

## 방향성 정보 척도를 이용한 적응적 다단 메디안 필터에 관한 연구

김 수 겸†

(원고접수일 : 2003년 9월 19일, 심사완료일 : 2004년 3월 17일)

### **A study on Adaptive Multi-level Median Filter using Direction Information Scales**

Soo-Gyeam Kim†

**Abstract** : Pixel classification is one of basic image processing issues. The general characteristics of the pixels belonging to various classes are discussed and the radical principles of pixel classification are given. At the same time, a pixel classification scheme based on image direction measure is proposed. As a typical application instance of pixel classification, an adaptive multi-level median filter is presented. An image can be classified into two types of areas by using the direction information measure, that is, smooth area and edge area. Single direction multi-level median filter is used in smooth area, and multi-direction multi-level median filter is taken in the other type of area. What's more, an adaptive mechanism is proposed to adjust the type of the filters and the size of filter window. As a result, we get a better trade-off between preserving details and noise filtering.

**Key words** : Edge area(에지영역), Smooth area(평활화 영역), Median Filter(메디안 필터), Unidirection Multi-level Median Filter(단방향 다단 메디안 필터), Bidirection Multi-level Median Filter(쌍방향 다단 메디안 필터), Adaptive Multi-level Median Filter((적응적 다단 메디안 필터).

### 1. 서 론

디지털영상의 채집계통을 통하여 얻은 영상이나 혹은 통신 정보로 전송하여 온 디지털 영상은 여러가지 유형의 잡음에 오염된다. 일반적으로 이와 같은 영상 잡음을 제거하기 위하여 사용하는 필터는 선형 필터(Linear Filtering)이다<sup>[2]</sup>.

영상의 잡음이 가우시안 잡음일 때 선형 평활화 기술은 매우 효과적이다. 그러나 가성 잡음이 가우시안형이 아닌 경우(예를 들면 Sparkle 잡음, Tailed 잡음 등) 선형 평활화 방법으로 잡음을 제거하기가 어렵다. 또한 선형 평활화 방법은 잡음을 제거하지 못하고 그리고 영상의 갑작스런 변화를 효과적으로 보호할 수 없는 단점을 가지고

† 책임저자(목포해양대학교 기관시스템공학부), E-mail : ksgik@mail.mmu.ac.kr, T : 061)240-7099

있다. 즉, 영상의 유용한 정보를 포함하고 있는 에지를 보호할 수 없다<sup>[1,3]</sup>. 표준형 메디안 필터(Median Filter : MF)는 비교적 효과적으로 이와 같은 선형 필터의 단점을 해결할 수 있다. 심지어는 가우시안형을 벗어난 잡음과 그리고 유용한 정보에 독립된 각종 잡음에도 비교적 좋은 필터링 결과를 얻을 수 있으며, 영상중의 에지를 비교적 잘 보호할 수 있는 장점이 있다. 그러나 표준형 메디안 필터는 필터의 척도보다 작은 구조를 파괴하고 또 잃게 하는 단점이 있다. 예를 들면 가는 선, 모퉁이 세절 등을 파괴하거나 잃게 한다. 그러나 이와 같은 세절은 영상의 중요한 정보를 포함하고 있다<sup>[4,5]</sup>. 때문에 응용중에서 너무 많은 유용한 세절을 잃지 않게 하기 위하여 비교적 작은 척도의 필터를 선택하여 사용한다. 그러나 좋은 필터 효과를 얻기 위해서는 큰 척도의 필터를 선택하여야 한다. 여러가지의 필터링 치수를 선택하는 경우에서 서로 다른 종류의 잡음을 제거함과 동시에 또한 세절을 보호하여야 한다. 이와 같은 잡음 제거와 세절보호 사이에 가장 효과적인 메디안 필터는 다단 메디안 필터(Multi-level Median Filter, MLM)이다<sup>[4,5]</sup>. 다단 메디안 필터에는 단방향 메디안 필터(Unidirection Multi-level Median Filter, MLM-)와 쌍방향 메디안 필터(Bidirection Multi-level Median Filter, MLM+)가 있다. 단방향 메디안 필터는 우수한 세절을 보호하는 성능을 가지고 있으나 잡음을 제거하는 성능은 비교적 약하다. 쌍방향 메디안 필터는 잡음 제거 성능은 단방향 메디안 필터 보다 약간 개선된 성능을 가지고 있으나 비교적 많은 세절을 손실한다. 이와같이 이 두 가지 다단 메디안 필터는 표준형 메디안 필터보다는 약간 개선되었으나 여전히 평활성이 부족하다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 잡음을 제거함과 동시에 세절을 보호하는 성능을 가진 필터를 제안한다. 이것은 영상의 방향성 정보 척도를 근거로 하는 적응적 다단 메디안 필터(Adaptive Multi-level Median Filter, AMLM)이다.

