

적외선 열 특성 지수를 이용한 손 온도 분포 해석

Infrared Thermography in Human Hand

*김은정, *신승원, *김경섭

*Eun-Jung Kim, *Seung-Won Shin, *Kyeong-Seop Kim

Abstract - It is important to estimate the hand skin temperature because it reveals not only physiological properties of a certain diseases but also it can estimate even human mental-stress conditions. In this study, we try to estimate the temporal skin temperature distribution of human hand by applying stress-cold test to possibly apply to estimate a subject's blood circulation condition in his or her hand in terms of normal or abnormal state.

Key Words : Hand, Color Image, Infrared Image, ROI(Region of Interest)

1. 서 론

모든 물체는 물체가 가진 온도의 작용으로 적외선 에너지를 방출한다. 적외선 에너지는 전자기파 스펙트럼의 일부분으로서 파동성을 가진 눈에 보이지 않는 빛이다. 적외선 영상은 이와 같은 적외선 영역의 파장을 검출하여 피사체의 표면온도를 각각의 온도의 높낮이에 따라 수천 개의 점으로 표현한 영상이다. 그러므로 적외선 영상은 피사체의 온도 정보를 포함하고 있다. 이러한 적외선 영상은 상업적으로나 군사적으로 여러 분야에 사용되고 있다. 최근에는 적외선 영상을 이용하여 열 특성 지수를 도출, 의학 분야에서 말초 혈관 질환, 국부의 신진대사 질환 등을 진단하는 방법이 널리 사용되고 있다. 또한 적외선 온도 영상에서 손과 발의 부위를 정확히 추산할 수 있다면 수족 냉증이나 당뇨병 같은 질환의 징후와 진행 상태를 손쉽게 파악할 수 있다. 하지만 단순히 온도 분포에 따라 손과 발의 영역을 추출하고자 하면 원하지 않는 영역이 검출되어 정확한 영역이 추출되지 않을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 컬러 영상과 적외선 영상을 동시에 획득하여 컬러 영상의 HSI 정보값과 적외선 영상의 온도 값을 동시에 활용하여, 관심 영역을 정확하게 추출하고, 추출된 후보 영역의 열 특성 지수를 도출하고자 하였다. 본 연구에 사용된 적외선 영상장비는 FLIR Systems™사의 ThermoCAM™ P20 모델이고, PC Windows 기반의 MFC

(Microsoft Foundation Class) 프로그램으로 알고리즘을 구현하였다. 또한 평균 25.4세의 건강한 피험자 10명을 대상으로 냉각 부하 검사 (Cold Stress Test)를 수행하여 손 영역의 온도 변화를 시간대 별로 측정하였다.

2. 본 론

2.1. 관심 영역 추출

정확한 관심 영역을 추출하기 위해서 적외선 영상정보와 CCD 컬러 영상정보를 모두 사용한다. 이를 위하여 그림 1과 같이 CCD 컬러 영상과 적외선 영상을 동시에 획득할 수 있는 장치를 이용하여 각각의 영상을 획득한다. 그림 1은 적외선 영상과 컬러 영상 동시 획득 장치의 예를 보여준다.

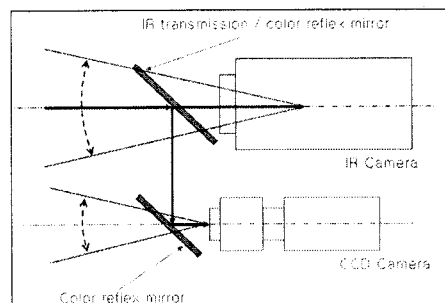


그림 1. CCD 컬러 영상과 적외선 영상의 동시 획득 장치.

