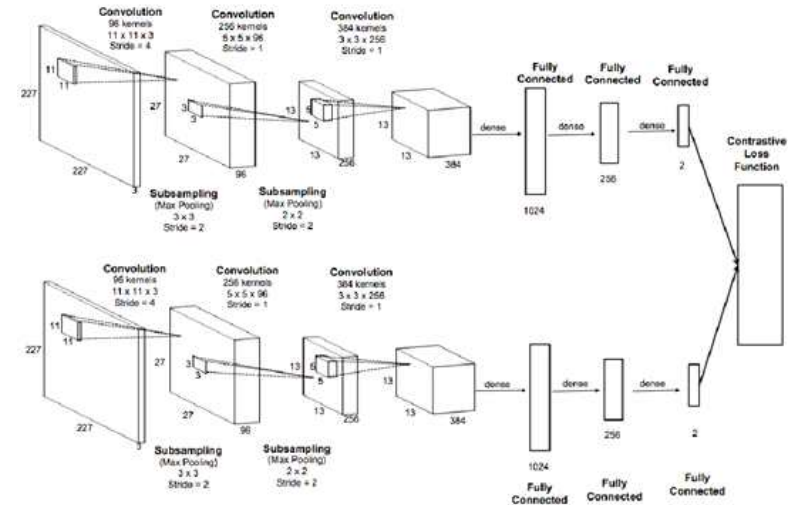


<그림 15> Systolic peak 정렬 전후의 평균 peak 특징 (a)-(b) 정렬 전, (c)-(d) 정렬 후

- 사람을 인식하기 위한 분류기 학습을 위하여 사람이 고안한 hand-crafted feature가 아닌 전체 시계열 신호 및 해당 신호의 주파수 스펙트럼을 입력으로 하여 기계학습을 통해 최종 분류기를 학습함

▶ 얼굴 특징과 심박패턴 특징 융합을 통한 단일 센서 멀티모달 바이오 인식 방법 개발

- 단일 센서로부터 얼굴을 촬영하여 얼굴 특징과 심박패턴 특징을 융합하여 바이오 인식 성능을 높이기 위한 방법을 개발함
- 멀티모달 바이오 인식을 위한 딥러닝 아키텍처로는 입력 쌍 간 latent vector 간 유사도를 기반으로 판별을 수행하는 siamese neural network를 사용함

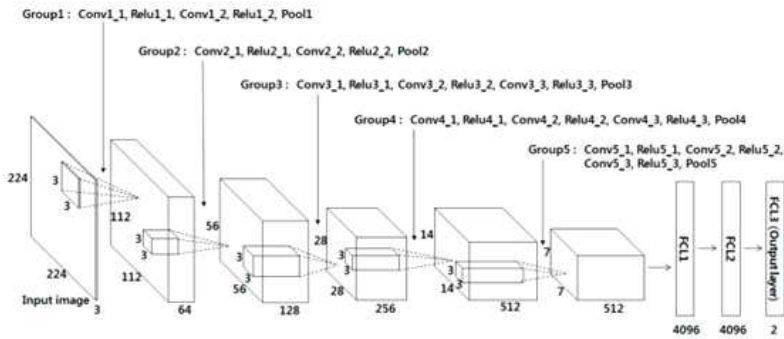


<그림 16> 얼굴 인식을 위한 학습 신경망 구조

- 얼굴 외형적 특성을 이용한 기존의 얼굴 인식 분류기와 얼굴에서 추출한 심박패턴을 특징으로 하는 분류기를 각각 학습한 후 score-level fusion을 통해 분류 성능의 향상을 비교함

▶ 손가락 정맥 특징과 심박패턴 특징 융합을 통한 단일 센서 멀티모달 바이오 인식 방법 개발

- 손가락 정맥 영상을 기반으로 한 바이오 인식 기술에 있어 최근 convolutional neural network (CNN)을 이 용한 방법들이 제안되고 있음
- 사람이 고안한 hand-crafted feature에 비해 특징 선택에 있어 적은 노력이 들어가며 좋은 성능을 보이고 있음
- 손가락 정맥의 외형적 특성을 이용한 기존 VGG-16 아키텍처 기반 분류기와 손가락에서 추출한 심박패턴 을 특징으로 하는 분류기를 학학 학습한 후 score-level fusion을 통해 분류 성능의 향상을 비교함



<그림 17> 손가락 정맥 인식을 위한 학습 신경망 구조

2. 연구종료기간까지 목표달성 여부

- 세부 연구 내용 중 [심박패턴 특징 및 기존 바이오 특징과의 융합을 통한 새로운 바이오 인식 기술 연구] 에 있어 현재 목표달성도가 85% 수준임
- 현재까지 신경망 학습을 위한 입력 벡터의 사전 준비 알고리즘 개발이 완료된 상태이며 이후 학습을 통한 분류기 학습 및 결과 분석 과정만이 남아 있는 상태임
- 딥러닝 기반의 학습에서 다양한 시도를 통한 hyperparameter 설정과 오버피팅을 방지하기 위한 기술 (data augmentation, early stopping 등)을 활용하여 최적의 분류기를 선택할 계획임
- 이후 해당 분류기를 심박패턴 특징을 기반으로 한 분류기와의 score-level fusion을 통해 심박패턴만을 이 용한 바이오 인식, 얼굴에서의 멀티모달 바이오 인식 그리고 손가락 정맥에서의 멀티모달 바이오 인식의 각 성능 향상에 대한 분석을 연구종료기간 전까지 수행하여 [심박패턴 특징 및 기존 바이오 특징과의 융합 을 통한 새로운 바이오 인식 기술 연구]에 대해 100%의 목표를 달성할 계획임

3. 연구성과

전문학술지 논문게재 성과정보											
과제번호	게재연월	논문제목	총저자명	출처	학술지명	권 (호)	학술지 구분	sci여부	impact Factor	국제공동 연구논문	기여도
2016R1C1B2014345	201711	Contactless physiological signals extraction based on skin color magnification	Suh, Kun Ha; Lee, Eui Chul;	직접 입력	JOURNAL OF ELECTRONIC IMAGING	26 (6)	국외	SCI등재	0.754	아니오	80
2016R1C1B2014345	201809	Non-contact autonomic nervous system response measurement for psychiatric trauma treatment	Suh, Kun Ha; Lee, Kyoung; Kim, Dongkeun; Lee, Eui Chul;	SCI	BASIC & CLINICAL PHARMACOL OGY & TOXICOLOGY	123 (0)	국외	SCI등재	2.659	아니오	50

지식재산권 성과정보										
과제번호	출원등록 연월	재산권 구분	출원등록 구분	발명제목	출원등록인	출원등록국	발명자명	출원등록번호	활용형태	기여도
2016R1C1 B2014345	20160901	특허	출원	위조 바이오 정보 검출 장치 및 방법	상명대학교 서울산학협력단	대한민국	이의철, 서건하	10-2016-0112568	기술이전준비중	100
2016R1C1 B2014345	20161018	특허	출원	위조 바이오 정보 검출 장치 및 방법	상명대학교 서울산학협력단	PCT	이의철, 서건하	PCT/KR2016/011675	기술이전준비중	100
2016R1C1 B2014345	20180919	특허	출원	위조 지정맥 탐지 장치 및 방법	상명대학교 산학협력단	대한민국	이의철; 서건하; 복진영	1020180112034	기술이전준비중	100
2016R1C1 B2014345	20180618	특허	등록	위조 바이오 정보 검출 장치 및 방법 (APPARATUS AND METHOD FOR DETECTING FAKE BIOMETRICS)	상명대학교 산학협력단	대한민국	이의철, 서건하	10-1870226-0000	기술이전준비중	100

학술대회 논문발표 성과정보						
과제번호	발표년월	학술대회명	저자	논문제목	학술대회구분	개최국
2016R1C1B2014345	201609	2016 인문사회과학기술 융합학회 추계학술대회	서건하, 문지연, 이의철	손바닥 영상 분석을 통한 수형 선수 심박 측정	국내학술대회	대한민국
2016R1C1B2014345	201612	CSA 2016	Naeun Lim, Daejune Ko, Kun Ha Suh, Eui Chul Lee	Thumb Biometric Using Scale Invariant Feature Transform	국제학술대회	태국
2016R1C1B2014345	201712	CSA 2017	한재현, 김진만, 이의철	Single-Camera Vision-Based Vein Biometric Authentication and Heart Rate Monitoring via Infrared Imaging Analysis	국제학술대회	대만

수상실적 성과정보						
과제번호	수상연월	수상명	수상자		시상기관	수상사유
			성명	소속기관		
2016R1C1B2014345	201810	대상, 대검찰청 과학수사사이버대응모전	서건하	상명대학교	대검찰청	국가디지털포렌식센터 10주년 기념 대검찰청과 한국연구재단이 공동주관한 '과학수사 아이디어 공모전'에서 본 사업 참여연구원인 서건하 박사과정과 이건영 석사과정의 팀을 이뤄 대상을 수상. 본 사업의 피부 영상 화소 증폭 기술을 과학수사 분야에 활용한 분석 SW를 주제로 함. - 수상관련기사 http://news1.kr/articles/73464500 http://www.dhnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=87566

학위배출인력 성과정보						
과제번호	학위취득연월	학위구분	학위취득자			진로
			성명	성별	대학	
2016R1C1B2014345	201802	석사	한재현	여성	상명대학교	취업(박사후연구원 포함)
2016R1C1B2014345	201802	석사	박요셉	남성	상명대학교	취업(박사후연구원 포함)
2016R1C1B2014345	201808	박사	박민우	남성	상명대학교	취업(박사후연구원 포함)
2016R1C1B2014345	201902	석사	김윤경	여성	상명대학교	취업(박사후연구원 포함)
2016R1C1B2014345	201902	석사	김세희	여성	상명대학교	취업(박사후연구원 포함)

〈 세부 목표 관련 증빙자료 〉

1. 가시광영상 비접촉식 심박측정 방법 SCIE 저널 논문

Journal of Electronic Imaging 26(6), 063003 (Nov/Dec 2017)

Contactless physiological signals extraction based on skin color magnification

Kun Ha Suh* and Eui Chul Lee^b^aSangmyung University, Graduate School, Department of Computer Science, Jongno-gu, Seoul, Republic of Korea^bSangmyung University, Department of Intelligent Engineering Informatics for Humans, Jongno-gu, Seoul, Republic of Korea

Abstract. Although the human visual system is not sufficiently sensitive to perceive blood circulation, blood flow caused by cardiac activity makes slight changes on human skin surfaces. With advances in imaging technology, it has become possible to capture these changes through digital cameras. However, it is difficult to obtain clear physiological signals from such changes due to its fineness and noise factors, such as motion artifacts and camera sensing disturbances. We propose a method for extracting physiological signals with improved quality from skin colored-videos recorded with a remote RGB camera. The results showed that our skin color magnification method reveals the hidden physiological components remarkably in the time-series signal. A Korea Food and Drug Administration-approved heart rate monitor was used for verifying the resulting signal synchronized with the actual cardiac pulse, and comparisons of signal peaks showed correlation coefficients of almost 1.0. In particular, our method can be an effective preprocessing before applying additional postfiltering techniques to improve accuracy in image-based physiological signal extractions. © 2017 SPIE and IS&T [DOI: 10.1117/JEI.26.6.063003]

Keywords: cardiac pulse; physiological signal; remote PPG; skin color magnification; heart rate.

