

적외선 영상 환경에서 적응형 임계값을 이용한 동적영역 분할 히스토그램 평활화 기법

오선미, 송중석, 박종일

한양대학교

yessunmi@hanyang.ac.kr

A Contrast Enhancement algorithm using adaptive threshold
in infrared image environment

Sun-Mi Oh Joongseok Song Jong-II Park

Hanyang University

요약

영상 표시 장치에서 대조 이미지의 왜곡 현상을 보완하기 위해 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)와 플래토 평활화(Plateau Equalization)가 사용된다. 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)를 이용하여 명암대비를 증가 시킬 경우 과도한 이미지의 밝기 변화에 따른 과포화 현상이 발생하며 실시간 시스템에서는 물체 추적에 왜곡 현상이 발생한다. 특히, 적외선 영상(infrared image)과 같이 명암비가 한쪽으로 치우쳐 있는 영상들을 명암비를 개선하기 위해서는 플래토 평활화(Plateau Equalization)와 같은 영상 개선 방법이 필수적이다. 플래토 평활화에서는 임계값을 사용하는 방법이 제시되고 있지만 실험에 의한 최적 임계값을 찾아내는 방식이며, 이 방법은 입력되는 새로운 영상마다 임계값을 실험에 의해 매번 반복해서 도출해야 문제점이 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 과포화 되는 이미지 영역의 문제를 해결하기 위해 제시하는 방법으로 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)의 동적 분할하는 알고리즘에 근거하되, 입력 영상에 따라 적응적으로 임계값을 설정하는 기법을 제안한다. 실험을 통해 제안하는 방법이 실시간 영상에서 기존의 동적분할 히스토그램에 비해 자연스럽게 명암비를 개선하여 과포화 되거나 중요한 정보를 누락하여 왜곡 되지 않게 자연스러운 화면을 재생하는 방법을 제안한다.

1. 서론

적외선 영상(Infrared Image)은 주로 야간 물체 및 열 추적을 목적으로 사용되고 있다. 적외선 영상의 특성상 히스토그램 명암비가 한쪽으로 치우쳐 있기 때문에 효과적인 활용을 위해서는 영상의 개선 작업이 필수적이다. 영상의 명암비 개선하는 문제는 디지털 영상처리에서 중요한 이슈 중 하나로 많은 연구가 이루어져 왔다. 히스토그램 평활화는 가장 일반적인 방법으로써 영상의 회색도(Gray Level)를 균등하게 분포시켜 영상이 넓은 동적 영역을 가지게 하여 전체적으로 명암비를 향상시키는 역할을 한다. 간단하고 다양한 응용 분야를 가진 히스토그램 평활화는 밝기가 과포화 되거나 계조 현상을 발생 시키는 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위한 방법으로 히스토그램 영상의 동적 영역을 재분할하여 분할된 구간별 면적비를 구하는 방법이 있다[1]. 이 방법은 면적비에 따른 밝기 분포를 재분배함으로써 과도한 밝기의 변화를 억제하였다. 하지만, 분할된 동적 영역의 면적비가 한쪽에 편중되어 있을 때에는 재분배되는 구간의 간격이 너무 짧아져서 원 영상의 동적 영역이 과 압축되는 현상이 발생한다. 이 경우 영상의 과도한 명암비 향상으로 인해 영상의 계조도가 떨어지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 플래토 평활화 기법을 사용한다[2]. 이 방법은 임계값(Threshold)을 사용하여 위의 현상을 방지하고자 하였으나, 매 프레임마다 재계산을 해야 하는 실시간 영상에 적용할 경우 동일한 임계값에 따라 영상이 생성됨으로 명암대비 개선 효과가 떨어지며 영상의 부자연스러움이 부각되는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 플래토 평활화

기법의 임계값을 입력 영상에 따라 적응적으로 설정하여 실시간 영상에서도 부드럽게 영상을 개선시키는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 동적 영역 재분배 방법과 제안된 방법에 대해 설명하고 3장에서는 일반적인 평활화 기법을 적용한 영상과 제안한 알고리즘을 적용한 영상을 비교한 실험 결과를 논하며, 마지막으로 4장에서는 결론에 대해 논의 하였다.