저자 소개

- * 金 恩 町 : 建國大學校 醫學工學部
- * 辛 承 元 : 建國大學校 醫學工學部 碩士課程
- * 金 敬 燮 : 建國大學校 醫學工學部 助教授 · 工博

획득한 적외선 영상은 1차적으로 온도 분포에 따른 후보 영역을 추출하여 이진화 (Binarization)하고, 컬러 영상은 HSI 컬러 공간으로 변환하여 H와 S의 값의 분포에 따라 이진화를 수행한다. 본 연구에서는 냉각부하검사를 수행하므로 사용자가 온도 분포를 조절하여 관심 영역을 추출할 수 있도록 하였다. 또한 CCD 컬러 영상에서는 일반적으로 많이 사용되는 RGB 컬러 공간은 각각의 색상이 모두 조명의 영향을 받기 때문에, 밝기 정보만을 개별적으로 조절할 수 있는 HSI 컬러 공간으로 변환하여 조명의 영향을 조절할 수 있도록 하여 후보 영역을 추출할 수 있도록 하였다.

따라서 위의 과정을 거친 두 영상의 정보를 각각 형태학적 필터링 (Morphological Filtering), 기하학적 교정 (Geometrical correction) 의 순서로 영상처리를 수행하였다. 그 후 그림 2와 같이 수행된 두 결과 영상을 논리합 (Logical AND) 연산을 수행하여 관심 영역을 추출한다. 그림 2는 컬러 영상 과 적외선 영상의 논리합을 활용한 관심 영역 추출 알고리즘을 보여 준다.

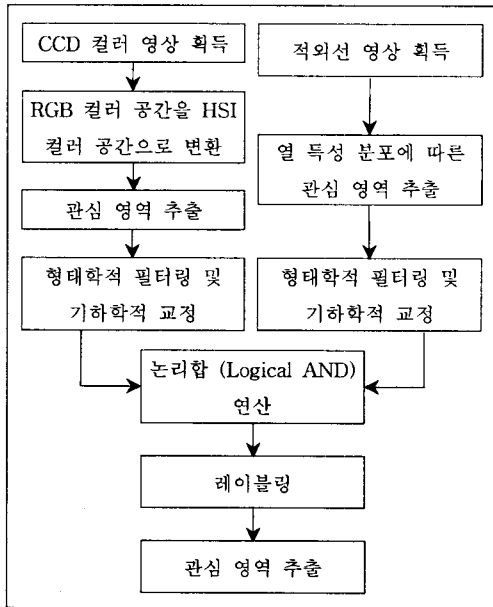


그림 2. 적외선 영상과 CCD 컬러 영상의 논리합을 이용한 관심 영역 추출 알고리즘.

또한 그림 3은 획득한 영상과 영상 처리를 수행한 후의 결과 영상을 보여주고 있다. 그림 3의 (a)와 (b)는 각각 획득한 컬러 영상과 적외선 영상을 나타내고, (c)는 두 영상을 각각 이진화(Binarization), 형태학적 필터링(Morphological Filtering), 기하학적 교정(Geometrical correction) 과정을 거친 결과 영상을 논리합(Logical AND) 연산을 수행하여 추출한 관심 영역을 보여준다. (d)는 레이블링(Labeling) 연산을 수행하여 추출한 관심 영역을 분할하여 완전한 손 영역을 도출한 영상을 보여준다.

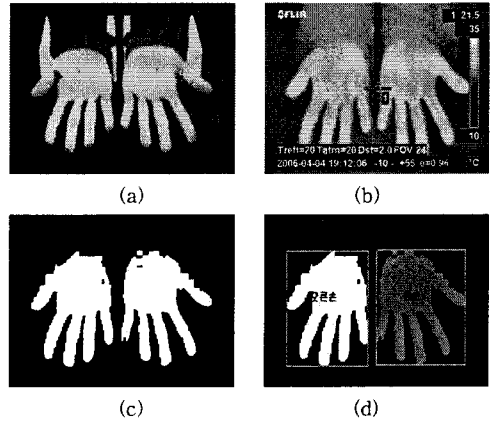


그림 3. 획득한 영상과 추출된 관심 영역 도출.

