

번호판 인식 향상을 위한 번호판 검출과 초해상도 융합 방법

송태엽*, 이영현**, 김민재***, 구분화***, 고한석****

Fusion Methods of License Plate Detection and Super Resolution for Improving License Plate Recognition

Taeyup Song *, Younghyun Lee **, Minjae Kim ***, Bon-Hwa Ku *** Hanseok Ko ****

요약

본 논문에서는 저해상도 영상에서 번호판 인식 성능 향상을 위해 번호판 검출 기술과 초해상도 복원 기술의 융합 방법을 제안한다. 제안된 알고리즘에서 번호판 검출 부분은 구조적 패턴 특징을 기반으로 하였으며, 초해상도 부분은 칼만 필터 기반 순차적 데이터 방법으로 구성된다. 제안한 융합 방법은 입력 영상에서 번호판 검출 여부에 따라 (i) 전체 영상에 대한 초해상도 복원 과정을 거친 후 고해상도 번호판 영상을 얻는 방법과, (ii) 번호판 검출 후 검출된 번호판 영역에 대해 초해상도 복원을 수행하여 고해상도 번호판 영상을 얻는 방법으로 나뉜다. 다양한 환경에서의 모의 실험을 통해 제안된 융합 방법의 효용성을 입증하였다. 다양한 환경에서의 모의 실험을 통해 제안된 융합 방법의 효용성을 입증하였다.

▶ 키워드 : 구조적 패턴 특징, 번호판 검출, 순차적 초해상도 복원

Abstract

This paper proposes fusion methods of license plate detection and super-resolution for improving license plate recognition in low-resolution images. In the proposed method, we apply the license plate detection based on local structure pattern feature and the sequential super-resolution based on Kalman filter. The proposed fusion methods are divided into two according to whether the license plate is detected or not in the input image : (i) performing license plate detection after restoring whole image through super resolution, and (ii) restoring only the detected region through super-resolution after detecting the license plate. We demonstrated effectiveness of the proposed methods in various environments.

▶ Keyword : Structure Pattern Feature, License Plate Detection, Sequential Super-Resolution

• 제1저자 : 송태엽 • 교신저자 : 고한석

• 투고일 : 2010-12-30, 심사일 : 2011-01-20, 게재확정일 : 2011-01-26

* 고려대학교 바이오마이크로시스템공학과(Dept. of Biomicrosystem Engineering)

** 고려대학교 영상정보처리학과(Dept. of Visual Information Processing)

*** 고려대학교 전기전자전파공학부(School of Electrical Engineering)

※ 본 논문은 참고자료 [1]의 논문을 확장한 논문임을 알립니다.

※ This research work was supported by the STW-KU Research Center Program.

I. 서론

최근 ITS(Intelligent Transporting System) 분야에서는 차량 혼잡 및 법규 위반 단속 등 영상기반 교통 감시 시스템을 위한 지속적인 연구가 이루어지고 있다. 일례로 감시카메라를 이용한 불법 주, 정차 위반 차량 단속 시스템은 자동으로 정지된 차량을 인지하고, 영상에서 차량의 정보를 추출하여 통지하는 일련의 작업을 수행한다. 이런 교통 감시 시스템은 고정된 감시카메라를 이용하여 획득한 영상을 기반으로 차량을 검출, 인식, 추적하며 이 과정에서 차량의 고유한 정보인 번호판의 인식 과정을 수행한다. 번호판 인식은 일반적으로 번호판 검출과정과 문자 인식과정으로 나뉘어진다. 번호판 인식기의 성능을 보장하기 위해서는 번호판 검출 부분의 성능보장이 우선 되어야 한다. 기존의 번호판 검출 연구는 color edge[2]를 이용한 방법, 전역 및 지역 특징을 이용한 방법[3], 훈련기반 번호판 검출 알고리즘[4]이 있다. 문자 인식과정의 기존 연구는 신경망을 이용한 방법[5], support vector machine[6], Markov process[7]을 이용한 방법이 있다. 그러나, 기존의 번호판 검출 및 문자 인식 과정의 연구는 번호판 영역이 크고 흐림(Blurring) 현상이 적은 고해상도 입력 영상에서 성능이 보장된다. 그러므로, 신호등이나 가로등과 같은 높은 곳에 위치한 카메라를 이용하여 기상 변화에 무관하게 다수의 차량을 감시하는 실제 교통 감시 시스템에 적용하기 어렵다. 이러한 환경에서 번호판을 강인하게 인식하기 위해서는 저해상도 번호판 검출과 영상 개선이 매우 중요하다.

