

논문 2012-49-12-15

# CCTV 영상에서 참조 영상을 이용한 자동차 번호판 인식을 제고

(Improvement of Recognition of License Plate Numbers in CCTV  
Images Using Reference Images)

김 동 민,\* 장 상 식\*, 윤 인 혜\*, 백 준 기\*\*

(Dongmin Kim, Sangsik Jang, Inhye Yoon, and Joonki Paik)

## 요 약

본 논문에서는 저해상도, 저조도, 기하학적 왜곡 등과 같은 열화 요인에 의해서 식별이 불가능한 차량 번호판 분석 방법을 제안한다. 기존 차량 번호판 인식기술은 열화 요인을 제거하는 전처리 과정에서 영상을 식별 가능한 상태로 개선하지 못하는 경우 번호판의 인식이 불가능하였다. 제안된 방법은 전처리 과정에서 번호판 영상이 식별 가능한 상태로 개선되지 못하더라도, 미리 저장된 참조 번호 영상을 입력 영상과 동일하게 왜곡시킨 후, 통계적 방법으로 유사도를 추정하여 번호 인식을 가능하게 한다. 제안된 기술은 불완전한 조명 환경, 육안으로 식별이 불가능할 정도의 저해상도 영상에서도 용의 차량의 번호 인식을 가능하게 한다. 제안된 기술은 실제 범죄 용의 차량의 번호판을 인식하여 실제 검거에 사용이 되었고, 다양한 환경에서 실험을 통하여 범죄 증거를 입증하는데 사용할 수 있음을 확인하였다.

## Abstract

This paper proposes a method of analyzing unrecognizable numbers of license plate images, which are degraded by various factors such as low resolution, low light level, geometric distortion, and periodic noise, to name a few. With existing vehicle license plate recognition methods, it is difficult to recognize license plate if images are not recognizable in the pre-process of removing degradation factors. Although images of license plate have not been improved to be recognizable in the pre-process, the proposed method makes it possible to recognize numbers of license by distorting pre-saved reference images of license plate numbers same as sample plates, and by assuming likelihood ratio using statistical methods. The proposed method also makes it possible to identify suspect vehicle license plate under unstable light conditions and with low resolution images that are unrecognizable by the naked eye. This method has been used in real criminal investigation to recognize numbers of license plate of criminal vehicle, and has proved to be useful as criminal evidence through experiments under various conditions.

**Keywords** : 영상개선, 참조영상, 번호판인식, 상관도

## I. 서 론

\* 학생회원, \*\* 평생회원, 중앙대학교 첨단영상대학원  
(Dept. of Image Engineering, Graduate School of  
Advanced Image Science, Multimedia, and Film,  
Chung-Ang University)

※ 본 연구는 대검찰청 디지털포렌식센터의 연구사업  
지원으로 수행하였습니다.

접수일자: 2012년6월29일, 수정완료일: 2012년11월26일

최근 감시용 카메라를 사용한 영상 보안 시스템이 급증하고, 이에 따라 녹화된 영상으로부터 의미 있는 정보를 추출하여 범죄 증거를 입증하는 사례가 늘고 있다. 하지만 대부분의 감시용 카메라의 경우 40만~60만

화소급의 저해상도 영상이 대부분이고 CCTV 설치 위치와 주변 환경 등의 영향으로 영상 내의 객체정보 또는 색상정보의 손실로 정확한 정보를 추정하기에는 현실적으로 많은 어려움이 있다<sup>[1]</sup>. 특히 범죄와 관련된 차량의 분석에 절대적으로 필요한 번호판 영상은 저해상도, 저조도, 및 기하학적 왜곡 등에 의해서 판독이 불가능한 경우가 대부분이다.

이와 같은 문제로 번호판 인식과 관련한 연구는 현재에도 활발하게 진행되고 있다. Shen-Zheng은 gradient feature를 이용하여 번호판 영역을 검출했고<sup>[3]</sup>, Hongliang는 영상의 Edge Statistics과 Morphology를 이용한 번호판 영역 검출 알고리즘을 제안했다<sup>[4]</sup>. Luo는 Sobel operator와 HSV를 이용한 알고리즘을 제안하였고<sup>[5]</sup>, Ahmadyfard는 texture와 color information를 이용한 알고리즘을 제안하였으며<sup>[6]</sup>, Chang은 color edge and fuzzy sets을 이용한 차량 번호판 인식을 제안하였다<sup>[7]</sup>. 하지만 기존 연구들은 입력 영상의 해상도가 충분히 높고, 조명 환경이 정상적인 경우에는 우수한 성능을 제공하지만, 입력 영상의 다양한 왜곡이 존재할 때는 인식이 크게 저하되고, 왜곡의 정도가 어느 이상이 되면 인식 자체가 불가능하게 된다<sup>[2]</sup>. 따라서 본 논문에서 제안하는 방법은 기하학적인 변형이나 주기성을 갖는 잡음 등의 제거를 위하여 기존의 기하학적인 역변형과 notch filter등을 사용해서 제거한다. 하지만 저해상도 왜곡과 같이 제거 할 수 없는 열화를 갖는 입력 영상은 더 이상 개선할 수가 없기 때문에, 참조영상에 동일한 왜곡을 가한 후 입력 영상과의 유사도를 계산하여 자동차 번호 인식을 수행한다. 입력 영상과 고의로 열화 시킨 참조 영상은 모두 육안으로는 식별이 불가능하지만, 각기 내재된 번호의 정보간 유사성을 수치화시켜서 비교하기 때문에 인식이 가능하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본론에서는 전처리를 위한 영상개선을 제안하고, 인식 불가능한 영상에서 번호 판별 방법에 대해 설명한다. 그리고 실험을 통해 제

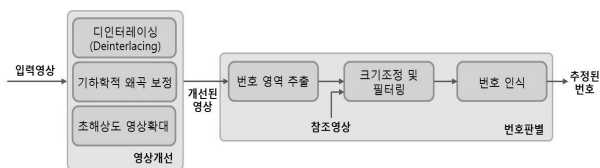


그림 1. 제안하는 알고리즘 개요  
Fig. 1. Overview of proposed algorithm.

