

## 확대 영상의 해상도 향상에 관한 연구

강길봉\* · 김장형\*\* · 김정효\*

### A Study on Improving Resolution for Enlarged Image

Gil-Bong Kang\* · Jang-Hyung Kim\*\* · Jeong-Hyo Kim\*

#### ABSTRACT

Generally, the still image magnification uses image growing, interpolation and restoration in order to get magnificated image. Still image Magnification does not get high-resolution image because, amount of information is not sufficient. In this thesis, we proposed the hybrid method of high resolution image magnification. that is, to get high resolution image, the image processed by both lowpass filtering and highboost filtering. Result of apply proposed method to Lena image, we gained result of enhancement more better than formerly simple technique.

#### 1. 서론

현대는 정보통신 및 멀티미디어 시대의 도래로 인하여 많은 영상정보 또는 음성정보 등의 디지털화 된 자료들을 이용하려는 욕구가 늘고 있다.

특히 멀티미디어 자료를 전송하려고 하는 분야에서는 용량의 문제에 부딪치게 된다. 즉 네트워크 환경에서 영상을 전송하려면 많은 트래픽이 걸리게 되는데 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 작은 영상을 전송하게 하여 수신 쪽에서 확대된 영상으로 접할 수 있으면 작은 트래픽으로 영상을 전송할 수 있게 된다.

영상의 확대(Image magnification)는 영상의 확장(expansion)과 영상의 보간(interpolation)으로 나눌

수 있다. 영상의 확장과 보간의 과정을 거친 영상은 원 영상에 비해 증가된 수의 화소들로 표현되며, 이는 영상이 확대되었음을 의미한다.[2] 영상 확대는 주어진 영상으로부터 보다 해상도가 향상된 영상을 얻는 과정이라고 정의 할 수 있다.

본 논문은 영상을 확대하고자 할 때 주로 사용하는 보간법 이외에 새로운 보간법을 제안했다. 기존에 사용하는 보간법으로는 최근접 이웃화소 보간법과 양선형 보간법을 사용하는데 두 가지 모두 만족할 만한 영상을 얻지 못했다. 본 논문이 제안하는 보간법은 두 가지 보간법을 혼합한 형태의 보간법을 연구했다.

#### II. 영상 확대

##### 2.1. 영상의 스케일 변환

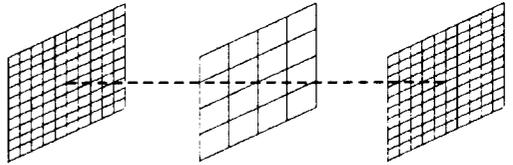
영상의 해상도 저하가 Fig. 1에서 보는 바와 같이 고해상도의 영상  $x(i, j)$ 로부터 저해상도 영상  $y(i, j)$

\* 제주대학교 대학원  
Graduate School, Cheju Nat'l Univ.  
\*\* 제주대학교 컴퓨터공학과  
Dept. of Computer Eng., Cheju Nat'l Univ.

로의 천이(transition)되는 과정이라고 한다면, 영상의 확대는  $y(i, j)$ 는 주어진 상황에서 원래의 고해상도 영상  $x(i, j)$ 를 추정해 내는 과정이 된다.

Fig. 1에서  $y(i, j)$ , ( $i = 0, \dots, N_1 - 1$ ;  $j = 0, \dots, N_2 - 1$ )의 화소가  $x(i, j)$ 의  $q \times q$ 개의 화소로부터 천이된 것이라면,  $x(i, j)$  영상의 화소수는  $qN_1 \times qN_2$ 가 될 것이다.[6][7][8]

영상을 2배 확대하면 확대된 영상에는 원영상의 1개 화소에 대응되는 4개의 화소 중 3개는 화소값이 존재하지 않게 된다. 영상을 확대한다는 것은 저해상도 영상의 한 점으로부터 고해상도 화소를 추정하는 것이다. 한 점에서 4개의 점의 화소값을 추정하기는 어렵고, 또한 부정확한 결과의 영상을 얻을 수밖에 없다. 이러한 문제를 해결하는 방법으로 보간법이 사용된다.



