

# 불균일한 농도분산을 가진 쌍방려파기실현의 한가지 방법

김영민, 정금일

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우리는 과학기술강국건설에 박차를 가하여 짧은 기간에 나라의 과학기술발전에서 새로운 비약을 이룩하며 과학으로 흥하는 시대를 열고 사회주의건설에서 혁명적전환을 가져와야 합니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 38페이지)

우리는 화상잡음제거 등에 효과적으로 쓰이는 불균일한 농도분산을 가지는 쌍방려파기를 실현하는 한가지 방법을 연구하였다.

## 1. 쌍방려파기에 대한 선행연구

쌍방려파기술은 선행연구[1]에서 처음으로 제기되었으며 이것은 경제보존능력이 강한 특성을 가지고있는것으로 하여 컴퓨터시각화와 도형처리분야에서 많이 리용되고있다.

쌍방려파기의 결함은 계산시간이 긴것으로 하여 실시간응용에 리용할수 없는것이다.

선행연구[2]에서는 상수시간쌍방려파기를 제기하였으나 세가지 공간려파기와 농도려파기쌍에 대하여서만 실현하였다.

선행연구[3]에서는 작은 분산을 가진 가우스려파기를 리용하는 경우 우의 방법이 성능이 높지 못한 결함을 극복하고 임의의 공간려파기와 농도려파기쌍에 대하여 실시간 쌍방려파를 진행할수 있는 한가지 방법을 제기하였다. 그러나 이 방법은 균일한 농도분산을 가지는 경우에 론의하였으며 실행속도가 농도분산의 크기에 의존하는 결함을 가지고있다. 일반적으로 농도분산이 작아지면 실행속도가 떠진다.

선행연구[4]에서는 이러한 결함을 극복하고 농도분산의 크기에 의존하지 않고 보다 속도가 개선된 학습에 기초한 쌍방려파기를 실현하였다. 사람의 얼굴에서 눈과 입과 같이 섬세한 부분을 그대로 보존하면서 잔주름과 같은 불필요한 잡음을 제거할수 있는 불균일한 농도분산을 가진 쌍방려파기를 실현하였다. 그러나 이 방법은 농도분산의 개수만 한 회귀합수를 학습하여야 하며 려파의 질이 학습의 성능에 의존하는 결함을 가지고있다.

보다 자연스러운 려파된 화상을 얻자면 쌍방려파기에서의 농도분산을 주어진 화상에 적응시켜 서로 다르게 설정할수 있어야 한다.

## 2. 불균일한 농도분산을 가진 쌍방려파알고리즘

론문에서는 선행연구[3]에서 제기한 방법을 확장하여 농도분산의 크기에 의존하지 않는 불균일한 농도분산을 가진 쌍방려파기를 실현하는 한가지 방법을 제기하려고 한다.

불균일한 농도분산을 가지면 균일한 농도분산으로 려파를 진행하는것보다 더 자연스러운 화상을 얻을수 있다. 어두운 화상안에서 사람이 주목하는것은 어두운 배경안에 나

타난 경계이다. 어두운 배경과 밝은 배경을 서로 다르게 처리함으로써 보다 좋은 시각적 효과를 얻을 수 있다.

쌍방려파는 다음의 식을 리용하여 진행한다.

$$I^B(x) = \frac{\sum_{y \in N(x)} f_S(x, y) \cdot f_R(I(x), I(y)) \cdot I(y)}{\sum_{y \in N(x)} f_S(x, y) \cdot f_R(I(x), I(y))} \quad (1)$$

여기서  $I$ 는 주어진 화상이고  $f_S, f_R$ 는 각각 공간려파기, 농도려파기이다.  $I^B$ 는 쌍방려파된 출력화상이다.

실천에서는 화상  $I(x)$ 에 대하여 화소농도값이  $I(x) \in \{0, 1, \dots, N-1\}$ 로서 리산인데 여기서  $N$ 은 농도값의 전체 개수이다.  $I(x) = p$ 라고 놓으면 식 (1)은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$I^B(x) = \frac{\sum_{y \in N(x)} f_S(x, y) \cdot f_R(p, I(y)) \cdot I(y)}{\sum_{y \in N(x)} f_S(x, y) \cdot f_R(p, I(y))} \quad (2)$$

선행연구[3]에서 리용한 쌍방려파방법은 다음과 같다.

매 화소  $y$ 와 매 농도값  $p \in \{0, 1, \dots, N-1\}$ 에 대하여 다음과 같이 정의한다.

$$W_p(y) = f_R(p, I(y)) \quad (3)$$

$$J_p(y) = W_p(y) \cdot I(y) \quad (4)$$

이때 쌍방려파는

$$I^B(x) = J_{I(x)}^B(x)$$

를 만족시키도록 다음과 같은  $N$ 개의 선형려파기응답으로 분해될 수 있다.

$$J_p^B(x) = \frac{\sum_{y \in N(x)} f_S(x, y) \cdot J_p(y)}{\sum_{y \in N(x)} f_S(x, y) \cdot W_p(y)} \quad (5)$$

여기서  $J_p^B$ 를 쌍방려파된 화상주성분(Principle Bilateral Filtered Image Component, PBFIC)이라고 부른다. 실천에서는  $N$ 개의 PBFIC중에서 오직  $\hat{N}$ 개만이 리용되고  $x$ 의 농도는  $I(x) \in (L_k, L_{k+1})$ 이라고 가정할 때 쌍방려파값  $I^B(x)$ 는 다음과 같이  $J_{L_k}^B(x)$ 와  $J_{L_{k+1}}^B(x)$ 로부터 선형으로 보간된다.

$$I^B(x) = (L_{k+1} - I(x))J_{L_k}^B(x) + (I(x) - L_k)J_{L_{k+1}}^B(x) \quad (6)$$

이것은 임의의 공간려파기와 농도려파기를 가진 쌍방려파기를 2개의 공간려파기로 분해하는 과정으로서 려파기의 크기에 의존하지 않는 우점을 가지고 있다.