안하는 알고리즘의 성능을 보이고, 마지막으로 결론을 맺는다. 제안하는 알고리즘의 흐름도는 그림 1과 같다.

## II. 본 론

### 1. 전처리를 위한 영상 개선

#### 가. 디인터레이싱(Deinterlacing)

기존 아날로그 방식의 CCTV는 매 프레임을 홀수 행과 짝수 행으로 나누어 번갈아 가며 표시하는 비월주사 방식을 사용한다<sup>[8]</sup>. 동영상을 표시할 때 인간의 시각시스템의 특징 중 하나인 잔상효과를 이용한 것으로서 텔레비전과 같은 영상기기에 신호를 전송할 때 대역폭을 절약할 수 있는 장점 때문에 널리 사용되었다. 하지만 동영상 내에서 한 프레임을 추출하면 홀수와 짝수 줄 사이에 영상이 어긋나는 왜곡을 피할 수 없게 되고, 그 사례가 그림 2(a)에 보인다.

비월주사 왜곡을 보정하기 위한 여러 가지 de-interlacing 방식들이 개발되었다. 대표적으로 블렌딩(Blending) 방식, 선택적 블렌딩 방식, 하프사이즈(Half-sizing) 방식, 라인 더블링(Line doubling) 방식, 움직임 예측 방식 등이 있으나 본 논문에서는 라인 더블링을 사용하기로 한다. 이 방식은 영상 보간 방법을 통해 수직 해상도를 두 배 늘이는 방식이며, 정지된 영역의 해상도를 저하시키는 보빙(bobbing)현상을 일으킨다는 단점이 있지만 여러가지 순차주사화 방식 중 코딩 현상 및 유령 현상을 방지하여 자동차와 같이 움직이는 물체가 있는 영상에 적합하고 계산량과 결과가 안정적이기 때문에 사용하였다. 그림 2(b)는 라인 더블링 방식을 사용하여 순차주사화된 결과를 보이는데, 자동차에



(a) 비월주사 방식 CCTV 원본 영상  
(b) 라인 더블링 방식으로 순차주사화 된 결과 영상

그림 2. 비월 주사 방식과 라인 더블링 순차주사화  
Fig. 2. Interlaced and progressively scanned images.

서 나타났던 코밍 현상이 완전히 제거된 것을 관찰할 수 있다.

나. 기하학적 왜곡 보정

(Compensation of Geometric Distortion)

일반적으로 CCTV는 보행자나 차량의 통행을 방해하지 않기 위해서 높은 장소에 설치되어 상황을 감시하거나 녹화를 수행한다. 이렇게 획득되는 번호판 대부분은 본래의 모습인 직사각형이 아닌 일그러진 사각형(tetragon) 형태를 하고 있다. 특정 번호가 기울어지거나 기하학적 왜곡을 가지면 연결 상태나 기울기 등과 같은 특성이 변형된다. 이러한 변형된 번호는 정확한 추정과 인식이 불가능하기 때문에, 기하학적 왜곡 제거 과정이 필요하다. 기하학적 영상 왜곡 보정에 관한 기존 연구는 크게 왜곡을 다항식으로 모델링하고 파라미터를 추정하여 보정하는 방법과 영상을 다수의 영역으로 분할하고 영역별로 보정하는 방법으로 구분할 수 있다. 다항식을 이용한 왜곡 보정 방법은 영상의 왜곡을 특수한 형태의 다항식으로 모델링하고 각 렌즈에 해당하는 파라미터를 추정함으로써 왜곡을 보정하는 방법이다. 이 방법은 렌즈 표면의 굴절에 의해 발생하는 Radial 왜곡이나 Pincushion 왜곡 등을 쉽게 보정할 수 있는 장점이 있지만 복잡적으로 왜곡된 영상에는 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 왜곡 영상을 다수의 영역으로 분할하여 보정하는 방법은 각각의 영역별로 보정 함수를 생성하여 보정하는 방법이다. 이 방법은 복잡한 형태의 왜곡 영상도 보정할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 영역의 수가 증가함에 따라 요구되는 저장 공간이 커지고 왜곡 보정에 소요되는 시간이 증가하는 단점이 있다. 이렇듯 기존의 기하학적 왜곡 보정 알고리즘은 추가적인 요소들을 필요로 하여 그에 따르는 연산량이 증가하고 추가적인 요소들을 추정하는데 어려움이 따른다. 하지만 본 논문에서 사용하는 직접 선형 변환 알고리즘은 연산량이 많지 않을뿐더러 추가적인 요소들의 제약이 없기 때문에 번호판과 같이 특정 영역을 추출하거나 단순한 형태의 왜곡 영상에 적용하기 적합하다.

정상적인 사각형 번호판 영상과 그의 왜곡된 버전이 그림 3에 보인다.

기하학적 왜곡을 제거하기 위해 직접 선형 변환 알고리즘(direct linear transform, DLT)을 이용한다<sup>[13]</sup>. 직접선형변환 알고리즘은 homogeneous coordinate에

서 임의의 점들을 이용하여 영상 전체의 기하학적 변형을 수행한다. 보다 구체적으로는 입력 영상에서  $i$ 번째 좌표  $X_i = (x_i, y_i)$ 를 투영 변환 행렬  $H$ 를 사용하여 다음 식과 같이 새로운 출력 좌표  $X'_i = (x'_i, y'_i)$ 로 이동시킨다.

$$X'_i = HX_i \tag{1}$$

그림 4(a)에서 보인 기하학적 왜곡을 갖는 입력 영상에서 그림 4(b)와 같이 사각형의 네 변을 추정하여 식 (1)의  $X_i = (x_i, y_i)$ 에 해당하는 네 개의 꼭지점을 검출한다. 그 다음 그림 4(c)와 같이 원하는 직사각형을 그



그림 3. 정상적인 번호판 영상과 기하학적 왜곡이 발생한 영상

Fig. 3. A rectangular-shape license plate image and its geometrically distorted version.