Paper 170380 received May 13, 2017; accepted for publication Oct. 17, 2017; published online Nov. 7, 2017.

1 Introduction

Physiological signals are significant information that reflects humans' physical and emotional states. Traditional measurement methods [e.g., electrocardiography^{1,2} or photoplethysmography (PPG)³⁻⁵], for obtaining information such as heart rate or respiration, require sensor contact to users because it is invisible to the unaided human eye. However, such contact-based methods require additional equipment and/or a probe attachment, which may cause discomfort to users. Recent study shows it is possible to extract human physiological signals through noncontact ways.

The detection of cardiovascular pulses is referred to as plethysmography, and photoplethysmography is a method based upon light reflection or transmission.^{6,7} Based on photoplethysmography, typically, pulse, respiration rate, blood pressure, and oxygen saturation could be extracted. Until a few years ago, PPGs have been performed with dedicated light sources, such as red and infrared (IR) wavelengths, which have deep penetration in the skin. Due to the historical emphasis of PPGs on pulse oxymetry and the need for relatively deep veins and arteries sampling, the visible spectrum with shallow skin penetration depth was often ignored as a light source for PPGs.

In recent years, however, several attempts using ambient light have been made as noncontact PPG methods.^{8,9} Although the human eye cannot perceive it, human skin color changes periodically in accordance with blood circulation. The PPGs are based on the principle that blood absorbs more light than surrounding tissue. As the volume of the blood vessels under the skin increases, the light absorption increases and the light reflection decreases. In fact, this

phenomenon could be observed by tracing pixels of skin areas. The problem is that the variation of the skin color is too small (less than two or three pixels, according to our observation). Moreover, because of several noises, such as movement of objects and camera sensing disturbances, it is difficult to extract the desired physiological information from the noisy signals.

Studies on noncontact physiological signal detection have been relatively recently explored with the advances in imaging technology.⁷⁻¹⁶ Takano and Ohta¹³ measured the changes of the average brightness on the cheek area in the analog images from a CCD camera. In order to upsample the brightness data, they performed a series of operations of interpolation, such as a first-order derivative, a low-pass filter of 2 Hz, and a sixth-order autoregressive (AR) spectral analysis. Verkruyse et al.⁹ measured plethysmographic signals using ambient light and a simple consumer level digital camera in movie mode. They showed that although the green channel featured the strongest plethysmographic signal, corresponding to an absorption peak by (oxy-) hemoglobin, the red and blue channels also contained plethysmographic information. Lewandowska et al.¹⁴ calculated the sum of each RGB values and band-pass filtered. Then, they performed independent component analysis (ICA) and principal component analysis (PCA), respectively. They showed R and G channels contained most of the information about color changes corresponding to the blood volume pulse. Also, by analyzing the thermal distribution, they proved that the thermal changes are uniform in most local face regions.

On the other hand, there are other approaches that use motions or special cameras. Garbey et al.¹⁵ tried to extract cardiac signals from thermal images. It was based on the

2. 열화상영상 비접촉식 심박측정 방법 SCI 저널 논문



ABSTRACTS

(c) Insertion, (d) Drug injection, (e) Ablation. After removing the handle part, we only measured precision of operating mechanism. The test results, the error for the resulting target position is measured to within 2 mm.

Conclusions: Automatic injection and puncture device joining ultrasound probe is a device that is possible with just one hand ultrasonic imaging diagnosis and drug injection treatment to combine an automatic injection and puncture device to probe for ultrasound diagnosis. This device has a function that puncture guide service coupled with ultrasound image transmitted via a probe, automatic puncture to the target point in ultrasound image and drug injection and blood inhalation after needle insertion to the target point. In use benefits of this device are shorter operation time that the operation can be alone without assistance person and that puncture can be in the exact point, regardless of the skill of the surgeon.

Acknowledgements: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government. (NRF-2016R1C1B2008460).

009 | Non-contact autonomic nervous system response measurement for psychiatric trauma treatment

Kun Ha Suh; Kunyoung Lee; Dongkeun Kim; Eui Chul Lee

Intelligent Engineering Informatics for Human, Sangmyung University, Seoul, South Korea

Objectives: To psychiatric treat trauma, a method to grasp the condition of a patient through a physiological reaction during psychiatric treatment and induce a therapeutic effect through feedback on the condition is widely used. Autonomic nervous system responses such as heart rate, respiration, and skin temperature are used as important objective indicators of the patient's emotional and psychological state. Traditionally, it is a method of attaching a sensor to the surface of a patient's skin and measuring the signal, but it can cause a sense of discomfort and unpleasantness

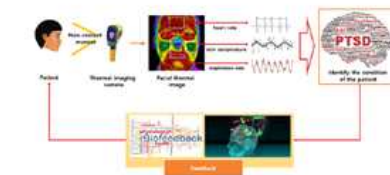


Figure 1 Overall flow of proposed method for measuring autonomic nervous system response using single thermal imaging camera.

due to the attachment of the sensor. These disadvantages can be more lethal for psychiatric patients.

Methods: In order to solve the problems, remote sensing methods without attaching sensors have been actively studied. In previous studies, there have been studies to measure heart rate and respiration without attaching sensors [1], but there has been no way to simultaneously analyze heart rate, respiration, and body temperature with a single sensor. In this study, we proposed a method which estimate the heart rate by observing the minute temperature change of the carotid artery, respiration rate by analyzing the temperature change due to the nostril inspiratory/exhalation, and skin temperature by analyzing facial thermal image as shown in Figure 1.

Results: The measurement accuracy of the skin temperature depends on the sensitivity of the thermal imaging camera, but the temperature of the surface of the skin can be continuously measured. The accuracy of the heart rate measurement method using the carotid artery blood vessel detection was about 98% of that of the ground-truth sensor. Respiration measurement by observing changes in the inspiratory/expiratory temperature of the nostrils was about 99%.

Conclusions: Our method will be used to identify the condition of trauma patients and can be used as a means of self-healing and tele-healthcare. Future studies will improve to be a robust measure of facial pose variation. In addition, we will develop a comprehensive emotion measurement system that considers the facial expression and voice analysis results together.

Acknowledgement: This study was funded by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning (grant number NRF-2016R1C1B2014345). Also, this work was supported by the Industrial Strategic Technology Development Program (10073159, Developing mirroring expression based interactive robot technique by non-contact sensing and recognizing human intrinsic parameter for emotion healing through heart-body feedback) funded By the Ministry of Trade, industry & Energy (M/I, Korea).

010 | Hybrid brainactuated muscle interface for the physically disabled

P.G. Vimoj¹; Sunil Jacob²; Varun G. Menon³


¹Electronics and Communication Engineering Department, APJ Abdul Kalam Technological University, India; ²Centre for Robotics, SCMS School of Engineering and Technology, India; ³Computer Science Engineering Department, SCMS School of Engineering and Technology, India

Objectives: According to Reeve Foundation 29% of paralysis is due to stroke followed by injury in the spinal cord.

*Address all correspondence to: Eui Chul Lee, E-mail: eclee@smu.ac.kr

3. 위조 얼굴판별 관련 등록특허

등록특허 10-1870226

	(19) 대한민국특허청(KR)	(45) 공고일자	2018년06월25일
	(12) 등록특허공보(B1)	(11) 등록번호	10-1870226
		(24) 등록일자	2018년06월18일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.)		(73) 특허권자	
G06K 9/00 (2006.01) A61B 5/103 (2006.01)		상명대학교산학협력단	
G06K 9/46 (2006.01) G06T 7/40 (2017.01)		서울특별시 공로구 통격문2길 20 (통격동, 상명대학교)	
(52) CPC특허분류		(72) 발명자	
G06K 9/00906 (2013.01)		이의철	
A61B 5/1032 (2013.01)		서울특별시 강북구 인수봉로68길 25-24 (수유동)	
(21) 출원번호	10-2016-0112568	서건하	
(22) 출원일자	2016년09월01일	서울특별시 서대문구 통일로39길 59-20 (홍제동)	
(23) 심사청구일자	2016년09월01일	(74) 대리인	
(65) 공개번호	10-2018-0026013	특허법인이지	
(43) 공개일자	2018년03월12일		
(56) 선행기술조사문헌			
JP61210784 A*			
KR1020140036803 A*			
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌			

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 강현일

(54) 발명의 명칭 위조 바이오 정보 검증 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 생체 영상을 입력받는 영상 입력부, 입력받은 생체 영상에서 피부색 영역의 밝기 성분을 검증하는 피부색 검증부, 검증된 피부색 영역에서 생리 신호를 추출하는 생리 신호 추출부, 추출된 생리 신호의 검증 및 변곡점의 검출 정보를 분석하는 생리 신호 분석부, 분석한 생리 신호로부터 위조 바이오 정보를 검증하는 위조 정보 판별부를 포함하는 위조 바이오 정보 검증 장치를 제공한다. 따라서, 본 발명은 피부색 검증을 통해 획득한 생리 신호를 분석하여 현재 인식을 시도하는 바이오 정보가 실제 생체 정보인지 위조된 생체 정보인지를 판별할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1

10



4. 위조 정맥판별 출원특허

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2018.09.19
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P20180230KR)
출원번호 10-2018-0112034 (접수번호 1-1-2018-0932968-44)
출원인명칭 상명대학교산학협력단(1-2013-011529-0)
대리인성명 정동균(9-2006-000931-8)
발명자성명 이의철 서건하 복진영
발명의명칭 위조 지정맥 탐지 장치 및 방법

