

## 색상과 에지 공분산 특징을 이용한 변화영역 검출

김동근<sup>\*</sup>, 황치정<sup>2</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 컴퓨터공학부, <sup>2</sup>충남대학교 컴퓨터공학과

### Change Area Detection using Color and Edge Gradient Covariance Features

Dong-Keun Kim<sup>\*</sup>, Chi-Jung Hwang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Division of Computer Science and Engineering, Kongju National University

<sup>2</sup>Dept. of Computer Engineering, Chungnam National University

**요약** 본 논문은 카메라로부터 획득한 컬러 비디오 영상에서 컬러 색상과 에지 그래디언트의 공분산 행렬에 기반한 영상의 변화영역을 검출하는 방법을 제안한다. 컬러 비디오 영상은 RGB 영상 대신에 밝기정보와 색상정보가 분리된 YCbCr 컬러 비디오 포맷을 사용한다. CbCr-채널로부터 컬러의 색상분포를 알 수 있는 컬러 공분산 행렬을 계산하며, Y-채널로부터는 영상의 에지 그래디언트 분포를 알 수 있는 공분산 행렬을 계산한다. 컬러 공분산 행렬과 에지 그래디언트 공분산 행렬은 배경영상으로부터 적분영상을 사용하여 사각영역의 합계와 제곱 합계, 곱셈 합계를 효과적으로 계산하여 각 화소에서 빠르게 계산된다. 또한 시간에 따른 변화를 반영하기 위하여 배경영상과 입력영상의 가중평균에 의해 배경영상을 갱신한다. 현재 프레임에서의 배경영상으로부터의 변화영역은 컬러 공분산 행렬과 에지 그래디언트 공분산 행렬을 사용한 통계적 거리 측정인 마하라노비스 거리를 이용하여 검출한다. 고속도로의 컬러 비디오 영상의 실험결과에서 컬러색상과 그래디언트의 변화영역을 효과적으로 검출할 수 있었다.

**Abstract** This paper proposes a change detection method based on the covariance matrices of color and edge gradient in a color video. The YCbCr color format was used instead of RGB. The color covariance matrix was calculated from the CbCr-channels and the edge gradient covariance matrix was calculated from the Y-channels. The covariance matrices were effectively calculated at each pixel by calculating the sum, squared sum, and sum of two values' multiplication of a rectangle area using the integral images from a background image. The background image was updated by a running the average between the background image and a current frame. The change areas in a current frame image against the background were detected using the Mahalanobis distance, which is a measure of the statistical distance using covariance matrices. The experimental results of an expressway color video showed that the proposed approach can effectively detect change regions for color and edge gradients against the background.

**Keywords** : Change Detection, YCbCr color, Covariance, Integral images, Video

### 1. 서론

비디오 또는 감시목적으로 설치된 카메라에서 서로 다른 시간에 촬영된 두 영상 사이의 변화영역 검출은 비디오 감시, 원격탐사, 의료분야 진단, 수중탐사 등 많은

응용을 갖는다[1]. 특히, 비디오 감시는 기준이 되는 배경영상으로부터 비디오에서 움직이는 물체를 검출할 수 있으며, 검출영역을 추적 또는 물체의 종류를 식별하는 과정 등을 수행한다. 배경영상에서 변화영역을 검출하는 간단한 방법은 배경 차영상을 이용하는 방법이다[1-4].

\*Corresponding Author : Dong-Keun Kim(Kongju National University)

Tel: +82-41-521-9235 email: dgkim@kongju.ac.kr

Received September 2, 2015

Revised October 1, 2015

Accepted January 5, 2016

Published January 31, 2016

배경 차영상을 이용한 방법은 배경영상과 현재 입력 프레임과의 차영상을 이용하는 방법으로 구현이 간단하며, 효율적으로 이동물체를 검출할 수 있는 장점이 있다. 그러나 화소사이의 배경 차영상을 이용한 방법은 잡음과 바람, 카메라의 흔들림 등에 민감한 단점이 있다. 배경 차영상 방법은 배경영상을 계산하고, 시간변화에 따라 지속적으로 갱신하는 방법이 중요하다. 배경영상은 영상의 시간 평균, 중위수, 최빈수를 사용하는 방법이 있으나, 메모리 문제와 계산속도 문제로 대부분의 응용에서 배경영상과 입력영상의 가중치에 의한 이동평균을 계산하는 방법으로 배경영상을 갱신하는 방법을 사용한다. 배경 차영상을 이용하는 대부분의 방법은 밝기 값의 차이를 이용하고 있으나, 색상 정보, 에지, 코너점, 필터링 값 등 다양한 값을 사용하여 변화영역을 검출할 수 있다.

