

碩士學位論文

방향성 마스크를 이용한  
손실 영상 복원



濟州大學校 大學院

通信工學科

咸鍾國

2002 年 12 月

방향성 마스크를 이용한  
손실 영상 복원

指導教授 李 鎔 鶴

咸 鍾 國

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함



咸鍾國의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 金 興 洙 印

委 員 林 載 允 印

委 員 李 鎔 鶴 印

濟州大學校 大學院

2002年 12 月

# Loss image interpolation using direction mask

Jong-Kug Ham  
(Supervised by professor Yong-Hak Lee)

A thesis submitted in partial fulfillment of the  
requirement for the degree of Master of Science  
2002. 12.

This thesis has been examined and approved.

---

Thesis director, Heung-Soo Kim, Prof. of Telecom. Eng.

---

---

(Name and signature)

---

Date

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATION ENGINEERING  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

## 목 차

Abstract .....	1
I. 서론 .....	2
II. 에지 추출 기법 .....	4
1. 에지의 종류와 특성 .....	4
2. 미디언 필터 .....	5
3. 공간 미분 필터 .....	8
III. 보간 기법과 방향 특성 알고리즘 .....	11
1. 최 인접 화소 보간법 .....	11
2. 선형 보간법 .....	12
3. 유사연산자 기법과 에지 연결성 .....	13
4. 대비 확장과 방향 특성 알고리즘 .....	14
IV. 방향성 마스크를 이용한 보간 기법 .....	16
1. 마스크 크기 결정 .....	16
2. 방향성 마스크를 이용한 보간법 .....	17
V. 시뮬레이션 및 결과 .....	24
1. 시뮬레이션 .....	24
2. 보간 결과 .....	37
VI. 결론 .....	39
참고문헌 .....	40

## Abstract

The image can be lost or blurred through image processing, storage and transmission. To restore these images, the interpolation methods are needed in image processing and are used in image scale, rotation, transformation, etc. In order to reconstruct the values of pixels which are in the loss areas of a still image, the conventional interpolation methods utilize the weighted average of values of the neighbor pixels. However, this linear interpolation cannot be restore the sharp edges in detail which are in the loss area of the image.

In this thesis, to settle the matter, the interpolation method using direction mask is proposed. The size of direction mask is decided by the maximum distributions of the vertical and horizontal length which are between the vertical and horizontal pixels being out of loss area for each pixel in the loss area. After inserting zero into the loss area of the edge image, the information of the direction and the similar intensity property of the edge are obtained by the direction mask and the interpolation is performed from the estimated information.

To analyze the performance of the proposed method, three images which have different loss areas are selected and the interpolation by the proposed method show the improved results for all sample images more than the linear interpolation method. The interpolated images by the proposed method have the improved PSNR about 4~5dB and the reduced blur effect.

## I. 서론

급격한 컴퓨터 성능의 향상과 고속 정보통신망의 보급으로 인하여 멀티미디어 정보의 활용은 기하급수적으로 증가하고 있다. 문자, 영상, 음성, 비디오 등의 여러 멀티미디어 정보 가운데에서 영상과 비디오 정보가 차지하는 정보량은 다른 미디어와는 비교가 되지 않을 정도로 방대하여, 디지털 영상 및 비디오 데이터를 효율적으로 전송, 저장, 처리하기 위한 연구는 지금까지도 중요한 관심사가 되고 있다.

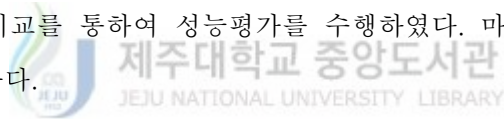
영상 부호화 기술의 발달과 함께 동영상이나 정지영상에서 오류로 인하여 손실 또는 제거된 부분을 복원하는 방법들이 많이 연구되어 왔다.(P. Salama, 1995) 동영상에서 전송 경로의 채널 잡음으로 손실된 영상을 복원하는 경우에는 이웃한 블록의 움직임 벡터(motion vector)를 이용하여 손실된 블록을 시간 영역에서 효과적으로 추정해 낼 수 있다. 그러나, 정지영상의 경우에는 움직임 벡터가 사용될 수 없으므로 공간적 영역(spatial domain)에서 선형 보간법(linear interpolation method)이나 공간 필터를 이용하여 손실된 부분을 복원할 수 있다.(P.J.S.G. Ferreria 1994) 선형 보간법은 영상의 윤곽선을 고려하지 않고 보간을 수행함에 따라 손실 영역이 커지는 경우에 있어 질 좋은 복원 영상을 기대할 수 없는 단점이 있다.

최근 에지 추출에 대한 많은 연구의 결과로 유사한 계조도(intensity) 영역에서도 에지 추출이 가능해졌다. 대비 확장을 이용하여 에지 추출을 행하는 경우 잡음에도 강한 에지 성분을 얻을 수 있는 기법도 연구되었으며 또한 에지 정보를 이용하여 영상을 복원하는 연구도 이루어지고 있다.(백순화, 2001) 그리고 최근에 발표된 웨이블릿 변환을 이용하여 손실된 영상 영역을 복원하는 연구도 발표되었다.(김태현, 1999) 이는 복원을 위하여 영상의 에지 성분을 기준으로 수평과 수직으로 영역을 분할하여 보간을 수행하는 기법인데 영상에 따라 에지의 분포특성이 달라짐으로 매 영상마다 영역을 분할하기란 쉬운 일이 아니다. 따라서 더 향상된 영상 복원을 위하여 에지 방향성을 고려한 적응적 복원 기법이 필요하다. 손실된 영상 복원에 대한 연구는 여전히 어려운 문제로 대두되고 있다. 눈이나 코와 같이 중요 정보를 잃은 경우 복원은 쉬운 문제가 아니며, 손실 영역의 커질수록 또한

영상이 복잡할수록 복원은 더 어려워진다.

본 논문에서는 손실된 영상 주변에 정보가 존재하는 경우에 대하여 방향성 마스크를 적용하여 에지 연결성을 고려한 보간법을 제안하였고, 마스크의 크기 결정에 있어서 손실 영역의 수직 거리와 수평 거리의 분포특성을 이용하여 마스크의 크기가 에지 추정에 미치는 영향을 줄이고자 하였다. 영상의 세밀한 에지를 얻기 위하여 대비 확장과 방향 특성 알고리즘을 이용하였고 얻어진 에지 영상의 손실 영역에 영을 채워 넣어 에지 추정을 가능하게 하였다. 복원된 영상에 대하여 PSNR(peak signal to noise ratio)를 구하여 복원의 정도를 판정하고 기존의 선형 보간법과의 비교를 통하여 성능이 향상되었음을 확인하고자 한다.

본 논문의 구성은 I 장의 서론에 이어 II 장에서는 에지의 종류와 특성, 미디언 필터, 공간 미분 필터에 대해 고찰하였다. III 장에서는 손실 영상에 적용하는 최 인접 보간과 선형 보간법에 대하여 다루었고 또한 유사연산자와 에지 연결성, 대비 확장과 방향 특성 알고리즘에 대하여 살펴보았다. V 장에서는 마스크의 크기 결정과 방향성 마스크를 이용한 보간 기법을 제안하였고 VI 장에서는 선형 보간법과 제안된 보간법과의 비교를 통하여 성능평가를 수행하였다. 마지막으로 VII 장에서 본 논문의 결론을 맺는다.



## II. 에지 추출 기법

### 1. 에지의 종류와 특성

윤곽선은 영상 안에서 영역의 경계를 나타내는 것으로 영상 밝기의 불연속 점들을 나타낸다. 증명사진에서 사람의 얼굴과 뒷 배경과의 경계선은 화소의 밝기가 갑작스럽게 변하게 되는데 이를 윤곽선이라 할 수 있다. 영상의 에지는 입력 영상에 대한 많은 정보들을 가지고 있고, 물체가 어디에 있으며, 물체의 모양과 크기, 표면의 무늬 등에 대한 정보를 알려준다. 어떤 물체에 반사된 빛의 변화가 눈에 띄게 나타날 때 이 밝기 차로 인하여 물체와 배경을 구분할 수 있게된다. 만약 아주 어두운 곳에서 물체를 볼 때 밝기의 변화가 눈에 띄게 나타나지 않으면 물체와 배경을 인식하지 못하게 된다. 에지 검출은 영상 분할의 첫 번째 단계라 할 수 있다. 영상 분할은 영상의 구성을 결정하기 위하여 화소들을 하나의 영역으로 만드는데 사용된다. 예를 들어, 포토샵에 있는 마법의 지팡이(magic wand) 기능을 살펴보면 사용자가 하늘에 해당하는 영역에서 하나의 화소를 선택하였을 때 소프트웨어는 선택된 화소와 유사한 값을 가진 화소주변에 경계를 그린다. 따라서 사용자는 그 영역에 대한 다른 효과들을 첨부할 수 있게 된다.

영상에서 불연속점은 스텝 불연속점과 라인 불연속점으로 분류된다. 스텝 불연속점이란 영상의 밝기가 갑자기 변하는 곳을 말하며, 라인 불연속점이란 영상의 밝기가 갑자기 변화하나 조금 지나면 다시 돌아오는 곳을 말한다. 그리고 스텝 불연속점에 해당하는 윤곽선을 스텝 에지(step edge)라 하고, 라인 불연속점에 해당하는 윤곽선을 라인 에지(line edge)라고 한다. 보통 윤곽선 검출 연산을 하기 전에 잡음을 제거하기 위하여 저주파 통과 필터 혹은 미디언 필터를 사용하게 되는 경우가 있다. 이런 경우 잡음제거 연산의 영향으로 화소 값의 변화가 둔화된다. 즉 화소 값의 급격한 변화가 완만한 변화로 바뀌게 되는데 이러한 경우 스텝 에지는 램프 에지(ramp edge)로 변환되고 라인 에지는 루프 에지(roof edge)로 변환된다.





