

FCM 양자화 기반 퍼지 스트레칭

임은영 · 김남영 · 권희영 · 김광백*

신라대학교

FCM Quantization based Fuzzy Stretching

En-young Lim · Nam-young Kim · Hee-young Kwon · Kwang-baek Kim*

Silla University

E-mail : eyey14560@gmail.com / qq9966@naver.com / glshal123@naver.com / gbkim@silla.ac.kr

요 약

본 논문에서는 사다리꼴 형태의 소속 함수를 적용하여 스트레칭 하는 과정에서 상한과 하한을 FCM 기반 양자화 기법을 적용하여 동적으로 조정하는 퍼지 스트레칭 기법을 제안한다. 제안된 퍼지 스트레칭 기법은 FCM 기반 양자화 기법을 적용하여 각 클러스터를 생성하고 생성된 각 클러스터의 중심에 해당되는 명암도를 이용하여 사다리꼴 형태의 소속 함수의 구간을 설정한다. 그리고 설정한 구간 정보를 이용하여 스트레칭을 위한 상한과 하한을 구하여 영상을 스트레칭 한다. 제안된 FCM 양자화 기반 퍼지 스트레칭 기법의 성능을 분석하기 위해서 명암도 분포가 좁고 명암 대비가 낮은 결절종 초음파 영상과 컨테이너 영상을 대상으로 실험하였다. 실험 결과에서도 알 수 있듯이 기존의 히스토그램 스트레칭 기법과 삼각형 형태의 소속 함수를 적용한 퍼지 스트레칭 기법보다 명암 대비가 향상되었다. 결절종 초음파 영상에서는 결절종 영역과 그 외의 영역 간의 명암 대비가 뚜렷하게 나타나서 결절종 추출에 효과적인 것을 확인하였고 컨테이너 영상에서는 컨테이너 데미지를 추출하는데 필요한 컨테이너 굴곡선 등과 같은 특징이 다른 기법들에 비해 선명하게 나타났다.

키워드

FCM 기반 양자화, 사다리꼴 형태의 소속 함수, 퍼지 스트레칭, 상한, 하한

1. 서 론

사람의 눈은 대비에 민감하게 작용하므로 대체적으로 대비가 높은 영상일수록 영상의 품질이 향상되어 보인다. 높은 명암 대비란 영상의 명암도 값의 분포가 넓은 지역에 균형 있게 퍼져있는 것을 의미하고, 반대로 전체적인 명암도가 흐리거나 혹은 너무 밝거나 너무 어두운 영상들은 낮은 명암 대비 영상으로서 영상의 히스토그램 명암도 분포 값이 특정 지역으로 치우치는 경우를 의미한다. 이러한 낮은 명암 대비 영상을 높은 명암 대비 영상으로 바꾸는 과정을 영상 대비 향상이라고 하는데, 영상 대비 향상 과정은 영상 처리 분야의 전처리 과정으로서 매우 중요한 역할을 한다[1].

스트레칭 기법으로 크게 두 종류로 구분된다 [2]. 하나는 명암 대비 스트레칭이고 다른 하나는 앤드인 탐색(Ends-in Search)이다. 명암 대비 스트

레칭은 특정 부분에 명암 값이 치우쳐 있는 영상에 적용된다. 두 번째 방법으로 앤드인 탐색은 영상의 명암 값이 넓은 범위에 있기는 하지만 히스토그램에서 특정한 골이나 마루가 있는 영상에 적용된다. 그러나 앤드인 탐색 기법은 상한과 하한에 대한 백분율을 경험적으로 설정하므로 영상에 따라 영상의 품질이 낮아지는 경우도 발생한다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 삼각형 형태의 소속 함수를 적용한 퍼지 스트레칭 기법이 제안되었다[2]. 퍼지 스트레칭 기법은 기존의 방법 보다 명암 대비가 비교적 증가되어 명암 대비가 더욱 뚜렷하게 나타나지만 스트레칭의 하한과 상한을 설정하는 α_{cut} 값에 따라 명암 대비의 성능이 좌우된다. 따라서 이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 논문에서는 사다리꼴 형태의 소속 함수를 적용하여 스트레칭에 필요한 하한과 상한을 FCM 기반 양자화 기법을 적용하여 구하고 스트레칭 하는 방법을 제안한다.

