

논리연산을 이용한 주행차량 영상분할

Segmentation of Moving Multiple Vehicles using Logic Operations

최기호*(Kiho Choi)

Key Words : 논리연산, 주행차량, 영상분할

요 약

본 논문은 논리연산을 이용한 주행차량들의 영상분할 알고리즘을 제안하였다. 연속된 프레임 간에 XOR (Exclusive OR) 연산을 행함으로써 차영상을 구하였고, Laplacian 필터링, AND 연산, 팽창(dilation) 연산 등을 이용하여 주행차량들에 대해서만 에지들을 추출하고 이들을 영상분할 함으로써 기존방법에 비해 평활화 단계에서 나타날 수 있는 잡음을 제거하였고, 전처리 단계를 줄였으며, 알고리즘을 단순화 하였다. 또한 분할된 영상으로부터 컬러 등 주행차량의 특징을 직접 추출 가능토록 하였다.

30fps로 90,000프레임 이상 촬영 된 주행차량들을 대상으로 제안된 알고리즘의 우수성을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, a novel algorithm for segmentation of moving multiple vehicles in video sequences using logic operations is proposed. For the case of multiple vehicles in a scene, the proposed algorithm begins with a robust double-edge image derived from the difference between two successive frames using exclusive OR operation. After extracting only the edges of moving multiple vehicles using Laplacian filter, AND operation and dilation operation, the image is segmented into moving multiple vehicle images. The features of moving vehicles can be directly extracted from the segmented images.

The proposed algorithm has no the two preprocessing steps, so it can reduce noises which are normal in preprocessing of the original images. The algorithm is more simplified using logic operations.

The proposed algorithm is evaluated on an outdoor video sequence with moving multiple vehicles in 90,000 frames of 30fps by a low-end video camera and produces promising results.

1. 서 론

객체기반의 동영상은 모니터링 시스템, 객체인식, 영상압축, 내용기반검색 등 많은 응용분야에서 이용되고 있다. 최근 MPEG-7(Moving Picture Expert Group-7)의 주된 특징은 객체기반의 영상처리를 기본으로 하기 때문에 이를 위한 효율적인 객체기반 영상처리기법에 대해 다각적인

연구가 진행되고 있다.

비디오 스트림상의 영상이 객체의 조명, 속도, 방향, 크기, 갯수, 배경 등에 아주 민감하기 때문에 특히, 이동객체 추적은 많은 연구의 대상이 되고 있다[1]. 더욱이 대부분의 많은 연구가 입력 영상을 그레이레벨의 영상을 대상으로 하기 때문에 컬러영상이 갖는 특징 정보들을 잃게된다[2][11].

* 종신회원, 광운대 컴퓨터공학과 교수

논문투고일 : 2002. 10.18

이 논문은 2001년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음

Jakub과 Sarma[7]는 비디오영상에서 사람의 움직임을 실시간 추적하는 시스템을 개발하였는데, 특징점들을 확인하고 객체를 추적하는 모델 기반 방식을 이용하고 있다. 이 시스템은 중첩문제를 처리할 수 있는 장점이 있으나 객체형태로부터 추출한 곡선부분 등의 특징추출에서 신뢰도가 떨어지는 단점을 갖고 있다. William[10]은 점대점의 대응관계로부터 속도벡터를 유도함으로써 객체의 움직임을 추적하는 방법을 제안하였다. 이러한 방법은 이웃한 프레임간의 각 픽셀이나 픽셀그룹의 속도벡터를 분석하기 때문에 많은 계산을 필요로 한다. 가능한 이동경로를 추정하기 위해 차영상과 에지특징을 계산함으로써 이동정보를 추론하는 경우도 있으나[9][12], 이 방법은 비디오 스트림에서 나타나는 조명과 잡음에 아주 민감한 단점을 갖고 있다. 또한 모델기반이나 통계적인 방법은 미리 훈련된 객체만을 추출하는 단점을 갖고 있다[3][4].

본 논문에서는 1장 서론에 이어 2장에서는 주행차량들에 대해서만 에지를 추출할 수 있는 알고리즘을 제안하고, 3장에서는 주행차량들의 다중영상 부할 알고리즘을 제시하며, 4장에서는 실험결과 예를 보이고 검토고찰하며, 제5장에서 결론을 맺는다.

