

웨이브렛 변환과 편광 필터를 이용한 차량번호판 추출

김 옥규, 이 창윤, 황 형덕, 강 혜진, 박 영식
동의대학교 컴퓨터과학과

Vehicle Plate Extraction Using Wavelet Transform and Polarized Light Filter

Og-Gyu Kim, Chang_Yun Lee, Hyeong-Duck Hwang, Hea-Jin Kang, Young-Sik Park
Dept. of Computer Science, Donggeui niv.,

ABSTRACT

Up to the present studies of the car number recognition system, it is generally known to have serious problems such as relatively long processing time due to the excessive length of data extracted from the number plate based on the current image characteristics, and the image blurring with the physical damage of the brightness and darkness signals of the number plate caused by external impulses with many difficulties in the extraction of the highlighted numbers.

In this paper we used the characteristics firstly having a constant brightness of number plate, and a high density to the horizontal axis, and the influences of highlighted signal could be reduced by making reflections less through the polarized filter on the camera for any highlighted signal.

For the more, the data processing time and the noise reduction are effectively implemented by using the wavelet transform of time-space scale with the considerations on the physical loss and processing time.

I. 서 론

우리나라도 고도의 성장으로 자동차 증가율이 꾸준히 늘고 있고 더불어서 지난 2000년 1년 동안 도로 교통사고로 인한 손실비용이 국가예산 86조가 넘는 것으로 조사되었다(도로 교통안전 관리 공단 발표). 차량도난의 경우도 2000년도 경우 사이버 경찰청 자료에 의하면 하루 평균

차량도난이 200여대씩 발생하고 있다. 이와 같은 자동차와 관련된 문제점을 해결하기 위한 많은 연구들이 국내외서 진행되고 있는데, 본 논문은 주행 중인 이동 차량의 번호판을 자동으로 순간 포착하여 판독, 인식하는 시스템으로 영상처리 기술, 컴퓨터 비전 기술 및 컴퓨터 공학 기술이 접목된 정보기술로 주차장관리, 범죄 차량 관리, 자동 과징금시스템 등 교통시스템을 이용한 교통 체증해소 등에 필요한 시스템으로 교통관계시스템의 발달과 함께 국내뿐 아니라 해외시장 진출이 용이한 분야이다.

차량 번호판 인식 시스템의 단계는 3단계로 구분할 수 있다. 먼저 첫 번째는 악천후나 반사등의 조건 등에

서도 베스트의 차량 영상을 획득하는 것과 2번째는 자동차의 크기와 종류 등에 따라 번호판의 위치가 다를 때 번호판의 영역의 추출, 그리고 3번째는 추출한 번호판을 인식하는 시스템으로 나눌 수 있다. 본 논문은 차량인식 시스템의 1, 2단계에 관한 연구이다. 특히 위의 제1단계 및 번호판 영역추출은 차량번호판 인식시스템에서 가장 많은 시스템 시간이 소요되며, 변수요인도 여러 가지가 존재하므로 이것은 전체 인식 율에 큰 영향을 미치는 부분이다.

기존의 번호판 인식을 살펴보면 빛에 관한 반사등의 사항은 영상을 찍은 후에 고려하여 강한 반사과 등의 경우에는 번호판을 추출할 수 없는 경우도 있었다[1].

본 논문은 영업 및 자가용 차량의 번호판 영역에서 공통적으로 큰 명암도 차이를 보이는 영상을 찍을 때 여러 가지 변수의 조건 속에서도 편광필터를 사용하면 정상상태의 영상을 찍을 수 있음을 보였고, 물리적 손실에 의한 잡음 과 처리속도에 관해서도 웨이브렛 변환을 이용하므로 유리함을 보였다.

II. 편광 필터의 특징

자연계에 존재하는 빛은 태초부터 있어왔고 사람들은 빛에 대해서 잘 안다고 생각을 하고 있지만 아직도 빛에 대해서 연구해야 할 것은 많다. 맥스웰이 빛은 전기장과 자기장이 서로 수직으로 놓인 상태에서 세졌다 약해졌다 하는 현상이라고 증명 한 후, 빛도 전자기파의 일종이라는 것을 알게 되었다.