Original resolution image x Low resolution image y Estimated resolution image x  
Fig. 1. The mutual relation of two images that the resolution is difficult

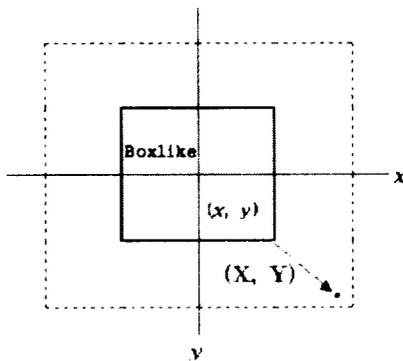


Fig. 2. The convertible of size for image data

영상의 크기를 변환하는 방법을 살펴보면, 어떤 점  $(x, y)$ 가 확대, 축소되어  $(X, Y)$ 로 위치가 변하면, 두 좌표 사이에는 식(1)과 같은 관계가 성립한다.

$$\begin{aligned} X &= ax \\ Y &= by \end{aligned} \quad (1)$$

위 식(1)에서  $a, b$ 는 각각  $x$  방향,  $y$  방향의 확대율이다. 이 수식을 이용하여 영상을 처리한다면,  $a, b$ 가 1보다 큰 값을 가지는 경우, 영상 데이터는 확대가 되고, 1보다 작을 때에는 축소가 된 출력 데이터를 얻을 수 있다. 이 수식에 의해 우리는 모든 화소점  $(x, y)$ 에 대해서 이 연산을 행하고, 출력 영상의 점  $(X, Y)$ 의 농도값에 입력 영상의 점  $(x, y)$ 의 농도값을 쓰면, 영상의 확대, 축소를 할 수 있다.

## 2.2. 보간법(Interpolation)

원 영상이 1/4 인수의 해상도로 축소되는 경우 원 영상의 화소 격자에서 하나씩 건너뛰면서 새로운 영상의 격자에 써 가면 영상이 원 영상의 1/4의 해상도로 줄어든다. 그러나 원 영상을 4의 인수에 의해 해상도를 확대하는 것은 화소의 값이 없는 격자가 생겨서 잘되지 않는다. 4배의 해상도로 확대되면 실제 화소값들 사이에 빈 공간이 생기게 되는 것이다.

보간법이란 주어진 데이터 점들의 정보로부터 그 점들 사이의 정보를 유추하는 수치적 방법이다. 보간법은 주변의 화소들을 분석함으로써 새로운 화소를 생성한다. 어떤 작업에 대하여 적절한 보간 함수를 선택하는 것은 어떤 응용 문제인가에 달려있으며, 보간 함수에 따른 질과 처리 시간 사이에는 트레이드 오프(trade-off)가 존재한다. 즉, 매우 복잡한 알고리즘은 영상의 질을 향상시키지만 보간 함수가 복잡하면 할수록 더 많은 처리 시간을 요구한다.

영상 처리에서 주로 사용되는 보간법에는 최근접 이웃화소 보간법과 양선형 보간법, B-스플라인 보간법 등 여러 가지 방법이 있으나, 영상 처리에는 최근접 이웃화소 보간법과 양선형 보간법이 주로 사용되고 있다.

### 2.2.1. 최근접 이웃화소 보간법

원 영상을 2배 확대하면 영상이 조금 변한다. 이것을 이해하기 위해, 다음 Fig. 3을 살펴보자.