(a) Roof edge (b) Line edge (c) Step edge (d) Ramp edge

**Fig. 1. The kind of edge by changing intensity**

Fig. 1에서 에지의 일차원적인 모습을 나타내고 있으며 밝기 변화의 차이를 알 수 있다. 현재까지 윤곽선 추출 방법은 여러 사람에 의해 제안되었는데, 각 윤곽선 추출방법마다 나름대로의 장단점을 가지고 있다. 어떤 윤곽선 추출기법은 한 응용 분야에서는 좋은 결과를 나타내지만 다른 응용 분야에서는 좋지 않은 결과를 나타내는 경우도 존재한다.

영상처리를 위해 공간 마스크를 사용하는 것을 공간영역 필터처리(spatial filtering)라고 부르며, 그 마스크 자체를 공간 필터(spatial filter)라고 부른다. 공간 영역은 영상 평면 그 자체를 의미하고, 이 영역의 접근 방식들은 영상에서 화소 단위의 처리를 기초로 한다. 본 논문에서 사용된 기법은 잡음 제거를 위해 사용된 미디언 필터와 윤곽선 추출을 위한 차분 필터에 해당하는 유사연산자 기법을 이용한다.

## 2. 미디언 필터

영상은 전송되는 도중에 잡음과 섞이거나 시스템의 다른 요소에 의해 왜곡될 수 있다. 이산화된 텔레비전 신호의 영상에서 자주 볼 수 있는 디지털의 잡음은 필터를 통해 제거될 수 있고 보통 저주파 통과 필터를 이용한다.

저주파 필터링은 가우시안 잡음을 제거하는 데 적합하지만 임펄스 잡음을 제거하기 위해서는 적합하지 않은 것으로 알려져 있다. 임펄스 잡음에 의해 왜곡된 영상은 0또는 255의 근처의 밝기를 갖는다. 이러한 신호들에 저주파 통과 필터링 기법을 적용하면 그 신호의 이웃한 화소들이 영향을 받는 화소의 수는 많아진다. 가장 간단한 저주파 공간 필터링은 주변 화소 값들을 평균처리하는 것이며,  $3 \times 3$

마스크를 사용할 경우, 9개의 원소들을 더한 후 9로 나누는 것과 같다. 이처럼 평균한다는 것은 임의의 집단에서 극단적인 값을 제거하는 것이다. 마스크가 크면 클수록 영상을 흐리게 하는 몽롱화 현상이 심각하게 나타난다. 임펄스 잡음을 제거하기 위한 효과적인 방법으로 주로 미디언 필터링 기법을 사용하게 된다. 저주파 공간 필터에 비하여 미디언 필터의 큰 장점은 강한 에지를 보존하고 다른 기법들에 비해 기존의 에지를 좀 더 상세하게 보존할 수 있다는데 있다.

임의의 영상 위치에서 마스크를 적용할 경우 화소들의 계조도(intensity)를  $z_1, z_2, \dots, z_9$ 로 표시하고  $w_1, w_2, \dots, w_9$ 를 마스크의 계수로 표시하면, 마스크의 응답은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$M = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_9 z_9 = \sum_{i=1}^9 w_i z_i \quad (1)$$

$w_1$	$w_2$	$w_3$
$w_4$	$w_5$	$w_6$
$w_7$	$w_8$	$w_9$

(a)  $3 \times 3$  mask with any coefficient



(b) Space low pass filtering

**Fig. 2. Mask and space low pass filter processing**

Fig. 2는 저주파 공간 필터처리 과정을 보여주고 있으며 처리 결과는 마스크의 중앙 화소로 저장된다. 또한 저주파 공간 필터의 중요한 요구조건은 모든 계수들이 양수이어야 한다는 점이며, 마스크의 응답 M은 마스크 영역내의 모든 화소들의 평균이라는 것이다. 저주파 공간 필터의 단점으로 나타나는 것 중 하나는 윤곽선과 다른 날카로운 세부 사상들을 흐리게 한다는 것이다. 만약 영상처리의 목적이 흐리게 하는 것이 아니고 잡음을 감소시키는 것이라면 미디언 필터를 사용하여 중간 값으로 대체함으로써 윤곽선을 선명하게 보전할 수 있다.

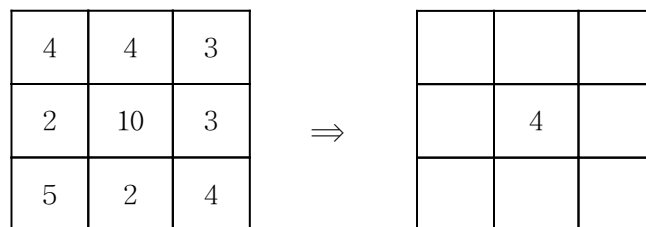


Fig. 3. Median filter processing

미디언 필터링은 한 영상의 화소들에 대하여 임의 크기의 마스크를 적용하고 마스크 내에 있는 화소의 계조도를 오름차순으로 정렬하여 수행한다. 정렬된 중간 화소에 해당하는 값을 선택하여 마스크의 중심에 해당하는 화소에 저장한다. 3×3 마스크를 적용하는 경우, Fig. 3에서처럼 9개의 화소의 값 중 5번째에 해당하는 값을 찾아 마스크의 중심화소로 저장하게 된다. 즉 현재 데이터 집합은 {4, 4, 3, 2, 10, 3, 5, 2, 4}이고 이 값들을 오름차순으로 정렬하면 {2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 10}가 된다. 여기서 중간 값은 4이며, 원래 영상의 마스크의 중심 값 10은 주변화소 보다 큰 값을 가짐으로 외부 영향에 의한 잡음 입력으로 볼 수 있다. 미디언 필터는 10을 4로 대체함으로써 잡음을 제거하는 효과를 갖는다.

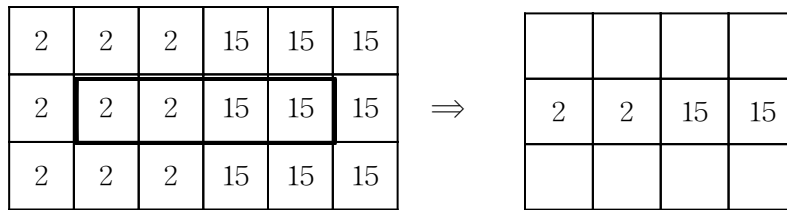


Fig. 4. Median filter processing from the edge areas

Fig. 4는 에지 영역이 존재하는 화소에서  $3 \times 3$  마스크로 미디언 필터를 적용한 경우를 보여준다. 결과적으로 미디언 필터는 에지 영역을 손상시키지 않고 그대로 보존하고 있음을 알 수 있다. 따라서 미디언 필터는 잡음을 제거하는 동시에 에지 영역을 보존하기 때문에 에지 추출의 전처리 과정으로 이용할 수 있다.

### 3. 공간 미분 필터

기본적으로 대부분의 에지 검출 기법은 편미분 연산자 계산에 근거한다. 영상처리 응용에서 미분법 중 가장 일반적인 방법은 경사도(gradient)를 도입하는 것이다. 함수  $f(x, y)$ 에 대하여 좌표  $(x, y)$ 에서  $f$ 의 경사도는 다음의 벡터로 정의된다.

$$\overline{\nabla f} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2)$$

이 벡터의 크기는 다음과 같이 정의된다.

$$\nabla f = \text{mag}(\overline{\nabla f}) = \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

프로그램 수행의 간결성을 위해 다음 식으로 근사화 된다.

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y| \quad (4)$$

여기서  $G_x$ 는  $f(x, y)$ 의  $x$  방향 기울기이며  $G_y$ 는  $y$  방향 기울기이다. 기울기 벡터의 방향 역시 중요한 양이며,  $(x, y)$ 에서 벡터  $\nabla f$ 의 방향 각은 다음과 같이 표현된다.

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1}\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (5)$$

영상의 기울기 계산은 모든 화소의 위치에서 편미분  $\partial f/\partial x$ 와  $\partial f/\partial y$ 를 구하게 된다.  $3 \times 3$  마스크에서 식(3)을 근사화하는 과정은 여러 방법으로 제안되었다.

소벨에 의한 방법 :

$$\begin{aligned} G_x &= (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \\ G_y &= (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \end{aligned} \quad (6)$$

프리위트에 의한 방법 :

$$\begin{aligned} G_x &= (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \\ G_y &= (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7) \end{aligned} \quad (7)$$

로버트에 의한 방법 :

$$\begin{aligned} G_x &= (z_5 - z_9) \\ G_y &= (z_6 - z_8) \end{aligned} \quad (8)$$

기울기 연산자는 영상의 수평과 수직 에지를 검출한다. 또한 마스크 계수의 합은 영이 된다. 마스크를 영상에 적용할 경우 계조도의 변화가 작다면 마스크 출력은 영에 가깝다. 따라서 에지는 검출되지 않으며, 영상에 계조도의 변화가 일정 레벨 이상으로 나타날 경우 출력은 영이 되지 않는다. 따라서 변화된 영역의 에지를 검출하게 된다. 그리고 또한 계조도가 유사한 영역에 잡음의 영향이 있다면 에지가 있는 것처럼 나타나게 된다. 특히 로버트 연산은  $2 \times 2$  행렬의 마스크로 적용 가능하여 연산 속도는 빠르나 잡음의 영향을 많이 받는다. 실제로 있어서 화소의 명암은 잡음이나 일정하지 않은 조명으로부터 생긴 경계의 파손과 밝기의 불연속성을 가지게 됨에 따라 완전한 경계 특성을 나타내지 못할 때가 많다. 따라서 에지 검출 알고리즘은 일반적으로 에지 연결과 에지 화소를 의미 있는 윤곽선으로 결속하기 위해 고안된 다른 윤곽선 추출과정을 거친다.