II. 에지 추출

일반적으로 움직이는 객체의 에지를 추출하기 위해서 컬러 영상을 평활화하여 그레이 영상이나 이진영상으로 바꾼 후 에지를 추출하고 있다[11]. 본 논문에서는 평활화와 그레이 영상화 하는 중간단계를 거치지 않고 이웃하는 컬러 영상 프레임 간에 XOR(eXclusive OR)연산을 취하여 에지를 추출토록 한다.

이 경우 재래의 평활화 단계를 거칠 때 평활화 차이로부터 오는 잡음이 발생되지 않으므로 깨끗한 이진 차영상을 구할 수 있다.

움직이는 차량들을 포함하고 같은 배경을 갖는 t_i 와 t_j 시각에서 두개의 영상프레임을 (x, y) 좌표 공간상에서 각각 $f(x, y, t_i)$, $f(x, y, t_j)$ 라 할 때 두 영상 프레임간의 차영상 $d_{ij}(x, y)$ 는 다음과 같다.

$$d_{ij}(x, y) = f(x, y, t_i) \text{ XOR } f(x, y, t_j) = \begin{cases} 1 & ; f(x, y, t_i) \neq f(x, y, t_j) \text{ 일때} \\ 0 & ; f(x, y, t_i) = f(x, y, t_j) \text{ 일때} \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

이런의 영상 프레임을 $f(x, y, t_1)$, $f(x, y, t_2)$, ..., $f(x, y, t_n)$ 이라 하고 참조영상 프레임을 $R(x, y) = f(x, y, t_1)$ 이라 할 때, k 시간(= $|t_k - t_1|$ 시간) 동안의 누적 차영상 $A_k(x, y)$ 는 다음과 같다.

$$A_k(x, y) = \begin{cases} A_{k-1}(x, y) + 1 & ; R(x, y) \neq f(x, y, t_k) \text{ 일때} \\ A_{k-1}(x, y) & ; R(x, y) = f(x, y, t_k) \text{ 일때} \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

<그림1>에서는 식(1)에 대한 예로써 연속된 두 비디오 영상 프레임들을 XOR 연산함으로써 그 차영상을 보이고 있다.



a) 원영상 $f(x, y, t_i)$



(b) 원영상 $f(x, y, t_j)$



(c) XOR 연산된 차영상 XP_{ij}

<그림 1> 두개의 연속된 영상프레임과 차영상

정지된 객체의 에지를 포함하여 대상 차량의 에지를 추출하기 위해 원 영상에 다음과 같은 Laplacian 필터를 적용한다.

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$\nabla^2 f = 4Z_5 - (Z_2 + Z_4 + Z_6 + Z_8) \dots\dots\dots (4)$$

0 <i>Z</i> ₁	-1 <i>Z</i> ₂	0 <i>Z</i> ₃
-1 <i>Z</i> ₄	4 <i>Z</i> ₅	-1 <i>Z</i> ₆
0 <i>Z</i> ₇	-1 <i>Z</i> ₈	0 <i>Z</i> ₉

<그림2> 3X3 Laplacian 마스크

<그림2>는 식(4)를 나타내는 3X3 Laplacian 필터 마스크를 보이고 있다.

<그림3>에서는 <그림1>의 (a)영상에 대해 <그림2>와 같은 Laplacian 필터링을 취한 예를 보이고 있다.



<그림3> Laplacian 필터링된 영상 예

형태 연산자(morphological operation)로써 팽창 기능을 갖춘 dilation은 다음과 같이 나타낼 수 있다.[11]

