

선형 추정 CDF를 이용한 이미지 콘트라스트 향상 기법

최인석^o 황보현 조화현 최영렬

한양대학교 ASIC 연구실

{coolis^o, jokersir, chh, choimy}@asic.hanyang.ac.kr

An Image Contrast Enhancement by using the Approximation Linear CDF

Choi I.S.^o Hwang B.H. Cho H.H. Choi M.R.

Dept. of EEIC, Hanyang University

요 약

본 논문에서는 영상의 누적분포함수(CDF: Cumulative Density Function)를 이용한 콘트라스트 향상 기법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 처리된 영상에 영향을 주지 않으면서 최대 콘트라스트를 얻을 수 있었다. 하드웨어의 복잡성을 감소하기 위하여 누적분포함수의 샘플값을 이용한 선형화 방법을 이용하였다. 제안한 방식의 알고리즘 검증은 위하여 C를 이용하였으며, 처리 결과와 원 영상의 화질 평가를 위하여 시각적 검증과 히스토그램 편차를 도입 하였다.

1. 서 론

오늘날 다양한 분야에서 디스플레이 장치는 인간과 하드웨어의 중요한 가교적인 역할을 수행하고 있다. 인간에게 더욱 정확한 정보의 제공을 위하여 디스플레이 장치의 화질 개선은 계속적으로 발전해 왔다. 화질 개선을 위하여 현재까지 다양한 방법들이 소개되었다. 예를 들면, 감마보정(Gamma Correction), 노이즈 감소(Noise Reduction), 에지강조(Edge Enhancement) 그리고 명암대비를 조절하는 콘트라스트 조정(Contrast Controller)이 있다. 많은 기법들 중, 본 논문에서 소개되는 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)를 이용한 방식은 가장 널리 쓰이는 콘트라스트 향상 기법 중 하나이다. 이 방식은 영상의 명암값을 재분배함으로써, 히스토그램의 전 대역에 걸친 명암값의 고른 분포를 갖도록 하는 방법이다. 이 방식은 입력영상을 처리한 후, 과도한 밝기를 갖는 문제점과 모든 픽셀값에서의 누적값을 계산하므로, 과도한 처리시간을 요구한다. 본 논문에서 제시하는 방법은 히스토그램의 누적분포함수(CDF: Cumulative Density Function)를 이용하여 픽셀 샘플값들을 기준으로 선형추정 기법을 적용 시킴으로써 입력 영상의 화질을 개선한다.

본 논문의 2장에서는 콘트라스트 향상기법들 중 기존의 히스토그램 평활화(Histogram Equalization) 및 히스토그램의 기본적 배경을 소개하고, 3장에서는 제안된 선형 누적분포함수를 이용한 이미지 콘트라스트 향상 기법의 원리와 구성을 설명하였다. 4장에는 제안된 알고리즘을 검증하기 위한 시뮬레이션 결과를 논의하고, 마지막으로 결론부에서는 시뮬레이션 결과에 따른 특징을 설명한다.

2. 기존 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)

2.1 히스토그램(Histogram)

히스토그램 평활화를 설명하기 위해 앞서 히스토그램에 대

한 간략한 설명을 할 필요가 있다. 히스토그램은 주어진 영상의 각 픽셀들이 가지는 밝기 분포 상황을 나타낸 것이다. 영상 처리에서 많이 사용되는 중요한 분석 도구이며, 동시에 영상에 대한 밝기분포, 명암대비 등에 관한 중요한 정보를 제공한다. $[0, L-1]$ 범위 내에서 명암도를 가지는 영상의 히스토그램은 이산함수로서, 식(1)과 같이 정의 된다.

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

여기서 r_k 는 k 번째 픽셀(Pixel)이며, n_k 는 영상 내에서 k 번째 픽셀값을 가지는 픽셀수를 의미한다. 히스토그램은 각각의 값을 n 으로 표시되는 영상 전체 픽셀수로 나누어 정규화하여 표현한다.

