
기울기 방향성 기반의 이방성 확산

Anisotropic Diffusion based on Directions of Gradient

김희숙, 김기홍, 윤효순, 이귀상
전남대학교 전산학과

Hye Suk Kim(iamtina@paran.com), Gi Hong Kim(calri99@naver.com),
Hyo Sun Yoon(estheryon@hotmail.com), Guee Sang Lee(gslee@jnu.ac.kr)

요약

현재 멀티미디어 기술의 발달로 인하여 영상의 전처리 및 후처리 과정을 이용한 수정 작업으로 고품질의 영상 표현 및 다양한 영상 처리가 가능하다. 영상 처리 기법 중에서 이방성 확산의 경우 영상의 스펙클 노이즈 제거, 에지 검출, 영상 분할 등에 응용할 수 있는 효과적인 확산 필터링으로 활용되고 있다. 하지만 전통적인 이방성 확산은 십자형 커널을 기반으로 하고 있기 때문에 확산 필터링을 반복 적용하면 영상의 에지가 수평 및 수직 방향으로 집중되는 문제점이 있다. 본 논문에서는 기존의 십자형 커널 기반의 이방성 확산 문제점을 해결하기 위하여 기울기의 방향성에 기반한 새로운 이방성 확산 방식을 제안한다. 제안된 방식은 십자형 커널을 확장하여 대각선 방향 정보를 포함한 8방향의 정방형 커널을 기반으로 작은 기울기를 갖는 방향으로 이방성 확산을 적용한다. 제안된 방식의 실험 결과 에지가 수평 및 수직 방향으로 집중되는 문제점을 해결하면서 임펄스성 노이즈를 제거하여 고품질의 영상을 획득할 수 있었다.

■ 중심어 : | 이방성 확산 | 기울기 | 에지 | 노이즈 |

Abstract

Thanks to the multimedia technology development, it is possible to show image representations in high quality and to process images in various ways. Anisotropic diffusion as an effective diffusion filtering among many image preprocessing methods and postprocessing methods is used in reduction of speckle noises of ultrasound images, image restoration, edge detection, and image segmentation. However, the conventional anisotropic diffusion based on a cross-kernel causes the following problems. The problem is the concentration of edges in the vertical or horizontal directions.

In this paper, a new anisotropic diffusion transform based on directions of gradient is proposed. The proposed method uses the eight directional square-kernel which is an expanded form of the cross-kernel. The proposed method is to select directions of small gradient based on square-kernel. Therefore, the range of proposed diffusion is selected adaptively according to the number of the directions of gradient. Experimental results show that the proposed method can decrease the concentration of edges in the vertical or horizontal directions, remove impulse noise. The image in high quality can be obtained as a result of the proposed method.

■ keyword : | Anisotropic Diffusion | Gradient | Edge | Noise |

I. 서론

이방성 확산(anisotropic diffusion) 방식은 이미지 처리 분야에서 널리 사용되는 기법 중 하나로 스펙클 노이즈(speckle noise)를 포함하는 초음파 영상 및 합성 개구 레이더 영상 등의 많은 응용 분야에서 노이즈를 제거하기 위한 방식으로 사용되고 있다.

확산 방정식을 영상 처리에 응용하는 연구는 농도나 열이 물리 공간에서 확산되는 물리적 법칙에 기초하여 이를 영상에서 픽셀의 밝기 값으로 적용하면서 연구가 진행되었다. 이 때 확산과 농도나 열의 기울기가 선형적이면 등방성(isotropic)이라고 정의하고 비선형적이면 이방성(anisotropic)이라고 정의한다.

등방성 확산 필터링은 스케일 공간(scale-space) 이론에 근거를 두고 $I(x, y, t) = I_0(x, y) * G(x, y, t)$ 과 같은 식의 스케일 공간 필터링을 이용하여 정립하였다[1]. 여기에서 $I_0(x, y)$ 는 원영상의 이미지를 의미하며 $G(x, y, t) = \frac{1}{2\pi t^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2t^2}\right)$ 과 같은 표준 편차가 t 인 가우시안 커널에 적용된다. 즉 원 영상(original image)과 그것을 가우시안 커널과 회전(convolution)한 영상들의 집합이 스케일 공간 영상으로 표현되었다[1]. 이 방식은 가우시안 커널의 t 에 의해서 지역 통과 필터의 통과 대역이 조절되는 특징을 갖게 된다. 그러므로 등방성 확산 필터링은 가우시안 커널의 t 값이 클수록 통과 대역이 작아지고 영상에서 제거되는 고주파 성분의 양이 많아지므로 원영상의 에지를 보존할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

