

논문 2010-47SP-2-5

손실 정보 추정을 이용한 영상 보간과 휴대용 장치에서의 구현

(Image Interpolation Using Loss Information Estimation and Its Implementation on Portable Device)

김 원 희*, 김 중 남**

(Won-Hee Kim and Jong-Nam Kim)

요 약

영상 보간법은 영상의 해상도를 향상시키기 위해서 사용되는 기술로서 보간 결과 영상에서 나타나는 화질 열화가 아직 까지 해결되지 않은 문제점이다. 이를 위해서 본 논문에서는 손실 정보 추정을 이용한 영상 보간법을 제안하고 제안한 알고리즘을 휴대용 장치에서 구현하였다. 제안하는 방법에서는 획득 저해상도 영상을 더욱 작은 크기로 축소한 후 다시 보간을 거쳐서 나온 영상을 이용해서 에러를 계산하고, 그 결과값을 보간하여 추정 손실 정보를 생성한다. 추정된 손실 정보는 적응적 가중치와 결합하여 최종적으로 보간된 고해상도 영상에 더해지게 된다. 실험을 통해서 제안한 방법이 기존의 알고리즘들 보다 PSNR에서 2dB 이상 향상된 것을 알 수 있었다. 또한 휴대용 장치에서 구현하여 실시간 처리가 가능한 것을 확인하였다. 이와 같이 제안한 방법은 영상의 확대와 영상 복원을 위한 다양한 응용 환경에서 사용될 수 있다.

Abstract

An image interpolation is a technique to use for enhancement of image resolution, it have two problems which are image quality degradation of the interpolated result image and high computation complexity. In this paper, to solve the problem, we propose an image interpolation algorithm using loss information estimation and implement the proposed method on portable device. From reduction image of obtained low resolution image, the proposed method can computes error to use image interpolated and estimate loss information by interpolation of the computed error. The estimated loss information is added to interpolated high resolution image with weight factor. We verified that the proposed method has improved PSNR as 2dB than conventional algorithms by experiments. Also, we implemented the proposed method on portable device and checked up real-time action. The proposed algorithm may be helpful for various application for image enlargement and reconstruction.

Keywords : Error Estimation, Image Interpolation, Portable Device, Resolution Enhancement

I. 서 론

보간법은 신호처리 분야에서 2개 이상의 변수가 있는 경우에 그 사이의 임의의 값을 추정하는 기술을 의미한다. 영상 보간법은 영상 크기 변환에 있어서 할당 받지 못한 화소의 값을 추정하는 방법으로 정의된다^[1].

이런 영상 보간법은 다양한 영상처리 분야의 기반 기술로 사용되고 있다^[2]. 위성 및 항공 분야에서 영상 해상도 개선을 위해서 사용되며, 군사 시설 및 감시 카메라와 같은 보안 분야에서도 객체 인식과 분석을 위한 도구로 활용된다. 의학 분야에서도 고해상도 영상 개선을 위한 기반 기술로 사용되는 등 컴퓨터 비전의 전반에서 다양하게 사용되고 있다. 이 외에도 동영상 압축 코덱의 움직임 보상 방법, 디지털 TV의 주사선 제거 등의 목적으로도 사용되고 있으며, 더 좋은 성능을 위한 연구가 계속되고 있다.

영상 보간 분야에서 아직까지 해결되지 않은 문제는 결과 영상에서 발생하는 화질 열화다^[3]. 대표적인 화질

* 학생회원, ** 정회원, 부경대학교 컴퓨터공학과
(Department of Computer Engineering, PuKyong National University)

※ 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업, 중소기업청의 산학연공동기술개발지원사업(선도형)으로 수행된 연구 결과임.

접수일자: 2009년9월8일, 수정완료일: 2010년2월17일

열화 현상으로는 흐려짐 현상, 블록 현상, 번짐 현상 등이 있다. 이와 같은 화질 열화는 주파수 겹침 현상(alisaing)으로부터 발생하게 되는데, 이 과정에서의 손실 정보를 정확하게 추정할 수 있다면 보다 정확한 영상 보간이 가능해진다. 또 다른 문제점으로는 위에서 언급한 화질 열화를 줄이기 위한 연구들이 지나치게 높은 계산복잡도를 가진다는 점이다^[4]. 실시간 응용 환경에서 이용하기 위해서는 낮은 계산복잡도가 요구된다.