**Table 1. Comparison of differential operations**

연산자	프리위트 연산자	로버트 연산자	소벨 연산자
$G_x$ 를 구하는 연산자	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$
$G_y$ 를 구하는 연산자	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Table 1은 차분에 의한 에지 추출 연산자들을  $G_x$ 와  $G_y$ 성분에 따라  $3 \times 3$  마스크에 대하여 정리한 것이다. 주로 소벨 연산자에 의한 에지 추출이 많이 사용되고 있으나 여전히 좋은 에지 추출을 위한 연구가 이루어지고 있다.

### Ⅲ. 보간 기법과 방향 특성 알고리즘

#### 1. 최 인접 화소 보간법

최 인접 화소 보간법은 손실 영역 화소에서 가장 가까운 화소의 값을 찾아 저장하는 것이다. 즉, 수평과 수직 성분의 요소 중 가장 가까운 위치에 있는 화소의 값을 선택하는 것이다. Fig. 5는 손실된 영상을 보여주며 흰색 영역은 손실 영역이고 나머지는 영상의 계조도를 나타낸다. 손실 영역에서 추정하고자 하는 화소 값을  $p(i, j)$ 라고 하면,  $p(i, j)$ 에서 수직과 수평으로 가장 근접해 있는 손실 영역 밖의 화소 값들을 각각  $p_t, p_b, p_l, p_r$ 로 정의할 수 있고, 그 위치에서 손실 영역의 수직과 수평 길이를 각각  $L_v, L_h$ 로 나타낼 수 있다. 최 인접 보간법은 네 성분  $p_t, p_b, p_l, p_r$  중  $p(i, j)$ 에서 가장 가까운 거리에 있는 값을 선택하여 보간을 한다. 이 방법은 처리속도가 빠르기는 하지만 가장 인접한 이웃 화소를 선택하기 때문에 결과 영상이 상황에 따라 바뀔 수 있다. 새로운 화소 값이 계산될 수 없기 때문에 모든 출력 화소에 대응하는 화소 값은 입력 화소에서 찾아야 한다. 예지 성분을 고려하지 않고 보간을 수행하기 때문에 좋은 영상을 기대할 수 없다. 또한 하나의 화소 값이 반복적으로 보간되는 경우 눈에 띄게 영상의 질이 나빠지게 된다.

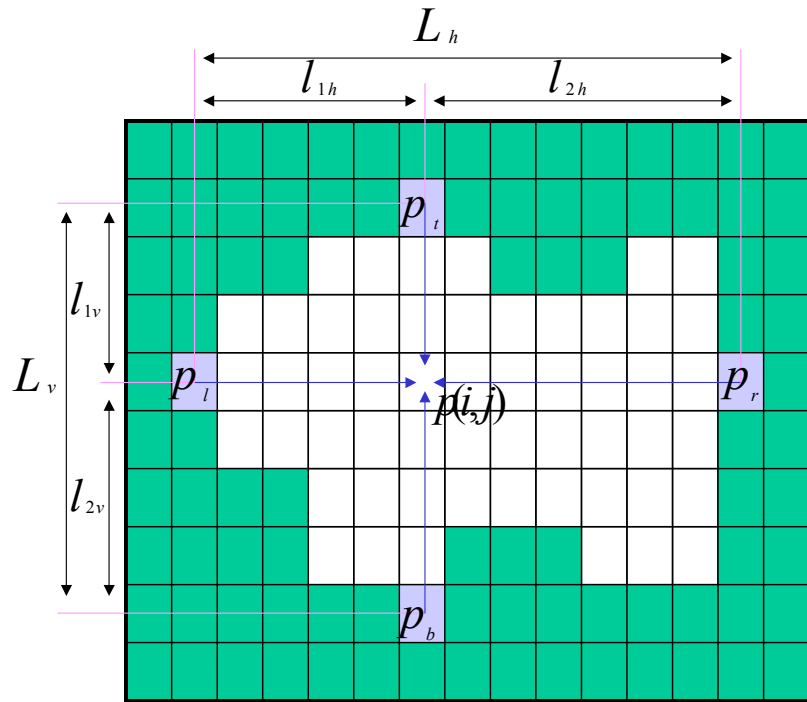


Fig. 5. The linear interpolation method in loss areas of the image

## 2. 선형 보간법

영상에 사용되는 보통의 보간 기법은 선형 보간법이다. 선형 보간법에서 새롭게 생성된 화소는 네 개의 가장 가까운 인접 화소들에 가중치를 곱한 값들의 합이 된다. 가중치들은 선형적으로 결정되어지고 각각의 가중치는 각각의 인접 화소로부터의 거리에 반비례한다.

일반적으로 공간적 영역에서의 영상 보간은 추정하고자 하는 화소에 수직, 수평으로 가장 근접해 있는 화소 값들을 이용한다.  $p(i,j)$ 는 이웃한 화소들의 거리에 따른 가중치를 고려한 평균값으로 아래와 같이 복원된다.

$$p(i,j) = \frac{[(1-\lambda)p_t + \lambda p_b + (1-\mu)p_l + \mu p_r]}{2} \quad (9)$$



여기서  $\lambda = l_{1v}/L_v$ ,  $\mu = l_{1h}/L_h$ 이다. 그러나, 이 방법은 객체 내부에 존재할 수 있는 에지를 고려하지 않기 때문에  $p_r$ ,  $p_b$ ,  $p_r$ ,  $p_r$  화소 값들이 서로 큰 명암 차이를 가질 때 복원 영상의 결과가 자연스럽지 못하다.

선형 보간법은 최 인접 화소 보간법보다 더 자연스런 영상을 산출한다. 그러나 영상의 윤곽선을 고려하지 않고 보간을 수행함에 따라 손실 영역이 커지는 경우 질 좋은 영상 복원을 기대할 수 없는 단점이 있다.

### 3. 유사연산자 기법과 에지 연결성

유사연산자 기법은 보통  $3 \times 3$  마스크를 적용한다. 유사연산은 마스크의 중앙 화소와 주변 화소의 차를 구한 후 최고치가 임계값보다 클 때 에지로 판정한다. 에지로 판정된 경우, 중앙 화소에 계조도 255를 할당하고 그렇지 않은 경우 0을 할당한다. 좀 더 섬세한 에지를 산출하기 위해 만약 Fig. 6에서 굵은 실선으로 적용된 마스크같이 중앙 화소  $z_5$ 와  $z_6$ 의 차이가 최고이고 그 사이에 있는 수직 축을 기준으로 계조도 변화가 존재한다면  $z_5$ 와  $z_6$ 의 방향과 수직을 이루는  $z_2$ 와  $z_5$

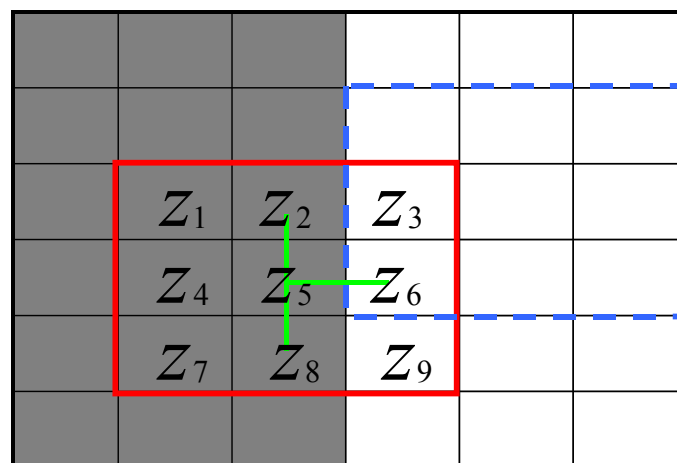


Fig. 6. Homogeneity operation considering edge connection

그리고  $z_8$ 은 유사한 계조도를 가져야 한다. 이러한 조건들로부터 에지 3연결성을 고려함으로써 불안정하게 변하는 화소로 인한 에지나 잡음에 의해 추출될 수 있는 에지 성분을 줄일 수 있다. Fig. 6에서 굵은 대시 선으로 적용된 마스크는 임계값에 의해 중앙 화소는 에지로 추정되지 않는다. 마스크를 적용하여 이러한 에지 연결성을 고려하면 총 20여가지 경우가 발생하며 이런 과정으로 에지를 추출하는 것은 많은 계산량이 요구된다. 유사연산자의 특성을 보면 에지의 방향에 있는 요소 즉,  $z_5$ 와  $z_6$ 이 에지의 방향이라면  $z_4$ 는 같은 방향에 놓인다. 결국  $z_4$ 는 유사한 계조도  $z_5$ 와의 연결성에서 배제된다. 따라서  $z_4$ 와  $z_6$ 을 배제한 나머지 성분 중에서  $z_5$ 에 인접된 두 성분은 유사한 계조도를 가짐으로  $z_5$  와의 차가 최소가 되는 두 성분이 임계치 내에 존재하면  $z_5$ 을 에지로 간주한다. 임계치  $T$ 는 최고치를 결정하는  $T_1$ 과 유사성을 판정하는  $T_2$ 로 나누어진다. 에지 추출은 다음과 같다.

$$d_{\max} = \text{Max}\{|z_5 - z_i|\} > T_1, \quad i=1,2,3,4,6,7,8,9 \quad (10-1)$$

$$d_{\min} = \text{Min}\{|z_5 - z_i|\} < T_2, \quad i=1,2,3,4,6,7,8,9, \quad i \neq i_{d_{\max}}, \quad i \neq 10 - i_{d_{\max}} \quad (10-2)$$

여기서  $i_{d_{\max}}$ 는  $d_{\max}$ 가 되는  $i$  값이다. 에지 판정 조건은  $d_{\max} > T_1$ 이고 만약 최소 값이  $d1_{\min}$  그리고 그 다음 최소 값이  $d2_{\min}$ 라 하면  $d1_{\min}$ 과  $d2_{\min}$ 는 임계치  $T_2$ 보다 작은 범위 내에 있어야 한다.