등방성 확산 필터링 방식의 단점을 해결하기 위하여 Perona와 Malik은 영상의 기울기에 기반하는 이방성 확산 필터링을 제안하였다[2]. Perona와 Malik의 이방성 확산은 $I_t = \text{div}(c(x, y, t)\nabla I(x, y, t))$ 으로 현재의 영상 처리 분야에서 주로 활용되고 있는 이방성 확산 알고리즘의 초석을 마련하였다. 이 방식에서 I_t 는 t 단계의 확산 이미지를 의미하고 ∇I 는 현재 픽셀과 주변의 동·서·남·북(east·west·south·north) 방향 픽셀과의 밝기 차이 값을 의미하는 기울기를 뜻한다. $c(x, y, t)$ 는 에지 정지 함수(edge stopping function)로

기울기 값이 크면 예지로 간주하여 확산의 비율을 줄이거나 정지시키는 역할을 한다. 결국 $c(x, y, t)$ 의 출력은 $[0, 1]$ 의 범위에서 $|\nabla I| \rightarrow \infty$ 이면 0 으로 발산(divergence)하여 확산의 비율을 줄이고 $|\nabla I| \rightarrow 0$ 이면 1 로 확산의 비율을 높인다.

이방성 확산 방식은 기울기 값에 비례하여 확산의 비율을 조절할 수 있는 에지 정지 함수를 이용하여 확산 처리 후에도 에지를 보존할 수 있게 된다. 그러나 전통적인 이방성 확산을 노이즈 제거에 적용할 경우 4 방향(동·서·남·북)의 십자형 커널 기반의 에지 정지 함수를 이용하므로 확산이 반복될수록 에지가 수평 및 수직 방향으로 집중되는 현상이 발생한다.

본 논문에서는 에지의 수평 및 수직 방향 집중화를 해결하기 위하여 기울기 방향성을 기반으로 선택적으로 십자형 커널을 확장하여 대각선 방향의 픽셀 정보를 포함하는 새로운 이방성 확산 방식을 제안한다. 노이즈가 포함된 영상을 대상으로 본 논문에서 제안된 이방성 확산을 적용하여 실험한 결과 에지의 수평 및 수직 방향 집중화를 해결할 수 있었다. 그 결과 에지 보존 강화와 노이즈 제거를 동시에 향상시킬 수 있으므로 고품질의 영상을 획득할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 기존의 이방성 확산 방식 중에서 Perona와Malik의 방식[2], RAD(Robust Anisotropic Diffusion) 방식[3] 그리고 GHAD(Gradient Histogram-Based Anisotropic Diffusion)방식[6]을 설명한다. 그리고 3절에서는 본 논문에서 제안된 이방성 확산 방식을 기술하고 4절에서는 제안된 방식과 기존 방식들을 비교 실험한 결과를 제시한다. 마지막으로 5절에서는 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

II. 기존의 이방성 확산 기법

Perona and Malik의 전통적인 이방성 확산 방식[2]은 윤곽선을 뚜렷하게 하면서 영역 내부를 부드럽게 하고 잡음을 제거하는 역할을 하는데 효과적이다. 이 방식은 4 방향(동·서·남·북)의 십자형 커널 구조의 픽셀 정

보를 이용한 확산 필터로 식 (1)과 같이 공간 및 시간적 이산화 수식으로 나타낼 수 있다.

$$I_{x,y}^{t+1} = I_{x,y}^t + \lambda [c_N \cdot \nabla_N I + c_S \cdot \nabla_S I + c_E \cdot \nabla_E I + c_W \cdot \nabla_W I]_{x,y}^t \quad (1)$$