본 논문에서는 저해상도 입력 영상에서 번호판 인식 개선을 위해 번호판 검출과 초해상도 복원 알고리즘의 융합 방법을 제안한다. 이전에도 초해상도 복원 방법을 이용하여 번호판 인식과정의 한계를 극복하기 위한 몇몇 연구가 수행되어 왔다 [8,9]. 그러나 기존의 방법은 최대 사후확률(Maximum a Posteriori) 기반 일괄 추정 방식의 초해상도 복원을 수행하기 때문에 연산량이 많고 실제 실시간 처리 시스템에 적용하기 곤란한 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 화소의 구조적 패턴(Local Structure Pattern: LSP) 특징을 이용한 번호판 검출기와 순차적 데이터 융합을 이용한 초해상도 복원 알고리즘의 융합 방법을 제안한다. 제안한 융합 방법은 초기 입력 프레임에서 번호판 검출 여부에 따라 나뉜다. 제안한 융합 방법 1은 번호판 검출이 불가능한 수준의 매우 작은 번호판이 포함된 영상에 대응되는 방법이다. 제안한 융합 방법 2는 저해상도 입력 영상으로부터

검출된 번호판 영역에 대해 국소영역 초해상도 복원 과정을 거쳐 고해상도 번호판 영상을 복원하는 방법이다. 모의 실험에서는 실제 CCTV에서 촬영된 영상 입력을 통해 제안한 융합 방법의 효용성을 입증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 번호판 검출 기술을, 3장에서는 초해상도 복원 알고리즘을 다룬다. 4장에서는 번호판 검출기와 초해상도 복원 알고리즘 융합 방법을 제안한다. 5장에서는 모의 실험 결과를 통하여 제안한 융합 방법의 성능을 알아본다.

II. 본론

1. 구조적 패턴 특징을 이용한 번호판 검출

입력 영상의 특정 화소 위치에서 그 주변 화소 각각의 밝기 값(intensity)과 주변 화소들의 평균 밝기 값과의 비교를 통하여 특정 위치 화소에 대한 구조적 패턴을 표현할 수 있다. 특히, Fröba와 Ernst가 제안한 Modified Census Transform (MCT) 특징은 3x3의 kernel을 이용하여 특정 화소와 상하좌우 및 대각의 주변 8개 화소에 대한 구조적 패턴을 표현하였다[10]. 화소 x 에서의 구조적 패턴은 식 (1)과 같이 정의할 수 있다.

$$\Gamma(x) = \otimes_{y \in N'(x)} \zeta(\bar{I}(x), I(y)) \dots\dots\dots (1)$$

$N'(x)$ 는 커널내의 화소들의 집합을 나타낸 것이며, $I(x)$ 는 화소 x 에서의 밝기 값, $\bar{I}(x)$ 는 $N'(x)$ 의 평균 밝기 값이다. ζ 는 비교 함수로서, $\bar{I}(x) < I(x)$ 인 경우 1, 그렇지 않은 경우 0 값을 가진다. \otimes 는 연결 연산자로서 kernel 내 화소의 비교 연산 결과를 2진수 배열로 나열하고 10진수로 변환한다.

본 논문에서는 [11]에서 제안한 것과 같이 번호판 영상에 대해 구조적 패턴을 효과적으로 표현할 수 있는 십자 형태의 kernel을 사용하였다.