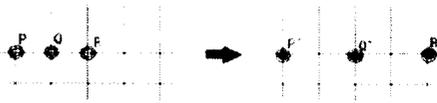


Fig. 3. The twice magnification of image

Fig. 3에서 보면, 입력 영상의 화소 P가 출력 영상의 화소 P'에 대응(mapping)된다. 그리고, 입력 영상 P의 인근에 있는 점 Q, R이 출력 영상에 각각 Q', R'로 대응되면, Q', R'는 확대율에 의하여, P'의 주변에 위치하고 있다. 2배 확대할 경우에는 출력 영상의 한 화소 P'점의 인접 화소에는 해당되는 데이터가 없기 때문에, 출력 영상 데이터에도 화소가 띄엄띄엄 있게 된다. 따라서, 이를 피하기 위해 '입력 영상을 기준으로 한 출력 영상의 매핑(mapping) 방법'을 사용하지 않고, 출력 영상을 기준으로 해서, 출력 영상의 화소가 입력 영상의 어떤 화소에 대응관계를 이용하는 것이 더 나은 결과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 이 과정을 수행하기 위해, 식(1)의 역변환을 생각해 보자. 식(1)의 역변환은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} x &= X/a \\ y &= Y/b \end{aligned} \quad (2)$$

출력 영상의 모든 화소 (X, Y)에 대하여 식(2)를 계산하고, 대응하는 입력영상을 구해 이 화소의 농도 값을 사용한다.

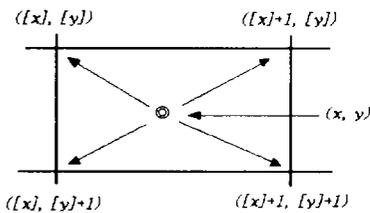


Fig. 4. The method that search the pixel value

Fig. 4와 같이 좌표 (x, y)에 가장 근접한 격자점을 선택하는 최근접 이웃화소 보간법을 적용한 확대 영상은 모자이크 현상이 나타나며 이 현상은 확대율을 크게 하면 두드러지게 나타난다.[8]

### 2.2.2. 양선형 보간법

최근접 이웃화소 보간법 보다 화질을 좋게 하기 위해 양선형 보간법이라 부르는 방법을 이용하는데, 영상 처리분야에서 일반적으로 사용하는 보간법이다. 양선형 보간법에서 새롭게 생성된 화소는 4개의 가장 가까운 화소들에 가중치를 곱한 값들의 합이다. 가중치들은 선형적으로 결정되어진다. 각각의 가중치는 각각의 존재하는 화소로부터의 거리에 정비례한다 [11].

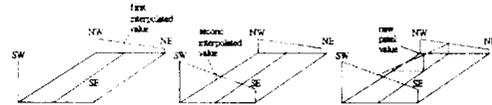


Fig. 5. The attendance phase of bilinear interpolation

양선형 보간법은 Fig.5에서처럼, 세 개의 일차 보간들을 요구한다. 양선형 보간법은 최근접 이웃화소 보간법 보다 더 부드러운 영상을 산출한다. 화소당 세 개의 일차 보간법 때문에 양선형 보간법은 최근접 이웃화소 보간법 보다 상당히 많은 계산을 요구한다.

양선형 보간법에 의한 영상확대 결과는 Fig. 5와 같다.



Fig. 6. The image magnification that applicate bilinear interpolation

Fig. 6의 결과 영상을 보면 최근접이웃화소 보간법에 의한 영상보다 확대 영상의 화질은 부드러우나 흐려지며, 윤곽선 부분의 화질의 향상이 더욱 필요하다는 것을 알 수 있다.

2.2.3. B-스플라인 보간법

최근접 이웃화소 보간법은 입력으로 한 개의 화소를 요구하고, 양선형 보간법은 새로운 화소를 생성하기 위해 4개의 가장 가까운 화소들을 사용한다. B-스플라인 보간법은 고등차수 보간법의 하나로서 새로운 화소를 생성하기 위해 16개의 가장 가까운 화소들을 사용한다.



Fig. 7. The one dimension interpolation

모든 보간 함수들은 Fig. 7과 같은 원리에 의해서 보간을 실시한다. 보간 함수는 원하는 한 점의 중앙에 놓여지고 샘플 점들에서의 값들은 그러한 샘플들에 의해서 곱해지게 된다. 모든 결과들의 합은 새롭게 생성된 화소이다.