론문에서는 이에 기초하여 상자공간려파기와 가우스농도려파기를 가진 쌍방려파기에 대하여 불균일한 농도분산을 가지는 경우의 효율적인 처리방법에 대하여 보기로 한다.

상자려파기는 가장 단순한 려파기중의 하나로서 주어진 점의 근방에 있는 화소의 농

도값들의 평균으로 표시할수 있다.

가우스려파기는 다음과 같다.

$$f_r(I_1, I_2) = \exp\left(-\frac{(I_1 - I_2)^2}{\sigma_r^2}\right)$$

여기서  $I_1, I_2$  는 2개의 농도값이며  $\sigma_r$  는 농도분산을 의미한다.

우선 불균일한 농도분산을 리용하기 위하여  $M$  개의 서로 다른 농도분산값  $\{\theta_1, \dots, \theta_M\}$  을 설정한다. 다음 매  $\theta_m, m=1, \overline{M}$  에 대하여 농도려파값행렬  $R_m = (r_{i,j}^m)_{i,j=1}^N$  을 구성한다. 이 행렬들은 미리 계산하여 표로 보관한다.

다음 선행연구[4]에서와 같이 주어진 화상  $I$ 로부터 가우스려파된 화상  $G(I)$  를 얻고 표준화한 다음 이것을 농도분산넘기기로 리용한다. 즉 주어진 화상안에서의  $x$  위치에 있는 화소에  $M$  개의 농도값으로 리산화된  $G(I(x))$  의 값에 따라 계산된 농도분산값을 대응시킨다.

주어진 화상의 매 화소에 대하여 아래한계농도값번호와 농도분산값, 화상안에서의 위치  $(k, \theta, x)$  를  $(k, \theta)$  의 증가순으로 된 목록구조로 보관한다. 여기서 아래한계농도값번호란  $x$  위치에서의 농도값이  $I(x) \in (L_k, L_{k+1})$  일 때의  $k$  를 의미한다.

매  $k \in \{0, \dots, \hat{N}-1\}, \theta \in \{\theta_1, \dots, \theta_M\}$  에 대하여 다음의 처리를 반복한다.

주어진 화상과  $R_m$  으로부터 식 (3)과 (4)를 리용하여 행렬  $W$  와  $J$  를 얻는다. 이 행렬들은 주어진 화상과 같은 크기를 가진다. 다음 식 (5)를 리용하여 행렬  $J^B$  를 얻는다. 이것도 주어진 화상과 같은 크기를 가진다. 상자공간려파는 적분화상을 리용하여 상수시간안에 공간려파기의 크기에 무관계하게 진행할수 있다. 보관된 목록구조를 가진 자료로부터 화소의 위치  $x$  를 얻어 출력화상의 해당 화소위치에 려파된 값을 넣는다.

이러한 처리는 미리 계산된 표의 자료로부터 비교없이 복사하는 방법으로 진행되므로 빠른 속도를 보장할수 있다.

구체적인 알고리즘은 다음과 같다.

① 입력화상  $I$ 로부터 가우스려파된 화상  $G$  를 얻는다.

② 목록을 작성한다. 화상전체를 주사하면서 화소의 매 위치  $x$  에 대하여  $G$  로부터 농도분산값  $\theta$  를 얻고 목록에  $(k, \theta, x)$  를 추가한다.

③ 목록을 주사하면서 식 (3)–(6)을 리용하여 쌍방려파된 농도값을 얻어 출력화상의 해당 위치에 추가한다.

④ 리용된 기억들을 해제하고 쌍방려파된 화상을 출력한다.

걸음 ③은 미리 계산된 표를 리용하여 값복사의 방법으로 처리하므로 고속으로 진행할수 있다.

선행연구[3]에서는 매 농도값  $k$  에 대하여 계산을 진행한 다음 화상안의 화소들과 비교를 진행하여 값을 대입하므로 화상행렬을  $\hat{N}$  번 검사해야 하는 결함을 가지고있다. 또한 리산화된 농도값  $k$  에 따라 계산을 진행하고 화상안에서 그러한 농도값을 가진 화소들을 탐색하는것으로 하여 리용되지 않은 농도값에 대해서도 불필요한 계산을 진행해야 하는 결함을 가지고있다. 그러나 논문에서 제기한 방법은 실지 리용된 농도값에 따라 목록구조를 가지고있으므로 이러한 결함들을 극복할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] C. Tomasi et al.; ICCV, 839, 1998.
- [2] F. Porikli et al.; CVPR, 1, 2008.
- [3] Qingxiong Yang et al.; CVPR, 1, 2009.
- [4] Qingxiong Yang et al.; CVPR, 1, 2010.

주체106(2017)년 12월 5일 원고접수

## **A Method of Implementing Bilateral Filter with Non-uniform Range Variation**

*Kim Yong Min, Jong Kum Il*

We suggested a method of implementing bilateral filter with non-uniform range variation. By precomputing range filtered values with non-uniform range variation, keeping them in a table and processing according to the gray values of the input image and the corresponding range variations, we can increase the filtering speed.

Key words: bilateral filter, non-uniform range variation, range filter