본 논문에서는 이런 문제점들을 해결하기 위한 영상 보간법을 제안한다. 제안하는 방법은 획득 저해상도 영상의 2단계 다운샘플-보간 과정을 통해서 에러를 계산하고, 계산된 에러를 보간하여 고해상도 영상에 적용하기 위한 손실 정보를 추정한다. 추정된 손실 정보에 적응적 가중치를 적용하여 최종적으로 보간된 고해상도 영상에 더해준다. 실험을 통해서 기존 방법들보다 PSNR에서 높은 향상이 있었음을 알 수 있었고, 상용 PDA에 제안한 방법을 구현하여 실시간으로 동작하는 것을 확인하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 영상 보간과 관련된 선행 연구들을 분석하였고, III장에서는 제안하는 영상 보간 방법을 기술하였다. IV장에서는 실험 결과 및 분석을 서술하고, V장에서 제안한 방법의 휴대 장치 구현에 관하여 설명하였다. 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

영상 보간법은 저해상도 영상의 고해상도 보간에 있어서 할당되지 않은 화소들의 값을 추정할 수 있다. 가로와 세로로 2배의 크기로 확대된 영상에서 원시 화소 1개에 대해서 4개의 대응되는 화소가 생성된다. 이때 원시 화소 1개의 값외에 나머지 3개의 화소들의 값은 보간된다. 따라서 보간되는 값의 정확성이 보간된 영상에서의 화질과 밀접하게 연관된다^[5].

기존에 다양한 분야에서 영상 보간에 관한 연구가 이루어졌다. 가장 기본적인 방법으로는 최근접 이웃 화소 보간법이 있다^[6]. 이 방법은 할당받지 못한 화소들의 값을 가장 가까운 이웃 화소의 값으로 대체하는 방식으로, 결과 영상의 블록현상이 심하게 발생한다. 양선형 보간법은 널리 사용되는 보간법으로 출력 영상의 화소 값을 주변의 네 화소들의 값에 가중치를 곱한 값들의 합으로 대체한다^[7]. 비교적 간단하지만 출력 영상의 흐

려짐 현상을 유발시킨다. 고차 보간법으로 3차 상승보간법과 B-spline 보간법이 있다^[8]. 이 방법들은 출력 영상의 할당되지 않은 화소들을 값을 주변의 16개 화소들의 삼차 상승 연산을 통해서 계산한다. 비교적 화질 개선의 정도는 좋지만 계산복잡도가 큰 단점이 있다.

위에서 언급한 비적응적 방법은 영상의 지역적 특성을 반영할 수 없기 때문에 이런 단점을 보완한 적응적 보간법들이 연구되었다^[9]. 적응적 선형보간법이나 적응적 3차회선보간법, 이동선형보간법 등이 대표적인 적응적 보간법이다.

또 다른 연구로는 윤곽선 영역에서의 흐려짐 현상을 해결하기 위한 비선형적인 방법으로 윤곽선의 방향성(EDI)을 이용하는 방법이 있다. 이 방법은 윤곽선 영역을 선명하게 만드는 효과가 있지만 다른 인공물도 같이 발생하는 단점이 있다. 현재까지도 개선된 EDI의 연구가 계속되고 있다^[10].

이 외에도 웨이블릿 변환 기반의 영상 보간법^[11]이나 영상의 곡률을 이용하는 방법^[12], 신경망을 이용하는 방법, 은닉 마코프 트리 모델 기반의 방법들이 있으며, 다수의 저해상도 영상을 이용하는 초해상도 기술도 연구되고 있다^[13].

이상과 같은 기존의 연구들이 있었지만 아직도 화질 열화 발생 또는 높은 계산복잡도의 문제점들을 완전하게 해결하지 못하고 있다. 본 논문에서는 기존의 문제점들을 해결하기 위한 영상 보간 방법을 제안한다.