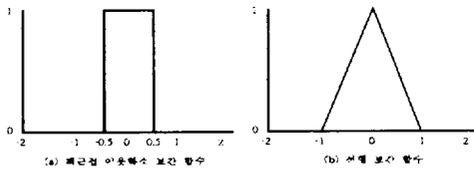


Fig. 8. The function of one dimension interpolation

이상적인 보간 함수는 저주파 통과 필터이다. B-스플라인 함수는 상당히 좋은 저주파 통과 필터를 만든다. 그러므로 B-스플라인 보간법은 보간 함수들 중 가장 부드러운 결과 영상을 산출한다.

B-스플라인 보간법은 하나의 새로운 화소를 만들기 위해서 4번 샘플링 되어야 한다. B-스플라인 함수는 가중치 함수의 샘플 점들의 합은 1이며, 함수값은 모두 양의 값을 가진다. B-스플라인 함수는 다음과 같이 정의된다.[11]

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}|x|^3 - |x|^2 + \frac{2}{3} & 0 \leq |x| < 1 \\ -\frac{1}{6}|x|^3 - |x|^2 + 2|x| + \frac{4}{3} & 1 \leq |x| < 2 \\ 0 & 2 \leq |x| \end{cases}$$

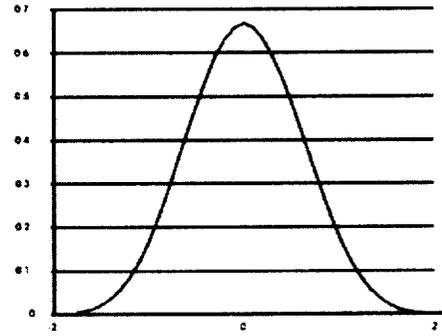


Fig. 9. The function of B-spline interpolation



Fig. 10. Image magnification that applicate B-spline interpolation

2.3. 평가 방법

영상의 평가의 궁극적인 척도는 인간의 시각을 통한 평가이지만 이는 주관적인 성향이 강하므로 수학적 계산을 통해 원 영상과의 차이를 객관적으로 측정하는 MSE(Mean Square Error)와 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)를 사용하였다. 식(3)에서  $X_{i,j}$ 는 원 영상을 의미하며  $\overline{X}_{i,j}$ 는 확대된 영상을 의미한다.

$$MSE = \frac{1}{N^2} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N (X_{i,j} - \overline{X}_{i,j})^2 \quad (3)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (4)$$

III. 구현 및 평가

일반적으로 확대된 영상에서 새로운 화소값을 구하

는 보간법으로는 최근접 이웃화소 보간법과 양선형 보간법이 주로 사용되고 있다. 최근접 이웃화소 방법은 알고리즘이 간단하고 구현이 쉬운 반면, 모자이크 현상에 의해 영상의 화질이 떨어진다. 또한 양선형 보간법은 하나의 화소의 값을 구하기 위해 세 번의 선형 보간을 해야하는 알고리즘의 복잡성에 비하여, 확대된 영상은 블러링 현상으로 인해 영상의 에지 부분이 부정확해진다는 것이다. 그 외의 B-스플라인 보간법은 알고리즘과 구현 방법의 복잡도와 난이도에 비해 결과 영상의 화질이 양선형 보간법에 의한 결과 영상의 화질과 별 차이가 없다.

3.1. 영상 확대

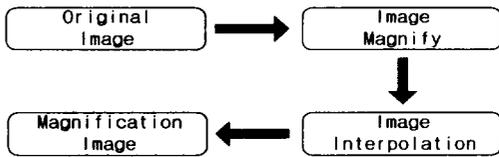


Fig. 11. The structure diagram for general image magnification

본 논문에서는 최근접 이웃화소 보간법과 양선형 보간법의 장점을 취합하는 새로운 보간 방법을 제안하였다. 최근접 이웃 화소 방식에 의해 보간 된 영상에 대하여 선형 보간을 함으로써 최근접 이웃화소 보간 방식과 양선형 보간 방식의 단점인 모자이크 현상과 블러링 현상을 제거하여 기존의 보간법 보다 화질이 좋은 확대영상을 얻을 수 있었다.

