

차량의 색상분류를 위한 Delaunay 삼각화 기반 대표색상 참조영역 추출

안 호 연*, 김 광 주*, 박 길 흠^o

Representative Color Reference Region Extraction and Color Classification of Vehicles Using the Delaunay Triangulation

Ho-yeon Ahn*, Kwang-ju Kim*, Kil-houm Park^o

요 약

본 논문에서는 들로네 삼각화 기반 신뢰성 있는 차량 대표색상 참조영역 검출 및 색상 분류 방법을 제안한다. 제안한 방법은 복잡한 차량 색상 정보에서 대표색상이라 할 수 있는 영역을 검출한다. 차량 영상에서 후드영역의 포화, 두 톤의 색상, 로고와 글씨 스티커는 대표색상 추출에 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해 들로네 삼각화 적용 후 대표색상 참조영역을 추출한다. 참조영역에서 정의한 사각형 패치 내부의 히스토그램을 추출하고 이 특징을 벡터화 한다. 이후 다중 클래스 아다부스트 알고리즘을 통해 벡터를 학습하고 색상 분류를 수행한다. 제안한 방법을 검증하기 위해 7가지 색상 검정, 회색, 은색, 흰색, 청색, 노란색, 빨간색의 차량 영상 총 1602장을 실험하였으며, 실험 결과 96.3%의 대표색상 참조영역 검출률과 92.7%의 색상 분류율을 보였다.

Key Words : Vehicle color, Multi-Adaboost, ITS, ROI Selection, Delaunay

ABSTRACT

In this paper, we propose reliable vehicle color reference area extraction and color classification method based on Delaunay Triangulation. The proposed method detects a representative color in the complex vehicle color information. Saturation of the hood area, two-tone color, logo, and text sticker in vehicle images had difficulties in extracting representative colors. To overcome this problem, the representative color reference region is extracted after the application of the Delaunay triangulation. The histogram inside the rectangular patch defined in the reference region is extracted and this feature is vectorized. Then, the vector is learned and color classification is performed through the multi-class AdaBoost algorithm. In order to verify the proposed method, we experimented with 7 colors black, gray, silver, white, blue, yellow, and red vehicle images. Experimental results show that 96.3% of representative color reference region detection rate and 92.7% of color classification rate respectively.

* 이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호: NRF-2016R1D1A1B03 935442)

• First Author : Kyungpook National University School of Electronic Engineering, ajhoyeon@ee.knu.ac.kr, 학생회원

o Corresponding Author : Kyungpook National University School of Electronic Engineering, khpark@ee.knu.ac.kr, 종신회원

* Electronics and Telecommunications Research Institute, Gwangju@etri.re.kr, 정회원

논문번호 : KICS2017-09-245, Received September 10, 2017; Revised November 14, 2017; Accepted November 24, 2017

I. 서 론

지능형교통시스템(Intelligent Transportation System)이 보급됨에 따라 도로위에서 다양한 정보와 자료를 수집하여 가공이 가능한 첨단교통시스템이 사회적 이슈가 되고 있다. ITS는 급증하는 차량을 보다 효율적으로 제어하여 운전자에게는 쾌적한 도로환경을 제공하고 보행자에게는 안전한 보행 조건을 제공한다.^[1]

최근에는 하드웨어의 급속한 성장과 더불어 다양한 IT기술과 융합한 ITS 제품을 쉽게 접할 수 있다. ITS 환경을 구축하기 위해서 도로상의 차량 정보를 수집하는 것이 선행 조건이다. 수집 가능한 차량 정보는 차량번호판, 차종, 차량 색상 등이 있으며 그 중에서 차량 색상 정보는 획득이 용이하며 직관적이다. 색상 정보를 자동으로 획득하고 데이터베이스화 한다면 교통 통합 관제시스템에서 방대한 데이터를 효율적으로 관리 할 수 있다. 대표 이용 사례는 초동수사가 중요한 뺑소니 사고 발생 시 초동수사에 이용할 수 있다. 목격자가 가장 직관적으로 기억할 수 있는 차량정보는 차량 색상이며, 이는 경찰 수사에 결정적인 도움을 준다.