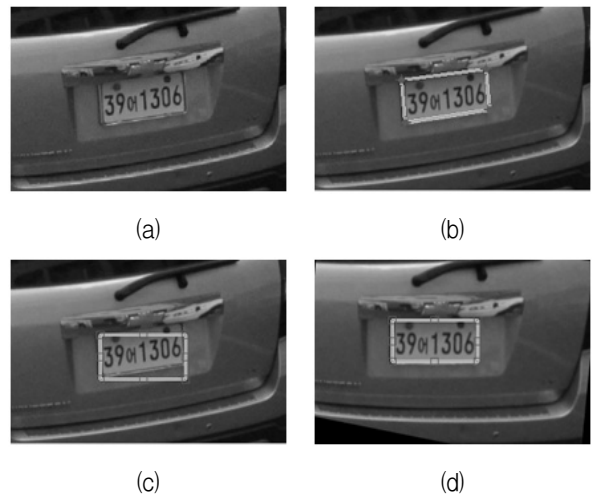


그림 4. 번호판 영상의 기하학적 왜곡 제거 과정; (a) 입력 영상, (b) 번호판의 네 변을 검출하여 추정된 네 개의 꼭지점들, (c) 복원하고자 하는 직사각형을 설정하여 추출된 새로운 네 개의 꼭지점들 설정, (d) DLT를 이용해서 기하학적 왜곡이 제거된 결과

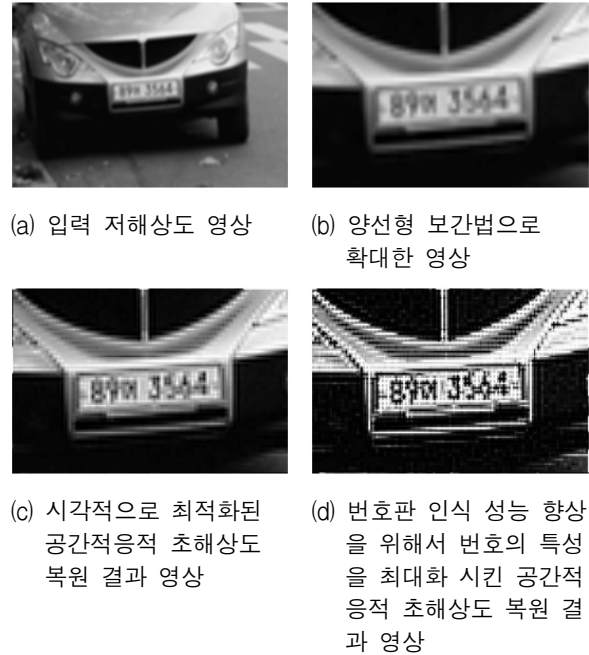
Fig. 4. The compensation process for geometric distortion.

려서 식 (1)의  $X'_i = (x'_i, y'_i)$ 에 해당하는 새로운 네 꼭지점들을 검출한다. 이상과 같이 검출한 두 세트의 꼭지점들을 사용해서 투영 변환 행렬  $H$ 를 추정하고, 추정된  $H$ 를 사용해서 식 (1)의 변환을 수행한 결과가 그림 4(d)에 보인다.

다. 초해상도 영상확대(Super-resolution)

한 대의 CCTV가 넓은 영역을 감시하기 위해서는 특정 영역의 해상도가 상대적으로 낮아질 수 밖에 없다. 특히 멀리서 이동하는 차량의 번호판 영역을 고해상도로 획득하는 것은 현실적으로 불가능하다<sup>[10]</sup>. 현재 사용하는 대부분의 D1급 (640x480) 카메라를 Full HD급 (1920x1080)으로 업그레이드 하더라도, 카메라 설치 환경에 따른 근본적인 해상도 문제를 해결하기는 어렵다. 이러한 해상도 문제를 해결하기 위해서는 영상 확대가 필요한데, 일반적인 영상 확대 기술로는 영상 보간법과 초해상도 복원이 있다<sup>[11]</sup>. 영상 보간법은 가지고 있는 고해상도로 확대한 영상의 빈 자리를 인접 화소들의 정보를 사용하여 채우는 방법이기 때문에, 영상의 크기를 증가시키는 것은 가능하지만, 이미 손실된 정보를 복구하는 것은 근본적으로 불가능하다. 초해상도 복원은 입력된 저해상도 영상을 원하는 고해상도 영상의 왜곡된 버전으로 간주하고, 영상이 갖는 선형적 정보를 활용하여 저해상도 왜곡을 최적으로 제거하여 고해상도 영상을 추정하는 방법이다. 초해상도 복원 방법은 크게 단일 프레임기반과 멀티프레임 기반으로 나눌 수 있고, 단일 프레임 기반 방법에는 예제 기반 초해상도(Example-Based Super-Resolution)와 공간적응적 초해상도 복원 등이 있다<sup>[12]</sup>.

본 연구에 사용되는 CCTV에서 획득한 동영상은 프레임 간 시간차가 커서 인접 프레임 간 유사성이 높지 않기 때문에 멀티프레임 초해상도 영상복원 방법의 사용이 어렵다. 따라서 단일 프레임 기반 공간적응적 초해상도 영상확대 방법을 이용한다. 공간적응적 초해상도 영상확대 방법은 일반적인 영상보간 기법을 적용한 후 저해상도 왜곡 과정의 역필터링을 공간 적응적 정칙화 반복 방식으로 수행하여 영상의 고주파 성분을 복원한다. 이 때 정칙화 매개변수의 결정에 따라 결과 영상에 차이가 발생하게 되는데, 본 연구에서는 시각적인 만족도를 향상시키기 보다는 번호판 숫자의 특성을 극대화 시켜서 이후로 사용될 번호판 인식 성능을 향상시



(a) 입력 저해상도 영상 (b) 양선형 보간법으로 확대한 영상  
(c) 시각적으로 최적화된 공간적응적 초해상도 복원 결과 영상 (d) 번호판 인식 성능 향상을 위해서 번호의 특성을 최대화 시킨 공간적응적 초해상도 복원 결과 영상

그림 5. 초해상도 영상 복원  
Fig. 5. Super-resolution.

키는데 주력하였다. 그림 5(a)는 입력 저해상도 영상이고, 그림 5(b)는 양선형 보간법으로 확대한 영상이다. 양선형 보간법을 사용한 이유는 최근접 이웃 보간법과 같은 방식에서 나타나는 문제점인 저해상도 영상에서의 계단현상이 개선되며, 연산량이 적어 처리속도가 신속하다는 장점 때문에 선택하게 되었다.