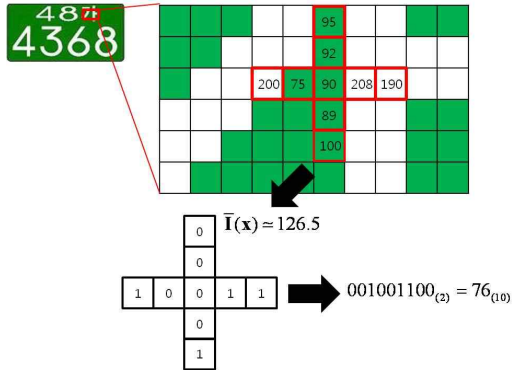


그림 1. 구조적 패턴 특징 추출의 예
Fig. 1. Example of local structure pattern feature

그림 1은 십자 형태 kernel을 이용해 구조적 패턴을 표현하는 방법의 예를 보여준다. 본 논문에서 사용한 십자 형태의 kernel은 9개 화소의 집합이고, 111111111(2)의 패턴은 가질 수 없으므로 특징 값은 총 29-1=511개의 종류를 가질 수 있다. 그림 2는 3x3 커널을 이용한 특징 변환 영상과 십자 형태 커널을 이용한 특징 변환 영상을 나타낸 것이다. 그림 2를 보면 3x3 커널을 사용하는 것보다 십자형 커널을 사용하는 것이 번호판 영상의 패턴을 명확하게 나타내는 것을 알 수 있다.



(a) 3x3 커널 (b) 십자형 커널
그림 2. 구조적 패턴 특징 추출의 예
Fig. 2. Example of local structure pattern feature

본 논문에서는 번호판 영상과 배경 영상을 구분하기 위해 cascade adaboost 학습 알고리즘을 사용한다[10]. 먼저 화소의 구조적 패턴 특징값 분류에 적합한 이진 약분류기(binary weak classifier)를 설계하고, adaboost 훈련을 통해 약분류기의 조합을 통해 강분류기(strong classifier)를 생성한다.

그림 3은 훈련된 약한 분류기의 예를 보여준다. 그림의 각 행은 24*12 크기의 검출 윈도우 내 288개의 각 화소에 대한 색인(index)이며, 그림의 각 열은 각 화소가 가질 수 있는 511개의 구조적 패턴 특징 값이다. 번호판 훈련 영상 집합과 배경 훈련 영상 집합에서 구조적 패턴 특징을 추출한 후 각 화소 위치의 특징 값 분포를 비교하여 번호판 영상의 분포가

많은 경우 0 값을, 배경 영상의 분포가 많은 경우 1값을 설정하여 약분류기를 구성한다.

Window pixel index	feature value										
	0	1	2	3	4	5	6	...	508	509	510
1	1	0	1	1	0	0	0	...	1	0	1
2	0	0	1	0	1	1	0	...	0	0	1
...
287	1	0	1	0	0	1	0	...	1	0	0
288	1	0	0	1	0	0	1	...	0	0	0

그림 3. 약분류기의 예
Fig. 3. Example of weak classifier

Window pixel index	confidence										
	0	1	2	3	4	5	6	...	508	509	510
1	1.65	2.45	1.53	2.65	3.11	2.66	0.24	...	1.85	0.25	3.55
2	2.53	1.44	3.14	0.15	3.16	2.68	0.64	...	0.73	1.55	1.64
...
287	1.56	0.54	3.18	0.14	1.51	1.83	0.24	...	1.63	0.73	0.52
288	1.96	2.56	0.45	1.56	0.15	0.15	1.67	...	0.12	1.62	1.63

그림 4. 강분류기의 신뢰도 색인표의 예
Fig. 4. Example of lookup table for the strong classifier

훈련 과정을 통해 선택된 약분류기는 각각 신뢰도가 부여되며, 그 값을 누적시켜 조합된 강분류기의 신뢰도 색인표(Look-Up Table)를 만든다. 그림 4조합된 강분류기의 신뢰도 색인표의 예를 보여준다. 최종 강분류기는 식 (2)과 같이 정의된다.

$$H_i(\Gamma) = \sum_{x \in \Psi} h_x(\Gamma(x)) \dots\dots\dots (2)$$

여기서 x는 각 화소의 주변 화소값이며, Γ 는 식 (1)과 같은 구조적 패턴 특징값, Ψ 는 십자형 패턴의 화소 집합, h_x 는 약분류기를 나타낸다. 번호판 검출 유무는 식 (3)과 같이 강분류기와 사용자가 설정한 문턱치(threshold)와의 비교를 통해 결정한다.

$$H_i(\Gamma) \leq T_i \dots\dots\dots (3)$$

여기서, T_i 는 i번째 단계의 강한 분류기의 문턱치이며, 검출률이 최대가 되도록 조절한다.