차량 색상 정보 추출은 번호판 영역과 같이 특정 영역을 분할하여 인식하는 문제에 비해 어려운 문제이다. 영상 획득 시기의 날씨 환경에 따라 다른 색으로 나타난다. 또한 맑은 날에 획득된 차량 영상의 후드영역에 태양광 반사가 나타날 수 있으며, 투 톤의 색상을 가진 차량 및 후드영역에 글씨 스티커가 붙어 있는 차량의 경우 차량 색상 정보 추출이 어렵다.

차량의 색상 정보를 통해 분류를 진행 시, 차량의 색상을 대표한다고 볼 수 있는 관심영역을 추출하는 연구가 필요하다.^[2-6] 기존 연구를 살펴보면,

차량의 후미 등을 검출하고 이를 기반으로 관심영역을 획득하는 방법이 연구되었다.^[2] 번호판을 기준으로 좌 혹은 우 방향 우 범퍼 부분을 고정적으로 관심영역을 획득하는 연구되었다.^[3] 차량의 에지 영상을 구하여 에지 부분을 피하며 다소 균일한 부분의 대표 색상을 추출하는 연구되었다.^[4] 차량의 부분을 템플릿 형태 단어로 획득하고 인식하는 Bag-of-words 기반 방법이 연구되었다.^[5] 그 외에 스케일에 무관한 특징점으로 알려진 SURF(Speed Up Robust Feature)를 대칭적으로 활용하여 차량 인식 후 관심영역을 얻는 방법이 연구되었다.^[6] 또한 SVM(Support Vector Machine)을 기반으로 차량의 종류를 분류하고 색상분류를 수행하는 알고리즘^[7]이 연구되었다.

하지만 기존 연구 방법들은 대표색상 선정 시 복잡

한 차량의 색상 정보에서 사전에 정의된 영역을 관심영역으로 획득한다. 또한 한 개의 관심영역을 사용하기 때문에 범퍼색상이 차량과 동일하지 않거나 차량 색상이 투 톤일 경우, 후드영역의 태양광 반사, 후드영역에 글씨 스티커가 붙어있는 차량에 대해 대표색상 정보 획득이 어렵다.

본 논문에서는 들로네 삼각화(Delaunay Triangulation) 기반 신뢰성 있는 차량 대표색상 참조영역을 획득 후, 색상 분류를 수행하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 복잡한 차량 색상 정보에서 대표색상이라 할 수 있는 영역을 적응적으로 추출하여 색상 분류에 필요한 데이터의 양을 줄인다. 또한 기존연구 방법에서 사전에 정의된 영역을 차량의 대표색상으로 추출하는 방법으로 해결할 수 없는 영상에 대해 강인한 효과를 나타낸다. 또한 대표색상 참조영역의 사각형 마다 다중 클래스 아다부스트 알고리즘(Multi-class Adaboost)을 통해 차량의 색상을 분류할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 대표색상 참조영역을 추출 및 색상분류에 사용된 알고리즘과 구체적인 방법을 제시한다. III장에서는 실험을 통해 관심영역 검출률과 색상 분류 결과를 제시하여 제안한 알고리즘의 성능을 평가하고, IV장에서는 결론을 맺고 추후 개선될 사항에 대해 언급한다.

II. 본 론

차량 색상 분류 시 영상에서 후드영역의 포화, 투 톤의 색상, 로고와 글씨 스티커는 대표색상 추출에 어려움을 준다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 신뢰성

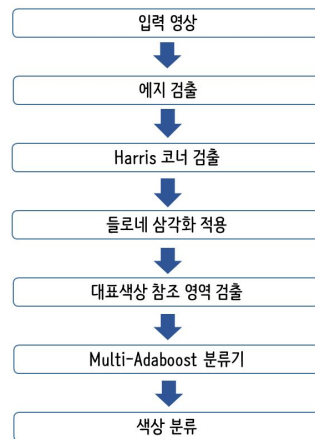


그림 1. 제안한 알고리즘 흐름도
Fig. 1. The proposed algorithm flow chart.

