

저대비 영상을 위한 자동임계점 선택 및 퍼지영상향상 기법

이금분^o 조범준

조선대학교 컴퓨터공학과 인공지능패턴인식 연구실

goldy@ai.chosun.ac.kr, bjcho@chosun.ac.kr

An Automatic Threshold Selection and Low Contrast Image Enhancement Technique

Geum-Boon Lee^o Beom-Joon Cho

AIPR Lab, Department of Computer Engineering, Chosun University

1. 서 론

저대비 영상향상의 중요한 목적은 원 영상을 처리하여 그 결과로 영상정보가 증가된 영상을 얻는 것이다. 원 영상에는 나타나지 않는 영상의 어떤 측면을 보다 강조하여 외적인 표현을 향상시키는 것으로 명암도에 의해 영상 내의 위치와 밝기를 수치로 표현하여 나타낸다. 영상의 물리적 장치 및 환경에 의한 비선형 변환으로 영상의 질이 저하되었을 때, 저대비 영상의 특징을 추출하여 픽셀들을 클래스로 나누어 연산을 하거나 관심있는 영역을 평활화하며 경계를 선명하게 함으로써 영상을 향상시킬 수 있다.

영상을 향상시키기 위한 기법으로는 명암도 변형 히스토그램 연산, 통계학에 기반한 필터 적용적 필터, 푸리에/웨이브릿 변환을 사용한 필터, 형태학적 필터 그리고 유전자 알고리즘 등이 있다. 일반적으로 사용되는 방법은 히스토그램 연산을 사용하여 영상의 동적 범위를 넓혀 주거나 임계화 기법으로 배경과 물체를 구분할 수 있는 적절한 임계점을 선정하는 것이다. 히스토그램 분포가 배경과 대상을 분리해 낼 수 있는 (valley) 부분을 가진 경우에는 쉽게 임계점을 찾을 수 있으나 저대비 영상과 같이 동적 범위가 좁은 히스토그램과 단봉(unimodal) 히스토그램의 경우에는 적절한 임계점을 찾기가 어렵다. 히스토그램에 기반하여 임계점을 찾거나 통계적 처리를 이용하여 임계점을 찾는 방법이 고려될 수 있으나 복잡성과 많은 계산시간이 요구되며 저대비 영상에는 효율적이지 못하다.

또한 영상 향상 기법에 있어 가장 큰 어려움은 향상의 정도를 정량적으로 측정하는 것이다. 영상 질(quality)의 척도로서 밝기 분포를 채택할 때, 최적 임계점은 명암도의 퍼지성을 최대화하는 기준함수에 의해 선택된다. 본 논문은 자동 임계점 선택을 두 클래스 분류 문제로 보고 임계점 선택 알고리즘을 사용하여 이를 선정하고자 하였다. 퍼지 영상의 대비도를 적응성 있게 변화시킬 수 있는 퍼지대비 강화함수들을 적용한다. 제안된 기법은 저대비 실험 영상에 적용하여 히스토그램 균등화 기법과 비교하며 정량적 척도로서 퍼지성 지수와 엔트로피 지수를 사용한다.

2. 저대비 영상 향상 기법

2.1 퍼지논리를 이용한 영상 대비 향상 구조

영상데이터를 퍼지특징영역(fuzzy property domain)으로 전환시키는 퍼지화(fuzzification) 단계와 새로운 퍼지 소속 함수가 퍼지특징영역의 데이터를 변형시키는 대비강화 단계 그리고 비퍼지화(defuzzification) 단계로 역변환 함수를 사용하여 퍼지특징영역을 공간영역으로 전환하도록 수행된다. 퍼지화와 비퍼지화 단계에 걸쳐 영상 평면에서 적절한 임계점 선택이 요구되며 이 때 명암도를 직접 입력 데이터로 하는 간단하고 직접적인 k-means 알고리즘을 적용하여 임계점을 선택한다.

2.2.1 퍼지화(Fuzzification)

영상데이터를 퍼지특징영역으로 전환시키는 단계이다.

$$\mu(g_{ij}) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\tau - g_{ij}}{\tau - l_o} \right) \text{ for class1, } \quad \mu(g_{ij}) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{g_{ij} - \tau}{h_o - \tau} \right) \text{ for class2} \quad (1)$$

회색 영상의 경우 임의의 점 ij 에서 밝기는 명암도 g_{ij} 로 정의된다. g_{ij} 는 l_o 부터 h_o 까지의 어떤 값도 취할 수 있다. 소속함수 0을 가진 최소 명암도 l_o 와 소속함수 1을 가진 최대 명암도 h_o 를 규정할 수 있다. 그러므로 전체 그레이 레벨을 두 개의 클래스로 나눌 수 있다. 소속함수를 사용하여 클래스 1 ($l_o \leq g_{ij} \leq \tau$) 또는 클래스 2 ($\tau \leq g_{ij} \leq h_o$)로 나눈다. 여기서 τ 는 임계점 선택 알고리즘에서 구한 값을 사용한다.