* corresponding author

II. 제안된 FCM 양자화 기반 퍼지 스트레칭

기존의 퍼지 스트레칭 기법은 히스토그램 스트레칭 기법보다 낮은 명암 대비 영상에서도 비교적 명암 대비를 향상시킬 수 있다. 그러나 그림 1과 같은 소속 함수[2,3]에서 스트레칭의 하한과 상한을 설정할 때 적용되는 α_cut 을 경험적으로 설정하기 때문에 영상에 따라서 명암 대비를 향상시킬 수 없는 경우가 발생한다.

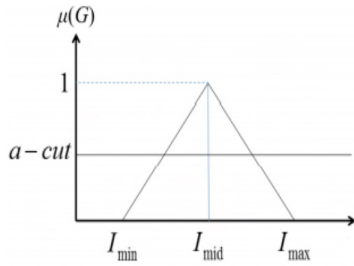


그림 1. 삼각형 형태의 소속 함수

본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해서 FCM 클러스터링 기법[4,5]을 적용하여 클러스터들의 중심에 해당하는 명암도들의 평균값과 클러스터들의 중심에 해당하는 명암도 중에서 최소 명암도와 최대 명암도를 구하여 사다리꼴 형태의 소속 함수의 구간을 정한다. 그리고 구한 구간들을 이용하여 스트레칭에 필요한 하한과 상한을 구하여 영상을 스트레칭 한다.

영상의 각 픽셀별 R 컬러값을 이용해 명암도를 계산한다. FCM을 적용하여 각 클러스터의 중심에 해당하는 명암도 값들의 평균값을 C_{avg} 로 정의하고 생성된 클러스터들의 중심에 해당하는 명암도 중에서 최소값을 C_{min} 으로 정의한다. 그리고 생성된 클러스터들의 중심에 해당하는 명암도 중에서 최대값을 C_{max} 로 정의하여 그림 2와 같은 사다리꼴 형태의 소속 함수에서 구간 I_{midL} 과 I_{midR} 을 구하는 각 파라미터를 식 (1)과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} L\alpha &= \left(\frac{C_{avg} - C_{min}}{C_{max} - C_{min}} \right) \div 2 \\ R\alpha &= \left(\frac{C_{max} - C_{avg}}{C_{max} - C_{min}} \right) \div 2 \end{aligned} \quad (1)$$

그리고 식 (1)을 이용하여 사다리꼴의 상단의 좌측 꼭짓점(I_{midL})과 우측 꼭짓점(I_{midR})의 구간은 식 (2)과 같이 구한다.

$$I_{midL} = (I_{mid} - I_{min}) \times L\alpha + I_{min} \quad (2)$$

$$I_{midR} = -(I_{max} - I_{mid}) \times R\alpha + I_{max}$$

식 (2)에서 구한 임계 구간에서 I_{midL} 미만이면 픽셀 값을 0으로 설정하고 I_{midR} 초과하면 픽셀 값을 255로 설정한다. 그리고 I_{midL} 와 I_{midR} 사이의 명암도 I 는 식 (3)을 적용하여 영상을 스트레칭 한다.

$$P(I) = \frac{(I - I_{midL}) \times 255}{I_{midR} - I_{midL}} \quad (3)$$

식 (3)에서 $P(I)$ 는 스트레칭된 픽셀 값이다.

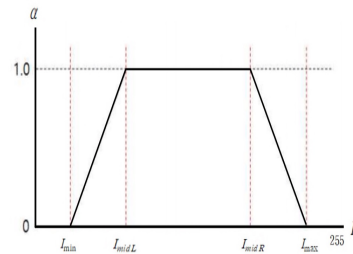


그림 2. 사다리꼴 형태의 소속 함수

그림 2에서 I_{min} 과 I_{max} 는 그림 1에서와 같이 기존의 퍼지 스트레칭 방법[2]에서 구한 방식과 같다.