본 논문 제2장에서는 표준형 메디안 필터와 단방향 메디안 필터 그리고 쌍방향 메디안 필터에

대하여 간략히 설명하고 제3장에서 방향성 정보 척도에 대하여 정의한다. 그리고 정의한 방향성 정보 척도를 이용하여 적응적 다단 메디안 필터를 제안한다. 제4장에서는 시뮬레이션 및 비교분석 결과를 제시한다.

## 2. 메디안 필터의 소개

간략하게 본 논문과 관련이 있는 몇 가지 메디안 필터에 대하여 설명한다.

### 2.1 표준형 메디안 필터

메디안 필터는 John Turkey가 1974년 이산 데이터의 평활화를 위하여 맨 처음 제안한 것이다. 그 후 광범위하게 디지털 정보처리의 많은 영역에서 사용하게 되었다.

#### 2.1.1 표준형 메디안 필터

윈도우 내의 N개의 신호데이터를 Vector 형식으로 표시하면 식 (1)과 같다.

$$x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t)) \quad (1)$$

vector의 데이터를 큰 것으로부터 작은 것으로 다시 배열하면 식 (2)와 같다.

$$x^r(t) = (x_{p_1}(t), x_{p_2}(t), \dots, x_{p_N}(t)) \quad (2)$$

표준형 메디안 필터의 값은 식 (3)과 같다.

$$y_{MF}(t) = x_{p_{N/2+1}}(t) \quad (3)$$

일반적으로 메디안 필터는 식 (4)와 같이 표시한다.

$$y_{MF}(t) = med[\bullet] \quad (4)$$

### 2.2 단방향 메디안 필터와 쌍방향 메디안 필터

다단 메디안 필터는 Nieminnen이 맨 처음 제안한 것<sup>[4]</sup>으로 그 후 Arce가 이 필터의 특성을 연구 분석하여 정식으로 Multi-stage Median 필터로 불렀다<sup>[5]</sup>.

2.2.1 원도우의 정의

만약  $f(\bullet, \bullet)$ 이 영상평면 위에 정의한 이산 영상신호이고 중심픽셀  $(i, j)$ 에 있는  $(2N+1) \times (2N+1)$ 의 정방형 원도우에 대한 일종의 자원도우를 정의하면 다음과 같다.

$$W_1(i, j) = \{f(i+n, j) : -N \leq n \leq N\}$$

$$W_2(i, j) = \{f(i, j+n) : -N \leq n \leq N\}$$

$$W_3(i, j) = \{f(i+n, j+n) : -N \leq n \leq N\}$$

$$W_4(i, j) = \{f(i+n, j-n) : -N \leq n \leq N\}$$

2.2.2 단방향 다단 메디안 필터

자원도우를 이용한 중간값은 다음과 같다.

$$Z_k(i, j) = \text{med}[W_k(i, j)], \quad k=1,2,3,4$$

여기에서 중간값의 최대치와 최소치는 각각 다음과 같다.

$$Y_{\max}(i, j) = \max_{1 \leq k \leq 4} Z_k(i, j)$$

$$Y_{\min}(i, j) = \min_{1 \leq k \leq 4} Z_k(i, j)$$

단방향 다단 메디안 필터의 출력은 식 (5)와 같다.

$$Y_{MLM-}(i, j) = \text{med}[Y_{\max}(i, j), Y_{\min}(i, j), f(i, j)] \quad (5)$$

2.2.3 쌍방향 다단 메디안 필터

만약

$$W_1^+(i, j) = W_1(i, j) \cup W_2(i, j)$$

$$W_2^+(i, j) = W_3(i, j) \cup W_4(i, j) \quad \text{이면, 그 값은}$$

$$Z_k^+(i, j) = \text{med}[W_k^+(i, j)] \quad \text{이 된다.}$$

여기에서  $k=1,2$

$$\text{유사하게 } Y_{\max}^+(i, j) = \max_{1 \leq k \leq 2} Z_k^+(i, j)$$

$$Y_{\min}^+(i, j) = \min_{1 \leq k \leq 2} Z_k^+(i, j) \quad \text{이 된다.}$$

그러므로 쌍방향 다단 메디안 필터에 대한 정의는 식 (6)과 같다.