전기장과 자기장은 방향을 가지고 있는 존재들이다. 그림 1에서 E는 전기장을 나타내고 B는 자기장을 나타내는데, 전기장의 방향을 편광의 방향으로 간주하면 이것은 그림 1처럼 빛은 y축 방향으로 똑바로 선편광을 가진 빛을 나타낸다. 이렇게 한 방향으로 똑 바로 선편광을 그대로 유지하면서 앞으로 진행하는 빛을 선편광을 가진 빛이라 한다. 우리가 자연계에서 접하는 대부분의 빛은 모든 방향으로 선 편광 된 빛이 섞여있는 상태이다. 편광 필터라고 하는 것은 어떤 특정한 방향으로 편광된 빛만 통과시키는 기능을 하는 소자를 말한다. 편광 되지 않은 자연광이 편광필터를 만나면 특정한 방향의 편광을 가진 빛만 통과된다. 이러한 원리를 이용, CCD 카메라에 편광

필터를 이용하면, 상대편 자동차등에 의해 하이라이트 된 번호판의 반사파를 줄일 수 있으므로 기존에 인식할 수 없었던 하이라이트 경우에도 인식할 수 있는 영상을 획득할 수 있다.

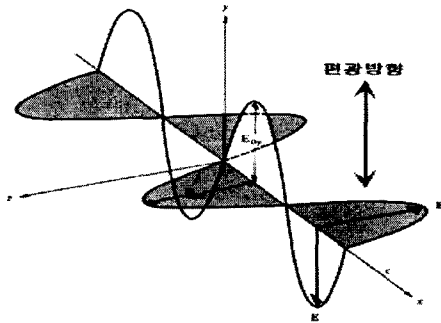


그림 1. 전기장과 자기장의 관계.

III. 번호판 영역의 구성 및 특성

차량의 번호는 상단부의 관할청의 기호와 차종별 기호 그리고 하단부의 용도별 기호와 등록 번호로 나눌 수 있다.

번호판 영역의 일반적인 특성은 아래와 같다[1, 2].

- (i) 번호판의 영역의 가로 세로 비는 약 2:1 이다.
- (ii) 번호판 영역의 배경 영역과 문자 영역 비는 약 7:3 이다.
- (iii) 번호판 영역의 문자 영역과 배경 영역의 색상은 뚜렷하게 구별된다.
- (iv) 번호판 영역은 일정한 문자 폭과 명암도 변화를 가지고 있다.
- (v) 번호판 영역의 문자와 문자 사이의 밀집 도는 다른 영역보다 높다.
- (vi) 번호판 영역의 문자는 상대적인 위치 정보를 가지고 있다.

IV. 웨이브렛 변환

웨이브렛 이론은 신호처리, 컴퓨터 비전, 응용수학 분야에서 독립적으로 발전되어 왔고 웨이브렛 변환은 신호의 다해상도 표현 및 대역 분할 부호화를 하나로 통합한 이론으로 최근 여러 분야에서 관심을 끌고 있다[3]. 이 방법은 신호의 통계적 성질이 일정한 정상(stationary) 신호의 해석에 적합한 후리에 변환 및 신호를 일정 시간동안 정상 신호로 가정하고 해석하는 STFT 보다 신호의 국부적인 주파수 특성(local spectrum) 해석에 적합하다.

웨이브렛 변환의 특징 중의 하나는 1차원 웨이브렛

필터를 이용하여 2차원을 나타낼 수 있다는 것이다. 본 논문에서는 1차원 신호의 다 해상도 분해에 대하여 설명한다.

웨이브렛은 원형 웨이브렛(prototype wavelet) $\psi(x)$ 를 신축/이동(dilation/translation) 하여 구한다.

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \left(\frac{x-b}{a} \right) \quad (1)$$

여기서 스케일 및 이동변수는 $a \in R^+, b \in R$ 이다. $\psi(x)$ 는 admissibility 조건(진동, 진폭이 급격히 '0'으로 수렴하며, 적분했을 때 '0')을 만족하는 함수이다. 이산 웨이브렛 변환(Discrete Wavelet Transform)을 얻기 위하여 스케일 및 이동 변수를 다음과 같이

$$\psi_{m,n}(x) = \psi \left(\frac{x - nb_0}{a_0^m} \right) \quad (2)$$

$$m, n \in Z, a_0 > 2, b_0 > 0$$

이산화하면, 웨이브렛 분해는 다음 식과 같고

$$f = \sum C_{m,n} \psi_{m,n} \quad (3)$$

이산 웨이브렛은 다음 식과 같다.

$$C_{m,n} = \langle \psi_{m,n}, f \rangle = \int \psi_{m,n}(x) f(x) dx \quad (4)$$

여기서 $a = a_0^m, b = na_0^m b_0$ 이며, $a_0 = 2, b_0 = 1$ 일 때 $\psi_{m,n}(x)$ 는 정규직교가 된다[3].