식 (1)에서 t 는 확산의 반복 단계를 의미하며 $I_{x,y}^t$ 는 t 단계의 확산 적용 후 필터링 된 영상의 (x,y) 좌표에서의 밝기 값을 나타낸다. λ 는 4 방향의 십자형 커널을 사용하므로 $0 \leq \lambda \leq \frac{1}{4}$ 의 범위로 확산이 안정적으로 이루어지도록 하며 십자형 방향의 기울기 $\nabla_N I, \nabla_S I, \nabla_E I, \nabla_W I$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \nabla_N I_{x,y} &\equiv I_{x-1,y} - I_{x,y} \\ \nabla_S I_{x,y} &\equiv I_{x+1,y} - I_{x,y} \\ \nabla_E I_{x,y} &\equiv I_{x,y+1} - I_{x,y} \\ \nabla_W I_{x,y} &\equiv I_{x,y-1} - I_{x,y} \end{aligned} \quad (2)$$

이방성 확산은 식 (2)에서와 같이 십자형 커널을 이용하여 획득한 주변 픽셀과의 기울기 값을 가감 처리하여 영상의 확산 작용을 수행한다. 하지만 계산된 기울기 값을 그대로 가감 처리할 경우 영상의 에지 정보까지 함께 확산 처리되므로 에지 보존은 이루어 질 수 없게 된다. 그러므로 십자형 커널을 적용할 때 동질 영역은 확산의 비율을 높이고 에지 영역은 확산의 비율을 낮추거나 정지시키는 제어 역할을 하는 에지 정지 함수 c 를 필요로 한다.

에지 정지 함수는 식 (1)과 [그림 1]에서 c 에 해당하는 부분이다. [그림 1]의 십자형 이방성 확산 구조에서 현재 위치의 정점($I_{x,y}$)과 주위의 4 방향 정점(E, W, S, N)들은 각 픽셀의 밝기 값을 나타낸다. 각 정점을 연결하는 전도 계수 c 는 현재 픽셀의 기울기가 $|\nabla I| \rightarrow 0$ 이면 1 로 확산의 비율을 높이고, $|\nabla I| \rightarrow \infty$ 이면 0 으로 발산하여 확산의 비율을 줄이거나 정지시키는 역할을 수행한다.

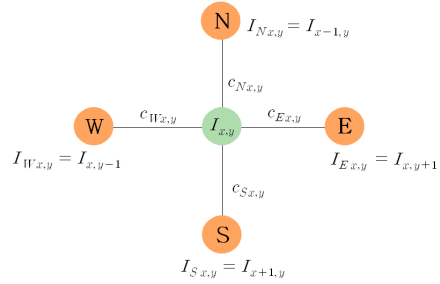


그림 1. 이방성 확산의 십자형 커널 구조

Perona와 Malik의 이방성 확산[2]에서는 에지 정지 함수 c 를 $|\nabla I|$ 값을 바탕으로 식 (3)의 반비례 함수와 식 (4)의 지수 함수의 두 가지 방식을 제안하였다.

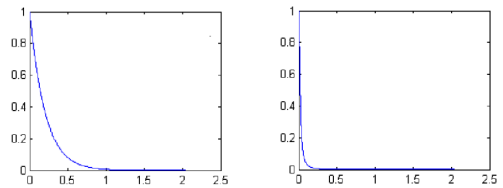
$$c_D \equiv g(\|\nabla I\|),$$

where $D = \{ \text{North, South, West, East} \}$

$$g(\|\nabla I\|) = \frac{1}{1 + \left(\frac{|\nabla I|}{K}\right)^2} \quad (3)$$

$$g(\|\nabla I\|) = e^{-\left(\frac{|\nabla I|}{K}\right)^2} \quad (4)$$

식 (3)과 식 (4)에서 K 는 확산의 영향을 결정하는 상수로 동질 영역과 에지 영역을 구분하기 위하여 사용되는 임계치이다.



(a) 반비례 함수 방식 (b) 지수 함수 방식

그림 2. Perona와 Malik의 에지 정지 함수 비교

식 (3)의 Perona와 Malik의 반비례 함수 방식은 [그림 2]의 (a)와 같이 동질 영역의 확산에는 효과적이며 기울기 값이 작은 부드러운 에지 영역의 보존이 어렵다. 그리고 식 (4)의 Perona와 Malik의 지수 함수 방식은 [그림 2]의 (b)와 같이 동질 영역의 확산은 어렵지만 기울기 값이 작은 부드러운 에지 영역까지 보존할 수

있다. 그러나 식 (3)과 (4)의 Perona와 Malik의 에지 정지 함수는 확산 단계 $t \rightarrow \infty$ 이면 [그림 3]과 같이 큰 기울기 값을 갖는 에지 영역도 확산에 포함되는 특성이 있어 에지 보존이 어려운 단점이 있다. [그림 3]의 x축은 기울기 ∇I 를 의미하고 y축은 [0,1]의 범위를 갖는 에지 정지 함수를 의미한다.