2.2.2 대비 강화(Contrast intensification)

새로운 퍼지대비강화함수가 퍼지특징영역의 데이터를 변형하는데 사용된다.

$$\begin{aligned} \mu'(g_{ij}) &= \frac{1}{2} \left(1 - \left\{ \frac{\sin\theta_1(1-2\mu(g_{ij}))}{\sin\theta_1} \right\}^{p_1} \right), \quad \text{for } 0 \leq \mu(g_{ij}) \leq \frac{1}{2}, \text{class1} \\ &= \frac{1}{2} \left(1 + \left\{ \frac{\sin\theta_2(2\mu(g_{ij})-1)}{\sin\theta_2} \right\}^{p_2} \right), \quad \text{for } \frac{1}{2} \leq \mu(g_{ij}) \leq 1, \text{class2} \end{aligned} \quad (2)$$

클래스 1은 퍼지소속도 0.0~0.5 사이의 명암도를 포함하도록 1/2 을 곱해주며, 클래스 2도 또한 1/2 을 가중시켜 퍼지소속도 0.5~1.0 사이의 명암도를 갖도록 한다.

2.2.3 비퍼지화(Defuzzification)

역변환 함수를 사용하여 퍼지특징영역을 공간영역으로 전환하도록 수행된다.

$$\begin{aligned} g'_{ij} &= \tau - (\tau - l_e)(1 - 2\mu'(g_{ij})), \quad \text{for } 0 \leq \mu'(g_{ij}) \leq \frac{1}{2}, \text{class1} \\ g'_{ij} &= \tau + (h_e - \tau)(2\mu'(g_{ij}) - 1), \quad \text{for } \frac{1}{2} \leq \mu'(g_{ij}) \leq 1, \text{class2} \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 l_e 과 h_e 는 새롭게 요구되는 최소와 최대 명암도이다.

2.3 자동임계점 선택을 위한 k-means 알고리즘

k-means 알고리즘은 클러스터의 개수를 파라미터 k로 조절하는 무감독학습 알고리즘 중의 하나이다[5]. 저대비 영상향상을 위한 클러스터들의 최적의 임계점 τ 를 k-means 알고리즘의 결과로부터 정의한다. N개의 데이터 X_1, X_2, \dots, X_N 의 집합을 서로 유사한 값들은 같은 클러스터에 할당하는 방법으로 제곱오차(squared errors)의 합을 최소화하는 간단한 방법이다. 본 논문에서는 입력영상의 명암도를 가지고 두 클러스터(k=2)를 형성하여 경계값으로 τ 를 결정하여 퍼지화 및 비퍼지화 단계에서 이를 적용한다.

2.4 성능평가 지수

영상의 질을 평가하기위해서 퍼지성 지수와 엔트로피 지수를 측정한다.

(1) 퍼지성 지수

영상 G의 퍼지성 지수는 식(4)처럼 정의된다.

$$r_I(G) = \frac{2}{MN} \sum_m \sum_n \mu_{G \cap \bar{G}}(g_{mn}), \quad m = 1, 2, \dots, M; n = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

(2) 엔트로피 지수



영상 G의 엔트로피 지수는 식(5)로 정의된다.

$$H(G) = \frac{1}{MN \ln 2} \sum_m \sum_n S_n(\mu_G(g_{mn})) \quad (5)$$

3. 실험결과 및 결론

제안한 방법을 저대비 영상에 적용하여 대비를 강화시킨 결과와 히스토그램 균등화 기법을 사용한 결과를 비교한 결과 영상의 주관적 질(quality)뿐만 아니라 정량적 측정에 있어서도 제안한 방법이 우수함을 증명하였다. k-means 알고리즘으로 두 개의 클래스를 형성한 후 임계값을 찾은 결과는 <표 1>이 나타나며 퍼지성 지수와 엔트로피 지수를 측정한 결과는 <표 2>에서 보여준다.

<표 1> 임계점 선택 및 저대비 영상향상

	clustering	threshold	
	38 ~ 104	$\tau = 96$	
	105 ~ 190		

<표 2> 퍼지성 지수와 엔트로피 지수 비교

image(cameraman)	fuzziness	entropy
히스토그램 균등화	$\gamma = 0.367$	$H = 0.829$
제안한 방법	$\gamma = 0.138$	$H = 0.609$

저대비 영상은 좁은 동적범위와 불확실한 명암도를 갖는 특징 때문에 동적범위의 확장과 관련된 영상향상 기법들이 발전하였다. 본 논문은 대비가 열악한 영상을 향상시키는 기법으로 퍼지집합 이론을 적용하였으며 퍼지화 및 비퍼지화 과정에서 요구되는 임계점을 자동으로 찾는 방법을 제시하였다. 데이터에 대한 정보없이 영상의 특성에 따라 클러스터링을 할 수 있는 k-means 클러스터링 알고리즘으로 두 클래스만을 형성하도록 하여 명암도의 퍼지성이 최대가 되는 임계점을 찾아 퍼지 대비 강화 연산을 하도록 하였으며 향상된 정도를 정량적으로 측정하고자 퍼지성 지수와 엔트로피 지수를 사용하고 히스토그램 균등화 기법과 비교한 결과를 제시하였다.