2. 본론

2.1 플래토 평활화 (Plateau Equalization)

플래토 평활화는 영상의 과도한 명암비 향상으로 인한 계조도 감소 문제를 해결하기 위해 사용되는 방법이다[2]. 플래토 평활화는 히스토그램 평활화를 적용할 경우 매우 큰 밝기 값을 갖는 픽셀 주위의 노이즈 성분도 증폭되므로 임계치보다 큰 히스토그램 값을 무효 데이터로 처리하는 것이다. 플래토 평활화 기법은 강력한 대조 비 개선을 위한 알고리즘이다. 출력 밝기(Intensity)는 입력 밝기에 대해 가장 어두운 밝기에서부터 화소들의 누적의 합에 비례한다. 출력 영상 대조 비를 조절하는 것은 누적 합을 형성하는 히스토그램 값들을 지정된 상수 플래토 값으로 잘라내는 것이다. 플래토 효과는 주로 히스토그램 중앙부분을 형성하는 배경화소처럼 거의 같은 밝기를 지닌 화소들의 영향을 제한하는 것이다. 즉, 플래토 값이 어떤 히스토그램 대역에 있는 가장 높은 화소수와 같거나 크면 알고리즘은 히스토그램 평활화로 간소화

되며, 최대의 대조비를 나타낸다. 그림 1은 플래토 평활화 기법의 개념을 보여준다.

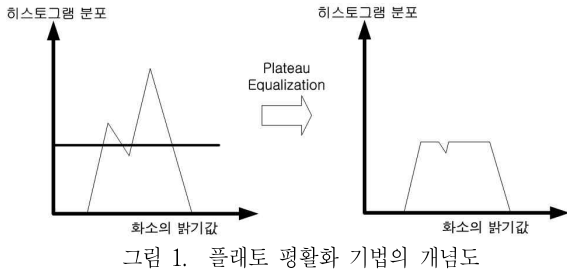


그림 1. 플래토 평활화 기법의 개념도

2.2 동적 영역 분할을 이용한 히스토그램 평활화 기법

2.2.1 동적영역 분할과 면적 계산

동적 영역(Dynamic Range)은 영상에 따라서 구간은 분할 할 수가 있으며 연산 량과 효율 면에서 4개의 분할된 동적 영역(SDR: Sub-Dynamic Range)으로 구분하는 것이 합리적이다[1]. 그림 2에서 Dynamic Range는 동적 영역의 길이이다.

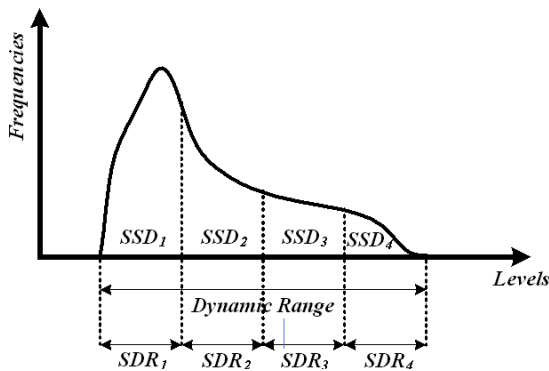


그림 2. 동적 영역 분할 및 구간별 면적의 계산

명암도 $[0, L - 1]$ 범위 내의 명암도를 갖는 영상의 히스토그램은 식 (1)과 같은 이산 함수로 정의 할 수 있다. X_k 는 k 번째 명암도 이고, n_k 명암도 X_k 가 가지는 화소수를 나타낸다. 8비트인 경우, $L = 255$ 값을 갖는다.

$$h(X_k) = n_k \quad (1)$$

분할된 동적 영역의 구간별 면적(SSD: Sum of Sub-Dynamic range)은 식(2)과 같이 히스토그램 구간 내의 총 합으로 정의할 수 있다.

$$SSD_k = \sum_{j=SDR_k}^{SDR_{k+1}} h(X_j) \quad (2)$$

여기에서 k 는 분할된 구간의 개수이고 j 는 히스토그램 인덱스다. 식 (3)와 같이 동적 영역 구간별 면적을 각 영상의 총 화소 수에 대해 나눠서 구간별 면적비(ARSD: Area Ratio of SSD)로 정의 할 수 있다.