- (a) CCD 컬러 영상.
- (b) 적외선 영상.
- (c) 논리합 연산이 완료된 후보 영상.
- (d) 추출된 관심 영역 도출.

2.2. 냉각 부하 검사 (Cold Stress Test)

냉각 부하 검사(Cold Stress Test)는 신체에 냉각 부하를 주어 체온이 떨어지는 정도와 일정 시간 후에 회복되는 정도를 측정하는 검사이다. 이 방법은 혈액 순환의 상태와 함께 말초 혈관의 손상 정도를 파악할 수 있어 수족 냉증의 진단이나 당뇨병의 진행 상태를 파악하는 방법으로 많이 사용되고 있다. 일반적으로 적외선 체열 촬영(DITI)과 함께 사용하여 좀 더 정확한 측정 결과를 얻고 있다. 본 연구에서는 피험자 10명을 대상으로 3℃의 얼음물에 15초간 손을 담갔다 꺼낸 직후 체온 영상을 촬영하고, 3분, 6분, 9분이 경과한 후의 각각의 체온 영상을 촬영하여 손 영역의 온도 분포의 변화를 추적하였다. 손 전체 영역 외에 손가락 부분만의 온도 분포의 변화도 측정하고자 하였는데, 이를 위하여 ROI (Region of Interest) 를 직접 수작업으로 설정하여 관심 영역의 컬러 정보와 온도 분포 값을 도출하였다. 그림 4는 ROI를 수작업으로 설정하고 관심 영역의 컬러 정보와 온도 분포 값을 도출한 것을 보여준다.

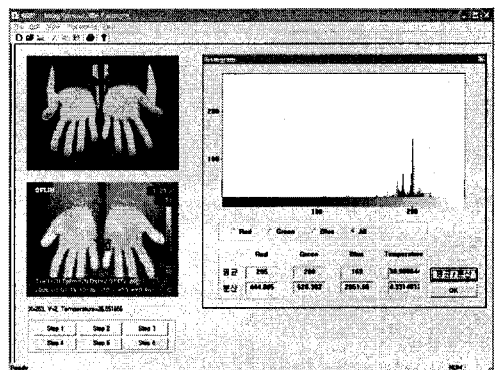


그림 4. 수작업으로 설정한 ROI와 설정한 영역의 컬러 정보와 온도 분포.

2.3. 시간에 따른 온도 분포 변화

평균 25.4세의 건강한 남녀 피험자 각 5명을 대상으로 냉각 부하 검사 (Cold Stress Test)를 수행하여 손 영역의 온도 변화를 시간대 별로 측정하였다. 그림 5는 여성 5명의 오른쪽 손바닥의 체온 분포 평균의 변화이고, 그림 6은 남성 5명의 오른쪽 손바닥의 체온 분포 평균의 변화이다. 여성의 경우 처음 3분이 지난 후에는 온도 변화가 크게 없고 남성의 경우는 지속적으로 온도가 증가하는 것을 볼 수 있다.

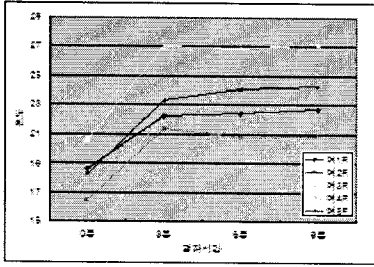


그림 5. 여성 5명의 오른쪽 손바닥의 시간에 따른 온도 분포 평균의 변화.

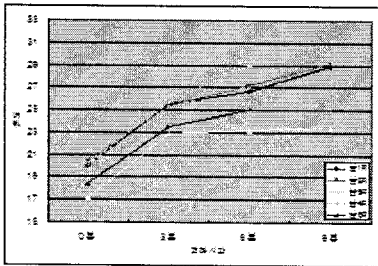


그림 6. 남성 5명의 오른쪽 손바닥의 시간에 따른 온도 분포 평균의 변화.

