
3D Noise Reduction 방법에 기반한 열 영상 잡음 감쇠에 관한 연구

김명광* · 김영길**

*아주대학교 · **아주대학교

A Study of Thermal Imaging Noise Reduction based on 3D Noise Reduction Method

Myung-kwang Kim* · Young-kil Kim**

*Ajou University · **Ajou University

E-mail : hainya@ajou.ac.kr

요 약

최근 적외선 열 영상의 유용함이 발표되어감에 따라 이 기술에 대한 이해와 도입폭이 점진적으로 넓혀져 가고 있다. 국내는 물론 세계적으로 많은 제조, 개발 관련 업체들이 생겨나고 있으며, 업체들의 기술이 발전함에 따라 높은 온도 분해능과 해상도는 물론, 시스템 전체의 크기가 휴대가 가능할 정도로 소형화 되어가고 있는 추세이다.

이러한 열 영상 카메라에서 중요한 역할을 하는 적외선 열 감지 센서에서는 주변 온도, 대상 온도, 표면 온도 등의 측정 오차 및 열상 측정 소자의 온도, Bias 불안정 등의 매우 다양한 원인으로 인한 잡음이 발생하기 쉽다. 이러한 다양한 잡음의 감소는 해상도 및 온도 분해능의 향상과 직결되므로, 잡음을 줄이기 위한 많은 연구가 도처에서 행해지고 있다.

본 논문은 이러한 노력의 일환으로써 각각의 잡음 원인을 규명하지 않고 최종 열 영상 출력물에서 인접 프레임들의 비교, 혼합 하여 제거하는 3D Noise Reduction 기술을 이용해 노이즈를 감쇠하는 방법에 대해 연구하였다.

키워드

Thermal Imaging, 3D Noise Reduction, Infrared, 열 영상, 3D 잡음 제거

I. 서 론

적외선에 의한 열 영상(Thermography)의 원리는 1960년대에 스웨덴에서 개발되어 한국에는 1980년 후반에 들어서 소개되기 시작했다.[1] 초기 개발된 적외선 열 영상 장치는 무게가 매우 무겁고 영상 분해능이 좋지 못했으며 동작환경의 설정이 매우 까다로웠고 가격 또한 매우 고가였다. 따라서 적외선 열 영상 장치를 개발, 제조하는 회사도 손에 꼽을 정도였다. 하지만 최근 적외선 열 영상의 유용함이 발표되어감에 따라 이 기술에 대한 이해와 도입 폭이 점진적으로 넓혀져 가고 있다.

적외선 감시기술은 최근 들어 비약적인 발전을 보이고 있다. 국내는 물론 세계적으로 많은 제조,

개발 업체들이 생겨나고 있으며 기술이 발전함에 따라 장비의 크기가 소형화 되고, 보다 높은 성능을 갖게 되어가고 있다.

기존에는 측정 소자의 온도 유지를 위해 액화 질소를 이용한 냉각시스템을 탑재해야 했으므로 무게가 수 십 킬로그램에 달했지만, 현재는 열전(Thermoelectrical) 방식의 냉각 소자를 이용해 냉각시키므로 무게도 크게 줄어 수 킬로그램 정도 밖에 되지 않으면서 성능은 더욱더 향상되었다.

본 논문은 2장에서 구현에 필요한 기반 기술들에 대해 설명하였고, 3장에서 이를 이용한 구현 방법을 제시하였으며, 4장에서는 실제 구현 결과를 나타내고, 마지막 5장에서 이를 정리하여 결론으로 끝을 맺는다.

II. 기반 기술

2장에서는 적외선 열 영상 시스템과 3차원 잡음에 대해 기술한다.

2.1 적외선 열 영상 (Thermal Imaging) 시스템

모든 물체는 절대온도 0K(-273.16℃) 이상에서 복사에너지를 방출한다. 이 에너지는 물체 내부의 원자 및 분자의 진동과 회전에 의해 발생하며 전도, 대류, 복사와 같이 다양한 방법을 통해 주위로 전파된다. 이러한 열의 전파 현상 중 복사 현상을 통해 적외선의 형태로 방사되는 물체의 에너지를 배경이 방출하는 에너지와 비교하여 사람의 눈으로 확인할 수 있도록 영상화 하는 장비를 적외선 열 영상 시스템이라고 한다.[2] 이 영상은 가시광선과 같이 반사되는 빛의 세기가 아닌 물체의 단위 면적, 시간 당 방출되는 복사 에너지 즉, 복사에미턴스(radiant emittance)를 영상화하므로 사람의 눈이 볼 수 없는 영역을 감시, 확인 할 수 있다는 장점이 있다.