2. 검출순차적 데이터 융합 기반 초해상도 복원

초해상도 영상 복원 알고리즘은 단일 또는 다수의 저해상도 영상을 이용하여 고해상도 영상을 복원하는 방법이다. 본 논문에서는 Kalman 필터를 사용하여 순차적으로 입력되는 저해상도 영상의 화소 정보를 효과적으로 융합하여 고해상도 영상을 복원하는 방법을 적용하였다.

Kalman 필터를 기반으로 한 추정 방법을 사용하기 위하여 식 (4)와 같이 저해상도 영상의 획득 과정을 모델링 할 수 있다[12]. 식 (2)는 시간에 따라서 고해상도 영상(X) 내의 이동(M)과 잡음(U)이 더해지는 과정과 고해상도 영상 (X)에 흐림 현상(B)과 다운 샘플링(D) 그리고 가산 잡음(W)이 더해져 저해상도 영상(Y)으로 열화되는 과정을 나타낸다.

$$\begin{aligned} \underline{X}(t) &= M(t)\underline{X}(t-1) + \underline{U}(t) \dots\dots\dots (4) \\ \underline{Y} &= D\underline{B}\underline{X}(t) + \underline{W}(t) \end{aligned}$$

흐림 현상이 제거된 영상은 와 같이 나타내면, 식 (4)를 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \underline{Z}(t) &= M(t)\underline{Z}(t-1) + \underline{V}(t) \dots\dots\dots (5) \\ \underline{Y} &= D\underline{Z}(t) + \underline{W}(t) \end{aligned}$$

위와 같은 상태/측정 방정식을 기반으로 화소 단위의 추정 식은 식 (6)과 같이 표현된다[11].

$$\begin{aligned} \hat{\underline{Z}} &= M(t)\hat{\underline{Z}}(t-1) \dots\dots\dots (6) \\ &+ k(t)[\underline{Y}(t) - DM(t)\hat{\underline{Z}}(t-1)] \\ Cov(\hat{\underline{Z}}(t)) &= [I - K(t)D]P(t) \end{aligned}$$

시간에 따라 저해상도 영상이 입력되면, 이전 시간에 추정된 고해상도 영상과 정렬하여 Kalman 필터의 유도된 갱신(Update) 수식에 따라 현재 시간의 고해상도 영상을 순차적으로 추정하게 된다. 이 때, 입력 영상의 프레임 속도가 충분히 빠른 경우, 대부분의 영상 간의 움직임은 평면 이동(Planar motion)으로 근사화하여 생각할 수 있고, 이를 추정하기 위해 주파수 영역에서의 화소 변위(Pixel displacement) 추정 방법을 사용한다[13].

3. 검출제한한 번호판 검출과 초해상도 융합 방법

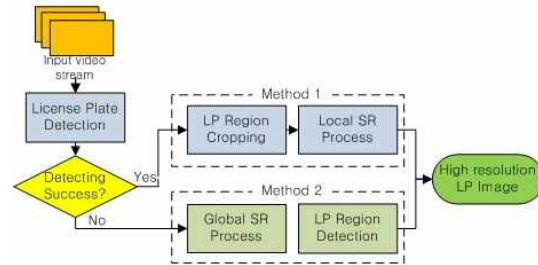


그림 5. 제안된 시스템의 구성도
Fig. 5. Proposed System overview

본 논문에서는 입력 영상내에서의 번호판 검출 여부에 따라 서로 다른 융합 방법을 제안한다. 그림 5는 본 논문에서 제안하는 융합 방법의 개략도를 나타낸다. 먼저, 입력된 동영상의 처음 프레임에서 번호판 검출을 수행한다. 초기 프레임에서 번호판의 크기가 작거나 영상 품질이 저하된 영상의 경우 번호판 검출이 실패할 가능성이 높게 된다. 본 논문에서는 이러한 경우에 대응하기 위해 융합 방법 1을 제안한다. 제안한 융합 방법 1은 전체영상에 대해 초해상도 복원을 수행하여 고해상도 영상을 추정 한 후 번호판 검출을 실시하여 고해상도 번호판 영상을 얻게 된다.