특허청장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다문로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미국공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO SB-39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

Single-Camera Vision-Based Vein Biometric Authentication and Heart Rate Monitoring via Infrared Imaging Analysis

Jae Hyun Han¹, Jinman Kim², and Eui Chul Lee^{3(*2)}

¹ Department of Computer Science, Graduate School, Sangmyung University, Seoul, Hongjimun 2-Gil 20, Republic of Korea

² Research Institute for Intelligent Engineering Informatics, Sangmyung University, Seoul, Hongjimun 2-Gil 20, Republic of Korea

³ Department of Intelligent Engineering Informatics for Human, Sangmyung University, Seoul, Hongjimun 2-Gil 20, Republic of Korea
eclee@smu.ac.kr

Abstract. In this study, a feasibility test is performed to evaluate simultaneous heart rate measurement and individual identification via a single device. Thus, we have designed a novel device, comprising a modified webcam and 660 and 940 nm LEDs, as based on the principles of a conventional blood flow measurement sensor. To confirm the feasibility, we captured three types of images via respective employment of the following: 660 nm LEDs only, 940 nm LEDs only, and both 660 and 940 nm LEDs. A PPG (photoplethysmography) signal is acquired as the images are captured; the output is implemented as ground-truth data. Experimental results showed that the image analysis-based heart rate signal yields a pattern identical to that of a PPG signal. Additionally, acquired finger-vein image visibility and resolution is sufficient to perform finger-vein recognition. Testing the system using more than 100 subjects with variable health statuses confirmed that our proposed concept can be implemented as an effective heart rate monitoring system. The proposed method has the potential to significantly increase the efficiency of individual health information management.

Keywords: Biometric · Heart rate measurement · Photoplethysmography · Finger vein recognition · Infrared imaging

1 Introduction

Currently, the heart rate is garnering significant attention because it provides important information about human health and emotional states. Conventionally, the ECG (electrocardiogram) and PPG (photoplethysmograph) are employed to measure heart rate [1].

Alternatively, several currently available smartphone applications have been developed to measure heart rate via a built-in camera and illuminator [2]. In these applications, the finger is placed onto a built-in camera and a white illuminator is employed as successive images are rapidly captured; the blood flow-based color differences captured

< 대표적 논문 실적 요약문 >

No	1	논문 실적 요약문	
논문 제목	Contactless physiological signals extraction based on skin color magnification		
게재지	JOURNAL OF ELECTRONIC IMAGING		
ISSN	1017-9909	게재년월	201711
역할(제1, 교신, 참여)	교신	참여자수	2
Impact Factor	0.754	비고	SCIE
Although the human visual system is not sufficiently sensitive to perceive blood circulation, blood flow caused by cardiac activity makes slight changes on human skin surfaces. With advances in imaging technology, it has become possible to capture these changes through digital cameras. However, it is difficult to obtain clear physiological signals from such changes due to its fineness and noise factors, such as motion artifacts and camera sensing disturbances. We propose a method for extracting physiological signals with improved quality from skin colored-videos recorded with a remote RGB camera. The results showed that our skin color magnification method reveals the hidden physiological components remarkably in the time-series signal. A Korea Food and Drug Administration-approved heart rate monitor was used for verifying the resulting signal synchronized with the actual cardiac pulse, and comparisons of signal peaks showed correlation coefficients of almost 1.0. In particular, our method can be an effective preprocessing before applying additional postfiltering techniques to improve accuracy in image-based physiological signal extractions.			

< 대표적 논문 실적 요약문 >

No	2	논문 실적 요약문		
논문 제목	Non-contact autonomic nervous system response measurement for psychiatric trauma treatment			
게재지	BASIC & CLINICAL PHARMACOLOGY & TOXICOLOGY			
ISSN	1742-7843	게재년월	201809	
역할(제1, 교신, 참여)	교신	참여자수	4	
Impact Factor	2.659	비고	SCI	

Objectives: To psychiatric treat trauma, a method to grasp the condition of a patient through a physiological reaction during psychiatric treatment and induce a therapeutic effect through feedback on the condition is widely used. Autonomic nervous system responses such as heart rate, respiration, and skin temperature are used as important objective indicators of the patient's emotional and psychological state. Traditionally, it is a method of attaching a sensor to the surface of a patient's skin and measuring the signal, but it can cause a sense of discomfort and unpleasantness due to the attachment of the sensor. These disadvantages can be more lethal for psychiatric patients.

Methods: In order to solve the problems, remote sensing methods without attaching sensors have been actively studied. In previous studies, there have been studies to measure heart rate and respiration without attaching sensors [1], but there has been no way to simultaneously analyze heart rate, respiration, and body temperature with a single sensor. In this study, we proposed a method which estimate the heart rate by observing the minute temperature change of the carotid artery, respiration rate by analyzing the temperature change due to the nostril inspiratory / exhalation, and skin temperature by analyzing facial thermal image.

Results: The measurement accuracy of the skin temperature depends on the sensitivity of the thermal imaging camera, but the temperature of the surface of the skin can be continuously measured. The accuracy of the heart rate measurement method using the carotid artery blood vessel detection was about 98% of that of the ground-truth sensor. Respiration measurement by observing changes in the inspiratory / expiratory temperature of the nostrils was about 99%.

< 대표적 논문 실적 요약문 >

No	3	논문 실적 요약문	
논문 제목	Single-Camera Vision-Based Vein Biometric Authentication and Heart Rate Monitoring via Infrared Imaging Analysis		
게재지	Lecture Notes in Electrical Engineering		
ISSN	1876-1100	게재년월	201712
역할(제1, 교신, 참여)	교신	참여자수	3
Impact Factor	—	비고	SCOPUS (Conference Proceeding)

In this study, a feasibility test is performed to evaluate simultaneous heart rate measurement and individual identification via a single device. Thus, we have designed a novel device, comprising a modified webcam and 660 and 940 nm LEDs, as based on the principles of a conventional blood flow measurement sensor. To confirm the feasibility, we captured three types of images via respective employment of the following: 660 nm LEDs only, 940 nm LEDs only, and both 660 and 940 nm LEDs. A PPG (photoplethysmography) signal is acquired as the images are captured; the output is implemented as ground-truth data. Experimental results showed that the image analysis-based heart rate signal yields a pattern identical to that of a PPG signal. Additionally, acquired finger-vein image visibility and resolution is sufficient to perform finger-vein recognition. Testing the system using more than 100 subjects with variable health statuses confirmed that our proposed concept can be implemented as an effective heart rate monitoring system. The proposed method has the potential to significantly increase the efficiency of individual health information management.

〈 대표적 특허 실적 요약문 〉

No	4	특허 실적 요약문	
특허 제목	위조 바이오 정보 검출 장치 및 방법 (APPARATUS AND METHOD FOR DETECTING FAKE BIOMETRICS)		
등록국가	대한민국		
등록번호	10-1870226-0000	등록일	201806
출원자명	상명대학교 교산학협력단	발명자명	이의철, 서건하

본 발명의 생체 영상을 입력받는 영상 입력부, 입력받은 생체 영상에서 피부색 영역의 밝기 성분을 증폭하는 피부색 증폭부, 증폭된 피부색 영역에서 생리 신호를 추출하는 생리 신호 추출부, 추출된 생리 신호의 증폭 및 변곡점의 편차 정보를 분석하는 생리 신호 분석부, 분석한 생리 신호로부터 위조 바이오 정보를 검출하는 위조 정보 판별부를 포함하는 위조 바이오 정보 검출 장치를 제공한다. 따라서, 본 발명은 피부색 증폭을 통해 획득한 생리 신호를 분석하여 현재 인식을 시도하는 바이오 정보가 실제 생체 정보인지 위조된 생체 정보인지를 판별할 수 있는 효과가 있다.

본 발명의 일 측면에 따르면, 위조 바이오 정보 검출 장치가 제공된다.

본 발명의 일 실시 예에 따른 위조 바이오 정보 검출 장치는 생체 영상을 입력 받는 영상 입력부, 입력받은 생체 영상에서 피부색 영역의 밝기 성분을 증폭하는 피부색 증폭부, 증폭된 피부색 영역에서 생리 신호를 추출하는 생리 신호 추출부, 추출된 생리 신호의 증폭 및 변곡점의 편차 정보를 분석하는 생리 신호 분석부, 분석한 생리 신호로부터 위조 바이오 정보를 검출하는 위조 정보 판별부를 포함한다.

본 발명의 다른 측면에 따르면, 위조 바이오 정보 검출 방법이 제공된다.

본 발명의 일 실시 예에 따른 위조 바이오 정보 검출 방법은 영상을 입력받는 단계, 상기 입력된 영상에서 피부색 영역의 밝기 성분을 증폭하는 단계, 상기 증폭된 피부색으로부터 생리 신호를 추출하는 단계, 상기 추출된 생리 신호의 품질을 개선하는 단계, 상기 개선된 생리 신호의 진폭 및 변곡점의 편차 정보 추출 단계, 상기 추출된 편차 정보로부터 위조 바이오 정보 판단 단계를 포함한다.

본 발명은 피부색 증폭을 통해 획득한 생리 신호를 분석하여 현재 인식을 시도하는 바이오 정보가 실제 생체 정보인지 위조된 생체 정보인지를 판별할 수 있다.

또한, 본 발명은 얼굴 인식 시스템뿐만 아니라 정맥, 지문, 손가락 인식 등 피부 표면을 영상으로 획득하여 처리하는 바이오 인식 시스템에서 모두 적용 가능하다.