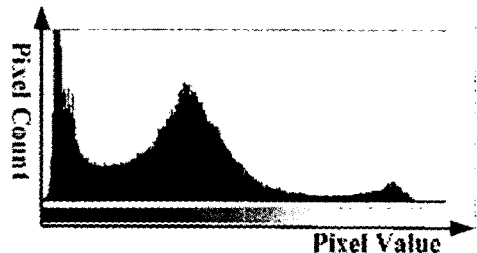


그림 1. 히스토그램

[그림1]의 히스토그램의 X축은 픽셀값을 나타내고, Y축은 X축의 픽셀값에 해당하는 픽셀개수를 나타낸다. 어두운 영상의 히스토그램은 픽셀값 분포가 왼쪽에 치우치며, 밝은 영상의 히스토그램은 픽셀의 분포가 오른쪽에 치우친다. 콘트라스트는 전 대역에 고른 분포를 가지고 있다.

2.2 히스토그램 평활화(Histogram Equalization) 기법
 히스토그램 평활화 기법은 히스토그램을 평탄화 시키는 것이 아니며, 명암값을 재분배 하는 기법이다. 히스토그램 평활화 기법의 단계는 다음과 같다.

1. 히스토그램 분포 계산
2. 픽셀값에 해당하는 픽셀수의 합의 정규화
3. 픽셀수의 합의 정규화 × 입력영상 픽셀 값

픽셀의 정규화(Pixel Normalization)방법은 영상의 최대 픽셀값을 전체 영상의 픽셀수로 나눈 것이다. 히스토그램 평활화는 어두운 이미지를 밝은 이미지로 변환시킬 수 있다. 그러나 지나치게 과도한 밝기로 변화되어, 원 영상의 화질을 더욱 저하시키는 문제점을 가지고 있다. 이 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 선형추정 CDF(Cumulative Density Function)기법을 제안 하였다.

3. 제안된 히스토그램 평활화(Histogram Equalization) 기법

디지털 영상처리에서 영상 $X = \{X(i, j)\}$ 는 L 개의 디지털 명암도로 구성되어진 이미지로 나타낼 수 있다. 여기서 $X(i, j)$ 는 공간 영역상의 (i, j) 의 명암도를 나타내고 $X(i, j) \in \{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ 을 나타낸다. 주어진 영상 X 에 대하여, 확률 밀도함수 $p(X_k)$ 는 식(2)을 이용하여 정의 하며, 입력 영상의 히스토그램과 관련이 있다.

$$p(X_j) = n_j / n \quad (2)$$

$$j = 0, 1, \dots, L-1, \quad \sum_{j=0}^{L-1} p(X_j) = 1$$

일반적으로 $p(X_j)$ 는 명암도 X_j 가 발생할 수 있는 사건에 대한 확률을 의미하며, 다양한 공간영역 처리에 대한 기본이 된다. 입력 영상의 히스토그램은 화소 수를 나타내며, 화소 수는 구체적인 명암도 X_k 를 갖는다.

$$s = T(X_j) = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{n} = \sum_{i=0}^k p(X_i) = CDF(X_j) \quad (3)$$

여기서, $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$ 이고, $CDF(X_j) = 1$ 로써 정의된다. 히스토그램 평활화는 입력 영상을 전체 영역 (X_0, X_{L-1}) 로 매핑(Mapping)하는 역할을 수행한다. 매핑 수행시 사용되는 전달 함수는 CDF(누적 분포 함수)를 사용하게 된다. 식(4)는 누적 분포 함수를 이용하여 전달 함수 $f(x)$ 를 정의 하였다. 히스토그램 평활화의 출력 $Y = Y(i, j)$ 는 식(5)과 같이 표시된다.

$$f(x) = x * CDF(X_j) \quad (4)$$

$$Y = f(x) = f(X(i, j)) \vee X(i, j) \quad (5)$$

식(5)은 시스템 구현시 하드웨어의 복잡성으로 인하여 실

시간 처리를 요하는 디지털 어플리케이션에 적용이 불가능하다. 그 이유는 누적분포함수 연산량에 기인한다. 따라서 본 논문에서는 샘플링 기법을 사용하여 연산량을 최소화 하였다. 선형 추정 누적분포 함수를 구하기 위하여 사용된 샘플 위치는 식 (6)과 같다.

$$CDF_{sample}(X_k) = \sum_{j=0}^k X_j \quad (6)$$

여기서, $k = \frac{L}{4}, \frac{L}{2}, \frac{3}{4}L, L$ 이고, $j = 0, 1, \dots, L$ 이다.