#### 4. 대비 확장과 방향 특성 알고리즘

대비 확장을 이용한 에지 추출 단계는 다음과 같이 수행된다.(백순화, 2001)

$$N(x) = x - S(k), \quad 1 \leq k \leq N \quad (11)$$

여기서  $N(x)$ 은 정규화 함수이고  $x$ 는 임의의 밴드에 속한 계조도 값이며  $S(k)$ 는 밴드의 시작 계조도 값을 결정하는 함수이다. 매핑함수  $F(x)$ 는 다음과 같다.

$$F(x) = 2x, \quad 0 \leq x \leq 63 \quad (12)$$

손실 영상 보간을 위하여 아래와 같이 제시된 5단계 과정을 이용하여 에지를 추출하였다.

**단계 1 :** 원 영상  $I[x, y]$ 에 미디언 필터를 취한 영상  $M[x, y]$ 을 얻는다.

**단계 2 :** 밴드 분할 단계로 1번째 분할 영상  $C_1[i, j]$ 에는 0~63의 계조도 구간을 갖고, 2번째 분할 영상  $C_2[i, j]$ 에는 64~127, 3번째 분할 영상  $C_3[i, j]$ 에는 128~191, 4번째 분할 영상  $C_4[i, j]$ 에는 192~255, 5번째 분할 영상  $C_5[i, j]$ 에는 31~94, 6번째 분할 영상  $C_6[i, j]$ 에는 95~158, 7번째 분할 영상  $C_7[i, j]$ 에는 159~222의 계조도 구간을 갖는다.  $M[i, j]$ 의 계조도 값이 분할 영상의 계조도 구간 내에 있으면 그 분할의 동일 위치에  $M[i, j]$ 의 계조도 값을 복사한 후  $N$ 개의 분할 영상  $C_k[x, y]$ , ( $1 \leq k \leq 7$ ) 각각에 대하여 정규화 한다.

**단계 3 :** 대비 확장 단계로 각각의 분할 영상  $C_k[x, y]$ , ( $1 \leq k \leq N$ )의 계조도를 0~127로 확장한다.

**단계 4 :** DCA를 수행하는 단계로 단계 3에서 얻은 각각의 영상에 DCA를 적용하여 7개의 이진영상  $D_k[x, y]$ 를 얻는다. 이때,  $1 \leq k \leq 7$ 이다.

**단계 5 :** 재구성 단계로 이진 분할 윤곽선 영상  $D_k[x, y]$ , ( $1 \leq k \leq 7$ )의 값을 조합하여 이진 윤곽선 영상  $R_k[x, y]$ 로 재구성한다.

## IV. 방향성 마스크를 이용한 보간 기법

### 1. 마스크 크기 결정

Fig. 7은 에지 연결성과 손실된 영상 복원에 적용하기 위한 마스크 크기의 결정 과정을 보여준다. 흰색은 손실 화소이고 굵은 실선으로 그려진 영역은 손실된 영상에서 손실 영역이 수평으로 길게 놓여 있는 경우를 가정한 영역이며, 굵은 대시 선은 수직으로 길게 놓여 있는 경우를 가정한 영역이다.  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 각각의 손실 화소에서 손실 영역의 수직 거리와 수평 거리이다. 굵은 실선으로 그려져 있는 영역에서 에지는 손실 영역 밖의 아래와 위에 분포할 가능성이 높다. 그러므로  $\alpha$ 의 크기에 영향을 많이 받는다. 그리고 굵은 대시 선으로 그려져 있는 영역에서 에지는 손실 영역 밖의 왼쪽과 오른쪽에 분포할 가능성이 높다. 따라서  $\beta$ 의 크기에 영향을 많이 받는다. 또한  $\alpha$ 와  $\beta$ 의 분포도에 따라 많이 분포되어 있는 성분을 기준으로 둘 중 한 성분이 조절되어야 할 필요성이 존재한다.

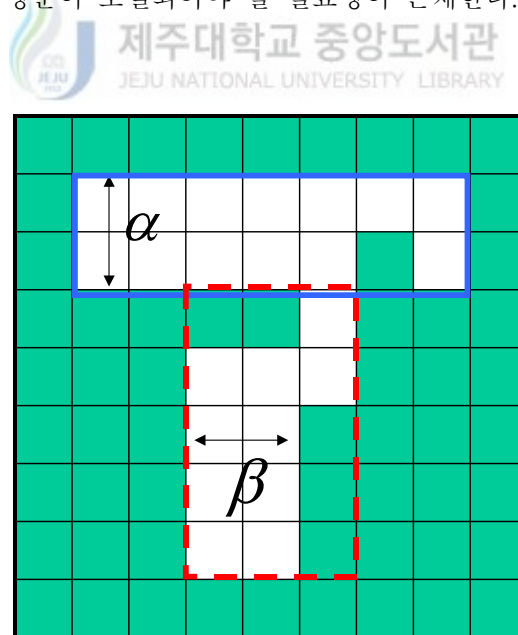
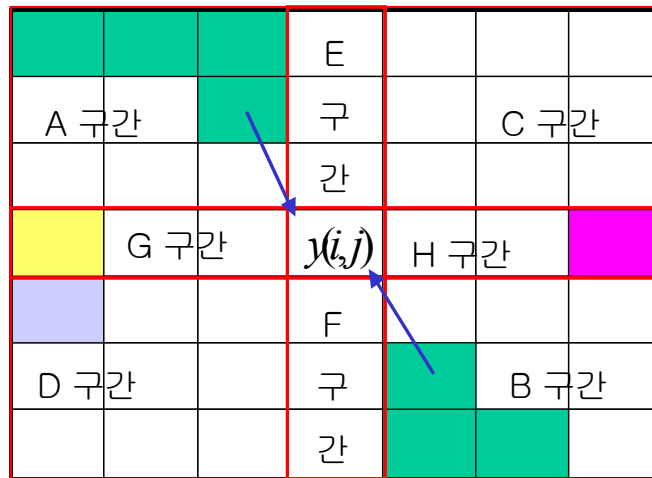


Fig. 7. The decision of mask size used in the interpolation

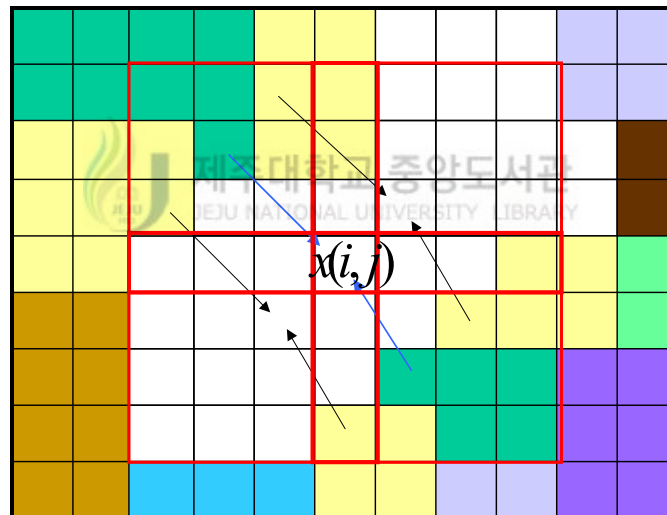
굵은 실선으로 형성된 영역만이 손실 영역이라면  $\beta$ 의 크기는 커지게 된다. 가장 많이 분포한  $\beta$ 의 크기가  $2a$ 보다 훨씬 크다면 수평적으로 에지 영역이 존재한다고 가정하여 최적의  $a$  크기에 중점을 두고 마스크 크기를 결정한다. 마스크 크기를 결정하는 인자를  $m = a \pm a$ ,  $n = \beta \pm b$ 로 설정한다. 여기서  $a$ 와  $b$ 는 임의의 상수이고 마스크 크기를 결정하는  $m$ 과  $n$ 은  $a$ 와  $\beta$ 의 분포에서 가장 큰 값보다 크지 않다. 전체적인 마스크 크기는  $(2m+1) \times (2n+1)$ 이 된다. 본 논문에서는 손실 영역의 수직과 수평 길이를 읽어들이 가장 많이 분포된 값을 기준으로  $m$ 과  $n$ 을 결정하였다. 실제로 마스크를 정규화시켜 보상을 하는 것은 어떤 일부의 에지 연결성에 손실을 줄 수 있다. 그러나 매 화소마다 마스크 크기를 변화시켜 에지 연결성을 찾는 것은 많은 계산을 요구할 수 있다. 손실 영상의 수직 거리와 수평 거리가 일정 범위 내에서 변화된다면 최고 값을 찾아 크기를 결정하면 되겠지만 실상 영상의 손실 영역은 다양한 형태를 가지게 된다. 이러한 이유로 손실 영상에서 가장 많이 분포하고 있는 손실 영역의 수직 거리와 수평 거리를 찾아 마스크의 크기를 결정할 필요가 있다. 2차 보간에서 제안된 마스크는 1차 보간에서 얻어진 화소 값들로부터 자연스럽게 에지의 연결성을 고려하여 보간된다.