〈 대표적 기타 실적 요약문 〉

No	5	기타 실적 요약문
연구실적 유형	저서() 역서() 국제 학회 초청강연() 학술지 편집위원 참여() 기술이전() 학술대회 프로시딩() 기타(O)	
연구업적 제목	대상, 대검찰청 과학수사아이디어공모전	
비고	본 사업의 피부 영상 화소 증폭 기술을 과학수사 분야에 활용한 분석 SW를	
국가디지털포렌식센터 10주년 기념 대검찰청과 한국연구재단이 공동주관한 '과학수사 아이디어 공모전'에서 본 사업 참여연구원인 서건하 박사과정과 이건영 석사과정이 팀을 이뤄 대상을 수상. 본 사업의 피부 영상 화소 증폭 기술을 과학수사 분야에 활용한 분석 SW를 주제로 함.		
[수상관련기사] http://news1.kr/articles/?3464500 http://www.dhnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=87566		

Contactless physiological signals extraction based on skin color magnification

Kun Ha Suh* and Eui Chul Lee[†]

*Sangmyung University, Graduate School, Department of Computer Science, Jongno-gu, Seoul, Republic of Korea

[†]Sangmyung University, Department of Intelligent Engineering Informatics for Humans, Jongno-gu, Seoul, Republic of Korea

Abstract. Although the human visual system is not sufficiently sensitive to perceive blood circulation, blood flow caused by cardiac activity makes slight changes on human skin surfaces. With advances in imaging technology, it has become possible to capture these changes through digital cameras. However, it is difficult to obtain clear physiological signals from such changes due to its fineness and noise factors, such as motion artifacts and camera sensing disturbances. We propose a method for extracting physiological signals with improved quality from skin colored-videos recorded with a remote RGB camera. The results showed that our skin color magnification method reveals the hidden physiological components remarkably in the time-series signal. A Korea Food and Drug Administration-approved heart rate monitor was used for verifying the resulting signal synchronized with the actual cardiac pulse, and comparisons of signal peaks showed correlation coefficients of almost 1.0. In particular, our method can be an effective preprocessing before applying additional postfiltering techniques to improve accuracy in image-based physiological signal extractions. © 2017 SPIE and IS&T [DOI: 10.1117/JEI.26.6.063003]

Keywords: cardiac pulse; physiological signal; remote PPG; skin color magnification; heart rate.

Paper 170380 received May 13, 2017; accepted for publication Oct. 17, 2017; published online Nov. 7, 2017.

1 Introduction

Physiological signals are significant information that reflects humans' physical and emotional states. Traditional measurement methods [e.g., electrocardiography¹⁻³ or photoplethysmography (PPG)⁴⁻⁷], for obtaining information such as heart rate or respiration, require sensor contact to users because it is invisible to the unaided human eye. However, such contact-based methods require additional equipment and/or a probe attachment, which may cause discomfort to users. Recent study shows it is possible to extract human physiological signals through noncontact ways.

The detection of cardiovascular pulses is referred to as plethysmography, and photoplethysmography is a method based upon light reflection or transmission.^{8,9} Based on photoplethysmography, typically, pulse, respiration rate, blood pressure, and oxygen saturation could be extracted. Until a few years ago, PPGs have been performed with dedicated light sources, such as red and infrared (IR) wavelengths, which have deep penetration in the skin. Due to the historical emphasis of PPGs on pulse oxymetry and the need for relatively deep veins and arteries sampling, the visible spectrum with shallow skin penetration depth was often ignored as a light source for PPGs.

In recent years, however, several attempts using ambient light have been made as noncontact PPG methods.¹⁰ Although the human eye cannot perceive it, human skin color changes periodically in accordance with blood circulation. The PPGs are based on the principle that blood absorbs more light than surrounding tissue. As the volume of the blood vessels under the skin increases, the light absorption increases and the light reflection decreases. In fact, this

phenomenon could be observed by tracing pixels of skin areas. The problem is that the variation of the skin color is too small (less than two or three pixels, according to our observation). Moreover, because of several noises, such as movement of objects and camera sensing disturbances, it is difficult to extract the desired physiological information from the noisy signals.

Studies on noncontact physiological signal detection have been relatively recently explored with the advances in imaging technology.⁷⁻¹⁸ Takano and Ohta¹³ measured the changes of the average brightness on the cheek area in the analog images from a CCD camera. In order to upsample the brightness data, they performed a series of operations of interpolation, such as a first-order derivative, a low-pass filter of 2 Hz, and a sixth-order autoregressive (AR) spectral analysis. Verkruyse et al.⁹ measured plethysmographic signals using ambient light and a simple consumer level digital camera in movie mode. They showed that although the green channel featured the strongest plethysmographic signal, corresponding to an absorption peak by (oxy-) hemoglobin, the red and blue channels also contained plethysmographic information. Lewandowska et al.¹⁴ calculated the sum of each RGB values and band-pass filtered. Then, they performed independent component analysis (ICA) and principal component analysis (PCA), respectively. They showed R and G channels contained most of the information about color changes corresponding to the blood volume pulse. Also, by analyzing the thermal distribution, they proved that the thermal changes are uniform in most local face regions.

On the other hand, there are other approaches that use motions or special cameras. Garbey et al.¹⁵ tried to extract cardiac signals from thermal images. It was based on the

biometrics detection and biometrics using heart rate variation. Also, we will improve the quality of signal using concurrently obtained the skin image and the high quality cardiograph signal based on neural networks such as recurrent neural network.

Acknowledgments

This study was funded by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning (grant number NRF-2016R1C1B2014345). Also, this work was partly supported by Institute for Information & communications Technology Promotion (IITP) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2015-0-00312). The development of technology for social life logging based on analyzing social emotion and intelligence of convergence contents).

References

1. A. C. Guyton, *Textbook of Medical Physiology*, 8th ed., Chapter 11, W.B. Saunders Company, Philadelphia (1991).
2. E. R. Ferraz and B. Widrow, "Fetal electrocardiogram enhancement by time-sequenced adaptive filtering," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, **BME-29**(6), 458-460 (1982).
3. B. A. Goddard et al., "A clinical fetal electrocardiograph," *Med. Biol. Eng.*, **4**(2), 159-167 (1966).
4. A. B. Hertzman, "Photoelectric plethysmography of the fingers and toes in man," *Exp. Biol. Med.*, **37**, 529-534 (1937).
5. A. V. J. Challoner, "Photoelectric plethysmography for estimating cutaneous blood flow," in *Non-Invasive Physiological Measurement*, P. Rolfe, ed., Vol. 1, pp. 127-151, Academic Press, Oxford (1979).
6. A. R. Kamal et al., "Skin photoplethysmography: a review," *Comput. Methods Programs Biomed.*, **28**, 257-269 (1989).
7. J. Allen, "Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement," *Physiol. Meas.*, **28**, R1-R39 (2007).
8. A. B. Hertzman and C. R. Spelman, "Observations on the finger volume pulse recorded photoelectrically," *Am. J. Physiol.*, **119**, 334 (1937).
9. W. Verkruyse, L. O. Svaasand, and J. S. Nelson, "Remote plethysmographic imaging using ambient light," *Opt. Express*, **16**, 21434-21445 (2008).
10. T. Tamura et al., "Wearable photoplethysmographic sensors—past and present," *Electronics*, **3**(2), 282-302 (2014).
11. M. Z. Poh, D. J. McDuff, and R. W. Picard, "Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation," *Opt. Express*, **18**(10), 10762-10774 (2010).

12. M. Z. Poh, D. J. McDuff, and R. W. Picard, "Advancements in non-contact, multiparameter physiological measurements using a webcam," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, **58**(1), 7-11 (2011).
13. C. Takano and Y. Ohta, "Heart rate measurement based on a time-lapse image," *Med. Eng. Phys.*, **29**, 853-857 (2007).
14. M. Lewandowska, J. Rumiński, and T. Kociejko, "Measuring pulse rate with a webcam—a non-contact method for evaluating cardiac activity," in *Federated Conf. on Computer Science and Information Systems*, pp. 405-410, IEEE, (2011).
15. M. Garbey et al., "Contact-free measurement of cardiac pulse based on the analysis of thermal imagery," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, **54**, 1418-1426 (2007).
16. W. Zeng et al., "Infrared video based non-invasive heart rate measurement," in *IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics*, pp. 1041-1046 (2015).
17. D. McDuff, S. Gontarek, and R. W. Picard, "Improvements in remote cardiopulmonary measurement using a five band digital camera," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, **61**, 2593-2601 (2014).
18. G. Balakrishnan, F. Durand, and J. Guttag, "Detecting pulse from head motions in video," in *Proc. of the IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 3430-3437 (2013).
19. N. A. bin Abdul Rahman, K. C. Wei, and J. Sec, "RGB-HChCr skin colour model for human face detection," Faculty of Information Technology, Multimedia University (2007).
20. A. Elgammal, C. Muang, and D. Hu, *Skin Detection: A Short Tutorial*, Encyclopedia of Biometrics, pp. 1-10, Springer, Berlin (2009).
21. S. I. Phung, A. Bouzerdoum, and D. Chai, "A novel skin color model in YCbCr color space and its application to human face detection," in *Proc. Int. Conf. on Image Processing*, Vol. 1, pp. 1-289-4-292, IEEE (2002).

Kun Ha Suh received his BS and MS degrees in computer science from Sangmyung University, Seoul, South Korea in 2015 and 2017, respectively. Currently, he is PhD student in the Department of Computer Science at Sangmyung University since September 2017. His research interests include image processing, computer vision, and artificial intelligence.

Eui Chul Lee received his BS degree in software from Sangmyung University, Seoul, South Korea, in 2005. He received his MS and PhD degrees in computer science from Sangmyung University in 2007 and 2010, respectively. He was researcher in division of fusion and convergence of mathematical sciences at the National Institute for Mathematical Sciences from March 2010 to February 2012. Since March 2012, he has been an assistant professor in the Department of Intelligent Engineering Informatics for Humans at Sangmyung University, Seoul, South Korea. His research interests include computer vision, image processing, pattern recognition, brain-computer interface, and human-computer interface (HCI).

*Address all correspondence to: Eui Chul Lee, E-mail: eclee@smu.ac.kr



(c) Insertion, (d) Drug injection, (e) Ablation. After removing the handle part, we only measured precision of operating mechanism. The test results, the error for the resulting target position is measured to within 2 mm.

Conclusions: Automatic injection and puncture device joining ultrasound probe is a device that is possible with just one hand ultrasonic imaging diagnosis and drug injection treatment to combine an automatic injection and puncture device to probe for ultrasound diagnosis. This device has a function that puncture guide service coupled with ultrasound image transmitted via a probe, automatic puncture to the target point in ultrasound image and drug injection and blood inhalation after needle insertion to the target point. In use benefits of this device are shorter operation time that the operation can be alone without assistance person and that puncture can be in the exact point, regardless of the skill of the surgeon.

Acknowledgements: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government. (NRF-2016R1C1B2008460).