$ARSD_k$ 의 총 합은 1이 된다.

$$ARSD_k = \frac{SSD_k}{n} \quad (3)$$

k 는 역시 분할된 개수이고, n 은 영상의 총 화소수이다. 히스토그램의 총 길이가 L 로 정의할 때 재분배 되는 구간 (RGR: Resized Gray scale Range)은 식(4)과 같이 히스토그램의 총 길이와 구간별 면적비의 곱으로 정의 할 수 있다.

$$RGR_k = L \times ARSD_k \quad (4)$$

분할된 구간의 면적 비는 재분배 되는 구간의 비에 비례한다. 만약 분할된 구간의 면적비가 클수록 재분배 되는 구간의 간격이 길어지며, 적을수록 재분배 되는 구간의 간격이 짧아진다. 입력되는 픽셀 값과 재분배되는 픽셀 값의 관계는 식(5)와 같다.

$$Y(n) = (X(n) - SDR_k) \times ARSD_k + \sum_{i=1}^k RGR_i \quad (5)$$

여기서 $X(n)$ 은 입력되는 픽셀 값이며, $Y(n)$ 은 출력되는 픽셀 값이다. 4개의 구간에서 $k = 0, 1, 2, 3$ 의 값을 가지게 되며, 면적 비에 따른 히스토그램 재분배 방법은 그림 3과 같다.

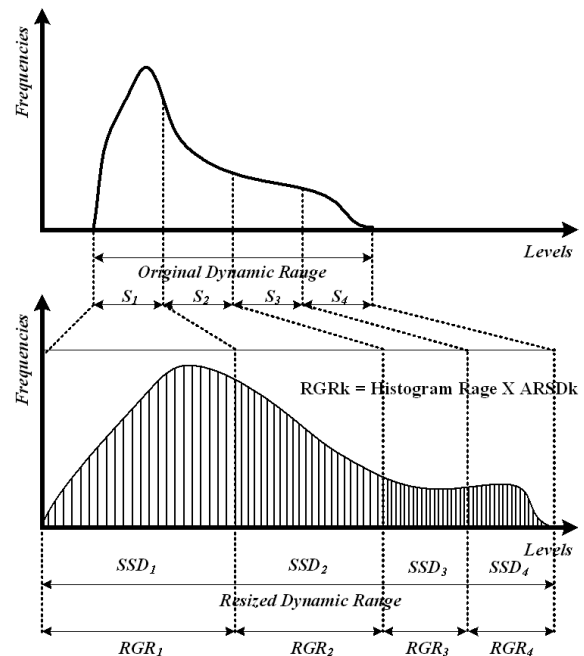


그림 3. 면적 비에 따른 히스토그램 재분배

분할된 동적영역의 면적비가 한쪽에 편중되어 있을 때 재분배되는 구간의 간격이 너무 짧아져 동적영역의 과 압축 현상 발생하게 되는데 이때 식(6)과 같이 보정인자를 적용하여 위와 같은 현상을 방지한다.

$$F_k = 1 - \alpha \times \left(\frac{L}{N} - RSDR_k \right) \quad (6)$$

2.3 제안하는 알고리즘

기존의 동적 영역 분할 히스토그램 평활화 (DRSHE:Dynamic Range Separate Histogram Equalization)의 경우 분할된 동적 영역의 면적비가 한쪽으로 너무 몰려 있을 경우 보정인자를 적용하여 재분배되는 구간의 간격을 조정하여 동적영역의 과도한 압축으로 인한 영상의 계조도 저하를 억제한다. 하지만, 보정인자는 사용자가 직접 설정해야 하고 연속된 프레임에 대해서 적응적으로 적용하기가 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문은, 이 문제점을 개선하기 위해 임계값을 입력 영상에 따라 적응적으로 설정하여 실시간 영상에서도 부드럽게 영상을 개선시키는 방법을 제안한다.