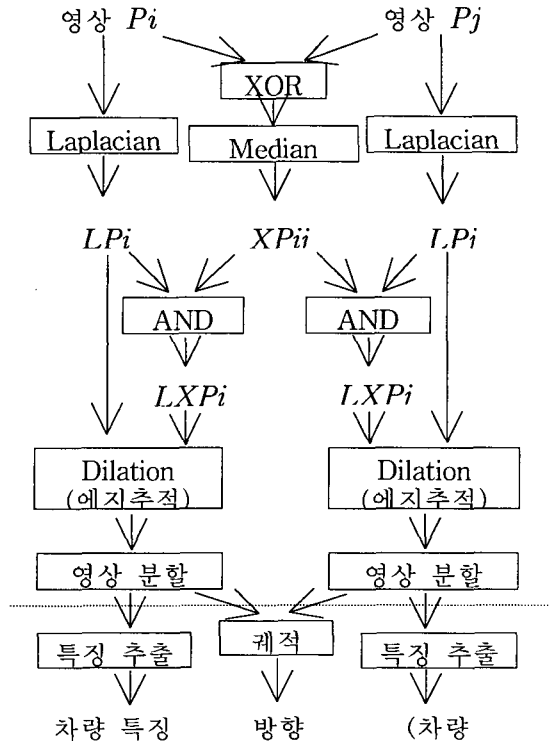
$$A \oplus B = \{z | [(\hat{B})_z \cap A] \subseteq A\} \dots\dots\dots (5)$$

이때 *A*와 *B*는 Z^2 에서의 집합이고 $A \oplus B$ 는 *A*와 *B*의 dilation을 나타내며, \hat{B} 는 집합 *B*의 reflection 이다.

$$(A)_z = \{c | c = a + z, \text{ for } a \in A\} \dots\dots (6)$$

이때 $(A)_z$ 는 $z = (z_1, z_2)$ 에 의한 집합 *A*의 이동(translation)을 나타낸다.

본 논문에서 제안하는 논리 연산을 이용한 영상분할 알고리즘을 <그림4>에 플로우차트로 나타내었다.



<그림4> 논리연산을 이용한 영상분할 알고리즘

여기서 에지추출과정은 다음과 같다.

t 시간에서의 해당 Frame영상 $P_i = f(x, y, t_i)$ 를 Laplacian 필터링 함으로써 *LPi*영상을 구하고 영상내 모든 객체의 에지를 얻을 수 있다. 따라서 인접 영상간에 XOR한 영상 *X.Pij*와 *LPi*영상간에 AND연산 함으로써 *L.X.Pi*영상을 얻고 이동차량의 윤곽 에지를 구할 수 있다. 그러나 차량이동 방향과 평행한 일부 에지는 나타나지 않을 수 있으므로 이러한 에지의 복원을 위해 *L.X.Pi*영상 각 선분의 긴 선분을 따라 dilation연산하여 *LPi*영상의 동일 위치 선분 값으로 대체함으로써 각 이동차량의 에지를 구할 수 있다. $P_j = f(x, y, t_j)$ 에 대해서

도 동일하게 적용된다.

이에 대한 에지 추적 알고리즘은 다음과 같다.

- 단계1: LXP_i 의 좌상으로부터 처음 만나는 확장되지 않은 선분을 찾은 후 그 진행 방향을 찾아 dilation 연산하여 선분의 끝점에서부터 LP_i 에서 같은 방향으로 계속 픽셀이 존재하면 LP_i 를 따라 LXP_i 상에 그린다.
- 단계2: LXP_i 의 모든 선분에 대해 단계1을 반복한다.
- 단계3: LXP_i 상에 그려진 한 선분으로부터 LP_i 상에서 만나거나 분기되는(이미 그려진 선분 제외) 새로운 선이 있으면 그 선을 따라 LXP_i 의 첫 이웃 선분과 만날 때 까지 LXP_i 상에 그린다.
- 단계4: LXP_i 상의 모든 기존 선과 새로 그려진 선에 대해 더 이상 분기되는 선이 없을 때 까지 단계3을 반복한다.

III. 주행차량 다중 영상 분할

영상을 저수준에서 분할(low-level image segmentation)하면 영상 P 는 동질영역들의 집합 $\{R_1, R_2, \dots, R_n\}$ 즉 $P = \bigcup_{i=1}^n R_i$ 로 나타낼 수 있다.

일반적으로 움직이는 객체의 영상분할 시에 컬러 비디오 영상을 그레이 영상으로 바꾸고 히스토그램상의 주된 그레이레벨의 픽셀들이 집중되는 고밀도 영역의 군집 중심점(cluster center)으로부터 영역확장(region growing)방법에 의해 동질의 그레이 영역들로 영상을 분할하거나 [2][6], 컬러영상의 분할 시에도 대부분 동질 컬러를 이용한 영역기반 객체 분할 방법들을 이용하고 있다[4][5][7].