## 2. 방향성 마스크를 이용한 보간 기법

본 논문에서 제안된 방법은 Fig. 8과 같이 손실 화소에 방향성 마스크를 적용하여 영상의 손실 영역을 보간한다. 흰색은 손실 화소를 의미하며 나머지 색은 영상의 계조도 값을 나타낸다. Fig. 8(a)은 원 영상의 계조도 값을 갖는 에지 영상의 손실 화소에 방향성 마스크를 적용한 에지 보간을 보여주며 Fig. 8(b)은 에지 보간에서 얻어진 정보를 이용하여 손실된 영상의 손실 화소에 방향성 마스크를 적용한 보간을 보여준다. 손실된 영상으로부터 추출된 에지 영상의 계조도는 0과 255를 갖는다. 원하는 영상의 계조도를 얻기 위하여 에지 영상의 계조도를 255로 나누고 손실 영역에 영을 채워 넣어 손실된 영상과 곱을 취하여 원하는 에지 영상을 얻는다. 따라서 각 에지 성분은 원 영상의 계조도 값을 갖게되며 다음과 같이 표현할 수 있다.



(a) Edge extraction using the direction mask



(b) Interpolation using the direction mask

Fig. 8. Edge extraction and interpolation using the direction mask

$$y(i, j) = v(i, j) \times x(i, j) \quad (13)$$

$$v(i, j) = \frac{c(i, j)}{255} \quad (14)$$

여기서  $c(i, j)$ 는 손실된 영상으로부터 추출된 에지 영상의 손실 영역 화소에 영을 채워 넣은 영상이고  $v(i, j)$ 는 0과 1을 갖는 에지 영상이다. 그리고  $x(i, j)$ 는 손실된 영상을 나타내며,  $y(i, j)$ 는 손실된 영상의 계조도 값을 갖는 에지 영상이다. 같은 에지 윤곽선은 유사한 계조도 값을 갖기 때문에 이런 성질을 이용하여 손실된 영역에서 에지를 추정하게 된다. 만약 윤곽선이 어느 한 점에서 급격히 꺾기는 점을 배제한다면 윤곽선은 또한 유사한 기울기를 갖는다. 이런 특성을 이용하여 보간에 적용한다. 만약 기울기가 급전되는 성분이 손실되었다면 에지 추정은 다른 형태로 나타나게 되어 에지 추정이 어려워진다. 따라서 이런 점을 배제하여 마스크를 제안하였다. 그러나 제안된 마스크를 이용한 보간 기법은 옆 화소까지 보간에 이용함으로 손실된 부분을 줄일 수 있다. 또한 보간 결과 급전되는 부분의 화소의 계조도 값은 주변 화소와 다른 계조도 값을 가지게 된다. 마지막 보상에서 주변 화소의 계조도와 다른 계조도를 읽어들이어 같은 마스크를 적용하고 주변 화소의 차가 최소가 되는 두 점을 평균하여 보간을 수행한다. 에지 추정은 또한 대비 확장 기법으로부터 세밀한 에지를 얻을 수 있다는 결과를 활용하여 이루어진다. 손실된 영상에 대해 에지를 추출하면 손실 영역에서 0과 255의 계조도로 에지가 추출된다. 에지 연결성을 확보하기 위하여 손실된 영상으로부터 손실 영역의 화소를 읽어들이어 에지 영상에서 그 화소 위치를 찾아 영으로 채워 넣는다. 마스크는 다음과 같은 영역으로 나누어진다.

$$A = x(i-m:i-1, j-n:j-1) \quad (15-1)$$

$$B = x(i+1:i+m, j+1:j+n) \quad (15-2)$$

$$C = x(i-m:i-1, j+1:j+n) \quad (15-3)$$

$$D = x(i+1:i+m, j-n:j-1) \quad (15-4)$$

$$E = x(i-m:i-1, j) \quad (15-5)$$

$$F = x(i+1:i+m, j) \quad (15-6)$$

$$G = x(i, j-n:j-1) \quad (15-7)$$

$$H = x(i, j+1:j+n) \quad (15-8)$$

에지 영상  $y(i, j)$ 에 적용된 마스크의 중심점에서 영 아닌 최소거리의 계조도 값을 다음과 같이 정의한다.

$$a = x(i-m_a, j-n_a) \quad (16-1)$$

$$b = x(i+m_b, j+n_b) \quad (16-2)$$

$$c = x(i-m_c, j+n_c) \quad (16-3)$$

$$d = x(i+m_d, j-n_d) \quad (16-4)$$

$$e = x(i-m_e, j) \quad (16-5)$$

$$f = x(i+m_f, j) \quad (16-6)$$

$$g = x(i, j-n_g) \quad (16-7)$$

$$h = x(i, j+n_h) \quad (16-8)$$

여기서  $m_a, m_b, m_c, m_d, m_e, m_f$ 는 각 분할된 영역에 따른 마스크의 중심점에서 최소거리를 갖는 화소의 수직 거리이고  $n_a, n_b, n_c, n_d, n_g, n_f$ 는 수평 거리이다. 대각 성분과 수평성분 그리고 수직성분들 간의 연결성을 고려한 차를 구하는 식은 다음과 같다.



$$d_1 = \text{abs}(a - b) \quad (17-1)$$

$$d_2 = \text{abs}(c - d) \quad (17-2)$$

$$d_3 = \text{abs}(e - f) \quad (17-3)$$

$$d_4 = \text{abs}(g - h) \quad (17-4)$$

네 개의 성분  $d_1, d_2, d_3, d_4$  중에 최소가 되는 값을 구하고 그 값이 임계치 내에 있다면 손실된 화소 점  $y(i, j)$ 에 두 개의 계조도 값을 평균하여 넣는다. Fig. 9 는 보간 과정을 보여준다.  $m_a, n_a, m_b, n_b$ 는 마스크의 중심점에서 두 화소  $a$ 와  $b$ 에 대하여 수직과 수평 거리이고 각 화소의 거리에 반비례하도록 가중치를 계산하여 보간을 수행한다. 만약 음의 대각성분의 차가 최소이면 식(18)과 같이 보간을 수행한다.

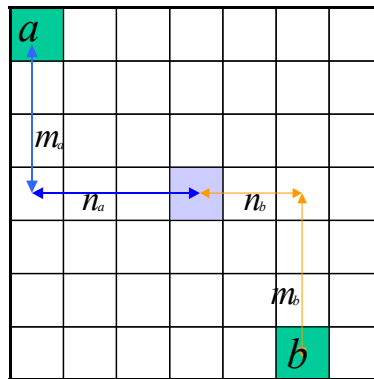


Fig. 9. Interpolation process using the direction mask

$$y(i, j) = (1 - \lambda_a)a + \lambda_a b \quad \text{if } d_1 < T_3 \quad (18-1)$$

$$\lambda_a = (m_a + n_a) / (m_a + n_a + m_b + n_b) \quad (18-2)$$

여기서  $T_3$ 는 임계치이며 유사한 계조도를 갖는 에지 성분인지를 판정하기 위한 값이다. 그리고 1차 보간은 손실 영역 내에 에지가 추정된 경우만 보상되며 또한 보간의 과정은 에지 성분과 방향성을 고려하여 제안된 마스크에 의해 에지로 판정된 화소 정보를 이용하여 에지 방향성과 같은 방향으로 양측의 화소 점을 찾아 보간을 수행한다.  $x(i, j)$ 와  $y(i, j)$ 에서  $i, j$ 는 같은 화소 점을 가지며 만약 음의 대각선 방향으로 에지 점이 결정되었다면 주변 화소와 중심 화소의 보간은 다음과 같다.

$$x(i, j) = \{ (1 - \lambda_a)x(i - m_a, j - n_a) + \lambda_a x(i + m_b, j + n_b) \} \quad (19)$$

$$x(i + 1, j - 1) = \{ (1 - \lambda_a)x(i - m_a + 1, j - n_a - 1) + \lambda_a x(i + m_b + 1, j + n_b - 1) \} \quad (20)$$

$$x(i - 1, j + 1) = \{ (1 - \lambda_a)x(i - m_a - 1, j - n_a + 1) + \lambda_a x(i + m_b - 1, j + n_b + 1) \} \quad (21)$$

2차 보간은 보상되지 않은 영역에 대하여 1차 보간된 영상정보를 이용하여 방향성 마스크를 적용하여 수행된다. 1차 보간으로부터 얻어진 영상의 윤곽선은 영역을 분할하지 않고도 자연스럽게 얻어진다. 2차 보간은 같은 알고리즘에 의해 에지 정보를 이용하지 않고 1차 보간에서 얻어진 정보만을 이용하여 수행한다. 그리고 잘못 보간되었거나 보간되지 않고 남아 있는 화소를 찾아 최종적으로 보간을 수행한다.

본 논문에서 제안한 손실 영상 복원과정을 요약하면 다음과 같다.