2.3.1 히스토그램 제한을 위한 자동 임계치 설정 방법

사용자가 직접 설정하는 파라미터(보정인자)는 알고리즘의 성능에 대한 조절성을 가진다는 장점이 있지만, 파라미터 최적화에 대한 문제점 또한 고려해야 한다. 기존의 DRSHE는 연속된 프레임에 대해 하나의 보정인자를 적용하기가 용이하지 않다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문은 입력 영상의 특성을 고려하여 매 프레임마다 적응적으로 보정인자를 결정하는 방법에 대해 초점을 맞추어 연구를 수행하였다.

입력 영상의 특성을 이용한 적응적 히스토그램 임계치 설정방법을 그림(4)에서 나타내었다. 첫 번째 단계로, 그림 4-(가)처럼 전체 영상에 대한 히스토그램의 평균값을 첫 번째 임계값으로 설정한다. 두 번째로, 그림 4-(가)에서 설정된 첫 번째 임계값 이상의 빈도수를 가지는 히스토그램 인자에 대한 평균값을 추출해 두 번째 임계값을 설정한다.(그림 4-(나)) 세 번째로, 그림 4-(다)와 같이 이 과정을 반복하여 수행한다. 본 논문에서는 평균값 추출을 3번 반복하였다. 이는 16bit 영상 데이터에 대한 실험치를 통해 최적화 된 값이다. 마지막으로 앞서 계산된 최종 평균값을 히스토그램의 상위 제한 임계값으로 설정하여 설정된 임계값으로 잘라 낸 히스토그램을 만들어 낼 수 있다.

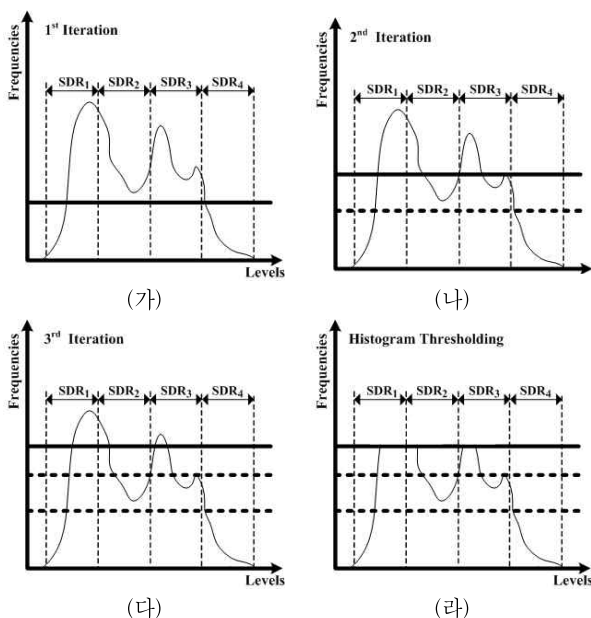


그림 4. 히스토그램 제한을 위한 임계치 설정법

그림 4-(라)와 같이 설정된 임계값에 의해 잘려진 최종 히스토그램은 전체 구간의 면적의 합은 1보다 적다. 임계값을 적용한 뒤에 전체 면적에 대한 구간별 면적비(RSDR : redistributed area ratio of SDR)의 합이 1이 되기 위해 식 (7)과 같이 보상을 취해 준다. m 은 그림 4-(라)와 같이 임계값 이하의 전체 이미지 면적이다.

$$RSDR_k = 255 \times \frac{SDR_k}{m} \quad (7)$$

그림 5와 같이 전체 구간을 1로 정규화 시켰을 때 각 면적의 비로 동적영역을 재분할($ARSD_k$) 하여 제안된 방식으로 임계값을 설정한다.