있는 대표색상 참조영역을 획득하는 연구를 수행하였다. 본 논문에서는 들로네 삼각화를 통해 균일한 영역의 색상 패치를 획득한다. 또한 색상 패치 영역에 대해 다중 클래스 아다부스트 분류기를 통해 7가지의 차량의 색상을 분류하는 알고리즘을 제안한다. 그림 1은 제안한 알고리즘의 흐름도이다.

2.1 에지 검출

본 연구에서는 해당 영상의 코너 특징 점을 검출하기 위해 소벨이 제안한 소벨 연산자(Sobel operator)를 통해 에지를 검출한다.^[8] 소벨 연산자는 일차 미분 값을 기반한 윤곽선을 검출기이다. 에지 추출 시 수직 마스크, 수평 마스크, 대각 마스크를 적용하여 모든 방향의 윤곽선을 추출할 수 있다. 또한 유사한 방법인 프레윗의 방법 보다 잡음에 강인하다.^[10] 소벨 마스크는 대각선 방향 에지에 민감하게 반응하지만 프레윗 마스크는 대각선 방향 에지보다 수직, 수평에지에 반응하는 특징이 있다.

그림 2에서 각각 수직, 수평, 두 대각의 소벨 마스크를 보여준다. 해당 마스크를 통해 모든 방향의 에지를 검출할 수 있다. 그림 3은 차량영상에 대해 소벨 에지를 검출한 영상이다.

-1	0	1	-1	-2	-1	0	1	2	-2	-1	0
-2	0	2	0	0	0	-1	0	1	-1	0	1
-1	0	1	1	2	1	-2	-1	0	0	1	2

그림 2. 소벨 에지 마스크 수직, 수평, 두 대각 방향
Fig. 2. Vehicle edge detection using sobel edge operator.



그림 3. 소벨 에지 연산자를 이용한 차량영상 에지검출
Fig. 3. Vehicle edge detection using sobel edge operator.

2.2 Harris 코너 검출

해리스 코너 검출기는 Moravec의 방법을 수정 보완한 것으로 미분 값에 기반을 둔 검출 방법이다.^[9] 코

너 응답 함수(CRF; Corner Response Function)을 기반으로 코너를 파악한다. CRF는 코너의 존재 여부를 판별한다. 가우시안 윈도우 함수를 사용하여 노이즈에 대한 민감도를 저감하며, 테일러 확장을 통해 미소 변위에 대하여 측정이 가능하다. 그레이 스케일 영상의 밝기 값의 밝기 변화 $E(u, v)$ 를 식 (1)과 같이 정의한다.

$$E(u, v) \approx \sum_{x,y} w(x, y) [I(x, y) + uI_x + vI_y - I(x, y)]^2 \approx \sum_{x,y} w(x, y) [u^2 I_x^2 + 2uv I_x I_y + v^2 I_y^2] \quad (1)$$

여기서 $w(x, y)$ 는 해당 위치의 윈도우, u 는 x 방향으로 변위, v 는 y 방향으로 변위를 나타낸다. 식 (1)을 행렬 형태로 정렬한다.

$$E(u, v) \approx [u, v] \left(\sum_{x,y} w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \approx [u, v] M \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (2)$$

where $M = \sum_{x,y} w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$

식 (2)에서 M 은 대칭 행렬이므로 이를 분해하면,

$$M = Q^T A Q$$

$$E(u, v) \approx [u, v] Q^T A Q \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \approx [u', v'] A \begin{bmatrix} u' \\ v' \end{bmatrix} \approx A_{1,1} (u')^2 + A_{2,2} (v')^2 \quad (3)$$

식 (3)이 된다. $E(u, v)$ 는 두 개의 고유 값 A 에 의해 결정된다. 이 두 고유 값 모두 충분히 큰 값이면 픽셀 (x, y) 는 코너로 판단한다. 코너응답함수는 식 (4)를 통해 구할 수 있다.

$$CRT(x, y) = \det(M) - k \cdot \text{Trace}(M)^2$$

$$\det(M) = A_{1,1} A_{2,2}$$

$$\text{Trace}(M) = A_{1,1} + A_{2,2} \quad (4)$$

여기서 $A_{1,1}$, $A_{2,2}$ 는 행렬 M 의 고유 값이다. $A_{1,1} \geq A_{2,2}$ 이라 하면 영상 변화량 $E(u, v)$ 는 윈도우를 $A_{1,1}$ 의 고유벡터 방향으로 이동시킬 때 최대가 되고, $A_{2,2}$ 의 고유벡터 방향으로 이동시킬 때 최소가 된다. $A_{1,1}$, $A_{2,2}$ 가 모두 큰 값이면 코너로 판단하여 검

출한다.