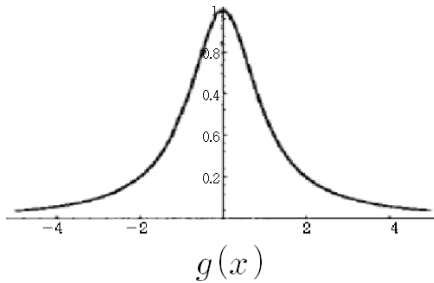


그림 3. Perona와 Malik의 에지 정지 함수 특성

Michael은 Perona와 Malik의 에지 정지 함수의 단점을 해결하기 위하여 RAD(Robust Anisotropic Diffusion)방식[3]에서 에지 정지 함수를 식 (5)와 같이 적용하였다.

$$c_D \equiv g(\|\nabla I\|),$$

$$\text{where } D = \{ \text{North}, \text{South}, \text{West}, \text{East} \}$$

$$g(\|\nabla I\|) = \begin{cases} \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{\|\nabla I\|}{K} \right)^{21} \right]^2, & \|\nabla I\| \leq K \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

식 (5)는 $\|\nabla I\| \leq K$ 이면 동질 영역으로 결정하여 확산을 하고, 그렇지 않으면 에지 영역으로 결정하여 에지 정지 함수에 0 을 할당하여 현재 픽셀 값을 그대로 유지하도록 한다. 그러므로 [그림 4]와 같이 큰 기울기 값을 갖는 에지는 확산 작용이 수행되지 않으므로 임계치 K 의 설정이 정확하다면 에지의 보존율을 높일 수 있다.

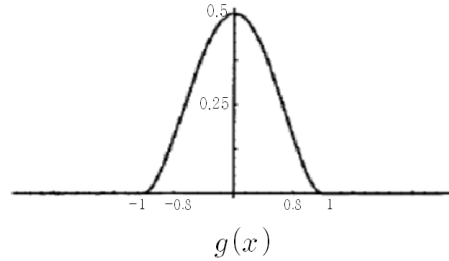


그림 4. RAD 방식의 에지 정지 함수 특성

RAD 방식[3]을 수정하여 GHAD(Gradient Histogram-Based Anisotropic Diffusion) 방식[6]은 식 (6)과 같이 확산 영역의 선택 비율을 줄이고 에지 정지 함수의 가중치를 높여서 동질 영역의 확산 효과를 높이도록 하였다.

$$c_D \equiv g(\|\nabla I\|),$$

$$\text{where } D = \{ \text{North}, \text{South}, \text{West}, \text{East} \}$$

$$g(\|\nabla I\|) = \begin{cases} \left[1 - \frac{\|\nabla I\|^2}{5K^2} \right], & \frac{\|\nabla I\|^2}{5} \leq K^2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

동질 영역과 에지 영역을 구분하기 위하여 사용되는 임계치 K 의 선택을 위한 방식 중 GHAD 방식[6] 은 사용자가 에지의 보존 비율을 제시하여 영상의 특성 및 확산의 목적에 따라 직접 제어할 수 있도록 하며 각 확산의 반복 단계 마다 점차적으로 감소하는 K 값을 제시하여 고품질의 영상 결과를 보여주었다.

이와 같이 효과적인 임계치 K 를 이용하더라도 십자형 커널을 기반으로 이방성 확산의 에지 정지 함수가 수행되므로 $t \rightarrow \infty$ 이면 에지가 수평 및 수직 방향으로 집중되는 문제점을 발견할 수 있다.

III. 제안된 기울기 방향성 기반의 이방성 확산

본 논문에서는 십자형 커널 기반의 이방성 확산 결과 에지가 수평 및 수직 방향으로 집중되는 현상을 해결하기 위하여 기울기 방향성 기반의 새로운 이방성 확산을

제안한다.

1. 이방성 확산의 임계치 K 계산

제안된 이방성 확산은 이방성 확산의 임계치 K 를 획득하기 위하여 GHAD방식[6]을 이용하여 다음과 같이 계산한다.