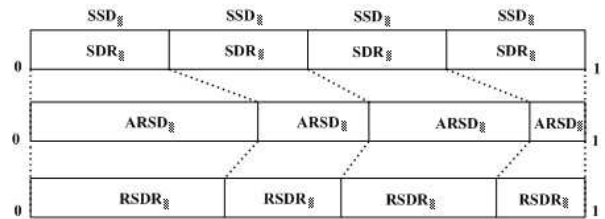


그림 5. 히스토그램 제한을 위한 임계치 설정법

2. 실험결과

이 방법은 VGA급 Vox 타입의 적외선 검출기를 적용한 카메라를 사용하였으며 Texas Instruments사의 DSP DM6446를 사용하여 구현을 하였다. 그림 6-(가)는 16bit 기반의 원 영상에 대해 히스토그램 정규화 및 스트레칭을 적용한 영상이다. 그림 6-(나)는 임계값을 기존 플래토 알고리즘을 적용한 결과이며 그림 6-(다)는 제안된 방법에 의해 계산된 임계값을 적용한 DRSHE에 의한 결과이다. 마지막으로, 플래토 평활화 기법(왼쪽 그림)과 제안한 알고리즘과(오른쪽 그림)의 성능 평가를 위해 노이즈 증폭에 대한 강인함을 비교한 결과를 그림 6-(라)에서 나타내었다. 제안된 방법의 영상이 플래토 평활화의 결과에 대해 노이즈는 더 억제하면서 동시에 상세한 부분의 이미지까지 표현함을 알 수 있다.

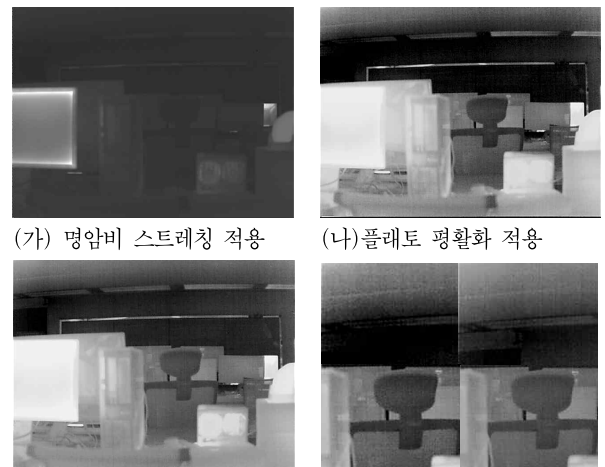


그림 6. 실험 결과 비교 영상

3. 결론

본 논문에서는 적외선 영상 환경에서의 적응형 임계값을 이용한 동적영역 분할 히스토그램 평활화 알고리즘을 제안하였다. 명암비 개선을 통한 과도한 밝기 변화는 사람의 눈에 쉽게 피로감을 느끼게 하며, 영상의 계조도를 저하시켜 영상이 흐릿하게 표현되는 원인을 제공한다. 실험 결과를 통해 제안된 알고리즘은 이 문제점을 개선하기 위해 임계값을 입력 영상에 따라 적응적으로 설정하여 실시간 영상에서도 과도한 밝기 변화를 억제하고 노이즈는 억제시켜 영상을 선명하게 개선시킨다. 또한 로그연산과 지수연산과 같은 복잡한 연산이 필요 없기 때문에 실시간 연산이 필요한 카메라에 적용이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력 과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음
(NIPA-2014-H0401-14-1001)

참고문헌

- [1] G.H. Park, et al., "A Contrast Enhancement Method using Dynamic Range Separate Histogram Equalization," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 54, No. 4, pp. 1981-1987, 2008.
- [2] 조흥기, 김수곤, 전희중 "Application of Local Histogram and Plateau Equalization Algorithm for Contrast Enhancement of Real Time Thermal Image", 대한전기학회, 전기학회논문지, 제53권, 제2호, p76-85, 2004
- [3] H. Yuan, et al., "An Adaptive Infrared Image Enhancement Algorithm for Enhanced Vision System," Journal of Computational Information System, 7 (11), 4090-4097, 2011.
- [4] C. Wang, et al., "Brightness Preserving Histogram Equalization with Maximum Entropy: A Variational Perspective," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 51, No. 4, pp. 1326-1334, 2005.
- [5] S. D. Chen, et al., "Contrast Enhancement using Recursive Mean-Separate Histogram Equalization for Scalable Brightness preservation," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 49, No. 4, pp.1301-1309, 2003.