이러한 장점들을 이용하여 각종 전력 장치들의 접촉 불량 부분의 발견, PCB(Printed Circuit Board) 상의 칩들의 동작 상태, 상수도의 누수 탐지, 전장(戰場)에서의 적들의 탐지, 사람이 접근하여 측정이 불가능한 고온의 현상의 관찰, 암(癌) 등의 이상 발열 현상 관찰 등과 같이 다양한 분야 및 목적으로 응용되어 사용되고 있으며 계속적으로 응용 분야를 넓혀가고 있는 추세이다.

적외선 열 영상 카메라는 특수 제작된 렌즈를 통해 물체로부터 적외선 에너지를 받아들여 2차원 영상으로 변환한다. 이렇게 변환된 영상은 대상 물체와 그 주위의 온도 분포를 나타내는 열 영상이 된다. 이 열 영상은 온도를 명도로 표현하는 영상이며, 일반적으로 높은 온도일수록 높은 명도(흰색)로 표시한다.

혹은 명도의 분해능이 좋지 않은 사람의 인식을 돕기 위해 각각의 온도를 적당한 Pseudo Color로 바꾸어 표시하는 경우도 있다. 예를 들어 사람들이 일반적으로 붉은 계열의 색은 높은 온도, 푸른 계열의 색은 낮은 온도라고 느끼는 것을 이용해 온도에 따른 색을 대치시키는 것이다. 현재 대부분의 열 영상 장비는 이러한 Psuedo Coloring 기법을 사용하고 있다.

2.2 3차원 잡음 (Three-Dimensional Noise)

영상에 나타나는 잡음은 시간과 공간을 합쳐 3차원으로 나타낼 수 있으며 총 8개의 종류로 분류할 수 있다. 잡음에 대한 이러한 접근 방법은 불규칙 잡음, 고정 패턴형 잡음, 줄무늬 잡음, 1/f 잡음 등의 모든 잡음 원인의 특성을 정의할 수 있다. 이 방법을 통한 잡음 분석은 잡음이 발생하는 원인이 되는 복잡하게 모델링된 물리 현상에

대한 이해 없이도 잡음 성분을 단순화 시킬 수 있다.[3]

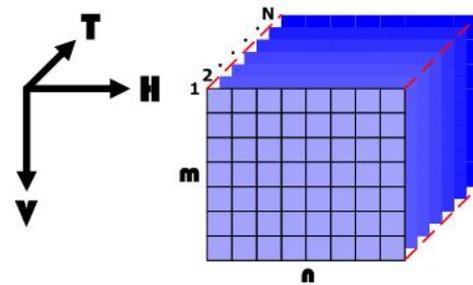


그림 1. 3차원 잡음 모델 좌표계

그림 1에 나타낸 것과 같이 T-차원은 영상의 Frame 순서를 나타내는 차원이다. 나머지 두개 차원 V, H는 영상의 공간적인 정보를 갖는 차원으로 사용된다. 현재의 영상에서 n과 m은 각각 가로, 세로 방향으로 열 검출 소자의 위치를 나타

표 1. 3차원 잡음의 분류

성분	설명
σ_{TVH}	랜덤 3차원 잡음
σ_{VH}	특정 Frame에서 발생한 공간적 잡음
σ_{TH}	Frame진행에 따른 열 평균값의 변화량 (rain)
σ_{TV}	Frame진행에 따른 행 평균값의 변화량 (streak)
σ_V	특정 Frame에서 발생한 행 평균의 변화량 (horiz. lines)
σ_H	특정 Frame에서 발생한 열 평균의 변화량 (vert. lines)
σ_r	Frame진행에 따른 Frame의 밝기 변화 (flicker)

내고 있다.

표 1은 각각의 3차원 잡음 성분들에 대하여 설명한 것이며 각 성분에서 첨자는 잡음의 방향성을 나타낸다.