III. 제안하는 영상 보간 방법

현재까지 연구된 영상 보간법은 보간 결과 영상에서 발생하는 화질 열화와 이를 해결하기 위한 방법들에서 나타나는 높은 계산복잡도가 문제점으로 지적된다. 본 논문에서는 이런 문제점들을 해결하기 위한 영상 보간 방법을 제안한다.

제안하는 방법은 영상에 직접 적용하는 보간 함수를 생성하는 것이 아니라 보간된 영상과 원본 영상의 차이를 추정하여 그 차이를 보정함으로써 더욱 정확한 영상 보간을 유도한다. 이 때 보간된 영상과 원본 영상의 차이를 손실 정보로 정의한다.

임의의 원본 영상과 이로부터 생성된 저해상도 영상을 확보하고 있다고 가정하면, 원본 영상과 저해상도 영상을 보간한 영상에서의 차영상을 계산할 수 있다. 일반적으로 고해상도 영상으로의 완전 복원은 거의 불

가능하기 때문에 두 영상의 차이는 항상 존재하게 된다. 만약 그 차이값을 정확하게 추정할 수 있다면 보간된 영상에 다시 더해줌으로써 더욱 정확한 영상 보간이 가능하다. 즉, 손실 정보를 완전히 계산하기는 힘들지만 추정을 통해서 그 값을 줄임으로써 원본 영상과의 차이가 가장 적은 영상을 생성하는 것이다. 따라서 본 논문에서는 새로운 보간 커널을 생성하는 것이 아닌 보간 후에 적용될 손실 정보를 추정하는 방법을 제안한다.

손실 정보 추정을 위해서 획득된 저해상도 영상(LR)의 다운샘플-보간 과정을 수행한다. 전체 2번의 다운샘플 플링을 통해서 1단계 다운샘플 영상(1LR)과 2단계 다운샘플 영상(2LR)으로부터 각각 에러를 계산한다. 2단계 에러는 1LR 영상과 보간된 2LR 영상의 차를 통해서 계산할 수 있다. 1단계 에러 추정 단계에서는 두 개의 결과를 계산하는데, 첫 번째 1단계 에러(E11)는 LR 영상과 보간된 1LR 영상의 차를 통해서 계산한다. 두 번째 1단계 에러(E12)는 LR 영상과 2단계 에러를 적용해서 보간한 1LR 영상의 차를 통해서 계산한다. 2단계 에러(E20)는 1단계 에러 계산을 위해서 사용되며, 실제 보간된 고해상도 영상에 적용하는 것은 1단계 두 개의 에러 영상이다. 위 과정을 거쳐서 계산된 1단계의 두 개의 에러는 보간된 LR 영상과 결합하여 최종적으로

복원된 고해상도 영상을 생성한다. 이 과정을 아래의 그림 1에서 나타내었다.

손실 정보가 보간된 영상에 적용되는 단계에서는 가중치 계수가 사용된다. 가중치 계수는 손실 정보가 적용되는 강도를 조절하여 보간 영상의 해상도를 높이면서도 잡음의 영향을 최소화하는 역할을 한다. 제안한 방법은 주파수 겹침 현상으로부터 발생한 고주파 대역의 신호들을 정확하게 추정하고자 하였지만, 손실 정보의 추정과정에서 저주파 대역의 신호들도 포함되게 된다. 따라서 일반적인 보간 방법으로도 비교적 정확하게 값을 추정할 수 있는 저주파 영역에 대한 손실 정보의 적용은 오히려 잡음으로 작용할 수 있다. 따라서 이런 역효과를 억제하기 위해서 가중치 계수가 사용된다. 영상에 따라서 최적 가중치 계수의 값은 다르지만 실험을 통해서 일반적으로 0.5에서 가장 좋은 결과를 얻었다. 이런 가중치 계수는 손실 정보의 추정 영상을 통해서 적응적으로 설정할 수 있다. 즉, 에러 영상에서 양수와 음수의 화소 개수를 각각 계산하여서 전체 화소 개수로 각각 나누어준다. 이렇게 계산된 양수와 화소비(R1)와 음수의 화소비(R2)가 가중치가 되며, 각각 양의 에러와 음의 에러에 곱해줌으로써 가중치를 적용시킬 수 있다. 이와 같은 적응적 가중치 설정을 통해서 입력 영상의 특성에 적응적인 영상 보간이 이루어진다.