본 논문에서는 고정된 카메라로부터 획득한 비디오 영상에서 배경영상의 컬러색상과 에지 그래디언트의 공분산행렬을 이용하여 배경영상으로부터 현재 입력 프레임의 변화영역을 검출하는 방법을 제안한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 설명하고, 3장에서 제안된 변화영역 검출 방법을 설명하고, 4장에서는 실험 결과를 보이고, 끝으로 5장에서 결론과 앞으로의 연구 방향을 설명한다.

## 2. 관련연구

공분산행렬은 다변량 확률분포에서 서로 다른 확률변수 사이의 분포를 특징 짓는 중요한 도구이다[5-8]. 영상 처리 및 컴퓨터 비전 응용에서 화소의 위치, 에지, 코너점, 밝기 값, 컬러, 그래디언트 등의 다양한 특징의 공분산행렬은 특징 공간의 분포특성을 잘 나타내는 영역 묘사자로 물체검출 및 분할 등에 사용할 수 있는 등의 장점이 있지만, 계산시간이 많은 단점이 있다. 특히, 비디오 처리에서 각 화소 주위의 공분산행렬 계산은 시간이 많이 걸리는 작업이다. 주어진 사각영역의 공분산행렬의 계산은 같은 변수 또는 서로 다른 변수 사이의 곱셈 합계의 계산에 의한 평균으로 계산될 수 있다. 임의크기의 사각영역의 합계를 빠르게 계산할 수 있는 적분영상을 사용하면 공분산행렬을 빠르게 계산할 수 있다[6-11]. Kevin Mader and Gil Reese[5] 등은 배경차영상 방법으로 차량을 검출하고, 검출영역의 차량의 종류를 판단하

기 위해 공분산행렬을 사용하였다. O. Tuzel 등 [6]은 적분영상을 이용한 공분산행렬을 이용하여 물체검출을 위한 묘사자로 사용하였다. Geum-boon Lee[12,13] 등은 공분산행렬을 이용하여 이동물체를 추적하였다. W. Forstner는 두 공분산행렬 사이의 비교를 위한 거리를 일반화된 고유값을 이용한 거리를 계산하였다. DongKeun Kim[14]은 컬러 비디오에서 RGB 채널의 공분산행렬을 서로 다른 채널사이의 독립이라 가정하고, 공분산행렬의 대각요소인 각 채널의 분산을 적분영상으로 계산하여 변화영역을 검출하였다. 본 논문에서는 색상정보와 밝기정보가 분리된 YCrCb 컬러표현을 사용하여 컬러정보의 공분산행렬과 밝기채널로부터 계산된 에지 그래디언트 공분산행렬을 적분영상으로 계산하여 변화영역을 검출하였다.

## 3. 제안된 변화영역 검출

본 논문에서는 고정 카메라로부터 획득한 비디오 영상에서 컬러정보와 에지 그래디언트의 분포정보를 이용하여 변화영역을 검출하는 방법을 제안한다. [Fig. 1]은 제안된 변화영역 검출의 구성도이다. 비디오 프레임이 획득되면, 전처리 단계에서 가우시안 필터링으로 잡음을 제거하고, RGB 영상을 YCrCb 영상으로 변환하여 색상 채널(CrCb)과 밝기채널(Y)로 분리한다. 초기의 배경영상은 일정 시간동안 획득된 프레임을 평균하여 생성한다. 배경영상의 CrCb 채널의 색상정보로부터 적분영상을 계산하여 각 화소 주위의 사각영역에서 평균벡터와 공분산행렬을 계산하여 색상의 통계적 분포특성을 계산한다. 배경영상의 Y-채널의 밝기정보로부터 그래디언트를 계산하고, 그래디언트의 평균벡터와 공분산행렬을 계산하여 에지의 분포특성을 계산한다. 색상정보와 그래디언트의 평균벡터와 공분산행렬을 계산할 때 적분영상을 이용하여 빠르게 계산한다.

현재 입력 프레임을 색상채널(CrCb)과 밝기채널(Y)로 분리하여, 각 화소의 위치에서 배경영상의 색상과 그래디언트 공분산행렬을 이용하여 마하라노비스 거리를 이용하여 임계값보다 거리가 큰 영역을 검출하는 방법으로 변화영역을 검출한다. 검출된 변화영역 정보를 이용하여 배경영상을 갱신하고, 공분산행렬을 갱신한다.