일반적으로 번호판 인식을 위해서는 일정 크기 이상의 숫자 혹은 문자 영상이 입력되어야 한다. 초기 프레임에서 번호판 검출을 성공한 경우에도 번호판의 숫자 혹은 문자 크기가 번호판 인식기에 부적합한 경우가 발생 할 수 있다. 본 논문에서는 이와 같은 상황에 대응하기 위해 융합 방법 2를 제안한다. 제안한 융합 방법 2는 그림 6의 세부 과정을 거친다. 순차적으로 입력된 영상에 대해서 번호판 검출을 수행 후, 검출된 번호판 영역에 대해 순차적 데이터 융합을 통한 초해상도 복원을 수행하여 고해상도 번호판 영상으로 복원한다. 이때 번호판 검출과정에서 오검출된 번호판 영역이 초해상도 복원 과정에 사용될 경우, 복원된 해상도 영상의 품질이 저하되는 문제가 발생할 가능성이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 위치 기반 후처리를 적용한다.

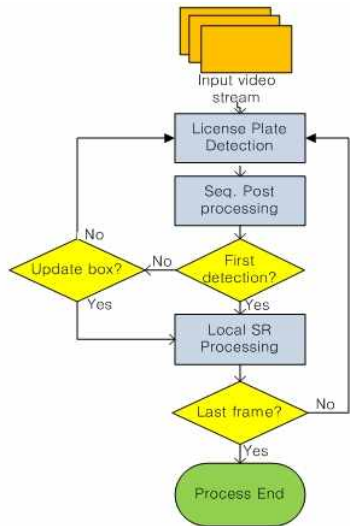


그림 6. 융합 방법 2의 개요도
Fig. 6. Block diagram of fusion method 2

일반적으로 비디오 영상은 초당 10~30 프레임 으로 구성 되므로, 현재 프레임에 대한 검출 결과는 인접 프레임과 유사한 위치에서 검출 결과를 갖게 된다. 그러므로 이전 프레임들의 검출 결과 정보를 이용하여 프레임 사이에 일시적으로 발생하는 오검출을 효과적으로 제거할 수 있다. 위치기반 후처리 방법에 사용될 올바른 번호판 검출 결과를 판단하기 위한 규칙은 식 (7)과 같다.

$$d = [C(t) - \underline{m}]R^{-1}[C(t) - \underline{m}] \leq T \dots\dots\dots (7)$$

여기서 C(t)는 올바르게 검출된 번호판 검출 상자의 중심점이며, m은 이전까지 올바른 검출결과들의 중심점의 평균값, R-1은 중심점의 분산값을 나타낸다. 입력된 프레임에서 번호판이 검출되면 검출 상자의 중심점을 이용하여 d값을 구한 후 문턱치 T 와의 비교를 통해 올바른 검출 결과인지 판단한다.

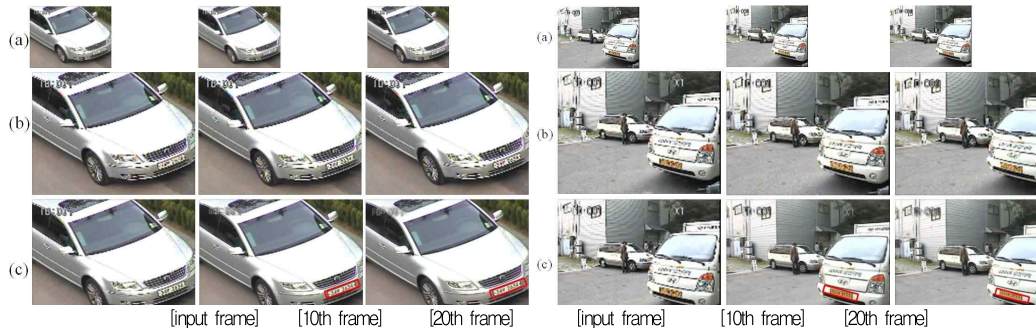


그림 7. (a) 입력 동영상 프레임, (b) bicubic 보간법, (c) 제안된 융합방법 1의 번호판 검출결과

Fig. 7. License plate detection results. (a) Original input stream, (b) Bicubic interpolation and (c) Proposed fusion method 1.