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 제안된 방법의 성능을 분석하기 위하여 Intel(R) Core(TM) i7-8700 CPU @3.20Hz와 16GB RAM이 장착된 PC상에서 Visual Studio 2019 C#으로 제안된 방법을 구현하였고 명암 대비 개선 성능을 분석하기 위하여 결절종 초음파 영상과 컨테이너 영상을 대상으로 실험하였다. 제안된 방법의 성능 검증을 위하여 기존의 히스토그램 스트레칭 기법과 삼각형 형태의 소속 함수 기반 퍼지 스트레칭 기법 및 제안된 사다리꼴 형태의 소속 함수 기반 퍼지 스트레칭 기법들에 대해 스트레칭 결과를 비교 분석하였다. 그림 3은 결절종 초음파 영상에 대해서 기존의 히스토그램 스트레칭 기법과 삼각형 형태의 소속 함수 기반 퍼지 스트레칭 기법 및 제안된 사다리꼴 형태의 소속 함수 기반 퍼지 스트레칭 기법들의 스트레칭 결과를 나타내었다.

그림 3(a)와 같은 결절종 초음파 영상은 명암도가 낮은 영역에 대부분 분포되어 있어 결절종 영역의 경계를 정확히 구분할 수 없다. 따라서 명암

대비를 향상시킬 수 있는 스트레칭 기법이 필요하다. 그림 3(b)는 히스토그램 스트레칭 기법을 적용한 결과로서 히스토그램 스트레칭의 하한 명암도는 0이고 상한 명암도는 103으로 확인되었다. 결절종 영역과 그 외의 영역간의 명암 대비가 향상되지 않아 결절종 영역을 향후에 정확히 추출할 수 없는 것을 확인할 수 있다. 따라서 히스토그램 스트레칭 기법은 명암도의 분포 범위가 좁고 객체와 배경간의 명암도 차이가 적은 경우에는 효과적으로 명암 대비를 향상시킬 수 없는 것을 그림 3(b)와 같은 실험을 통하여 확인할 수 있다. 그림 3(c)는 삼각형 형태의 소속 함수를 기반으로 퍼지 스트레칭을 적용한 결과이다. 삼각형 소속 함수의 초기 구간에 해당되는 명암도는 0이고 중간 구간에 해당하는 소속도는 20로 나타났다. 그리고 최대 구간의 명암도는 40로 확인되었다. 그리고 스트레칭에 필요한 상한과 하한의 결정할 때 적용되는 α_cut 을 0.5로 설정하여 상한 명암도는 30이고 하한 명암도는 10으로 설정되어 스트레칭된 결과이다. 그림 3(c)에서와 같이 삼각형 소속 함수를 적용한 스트레칭이 그림 3(b)보다 명암 대비가 향상된 것을 확인할 수 있다. 그러나 결절종의 내부의 일부 영역의 잡음이 발생하여 향후에 결절종을 정확히 추출할 수 없는 경우가 발생한다. 제안된 사다리꼴 형태의 소속 함수를 적용한 퍼지 스트레칭에서는 그림 3(d)와 명암 대비가 향상되었고 결절종 영역에 잡음이 발생하지 않아 결절종 영역 추출에 효율적인 것을 확인할 수 있다. 제안된 방법에서 FCM 기법을 적용하여 4개의 클러스터가 생성되었고 각 클러스터의 중심에 해당되는 명암도 값은 표 1과 같다.

표 1. FCM 기반 각 클러스터 중심의 명암도

생성된 각 클러스터	1	2	3	4
각 클러스터 중심의 명암도	212	83	33	2

표 1과 같은 각 클러스터들의 중심에 해당되는 명암도 이용하여 사다리꼴 형태의 소속 함수의 각 구간을 구하는데 적용하였다. 사다리꼴 형태의 소속 함수의 각 구간에 해당되는 명암도는 0, 3, 33, 40로 설정되었다. 따라서 제안된 방법에서 하한은 3로 설정되었고 상한은 33로 설정되어 그림 3(d)와 같이 스트레칭되었다. 명암도가 3보다 적으면 검은색으로 스트레칭하고 명암도가 33보다 크면 흰색으로 스트레칭 하였다. 그림 3(d)에서 알 수 있듯이 삼각형 타입의 소속 함수를 이용하여 하한과 상한을 구하는 경우보다 명암대비가 낮고 명암 분포도가 좁은 결절종 초음파 영상에서 제안된 방법이 효과적으로 스트레칭 된 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 명암 대비가 낮고 명암 분포가 좁은

영상에서 삼각형 타입의 소속 함수는 상한과 하한을 구하는 α_cut 을 경험적으로 설정하기 때문에 화질이 개선되지 않는 경우가 발생하였다. 그러나 제안된 방법에서는 FCM 클러스터링 기법을 적용하여 명암도 영역을 나누고 각 클러스터의 중심 명암도를 적용하여 사다리꼴 타입의 소속 함수 구간을 각각 설정한 후 상한과 하한을 구하기 때문에 명암 대비가 낮고 명암 분포가 좁은 영상에서도 명암 대비가 높게 나타나고 영상의 화질이 개선되었다.