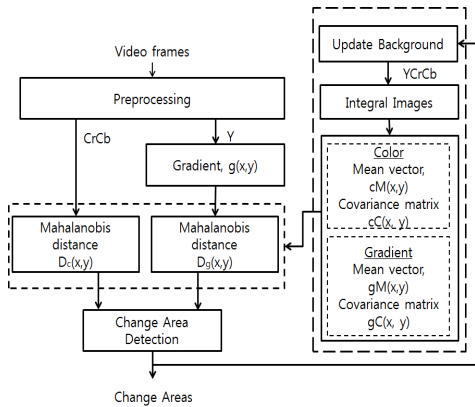


Fig. 1. Flowchart of the Proposed change detection

### 3.1 전처리

RGB 컬러로 획득된 입력 프레임의 각 채널에 가우시안 필터를 사용하여 잡음을 제거하고, 영상의 색상정보와 밝기정보를 분리하여 처리하기 위하여 식 (1)을 이용하여 YCrCb 영상으로 변환한다. Y-채널은 밝기 값, CrCb-채널은 색상 값을 나타낸다. Y-채널의 밝기 값은 에지변화를 계산하고, CrCb-채널의 색상 값은 색상의 변화를 계산한다.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

$$Cr = (R - Y)0.713 + 128$$

$$Cb = (B - Y)0.564 + 128$$

### 3.2 컬러 색상 공분산행렬

본 논문에서는 밝기 값과 색상 값을 분리하여 처리하며, 식 (2)을 이용하여 색상채널  $Cr(x,y)$ 와  $Cb(x,y)$ 에서 화소  $(x,y)$  주위의  $W \times H$  크기의 윈도우의 색상평균 벡터  $cM(x,y)$ 와  $2 \times 2$  공분산행렬  $cC(x,y)$ 을 계산하여 색상이 변하는 영역검출에 사용한다.

$$cM(x,y) = [E[Cr], E[Cb]] \quad (2)$$

$$cC(x,y) = \begin{bmatrix} cov(Cr, Cr) & cov(Cr, Cb) \\ cov(Cr, Cb) & cov(Cb, Cb) \end{bmatrix}$$

여기서,

$$cov(Cr, Cr) = var(Cr) = E[Cr^2] - E[Cr]^2$$

$$cov(Cb, Cb) = var(Cb) = E[Cb^2] - E[Cb]^2$$

$$cov(Cr, Cb) = E[CrCb] - E[Cr]E[Cb]$$

사각영역의 합계, 평균, 분산 등을 빠르게 계산하기 위하여 적분영상을 사용한다. [Fig. 2]와 식 (3)을 이용하여 적분영상  $sum(X, Y)$ 을 계산하고, 4개의 사각형 모서리 점  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_1, y_2)$ ,  $(x_2, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ 의 적분영상의 값을 이용하여 영역 A의 적분영상  $cRsum(X, Y)$ ,  $cBsum(X, Y)$ ,  $cRsum2(X, Y)$ ,  $cBsum2(X, Y)$ ,  $cXsum(X, Y)$ 을 계산한다.  $cRsum(X, Y)$ 과  $cBsum(X, Y)$ 는 Cr-채널과 Cb-채널의 적분영상이고,  $cRsum2(X, Y)$ 와  $cBsum2(X, Y)$ 는 Cr-채널과 Cb-채널의 제곱 적분영상이며,  $cXsum(X, Y)$ 는 Cb-채널과 Cr-채널의 곱셈의 적분영상이다.

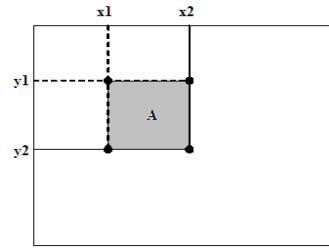


Fig. 2 Integral image

$$cRsum(X, Y) = \sum_{y \leq Y} \sum_{x \leq X} Cr(x, y) \quad (3)$$

$$cBsum(X, Y) = \sum_{y \leq Y} \sum_{x \leq X} Cb(x, y)$$

$$cRsum2(X, Y) = \sum_{y \leq Y} \sum_{x \leq X} Cr(x, y)^2$$

$$cBsum2(X, Y) = \sum_{y \leq Y} \sum_{x \leq X} Cb(x, y)^2$$

$$cXsum(X, Y) = \sum_{y \leq Y} \sum_{x \leq X} Cr(x, y) Cb(x, y)$$

식 (4)은 식 (3)의 적분영상을 이용하여  $x_1 \leq x \leq x_2$ ,  $y_1 \leq y \leq y_2$ 에 의해 정의되는 사각영역 A에서의 합계,  $sCr(A)$ ,  $sCb(A)$ ,  $s2Cr(A)$ ,  $s2Cb(A)$ ,  $sCrCb(A)$ 을 계산한다.

$$sCr(A) = cRsum(x_2, y_2) + cRsum(x_1, y_1) - cRsum(x_1, y_2) - cRsum(x_2, y_1) \quad (4)$$

$$sCb(A) = cBsum(x_2, y_2) + cBsum(x_1, y_1) - cBsum(x_1, y_2) - cBsum(x_2, y_1)$$

$$s2Cr(A) = cRsum2(x_2, y_2) + cRsum2(x_1, y_1) - cRsum2(x_1, y_2) - cRsum2(x_2, y_1)$$

$$s2Cb(A) = cBsum2(x_2, y_2) + cBsum2(x_1, y_1) - cBsum2(x_1, y_2) - cBsum2(x_2, y_1)$$

$$sCrb(A) = cXsum(x_2, y_2) + cXsum(x_1, y_1) - cXsum(x_1, y_2) - cXsum(x_2, y_1)$$