- (1) 각 픽셀에서 수평 방향 기울기와 수직 방향 기울기를 계산한다. [그림 5]의 5X5 픽셀의 경우 수평 방향 기울기는 $v_1 \sim v_{20}$, 수직 방향 기울기는 $v_{21} \sim v_{40}$ 를 의미한다.
- (2) 기울기 $v_1 \sim v_{20}$ 과 $v_{21} \sim v_{40}$ 을 오름차순 정렬 $\vec{v} = (v_0, \dots, v_{n-1})$ 을 수행한다.
- (3) 에지의 보존 비율 $\varpi = \nu/n$ 을 설정한다. n 은 전체 픽셀에서 가능한 에지 요소의 개수로 [그림 5]의 5X5 픽셀의 경우 $n = 40$ 에 해당한다. 즉 사용자가 에지 보존 비율(ϖ)을 입력하여 현재 영상의 에지 가능한 요소 n 중에서 에지로 보존해야 할 요소의 개수 ν 를 획득한다.
- (4) $K = v_{n-1-\nu}$ 에 의하여 K 값을 획득한다.

임계치 K 의 비율(ϖ)이 작게 설정되면 큰 K 값을 갖게 되어 에지 보존이 어렵지만 확산의 비율이 높아지므로 노이즈 제거에 효과적이다. 반면에 ϖ 비율이 크게 설정되면 작은 K 값을 갖게 되어 확산의 비율은 낮지만 에지 보존이 강화된다.

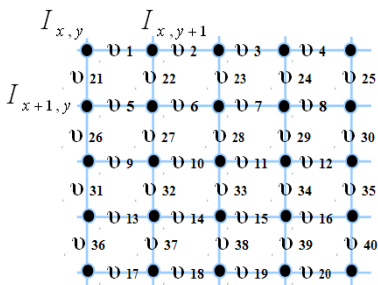


그림 5. 5x5 픽셀의 기울기

2. 이방성 확산의 방향성 결정

확산에 적용될 동질 영역과 에지 영역을 구분하기 위한 임계치 K 가 계산되면 다음과 같이 2 단계로 기울기 방향성에 기반하여 이방성 확산을 적용할 방향을 결정한다.

2.1 1 단계 처리 과정

십자형 커널을 기반으로 $|\nabla I| \leq K$ 를 적용하여 작은 기울기를 갖는 방향을 선택한다. 즉 $|\nabla I| \leq K$ 에 해당하면 작은 기울기를 갖는 영역이므로 동질 영역으로 간주하여 확산을 적용할 방향에 포함하고 그렇지 않으면 에지 영역으로 간주하여 확산을 적용할 방향에 포함시키지 않는다. 1 단계를 도식화하면 [그림 6]과 같다.

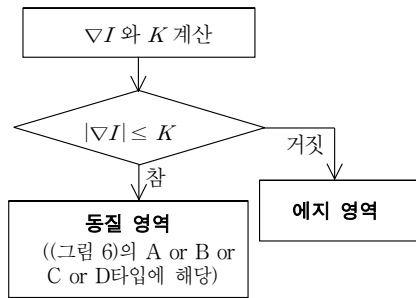


그림 6. 제안된 방식의 1 단계 과정

2.2 2 단계 처리 과정

1 단계의 결과 십자형의 주변 픽셀 중에서 확산에 참여되는 픽셀은 [그림 7]과 같이 한 방향이 선택되는 A 타입, 두 방향이 선택되는 B 타입, 세 방향이 선택되는 C 타입 그리고 네 방향이 선택되는 D 타입으로 구분할 수 있다. [그림 7]의 A, B, C, D 타입 중에서 B, C, D 타입의 경우 사이에 포함된 대각선 방향([그림 7]의 점선 화살표 방향)을 기반으로 $|\nabla I| \leq K$ 를 적용하여 해당되면 동질 영역으로 간주하여 확산을 적용할 방향에 포함하고 그렇지 않으면 에지 영역으로 간주하여 확산을 적용할 방향에 포함시키지 않는다.