신호의 다 해상도 해석에는 $\psi_{m,n}(x)$ 함수 및 스케일 함수 및 스케일 함수 $\phi(x)$ 를 신축/이동한 $\phi_{m,n}(x) = 2^{-m/2} \phi(2^{-m}x - n)$ 이 필요하다. V_m 는 $\psi_{m,n}(x)$ 에 의해 span 된 벡터 공간이고, $\phi_{m,n}(x)$ 에 의해 span된 V_m 의 직교 보수 공간을 W_m 이라고 하자. V_m 의 함수 f 를 직교 투영하면 해상도 2^m 에서 f 의 근사화 신호를 얻을 수 있으며, 웨이브렛 계수 $C_{m,n}$ 는 해상도 2^{m-1} 에서 낮은 해상도 2^m 로 근사화 할 때 손실된 정보를 나타낸다. 이러한 근사화 신호는 반복 피라미드 변환으로 구할 수 있다[4]. 식(5), 식(6)은 분해 식이고 식(7)은 합성식이다.

$$C_{m,n} = \sum_k g_{2n-k} a_{m-1,k} \quad (5)$$

$$a_{m,n} = \sum_k h_{2n-k} a_{m-1,k} \quad (6)$$

$$a_{m-1,l} = \sum_n [h_{2n-l} a_{m,n} + g_{2n-l} C_{m,n}] \quad (7)$$

여기서 h_n 은 저역통과 필터, $g(n)$ 은 고역통과 필터이다.

h_n 과 $g(n)$ 의 관계는 식 8처럼 나타낼 수 있다.

$$g_l = (-1)^l h_{-l+1} \quad (8)$$

2차원 영상 데이터를 이용한 웨이브렛 해석은, 그림 1에 표시한 것처럼 1차원 필터의 조합으로 표현할 수 있다. 즉, 저역통과 필터 h_n 과 고역통과 필터 $g(n)$ 을 행의 데이터(Row)와 열의 데이터(Column)를 연산하면 2개의 필터에 의해 HH, HG, GH, GG라고 부르는 4장의 데이터는 공간 주파수영역에서 보면, HH는 저주파만 통과 시키고, HG, GH데이터는 종축과 횡축 방향에 저주파 성분과 고주파

성분을 통과 시킨 것으로서 각각의 방향에 미분했을 때의 데이터로 되어있다. 또한 GG데이터는 종축과 횡축에 대하여 고주파 성분을 취한 것으로 이것은 45도 방향에 미분한 것으로 설명할 수 있다. 원 영상을 4개의 전개하여 얻은 데이터 중 HH대하여 같은 방법으로 전개하는 조작을 반복하면 웨이브렛 계수가 얻어진다.

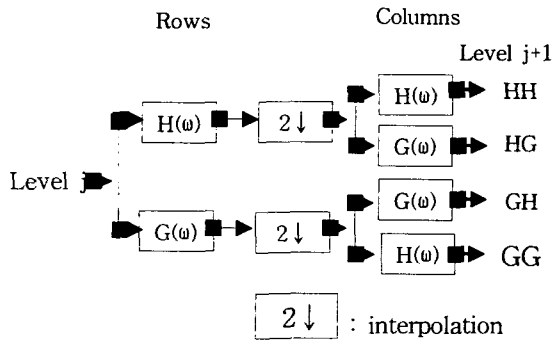


그림 2. 영상의 다중해상도 해석.