$sCr(A)$ 와  $sCb(A)$ 는 영역  $A$ 에서의 Cr-채널과 Cb-채널의 합계이고,  $s2Cr(A)$ 와  $s2Cb(A)$ 는 Cr-채널과 Cb-채널의 제곱합계이고,  $sCrb(A)$ 는 Cb-채널과 Cr-채널의 곱셈의 합계이다. 식 (2)의 CrCb-색상 채널의 평균벡터  $cM(x, y)$ 와 공분산행렬  $cC(x, y)$ 을 영역  $A$ 에서 평균벡터와 공분산행렬의 요소를 식 (3), (4)의 적분영상을 이용하여 식 (5), (6)와 같이 계산한다.  $(x, y)$ 가 중심인 사각영역  $A$ 의 평균벡터  $cM(x, y)$ 와 공분산행렬  $cC(x, y)$ 은 영역  $A$ 의 색상분포의 통계적 특징을 갖는다.

$$E[Cr(x, y)] = \frac{1}{N} sCr(A) \quad (5)$$

$$E[Cb(x, y)] = \frac{1}{N} sCb(A)$$

$$\begin{aligned} cov(Cr(A), Cr(A)) &= E[Cr(A)^2] - E[Cr(A)]^2 \\ &= \frac{1}{N} s2Cr(A) - E[Cr(A)]^2 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} cov(Cb(A), Cb(A)) &= E[Cb(A)^2] - E[Cb(A)]^2 \\ &= \frac{1}{N} s2Cb(A) - E[Cb(A)]^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} cov(Cr(A), Cb(A)) &= E[Cr(A)Cb(A)] - E[Cr(A)]E[Cb(A)] \\ &= \frac{1}{N} sCrb(A) - E[Cr(A)]E[Cb(A)] \end{aligned}$$

여기서  $N = (x_2 - x_1 + 1) \times (y_2 - y_1 + 1)$ 로 영역  $A$ 의 크기이다.

### 3.3 에지 그래디언트 평균 및 공분산행렬

배경영상과 현재 영상 프레임 사이의 밝기 값의 변화를 검출하는 대신에  $Y$ -채널 영상에서 에지 그래디언트

분포의 변화를 이용하여 변화영역을 검출한다. 픽셀사이의 에지변화는 잡음에 매우 민감하여,  $W \times H$  크기의 윈도우를 사용하는 영역에서의 에지 그래디언트 분포변화를 계산한다. 1차 미분 에지 연산자를 이용하여 에지의 그래디언트  $g(x, y) = (I_x, I_y)$ 을 계산하고, 식 (7)의 에지 그래디언트의 평균벡터  $gM(x, y)$ 와 공분산 행렬  $gC(x, y)$ 을 계산한다.

$$gM(x, y) = [E(I_x), E(I_y)] \quad (7)$$

$$gC(x, y) = \begin{bmatrix} cov(I_x, I_x) & cov(I_x, I_y) \\ cov(I_x, I_y) & cov(I_y, I_y) \end{bmatrix}$$

여기서,

$$cov(I_x, I_x) = var(I_x) = E(I_x^2) - E(I_x)^2$$

$$cov(I_y, I_y) = var(I_y) = E(I_y^2) - E(I_y)^2$$

$$cov(I_x, I_y) = E(I_x I_y) - E(I_x)E(I_y)$$

$$I_x = \frac{\partial Y(x, y)}{\partial x}, I_y = \frac{\partial Y(x, y)}{\partial y}$$

식 (7)의 에지 그래디언트의 평균벡터  $gM(x, y)$ 와 공분산행렬  $gC(x, y)$ 을 식 (8)의  $sumIx(x, y)$ ,  $sumIy(x, y)$ ,  $sum2Ix(x, y)$ ,  $sum2Iy(x, y)$ ,  $sumIxy(x, y)$  등의 적분영상을 이용하여 계산한다.

$$sumIx(X, Y) = \sum_{y \leq Y} \sum_{x \leq X} I_x(x, y) \quad (8)$$

$$sumIy(X, Y) = \sum_{y \leq Y} \sum_{x \leq X} I_y(x, y)$$

$$sum2Ix(X, Y) = \sum_{y \leq Y} \sum_{x \leq X} I_x(x, y)^2$$

$$sum2Iy(X, Y) = \sum_{y \leq Y} \sum_{x \leq X} I_y(x, y)^2$$

$$sumIxy(X, Y) = \sum_{y \leq Y} \sum_{x \leq X} I_x(x, y)I_y(x, y)$$

식 (9)는  $x_1 \leq x \leq x_2$ ,  $y_1 \leq y \leq y_2$ 에 의해 정의되는 사각영역  $A$ 에서 합계를 계산한다.  $sIx(A)$ 와  $sIy(A)$ 는 영역  $A$ 의  $I_x$ 와  $I_y$ 의 합계이고,  $s2Ix(A)$ 와  $s2Iy(A)$ 는  $A$ 영역에서의  $I_x$ 와  $I_y$ 의 제곱합계이고,  $sIxy(A)$ 는  $I_x$ 과  $I_y$ 의 곱셈의 합계이다.