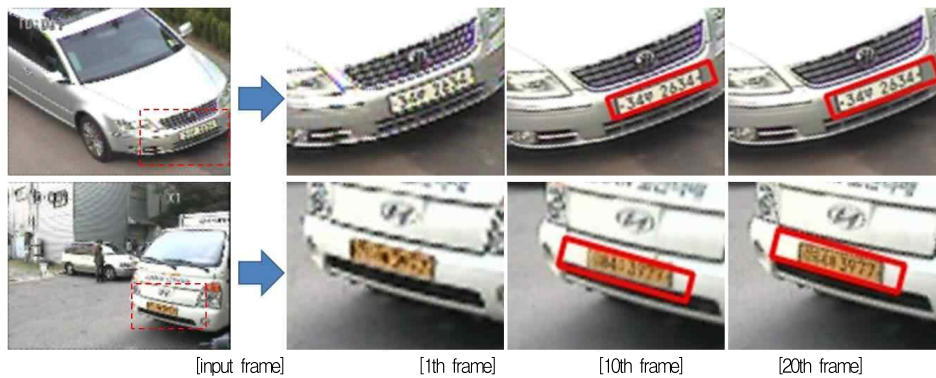


그림 8. 융합 방법 1의 실험결과
Fig. 8. Test result of fusion method 1

III. 실험결과

본 논문에서 제안한 번호판 영역 복원 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 실제 도로 및 주차장에서 촬영한 동영상을 사용하였다. 각 동영상은 MPEG4 (손실 압축)된, 160x120 크기의 프레임으로 구성하였다.

번호판 검출기는 비율이 2:1인 구형 번호판 검출기와 비율이 5:1 신형 번호판 검출기를 독립적으로 구성하였다. 각 검출기의 훈련을 위해 수동으로 분리한 세로 12픽셀의 신, 구형 번호판 영상 각각 60,000장과 배경 영상 60,000장이 사용되었고, 각 검출기는 총 4 단계의 강한 분류기를 순차적으로 구성하였다.

본 논문에서 제안한 융합 방법 1의 평가 동영상은 번호판 세로 길이가 12픽셀 미만의 작은 번호판이 포함되어 있고, 각각 200 프레임으로 구성되어 있다. 이 동영상의 경우 번호판 영상의 크기가 검출기 최소 검출 크기 보다 작은 경우로, 전체 영상에 대한 전역적인 초해상도 복원과정을 거친 후 번호판 검출을 통해 고해상도 번호판 영상을 얻게 된다. 실험 결과는 그림 7과 같다. 그림 7의 (a)는 160x120 해상도의 저해상도 입력 영상과 번호판 검출 결과, 그림 7의 (b)는 Bicubic 보간법을 이용하여 320x240 해상도로 복원한 영상과 번호판 검출 결과를 나타내며, 그림 7의 (c)는 본 논문에서 제안한 융합 방법 1을 이용한 복원 영상과 번호판 검출 결과이다. 그림 8은 제안한 알고리즘으로 복원한 영상에 대한 번호판 검출 영역을 확대한 영상이다. 초기 프레임에서는 복원된 영상에서 번호판 문자를 확인 할 수 없지만, 순차적으로 초해상도 복원이 이루어지면 식별 가능한 수준의 번호판 영상으로 복원되어 번호판 검출이 성공적으로 수행되어 고해상도 번호판 영상을 얻게 됨을 알 수 있다.

표 1은 입력 프레임 및 복원 후 영상에 대한 번호판 검출 결과를 나타낸다. 실험 결과 입력된 영상 및 bicubic 보간법을 이용한 결과는 일부 프레임에서만 번호판 검출에 성공하였지만, 제안한 융합 방법 1의 결과는 84%이상의 검출성능을 나타냄을 알 수 있었다.