009 | Non-contact autonomic nervous system response measurement for psychiatric trauma treatment

Kun Ha Suh; Kyoung Lee; Dongkeun Kim; Eui Chul Lee
Intelligent Engineering Informatics for Human, Sangmyung University, Seoul, South Korea

Objectives: To psychiatric treat trauma, a method to grasp the condition of a patient through a physiological reaction during psychiatric treatment and induce a therapeutic effect through feedback on the condition is widely used. Autonomic nervous system responses such as heart rate, respiration, and skin temperature are used as important objective indicators of the patient's emotional and psychological state. Traditionally, it is a method of attaching a sensor to the surface of a patient's skin and measuring the signal, but it can cause a sense of discomfort and unpleasantness

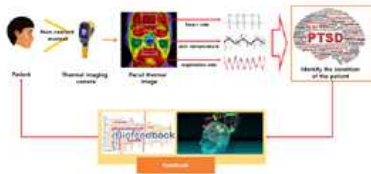


Figure 1 Overall flow of proposed method for measuring autonomic nervous system response using single thermal imaging camera.

due to the attachment of the sensor. These disadvantages can be more lethal for psychiatric patients.

Methods: In order to solve the problems, remote sensing methods without attaching sensors have been actively studied. In previous studies, there have been studies to measure heart rate and respiration without attaching sensors [1], but there has been no way to simultaneously analyze heart rate, respiration, and body temperature with a single sensor. In this study, we proposed a method which estimate the heart rate by observing the minute temperature change of the carotid artery, respiration rate by analyzing the temperature change due to the nostril inspiratory/exhalation, and skin temperature by analyzing facial thermal image as shown in Figure 1.

Results: The measurement accuracy of the skin temperature depends on the sensitivity of the thermal imaging camera, but the temperature of the surface of the skin can be continuously measured. The accuracy of the heart rate measurement method using the carotid artery blood vessel detection was about 98% of that of the ground-truth sensor. Respiration measurement by observing changes in the inspiratory/expiratory temperature of the nostrils was about 99%.

Conclusions: Our method will be used to identify the condition of trauma patients and can be used as a means of self-healing and tele-healthcare. Future studies will improve to be a robust measure of facial pose variation. In addition, we will develop a comprehensive emotion measurement system that considers the facial expression and voice analysis results together.

Acknowledgement: This study was funded by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning (grant number NRF-2016R1C1B2014345). Also, this work was supported by the Industrial Strategic Technology Development Program (10073159, Developing mirroring expression based interactive robot technique by non-contact sensing and recognizing human intrinsic parameter for emotion healing through heart-body feedback) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (M1, Korea).

010 | Hybrid brainactuated muscle interface for the physically disabled

P.G. Vinoy¹; Sunil Jacob²; Varun G. Menon³

¹Electronics and Communication Engineering Department, APJ Abdul Kalam Technological University, India; ²Centre for Robotics, SCMS School of Engineering and Technology, India; ³Computer Science Engineering Department, SCMS School of Engineering and Technology, India

Objectives: According to Reeve Foundation 29% of paralysis is due to stroke followed by injury in the spinal cord.

Single-Camera Vision-Based Vein Biometric Authentication and Heart Rate Monitoring via Infrared Imaging Analysis

Jae Hyun Han¹, Jinman Kim², and Eui Chul Lee^{3(*✉)}

¹ Department of Computer Science, Graduate School, Sangmyung University, Seoul, Hongjimun 2-Gil 20, Republic of Korea

² Research Institute for Intelligent Engineering Informatics, Sangmyung University, Seoul, Hongjimun 2-Gil 20, Republic of Korea

³ Department of Intelligent Engineering Informatics for Human, Sangmyung University, Seoul, Hongjimun 2-Gil 20, Republic of Korea
eclee@smu.ac.kr

Abstract. In this study, a feasibility test is performed to evaluate simultaneous heart rate measurement and individual identification via a single device. Thus, we have designed a novel device, comprising a modified webcam and 660 and 940 nm LEDs, as based on the principles of a conventional blood flow measurement sensor. To confirm the feasibility, we captured three types of images via respective employment of the following: 660 nm LEDs only, 940 nm LEDs only, and both 660 and 940 nm LEDs. A PPG (photoplethysmography) signal is acquired as the images are captured; the output is implemented as ground-truth data. Experimental results showed that the image analysis-based heart rate signal yields a pattern identical to that of a PPG signal. Additionally, acquired finger-vein image visibility and resolution is sufficient to perform finger-vein recognition. Testing the system using more than 100 subjects with variable health statuses confirmed that our proposed concept can be implemented as an effective heart rate monitoring system. The proposed method has the potential to significantly increase the efficiency of individual health information management.

Keywords: Biometric · Heart rate measurement · Photoplethysmography · Finger vein recognition · Infrared imaging

1 Introduction

Currently, the heart rate is garnering significant attention because it provides important information about human health and emotional states. Conventionally, the ECG (electrocardiogram) and PPG (photoplethysmograph) are employed to measure heart rate [1].

Alternatively, several currently available smartphone applications have been developed to measure heart rate via a built-in camera and illuminator [2]. In these applications, the finger is placed onto a built-in camera and a white illuminator is employed as successive images are rapidly captured; the blood flow-based color differences captured

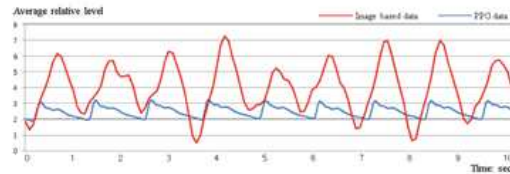


Fig. 6. Comparison extracted heart rate data with PPG data.

Our previous research on finger-vein recognition using LBP has been implemented, and its performance was evaluated [5]. Results revealed that the recognition performance. As described via the EER, was 0.081%; this value corresponds to approximately one error occurrence among 1,000 recognition trials.


4 Conclusion

In this paper, a new concept to improve healthcare information management is proposed in the form of implementation of simultaneous vein pattern recognition-based personal identification and successive image-based heart rate measurement using a single camera device. To accomplish this, we designed a novel device comprising a modified webcam and 660 nm and 940 nm LEDs as based on principles of conventional blood flow measurement sensors. Feasibility testing results of heart rate measurement showed promise in terms of concurrence with ground-truth heart rate data. Additionally, we have confirmed the accessibility of finger-vein biometrics via simple finger-vein imaging. In the future, we plan to improve the image resolution by modifying the optical design and illumination strength of our device, and by performing additional image processing methods. In addition, more systematic experiments entailing simultaneous implementation of heart rate measurement and finger-vein recognition will be conducted using an increased number of subjects.

Acknowledgement. This study was funded by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (grant number NRF-2016R1C1B2014345). Also, this work was supported by the Industrial Strategic Technology Development Program (10073159, Developing mirroring expression based interactive robot technique by non-contact sensing and recognizing human intrinsic parameter for emotion healing through heart-body feedback) funded By the Ministry of Trade, industry & Energy (MI, Korea).

References

- Drinnan, M.J., Allen, J., Murray, A.: Relation between heart rate and pulse transit time during paced respiration. *Physiol. Meas.* **22**(3), 425–432 (2001)
- <http://www.prnewswire.com/news-releases/instant-heart-rate-smartphone-app-hits-10-million-downloads-in-1-year-131043613.html>. Accessed 9 Aug 2012

	(19) 대한민국특허청(KR)	(45) 공고일자	2018년06월25일
	(12) 등록특허공보(B1)	(11) 등록번호	10-1870226
		(24) 등록일자	2018년06월18일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.)		(73) 특허권자	
G06K 9/00 (2006.01) A61B 5/103 (2006.01)		상명대학교산학협력단	
G06K 9/46 (2006.01) G06T 7/40 (2017.01)		서울특별시 공로구 홍지문2길 20 (홍지동, 상명대학교)	
(52) CTE특허분류	(72) 발명자		
G06K 9/00906 (2013.01)	이의철		
A61B 5/1032 (2013.01)	서울특별시 강북구 인수봉로68길 25-24 (수유동)		
(21) 출원번호	10-2016-0112568	서건하	
(22) 출원일자	2016년09월01일	서울특별시 서대문구 통일로39길 59-20 (충정동)	
(65) 공개번호	10-2018-0026013	(74) 대리인	
(43) 공개일자	2018년03월12일	특허법인이지	
(56) 선행기술조사문헌			
JP61210784 A*			
KR1020140036803 A*			
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌			
전체 청구항 수 : 총 15 항		심사관 : 강현일	
(54) 발명의 명칭 위조 바이오 정보 검출 장치 및 방법			

(57) 요약

본 발명이 생체 영상을 입력받는 영상 입력부, 입력받은 생체 영상에서 피부색 영역의 밝기 성분을 검출하는 피부색 검출부, 검출된 피부색 영역에서 생리 신호를 추출하는 생리 신호 추출부, 추출된 생리 신호의 검출 및 변곡점의 검지 정보를 분석하는 생리 신호 분석부, 분석한 생리 신호로부터 위조 바이오 정보를 검출하는 위조 정보 판별부를 포함하는 위조 바이오 정보 검출 장치를 제공한다. 따라서, 본 발명은 피부색 검출을 통해 획득한 생리 신호를 분석하여 현재 인식을 시도하는 바이오 정보가 실제 생체 정보인지 위조된 생체 정보인지를 판별할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(52) CVC특허분류

G06K 9/00234 (2013.01)

G06K 9/4652 (2013.01)

G06T 7/90 (2017.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2016R1C1B2014345

부서명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구지원사업 - 신진연구

연구과제명 피부 영상의 화소 공률을 통한 심혈관 반응신호 검출과 바이오 인식 응용 연구

기 여 율 1/1

주관기관 상명대학교서울산학협력단

연구기간 2016.06.01 ~ 2019.05.31

공저예의적용 : 있음

No

5

< 대표적 기타 실적 증빙자료 >



[연구계획서(연구내용) 파일 업로드 양식]

2019년도 상반기(5월 종료) 신진(중견연계)연구 지원과제 연구계획서

과제명	국문	카메라 기반 통합형 자율신경 반응 측정 모델 연구
	영문	A study on the integrated camera-based autonomic nervous response measurement model



1. 연구의 목표 및 내용

[연구 목표] 본 연구에서는 원거리 카메라를 사용하여 사람의 얼굴 영역으로부터 비접촉/비강압 방식으로 복수의 자율신경 반응 신호를 검출 및 개선하고, 이를 기반으로 복수의 자율신경 반응 측정을 위한 통합 모델을 개발함

(1차년도 목표) 원거리 카메라 기반 자율신경 반응 검출 기술 개발

(2차년도 목표) 자율신경 반응 신호 품질 고도화 기술 연구

(3차년도 목표) 복수 자율신경 반응 측정을 위한 통합 모델 개발

가. 1차년도(2019)