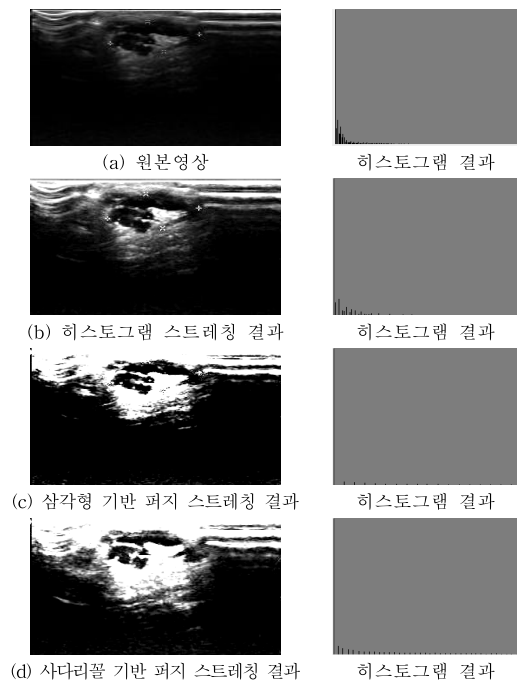


그림 3. 결절종 초음파 영상

그림 4는 컨테이너 영상에서 데미지가 있는 영역을 추출하기 전에 영상 전처리 과정으로 명암 대비를 향상시키기 위하여 스트레칭을 적용한 결과이다. 그림 4(b)는 히스토그램 스트레칭 기법을 적용한 결과로서 히스토그램 스트레칭의 하한은 0이고 상한은 132로 나타났다. 히스토그램 스트레칭 기법은 컨테이너 영상에서 전반적으로 명암 대비가 향상되었지만 일부 영역에서 컨테이너의 굴곡선이 희미하게 나타나서 컨테이너 데미지의 특징을 분석하는데 비효율적인 것을 확인하였다. 그림 4(c)는 삼각형 형태의 퍼지 스트레칭을 적용한 결과로서 히스토그램 스트레칭 기법보다는 선명하게 스트레칭 되었지만 잡음들도 뚜렷하게 나타나서 컨테이너의 굴곡선을 분석하여 데미지를 추출하는데 효과적으로 적용할 수 없다. 그림 4(c)에 적용된 삼각형 타입의 소속 함수의 각 구간에 대한 명암도는 0, 84, 168로 나타났다. 여기서도

α_cut 값은 0.5로 설정하였다. 설정된 α_cut 을 이용한 상한 명암도는 126 하한 명암도는 42이다.

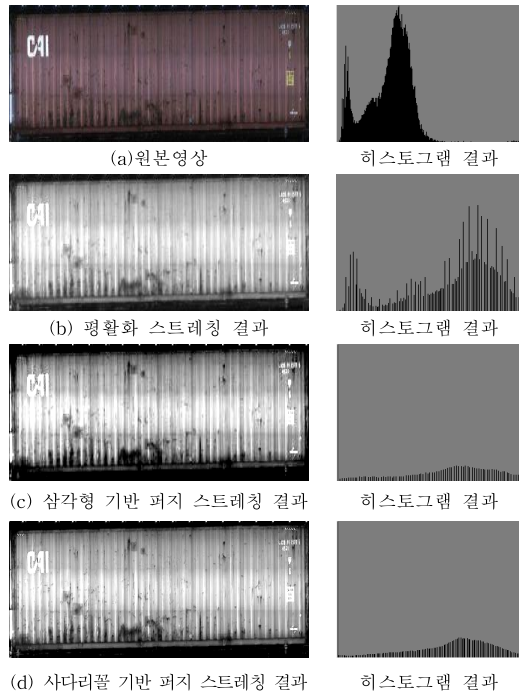


그림 4. 컨테이너 영상

그림 4(d)는 FCM 클러스터링과 사다리꼴 형태의 소속 함수를 적용한 결과이다. 그림 4(d)에서 FCM 기법을 적용하여 4개의 클러스터가 생성되었고 각 클러스터의 중심에 해당되는 명암도 값은 표 2와 같다.