본 논문에서는 비디오의 이웃하는 컬러영상 프레임 간 XOR연산한 결과 나타나는 2레벨의 흑백 차영상에서 XY축상에 공간적으로 나타나는 흑백의 히스토그램을 이용하여 연산의 영역을 정

한다.

<그림2>에서 같이 제안된 알고리즘에 따라 주어진 영역에서 에지를 추출한 후 주행차량들에 대해 다음과 같이 영상 분할한다.

- 단계1: 주어진 2진 영상에서 좌상으로부터 연산 대상의 영역에 9X9픽셀 마스크를 씌우고 이를 다시 3X3픽셀 단위 마스크들로 분할하여 그 중 3픽셀 이상이 1이면 3X3 단위 마스크 전체를 1로 둔다.
- 단계2: 9X9 마스크 중 값이 1인 두개의 3X3단위 마스크 사이에 빈 공간이 존재하면 그 사이 마스크 값을 1로 한다.
- 단계3: 단계1과 2를 더 이상의 대상 영역이 없을 때까지 반복한다.
- 단계4: 각 영역 내에 있는 이동차량의 최외곽 윤곽선을 찾고 최외곽선이 이어지지 않을 경우에 대해 끝 두 점간을 직선으로 잇는다.
- 단계5: 각 대상의 윤곽선 내에 존재하는 빈 공간을 모두 윤곽선과 같은 값으로 채운다.
- 단계6: 원 영상과 AND연산 한다.

IV. 실험 및 고찰

1. 실험환경

제한한 알고리즘을 이용한 기동차량 영상분할에 대한 실험을 위하여 SHARP사 캠코더(모델 No. VL-ME10U), CANOPUS사 캡처보드(DVRaptor-RT), PC(CPU: P4(2.0GHz), RAM: 256MB)를 사용하였다.

맑은날과 흐린 날 주간에 서울 상계동 부근 시가지, 동부 간선도로 등을 주행하는 차량에 대해 30fps로 50분 동안 총 90,000프레임을 수집하여 실험하였다.

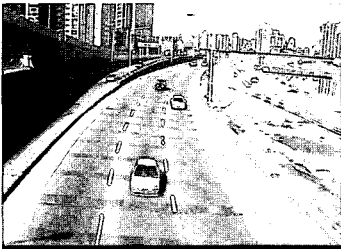
2. 실험결과

<그림5>에 주행차량들에 대해 제안한 논리연산을 이용한 영상분할 알고리즘을 적용했을 때 각 단계별 결과를 보였다.

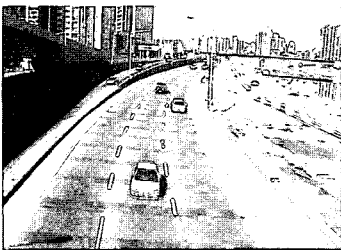
원영상 P1과 P2는 1/15초 간격으로 촬영된 영상이며 <그림5>의 (c)XP12는 P1과 P2를 XOR한 결과이다. (d)와 (e)는 P1과 P2를 각각 Laplacian 필터링 한 결과이며 (f)와 (g)는 (c)와 (d),

(c)와 (e)를 각각 AND연산한 것이다. (h)는 (d)와 (f)를, (i)는 (e)와 (g)를 이용하여 에지추적 알고리즘을 적용하여 구한 주행차량의 에지추출 결과이다.

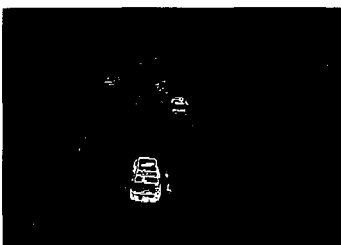
그리고 (j)와 (k)는 각 (h)와 (i)에 대해 제안된 알고리즘을 적용한 결과 분할된 주행차량들의 블록영역을 나타내었으며 그림(l)과 (m)은 (a)와(j), (b)와(k)를 각각 AND연산하여 최종 얻어진 주행차량들의 분할된 다중 영상이다.