그림 5(c)는 시각적으로 최적화된 공간적응적 초해상도 복원 결과 영상이고, 그림 5(d)는 번호판 인식 성능을 향상시키기 위해서 숫자의 특성이 강조되도록 정칙화 매개변수를 조정하여 얻은 초해상도 복원 결과 영상이다.

2. 인식 불가능한 영상에서 번호 판별

가. 번호 영역 추출(Detection of number subregions in a license plate image)

저해상도로 촬영된 구형 번호판 영상이 그림 6에 보인다.

본 연구의 최종 목표는 번호판 영상 내의 각 숫자들을 인식하는 것이기 때문에, 각 숫자가 포함된 소영역을 검출하는 과정이 추가로 필요하다. 소영역을 검출하기 위해서는 가로와 세로 방향으로 밝기값을 투영한 누적 분포가 존재하는 영역을 자동으로 분석하는 방법과



그림 6. 획득한 구형 번호 영상  
Fig. 6. A preprocessed license plate region.

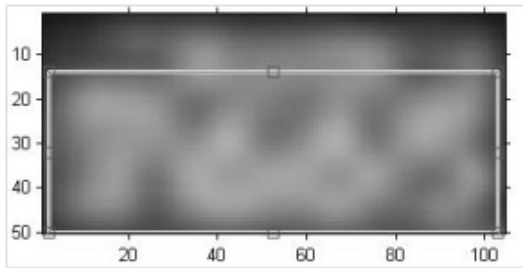


그림 7. 한국 구형 번호판의 영역별 정의  
Fig. 7. A sample of South Korea old-style license plate. Four-digital numbers in the rectangular region identify the vehicle.



그림 8. 고유 식별번호를 포함하는 네 개의 소영역  
Fig. 8. Four sub-regions including the corresponding identification numbers.

사용자가 interactive하게 설정하는 방법이 있다. 또한 소영역을 검출하기 위해서 adjust 함수와 crop 함수를 사용하였다.

그림 7에서 고유 식별번호를 포함하는 네 개의 소영역을 검출한 결과가 그림 8에 보인다. 소영역을 검출하기 위해서는 가로와 세로 방향으로 밝기값을 투영한 누적 분포가 존재하는 영역을 추출하여 분석한다.

검출된 소영역의 번호를 인식하기 위해서는 참조 영상과의 비교가 필요한데, 그림 9는 고해상도 DSLR로 구형번호판을 촬영해서 제작된 참조영상의 10개의 소영역을 보인다.

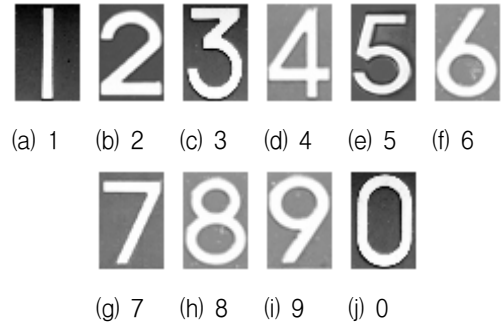


그림 9. 비교를 위한 참조 영상의 10개의 소영역  
Fig. 9. Sub-region including unique identification number.

#### 나. 추출된 번호 영역의 크기 조정 및 필터링

##### (Resizing and filtering number subregions)

CCTV로 획득한 입력 영상과 DSLR로 미리 촬영된 참조 영상은 해상도의 차이가 너무 크기 때문에, 전처리 과정에서 사용된 초해상도 영상복원 기술로도 입력 영상을 참조 영상과 같은 해상도로 복원하기는 어렵다. 따라서 참조영상을 저해상도 입력 영상과 같은 크기로 축소했다가 다시 초해상도 영상복원을 통해 확대한다. 이렇게 하면 눈으로 보기에는 많은 정보가 손실되지만, 참조 영상과 입력 영상이 각기 가지고 있는 번호들의 특성성이 유지되기 때문에 차후 유사도를 사용한 번호의 인식이 가능하게 된다.

저조도에서 촬영된 CCTV 영상은 여러 가지 잡음을 포함한다. 특히 번호 인식 성능에 큰 영향을 주는 주기적 잡음은 CCTV 센서와 획득된 영상을 전송하는 과정

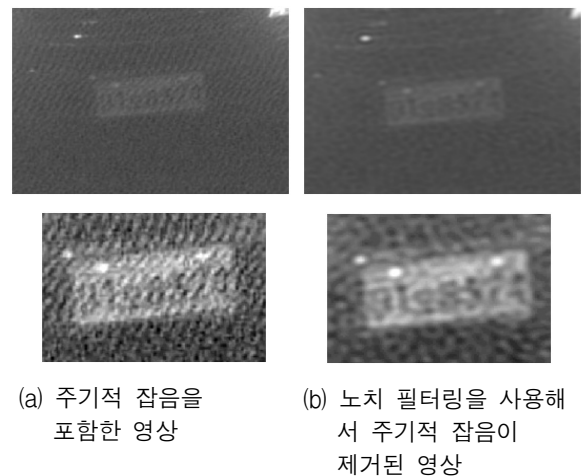
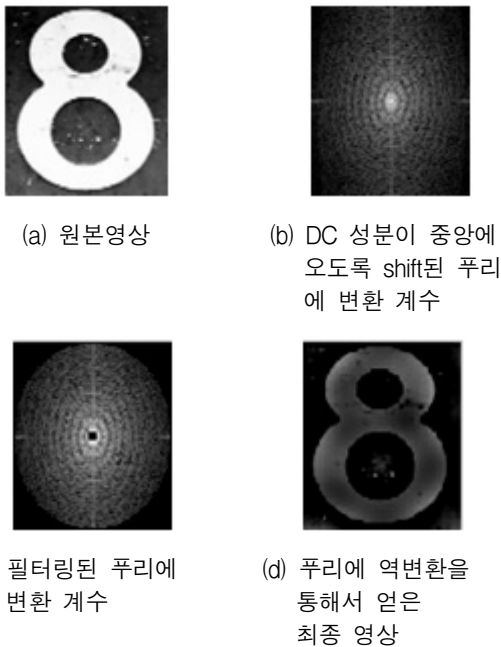


그림 10. 노치 필터링을 이용한 주기적 잡음 제거  
Fig. 10. Periodic noise removal using notch filter.