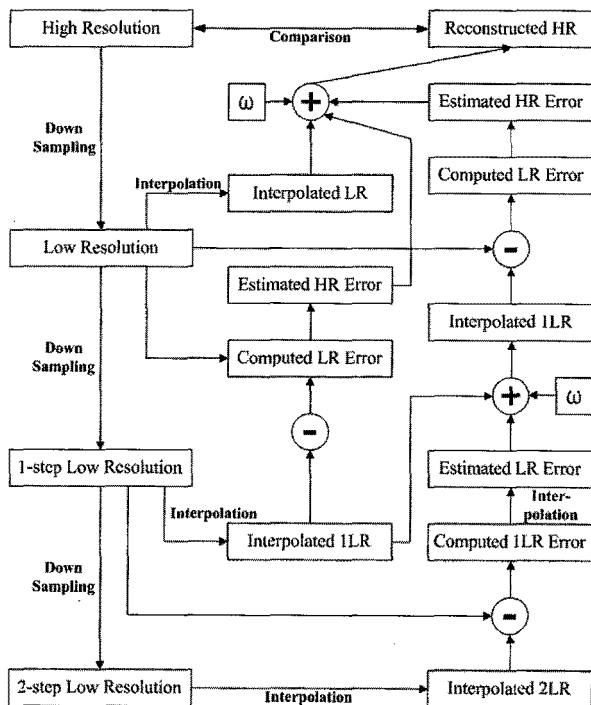


그림 1. 제안한 방법의 흐름도
Fig. 1. Flowchart of the proposed method.

IV. 실험 결과 및 분석

제안한 알고리즘을 평가하기 위해서 512x512 크기의 gray scale의 PGM 포맷의 정지 영상 8개를 실험 영상으로 사용하였다. 제안한 방법은 MATLAB 7.5를 통해서 구현하였고, 2.4Ghz의 CPU와 2GB의 RAM으로 구성된 PC에서 실험되었다. 그림 2에서 실험에 사용된 8개 영상을 나타내었다.



그림 2. 성능 평가에 사용된 실험 영상들
Fig. 2. Test Images for performance evaluation.

제안한 방법의 성능 평가는 일반적으로 객관적 화질 비교 측정치로 사용되는 PSNR(peak signal to noise ratio)를 사용하였다. 세 가지 실험을 통해서 제안한 알고리즘을 평가하였다. 실험 1에서는 제안한 방법과 기존 방법들의 PSNR을 비교하였고, 실험 2에서는 프로그램의 실행시간을 비교하였다. 실험 3에서는 손실 정보 적용 단계에 따른 PSNR을 비교하였다. 비교방법으로는 ICBI^[2] 방법과 RDI^[5] 방법을 사용하였고, 제안한 방법의 보간 커널은 MATLAB의 bilinear와 bicubic 보간 함수를 사용하였다. 다운샘플러는 bilinear 커널을 이용하였고, 512×512 영상을 원본 고해상도 영상으로 하여 획득 저해상도 영상은 256×256 크기로 생성하였다.

표 1에서는 실험 1의 결과인 객관적 화질 비교 결과를 나타내었다. 표에 나타난 결과와 같이 제안한 방법들이 비교 방법들보다 더 높은 PSNR을 나타내는 것을 알 수 있다. 평균 PSNR에서는 2dB 이상 개선되었으며, lena 영상에서 2.7dB의 가장 높은 PSNR 향상이 발생했다. 실험 1을 통해서 제안한 손실 정보 추정 및 적용 방법이 영상 보간에 있어서 기존의 방법들보다 더욱 정확한 방법임을 알 수 있다.