▶ 연구 목표

원거리 카메라 기반 자율신경 반응 검출 기술 개발

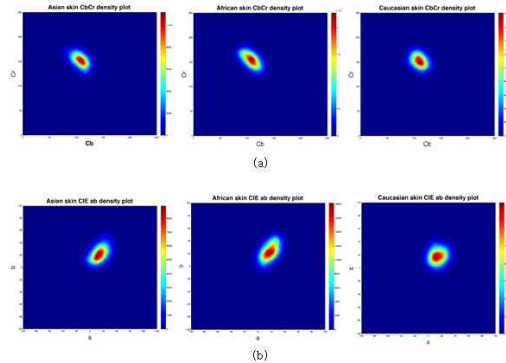
▶ 연구내용

- 가시광 카메라 기반 PPG 검출 기술 개발
- 적외선 열화상 카메라 기반 SKT 및 RSP 검출 기술 개발
- 적외선 열화상 카메라 기반 GSR 검출 기술 개발

■ 가시광 카메라 기반 PPG 검출 기술 개발

사람의 얼굴 피부 표층에서는 주기적인 심장박동에 따른 혈류량 변화로 인해 미세한 색 변화가 발생함. 다만 그 정도의 차이가 매우 미세하여 사람의 육안으로는 관찰하기 어려운 수준이나 최근 디지털 카메라 기술의 발달로 인해 해당 미세 변화를 포착하는 것이 가능해짐. 최근 이러한 원거리 카메라를 기반으로 하는 remote photoplethysmography(rPPG) 기술을 통한 photoplethysmogram (PPG) 측정에 대한 연구가 의료 및 헬스케어 분야를 중심으로 활발하게 연구되고 있음.

기존에 Cb-Cr 평면에서의 피부색의 군집적 특성을 이용하여 주기적인 심박 특성을 증폭하여 향상된 rPPG 신호를 추출하는 연구가 수행되었으며 [1], 비슷한 시기에 CIELab 색 공간에서의 a 성분을 이용하여 움직임에 보다 강한 rPPG 방법이 제안되기도 했음 [2].



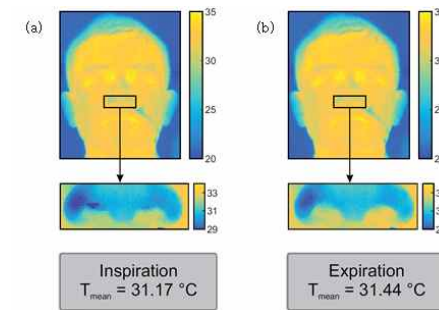
<그림 1> 인종별 피부색 분포 (a) Cb-Cr 평면 (b) a-b 평면

<그림 1>에서와 같이 피부색 분포는 인종에 상관없이 Cb-Cr 평면 뿐만 아니라 a-b 평면에서도 유사한 군집적 특성을 갖게 됨. 따라서, YCbCr 색 공간과 CIELab 색 공간에서의 특성을 분석하고 융합함으로써 주기적인 미세 심박 성분을 증폭하여 보다 뚜렷하면서도 움직임에 보다 강한 rPPG 기술을 개선함.

■ 적외선 열화상 카메라 기반 SKT 및 RSP 검출 기술 개발

절대 온도 이상의 온도를 가지는 모든 물체는 적외선을 방사하는데 온도가 높을수록 그 방사하는 양이 증가하는 원리에 의해 적외선 대역의 열화상 카메라를 이용하여 피사체 표면의 온도를 측정할 수 있음. 열화상 카메라는 자체적으로 영상 내 모든 사물에 대한 열 값을 영상으로 제공하므로 얼굴 영역 검출 및 관심 영역 설정 과정을 통해 얼굴 특정 부위의 skin temperature(SKT) 자율신경 반응을 측정하는 것이 가능함.

또한, 사람이 들숨과 날숨을 통한 호흡을 할 때 발생하는 바람의 흐름으로 인해 <그림 2>와 같이 코 주변 영역에서 육안으로 관찰하기 어려운 온도 차이가 발생하게 됨. 이러한 현상에 기반하여 열화상 영상에서 콧구멍 주변 영역을 검출하고 실시간으로 해당 영역의 온도 변화를 추적함으로써 respiration(RSP) 반응을 측정하는 것이 가능함.



<그림 2> 호흡시 코 주변의 온도 변화 (a) 들숨 (b) 날숨

■ 열화상 및 적외선 카메라 기반 GSR 검출 기술 개발

Galvanic skin response(GSR)은 땀샘 활동의 변화를 측정하는 것으로 사람의 정서적 각성이 발생하게 되면 땀샘 활동이 증가함에 따라 피부에서의 전기적 변화를 통해 전도 반응 측정이 이루어짐. 기존 연구에 따르면, 일반적으로 사람의 신체 중에서 땀샘은 손바닥, 발바닥에 주로 많이 존재하고 얼굴 영역에도 평균적으로 약 평방센티미터당 186개의 땀샘이 밀집해 있는 것으로 보고되고 있음 [3]. 얼굴 내에서는 눈꺼풀, 뺨, 턱, 이마, 코, 인중 등에서 땀샘이 주로 분포하는 것으로 나타남.



<그림 3> 얼굴 영역에서의 diffusion reflection 성분 검출

땀 성분을 원거리 방식으로 측정하기 위하여 실내 조명 변화의 영향을 받지 않는 전용 적외선 조명 등을 이용하여 땀샘 영역의 변화를 측정함. <그림 3>과 같이 얼굴 영역을 안정적으로 검출 후 땀샘 밀도가 높고 변화가 뚜렷한 영역을 분석하여 땀에 의한 빛 반사 등의 성분 변화를 추적함.

나. 2차년도(2020)

▶ 연구 목표

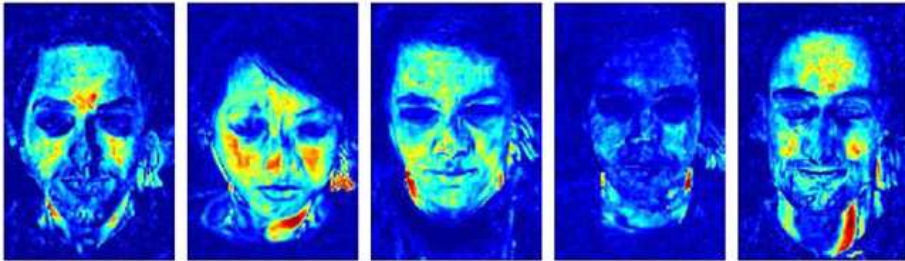
자율신경 반응 신호 품질 고도화 기술 연구

▶ 연구내용

- 자율신경 반응 신호 측정 알고리즘 고도화 및 최적 환경 분석
- 자율신경 반응 신호 품질 향상 기법 개발

■ 자율신경 반응 신호 측정 알고리즘 고도화 및 최적 환경 분석

검출된 자율신경 반응을 보다 효율적이고 뚜렷한 형태의 신호를 검출할 수 있는 방안에 대하여 연구함. RSP의 경우 콧구멍 영역의 세부 관심 영역에 대한 분석을 수행하여 신호의 품질 개선 방안을 탐구함. 특히, PPG와 GSR 자율신경 반응의 경우 <그림 4>와 같이 측정을 위한 관심 영역이 얼굴 영역 내 복수개가 존재할 수 있으므로 이들의 상관관계에 기반한 신호를 개선 방법을 고려할 수 있음. 각 영역 신호 간 상관관계 중 강한 상관 관계를 갖는 성분은 자율신경 반응과 관련된 성분이며 약한 상관 관계를 갖는 성분은 잡음에 해당하는 성분으로 판단할 수 있음. 또한, 움직임 등이 존재하는 실생활에서도 안정적으로 측정가능하도록 고도화하는 작업을 수행함.

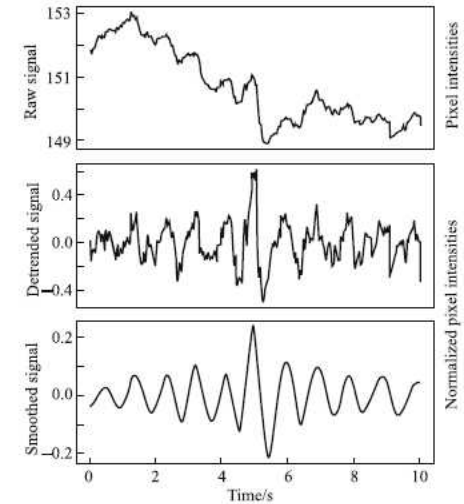


<그림 4> PPG 측정을 위한 얼굴 영역별 신호 대 잡음비 강도

원거리 카메라 기반의 영상은 카메라와 피사체 간의 거리 및 조명 등에 의한 영향을 받으므로 최적의 자율신경 반응 신호 검출을 위한 환경 구성을 확보하는 것이 중요함. 최적의 카메라 스펙, 카메라와 사용자 간 거리, 조명 등을 분석함으로써 안정적인 측정 환경을 구성함.

■ 자율신경 반응 신호 품질 향상 기법 개발

얻어지는 신호에는 동잡음이나 센서 자체 등에 의한 노이즈 요소가 포함되어 있어 비교적 뚜렷한 자율신경 반응 신호를 얻는다고 해도 추가적인 품질 개선 작업이 요구됨. 각 자율신경 반응 특성을 고려하여 머신러닝 및 신호 처리 알고리즘을 기반으로 신호 품질 개선을 위한 후처리 방법을 개발함. 머신러닝 방식의 경우 실제 접촉 방식으로 얻어진 측정값을 ground truth 데이터로 사용하여 지도학습 방식으로 신호를 개선할 수 있음. 이를 통해 대상 자율신경 반응과 관련없는 성분들을 제거함으로써 신호의 품질을 최종적으로 고도화시킴.