그림 11. 공간주파수 영역에서 제안된 Bandpass filter의 특성

Fig. 11. 2D frequency response of the proposed bandpass filter.



(a) 원본영상

(b) DC 성분이 중앙에 오도록 shift된 푸리에 변환 계수

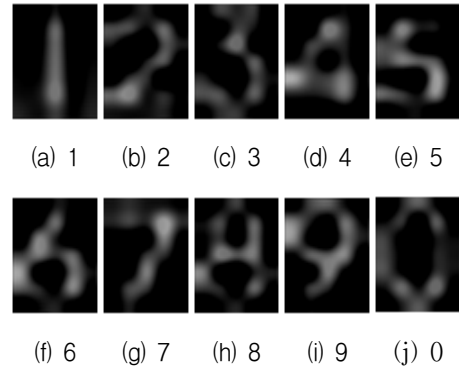
(c) 필터링된 푸리에 변환 계수

(d) 푸리에 역변환을 통해서 얻은 최종 영상

그림 12. 제안된 도넛 형태의 필터를 사용한 결과  
Fig. 12. Result of using proposed donut-shape filter.

에서 전기 혹은 전자의 간섭으로 발생한다. 이를 제거하기 위해서는 노치 필터링이 효과적인 것으로 알려져 있다<sup>[14]</sup>. 그림 10에 노치 필터링을 사용한 잡음 제거 사례가 보인다. 노치 필터링이 주기적인 잡음을 제거하는데 효율적이지만 영상의 특정 주파수를 제거 하는 과정에서 원하지 않는 왜곡이 발생할 수 있다. 따라서 동일한 필터를 참조영상에도 적용하여 유사도를 비교할 때 오인식을 최소화시킨다.

참조 영상과 입력 영상, 그리고 서로 다른 환경에서 촬영된 입력 영상들은 평균 조명이 서로 다르기 때문에, 밝기값을 사용한 비교는 실제 유사도 분석에 의미가 없다. 이를 해결하기 위해서 DC 성분과 고주파 성분



(a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4 (e) 5



(f) 6 (g) 7 (h) 8 (i) 9 (j) 0

그림 13. 그림 12와 동일한 필터링이 적용된 참조영상의 소영역들

Fig. 13. Ten reference images processed by resizing and filtering.

을 제거하는 그림 11 모양의 Bandpass filtering을 수행한다.

그림 11에서 중앙에 있는 DC 성분을 제거한 이유는 서로 다른 조명에서 촬영된 영상들에서 평균 밝기값을 제거하여 유사도를 비교할 때 숫자 고유의 특성만을 사용하기 위한 것이다. 획득되는 영상의 크기가 각기 다르고, 가로와 세로의 길이가 서로 다른 직사각형 형태를 갖기 때문에 공간주파수 영역에서 푸리에 변환 계수의 중심으로부터 각 모서리까지의 거리를 계산하여 타원형 필터를 설계했다.

제안된 필터링 과정과 결과가 그림 12에 보인다. 입력 영상의 소영역을 푸리에변환하고, 그 결과에 따른 푸리에변환 계수와 그림 11에 보인 bandpass filter를 곱하여 주파수 영역에서 Filtering을 수행한 후, Inverse Fourier Transform을 수행하여 필터링 된 영상을 얻는다. 참조 영상의 소영역들도 같은 과정을 수행한 결과가 그림 13에 보인다.

다. 번호 인식

CCTV에서 얻어진 영상에서 자동차 번호판 영역을 추출할 경우, 저화질 소영역으로써 다양한 열화요인으로 인하여 육안으로 식별하기 어렵다. 이를 이용하여 소영역에 포함된 숫자의 인식을 위해 이진화와 Morphology로 생성된 템플릿을 이용한 인식, PCA를 이용한 인식, projection을 통한 인식 방법 등을 검토하였다. 하지만 영상에 열화가 존재하는 경우 원래의 숫자와는 다른 정보가 존재하게 되어 오인식되는 경우가 많이 발생하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본

논문에서는 참조영상을 열화된 번호판 영상과 유사하게 열화를 시켜 참조영상을 생성한다. 다음으로 입력된 저화질 입력 영상과 동일한 필터링이 적용된 참조 영상의 Cross-Correlation을 계산하면, 기존 다양한 알고리즘보다 상관관계가 높은 숫자가 검출되는 가능성이 높아진다. 결과적으로 두 영상의 Cross-Correlation은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{fg} = \frac{\sum \sum (f - \bar{f})(g - \bar{g})}{\sqrt{\sum \sum (f - \bar{f})^2 (g - \bar{g})^2}} \quad (2)$$

여기에서  $f$ 는 데이터베이스에 저장된 참조 번호 영상,  $g$ 는 획득한 번호 영상, 그리고  $C_{fg}$ 는  $f$ 와  $g$ 의 상관관계수이다. 실험영상과 참조영상을 상하 좌우로 움직여 가장 상관관계수가 높은 번호를 판정하기 때문에 조명 및 소영역 검출 위치 변화에 무관하게 정확한 인식이 가능하다. 이러한 과정을 거친 후 획득한 번호 영상과 참조 영상의 상관도를 계산하여 상관관계가 높은 데이터베이스를 일치하는 수로 판정한다.

### III. 실험 결과

이 절에서는 다양한 환경에서 촬영된 CCTV 영상의 번호판 인식을 수행하여 제안된 기술의 우수성을 입증한다.

#### 가. 조도가 밝은 환경에서 신형 번호판 실험

그림 14는 조도가 밝은 환경에서 CCTV로 촬영하여 기하학적 왜곡과 주기적인 잡음이 존재하는 한국의 구형 번호판 영상을 보인다.

그림 15는 그림 9에서 제시한 참조영상의 10개 소영역을 사용해서 열화되고 필터링 된 참조영상이다.