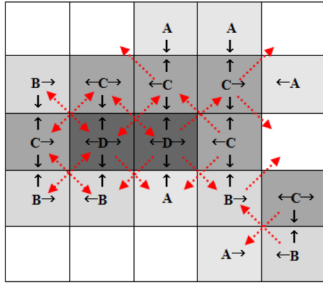


그림 7. 제안된 기울기 방향성에 기반한 이방성 확산의 방향

3. 이방성 확산의 에지 정지 함수

위에서 결정된 이방성 확산의 방향을 기반으로 식 (7)의 에지 정지 함수를 적용하여 이방성 확산을 수행한다.

$$I_s^{t+1} = I^t + \frac{\lambda}{|\eta_s|} \sum_{p \in \eta_s} g(\nabla I_{s,p}) \nabla I_{s,p},$$

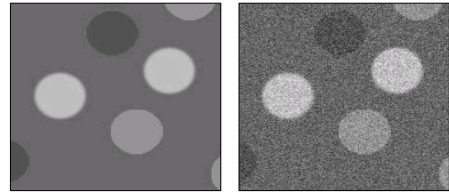
where $\eta_s = \{1\text{단계와}2\text{단계에서선택된방향}\}$

$$g(|\nabla I|) = \begin{cases} \left[1 - \frac{\|\nabla I\|^2}{9K^2}\right]^2, & \frac{\nabla I^2}{9} \leq K^2 \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

본 논문에서 제안된 식 (7)에서 $\frac{\nabla I^2}{9} \leq K^2$ 는 기존의 RAD 방식[3]과 GHAD 방식[6]에 비하여 더 작은 기울기 값을 갖는 영역이 선택된다. 더 작은 기울기 값을 갖는 영역은 주변 픽셀과 동질성이 크다는 것을 의미한다. 그러므로 식 (7)에서 제시한 방식과 같이 1 에 가까운 에지 정지 함수 출력 값으로 확산 효과를 높인다. 그리고 $\frac{\nabla I^2}{9} \leq K^2$ 에 해당하지 않을 경우는 식 (7)의 otherwise 에 해당하는 수식을 이용하여 비율을 낮추어 이방성 확산을 적용한다. 식 (7)의 $\frac{\lambda}{|\eta_s|}$ 에서 η_s 는 제안된 방식에서 이방성 확산의 방향으로 결정된 개수를 적용한다.

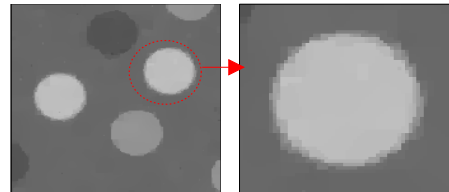
VI. 실험 결과

제안된 방식의 성능을 평가하기 위하여 기존의 PM 반비례 함수(Perona 와 Malik의 반비례 함수)[2]와 PM 지수 함수(Perona 와 Malik의 지수 함수)[2] 그리고 GHAD 함수[6]와 비교 실험하였다. 실험은 Intel(R) Core(TM)2 CPU 4300 @ 1.90GHz, 1.00GB RAM 기반에서 실행되었다. 실험 이미지를 위하여 그레이 레벨 128의 배경에 명암이 89~166의 원(circle) 모양을 포함하여 [그림 8]의 (a)와 같이 생성한 후 (b)와 같이 원 영상에 8%의 가우시안 노이즈를 추가하여 실험에 적용하였다.

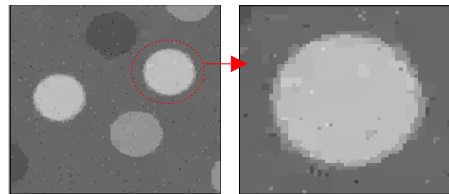


(a) 원 영상

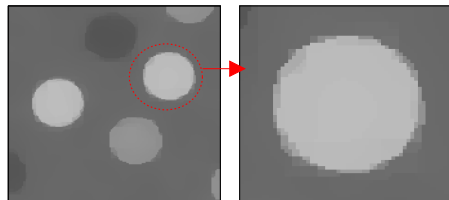
(b) 노이즈 영상



(c) PM 반비례 함수



(d) PM 지수 함수



(e) GHAD 방식

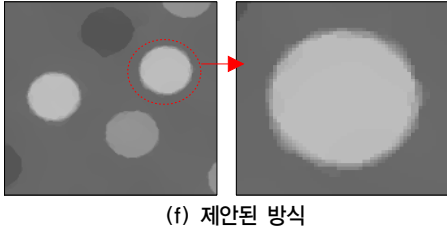


그림 8. 기존의 이방성 확산과 제안된 방식의 비교 ($K(\infty) = 0.1, t = 100$)