본 연구에서는 그림 3과 같은 입력영상에 대해 Harris 코너 검출기를 사용하여 영상의 코너 특징 점을 검출한다.

해당 결과 그림 4를 통해 차량 영상에서 차량 후드 영역에 대비 헤드라이트, 제조사 로고, 전면부와 같이 영역 복잡성이 높은 에지가 많은 영역이 높은 밀도의 코너 포인트가 검출된 것을 확인 할 수 있다.

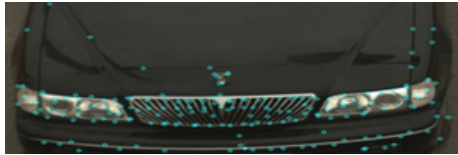


그림 4. 헤리스 코너 검출기를 이용한 차량영상 특징검출
Fig. 4. Vehicle feature detection using Harris corner detector.

2.3 들로네 삼각화를 통한 차량 영역 분할

본 연구에서는 대표색상 추출을 위해 Boris N. Delaunay에 의해 제안된 영역 분할 알고리즘을 이용한다.^[11] 평면 위의 점들을 삼각형으로 연결하여 분할할 수 있다. 각 삼각형의 내각의 최대값이 최소가 되도록, 즉 최대한 정삼각형에 가까운 삼각형이 되도록 하는 영역 분할 방법이다.

이후 삼각형 내부의 차량 색상 정보를 영상처리 시 용이하게 하기 위해 삼각형 내부의 정사각형 패치영

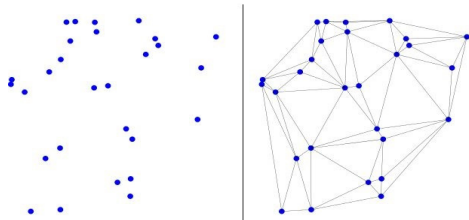


그림 5. 들로네 삼각화 수행 결과 예시
Fig. 5. Example of the result of Delaunay triangulation.

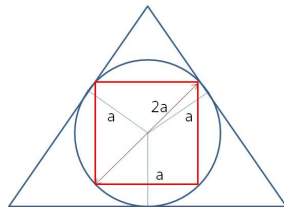


그림 6. 삼각형 내부의 사각형 패치영역 획득 방법
Fig. 6. How to acquire a rectangular patch area inside a triangle.

역을 대표색상 참조영역으로 그림 6과 같이 결정한다.

각 삼각형에서 내심을 구하고 내접원의 반지름의 두 배 길이의 대각선을 갖는 정사각형의 중심을 삼각형의 내심과 일치시켜 정사각형 영역을 대표색상 참조영역으로 정한다. 다수의 삼각형 내에 대표색상이라 할 수 있는 사각형 패치 영역을 얻을 수 있다. 검출된 코너 포인트의 밀도가 낮다면 에지가 존재하지 않는 균일한 영역임을 확인할 수 있다. 따라서 들로네 삼각화 수행 결과 삼각형의 크기가 크게 형성된다. 그림 7은 삼각형 내부의 사각형 패치 영역이 획득된 결과영상을 보여준다.

본 연구에서는 삼각형을 넓이 순으로 나열하여 가장 큰 삼각형을 선택한다. 이후 해당 삼각형의 색상과 세변을 공유하는 삼각형의 색상의 유사도를 계산한다. 색상의 유사도가 일정 이상이 되면 변을 공유하는 삼각형과 처음 선택된 가장 큰 삼각형에서 그림 6과 같이 대표색상 참조영역으로 선택한다. 그림 8과 같이 대표색상 참조영역으로 부터 RGB와 HSV 칼라공간 각각 3채널 히스토그램 특징을 추출하고 벡터화 하여 학습을 진행한다.