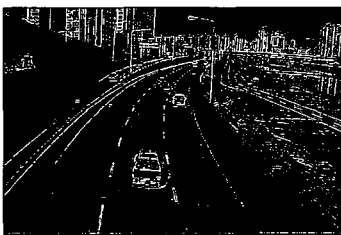
(a) 원영상 P1



(b) 원영상 P2



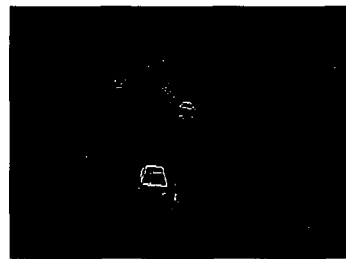
(c) P1과 P2를 XOR한 영상 P12



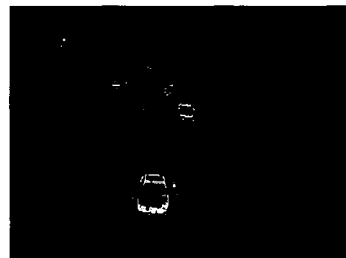
(d) P1의 Laplacian 필터링 : LP1



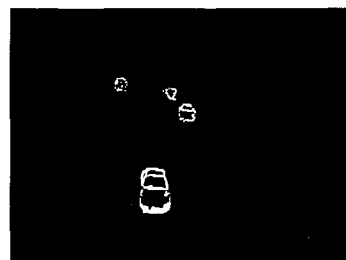
(e) P2의 Laplacian 필터링 : LP2



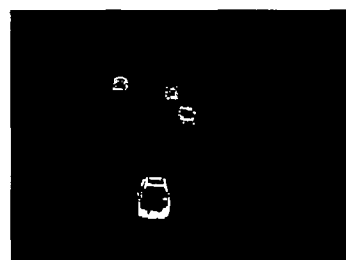
(f) $LXP1 = XP12 \cap LP1$



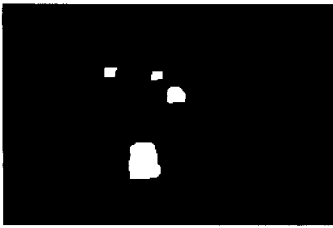
(g) $LXP2 = XP12 \cap LP2$



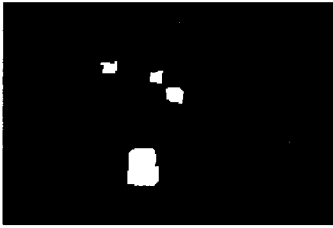
(h) (f)의 추출된 에지



(i) (g)의 추출된 에지



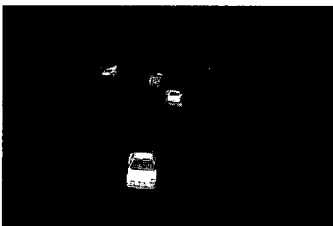
(j) 추출된 영역 1



(k) 추출된 영역 2



(l) P1 분할 결과: $P1 \cap$ (j)그림



(m) P2 분할 결과: $P2 \cap$ (k)그림

<그림5> 실험 결과 예

3. 고찰

본 제안된 알고리즘은

- 1) 원영상 프레임들을 직접 XOR함으로써 재래의 전처리 단계인 그레이 영상으로의 전환 하는 평활화 단계와 2진영상 전환단계를 없앴고,
- 2) 평활화 단계를 거침으로써 나타날 수 있는 잡음을 없었으며,

- 3) 논리연산을 이용함으로써 알고리즘을 단순화 하였다.
- 4) 분할된 주행차량 영상 결과물로부터 컬러 등 차량특징을 추출 가능하도록 하였다.

실험결과 아주 먼 거리의 주행차량은 비슷한 주행속도 일지라도 가까운 거리에 있는 주행차량보다 프레임 간 변위가 4픽셀 이하로 극히 작아서 잡음처럼 나타나는 경우 Median 필터를 dlyd해 제거하였다.