$$sIx(A) = \text{sum}Ix(x2, y2) + \text{sum}Ix(x1, y1) - \text{sum}Ix(x1, y2) - \text{sum}Ix(x2, y1) \quad (9)$$

$$sIy(A) = \text{sum}Iy(x2, y2) + \text{sum}Iy(x1, y1) - \text{sum}Iy(x1, y2) - \text{sum}Iy(x2, y1)$$

$$s2Ix(A) = \text{sum}2Ix(x2, y2) + \text{sum}2Ix(x1, y1) - \text{sum}2Ix(x1, y2) - \text{sum}2Ix(x2, y1)$$

$$s2Iy(A) = \text{sum}2Iy(x2, y2) + \text{sum}2Iy(x1, y1) - \text{sum}2Iy(x1, y2) - \text{sum}2Iy(x2, y1)$$

$$sIxy(A) = \text{sum}Ixy(x2, y2) + \text{sum}Ixy(x1, y1) - \text{sum}Ixy(x1, y2) - \text{sum}Ixy(x2, y1)$$

$(x, y)$ 가 중심인 사각영역  $A$ 에서 에지의 그래디언트 벡터  $(I_x, I_y)$ 의 평균벡터  $gM(x, y)$ 는 식 (10)으로 계산하고, 공분산행렬  $gC(x, y)$ 는 식 (11)을 이용하여 계산한다. 그래디언트 평균벡터  $gM(x, y)$ 와 공분산행렬  $gC(x, y)$ 은 영역  $A$ 의 에지 그래디언트 분포의 통계적 특징을 갖는다.

$$E[I_x(A)] = \frac{1}{N}sIx(A) \quad (10)$$

$$E[I_y(A)] = \frac{1}{N}sIy(A)$$

$$\text{cov}(I_x(A), I_x(A)) \quad (11)$$

$$= E[I_x(A)^2] - E[I_x(A)]^2$$

$$= \frac{1}{N}s2Ix(A) - E[I_x(A)]^2$$

$$\text{cov}(I_y(A), I_y(A))$$

$$= E[I_y(A)^2] - E[I_y(A)]^2$$

$$= \frac{1}{N}s2Iy(A) - E[I_y(A)]^2$$

$$\text{cov}(I_x(A), I_y(A))$$

$$= E[I_x(A)I_y(A)] - E[I_x(A)]E[I_y(A)]$$

$$= \frac{1}{N}sIxy(A) - E[I_x(A)]E[I_y(A)]$$

여기서  $N = (x_2 - x_1 + 1) \times (y_2 - y_1 + 1)$  로 영역  $A$ 의 크기이다.

### 3.4 변화영역 검출

마하라노비스(Mahalanobis) 거리는 공분산행렬의 역행렬을 사용하여 계산하기 때문에 데이터의 상관관계를 반영한 통계적 거리를 계산한다[15-16]. 영상처리, 컴퓨터 비전에서 마하라노비스 거리는 아웃라이어 검출 및

클러스터 사이의 거리계산에 사용된다. 본 논문에서는 식 (12), 식 (13)의 마하라노비스 거리,  $D_c(x, y)$ 와  $D_g(x, y)$ 을 사용하여 배경영상으로부터 현재 입력된 프레임 영상의 변화영역을 검출한다.

$$D_c(x, y) = [(Crb^t(x, y) - cM(x, y))cC(x, y)^{-1} (Crb^t(x, y) - cM(x, y))]^{0.5} \quad (12)$$

$$D_g(x, y) = [(g^t(x, y) - gM(x, y))gC(x, y)^{-1} (g^t(x, y) - gM(x, y))]^{0.5} \quad (13)$$