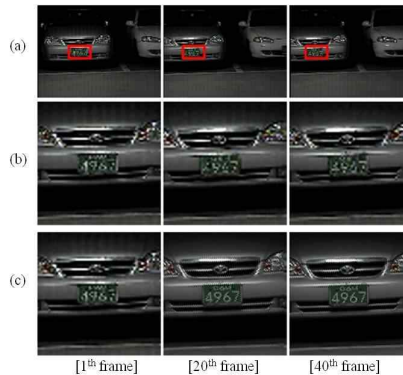


그림 9. 융합 방법 2의 실험결과
Fig. 9. Test result of fusion method 2

표 1. 번호판 검출수와 오검출 수
Table 1. Total number of detections and false positive

검출 대상 영상	검출 수	오검출 수
입력 영상	0	1
Bicubic 보간 영상	2	2
제안된 융합 방법 1	338	0

융합 방법 2의 평가 동영상은 번호판 검출기의 최소 검출 크기인 세로 길이가 12 픽셀의 작은 번호판이 포함되어 있고, 각각 200 프레임으로 구성되어 있다. 실험 결과는 그림 9와 같다. 그림 9의 (a)는 160x120 크기의 저해상도 입력 영상과 번호판 검출 결과를 나타내고, 그림 9의 (b)는 검출된 번호판 주변의 64x64 크기의 영상을 Bicubic 보간법을 이용하여 192x192 크기로 복원한 영상, 그림 9의 (c)는 제안된 융합 방법 2를 이용하여 검출된 번호판 주변의 64x64 크기의 영상을 192x192 크기로 복원한 영상이다. 실험 결과, 본 논문에서 제안한 융합 방법 2를 사용한 경우, 초기 프레임에서의 복원 결과는 bicubic 보간법의 결과와 유사하지만, 입력 프레임이 프레임이 누적될수록 bicubic 보간법을 이용하여 복원한 영상에 비해 더욱 선명하게 번호판 문자를 확인 할 수 있음을 알 수 있다.



그림 10. 위치기반 후처리 적용 결과 비교
Fig. 10. Reconstruction results of (a) with post processing and (b) without using post processing.

융합 방법 2에 적용된 위치기반 후처리의 실험 결과는 그림 10과 같다. 그림 10의 (a)는 위치기반 후처리를 통해 올바르게 검출된 번호판 영상을 융합 방법 2에 적용한 결과이고, 그림 10의 (b)는 위치기반 후처리를 적용하지 않는 경우의 결과이다. 위치기반 후처리가 적용되지 않은 경우 오검출된 번호판 영상이 초해상도 복원에 사용되어 번짐 현상이 많이 발생한 복원 결과를 나타내었지만, 위치기반 후처리를 사용한 경우 인식 가능한 수준의 번호판 영상을 복원하는 것을 알 수 있다.

표 2은 2.8GHz PC에서 측정된 번호판 검출과 초해상도 복원 과정의 수행속도이다. 융합방법 2를 이용하여 160x120 해상도의 입력영상에서 번호판을 검출하고, 검출된 번호판 영상을 192x192 크기의 고해상도 번호판 영상으로 복원하는데 약 40ms의 시간이 소요됨을 알 수 있었다.

표 1. 각 부분별 수행 소요 시간
Table 1. Processing time of each part

검출 대상 영상	검출 수	오검출 수
입력 영상	0	1
Bicubic 보간 영상	2	2
제안된 융합 방법 1	338	0

IV. 결 론

본 논문에서는 저해상도 영상내에서 번호판 인식 성능 향상을 위해 번호판 검출 기술과 초해상도 복원 기술의 융합 방법을 제안하였다. 제안한 융합 방법은 구조적 패턴 특징 기반 번호판 검출기와 순차적 데이터 융합을 이용한 초해상도 영상 복원 알고리즘으로 구성되어 있으며, 저해상도 번호판 영상이 포함된 입력 영상에 대해 실시간 처리 속도로 인식 가능한 크기의 고해상도 번호판 영상으로 복원하였다. 향후, 본 논문 결과의 정량적인 성능 평가를 위해서 번호판 인식기를 통한 성능 평가를 수행할 예정이다.