표 2. FCM 기반 각 클러스터 중심의 명암도

생성된 각 클러스터	1	2	3	4
각 클러스터 중심의 명암도	62	120	95	16

표 2와 같은 각 클러스터들의 중심 명암도를 이용하여 사다리꼴 형태의 소속 함수의 각 구간에 해당되는 명암도는 0, 18, 144, 168로 나타났다. 여기서 상한은 144로 설정되었고 하한은 18으로 설정되어 스트레칭 되었다. 그림 4(d)는 그림 4(c)에 비해 명암 대비가 선명하게 향상되어서 컨테이너의 굴곡선 등이 선명하게 나타나고 그림 4(c)에 비해 잡음들이 적어서 향후 컨테이너 데미지를 분석하는데 효과적인 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

일반적으로 명암 대비가 낮은 영상에서는 객체를 추출할 수 없는 경우가 발생한다. 따라서 이러한 경우에는 스트레칭 기법을 적용하여 명암 대비를 향상시켜 객체들을 추출한다.

기존의 히스토그램 스트레칭 기법은 명암 대비가 낮은 영상에서 픽셀들의 분포가 좁거나 픽셀들이 넓게 퍼져 있는 경우에 스트레칭이 잘되지 않는 문제점이 있다. 그리고 퍼지 스트레칭 기법은 기존의 스트레칭 방법 보다 명암 대비가 향상되어 영상의 화질이 또렷하게 나타나지만 스트레칭의 하한과 상한을 설정하는 소속 함수의 α_cut 의 설정에 따라서 명암 대비의 성능이 좌우되는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 논문에서는 FCM 기반 양자화 기법을 적용하여 각 클러스터를 생성하고 생성된 각 클러스터의 중심에 해당되는 명암도를 이용하여 사다리꼴 형태의 소속 함수의 구간들을 설정하는데 적용하였다. 설정된 구간을 기반으로 상한과 하한을 구하고 영상을 스트레칭하여 명암 대비를 개선하였다.

제안된 스트레칭 기법의 성능을 분석하기 위해 결절종 초음파 영상과 컨테이너 영상을 대상으로 실험한 결과, 기존의 히스토그램 스트레칭 기법과 삼각형 타입의 소속 함수 기반 퍼지 스트레칭 기법보다 명암 대비가 향상되었다. 결절종 초음파 영상에서는 결절종 영역이 다른 영역과 명확히 구별되어 스트레칭되는 것을 확인하였다. 그리고 컨테이너 영상에서는 컨테이너의 굴곡과 같은 특징들이 선명하게 나타나고 향후 컨테이너 데미지를 추출하는데 효과적인 것을 확인하였다.

향후 연구 방향은 제안된 퍼지 스트레칭 기법을 다양한 컨테이너 영상에 적용하여 컨테이너 데미지를 분석하는데 적용할 것이다.

References

- [1] K. B. Kim, "Fuzzy Stretching Method of Color," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, vol.18, no.5, pp.19-23, May 2013.
- [2] S. Srinivasan and N. Balram, "Adaptive Contrast Enhancement Using Local Region Stretching," *The 9th Asian Symposium on Information Display (ASID)*, pp.152-155, New Delhi, India, Oct. 2006.
- [3] K. B. Kim, Y. J. Kim, "Enhanced Binarization Method using Fuzzy Membership Function," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, vol.10, no.1, pp.67-72, 2005.
- [4] K. B. Kim, "Nucleus Recognition of Uterine Cervical Pap-Smears using FCM Clustering Algorithm," *International Journal of Maritime Information and Communication Sciences*, vol.6, no.1, pp.94-99. 2008.
- [5] W. Pedrycz, *Fuzzy Control and Fuzzy Systems*, Research Studies Press Ltd., 1989.