일반적인 영상 확대는 Fig. 11에 의한다. 확대된 영상의 화질은 Fig. 12에서 보는 바와 같이 사용되는 보간법에 따라 다른 결과가 나타난다.



(a) original image (b) Nearest neighbor replication



(c) Bilinear interpolation

Fig. 12. The image magnification that apply interpolate

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 기존의 영상확대와는 달리 확장된 영상의 보간 단계에서 최근접 이웃화소 보간법과 양선형 보간법을 조합하여 두 보간법들의 장점을 취합하고 단점을 상쇄시키는 것이다.

영상의 확대는 원 영상을 확장된 영상의 격자에 사상시키는 영상 확장과 확장된 영상의 존재하지 않는 화소의 값을 구하는 영상 보간의 단계로 볼 수 있다.

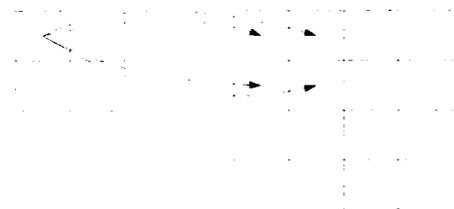


Fig. 13. The relation that confront the original and magnification image



(a) Original image (b) 2x2 Magnification image

Fig. 14. The four times magnification image

영상의 4배 확대는 Fig. 13 에서와 같이 원영상의 1개의 화소가 확대 영상의 4개의 화소로 확장되는 것

이다. Fig. 14는 원 영상을 4배 확장한 영상이다. 원 영상을 확장하면 Fig. 14 (b)와 같이 확장된 영상에는 화소 값이 존재하지 않는 화소 3개가 생성된다. 이 존재하지 않는 화소에 원래의 영상이 가지고 있었을 화소의 값을 예측하는 것이 보간법이다. 영상 확대에서 보간법을 적용한다는 것은 그 만큼의 오류 요인을 포함하고 있다는 것이다. 즉 이 오류 요인을 최소화하는 것이 영상 확대에서 가장 중요한 것이다.

### 3.2. 영상 보간

본 논문에서 제시하는 영상의 보간 기법은 확장된 영상에 대하여 최근접 이웃화소 보간방식에 의하여 1차 보간을 하고 2차로 다시 선형 보간을 실시하는 것이다.

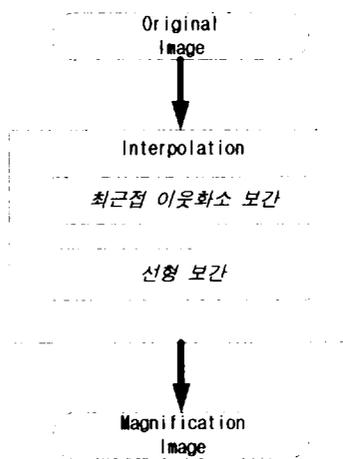


Fig. 15. The diagram of proposed image magnification

본 논문에서 구현할 전체적인 영상 확대 구조도는 Fig. 15와 같다. 일반적으로 영상확대에 사용되는 보간법은 최근접 이웃화소법과 양선형 보간법이다. 본 논문에서는 확대된 영상의 보간 단계에서 최근접 이웃화소 보간법과 양선형 보간법을 조합하여 사용하였다.

본 논문에서 제안하는 보간 함수는 Fig. 16과 같다. 제안하는 보간 함수는 최근접 이웃 화소 보간 함수와 선형 보간 함수를 합친 것이다.

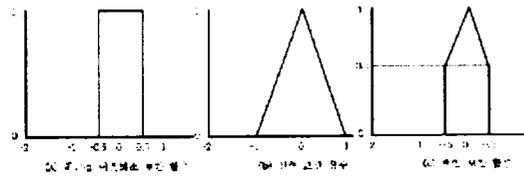


Fig. 16. The comparison of interpolation function

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 Fig. 17에 나타내었다. 제안하는 알고리즘은 확장된 영상에 대하여 먼저 최근접 이웃화소 보간을 실시하고 다시 선형 보간을 실시하고 있다.

```

    Process Image Interpolation

    Begin
        float x = x_mapping_function(X, dest);
        float y = y_mapping_function(Y, dest);
        int X_source = (int) (floatx * 0.5);
        int Y_source = (int) (floaty * 0.5);

    End
    Begin
        Dest[x] = (int)(source[x-1] + source[x+1]*0.5)/2;
        Dest[y] = (int)(source[y-1] + source[y+1]*0.5)/2;

    End
    End
  