본 논문에서는 번호판의 해석을 웨이브렛 공간에서 행하여, 고속화 및 잡음을 제거하는 것을 고려하였다. 먼저, 간단히 설명하기 위해 1차원 신호를 이용하는 상관법의 알고리즘을 생각하자. $f(x)$ 와 $g(x)$ 로 표현하는 2개의 함수로부터 상관계수 R 를 구하고, 이 계수의 피크치의 위치로부터 거리를 구하고, 이것을 이동 량으로 하자. 이 경우 상관함수 $R_{f,g}(\tau)$ 는 잘 알려져 있는 콘볼루션에 의해

$$R_{f,g}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)g(x-\tau)dx \quad (9)$$

로 정의된다. 여기서, 함수 $f(x)$ 의 웨이브렛 변환 $Wf(a,b)$ 를

$$Wf(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\psi\left(\frac{x-b}{a}\right)dx \quad (10)$$

로서, 함수 $f(x)$, $g(x)$ 를 각각의 웨이브렛 변환한 함수를 $Wf(a,b)$, $Wg(a,b)$ 로 하면, 이것들의 상관계수 $R_{wf, wg}(\tau)$ 는 다음처럼 유도 된다.

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{a} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\psi\left(\frac{x-b}{a}\right)dx \int_{-\infty}^{\infty} f(x-\tau)\psi\left(\frac{x-b-\tau}{a}\right)dx \right\} db \\ &= \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{\infty} R_{f,g}(\tau) R_{\psi,\psi}\left(\frac{\tau-x}{a}\right) dx \end{aligned} \quad (11)$$

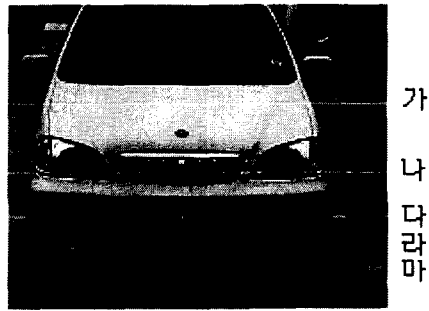
위의 식은 일반적인 상관함수 $R_{f,g}$ 와, 웨이브렛 변환한 후, 그 구간에서 구한 상관함수계수가 같은 형태이므로 웨이브렛 공간에서 번호판 추출이 가능함을 나타내고

있다.

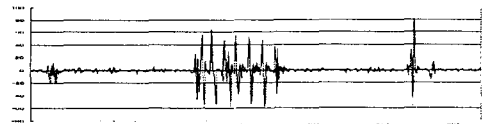
V. 번호판 영역의 추출

번호판 영역의 특성은 III의 번호판 영역의 구성 및 특성 중 iii,iv,v를 이용, 명암도 상태를 조사하여 번호판 영역을 추출하였다. 먼저 차량영상의 명암도 변화 특징을 살펴보기 위해 디지털 카메라를 사용하여 찍은 영상을 예로보자.

그림 3의 (a)의 가, 나, 다, 라, 마는 각 위치에서의 명암도 변화를 나타낸 것이다. 본 논문에서는 번호판의 위치가 대체로 입력받은 영상의 아래 부분에 있다는 사전 지식을 이용하여 먼저 전체 영상의 1/3지점의 명암도를 조사 한 후, 남은 부분의 1/3 지점의 명암도를 조사하는 알고리즘으로 구성하였다[2]. 그 결과, 그림 3의 (b) 부분이 앞장의 번호판 영역의 구성 및 특성의 iv,v를 만족함을 알 수 있다.



(a) Experiment image



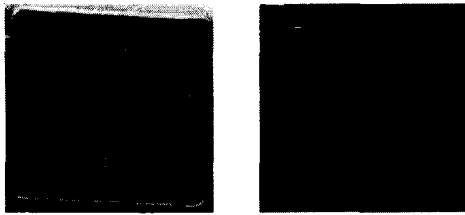
(b) Position "다"

그림 3 차량의 명암도 신호.

VI. 실험 및 결과

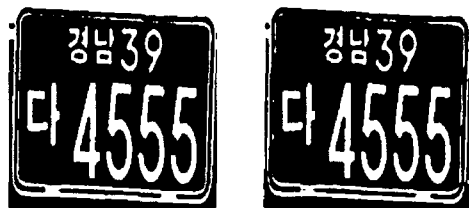
본 연구에서는 코닥 C × 340 디지털 카메라를 이용하여 다양한 시간대 및 자연환경, 일반 승합차량, 훼손된 번호판, 차량 번호판 주변이 복잡한 차량 등의 영상을 획득하여 IBM 호환기종의 펜티엄2 2G PC에서 알고리즘을 구현하였다. 획득한 차량영상은 640 × 480 픽셀의 256 그레이 영상이다.