표 2에서는 실험 2의 결과인 프로그램 수행시간을 나타내었다. ICBI 방법의 경우에는 평균 4.4초, RDI 방법의 경우 1.5초인 반면 제안한 방법은 0.3~0.4초 미만의 시간이 소요되었다. 제안(BIL)을 기준으로 할 때, ICBI 방법은 16배, RDI 방법은 5.5배 더 많은 시간이 소요된다. 실험 2를 통해서 제안한 보간 방법의 계산복잡도가

표 1. 제안한 방법과 기존 방법들의 PSNR 비교(dB)
Table 1. PSNR comparison results(dB).

| image | bilinear | bicubic | ICBI | RDI | (BIL)제안(BIC) | gain | |
|------------|----------|---------|-------|-------|--------------|-------|------|
| baboon | 22.52 | 23.05 | 22.45 | 22.98 | 23.48 | 23.78 | 1.32 |
| beeflower | 32.22 | 32.95 | 31.66 | 32.90 | 33.35 | 33.58 | 1.91 |
| boat | 28.87 | 29.93 | 28.45 | 29.93 | 30.61 | 30.79 | 2.34 |
| butterfly | 29.17 | 30.09 | 28.70 | 30.07 | 30.58 | 30.88 | 2.17 |
| france | 19.52 | 20.05 | 19.54 | 20.01 | 20.50 | 20.74 | 1.22 |
| lena | 31.41 | 32.68 | 31.03 | 32.73 | 33.40 | 33.74 | 2.71 |
| peppers | 30.34 | 31.19 | 29.70 | 31.25 | 31.61 | 31.58 | 1.88 |
| stagecoach | 26.54 | 27.61 | 26.13 | 27.61 | 28.37 | 28.65 | 2.52 |
| average | 27.57 | 28.44 | 27.21 | 28.43 | 28.99 | 29.22 | 2.01 |

표 2. 제안한 방법과 기존 방법들의 수행시간 비교 (초)

Table 2. Runtime comparison results(S).

| image | ICBI | RDI | 제안(BIL) | 제안(BIC) |
|---------|-------|------|---------|---------|
| average | 4.44 | 1.52 | 0.28 | 0.39 |
| ratio | 16.00 | 5.48 | 1.00 | 1.39 |

표 3. 손실 정보 적용 단계에 따른 PSNR 비교(dB)
Table 3. PSNR comparison results(dB).

| PSNR | 1-step | 2-step(L) | 2-step(R) | 2-step |
|------------|--------|-----------|-----------|--------|
| baboon | 23.37 | 23.18 | 23.19 | 23.48 |
| beeflower | 32.73 | 33.05 | 33.14 | 33.35 |
| boat | 29.93 | 30.31 | 30.42 | 30.61 |
| butterfly | 29.91 | 30.34 | 30.42 | 30.58 |
| france | 20.39 | 20.21 | 20.21 | 20.50 |
| lena | 32.38 | 32.97 | 33.16 | 33.40 |
| peppers | 30.73 | 31.43 | 31.59 | 31.61 |
| stagecoach | 27.77 | 27.97 | 28.04 | 28.37 |
| average | 28.40 | 28.68 | 28.77 | 28.99 |

매우 낮은 것을 알 수 있으며, 이것은 실시간 응용 환경에서도 적용될 수 있음을 의미한다.

표 3에서는 실험 3의 결과인 손실 정보 적용 단계에 따른 PSNR을 비교하여 나타내었다. 1-step은 1단계 손실 정보 적용, 2-step은 2단계 손실 정보 적용을 각각 나타내며, 2단계 손실 정보 적용 과정에서 총 2개의 손실 정보 중에서 각각 하나씩만 적용한 결과를 L과 R로 구분하여 나타내었다. 표의 결과에서 알 수 있듯이 손실 정보 적용 단계가 높아질수록 더욱 높은 PSNR이 나타나는 것을 알 수 있다. 즉, 추정되어 적용되는 손실 정보의 양이 증가할수록 더욱 정확한 영상 보간이 가능하다는 것을 의미한다.

이상의 실험들을 통해서 제안한 영상 보간 방법이 기존의 방법들보다 계산복잡도가 낮으면서도 더욱 정확한 영상 보간을 수행하는 것을 검증할 수 있었다. 또한 손실 정보 적용량이 증가함에 따라서 더욱 정확한 영상 보간이 되는 것을 알 수 있었다.