```

Fig. 17. The proposed interpolation algorithm

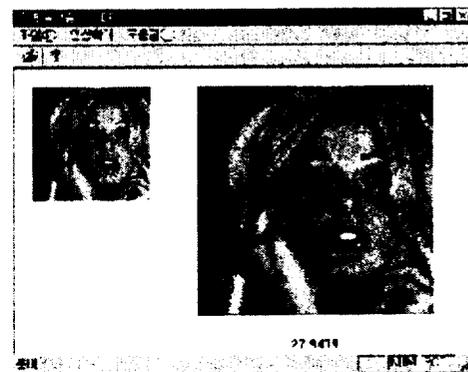


Fig. 18. The embodied image magnification system

Fig. 18은 제안하는 보간 알고리즘을 구현한 것이다. 제안하는 시스템은 최근접 이웃화소 보간법에 의해 확대된 영상은 에지 부분에서 모자이크 현상이 나타난다. 이 영상에 1차 선형보간을 실시하여 에지 부분의 모자이크 현상을 제거하고 양선형 보간법의 블러링 현상을 제거하는 효과를 얻었다. 본 논문에서 제시하는 방법은 알고리즘의 복잡도는 양선형 보간법

보다 간단하며, 확대된 영상의 주관적, 객관적 화질 또한 최근접 이웃화소 보간법과 양선형 보간법 보다 나은 영상을 얻었다.

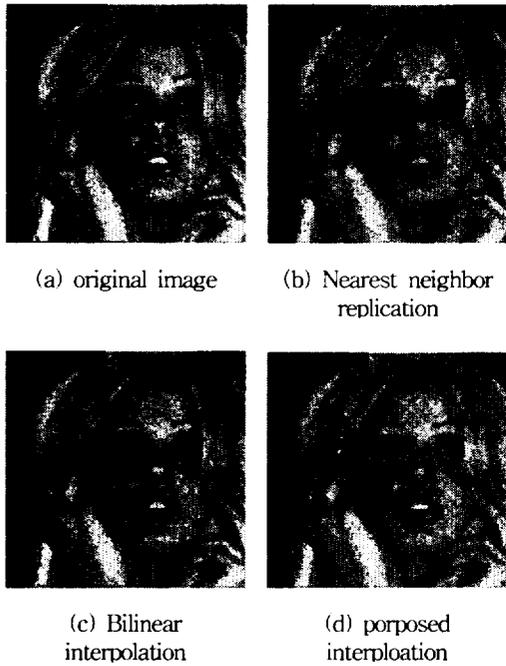


Fig. 19. The image magnification comparison that applicate interpolation (Woman)

### 3.3. 객관적 평가

객관적 평가를 위해서 확대영상의 PSNR값을 비교하였다.

	최근접	B-스플라인	양선형	제안	PSNR 이득
Lena	27.74	26.53	26.53	27.05	0.52
Airfield	22.00	21.05	21.00	21.49	0.49
Pepers	27.70	26.77	26.77	27.23	0.47
Couple	25.17	24.27	24.27	24.61	0.35
Girl	30.81	29.49	29.47	40.49	1.03
Man	26.16	25.23	25.23	25.65	0.41
Woman	28.49	27.60	27.60	27.94	0.35
Baboon	23.16	22.41	22.41	22.80	0.38
Crowd	25.22	24.22	24.22	24.76	0.55
Airplane	25.44	24.66	24.66	25.00	0.34
평균	26.18	25.22	25.21	25.70	0.48

Fig. 20. The PSNR comparison that applicate magnificated image

본 논문에서 제안하는 보간 알고리즘은 Fig. 19과 Fig. 20에서와 같이 확대된 영상의 PSNR 비교에서 여러 영상에 대하여 평균적으로 약 0.5db의 향상을 보였다.