그림 14. 조도가 밝은 환경에서 촬영된 한국의 구형 번호판 영상(좌: 원본, 우: 부분확대)

Fig. 14. Old-style Korean license plate image taken in high light-level condition(left: Original image, right: A part of magnification).

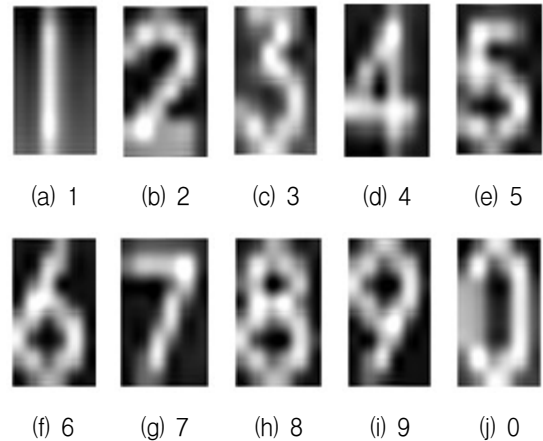
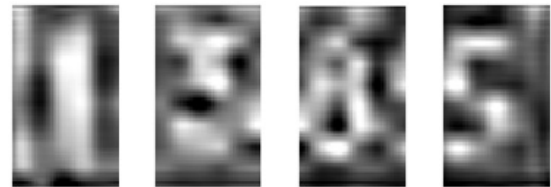


그림 15. 생성된 참조영상  
Fig. 15. created reference number.



(a) 첫 번째 숫자 (b) 두 번째 숫자 (c) 세 번째 숫자 (d) 네 번째 숫자

그림 16. 그림 14에 제안된 영상처리 기술을 적용한 네 개의 숫자 영상

Fig. 16. Four images of numbers processed by using proposed image process algorithm.

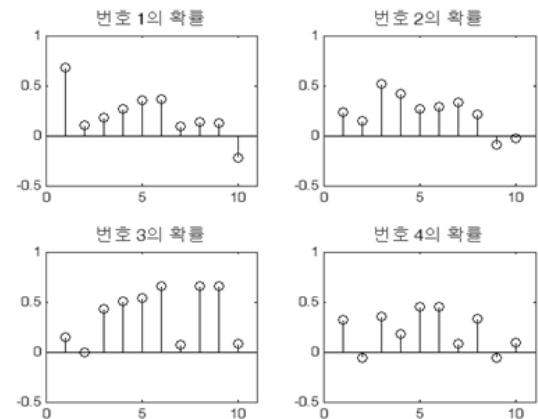


그림 17. Cross correlation을 이용한 번호 추정  
Fig. 17. Distribution of cross-correlation values for each number sub-region.

그림 16은 제안된 기술을 사용해서 차례대로 기하학적 왜곡 보정, 초해상도 복원, 잡음제거 및 필터링을 수행한 네 개의 번호 영상을 보인다.

그림 16의 각 숫자를 그림 15에서 보인 10개의 참조 영상들과 비교하여 cross correlation을 계산한 결과가 그림 17에 보인다. 각각의 경우 cross correlation이 가장 높은 숫자를 결과로 판정한다. 그림 17의 경우 네 자리 숫자는 1385로 판정된다.

위와 같이 획득한 각 번호의 상관도를 계산하여 아래와 같이 가장 일치하는 수와 가장 일치 하지 않는 수를 판별한다.

Maximum Number			
1	3	8	5
Minimum Number			
0	9	2	9

그림 18. 최고 상관도와 최저 상관도를 이용한 번호 추정 결과

Fig. 18. The number results of using the highest cross correlation and the lowest cross correlation.

나. 야간 저조도 환경에서 구형 번호판 실험

그림 19는 야간 저조도에 CCTV로 촬영하여 기하학적 왜곡과 주기적인 잡음이 존재하는 한국의 구형 번호판 영상을 보인다.

그림 20은 제안된 기술을 사용해서 열화되고 필터링된 참조 영상이다.

그림 21은 입력영상에 제안된 기술을 사용해서 획득한 네 자리의 번호영상을 보인다.

그림 21의 각 숫자를 그림 20에서 보인 10개의 참조 영상들과 비교하여 cross correlation을 계산한 결과가 그림 22에 보인다. 각각의 경우 cross correlation이 가

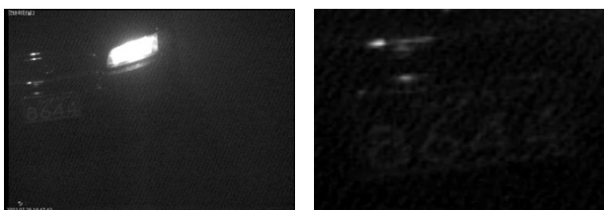


그림 19. 야간 저조도 환경에서 촬영된 한국의 구형 번호판 영상(좌: 원본, 우: 부분확대)

Fig. 19. Old-style Korean license plate image taken in low light-level condition(left: Original image, right: A part of magnification).

장 높은 숫자를 결과로 판정한다. 이 경우 네 자리 숫자는 8644로 판정된다.

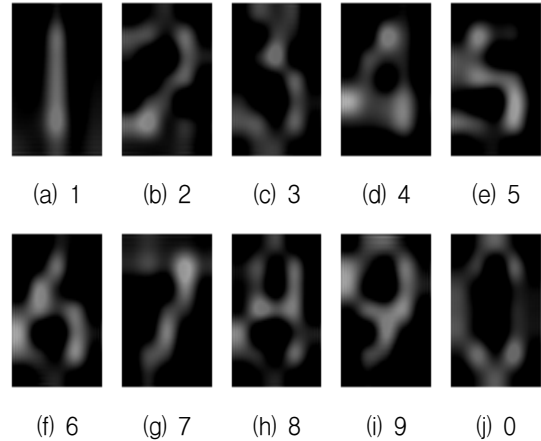


그림 20. 생성된 참조영상  
Fig. 20. created reference number.