$$Y_{MLM+}(i, j) = \text{med}[Y_{\max}^+(i, j), Y_{\min}^+(i, j), f(i, j)] \quad (6)$$

실제로  $K$ 가 취할 수 있는 값은 2가지 밖에 없기 때문에 쌍방향 다단 메디안 필터의 출력은 식 (7)과 같다.

$$Y_{MLM+}(i, j) = \text{med}[Z_1^+(i, j), Z_2^+(i, j), f(i, j)] \quad (7)$$

### 3. 방향성 정보 척도를 이용한 적응적 다단 메디안 필터

영상의 세질을 보호할 뿐만 아니라 동시에 양호한 잡음 제거 능력을 가지기 위하여 효과적으로 에지와 잡음을 구분할 수 있어야 한다. 또한 에지 영역에서 많은 세질을 보호하고 비에지영역에서는 강한 잡음 제거능력이 있어야 한다. 방향성은 에지의 중요한 특징 중 하나임과 동시에 잡음을 구별할 수 있는 하나의 본질적인 요소이다. 본 절에서는 방향성 정보 척도를 이용하여 메디안 필터의 형식과 원도우의 성질을 분석한다. 먼저 간략하게 방향성 정보의 척도를 정의한다.

#### 3.1 방향성 정보 척도

픽셀의 좌표가  $(i, j)$ 이고 영역은

$R = \{(m, n) \mid |m-i| \leq L, |n-j| \leq L\}$  이라고 가정한다. 여기에서  $L$ 은 영역길이의 절반이다. 그리고  $l_\theta$ 는 중심점을 지나고 각도가  $\theta$ 인 한 직선이며, 또 이 영역을 각각 절반  $S_{\theta 1}$ 과  $S_{\theta 2}$ 로 나눈다.

따라서 방향성 정보 척도  $M_{ij}$ 의 정의는 식 (8)과 같이 할 수 있다.

$$M_{ij} = d_{\theta \max} - d_{\theta \min} \quad (8)$$

여기에서

$$d_{\theta \max} = \max_{0^\circ \leq \theta < 180^\circ} (d_\theta)$$

$$d_{\theta \min} = \min_{0^\circ \leq \theta < 180^\circ} (d_\theta)$$

$$d_\theta = |f_{S_{\theta 1}} - f_{S_{\theta 2}}|,$$

$$f_{S_{\theta 2}} = \sum_{(i,j) \in S_{\theta 2}} x_{ij}, \quad f_{S_{\theta 1}} = \sum_{(i,j) \in S_{\theta 1}} x_{ij}$$

만약 영역내에 중심점을 지나는 에지가 존재한다면 이 에지는 방향성을 가지게 되며 또한  $l_\theta$ 가

에지의 꺾적방향을 따르면  $d_\theta$ 는 극대치를 가진다. 그러나  $l_\theta$ 가 에지의 꺾적방향과 수직일 경우  $d_\theta$ 는 극소치를 취한다. 때문에  $M_{ij}$ 의 값이 비교적 크다. 만약 평활화 영역일 경우  $l_\theta$ 가 어느 방향을 취하든지  $d_\theta$ 의 값과 비교적 비슷하기 때문에  $M_{ij}$ 의 값은 비교적 작다.

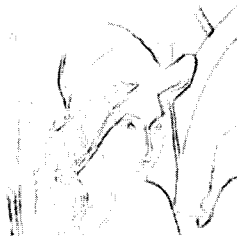
잡음에 대하여 말하면 잡음은 불규칙하기 때문에 방향성을 가지고 있지 않다. 때문에  $l_\theta$ 가 무슨 방향을 취하던 간에  $d_\theta$ 의 값은 비교적 비슷하고  $M_{ij}$ 의 값은 비교적 작다. 이와같이 영상의 에지점에 대한 방향성 척도는 비교적 큰 반면에 잡음에 대한 방향성 척도는 비교적 작다.

### 3.2 적응적 필터링

방향성 정보 척도를 얻는 방법은 임계치를 적용하여 에지영역 또는 평활화영역 중 어느 것인지를 판단하는 것이다. 많은 시뮬레이션을 통하여 평활화영역의 방향성 정보 척도의 분포가 근사하게 가우시안 분포가 된다는 것을 알게 되었다. 그러나 에지영역의 방향성 정보 척도의 분포는 이와 같은 특징을 가지지 않으며 또한 에지영역과 평활화영역의 경계는 가우시안 붐 종결부분의 의 곳에 위치함을 발견하게 되었다.