$CDF_{sample}(X_k)$ 는 k 까지의 누적된 값으로써 나타나게 되고, 이를 기준으로 하여 선형 추정 누적분포함수 계산이 가능하게 된다. <그림 2>은 식(6)에 대한 임의의 k 에서의 누적분포함수 값을 도시하였다. $L=255$ 인 경우, 샘플 위치에서의 누적분포함수 값은 다음과 같은 값을 가지게 되고 하드웨어 구조는 <그림 3>에 나타내었다.

$$0 \leq CDF_{sample}(X_{\frac{L}{4}}) \leq CDF_{sample}(X_{\frac{L}{2}}) \leq CDF_{sample}(X_{\frac{3L}{4}}) \leq 255$$

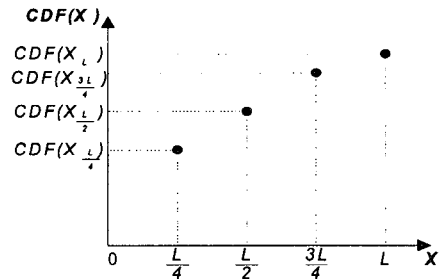


그림 2. 샘플 위치에 대한 누적분포함수의 값

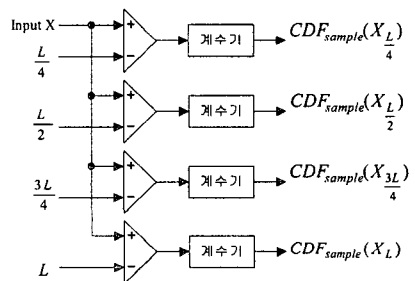


그림 3. 샘플 위치에 대한 하드웨어 구조

샘플 위치에서의 $CDF_{sample}(X_k)$ 의 값은 선형 추정 방법에서 이용되며, 선형 추정 방법을 이용함으로써 적은 연산량을 가지고 구현이 가능하게 된다. Y 는 입력영상 X 에 대한 향상된 콘트라스트를 나타내고, 식(7)은 제안된 방식의 히스토그램 평활화를 위한 선형 추정 방식을 나타낸다.

$$Y(n) = (\alpha X_k - \alpha x(n) - 1) \times NCDF(X_k) + (\alpha x(n) - \alpha X_k) \times NCDF(X_{k+1}) \quad (7)$$

여기서, $n=0,1,\dots,L-1$ 이고, $k=0, \frac{L}{4}, \frac{L}{2}, \frac{3L}{4}, L$ 이다.
 $\alpha = \frac{1}{X_{k+1} - X_k}$ 로 정의되고, X_k 는 k 번째 샘플위치의 값을 의미하고, $x(n)$ 은 n 번째 입력 영상의 값을 나타낸다. 마지막으로 $NCDF(X_k)$ 는 정규화된 누적분포함수값을 의미한다. 제안된 선형 추정 CDF 콘트라스트 향상기법의 처리절차는 다음과 같다.