시스템의 구성 및 동작 원리에 따라 이들 중 특정 잡음 성분이 우세하게 나타날 수도 있고 존재 하지 않을 수도 있다.

III. 열 영상에 적용

본 장에서는 앞서 설명한 잡음 이론을 기반으로 열 영상 카메라로부터 얻어진 열 영상을 분석하고, 3차원 잡음 제거 방법을 사용하여 영상을 선명하게 하는 방법을 제시한다.

논문에서 사용하는 영상은 개발 중인 열 영상

카메라를 사용하여 외란이 없는 정적인 사무실의 모습을 촬영한 것이며 해상도는 가로 320 Pixel, 세로 240 Pixel이며 30 Frame/Sec의 화면속도로 약 10초간 저장한 자료이다. 영상의 일부를 그림 2에 나타내었다.

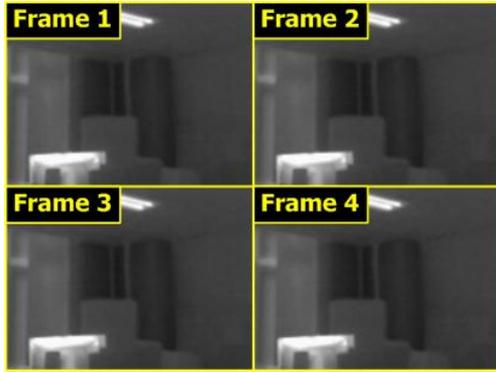


그림 2. 영상의 1~4번째 정지 화면

각각의 정지화상을 육안으로 확인 할 때는 영상 잡음이 전혀 없는 것처럼 보이나, 동영상으로 연속 재생 할 때는 화면 잡음이 사람 눈으로도 충분히 확인할 수 있을 정도였다.

먼저 잡음의 수치적인 분석을 위해 정지 화면 간의 차이를 다음과 같은 식으로 정의하였다.

$$Diff[i] = \sum_{y=1}^{240} \sum_{x=1}^{320} \{F_i[x,y] - F_0[x,y]\}$$

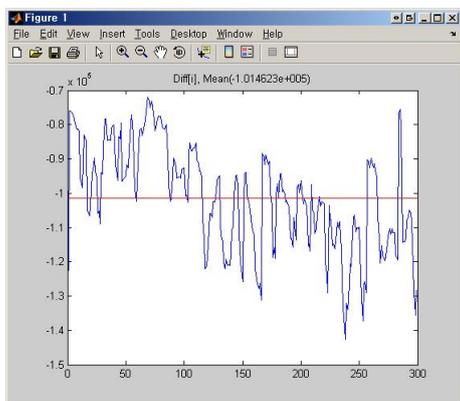


그림 3. Frame 간 변화량

위의 식을 이용한 계산 결과 평균적으로 -101,460 정도의 차이를 보였으며 자세한 데이터는 그림 3에 나타내었다.

이러한 Frame 간의 잡음을 감쇠하기 위해 본문에서는 그림 4와 같은 방법을 제시하였다.

추후 임베디드 시스템을 통한 구현을 위해 메모리를 적게 사용하는 IIR 필터의 형태로 설계하였고, 필터에 새로 입력되는 영상의 가중치 G는

영상이 정상 상태까지 도달하는데 걸리는 시간을 1초로 설정하였을 때의 반응 시간을 계산하여 0.1로 설정하였다.

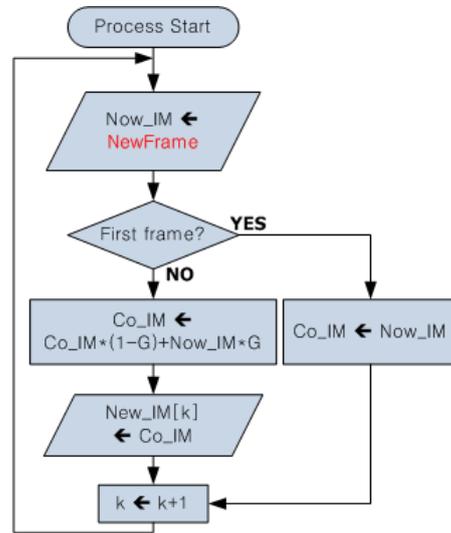


그림 4. 방법 제시

IV. 구현 결과

제시한 방법에 따라 처리한 영상의 분석 결과를 다음 그림 5에 나타냈다.