(a) Lena image with Noise  $N(0,20)$



(b) Directional information scale

Fig. 1 Directional information scale

Fig. 2는 Fig. 1(b)가 표시한 방향성 정보 척도에 대한 히스토그램이다. 가우시안 분포의 평균과 표준편차는 각각  $\mu$ 와  $\sigma$ 이고,  $M_{ij}$ 가 당점의 방향성 정보 척도일 때, 적응적 규칙은 아래와 같다.



Fig. 2 Histogram of direction information scale with Fig.1(b)

① 만약  $M_{ij} \geq \mu + 3\sigma$ 이면, 당점이 에지영역에 있기 때문에 단방향 다단 메디안 필터로 에지를 보호할 수 있다

②  $M_{ij} < \mu + 3\sigma$ 이면, 당점이 평활화영역에 놓이기 때문에 단방향 다단 메디안 필터로 비교적 좋은 필터효과를 얻을 수 있다.

본 논문은 시뮬레이션에서 잡음첨가의 증가에 따라 가우시안 분포의 평균치와 표준편차는 커지는 것을 발견하였다. 따라서 이 두 값의 크기를 이용하여 필터 윈도우 치수의 크기를 결정하였다.

## 4. 시뮬레이션 및 비교 분석

표준형 메디안 필터, 일방향 다단 메디안 필터, 쌍방향 메디안 필터 그리고 본 논문에서 제안한 방향성 정보 척도를 이용한 적응적 다단 메디안 필터에 대한 시뮬레이션 및 비교 분석을 하였다. 시뮬레이션결과의 분석에서는 상대 평방근 오차(RMSE)와 상대 평균 절대 오차(RMAE)를 이용하였으며 식 (9)와 식 (10)과 같다.

$$RMSE = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} [f(i,j) - f'(i,j)]^2}{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} [f(i,j)]^2} \quad (9)$$

$$RMAE = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} |f(i,j) - f'(i,j)|}{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} |f(i,j)|} \quad (10)$$

여기에서  $f(i,j)$ 는 입력영상이고,  $f'(i,j)$ 는 출력영상이며  $N \times M$ 는 영상의 크기이다.

4.1 세절보호 성능분석

본 논문에서는 영상의 크기가 256×256이고 명암도 등급은 256을 사용하였다. Table 1은 식 (9)와 식 (10)의 상대 평균근 오차(RMSE)와 상대 평균 절대 오차(RMAE)에 대한 분석 결과이다.

**Table 1 Ability comparison of fine detail protection**

| N | RMSE   |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|
|   | MF     | MLM-   | MLM+   | AMLM   |
| 1 | 0.1148 | 0.0008 | 0.0147 | 0.0317 |
| 2 | 0.6791 | 0.0077 | 0.0971 |        |
| 3 | 0.9237 | 0.0348 | 0.1796 |        |
| 4 | 0.9214 | 0.0739 | 0.2621 |        |
| 5 | 0.9311 | 0.1236 | 0.3370 |        |

| N | RMAE   |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|
|   | MF     | MLM-   | MLM+   | AMLM   |
| 1 | 0.1979 | 0.0058 | 0.0539 | 0.0710 |
| 2 | 0.6605 | 0.2181 | 0.2032 |        |
| 3 | 0.8580 | 0.0773 | 0.3121 |        |
| 4 | 0.9163 | 0.1310 | 0.3935 |        |
| 5 | 0.9163 | 0.1952 | 0.4599 |        |

Table 1에는 표준형 메디안 필터, 일방향 다단 메디안 필터와 쌍방향 다단 메디안 필터, 그리고 본 논문에서 제안한 적응적 다단 메디안 필터를 적용한 후의 RMSE와 RMAE를 보여준다.

Table 1에서 알 수 있는 바와 같이 적응적 다단 메디안 필터의 세절 보호 능력은 표준형 메디안 필터 보다 좋다. 그리고 대부분의 상황에서 (N>2) 적응적 다단 메디안 필터가 쌍방향 다단 메디안 필터의 성능보다 좋다. 단방향 다단 메디안과 비교하면 N<3일 때 적응적 다단 메디안 필터의 세절보호 능력은 단방향 다단 메디안 필터 보다 못하다. 그러나 N≥3일 때 적응적 다단 메디안 필터의 세절보호 능력은 단방향 다단 메디안 필터보다 좋다.