먼저 획득한 영상의 고주파 잡음 제거 및 계산 속도를 통합 적으로 향상시키기 위해 그림 4 에서 보이는 바와 같이 번호판 영역을 추출한 후 웨이브렛 변환을 하였다.



(a) Original image (b) Developed image

그림 4. 이산 웨이브렛의 결과 번호판의 다 해상도 분해.



(256 × 256) (128 × 128)
(a)Original image (b) GG1



(64 × 64) (32 × 32)
(c) GG2 (d) GG3

그림 5. GG

그림 5의 (b)~(d)는 웨이브렛 전개 레벨로 GG에 붙는 번호가 크면 클수록 웨이브렛 전개의 횟수가 많음을 의미하고, 이 때 전개횟수가 1씩 커짐에 따라 데이터의 크기도 전개전의 데이터 보다 1/4씩 작아진다. 실험 결과 최대 크기가 원 영상보다 8배 축소된 웨이브렛 공간영역의 GG3데이터를 이용하여도 이진 화에 성공하였으며, 이로 인하여 처리 시간도 개선됨을 보였다.



(a) without (b) with

그림 6. 편광필터를 이용한 번호판 추출.

그림 6의 (a)는 편광필터를 사용하지 않고 얻은 영상, (b)는 편광필터를 사용하여 얻은 영상이다. 그림 6의 영상은 반사파의 영향이 비교적 적은 밤에 찍은 영상이지만 편광 필터를 사용한 (b)가 선명한 영상을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

Ⅶ 결론

차량인식 시스템은 많은 사람의 관심사 이고 현재도 여러 전문가에 의해 연구 중이다. 차량인식시스템을 나눌 때 크게 영상 인식시스템과, 유료도로 자동요금기인 (Electronic Toll Collection System : ETC) 같은 ETC가 있다. 일본의 경우, 2001년도부터 고속도로 톨게이트의 정체를 줄이기 위해 ETC 시스템을 도입 하였으나 2년이 지난 2003년 5월까지 3 만 건이 넘는 오동작을 하였으며, 그로 인해 톨게이트에서 일어난 충돌사고 만도 600건 정도이다(일본도로교통 공단 발표자료:2003년 6월). 이 것에 비하여 차량영상인식 시스템은 R/F CARD등이 필요 없어 간단할 뿐만 아니라, 정확한 출입차량의 데이터 자료, 생생한 화상 처리의 제공 등 많은 장점이 있다. 본 논문에서는 번호판 영역의 그레이 변화를 조사하여 번호판 영역추출 방법을 사용하였다. 그리고 인식불능의 원인으로 흔히 있는 하이라이트 된 번호판을 없게 하기 위해 카메라에 편광 필터를 사용하여 원천적으로 반사파의 영향을 없게 하였다. 또한 번호판의 물리적인 훼손으로 생기는 문제를 개선하기 위하여 웨이브렛 공간에서 저주파 영역만 이용하였다. 이는 물리적인 훼손이 주파수 영역에서 고주파 성분임을 이용한 것으로 기존의 방법보다 좋은 결과를 얻었다. 더욱이 웨이브렛의 다중해상도에 의해 축소된 데이터로 처리하므로 기존의 방법보다 속도면에서 많은 이득이 있었다.

차후 연구로는 차량 번호판 인식 기술의 실용화 연구와 번호판 추측의 효율성 향상에 두고 있다.

참고문헌

1. 이진배, "조명과 기율기에 강한 차량번호판 인식에 관한 연구, 숭실대학교 석사 학위논문, 1995년, 6.
2. 조보호, 정성환, "ART2 신경회로망을 이용한 차량 번호판 문자인식", 한국정보과학회, '97 가을 학술 발표 논문집(2)' pp.455-458, 1997. 10.
3. I. Daubechies, Orthonormal bases of compactly supported wavelets, Comm. in Pure and Applid Math., Vol.41, No, 7 pp.909-996, Nov. 1988.
4. S.G, Mallat, "A theory for mutiresolution signal decomposition: The wavelet representation," IEEE Trans. on PAMI Vol.11, No.7, pp. 674-693, July 1989.