햇별이 강한 오후 늦게 그림자가 클 경우 주행차량들의 그림자도 차량영역으로 처리 되었으며 또한 차량 간 중첩(occlusion)이 발생하였을 때 하나의 분할영역으로 나타났다. 누적차량을 나타내는 (2)식과 각 분할된 영역 중심점의 이동벡터를 이용하면 주행차량의 궤적 추적도 가능하다.

V. 결론

본 논문은 논리연산을 이용한 주행차량들의 영상분할 알고리즘을 제안하였다. 연속된 프레임 간에 XOR, AND, dilation등을 이용하여 주행차량들에 대해서만 에지추출하고 이들을 영상분할함으로써 기존 방법에 비해 평활화 단계에서 나타날 수 있는 잡음을 제거하였고, 전처리 단계를 줄였으며, 알고리즘을 단순화 하였다. 또한 분할된 영상으로부터 컬러 등 주행차량의 특징을 직접 추출가능도록 하였다.

본 논문은 ITS분야에서 속도위반, 교차로 신호위반, 차선위반 차량 등에 대한 교통정보수집에 응용될 수 있다.

참고문헌

- [1] Changick Kim and Jeng-Neng Hwang, "Fast and Automatic Video Object Segmentation and Tracking for Content-Based Applications," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 12, No. 2, pp.122-129, Feb. 2002.
- [2] Chuang Gu and Ming-Chieh Lee, "Semiautomatic Segmentation and Tracking of Semantic Video Objects," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 12, No. 2, pp.130-139, Feb. 2002.

d Systems for Video Technology, Vol. 8, No. 5, pp.572-584, Sept. 1988.

[3] Dieter Koller, et. al, "Robust Multiple Car Tracking with Occlusion Reasoning," Proc. 3rd European Confer. on Computer Vision, pp.186-196, May 1994.

[4] Gerhard Rigoll, et. al, "Person Tracking in Real-World Scenarios Using Statistical Methods," IEEE Inter. Confer. on Automatic Face and Gesture Recognition, Grenoble France, March 2000.

[5] Jakub Segen and Sarma Pingali, "A Camera-Based System for Tracking People in Real Time," IEEE Proceedings of ICPR(C), pp.63-67, 1996.

[6] Jinhui Pan, Shipeng Li and Ya-Qin Zhang, "Automatic Extraction of Moving Objects using Multiple Features and Multiple Frames," IEEE Int. Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) 2000, Geneva, pp.36-39, Jan. 2000.

[7] P.Salembier and F.Marques, "Region-Based Representations of Image and Video : Segmentation Tools for Multimedia Services," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 9, No. 8, pp.1147-1169, Dec. 1999.

[8] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, 2nd ed., Prentice Hall, NJ, 2002.

[9] Rita Cucchira, Massimo Piccardi, Paola Mello "Image Analysis and Rule Based Reasoning for a Traffic Monitoring System," IEEE Intelligent transportation system, Vol. 1, No. 2, pp. 119-130, June 2000.

[10] Ross Culter, Larry S. Davis "Robust Real-Time Periodic Motion Detection and Analysis and Application," IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No. 8, pp.781-795, August 2000.

[11] Su Zhang, Yuncai Liu and Pengfei Shi, "An Algorithm of Region-Based Moving Vehicles Segmentation," 5th Asia-Pacific ITS Forum in Seoul, TS3A-2, pp.1-8, July 2002.

[12] Trevor Darrell and Michele Covell "Correspondence with Cumulative Similarity Transform

s," IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 23, No. 2, pp.222-227, Feb. 2001.



최기호

1973.2 한양대학교 전자공학과 공학사
 1977.2 한양대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1987.2 한양대학교 대학원 전자공학과 공학박사

1977.3~1979.2 한국과학기술연구소(KIST) 전자공학부 연구원
 1979.3~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 교수
 1989.2~1990.2 Univ. of Michigan 전기및 전산과 객원교수
 2001.2~2002.1 San Jose State Univ. 컴퓨터공학과 객원교수
 2001.1~현재 ISO/IEC JTC1/SC28 국내 전문위원
 2002.1~현재 한국멀티미디어학회 부회장
 2002.6~현재 한국 ITS 학회 부회장

<주관심분야> 영상처리, 내용기반검색