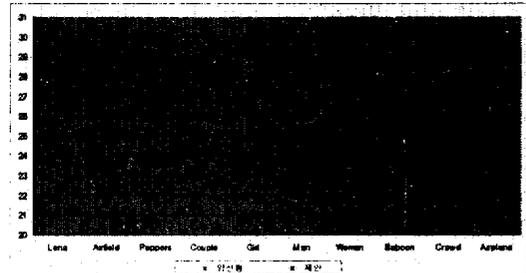


Fig. 21. The PSNR comparison that applicate the Bilinear interpolation and proposed interpolation

## IV. 결 론

본 논문에서는 정지 영상의 고해상도 확대에 있어서 확장 영상의 보간 단계에서 새로운 보간 기법을 제시하였다. 정지 영상의 확대는 원 영상이 가지고 있는 정보량의 한계에 의하여 진정한 의미의 고해상도 영상을 얻을 수 없다. 이러한 제한된 정보량에 대하여 원 영상을 확장하고 확장된 영상에 제안하는 보간법을 적용하여 확대 영상에서 최근접 이웃 화소 보간법의 단점인 모자이크 현상을 제거하고, 양선형 보간법의 단점인 블러링 현상을 제거한 향상된 화질의 확대 영상을 얻을 수 있음을 확인하였다.

영상의 평가 방법으로는 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)에 의한 객관적인 평가 방법과 인간의 시각에 의한 주관적인 평가 방법을 사용하여 제안하는 보간법이 최근접 이웃화소 보간법과 양선형 보간법보다 좋은 결과를 얻을 수 있음을 증명하였다.

본 연구의 적용 범위는 네트워크 환경에서 영상의 전송이나, 영상의 저장 등 많은 응용분야를 포함할 수 있다.

향후 연구 과제로는 칼라 영상에 대한 확대와 동영상 확대 기법에 대한 연구가 필요하다.

參考文獻

- 1) A. K. Jain, 1989, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice-Hall.
- 2) A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 3rd., McGraw-Hill, 1991.
- 3) K. Aizawa, T. Komastu, and T. Satio, 1992, A Scheme for Acquiring Very High Resolution Images Using Multiple Cameras, Proc. 1992 Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. 3, pp. 289-292.
- 4) T. Ando, 1992, Trend of High-Resolution and High-Performance Solid State Imageing Technology, Journal. ITE Japan, vol. 44, no. 2, pp. 105-109, February.
- 5) R. R. Schultz and R. L. Stevenson, 1994, A Bayesian Approach to Image Expansion for Improved Definition, IEEE Trans. Image Processing, vol. 3, no 3, pp. 233-242.
- 6) B. C. Tom and A. K. Katsaggelos, 1994, Reconstruction of a High Resolution Image From Multiple Degraded Mis-Registered Low Resolution Image, Proc. 1994 Viusal Comm., Image Processing, vol. 2308, no. 3, pp. 971-981.
- 7) B. C. Tom and A. K. Katsaggelos, 1996, An Iterative Algorithm for Improving the Resolution of Video Sequences, Proc. 1996 Visual Comm., Image processing, vol. 2727, no. 3, pp. 1430-1438.
- 8) 이문호, 염재훈, 1998, C언어를 이용한 영상신호처리, 대왕사.
- 9) Gonzalez & Woods 著, 하영호 外 共譯, 1998, 디지털 영상처리, 그린.
- 10) 이문호, 1997, C언어·MATLAB를 이용한 디지털 필터설계, 대왕사.
- 11) Randy Crane 著; 최형일 外 共譯, 1999, 영상처리 이론과 실제, 홍릉과학출판사.
- 12) 宋萬均, 1998, 제로트리 코딩을 이용한 이산 웨이브렛 필터의 성능 평가, 충북대학교 석사학위논문.
- 13) 申定浩, 1997, 다채널 영상복원 및 확대기법에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문.