<그림 5> 후처리를 통한 1차원 시계열 반응 신호 품질 개선 과정 예시

다. 3차년도(2021)

▶ 연구 목표

복수 자율신경 반응 측정을 위한 통합 모델 개발

▶ 연구내용

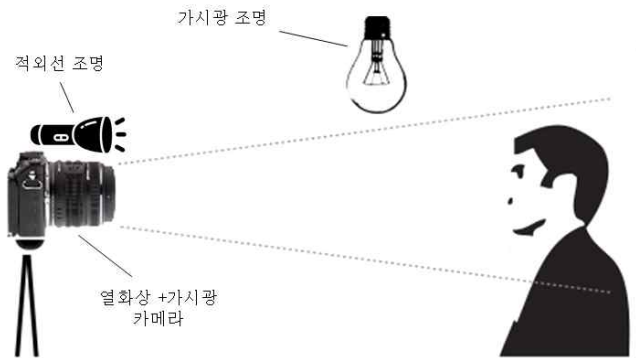
- 복수 자율신경 반응 검출을 위한 최적화 수행
- 복수 자율신경 반응 통합 측정 모델 개발

■ 복수 자율신경 반응 검출을 위한 최적화 수행

가시광 카메라 및 열화상 카메라로부터 매 프레임을 읽어서 자율신경 반응을 처리하는 것은 많은 연산량을 요구하게 됨. 온전한 정보를 갖는 자율신경 반응을 측정하기 위해서는 최소한의 초당 프레임 수가 보장되어야 하며, 특히 PPG의 경우 통상적으로 최대 3.0 ~ 4.0Hz에 해당하는 주기 성분까지 포함될 수 있음. 따라서, 복수의 자율신경 반응 통합시 최소 초당 프레임 수를 보장하기 위하여, 자율신경 반응 측정 알고리즘 내 불필요한 연산을 줄이고 소프트웨어적인 최적화 기법 등을 적용하여 각 모듈의 경량화 작업을 수행함.

■ 복수 자율신경 반응 통합 측정 모델 개발

각 자율신경 반응 측정 모듈을 하나의 모델로 통합하여 단일 모델만으로도 전반적인 자율신경 반응을 측정할 수 있는 모델을 구축함. 이를 위하여 가시광 카메라, 열화상 카메라, 전용 적외선 조명기, 통제된 가시광 조명 등을 구성하여 <그림 6>과 같은 실제 측정 환경을 구성함. 이후, 사람의 얼굴 영역으로부터 얼굴 영역을 검출하고 추적하기 위한 알고리즘을 통합하여 실생활 환경에서도 안정적으로 동작가능한 형태의 구축 모델을 개발함.



<그림 6> 카메라 기반 자율신경 반응 통합 측정 환경 예시

2. 연구의 필요성

가. 기술적 측면

- 새로운 원리에 기반한 차세대 기술로, 원거리 카메라를 이용하여 사람의 **육안으로 관찰하기 어려운 얼굴 영역에서의 미세한 변화들을 포착**하고 센서 부착 방식을 통해 얻어진 신호 수준으로 품질을 향상시킬 수 있는 기술임
- GSR(Galvanic Skin Response)의 경우 원거리 카메라 기반으로는 기존에 시도되지 않았던 연구 분야로 시장 우위를 선도할 수 있는 기술로 판단됨
- 기존에는 각각의 장비를 사용하여 센서 부착 방식으로 측정해야 했으나 원거리 카메라를 이용한 **비접촉 방식으로 대부분의 자율신경 반응들을 한번에 측정가능**하도록 하는 기술임
- 각각의 자율신경 반응을 검출하는 것에 그치는 것이 아닌 이들 상관관계를 이용한 후속 연구와 이를 기반으로 한 다양한 분야에서의 활용이 가능할 것으로 전망됨

나. 사회적 측면

- 기존 자율신경 반응 측정을 위한 접촉 방식 기반의 방법들은 사용자에게 센서 부착으로 인한 신체의 부자연스러움과 이물감으로 인한 불편함이 있었으며, 특히 피부가 약하거나 화상 등의 질환이 있는 사용자에게는 측정이 어려운 한계가 존재했음
- 원거리 카메라 기반의 비접촉식 자율신경 반응 측정 기술은 기존의 단점을 해결한 혁신적인 기술로 여겨질 수 있으며, 관련 시장을 선도할 수 있는 기술로 판단됨
- 이러한 이유로 최근 원격 의료, 폴리그래프 검사, 감성 인식, 위조 바이오 데이터 검출 등 분야에서 기존 접촉식이 아닌 비접촉식 측정 방법을 이용한 생리 신호 측정에 관심을 가지고 있는 추세임
- 비접촉식 측정을 통해 사용자들로부터 **보다 자연스러운 반응의 측정과 기존에 측정이 어려웠던 사용자들에게 측정이 가능**해질 것으로 기대됨

다. 학술적 측면

- 비접촉식 기반의 자율신경 반응 측정 기술은 아직 연구 초기 또는 중기 단계로, 실생활에 적용가능한 수준의 품질을 확보하고 다양한 분야에서의 적용 가능성을 확인이 필요한 시점임
- 본 연구의 내용인 원거리 방식의 PPG, RSP, SKT, GSR 등의 자율신경 반응 검출에 관한 기술은 각각이

새로운 원천기술로 여겨지는 분야로, 지적재산권 선점 및 저명 SCI 저널 논문 게재가 가능한 연구 주제임

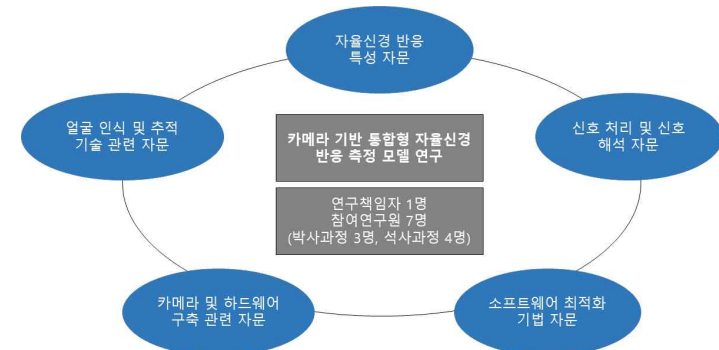
- 특히 **GSR 측정 기술의 경우 기존에 시도되지 않은 창의적인 연구 분야**로 해당 분야에서 큰 학술적 의미를 가지는 것으로 판단됨

3. 연구자의 연구 수행역량

- 90여편의 국제저명학술지 논문 게재를 포함한 200여편의 국내외 저널 및 학술대회 논문 발표, 42건의 국내외 등록 특허, 6건의 기술이전을 통해 2억 2천만원의 기술료 징수
- 영상신호처리와 인공지능, 패턴인식 기술을 통해 인간의 반응(행동, 감정)을 인식하고, 인간에게 도움이 되는 다양한 응용분야에 활용할 수 있는 연구/개발을 수행
- 정량적 실적과 실제 활용 가능한 성과를 동시에 창출하는 연구수행 방향을 통해, 국가연구개발사업 뿐만 아니라 산업체와도 지속적 산학협력을 수행하고 있음
- 신진연구로 수행했던 연구내용에 대해 대검찰청 및 보라매병원등의 기관으로부터 비접촉식 생리신호 측정 기술에 대한 깊은 관심을 가지고 있고, 해당 내용은 최근 시연 및 기술설명을 마친 상태이므로, 기술 이전으로 연결될 가능성이 높음
- 신진연구의 비접촉식 심박측정 기술뿐만 아니라 호흡, 땀, 피부온도등의 다른 자율신경계 반응들 또한 비접촉식으로 측정하는 기술의 수요를 현장에서 많이 청취하였으며, 이를 기반으로 도출된 중견연구기획임
- 2012년 상명대학교 임용 후 패턴인식 연구실(<http://pr.smu.ac.kr>)을 운영하여, 현재 연구교수 1명, 박사과정 5명, 석사과정 5명, 학석사연계과정 8명의 full-time 학생들과 연구 수행 (연구실 석박사 졸업생 14명 전원 관련분야 취업: 대검찰청 과학수사부, ㈜블루홀, 카카오, 우리은행, 삼성전자, 양궁국가대표 영상분석관, 국민건강보험공단 등)

4. 연구의 추진전략 및 방법

관련 기술 정보 자문 및 정보 수집, 타 기관과의 협조 방안을 포함한 추진 전략은 <그림 7>과 같음



<그림 7> 연구 추진전략

- 관련 기술 정보 및 문헌 수집 및 분석을 위하여 4명의 참여인력을 적극 활용함. 연구팀은 2주 1회 관련 기

- 술에 관한 정기적인 세미나 발표 및 연구 진행상황 공유를 통해 관련 최신 기술을 수집 및 원활한 연구 진행이 되도록 하며, 아래와 같은 타 기관과의 기술교류 및 자문을 통해 본 과제를 진행함
- 국내 A 연구실은 자율신경 반응 기반의 인간의 감성을 인식하는 분야에 저명한 기관으로, 자율신경 반응 신호 분석과 관련한 전문적인 지식을 보유하고 있음. 본 연구의 핵심 알고리즘인 자율신경 반응을 검출하는 기술에 반응별 특성에 관한 자료와 타당성에 대한 검증을 받을 계획임
- 국내 B 연구실은 시계열 신호 처리에 강점을 지닌 기관으로, 영상을 기반으로 획득한 자율신경 반응 신호 품질 향상시 잡음에 해당하는 성분의 제거 및 해당 신호의 해석에 대한 자료 역할로 적극적으로 활용할 계획임
- 국내 C 기업은 임베디드 기반의 소프트웨어 및 하드웨어 개발을 전문으로 하는 기업으로 소프트웨어 최적화 능력을 보유하고 있음. 본 연구에서의 최종 통합 모델을 구현함에 있어 최적화에 대한 기술 자문을 의뢰하여 성능 문제를 해결할 계획임
- 국내 D 기업은 카메라를 전문으로 하는 기업으로, 특히 본 연구의 열화상 카메라 활용에 있어 최적의 카메라 구성 및 열화상 영상 분석에 대한 협력을 통해 원활한 연구 진행에 활용할 계획임
- 국내 E 대학교는 얼굴에 대한 검출 및 추적과 관련된 연구를 다년간 수행하였고, 현재도 지속적으로 진행하고 있음. 안정적인 얼굴 영역 확보를 위해 관련 기술 자문을 의뢰하여 측정 모델 구현에 적극 활용할 계획임
- 아래와 같은 추진일정으로 논문 및 특허 등의 정량실적을 산출할 계획임

[연도별 연구 추진일정]