- 단계 1 : 손실 영상  $x[i, j]$ 로부터 손실 영역의 화소를 구하고 구해진 각각의 화소에 대하여 손실 영역의 수직 거리  $\alpha$ 와 수평 거리  $\beta$ 의 분포를 구한다. 최대 분포를 갖는  $\alpha$  또는  $\beta$  값을 중심으로 마스크의 결정인자  $m, n$ 을 결정한다.
- 단계 2 : 대비 확장과 방향 특성 알고리즘을 이용하여 손실 영상  $x[i, j]$ 로부터 구해진 에지 영상의 손실 화소에 영을 채워 넣어 0과 255를 갖는  $c[i, j]$  영상을 얻는다.
- 단계 3 : 영상  $c[i, j]$ 를 255로 나누어 0과 1를 갖는 이진 영상  $v[i, j]$ 을 구하고 손실 영상  $x[i, j]$ 에 곱을 행하여 에지 성분이 된 영상에 가까운 계조도를 가지는  $y[i, j]$  영상을 구한다.
- 단계 4 : 영상  $y[i, j]$ 에 방향성 마스크를 적용한다.
- 단계 5 : 마스크의 분할 영역( $A, B, C, D, E, F, G, H$ )에 따라 화소 값을 읽어들이고 마스크의 중심 화소와 마스크의 각 분할 영역의 화소 사이에 최소 거리에 있는 영 아닌 화소 ( $a, b, c, d, e, f, g, h$ )를 찾는다. 에지의 방향성( $A-B, C-D, E-F, G-H$ )을 고려한 두 화소의 차 ( $d_1, d_2, d_3, d_4$ )를 수행하여 최소 값을 찾는다.
- 단계 6 : 최소 값이 임계치  $T_3$  내에 존재하면 에지로 판정하고 보간을 수행한다.
- 단계 7 : 최소 값으로 결정된 두 화소와 중심 화소 사이의 수직, 수평 거리에 반비례하도록 가중치를 부여하여 보간을 수행한다.
- 단계 8 : 단계 7에서 얻어진 에지 정보를 이용하여 같은 방향성을 갖도록 손실 영상  $x[i, j]$ 에서 마스크의 중심 화소와 주변 두 화소까지 보간을 수행한다.
- 단계 9 : 이 단계는 2차 보간 과정이며 단계 8에서 얻어진 영상  $x[i, j]$ 에 방향성 마스크를 적용하고 단계 5와 7과정을 반복 수행한다.

## V. 시뮬레이션 및 결과

### 1. 시뮬레이션

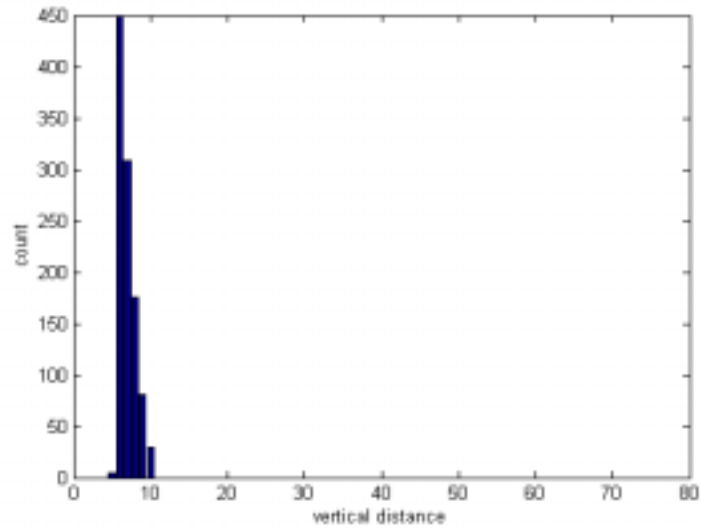
본 논문에서는 방향성 마스크를 통한 에지 추출과 보간을 수행하였다. 방향성을 고려하여 에지를 추출함으로써 손실 영역에서 추정된 에지의 방향성과 같은 방향성을 갖도록 보간을 수행한다. 영상의 크기가  $256 \times 256$ 을 갖는 256 계조도 분포인 영상을 시뮬레이션에 적용하였다. 또한 문자가 삽입된 영상에 대하여 제안된 복원 기법을 통해 제거될 수 있는지 실험하였고 고주파 성분이 많이 분포된 영상에 대해서도 수행하였다.

대비 확장을 통한 에지 추출과정은 7밴드 분할 영상에 대해 에지를 추출하고 7개의 이진영상을 하나로 재구성하여 에지 영상을 얻었다. 대비 확장과 방향성 알고리즘을 이용하는 유사연산자 기법의 에지 판정 임계치  $T_1$ 는 35를 사용하였고  $3 \times 3$  마스크에서 3연결성을 보장하기 위한 유사 계조도의 오차 임계치  $T_2$ 는 10을 이용하였다. 보간에서 에지 추정에 사용되는 임계치  $T_3$  또한 10을 이용하였다. 마스크의 크기를 결정하기 위하여 영상의 손실 영역의 수직 거리와 수평 거리의 분포를 구하여 적절한 값으로 설정하였다.

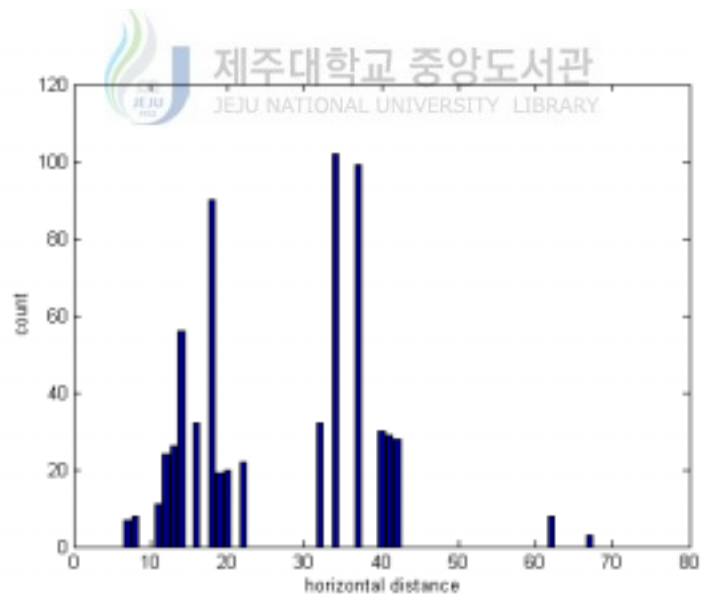


Fig. 10. Loss Lena image

Fig. 10은 손실된 Lena 영상을 보여준다. Lena 영상의 손실 영역은 수평적으로 놓여있다. 또한 손실 영역이 영상의 평탄한 영역에 놓여있다. 그러므로 에지는 손실 영역의 위와 아래로 분포할 가능성이 많다. 각 손실 화소에서 손실 영역의 수직 거리와 수평 거리를 구해보면 아래의 Fig. 11의 분포를 가지게 된다. Fig. 11의  $x$ 축은 손실 영역의 폭에 해당하는 값이고  $y$ 축은 분포된 개수를 의미한다. Fig. 11(a)의 그림을 보면 좁은 영역으로 손실 영역의 수직 거리  $\alpha$ 의 분포가 밀집되어 있음을 볼 수 있다. 마스크의 크기 설정에 매우 중요한 요소가 된다. Fig. 11(b)의 그림은 수평 거리  $\beta$ 의 분포가 퍼져있음을 보여준다. 이것은 수직 거리가 밀집된 결과 반대로 수평 거리가 커짐을 알 수 있다. 가장 많이 분포한 두 성분을 비교하면 그 차가 2배를 넘고 있음을 알 수 있다. 이 경우  $\alpha$ 의 크기가 가장 많이 분포한 값에 기준을 두고  $\beta$ 의 크기를 설정하였다. 또한 마스크의 크기는 더 많은 에지를 추정하기 위하여  $\alpha$ 의 값에 상수를 더하여 결정하였다. Lena 영상인 경우,  $m=8$ 로 설정하였고  $n=6$ 로 설정하였다.



(a) Vertical distance distribution of the loss Lena image



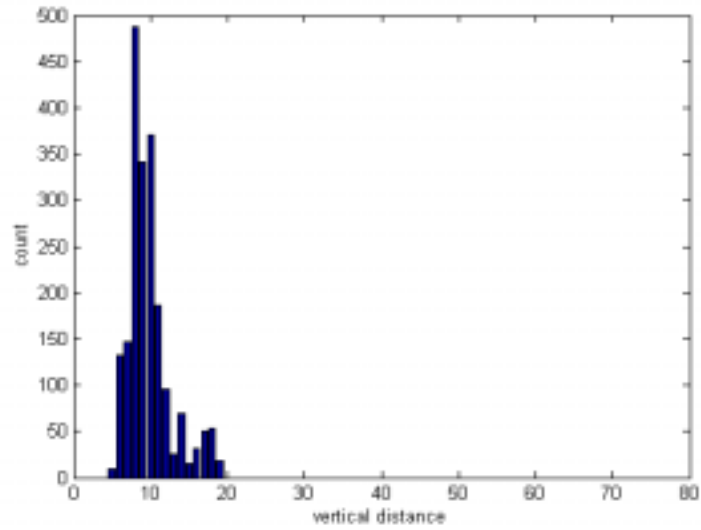
(b) Horizontal distance distribution of the loss Lena image