식 (12)에서  $Crb^t(x, y)$ 는 시간  $t$ 에서 입력 프레임 영상의 CrCb-채널이고,  $cM(x, y)$ 와  $cC(x, y)$ 는 배경영상  $B(x, y)$ 로부터 계산된 색상정보 CrCb-채널의 평균벡터와 공분산행렬이고  $cC(x, y)^{-1}$ 는 공분산행렬의 역행렬이다. 식 (13)에서  $g^t(x, y)$ 는 시간  $t$ 에서 입력 프레임의 Y-채널의 에지 그래디언트 벡터이고,  $gM(x, y)$ 와  $gC(x, y)$ 는 배경영상  $B(x, y)$ 의 Y-채널의 에지 그래디언트 벡터의 평균벡터와 공분산행렬이고  $gC(x, y)^{-1}$ 는 공분산행렬의 역행렬이다.  $D_c(x, y)$ 는 현재 입력영상의  $(x, y)$  위치의 CrCb-채널의 색상정보가 배경영상의 색상분포로부터 통계적 거리를 측정하는 값이며,  $D_g(x, y)$ 는 현재 입력영상의  $(x, y)$  위치의 밝기정보의 에지 그래디언트의 배경영상의 에지 그래디언트 분포로부터 통계적 거리를 측정하는 값이다. 변화영역  $M(x, y)$ 는 식 (14)에 의해  $D_c(x, y)$ 의 값이 임계값  $T_1$ 보다 크거나  $D_g(x, y)$ 의 값이 임계값  $T_2$ 보다 큰 위치를 변화영역으로 검출한다. 빠른 속도의 검출을 위하여 겹치지 않는 블록영역 단위로 검출할 수 있다. 후처리를 통하여  $M(x, y)$ 에서 고립된 검출위치를 제거하고 레이블링을 적용하여 보다 큰 영역을 검출할 수 있다.

$$M(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{if } D_c(x, y) > T_1 \text{ or } D_g(x, y) > T_2 \\ 0 & \text{o.w} \end{cases} \quad (14)$$

### 3.5 배경영상 갱신

시간의 변화에 따른 배경영상의 변화를 고려하기 위하여 식 (15)을 사용하여 변화영역으로 판단된 위치에서 배경영상을 가중평균을 이용하여 시간에 따라 갱신한다.  $\alpha$ 는  $[0, 1]$  사이의 가중치이다.

$$B^t(x, y) = \alpha \times I^t(x, y) + (1 - \alpha) \times B^t(x, y) \quad (15)$$

$$\text{if } M(x, y) = 255$$

$$= B^{t-1}(x, y) \quad \text{o.w}$$

배경영상이 식 (15)에 의해 갱신되면 갱신된 위치에서 식 (2)의 색상평균 벡터  $cM(x, y)$ 와 공분산행렬  $cC(x, y)$ 와 식 (7)의 에지 그래디언트의 평균벡터  $gM(x, y)$ 와 공분산 행렬  $gC(x, y)$ 을 다시 계산한다.

#### 4. 구현 및 결과

본 논문에서 제안한 변화영역 검출방법을 인텔 펜티움 3.2GHz, 4GB의 PC에서 비주얼 스튜디오와 OpenCV를 사용하여 구현하고 실험하였다. 실험 비디오는 720×480×24비트의 해상도에 24fps 속도의 고속도로 비디오 영상이다. 컬러색상 및 에지 그래디언트의 2×2 공분산행렬을 계산하기 위한 윈도우 크기는 5×5를 사용하였다. [Fig. 3], [Fig. 4], [Fig. 5]는 t = 10에서 실험결과이다. [Fig. 3]은 식 (14)의 색상변화 검출을 위한 임계값  $T_1 = 10$ 으로 하여 색상변화가 있는 영역을 연두색으로 검출한 결과이고, [Fig. 4]는 식 (14)의 색상변화 검출을 위한 임계값  $T_2 = 30$ 으로 하여 에지 그래디언트 변화가 있는 영역을 빨강색으로 검출한 결과이다. [Fig. 5]는 색상변화 및 에지 그래디언트에 의해 변화영역을 검출한 결과이다. 후처리 과정에서 잡음에 의해 검출된 고립점을 제거하였다. [Fig. 6], [Fig. 7], [Fig. 8]는 t = 215에서 실험결과로 임계값은 [Fig. 3], [Fig. 4], [Fig. 5]와 같다. [Fig. 6]은 색상변화가 있는 영역을 연두색으로 검출한 결과이고, [Fig. 7]은 에지 그래디언트 변화가 있는 영역을 빨강색으로 검출한 결과이다. [Fig. 8]은 색상변화 및 에지 그래디언트에 의해 변화영역을 검출한 결과이다. [Fig. 9]와 [Fig. 10]은 기존연구[4]로 RGB 컬러 비디오에서 RGB 채널의 공분산행렬을 서로 다른 채널사이는 독립이라 가정하고, 3×3 공분산행렬의 대각요소인 각 채널의 분산을 적분영상으로 계산하여 변화영역을 검출하는 방법으로 실험한 결과이다. [Fig. 9]는 t=10에서 임계값 TH=1.8로 검출한 결과이며, [Fig.10]은 t=215에서 임계값 TH=1.8로 검출한 결과이다. 본 논문의 제안결과인 [Fig. 5]와 [Fig. 8]는 컬러색상 뿐만 아니라 그래디언트 변화까지 변화영역을 안정적으로 검출함을 알 수 있다.