그림 7과 8은 남성 피험자 1명에 대하여 각 손가락 영역의 체온 분포 평균의 변화를 보여준다. 그림 7은 엄지와 검지의 온도 평균의 변화를 나타내고, 그림 8은 중지, 약지, 소지의 온도 평균의 변화를 나타낸다. 오른쪽 손가락 영역들의 온도 변화에 비하여 왼쪽 손가락 영역들의 온도 변화가 더디게 나타난다. 따라서 이 피험자는 왼쪽 손가락의 혈액 순환이 잘 되지 않음을 알 수 있다.

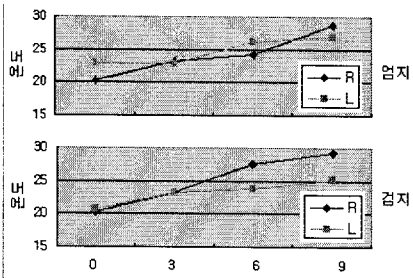


그림 7. 남성 피험자 1명의 엄지와 검지 영역의 체온분포.

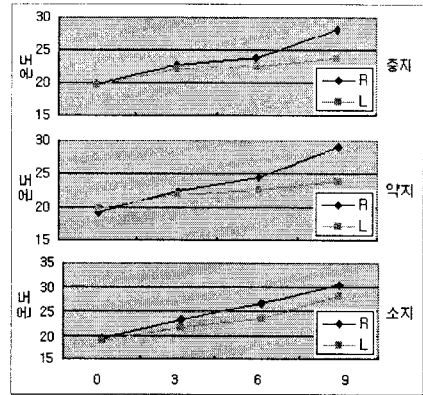


그림 8. 남성 피험자 1명의 중지, 약지, 소지의 체온분포.

3. 결 론

본 연구에서는 적외선 영상에서 관심 영역의 열 특성 지수를 이용하여 후보 영역을 추출하고, 또한 CCD 컬러 영상에서 HSI 컬러 공간의 정보를 이용하여 관심 영역의 후보 영역을 추출하여 두 영상을 통해 획득한 각각의 얼굴 후보 영역을 논리합 연산을 통하여 최종 관심 영역을 추출하였고, 추출한 영역을 이용하여 관심 영역의 온도 분포를 획득하였다. 또한 실제로 피험자 10명을 대상으로 냉각부하검사를 수행하여 온도 변화를 관측하였다. 양쪽 손의 영역을 구분하여 비교하는 것 뿐 아니라, 손가락 영역을 직접 선택하여 국부의 온도 변화도 관측할 수 있었다.

향후, 관심 영역을 추출하는 알고리즘을 보완하여 자동화하고, 실시간으로 데이터를 획득하여 축적한다면 온도 변화에 따른 환자의 건강상태를 실시간으로 파악하고자 하는 Health Monitoring 분야에 활용이 가능할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

본 연구는 산업자원부 산하 “실버의료기기 핵심기술 개발 사업(과제번호:10022761-2005-12)”의 지원을 받아 수행되었습 니다.

참 고 문 헌

- [1] M. Shikano, K. Murakami, M. Tomita, M. Hasegawa, H. Hasegawa, S. Sugiyama, H. Sobajima, "Infrared thermography and diabetic foot", Engineering in Medicine and Biology Society, 2001. Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE, Volume 3, 25-28 Oct. 2001, Page(s):2873, vol.3
- [2] 윤태호, 김경섭, 한명희, 신승원, 김인영, "CCD 컬러영상과 적외선 영상을 이용한 얼굴 영역 검출", 정보 및 제어 심포지엄 (ICS '05) 논문집, pp. 60-62, 2005.
- [3] FLIR Systems™, ThermoCAM™ Researcher User's manual.