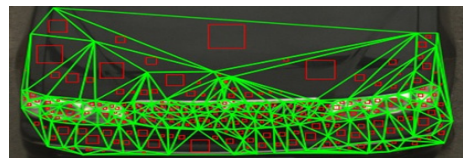


그림 7. 들로네 삼각화 및 사각형 패치 영역 획득
Fig. 7. Delaunay triangulation and rectangular patch area acquisition.

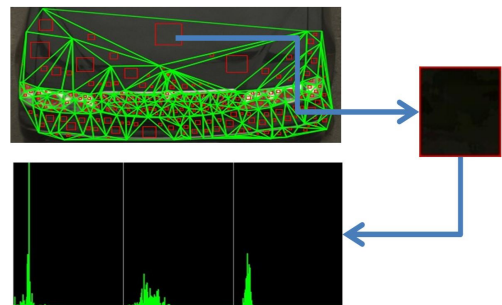


그림 8. 사각형 패치 영역에서 히스토그램 추출
Fig. 8. Histogram extraction from rectangular patch area.

2.4 다중 클래스 아다부스트를 이용한 색상 학습
아다부스트 알고리즘은 분류 문제에 대해서 약 분류기를 선형적으로 클래스 영역을 나누어 이진 분류를 수행한다.^[12] 먼저 약 분류기를 이용하여 샘플들을

인식하고 Positive 샘플들에 대해서 가중치를 감소시키고, Negative 샘플들에 대해서는 가중치를 증가시켜서 다음 약 분류기에 반영된다. 강 분류기는 각 과정에서 생성된 약 분류기들의 조합으로 구성한다. 분류 문제에서 분류 대상이 2개 이상 클래스라면 아다부스트 계산식 식(5)에서 식(6)으로 다중 클래스 분류 문제로 수정한다.^[13]

$$a^{(m)} = \log \frac{1 - err^{(m)}}{err^{(m)}} \quad (5)$$

$$a^{(m)} = \log \frac{1 - err^{(m)}}{err^{(m)}} + \log(K - 1) \quad (6)$$

III. 실험

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 사용된 PC는 Intel Core i7 CPU, 8G Byte Memory이다. 개발환경은 Visual Studio 2013 Compiler이며, OpenCV (Open Source Computer Vision) 라이브러리를 이용하여 구현하였다. 영상들은 주간 07:00~18:00에 각각 다른 도로 배경에서 획득했다. 실험에 사용된 영상은 정지 영상이며 아래 그림 9과 같이 획득한다.

길 어깨에 설치된 2메가 픽셀 해상도 카메라로 차량 전면 영상을 획득한다. 원본 영상의 크기는 1624×1224픽셀이며, 실험에 사용하기 위해 번호판 영역을 중심으로 번호판 너비의 1.2배로 번호판 양 옆 영역, 번호판 높이의 5배를 하여 영상을 분할한다. 분할된 영상의 예시를 그림 9를 통해 나타냈다.

기존 연구방법은 사전에 정의된 영역을 관심 영역으로 획득하기 때문에 후드영역 포화, 글씨 스티커, 투 톤 색상의 차량에 대해 올바른 색상정보를 획득할 수 없다. 그림 10은 기존 연구방법으로 어려운 예시 영상들이며, 제안한 방법의 성능 테스트하기 위해 사

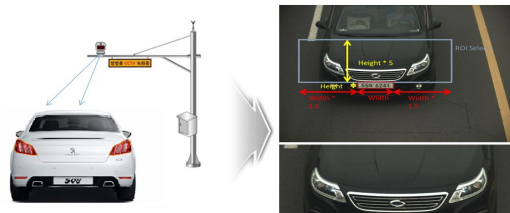


그림 9. 실험에 사용된 영상 획득 방법
Fig. 9. Image acquisition method used in experiment.



그림 10. 기존 연구방법으로 어려운 영상 예시
Fig. 10. Examples of difficult images using existing research methods.