**Fig. 11. Vertical and horizontal distance distribution of the loss Lena image**

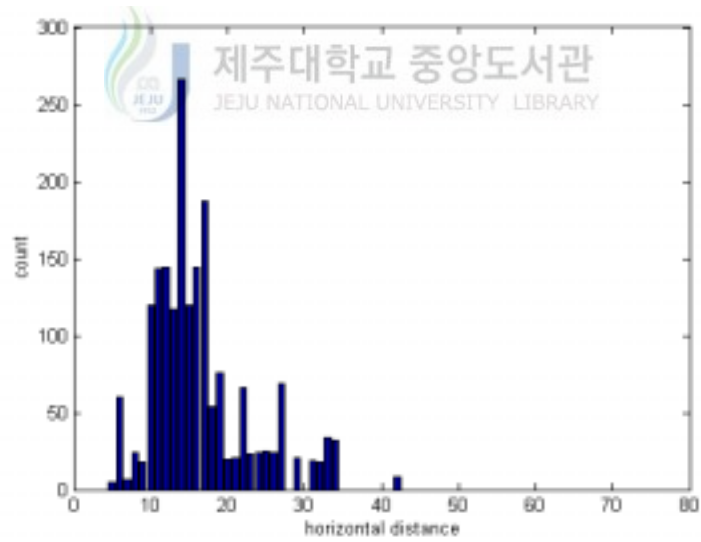


Fig. 12. Loss Chairlady image

Fig. 12의 Chairlady 영상은 손실 영역의 계조도 값이 심하게 변하는 영역에 존재한다. 또한 손실 영역의 수직 거리와 수평 거리가 수직 상으로도 수평 상으로도 편중되어 있지 않다. 영상의 고주파 성분이 많이 분포된 영상일수록 에지 성분 또한 많이 분포하게 된다. 이런 경우 마스크의 크기가 커지면 주변의 유사 계조도를 갖는 에지에 의해 손실 영역에서 에지 추정이 잘못될 수 있다. 이런 영상일수록 손실 영역의 수직 거리와 수평 거리의 분포에 의한 마스크 크기 설정은 매우 유용하다. 아래의 Fig. 13을 보면 수직 거리와 수평 거리의 분포가 가장 많이 분포한  $\alpha$ 와  $\beta$ 를 중심으로 집중되어 있음을 알 수 있다. 또한  $\beta$ 는  $\alpha$ 의 2배를 넘지 않는 영역에 존재한다. Chairlady 영상인 경우, 본 논문에서  $m=8$  그리고  $n=14$ 로 마스크의 크기를 결정하여 에지 추정과 보간을 수행하였다.



(a) Vertical distance distribution of the loss Chairlady image



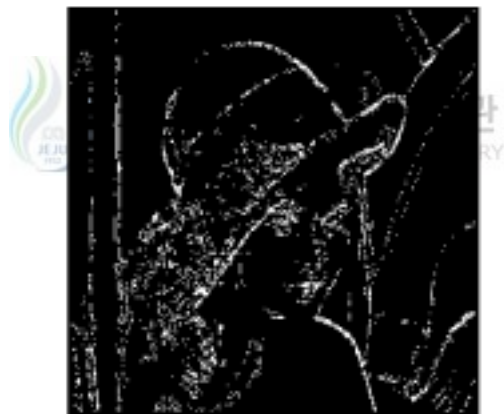
(b) Horizontal distance distribution of the loss Chairlady image

Fig. 13. Vertical and horizontal distance distribution of the loss Chairlady image





(a) Extracted edge image from the loss Lena image



(b) Edge image inserted zeros into the loss areas

**Fig. 14. Lena edge image**

Fig. 14는 Lena의 에지 영상과 손실 영역에 영을 채워 넣은 에지 영상이며 손실 화소에서 에지를 추정하고 제안된 기법으로 보간을 수행하기 위한 전처리 과정에 해당한다. Fig. 14(b)의 0과 255로 이루어진 영상을 255로 나누어 0과 1을 갖는 에지 영상으로 만든 후 원 영상을 곱하여 원 영상의 계조도를 갖도록 함으로써 에지

의 방향성을 추정할 수 있다.

Fig. 15는 제안한 방법에 의한 손실 영상이 복원되는 과정을 보여준다. Fig. 15(b)는 손실 영역에서 추정된 에지 정보에 의한 보간 및 주변 화소 보간을 보여주며, 추정된 에지를 통해 자연스럽게 영역이 분할되고 있다. 1차 보간은 영상을 인식하는데 중요한 윤곽선을 중심으로 수행되고 계조도의 변화가 존재하므로 매우 중요한 정보를 가지게 된다. Fig. 15(c)는 일차 보간된 정보를 통해 완전히 복원된 영상을 보여준다. 시각적 관점으로 볼 때 몽롱화 현상이 뚜렷하게 나타나지 않고 있으며 전체적인 영상에도 큰 영향 없이 복원되고 있음을 알 수 있다.



(a) The loss Lena image

(b) The first interpolated image



(c) The second interpolated image

**Fig. 15. Interpolation of the Lena image by the proposed method**

Fig. 16은 제안된 기법에 의한 Chairlady 영상 복원 과정을 보여준다. 또한 Fig. 16(b)는 윤곽선 영역을 중심으로 1차 보간이 수행되었고 Fig 16(c)은 2차 보간된 영상을 보여준다. Fig. 17은 문자가 삽입된 Sunset 영상이 복원 과정을 보여주며 약간의 제거되지 않고 남아 있는 흔적이 있으나 전체적으로 문자의 형태가 살아짐을 알 수 있다.



(a) Lossy Chairlady image



(b) The first interpolated image



(c) The second interpolated image

Fig. 16. Interpolation of the Chairlady image by the proposed method



(a) Sunset image with letters

(b) The first interpolated image



(c) The second interpolated image

Fig. 17. Interpolation of the Sunset image by the proposed method



(a) Edge image inserted zeros into the loss areas



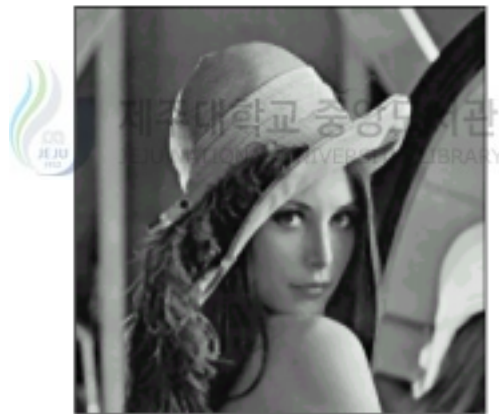
(b) The interpolated edge image

**Fig. 18. Edge of the Chairlady image**

Fig. 18은 Chairlady 에지 영상의 손실 영역에 영을 채워 넣은 영상과 에지를 추정하여 보간된 에지 영상을 보여준다. Chairlady 영상은 계조도의 변화가 심하기 때문에 에지 성분이 많이 분포하게 된다. 이런 경우, 에지 추정은 마스크의 크기에 많은 영향을 받게되고 복원된 영상을 흐리게 할 수 있다.



(a) The interpolated image by the linear interpolation method



(b) The interpolated image by the proposed method

**Fig. 19. The interpolated Lena image**

Fig. 19는 선형 보간법과 제한된 방법에 의해 복원된 Lena 영상을 보여준다. 방향성 마스크를 이용한 본 논문에서 제안된 복원 기법은 에지 성분의 방향성을 고려함에 따라 윤곽선을 원 영상에 가깝게 복원하고 손실 영역 내부에서 흐려지는 효과를 줄일 수 있음을 확인할 수 있다. 그러나 Fig. 19(a)의 선형 보간은 수직과

수평 화소만을 고려하여 영상을 복원함으로써 복원된 화소들이 심하게 흐려지고 있음을 알 수 있다. 또한 뚜렷하게 윤곽선이 복원되지 않아 배경 이미지와 선명하게 구별되지 않음도 확인할 수 있다.



(a) The interpolated image by the linear interpolation method



(b) The interpolated image by the proposed method

**Fig. 20. The interpolated Chairlady image**

Fig. 20은 선형 보간법과 제안된 방법에 의해 복원된 Chairlady 영상을 보여준다. Fig. 20(a)는 손실 영역 대부분이 흐릿하고 줄무늬 형태가 넓게 나타나나 Fig. 20(b)에서는 일부 몽롱한 현상이 보이지만 전체적으로 선형 보간법에 비해 매끄럽게 복원됨을 확인할 수 있다.



(a) Sunset image



(b) Sunset image with letters

**Fig. 21. Sunset image**

Fig. 21은 원 영상과 문자가 삽입된 Sunset 영상을 보여주며 문자가 있는 영상에 대해 문자를 완전히 제거하기 위한 실험에 사용한 영상이다. 문자는 두께와 크기가 거의 일정하고 다양한 모양을 가지고 있다.



(a) The image decimated letters by the linear interpolation method



(b) The image decimated letters by the proposed method

**Fig. 22. The Sunset image and the image of decimating letters**



Fig. 22는 선형 보간법에 의해 문자를 제거한 영상과 제안한 보간법에 의해 문자를 제거한 영상이다. 영상 속에 있는 문자를 제거하여 다른 문자를 삽입하고자 할 때 이용 될 수 있다. Fig. 20(a)은 산과 바다의 경계 영역에서 복원의 잘 안됨을 확인할 수 있으나 Fig. 20(b)은 약간의 흔적이 남아 있으나 대부분 영역에서 자연스럽게 복원됨을 확인할 수 있다.

선형 보간 기법보다 제안된 기법이 시각적인 관점에서 복원의 정도를 비교하더라도 몽롱화 현상이 줄어들었음을 알 수 있었고 윤곽선 영역에서 또한 제안된 기법이 향상된 복원 영상을 얻을 수 있었다. 또한 문자가 삽입된 영상을 실험에 이용한 결과 문자를 제거할 수 있음을 확인하였고 상표나 광고성 글을 제거하는데 복원 기법이 이용될 수 있음을 확인하였다.