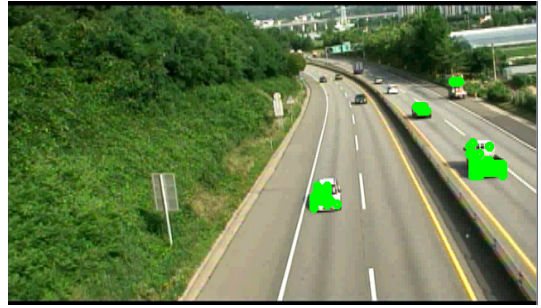


Fig. 3. t=10, Color change detection

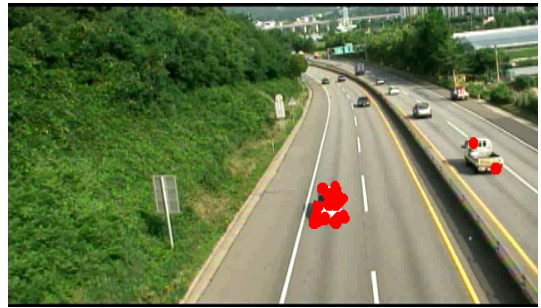


Fig. 4. t=10, Gradient change detection

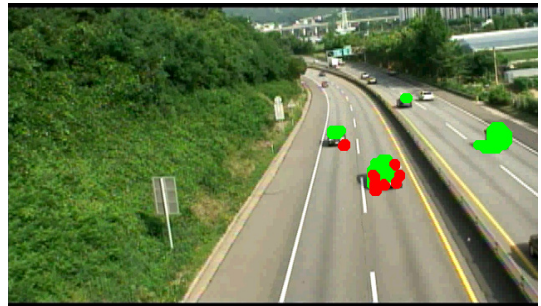


Fig. 5. t=10, Color and Gradient change detection

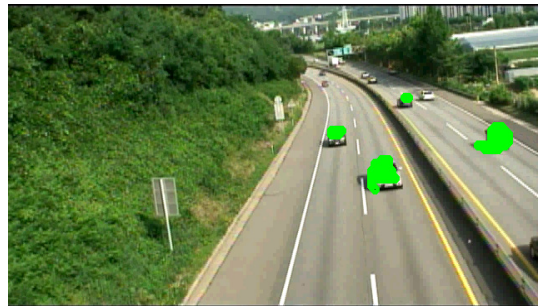


Fig. 6. t=215, Color change detection

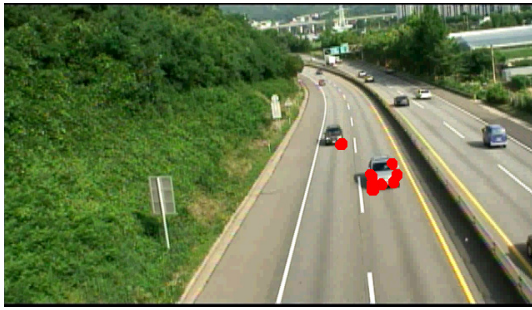


Fig. 7.  $t=215$ , Gradient change detection

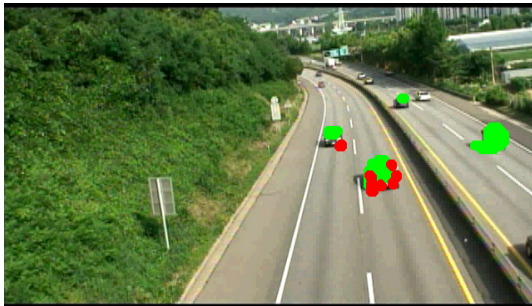


Fig. 8.  $t=215$ , Color and Gradient change detection

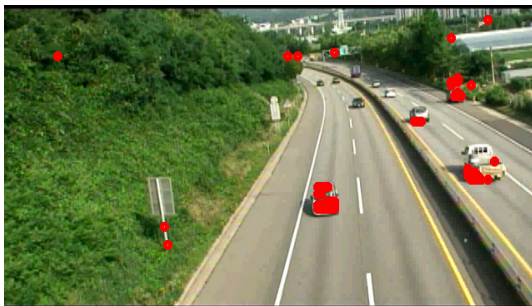


Fig. 9.  $t=10$ , RGB Color change detection

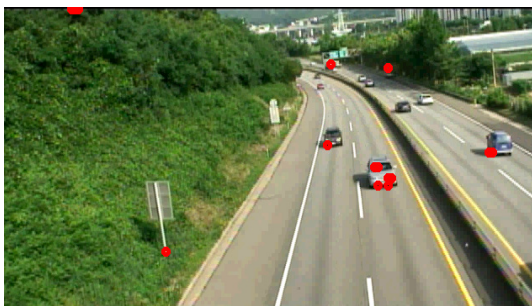


Fig. 10.  $t=215$ , RGB Color change detection

## 5. 결론

본 논문은 카메라로부터 획득한 비디오 영상에서 배경영상의 컬러색상과 에지 그래디언트의 공분산행렬을 적분영상을 이용하여 계산하고, 배경영상으로부터 현재 입력 프레임의 변화된 영역을 마하라노비스 거리를 이용하여 변화영역을 효율적으로 검출하는 방법을 제안하였다. 후속 연구로는 서로 다른 칼라모델, 고차원 공분산행렬, 카메라의 흔들림 보정 등은 후속 연구과제로 남긴다.