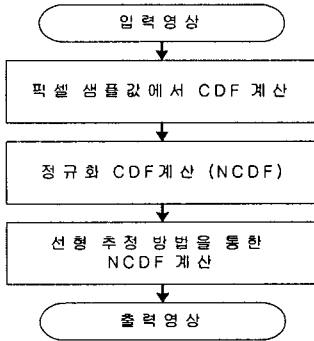
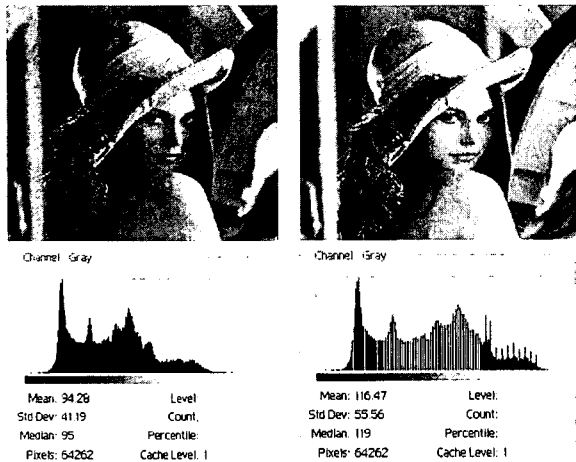


그림 4. 제안한 선형추정 CDF 방식 처리 절차

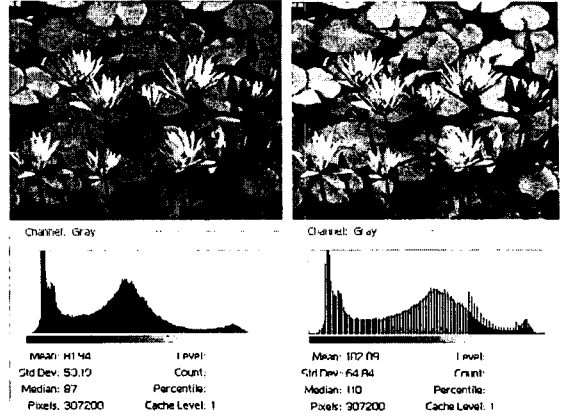
4. 시뮬레이션 결과

샘플영상을 기존의 방식과 제안한 방식으로 시뮬레이션을 통하여 결과를 비교하였다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 처리된 영상의 확률 분포(평균값, 표준편차, 중간 값) 및 히스토그램을 분포를 이용하여 비교하였다. 그 이유는 양질의 화상은 히스토그램의 분포가 균일 하며, 히스토그램의 분포는 확률 분포를 통하여 결정되기 때문이다.



(a)원영상과 히스토 그램 (b)처리된 영상과 히스토그램

그림4. 제안한 방식에 의하여 처리된 결과



(a)원영상과 히스토 그램 (b)처리된 영상과 히스토그램

그림 5. 제안한 방식에 의하여 처리된 결과

표 1. 확률분포값 비교

		평균	표준 편차	중간 값
레나	원영상	94.28	41.19	95
	처리후	116.47	55.56	119
수련	원영상	81.94	53.19	87
	처리후	102.09	64.84	110

5. 결론

본 논문에서는 영상의 화질 향상을 위한 새로운 콘트라스트 향상 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 일반적인 히스토그램 평활화를 이용한 새로운 콘트라스트 확장 방법이다. 제안된 방식의 성능평가를 위하여 히스토그램 분포를 이용하였으며, 그 결과 콘트라스트가 최대가 됨을 확인하였다. 실시간 처리를 위하여 선형 추정방법을 이용하여 누적분포 함수를 구하였으며, 형상 정보를 이용하므로써 영역별 화질 향상이 가능하다. LCD 모니터, LCD TV, PDP TV, Camcorder용 등 실시 처리를 요구하는 평판디스플레이 산업분야에 적용이 가능하다.

참고문헌

[1] Rafael, G. Gonzales "Digital Image Processing" Addison-Wesley
 [2] Randy Crane, "Simplified approach to Image Processing" 1994
 [3] M. A. Sid-Ahmed, Image Processing, McGraw-Hill, 1995
 [4] Kim et al., "Digital Signal Processor with Efficient RGB Interpolation and Histogram Accumulation" IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol.44, No.4, pp1398-1395, 1998
 [5] Bernd jahne, Digital Video Processing, Springer-Verlag, 1993
 [6] 허봉식, 박찬열 "영상학 개론" 삼보, 2003
 [7] Y. T. Kim, "Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization", IEEE Trans. On Consumer Electronics, pp.1-8, vol.43, No. 1, Feb. 1997.