표 1. 확산 횟수(t)에 대한 process time 및 PSNR 비교

에지 정지 함수	t	process time (sec)	PSNR(dB)
PM 반비례 함수 방식	10	1.9270	36.4755
PM 지수 함수 방식	10	2.0210	33.0566
GHAD 방식	10	1.8640	36.0986
제안된 방식	5	1.5040	37.3853
제안된 방식	10	2.1150	38.4889
PM 반비례 함수 방식	100	11.2940	38.3034
PM 지수 함수 방식	100	11.3090	33.9290
GHAD 방식	100	10.4480	36.4875
제안된 방식	50	6.9700	39.7813
제안된 방식	100	12.5790	39.9437

실험 결과 [그림 8]의 (c)에 해당하는 PM 반비례 함수 방식은 에지가 수직 및 수평 방향으로 블러링되는 현상이 발생되고 (d)에 해당하는 PM 지수 함수 방식은 에지 및 배경 영역에 임펄스성 노이즈가 존재한다. [그림 8]의 (e)에 해당하는 GHAD 방식[6]은 에지의 블러링은 약화되지만 에지가 수평 및 수직 방향으로 집중되는 현상이 발생된다. 그러나 본 논문에서 제안된 방식 [그림 8]의 (f)는 기존 방식에 비하여 에지의 보존이 강화되면서 에지가 수평 및 수직 방향으로 집중되는 현상을 해결할 수 있음을 보여준다.

[표 1]은 확산 횟수(t)에 대한 실행 시간(process time) 및 PSNR 결과를 나타낸다. 기존 방식은 $t = 100$ 의 단계에서 10.4480~11.309(sec)의 실행 시간으로 33.929~38.3034(dB)의 PSNR값을 보였다. 그러나 본 논문에서 제안된 방식은 $t = 50$ 단계에서 6.97(sec)의 실행 시간으로 39.7813(dB)의 PSNR을 획득하여 기존 방식에 비하여 짧은 처리 시간에 더 높은 화질의 영상을 획득할 수 있음을 알 수 있었다.

[그림 9]는 166X165 크기의 lenna 영상에 적용된 결과를 제시한다. 실험 결과 기존 방식에 비하여 제안된 방식에서는 노이즈 제거 및 에지 보존에서 더 우수함을 나타내어 [표 2]와 같이 높은 PSNR 값을 획득할 수 있었다.

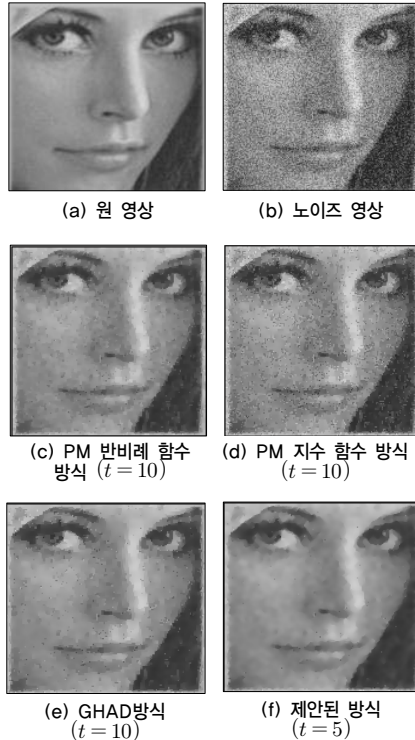


그림 9. 기존의 이방성 확산과 제안된 방식의 비교 ($K(\infty) = 0.3$)

표 2. lenna 영상의 process time 및 PSNR 비교

에지 정지 함수	t	process time (sec)	PSNR(dB)
PM 반비례 함수 방식	10	1.8960	29.8502
PM 지수 함수 방식	10	2.1930	25.8769
GHAD 방식	10	1.8170	29.3957
제안된 방식	5	1.5190	31.4128

V. 결론 및 향후 연구 방향

이방성 확산 필터링은 스펙클 노이즈 제거 및 영상

분할 전처리 단계로 영상의 에지는 보존하면서 동질 영역은 평탄화하기 위한 방식으로 활용되고 있다. 그러나 기존의 십자형 커널에 기반한 이방성 확산의 경우 확산의 반복 단계 스케일 $t \rightarrow \infty$ 일수록 에지의 방향이 수평 및 수직 방향으로 집중되는 문제점을 발견할 수 있다.