용된 영상에 포함되어 있다. 본 연구에서 제안한 대표색상 참조영역 검출 방법을 테스트하기 위해 총 7가지 색상 검은색, 회색, 은색, 흰색, 청색, 빨간색, 노란색 영상을 사용하였다. 총 1602장의 영상을 통해 대표색상 참조영역 검출 성능을 테스트 하였다.

그림 10에 대해서 제안한 방법을 통해 대표색상 참조영역을 추출한 결과를 그림 11을 통해 확인할 수 있다. 사용된 영상은 기존의 연구방법을 통한 대표색상 참조영역을 추출하는데 한계가 있으며, 제안한 방법은 후드영역 포화, 글씨 스티커, 투 톤 색상의 차량

표 1. 테스트 차량 영상 수
Table1. Number of Test vehicle images.

색상	영상 수
검은색	403
회색	214
은색	403
흰색	403
청색	193
빨간색	32
노란색	10
합계	1602

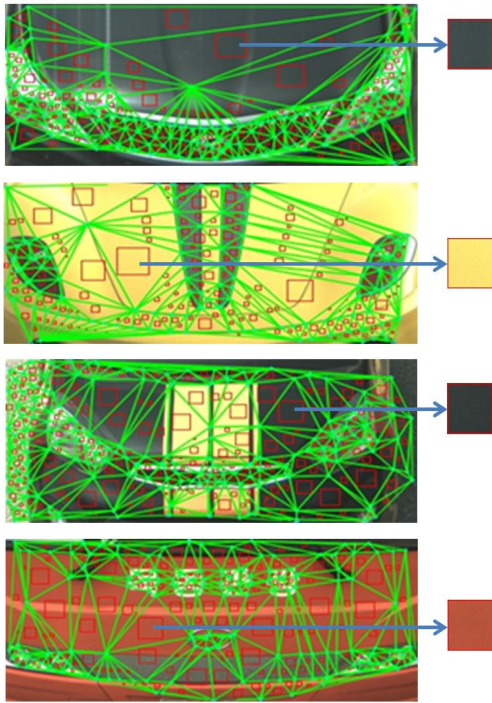


그림 11. 제안한 방법을 통해 대표색상 참조영역 추출
Fig. 11. Extract the representative color reference region through the proposed method.

등 방해요소에 영향을 덜 받으며 강인한 결과를 보여 준다.

3.1 대표색상 참조영역 검출률

Ground Truth를 기반으로 획득된 사각형 패치가 차량의 대표색상의 영역에 존재하는지 여부를 통해 대표색상 참조영역 검출률을 계산한다.

실험결과 제안한 알고리즘은 96.3%의 우수한 대표색상 검출률을 보였으며, 영상의 특성에 따라 대표색

표 2. 제안한 방법의 대표색상 참조영역 검출률
Table 2. The representative color reference area detection rate of the proposed method.

색상	검출률(%)
검은색	96.77%
회색	98.13%
은색	98.01%
흰색	94.29%
청색	93.30%
빨간색	93.75%
노란색	100%
평균 검출률	96.3%

표 3. 대표색상 참조영역 검출률 비교
Table 3. Comparison of Representative color reference area detection rate.

방법	대표색상 검출률
제안 알고리즘	96.3%
Kwak 알고리즘[4]	93.5%

상 참조영역을 적응적으로 획득할 수 있다. 기존 알고리즘^[4]은 우수한 검출성능을 보여주지만, 영상의 중앙부를 슬라이딩하며 대표색상 참조영역을 추출하기 때문에 영상의 중앙부에 차량의 대표색상이 존재하지 않을 경우 검출이 어려운 문제점을 갖고 있다.

3.2 차량 색상 분류율

본 논문에서는 총 7가지 차량 색상 검은색, 회색, 은색, 흰색, 청색, 빨간색, 노란색의 분류율을 계산한다. 제안한 대표색상 참조영역 검출 방법을 통해 검출된 차량 영상 1595장에 대해 색상의 분류율을 표 4과 같이 나타냈다.

실험결과 은색 차량영상을 제외한 차량색상 분류율은 95.94%로 우수한 성능을 보였다. 하지만 은색 차량의 색상 분류율은 72.91% 다른 색상에 비해 낮은 수치를 보였으며, 대부분 흰색 차량으로 분류되었다. 은색 차량의 후드영역에 반사광의 영향을 받는 경우 흰색차량과 유사한 특징을 갖게 된다.