연도	연구의 내용	추진일정				비고
		1분기	2분기	3분기	4분기	
2019	가시광 카메라 기반 PPG 검출 기술 개발	○	○			SCI 저널논문, 특허
	적외선 열화상 카메라 기반 SKT 및 RSP 검출 기술 개발		○	○		국제학술대회
	적외선 열화상 카메라 기반 GSR 검출 기술 개발		○	○	○	SCI 저널논문, 특허
2020	자율신경 반응 신호 측정 알고리즘 고도화 및 최적 환경 분석	○	○	○		국제학술대회, 기술이전
	자율신경 반응 신호 품질 향상 기법 개발		○	○	○	SCI 저널논문, 특허
2021	복수 자율신경 반응 검출을 위한 최적화 수행	○	○	○		SCI 저널논문, 기술이전
	복수 자율신경 반응 통합 측정 모델 개발		○	○	○	SCI 저널논문

5. 연구결과의 중요성

- 기존에는 사람의 자율신경 반응을 분석하기 위해 몸에 무언가를 착용하거나 부착해야 하는 접촉 방식의 측정이 이루어져 왔음

- 동시에 한 가지 이상의 자율신경 반응을 측정하려면 각각의 측정 장치에 대한 설치 및 복잡한 사전 준비 과정이 동반되어야 했으며, 이러한 까닭으로 측정 환경이 복잡해지고 분석자는 각각의 신호를 동기화하는 데에 많은 노력이 소요되었음
- 또한, 몸에 추가적인 장비나 센서 부착으로 인한 사용자의 불편함을 유발하고 유아 등과 같은 피부가 약한 사람 및 화상 환자의 경우 측정이 어렵다는 한계가 존재했음
- 하지만 통합된 원거리 자율신경 반응 측정 기술을 개발을 통해 단순한 측정 환경 제공하고 분석자에게 별도의 동기화 노력을 필요하지 않을 뿐만 아니라 사용자로 하여금 자연스러운 측정을 가능하게 함
- 특히 원격 의료, 폴리그래프 검사, 감성 인식 등의 분야에서 활용되어 보다 자연스러운 자율신경 반응을 분석가능하게 함으로써 보다 자연스러운 상태의 사용자 분석을 제공할 수 있을 것으로 판단됨

6. 연구기간 및 연구비 적정성

[연구기간의 적정성]

- 제안하는 연구과제는 3년동안 아래와 같은 연구 내용으로 진행됨

연차	연구의 내용
1차년도	가시광 카메라 기반 PPG 검출 기술 개발
	적외선 열화상 카메라 기반 SKT 및 RSP 검출 기술 개발
	적외선 열화상 카메라 기반 GSR 검출 기술 개발
2차년도	자율신경 반응 신호 측정 알고리즘 고도화 및 최적 환경 분석
	자율신경 반응 신호 품질 향상 기법 개발
3차년도	복수 자율신경 반응 검출을 위한 최적화 수행
	복수 자율신경 반응 통합 측정 모델 개발

- 연차별로 2~3개의 연구 내용이 정해져 있으며, 동일한 연구목표를 가지는 내용을 각 연차별로 진행할 수 있도록 계획하였음
- 연차별 연구내용들 뿐만 아니라, 동일 연차 안의 내용들 간 연구의 유사도가 없으므로 좁은 범위의 내용을 고의적으로 넓히지 않았으며, 동일 연차 내 연구 내용은 선후관계만을 가지고 있음
- 각 연구내용별로 SCI 저널논문, 국제학술대회 논문, 특허출원등의 정량 실적과 mapping 되어 있는 바, “분석 → 설계 → 개발 → 실험 → 논문(특허)”의 프로세스 기반으로 6~9개월씩 진행되어야 할 필요가 있음
- 따라서, 본 연구계획서에서 제시한 연구기간은 적절한 것으로 판단됨

[연구비의 적정성]

- 가. 1차년도 (9개월)

년도	연구목표	연구내용	소요예산 (백만원)
1차년도	원거리 카메라 기반 자율신경 반응 검출 기술 개발	가시광 카메라 기반 PPG 검출 기술 개발	40
		적외선 열화상 카메라 기반 SKT 및 RSP 검출 기술 개발	50
		적외선 열화상 카메라 기반 GSR 검출 기술 개발	50

- (1) 필요 인력 및 인건비: 학사과정 2~3명, 석사과정 3명, 박사과정 3명이 참여율 40% 수준으로 참여하여, 이에 따른 학생인건비를 약 8천만원 책정하였음
- (2) 장비 및 재료의 구입 필요성 및 비용: 많이 피험자들을 대상으로 영상을 취득하여 저장하는데 필요한

카메라 센서 및 SSD 구입에 필요한 재료비를 1.2천만원 책정.

(3) 기타 비용

- 연구활동비: 국제학술대회 논문 발표에 필요한 국외여비 4인 예산 6백만원 할당. SCI 저널 논문 2편 제출을 위한 영문교정 원고료 1백만원 책정.
- 연구과제추진비: 국내학술대회 참석을 위한 참여연구원 5인 국내여비 2백만원 할당. 사무용품 구입을 위한 예산 50만원과 1회/2주 회의에 필요한 비용 2백만원 책정
- 연구수당: 연구책임자 평가(정량평가 50%, 정성평가 50%)에 따른 차등 지급을 원칙으로 하며, 인건비의 20% 이내 수준에서 1000만원을 책정하였음

나. 2차년도

년도	연구목표	연구범위	소요예산 (백만원)
2 차 년 도	자율신경 반응 신호 품질 고도화 기술 연구	자율신경 반응 신호 측정 알고리즘 고도화 및 최적 환경 분석	90
		자율신경 반응 신호 품질 향상 기법 개발	90

- (1) 필요 인력 및 인건비: 석사과정 4명, 박사과정 3명이 모두 참여율 40%로 참여하여, 이에 따른 학생 인건비를 약 9천만원 책정하였음
- (2) 장비 및 재료의 구입 필요성 및 비용: 많이 피험자들을 대상으로 영상을 취득하여 저장하는데 필요한 카메라 센서 및 SSD 구입에 필요한 재료비를 1.2천만원 책정. 센서는 소모성이고, SSD는 연차별 연구진행에 따라 데이터가 누적되므로 추가 필요.
- (3) 기타 비용
- 연구활동비: 국제학술대회 논문 발표에 필요한 국외여비 4인 예산 6백만원 할당. SCI 저널 논문 2편 제출을 위한 영문교정 원고료 1백만원 및 Open Access 저널 게재 비용 4백만원 책정
 - 연구과제추진비: 국내학술대회 참석을 위한 참여연구원 5인 국내여비 2백만원 할당. 사무용품 구입을 위한 예산 50만원과 1회/2주 회의에 필요한 비용 2백만원 책정
 - 연구수당: 연구책임자 평가(정량평가 50%, 정성평가 50%)에 따른 차등 지급을 원칙으로 하며, 인건비의 20% 이내 수준에서 1300만원을 책정하였음

다. 3차년도

년도	연구목표	연구범위	소요예산 (백만원)
3 차 년 도	복수 자율신경 반응 측정을 위한 통합 모델 개발	복수 자율신경 반응 검출을 위한 최적화 수행	90
		복수 자율신경 반응 통합 측정 모델 개발	90

- (1) 필요 인력 및 인건비: 석사과정 4명, 박사과정 3명이 모두 참여율 40%로 참여하여, 이에 따른 학생 인건비를 약 9천만원 책정하였음
- (2) 장비 및 재료의 구입 필요성 및 비용: 많이 피험자들을 대상으로 영상을 취득하는데 필요한 카메라 센서 구입에 필요한 재료비 1.2천만원 책정. 얼굴인식 및 정맥인식 장비 제작에 투입되는 재료성으로, 제작 중 고장의 위험이 있어 충분한 수량이 필요.
- (3) 기타 비용
- 연구활동비: 국제학술대회 논문 발표에 필요한 국외여비 4인 예산 6백만원 할당. SCI 저널 논문 2편 제출을 위한 영문교정 원고료 1백만원 및 Open Access 저널 게재 비용 4백만원 책정
 - 연구과제추진비: 국내학술대회 참석을 위한 참여연구원 5인 국내여비 2백만원 할당. 사무용품 구입

을 위한 예산 50만원과 1회/2주 회의에 필요한 비용 2백만원 책정

- 연구수당: 연구책임자 평가(정량평가 50%, 정성평가 50%)에 따른 차등 지급을 원칙으로 하며, 인건비의 20% 이내 수준에서 1300만원을 책정하였음

7. 기타

제안 연구 내용 중 PPG 자율신경 반응 신호 측정에 관한 내용은 2018년 대검찰청, 한국연구재단 주관으로 열린 4차 산업혁명 시대의 과학수사 대학(원)생 아이디어 공모전 대상을 수상한 아이디어 기술 중 하나임. 현재 용의자 신문 과정에서 진술의 신빙성을 확인하거나 자백을 받아내기 위한 용도로 사용되고 있는 폴리그래프 검사는 주로 고가의 접촉 방식의 장비들 기반으로 사용되고 있음. 하지만, 다양한 용의자들을 고가의 장비가 있는 수사실로 데려와야만 한다는 점과 접촉 방식에 따른 사용자들의 불편함 등의 단점이 존재함. 최근 대검찰청에서는 제안한 비접촉식 생리반응 측정 아이디어를 적극적으로 시도해보고자 하는 입장을 가지고 있으며, 이러한 추세에 비추어볼 때 원거리 카메라를 기반으로 한 복수 자율신경 반응 측정이 가능한 통합형 측정 모델에 대한 연구가 성장가능성을 가진 기술로써 추후 높은 기술 가치를 가질 것으로 기대됨

[참고문헌(Reference)]

1. 기존에 Cb-Cr 평면에서의 피부색의 군집적 특성을 이용하여~

[Suh, K. H., & Lee, E. C. (2017). Contactless physiological signals extraction based on skin color magnification. Journal of Electronic Imaging, 26(6), 063003.]

2. 비슷한 시기에 CIRLab 색 공간에서의 a 성분을 이용하여~

[Yang, Y., Liu, C., Yu, H., Shao, D., Tsow, F., & Tao, N. (2016). Motion robust remote photoplethysmography in CIE Lab color space. Journal of biomedical optics, 21(11), 117001.]

3. 기존 연구에 따르면, 일반적으로 사람의 신체 중에서 땀샘은

[Taylor, N. A., & Machado-Moreira, C. A. (2013). Regional variations in transepidermal water loss, eccrine sweat gland density, sweat secretion rates and electrolyte composition in resting and exercising humans. Extreme physiology & medicine, 2(1), 4.]