총체적으로 말하면 N이 비교적 작을 때 적응적 다단 메디안 필터의 세절보호 능력은 단방향 다단 메디안 필터와 쌍방향 다단 메디안 필터의 중간이고, N이 비교적 클 때 적응적 다단 메디안 필터의 세절 보호능력은 단방향 다단 메디안 필터와 쌍방

향 다단 메디안 필터 보다 좋다.

4.2 잡음 제거 성능 분석

Lena 영상에 대하여 각각 분포가 N(0.20)의 가우시안 잡음 또는 확률이 30%인 펄스잡음을 첨가하여 잡음 제거 성능을 비교분석 하였다.

**Table 2 Ability comparison of filtering (Gaussian Noise)**

| N | RMSE   |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|
|   | MF     | MLM-   | MLM+   | AMLM   |
| 1 | 0.0122 | 0.0223 | 0.0125 | 0.0103 |
| 2 | 0.0121 | 0.0167 | 0.0106 |        |
| 3 | 0.0166 | 0.0145 | 0.0110 |        |
| 4 | 0.0222 | 0.0137 | 0.0123 |        |
| 5 | 0.0279 | 0.0135 | 0.0141 |        |
| 6 | 0.0341 | 0.0136 | 0.0161 |        |

| N | RMAE   |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|
|   | MF     | MLM-   | MLM+   | AMLM   |
| 1 | 0.0859 | 0.1363 | 0.0984 | 0.0828 |
| 2 | 0.0838 | 0.1175 | 0.0863 |        |
| 3 | 0.0898 | 0.1078 | 0.0842 |        |
| 4 | 0.1020 | 0.1028 | 0.0866 |        |
| 5 | 0.1148 | 0.1002 | 0.0905 |        |
| 6 | 0.1278 | 0.0992 | 0.0954 |        |

**Table 3 Ability comparison of filtering (Pulse Noise)**

| N | RMSE   |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|
|   | MF     | MLM-   | MLM+   | AMLM   |
| 1 | 0.0288 | 0.3453 | 0.1035 | 0.0190 |
| 2 | 0.0136 | 0.1838 | 0.0316 |        |
| 3 | 0.0181 | 0.1005 | 0.0181 |        |
| 4 | 0.0233 | 0.0622 | 0.0169 |        |
| 5 | 0.0288 | 0.0460 | 0.0180 |        |
| 6 | 0.0346 | 0.0483 | 0.0201 |        |

| N | RMAE   |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|
|   | MF     | MLM-   | MLM+   | AMLM   |
| 1 | 0.0685 | 0.2911 | 0.1111 | 0.0608 |
| 2 | 0.0671 | 0.1752 | 0.0624 |        |
| 3 | 0.0798 | 0.1147 | 0.0576 |        |
| 4 | 0.0918 | 0.0893 | 0.0617 |        |
| 5 | 0.1035 | 0.0803 | 0.0673 |        |
| 6 | 0.1152 | 0.0875 | 0.0730 |        |

Table 2는 가우시안형 잡음에 대한 RMSE와 RMAE의 분석 결과이다. 그리고 Table 3은 펄스형 잡음에 대한 RMSE와 RMAE의 분석 결과이다. Fig. 3과 Fig. 4에서는 각각 두 종류의 잡음이 가해졌을 때 본 논문에서 제안한 필터가 가장 우수한 필터링 결과를 보여준다.



(a) Lena Image (b) Gaussian Noise N(0,20)



(c) MF N=2 (d) MLM-, N=5

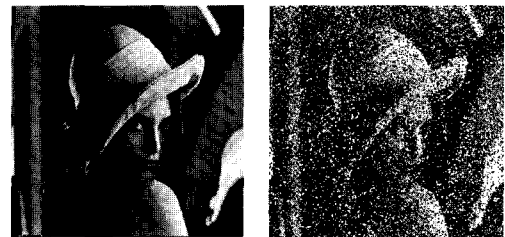


(e) MLM+, N=3 (f) AMLM

Fig. 3 Performance comparison of Gaussian Noise

Table 2에서 잡음 유형이 가우시안 잡음일 때 RMSE 평가표준 또는 RMAE 평가표준 모두에서 적응적 다단 메디안 필터의 잡음 제거 성능은 단방향 다단 메디안 필터 또는 쌍방향 다단 메디안 필터 보다 우수하다. Table 3에서도 잡음의 유형이 펄스형일 때 RMSE 평가 표준 하에서 적응