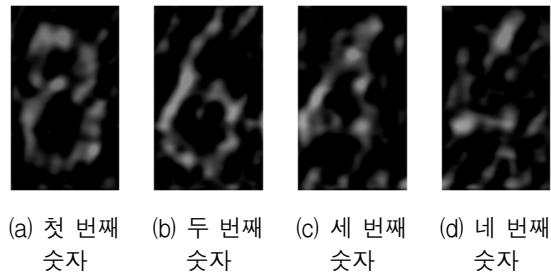


그림 21. 그림 19에 제안된 영상처리 기술을 적용한 네 개의 숫자 영상

Fig. 21. Four images of numbers processed by using proposed image process algorithm.

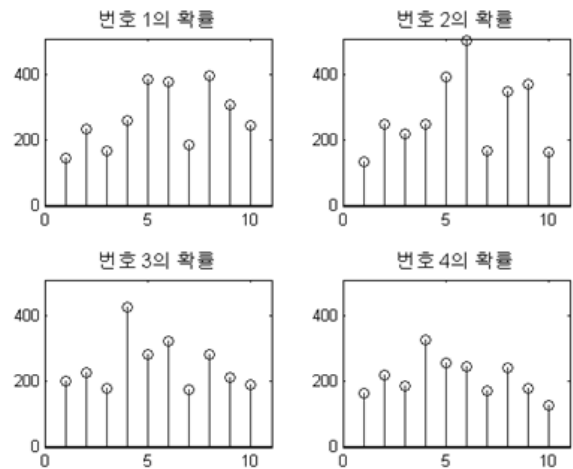


그림 22. Cross correlation을 이용한 번호 추정  
Fig. 22. Distribution of cross-correlation values for each number sub-region.



Maximum Number			
8	6	4	4
Minimum Number			
1	1	7	0

그림 23. 최고 상관도와 최저 상관도를 이용한 번호 추정 결과

Fig. 23. The number results of using the highest cross correlation and the lowest cross correlation.

다. 야간 저조도 환경에서 신형 번호판 실험

그림 24는 야간 저조도에 CCTV로 촬영하여 기하학적 왜곡과 주기적인 잡음이 존재하는 한국의 신형 번호판 영상을 보인다.

그림 25는 제안된 기술을 사용해서 열화되고 필터링된 참조 영상이다. 참고로 신형 번호판은 구형과 달리 밝은 배경에 어두운 숫자로 표기 되어 있다.

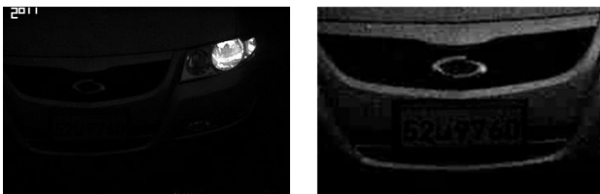


그림 24. 야간 저조도 환경에서 촬영된 한국의 신형 번호판 영상(좌: 원본, 우: 부분확대)

Fig. 24. New-style Korean license plate image taken in low light-level condition(left: Original image, right: A part of magnification).

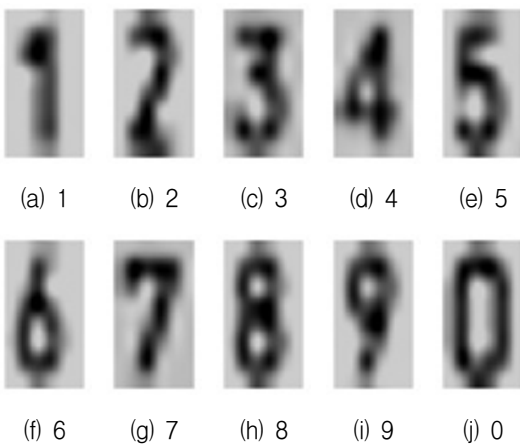
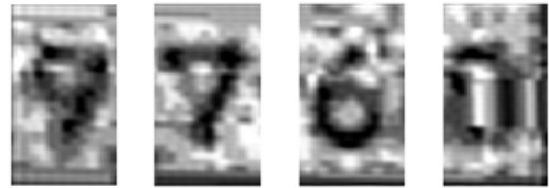


그림 25. 생성된 참조영상

Fig. 25. created reference number.



(a) 첫 번째 숫자 (b) 두 번째 숫자 (c) 세 번째 숫자 (d) 네 번째 숫자

그림 26. 그림 24에 제안된 영상처리 기술을 적용한 네 개의 숫자 영상

Fig. 26. Four images of numbers processed by using proposed image process algorithm.

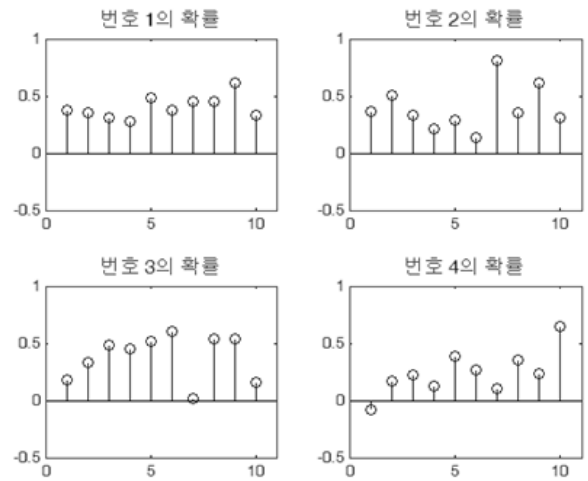


그림 27. Cross correlation을 이용한 번호 추정

Fig. 27. Distribution of cross-correlation values for each number sub-region.

Maximum Number			
9	7	6	0
Minimum Number			
4	6	7	1

그림 28. 최고 상관도와 최저 상관도를 이용한 번호 추정 결과

Fig. 28. The number results of using the highest cross correlation and the lowest cross correlation.

그림 26은 입력영상에 제안된 기술을 사용해서 획득한 네 자리의 번호영상을 보인다.

그림 26의 각 숫자를 그림 25에서 보인 10개의 참조 영상들과 비교하여 cross correlation을 계산한 결과가 그림 27에 보인다. 각각의 경우 cross correlation이 가

장 높은 숫자를 결과로 판정한다. 이 경우 네 자리 숫자는 9760으로 판정된다.