## 참고문헌

- [1] Richard J. Radke, et., al., "Image Change Detection Algorithms: A Systematic Survey." IEEE Trans. on Image processing, vol.14, no.3(2005), pp.294-307. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TIP.2004.838698>
- [2] Alan M. McIvor, "Background Subtraction Techniques," In Processings of Image & Vision Computing New Zealand, IVCNZ, 2000.
- [3] Massimo Piccardi, "Background subtraction techniques: a review," IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp.3099-3104, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/icsmc.2004.1400815>
- [4] C. Stauffer and E. Grimson, "Adaptive background mixture models for real-time tracking", CVPR, vol.2, pp. 246-252, 1998.
- [5] Kevin Mader and Gil Reese, "Using Covariance Matrices as Feature Descriptors for Vehicle Detection from a Fixed Camera," Digital Image Processing and Communication, <http://arxiv.org/pdf/1202.2528.pdf>, Boston University, 2006.
- [6] O. Tuzel 2006] O. Tuzel, F. Porikli, P. M. "Region covariance: A fast descriptor for detection and classification," ECCV, 2006
- [7] Fatih Porikli and Oncel Tuzel "FAST CONSTRUCTION OF COVARIANCE MATRICES FOR ARBITRARY SIZE IMAGE," WINDOWS
- [8] W. Forstner and W. Forstner, B. M. "A metric for covariance matrices. TR, Dept. of Geodesy and Geoinformatics, Stuttgart University, 1999.
- [9] F. Crow, "Summed-area tables for texture mapping", Proceedings of SIGGRAPH, 1984. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/800031.808600>
- [10] Paul Viola and Michael Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features" CVPR, 2001.
- [11] F. Porikli, "Integral Histogram: A fast way to extract histograms in Cartesian spaces", in Proceedings of CVPR. 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/cvpr.2005.188>
- [12] Geum-boon Lee and Beom-joon Cho, "A Novel Method for Moving Object Tracking using Covariance Matrix and Riemannian Metric," Journal of KIMICS vol.15,

no.2, pp.364-370, 2011.

- [13] Geum-boon Lee, "A Fast Moving Object Tracking Method by the Combination of Covariance Matrix and Kalman Filter Algorithm," JKIIICE, vol.19, no.6, pp.1477-1484, 2015.
- [14] Dongkeun Kim, "Change Detection using Integral Images in Color Video Sequences," Information vol. 18, pp.229-235, 2015.
- [15] Geoffrey John McLachlan, "Mahalanobis Distance," RESONANCE, 1999, pp20-26.
- [16] R. De Maesschalck, D. Jouan-Rimbaud, D.L. Massart, "The Mahalanobis distance," Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, vol. 50, pp. 1 - 18, 2000. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-7439\(99\)00047-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-7439(99)00047-7)
- [17] DongKeun Kim, "Moving Object Detection using Gaussian Pyramid based Subtraction Images in Road Video Sequences," Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, vol.12, no.12, pp.5856-5864. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.12.5856>

**황 치 정(Chi-Jung Hwang)**

[정회원]



- 1976년 2월 : 서강대학교 수학과 졸업(학사)
- 1979년 2월 : 서강대학교 수학과 졸업(석사)
- 1981년 5월 : 뉴욕주립대학 수학과 졸업(석사)
- 1985년 5월 : 코네티컷주립대학 전산과 졸업(석사)
- 1987년 5월 : 코네티컷주립대학 전산과 졸업(박사)
- 1987년 6월 ~ 1988년 2월 : 코네티컷주립대학전산과조교수
- 1988년 10월 ~ 현재 : 충남대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야>

영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식, 그래픽스

**김 동 근(Dong-Keun Kim)**

[정회원]



- 1989년 2월 : 충남대학교 계산통계학과(학사)
- 1991년 2월 : 충남대학교 계산통계학과(석사)
- 1996년 8월 : 충남대학교 전산학과(박사)
- 1996년 3월 ~ 2002년 2월 : 서남대학교 조교수
- 2002년 4월 ~ 2005년 2월 : 천안공업대학 컴퓨터과 조교수
- 2005년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 컴퓨터공학부 교수

<관심분야>

영상처리, 컴퓨터 비전, 패턴인식, 멀티미디어 응용