참고문헌

[1] Taeyup Song, Younghyun Lee, Minjae Kim, Bon-Hwa Ku, Hanseok Ko, "Car License Plate Detection and Super Resolution Recognition in Low Resolution Traffic Videos," Proceeding of 2010 Korea Signal Processing Conference, pp. 374-376, 2010.

[2] S.-L. Cheng, L.-S. et al., "Automatic License Plate Recognition," IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, Vol. 5, No. 1, pp. 42-53, 2004.

[3] S. Kim, et al., "A Robust License-plate Extraction method under Complex Image Conditions," Proc. of ICPR2002, Vol. 3, pp. 216-219, 2002.

[4] H.Zhang, et al., "Learning based License Plate Detection Using Global and Local Feature," Proc. of ICPR2006, vol. 2, pp. 1102-1105, 2006.

[5] J. A. G. Nijhuis, et al., "Car license plate recognition with neural networks and fuzzy logic," Proc. IEEE ICNN, Vol. 5, pp. 2232 - 2236, 1995.

[6] K. K. Kim, et al. "Learning-based approach for license plate recognition," Proc. IEEE Signal Processing Society Workshop, Vol. 2, pp. 614 - 623, 2000.

[7] Y. Cui, et al., "Character extraction of license plates from video," Proc. of IEEE Conference CVPR, pp. 502 - 507, 1997.

[8] Suresh et al., "Superresolution of License Plate in Real Traffic Videos," IEEE Transactions on ITS, Vol. 8, No. 2, pp. 321-331, 2008.

[9] Yuan, et al., "Fast super-resolution for license plate image reconstruction," Proc. of ICPR08, pp. 1-4, 2008.

[10] B. Fröba, et al., "Face Detection with the Modified Census Transform", Proc. of ICAFG, pp. 91-96, 2004.

[11] Y. Lee, et al., "License Plate Detection using Local Structure Patterns", Proc. of AVSS2010, pp. 574-579, 2010.

[12] S. Farsiu, et al., "Video-to-Video Dynamic Super-Resolution for Grayscale and Color Sequences," EURASIP Journal on Applied Signal Processing, Volume 2006, pp. 1-15, 2006.

[13] P. Vandewalle, et. al., "A Frequency Domain Approach to Registration of Aliased Images with Application to Super-Resolution," EURASIP Journal on Applied Signal Processing, Volume 2006, Article ID 71459, pp. 1-14, 2006.

저 자 소개



송 태 엽
2009년 2월 : 대진대학교
전자공학과 (공학사)
물리학과 (이학사)
2009년 3월~현재: 고려대학교
바이오마이크로시스템기술공학과
석박사통합과정
관심분야: 신호처리, 개체검출, 영상인식
Email : tysong@ispl.korea.ac.kr



이 영 현
2007년 2월: 고려대학교
전기전자전파공학부 (공학사)
2007년 3월~현재: 고려대학교
영상정보처리학과 석박사통합과정
관심분야: 신호처리, 개체검출, 영상인식
Email : yhlee@ispl.korea.ac.kr



김 민 재
2007년 2월: 고려대학교
전기전자전파공학부 (공학사)
2008년 9월~현재: 고려대학교
전자전기공학과 석박사통합과정
관심분야: 영상신호처리
Email : mjkim@ispl.korea.ac.kr



구 본 화
2000년 2월: 광운대학교
제어계측 공학과 (공학사).
2002년 2월: 고려대학교
전자공학과 (공학석사)
2008년 2월: 고려대학교
영상정보처리학과 (공학박사)
2009년 6월~현재: 고려대학교
연구 교수
관심분야: 표적 탐지/추적, 데이터 융합
Email : bhku@ispl.korea.ac.kr



고 한 석
1982년 5월: Carnegie-Mellon University
전기공학 (공학사)
1988년 5월: Johns Hopkins University
전기공학 (공학석사)
1992년 5월: Catholic University
of America 전기공학 (공학박사)
1983년 9월~1995년 2월:
White Oak 연구소
Principal Engineer
1992년 9월~1995 2월:
University of Maryland
Part-time Assistant Professor
1995년~현재: 고려대학교
전기전자전파공학부 교수
관심분야: 영상 및 음성&음향 신호처리,
패턴 인식
Email : hsko@korea.ac.kr