#### IV. 결 론

저해상도, 저조도, 기하학적 왜곡 등과 같은 열화 요인에 의해서 식별이 불가능한 차량 번호판의 분석 방법을 제안하였다. 기존 차량 번호판 인식기술은 입력 영상에 왜곡이 없다는 가정에서 동작하는 한계를 갖는 반면, 제안된 방법은 전처리 과정에서 번호판 영상이 식별 가능한 상태로 개선되지 못하더라도, 미리 저장된 참조 번호 영상을 입력 영상과 동일하게 왜곡시킨 후, 통계적 방법으로 유사도를 추정하여 번호 인식을 가능하게 한다.

제안된 기술은 비정상적인 조명 환경에서 육안으로 식별이 불가능할 정도의 저해상도 영상에서도 용의 차량의 번호 인식을 가능하게 하여 CCTV의 성능, 기상 조건, 촬영 조건 등에 무관하게 숫자의 판정이 가능한 장점을 갖는다.

이러한 연구결과는 일선 수사에 있어 저화질 CCTV 영상에서 자동차번호판의 한글인식보다는 뒤 네자리 번호판 숫자의 식별이 중요한 수사 단서로써 많이 사용되고 있으므로 차량번호 숫자의 식별은 참조영상을 이용한 통계학적 유사도 추정을 통한 객관적인 데이터를 제시할 수 있다 따라서 감정관의 경험적 분석과 더불어 객관적인 분석 방법을 병행하여 사용함으로써 일선 현장에서 실제 용의 차량 검거에 좀 더 신뢰도 높은 분석 결과를 통한 범죄 증거 능력이 입증되었다. 현재 국내의 자동차번호판에는 숫자뿐만 아니라 문자도 포함되어 있다. 따라서 향후 연구에는 열화 분석을 이용한 문자 식별 판독이 가능한 기술을 제안할 예정이고 본 논문에서 제안한 숫자인식 방법과의 통합을 통해 보다 정확도가 높게 나타나는 기술을 개발하여 인식 성능의 개선에도모할 계획이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] P. Comelli, P. Ferragina, M. Notturmo Granieri, and F. Stabile, "Optical Recognition of Motor Vehicle License Plates," *IEEE Trans. Vehicular Technology*. vol.44, no.4, pp. 790-799, 1995.C.
- [2] Anagnostopoulos, I. Anagnostopoulos, I. Psorulas, V. Loumos, and E. Kayafas, "License Plate Recognition from Still Images and Video Sequences: A Survey," *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, Vol. 9, No. 3, pp. 377-391, Sep. 2008.
- [3] S. Wang, H. Lee, "A Cascade Framework for a Real-Time Statistical Plate Recognition System," *IEEE Trans. Information Forensics and Security*. vol.2, no.2, pp. 267-282, 2007.
- [4] B. Hongliang and L. Changping, "A Hybrid License Plate Extraction Method Based on Edge Statistics and Morphology," *IEEE Conf. Pattern Recognition*, pp. 831 - 834, 2004.
- [5] D. Zheng, Y. Zhao, and J. Wang, "An Efficient Method of License Plate Location," *Pattern Recognition Letter.*, vol. 26, No. 15, pp. 2431 - 2438, Nov. 2005.
- [6] A. Ahmadyfard and V. Abolghasemi, "Detecting License Plate using Texture and Color information," in *Telecommunications, 2008. IST 2008. International Symposium on, 2008*, pp. 804 - 808.
- [7] L. Zheng, X. He, B. Samali, L. Yang. "Accuracy Enhancement for License Plate Recognition," *IEEE Conf. Computer and Information Technology*, pp. 511-516, 2010.
- [8] S. Keller, F. Lauze and M. Nielsen, "Deinterlacing using Variational Methods," *IEEE Trans. Image Processing*. vol.17, no.11, pp. 2015-2028, 2008.
- [9] <http://en.wikipedia.org/wiki/Deinterlacing>
- [10] K. Suresh, G. Mahesh Kumar, and A. Rajagopalan, "Superresolution of License Plates in Real Traffic Videos," *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, Vol. 8, No. 2, pp.321 - 331, Jun. 2007.
- [11] S. Park, M. Park, and M. Kang, "Super-resolution Image Reconstruction: a Technical Overview," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 20, no. 3, pp. 21 - 36, 2003.
- [12] X. Qinlan, C. Hong and C. Huimin. "Improved Example-Based Single-Image Super-Resolution," *IEEE Conf. Image and Signal Processing*, pp. 1204 - 1207, 2010.
- [13] R. Hartley and A. Zisserman, "Multiple view geometry in computer vision 2nd edition." Cambridge university press, 2003.
- [14] R. Gonzalez and R. Woods, "Digital Image Processing 3rd edition." Prentice Hall, 2010.

저 자 소 개



김 동 민(학생회원)  
2000년 한남대학교 컴퓨터공학과  
학사 졸업.  
2012년 현재 중앙대학교 첨단영상  
대학원 석사과정 재학중.  
2012년 현재 대검찰청 디지털포렌  
식센터 영상분석실 근무.

<주관심분야 : 영상개선, 영상복원, 영상처리>



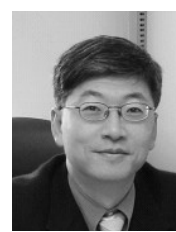
장 상 식(학생회원)  
2010년 대진대학교 전자공학과  
학부 학사 졸업.  
2012년 중앙대학교 첨단영상  
대학원 석사 졸업.

<주관심분야 : 영상처리, 보행인식, 차량번호판  
인식, HDR>



윤 인 혜(학생회원)  
2010년 강남대학교 전자시스템정  
보공학부 학사 졸업.  
2012년 중앙대학교 첨단영상  
대학원 석사 졸업.  
2012년 현재 중앙대학교  
첨단영상대학원 박사과정  
재학중.

<주관심분야 : 영상복원, 영상개선, 컬러보정>



백 준 기(평생회원)-교신저자  
1984년 서울대학교 제어계측  
공학과 학사 졸업.  
1987년 노스웨스턴대학교 전기 및  
컴퓨터 공학과 석사 졸업.  
1990년 노스웨스턴대학교 전기 및  
컴퓨터 공학과 박사 졸업.

2012년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원  
영상공학과 교수.

<주관심분야 : 영상복원, 신호처리, 반도체>