표 5는 제안한 알고리즘과 기존 색상분류 알고리즘^[3,4]의 색상 분류율을 나타낸 결과이다.

기존 알고리즘의 차량색상 분류율 비교를 통해 제안한 알고리즘의 우수성을 증명하였다. 기존 알고리즘인 Yammei의 알고리즘은 변환된 영역을 기준으로 절대대위에 대표색상 참조영역을 부여하는 방법으로 부

표 4. 차량 색상 분류율 및 혼동행렬
Table 4. Vehicle color classification rate and confusion matrix.

분류 결과	검은색	회색	은색	흰색	청색	빨간색	노란색	분류율
검은색	359	21	0	3	7	0	0	92.05%
회색	8	200	0	2	0	0	0	95.24%
은색	2	12	288	92	1	0	0	72.91%
흰색	0	4	17	359	0	0	0	94.47%
청색	8	3	0	0	169	0	0	93.89%
빨간색	0	0	0	0	0	30	0	100%
노란색	0	0	0	0	0	0	10	100%

표 5. 기존 알고리즘과 색상분류율 비교
Table 5. Comparison of color classification rates with existing algorithms.

방법	색상 종류	색상 분류율(%)
제안 알고리즘	7가지 색상	92.7%
Yammei 알고리즘[3]	4가지 색상	75%
Kwak 알고리즘[4]	9가지 색상	88.8%

여한 참조영역이 후드영역의 포화, 투 톤의 색상 그리고 로고와 글씨 등의 장애물이 존재하여 차량의 주도적인 색상과 상이할 경우 차량 색상분류가 어렵다. 제안한 알고리즘은 차량 영상에서 장애물을 피하여 균일한 영역을 차량의 대표 색상영역을 적응적으로 획득하여 문제점을 극복했다.

Kwak의 알고리즘은 영상 중앙부를 슬라이딩하며 에지의 총합을 고려하여 관심영역을 부여한다. Yammei의 알고리즘과 마찬가지로 영상 중앙부에 대표색상이 아닌 다른 색상이 주도적인 형태를 보일 경우 색상 분류가 어렵다. 또한 추출된 대표색상으로부터 색상 분류 시 Yammei, Kwak의 알고리즘 모두 HSV 칼라공간에서 Hue의 값에 분류하고자 하는 색상의 범위 값을 부여하여 색상분류를 수행하였다. 따라서 작은 조명 변화에 강인한 색상 분류가 어렵다.

IV. 결 론

본 논문에서는 들로네 삼각화를 기반으로 차량 영상에서 대표색상을 추출하고 색상분류를 수행한다. 제안한 알고리즘은 복잡한 차량의 색상 정보에서 대표 색상이라 할 수 있는 영역을 사전에 정의하지 않고 적응적으로 획득 할 수 있으며 대표색상을 추출함으로써 색상분류 시 분석해야할 데이터의 양을 축소하는 효과를 준다. 또한 대표색상 추출에 방해가 되는 후드 영역의 포화, 차량에 새겨진 글씨 혹은 로고, 투 톤의 차량에서도 주도적인 색상에 대해 대표색상을 추출하는 정확도가 높다. 이후 다중 클래스 아다부스트 알고리즘을 통해 최종 차량 색상을 관심영역에 대해 부여한다. 적응적인 사각형 패치획득을 통해 신뢰성 있게 차량을 분류할 수 있다. 이를 기반으로 ITS 구축에 필요한 번호판 및 차종 외에 차량 색상을 데이터화 할 수 있으며 활용도가 높다. 실제 Ground Truth기반 차량 대표색상 검출률은 96.3%이며, 평균 수행속도는

16ms 이다. 차량 색상 평균 분류율은 92.7%이며, 평균 수행속도는 36ms이다.