본 논문에서는 기존의 십자형 커널 기반의 이방성 확산 문제점을 해결하기 위하여 기울기의 방향성 정보를 이용하여 선택적으로 대각선 픽셀 정보를 포함하여 이방성 확산을 적용하는 방식을 제안하고 적용된 에지 정지 함수는 1 에 가까운 출력 값으로 가중치를 적용하여 확산 효과를 높였다. 그 결과 에지 영역 보존이 수평 및 수직 방향으로 집중되는 문제점을 해결하면서 동질 영역 및 노이즈의 확산은 부드럽게 처리하여 고품질의 영상을 획득할 수 있었다.

향후 본 논문에서 제안된 방식을 초음파 영상에서 스펙클 노이즈를 제거하기 위한 방식 또는 디지털 카메라의 영상 처리 기법에 활용될 수 있도록 확장 연구할 계획이다.

참고 문헌

[1] J. Babaud, A. Witkin, M. Baudin, and R. Duda, "Uniqueness of the gaussian kernel for scale-space filtering," IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell., Vol. PAMI-8, 1986(1).
 [2] P. Perona and J. Malik, "Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic Diffusion," IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell., Vol.12, No.7, pp.629-639, 1990.
 [3] M. J. Black, G. Sapiro, D. H. Marimont, and D. Hegger, "Robust Anisotropic Diffusion," IEEE Trans. Image Processing, Vol.7, No.3, pp.421-432, 1998(3).
 [4] F. Voci, S. Eiho, N. Sugimoto, and H. Sekiguchi, "Estimating the Gradient Threshold in the Perona-Malik Equation," IEEE Signal

Processing Magazine, pp.39-46, 2004(5).
 [5] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell., Vol. PAMI-8, pp.679-698, 1986.
 [6] H. Y. Kim, "Gradient Histogram-Based Anisotropic Diffusion," Personal Communication, 2006.
 [7] K. Karl, C. F. Westin, K. Ron, and V. Kirby, "Oriented Speckle Reducing Anisotropic Diffusion," IEEE Transactions on Image Processing, Vol.16, No.5, pp.1412-1424, 2007.
 [8] W. Yi, Z. Liangpei, and L. Pingxiang, "Local Variance Controlled Forward and Backward Diffusion for Image Enhancement and Noise Reduction," IEEE Transactions on Image Processing, Vol.16, pp.1854-1864, 2007(7).
 [9] P. Zhigeng and L. Jianfeng, "A Bayes-Based Region-Growing Algorithm for Medical Image Segmentation," Computing in Science & Engineering, Vol.9, pp.32-38, 2007.
 [10] A. K. W. Sum and P. Y. S. Cheung, "Stabilized Anisotropic Diffusions," IEEE International Conference Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol.1, pp.709-712, 2007(4).

저자 소개

김희숙(Hye Suk Kim)

정회원



- 1999년 : 전남대학교 전산학과 (이학석사)
- 2001년 ~ 현재 : 전남대학교 전산학과 박사 재학중
 <관심분야> : 노이즈 처리, 영상 처리, 의료 영상, 동영상 압축

김 기 홍(Gi Hong Kim)

정회원



- 2006년 : 목포대학교 전자공학과 (학사)
- 2008년 ~ 현재 : 전남대학교 전산학과 석사 재학중

<관심 분야> : 영상처리, 동영상 압축

윤 효 순 (Hyo Sun Yoon)

정회원



- 2002년 : 전남대학교 전산학과 (이학석사)
- 2005년 : 전남대학교 전산학과 (이학박사)

<관심분야> : 영상 처리, 의료 영상, 동영상 압축, 에러 은닉, MVC

이 귀 상(Guee Sang Lee)

정회원



- 1980년 : 서울대학교 전기공학과 (학사)
- 1982년 : 서울대학교 전기계산기공학과(석사)
- 1991년 : Pennsylvania 주립대학교 전산학(박사)

- 1984년 ~ 현재 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수

<관심분야> : 멀티미디어 통신, 노이즈 처리 및 컴퓨터비전, 임베디드 시스템