적 다단 메디안 필터의 잡음 제거 성능은 단방향 다단 메디안 필터 보다 우수하다. 대부분 상황에서 표준형 메디안 필터의 잡음 제거 성능 보다도 적응적 다단 메디안 필터가 우수하다. 그러나  $6 \times N > 2$ 일 때 적응적 다단 메디안 필터의 잡음 제거 성능은 쌍방향 다단 메디안 필터 보다 약간 우수하지 못한 것을 알 수 있다. RMAE 평가 표준 하에서 적응적 다단 메디안 필터의 잡음 제거 성능은 단방향 다단 메디안 필터와 표준형 메디안 필터 보다 모두 우수하다. 쌍방향 다단 메디안 필터에 비하면  $N=3$ 일 때만이 적응적 다단 메디안 필터의 잡음 제거 성능이 쌍방향 다단 메디안 필터 보다 우수하지 못하고 나머지 모두 우수한 것을 알 수 있다.



(a) Lena image (b) Pulse Noise 30%



(c) MF, N=2 (d) MLM-, N=5



(e) MLM+, N=3 (f) AMLM

Fig. 4 Performance comparison of Pulse Noise

종합적으로 말하면, 잡음의 유형이 가우시안형 잡음일 때 적응적 다단 메디안 필터의 잡음 제거 성능은 표준형 메디안 필터와 단방향 다단 메디안 필터 보다 우수하고 쌍방향 다단 메디안 필터의 잡음 제거 성능이 가장 좋을 때와 비슷하다.

펄스형 잡음일 때 역시 적응적 다단 메디안 필터의 잡음 제거 성능은 표준형 메디안 필터와 단방향 다단 메디안 필터보다 우수하다. Fig. 3과 Fig. 4에서 이와 같은 분석 결과 영상을 보여준다

### 5. 결 론

본 논문에서는 새로운 방향성 정보 척도를 이용한 적응적 다단 메디안 필터를 제안하였다. 잡음과 세절을 방향성으로 구별하여 적응적으로 다단 메디안 필터의 형식과 필터 윈도우의 치수를 결정하였다. 또한 영상 잡음에 대하여 세절보호와 잡음 제거 간의 평형을 유지하도록 하였다. 이를 위하여 영상 픽셀을 에지 영역과 평활화 영역으로 나누었다. 에지 영역에서는 세절을 보호하고 그리고 평활화 영역에서는 좋은 잡음 제거 성능을 갖도록 하였다.

영상 픽셀을 두 종류로 구분하는 조건하에서, 전통적인 표준형 메디안 필터, 일방향 다단 메디안 필터, 쌍방향 다단 메디안 필터의 방법과 본 논문에서 제안한 적응적 다단 메디안 필터의 잡음의 제거와 세절의 보호 성능을 비교하였다. 시뮬레이션에서 보여준 것과 같이 잡음 제거와 세절 보호 성능은 표준형 메디안 필터와 일방향 다단 메디안 필터 보다 우수 하였다. 그러나 쌍방향 다단 메디안 필터보다는 우수한 세절 보호 성능을 보여 주었으며 잡음 제거 성능면에서는 비슷한 성능을 보여주었다. 그러나 여러가지의 유형의 영상과 픽셀에 대하여 영상의 특징에 적합한 척도를 선택하고 적응적으로 필터의 구조를 구성하도록 하는 것에 대해서는 앞으로 더 많은 연구를 하여야 할 것으로 생각된다.

### 참고문헌

- [1] D. Marr and T. Poggio, A computational theory of human stereo vision, In Proc. Roy. Soc. London, Vol.B204, pp.301-328, 1979
- [2] K. Castleman, Digital Image Processing, 淸華大學出版社:北京, 1998
- [3] G. Arce, N. Gallagher and T. Nides, Median filter: theory and applications, Advances in Computer Vision and Image Processing (T. S. Huang, Ed.), New York: JAI, Vol.2, pp.90-166, 1986
- [4] A. Nieminen, P. Heinonen and, Y. Neuvo, A new class of detail-preserving filters for image processing, IEEE Trans. On PAMI, Vol.9, No.1, pp.74-90, 1987
- [5] G. Arce, R. Foster, Detail preserving ranked-order based filters for image processing, IEEE Trans. On ASSP, Vol.37, No.1, pp.83-98, 1989

### 저 자 소 개



김수겸 (金秀謙)

1954년 7월생, 광주대학 전자계산학과 졸업, 1989년 조선대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사), 1996년 조선대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 1990년-현재 목포해양대학교 기관시스템공학부 부교수.