## 2. 보간 결과

본 논문에서는 선형 보간법과 제안된 기법과의 복원 정도를 판정하기 위하여 복원 영상과 원 영상의 오차로 구해지는 MSE(mean square errors)와 PSNR(peak signal to noise ratio)을 구하여 복원의 척도를 알아보았다. PSNR과 MSE는 다음과 같이 정의된다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad dB \quad (22)$$

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^M [u(m, n) - \hat{u}(m, n)]^2 \quad (23)$$

여기서  $u(m, n)$ 과  $\hat{u}(m, n)$ 은 각각 손실 영역이 없는 원 영상과 처리된 영상을 나타내며  $M \times N$ 은 손실된 영역의 화소 수이다.

**Table 2. Comparison of the linear interpolation  
and the proposed interpolation**

Image name	Loss pixel	Linear interpolation		Proposed interpolation	
		PSNR(dB)	MSE	PSNR(dB)	MSE
Lena	961	20.350	600	25.774	170
Chairlady	1379	16.385	1500	20.266	640
Sunset	1829	21.872	420	25.142	200

Table 2는 선형 보간과 제안한 방법에 의해 PSNR을 구한 결과이다. 영상 복원은 손실 영역과 에지의 분포에 따라 복원의 정도가 다르게 나타난다. 실험 영상은 세 가지로 각각 영상마다 특성이 서로 다르며 위의 표를 비교해보면 제안한 방법이 선형 보간보다 향상된 복원을 행하고 있음을 알 수 있다. 실험 영상에 대해 PSNR을 비교한 결과 약 4~5(dB) 향상되었고 제안된 기법에서는 20dB 이상의 PSNR을 얻을 수 있었다.



## VI. 결론

본 논문에서는 손실된 영상을 복원하는 기법으로 방향성 마스크를 이용한 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 실험 영상에 대해 선형 보간법과의 PSNR을 비교한 결과 4~5[dB] 향상됨을 확인하였다. 또한 고주파 성분이 많이 분포된 영상에서도 영상이 뭉뚱해지는 현상을 줄일 수 있었고, 마스크의 크기 결정에 있어서도 통계적 특성을 활용하여 영상의 손실 영역의 다양함에 따른 복원에 미치는 영향을 최소화하였다. 손실 화소 수와 PSNR 그리고 복원된 영상을 비교해보면 에지의 분포에 따라 복원의 정도가 달라지며 손실된 영역의 형태에도 영향을 받고 있음을 확인할 수 있었다. 마스크의 크기는  $(2m+1) \times (2n+1)$ 이며,  $m$ 과  $n$ 을 손실 영역의 수직 거리  $\alpha$ 와 수평 거리  $\beta$ 에 의해 결정하였다. 또한 대비 확장과 방향 특성 알고리즘을 이용하여 영상의 세밀한 에지를 얻었고 원 영상의 계조도를 얻기 위하여 0과 1로 이루어진 에지 영상을 원 영상에 복사시켜 손실 영역에서 에지 추정을 가능하게 하였다.

제안된 복원 방법은 영역 분할 과정이 손실 영역에서의 에지 추정과 동시에 결정되는 특성이 있다. 또한 선형 보간법과 비교한 결과 계조도 차이에 의해 생기는 무늬 모양도 작게 나타나며 수평과 수직 화소뿐만 아니라 대각선 화소까지 고려하여 보간을 수행함으로써 자연스러운 영상을 얻을 수 있었다. 윤곽선 추정도 원 영상에 가깝게 이루어지고 외관상 사물을 인식하는데 있어 커다란 영향을 주지 않음을 확인할 수 있었다. 또한 제안된 기법을 적용하여 영상에 새겨진 문자를 제거함과 동시에 그 영상만을 복원할 수 있었고 에지 영상의 손실 영역에 영을 채워 넣어 보다 쉽게 영상의 에지를 추정하여 영상이 복원됨을 확인하였다. 광고성 글이나 상표를 제거할 필요성이 있을 때, 보다 깨끗한 영상을 얻기 위한 연구가 필요하므로 제안된 기법은 이런 연구의 기초적인 방향을 제공할 수 있으리라 사료된다.

## 참고문헌

- A. Martelli, 1976, An application of heuristic search methods to edge and contour detection, *Communication of the ACM*, Vol. 19, No. 2, pp. 73-83.
- P.J.S.G. Ferrerira, 1994, Interpolation and the Discrete Papoulis-Gerchberg Algorithm, *IEEE Trans. on Signal Processing.*, vol.42, no.10, pp. 2596-2606.
- P. Salama, N. shroff, E.J. Coyle, and E.J. Delf, 1995, Error Concealment Techniques for Encoded Video Streams, *Proc. of the ICIP. '95*, vol.1, pp.9-12.
- 김동욱, 최연성, 2000, 가변 스킵 기반의 프레임간 보간기법” 한국통신학회논문지, Vol.25 No.3B
- 김태현, 정진호 고성제, 1999, 웨이블릿 변환을 이용한 적응적 영상 보간기법, 한국통신학회논문지, vol.24 No.5B
- 백순화, 황동국, 전병민, 2000, Contrast Stretching 기반 7-Band 분할을 이용한 견실한 윤곽선 추출, 한국통신학회 하계종합학술발표회논문집(상), pp28-31.
- 백순화, 연승호, 전병민, 2001, 대비 확장과 방향특성 알고리즘을 이용한 윤곽선 재구성, 한국통신학회 하계종합학술발표회논문집(하) pp.1406-1409.
- 오상근, 박철현, 윤옥경, 이준재, 박길흠, 2002 “방향성 필터 뱅크에 기반한 지문 영상의 향상, 한국통신학회논문지, Vol.27 No.4A
- 오상준, 박철현, 윤옥경, 2000, 방향성 필터 뱅크에 기반한 지문영상의 향상, 한국통신학회논문지, vol.27 No.4A
- 이문호, 2001, Visual C++ 실용 영상 신호처리, 대영사.
- 장대근, 황찬식, 2002, 연결요소 방법과 메디안 필터를 이용한 문서영상 기하학적 구조분석, 한국통신학회논문지, Vol.27 No.8A.
- 장동혁, 2001, 디지털 영상처리의 구현, 정보게이트.
- 정보통신부, 2001, 고 현장감 3차원 영상 디스플레이 기술 개발, 한국과학기술원.

- 최형일, 이근수, 이양원, 1997, 영상처리 이론과 실제, 홍릉과학출판사
- 하영호 임재권 남재열,김용식, 1998, 디지털 영상처리”, 그린.
- NHK 방송기술연구소 화상연구부, 2000, C 언어에 의한 화상처리 실무, 국제 테크노 정보연구소.



## 감사의 글

지난날을 정리하며, 연구를 하고 배우는 일은 얼마나 힘든 일인가? 돌아보면 아무 것도 아닌, 그러나 아주 작은 지식을 얻고자 밤을 세운 날들, 힘들었거나 그리 힘들지 않았거나 많이 얻었거나 얻지 못했거나 우리는 하나의 길을 걸어왔고 이제 떠날 때가 되어 석사과정을 마감하고자 합니다.

본 논문을 내기까지 물심양면으로 격려해 주시고 아낌없는 충고와 삶에 대한 조언까지 아끼지 않으셨던 이용학 지도교수님께 깊은 감사의 마음을 전합니다. 그리고 보다 좋은 논문을 만들어 주기 위해 의미 하나하나 세밀히 분석해 주시고 논리적으로 우리말에 맞게 고쳐주신 김홍수 교수님과 임재윤 교수님께 감사 드립니다. 또한 논문의 내부적 의미들을 실무적으로 어떻게 이용할지, 어떤 의미를 내포하고 있는지에 대한 방법적 인식을 갖게 해주신 양두영 교수님과 밤늦게까지 남아 좋은 말씀을 전해주시고 녹차를 끓여 주시던 강진식 교수님 그리고 늘 규칙적인 생활을 하시는 문건 교수님께 감사의 말씀 드립니다.

바쁘신 와중에도 매번 저를 도와주셨던 정동성 선배님, 그리고 멀리서 직장을 다니면서도 잊지 않고 논문에 관심과 도움을 준 진원과 진경에게도 고마운 인사를 전합니다. 동기로 들어와서 도움을 많이 준 봉수형과 영애 그리고 광삼에게 고맙다는 말을 이 자리를 빌어 전합니다. 매번 저에게 관심을 가져주신 부식 선배, 성욱 선배, 권익 선배에게 고맙다는 인사를 전하며 논문제출하기까지 도움을 많이 준 창윤, 은진, 철우, 진숙에게 같이 졸업하게 됨을 영광으로 생각하며 졸업 후에도 좋은 인연으로 남아 있길 바랍니다. 그리고 바쁠 때마다 거절하지 않고 많은 도움을 준 영배에게도 감사의 말을 전하며 그리고 형택, 남규, 오광, 나의 친구들, 힘들 때마다 정신적으로 물질적으로 주었던 도움에 감사하고 고맙다는 말을 전합니다. 지면 관계상 언급되지 않았지만 밤을 같이 했던 후배들과 인터넷에서 알게 된 권애숙 시인님과 한혜영 시인님 그 밖에 많은 분들에게 감사의 말을 전합니다.

마지막으로, 농사 일로 고생하시는 아버지, 어머니 그리고 저에게 따뜻한 보금자리를 허락해 주신 누님과 매형, 조카들, 서울에서 격려를 해주신 형과 형수, 저 멀리 일본에서 열심히 하라고 말씀해 주신 작은 누님, 그리고 동생에게 이 논문을 바칩니다. 아버지, 어머니 짊어졌지만 길었던 과정이 끝났습니다 감사합니다.