V. 제안한 방법의 PDA에서의 구현

제안한 방법은 기존의 방법들보다 정확한 보간 결과를 나타내면서도 실시간 처리가 가능하도록 만들어졌다. 이를 검증하기 위해서 비교적 하드웨어 성능이 낮은 상용 PDA에서 제안한 방법을 구현하였다.

구현에 사용된 PDA는 S사의 SCH-M480 모델로써, 624MHz로 동작하는 Marvell PXA310 프로세서와 256MB의 ROM과 128MB의 RAM을 내장메모리로 가지고 있다. 운영체제는 Windows CE 5.2.19965 커널을 사용하는 Windows Mobile 6.1을 사용한다. Visual Studio 2008 Service Pack 1 환경에서 C++를 이용해서 구현하였다.

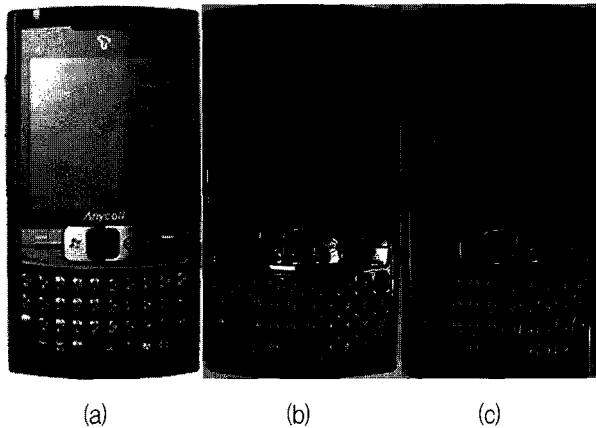


그림 3. PDA에 구현된 결과(a: 구현에 사용된 PDA모델, b: 프로그램구동결과, c: 영상보간결과)

Fig. 3. Implemented results on PDA(a: PDA image, b: program start, c: image interpolation result)

앞서 IV장의 실험 결과에서 알 수 있듯이 제안한 방법은 비교 방법들보다 계산복잡도가 낮으면서도 더 높은 PSNR을 나타낸다. 특히 ICBI 방법은 여러 차례의 반복 수행을 거치기 때문에 PC 환경에서도 평균 4.4초의 시간이 소요되며, RDI 방법 역시 1.5초 이상의 시간이 소요된다. 따라서 이런 방법들은 PC보다 하드웨어 성능이 제한적인 PDA 장치에서는 더욱 오랜 시간이 소요될 수 있다. 따라서 실시간 동작을 요구하는 PDA에서 사용하기에는 적절하지 않다. 반면 제안하는 방법은 0.3초 내외의 시간이 걸리기 때문에 PDA에서 실시간으로 동작할 수 있다.

그림 3에서 실험에 사용된 PDA와 프로그램 구동 결과 및 영상 보간 결과를 각각 나타내고 있다. 구현 결과 실시간 영상 보간을 수행하는 것을 확인할 수 있었고, 수행 과정에서는 어떠한 지연 현상도 발생하지 않았다. 구현을 통해서 제안한 방법이 계산복잡도가 낮으며, 하드웨어 성능이 제한적인 PDA와 같은 장치에서도 실시간으로 동작함을 확인할 수 있었다.

VI. 결 론

확대 영상의 해상도 향상을 위해서 사용되는 영상 보간 기술에서는 보간 결과 영상에서 발생하는 화질 열화를 제거하는 것과 계산복잡도를 최소화하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 손실 정보 추정을 이용한 영상 보간법을 제안하고 제안한 방법을 PDA에서 구현하였다. 제안한 방법에서는 획득 저해상도 영상의 다운샘플링-