초기상태에서 정상 상태까지의 접근 시간이 약 30Frame 내외 이므로 이 부분을 제외한 나머지 부분의 Max-Min 값의 분석 결과 적용 전 43,700에서 적용 후 13,200으로 잡음이 약 70% 가량 감소한 결과를 보였다.

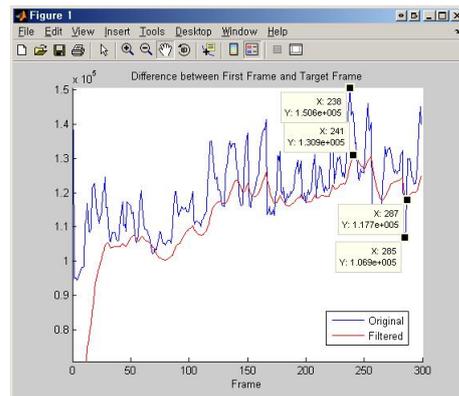


그림 5. Frame 변화 데이터

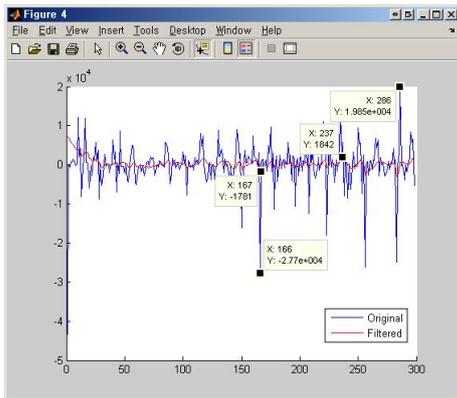


그림 6. Frame 변화의 미분 데이터

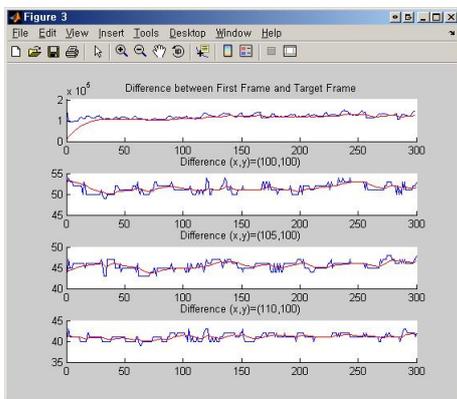


그림 7. Frame 변화에 따른 (100,100), (105,100), (110,100) 픽셀 데이터

또한 사람이 화상 잡음이라고 인식을 하는데 가장 큰 요인으로 지적되는 Frame 변화의 미분 데이터는 Max-Min 분석결과 적용 전 47,550에서 적용 후 3,623로 크게 줄어들어 90% 이상이 감소됨을 그림 6에서 확인 할 수 있었다. 임의 선정한 3개의 픽셀 값의 분석에서도 값의 변화량이 크게 줄어든 것을 그림 7에서 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 3-Dimensional Noise Reduction 방법을 이용해 열 영상의 노이즈 감쇠에 대하여 연구하였다. 논문의 실험 환경에서 설정한 카메라의 움직임 및 대상의 움직임이 거의 없는 제한적인 상황에서 제시한 방법을 통한 영상으로부터 노이즈의 감쇠를 확인할 수 있었다. 또한 제시한 방법 자체가 Low Pass Filter의 특성을 가지게 되므로 입력에 대한 출력에 대한 반응성이 둔해지게 되어 사람의 눈으로 구분될 만한 순간적인 영상 잡음은 무시되는 효과를 얻을 수 있었다.

향후 변화량이 큰 영상에 대해서도 적용하기

위해 Kalman 기법을 이용하는 노이즈 감쇠 방법 등의 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 김창중, 조민형, 이수열, “적외선 열영상 감시에 의한 설비 보전”, 조명전기설비학회지, 1995
- [2] 홍석민, 김현숙, “줌 광학계를 이용한 원적외선 열상장비의 설계 및 제작”, 한국광학회지, volume16,Number4,August 2005
- [3] Gerald C. Holst, “Common Sense Approach to Thermal Imaging”, SPEI Optical Engineering Press, 2000