하지만 은색 차량이 흰색으로 분류되는 경향이 있기 때문에 적합한 칼라 공간 연구가 필요하다. 또한 주간 영상을 통해서 제안한 방법의 성능을 입증하였기 때문에 기상 변화 눈, 비가 내리는 경우 등 기상변화여부 또는 영상 획득 시간이 낮 시간이 아닌 야간일 경우를 고려하여 차량의 대표색상 추출 및 색상 분류가 가능한 추후 연구가 필요하다.

References

- [1] D. George and P. Demestichas, "Intelligent transportation systems," *IEEE Veh. Technol. Mag.*, vol. 5, no. 1, pp. 77-84, Mar. 2010.
- [2] D. Erida, M. Gokmen, and M. S. Beratoglu, "A convenient feature vector construction for vehicle color recognition," in *Proc. NN'10/EC'10/FS'10*, pp. 250-255, Iasi, Romania, Jun. 2010.
- [3] D. Yanmei, M. Pei, and X. Qin, "Vehicle color recognition based on license plate color," *2014 10th Int. Conf. IEEE, CIS*, pp. 264-267, Kunming, China, Nov. 2014.
- [4] M. H. Kwak and H. J. Lee, "Algorithm development for color recognition using the front color of vehicles," *IEEK Summer Conf.*, pp. 856-859, Jeju Island, Korea, 2013.
- [5] C. Pan, X. Bai, and W. Liu, "Vehicle color recognition on urban road by feature context," *IEEE Trans. Intell. Trans. Syst.*, vol. 15, no. 5, pp. 2340-2346, Oct. 2014.
- [6] C. L. Chih, H. J. Wei, C. H. Fen, and T. T. Hsien, "Real-time vehicle color identification using symmetrical SURFs and chromatic strength," *IEEE ISCAS*, pp. 24-27, Lisbon, Portugal, May 2015.
- [7] Y. C. Wang, C. C. Han, C. Hsieh, and K. C. Fan, "Vehicle color classification using manifold learning method from urban surveillance videos," *EURASIP J. Image and Video Process.*, vol. 2014, no. 1, p. 1, Oct. 2014.
- [8] C. John, "A computational approach to edge

detection,” *IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell.*, vol. 8, no. 6, pp. 679-698, Nov. 1986.

- [9] C. Harris and M. Stephens, “A combined corner and edge detector,” *Alvey Vision Conf.*, vol. 15, no. 50, pp. 147-151, 1988.
- [10] N. R. Mehra and L. Sharma, “Comparative analysis of canny and prewitt edge detection techniques used in image processing,” *IJETT*, vol. 28, no. 1, pp. 48-53, Oct. 2015.
- [11] D. Boris, “Sur la sphère vide,” *Bulletin de l’Académie des Sciences de l’URSS Classe des sciences mathématiques et naturelles*, vol. 6, pp. 793-800, 1934.
- [12] F. Yoav, R. Schapire, and N. Abe, “A short introduction to boosting,” *J.-Japanese Soc. For Artificial Intell.*, vol. 14, no. 5, pp. 771-780, Sept. 1999.
- [13] J. zhu, H. zou, S. rosset, and T. Hastie, “Multi-class adaboost,” *Statistics and its Interface*, vol. 2, no. 3, pp. 349-360, Feb. 2009.

안 호 연 (Ho-yeon Ahn)



2016년 2월 : 아주대학교
산업공학과 졸업
2016년 3월~현재 : 경북대학교
전자공학부 석사과정
<관심분야> 영상신호처리, 머
신러닝, 컴퓨터비전

김 광 주 (Gwang-ju Kim)



2010년 2월 : 경북대학교 전자
전기컴퓨터공학과 졸업
2013년 2월 : 포항공과대학교 전
자전기공학공학 석사졸업
현재 : 한국전자통신연구원 대경
권 연구센터 연구원

<관심분야> 영상신호처리, 머신러닝, 컴퓨터비전

박 길 흠 (Kil-houm Park)



1982년 2월 : 경북대학교 전자공
학과 졸업
1984년 2월 : 한국과학기술원 전
기전자공학 석사졸업
1990년 2월 : 한국과학기술원 전
기전자공학 박사졸업
1990년~현재 : 경북대학교 전자
공학부 교수

<관심분야> 영상신호처리, 패턴인식, 영상압축