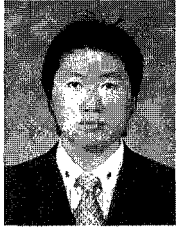
보간 과정, 손실 정보 추정 과정, 가중치 적용 과정 등을 통해서 보간된 영상에 손실된 정보들을 더해줌으로써 보다 정확한 영상 보간을 수행한다. 실험을 통해서 주관적 및 객관적 화질 개선의 결과와 뚜렷함을 알 수 있었고, 상용 PDA에서 구현하여 실시간 동작하는 것을 확인하였다. 이와 같이 제안한 방법은 영상 처리를 위한 다양한 응용 분야에서 유용하게 사용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] K. S. Ni and T. Q. Nguyen, "An Adaptable k-Nearest Neighbors Algorithm for MMSE Image Interpolation," *IEEE Trans. Image Process.*, Vol. 18, Issue 9, pp. 1976-1987, Sep. 2009.
- [2] L. Zhang and X. Wu, "Image Interpolation via Directional Filtering and Data Fusion," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 15, No. 8, pp. 2226-2238, Aug. 2006.
- [3] J. W. Hwang and H. S. Lee, "Adaptive Image Interpolation Based on Local Gradient Features," *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 11, No. 3, pp. 359-362, Mar. 2004.
- [4] S. H. Hong, R. H. Park, S. J. Yang, and J. Y. Kim, "Image Interpolation Using Interpolative Classified Vector Quantization," *Image Vis. Comput.*, Vol. 26, No. 2, pp. 228-239, Feb. 2008.
- [5] O. Salvado, C. Hillenbrand, and D. Wilson, "Partial Volume Reduction by Interpolation with Reverse Diffusion," *International Journal of Biomedical Imaging*, Vol. 2006, pp. 1-13, 2006.
- [6] Y. Bai and H. Zhuang, "On the Comparison of Bilinear, Cubic Spline, and Fuzzy Interpolation Techniques for Robotic Position Measurements," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 54, Issue 6, pp. 2281-2288, 2005.
- [7] H. Yoo, "Closed-form Least-squares Technique for Adaptive Linear Image Interpolation," *Electronics Letters*, Vol. 43, Issue 4, pp. 210-212, Feb. 2007.
- [8] W. Yu, "Colour Demosaicking Method Using Adaptive Cubic Convolution Interpolation with Sequential Averaging," *IEE Proc.-Vis. Image Signal Process.*, Vol. 153, No. 5, Oct. 2006.
- [9] S. G. Chang, Z. Cvetkovic, and M. Vetterli, "Locally Adaptive Wavelet-based Image Interpolation," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 15, Issue 6, pp. 1471-1485, Jun. 2006.
- [10] N. Asuni, "INEDI -- Tecnica Adattativa Per l'interpolazione di Immagini." *Master's thesis, Università degli Studi di Cagliari*, 2007.

- [11] A. Temizel and T. Vlachos, "Wavelet domain image resolution enhancement," *IEE Proceedings Vision, Image and Signal Processing*, Vol. 153, Issue 1, pp. 25-30, Feb. 2006.
- [12] A. Giachetti and N. Asuni, "Fast Artifacts-free Image Interpolation," *In Proc. of the British Machine Vision Conf.*, pp. 123-132, 2008.
- [13] S. C. Park, M. K. Park, and M. G. Kang, "Super-Resolution Image Reconstruction: A Technical Overview," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 20, Issue 3, pp. 21-36, May, 2003.

 저 자 소 개



김 원 희(학생회원)
 2007년 부경대학교 전자컴퓨터
 정보통신공학부
 학사 졸업.
 2009년 부경대학교 컴퓨터공학과
 대학원 석사 졸업.
 2009년 현재 부경대학교 컴퓨터
 공학과 대학원 박사과정
 재학 중.

<주관심분야 : 영상개선, 디지털영상처리 등>



김 종 남(정회원)
 1995년 금오공과대학교
 전자공학과 학사 졸업.
 1997년 광주과학기술원 정보통신
 공학과 석사 졸업.
 2001년 광주과학기술원
 기전공학과 박사 졸업.

2001년~2004년 KBS 기술연구소 선임연구원
 2003년~현재 (주)홈캐스트 사외이사
 2004년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신
 공학부 부교수

<주관심분야 : 영상신호처리, 멀티미디어보안>