

# 영상의 실시간 처리에 의한 차량 속도의 계측 알고리즘

## Measurement Algorithm of Vehicle Speed Using Real-Time Image Processing

서정구\*, 이정구\*, 윤태원\*, 황병원\*

Jeong-Goo Seo\*, Jeong-Goo Lee\*, Tae-Won Yun\*, and Byong-Won Hwang\*

### 요 약

산업, 의용, 교통, 사회의 각 분야에서 응용되고 있는 산업용 텔레비전(Industrial Television : ITV)을 사용하여 동영상의 실시간 자동처리 방법에 의한 고속도로 및 일반도로상의 교통류 및 차량의 속도를 계측하는 시스템과 알고리즘을 개발하였다. 영상 계측 시스템에서는 ITV에 의한 실시간 처리를 가능하게 하기 위하여, 화면의 전화소를 처리하는 대신에 화면상에 미리 설정한 비교적 소수의 샘플점의 휘도 정보만을 취급하는 프레임 그레버를 사용하고, 그 시스템으로 각종 동영상의 처리 알고리즘을 개발하였다. 통과 차량의 대수의 계측은 시간적인 정보를 활용하는 것으로, 차량의 대략적인 윤곽을 그린 다음 그 윤곽의 선두 부분을 인식하는 기법에 의해서 1레인 뿐만 아니라 많은 레인에 걸친 통과 차량을 계측할 수 있는 특징을 가지고 있다. 실제로, ITV 영상을 이용하여 고속도로 및 일반도로상에서 도로의 횡단 방향에 하나의 샘플열을 설치하고, 계측 알고리즘을 개발하였다. 또한 이 기법을 이용하여, 통과차량에 대하여 일정거리를 둔 2개의 샘플점 열을 설치하고, 윤곽처리를 한 다음, 그 윤곽의 프레임수와 거리를 이용하여 차량의 속도를 계측하는 알고리즘을 개발하였다.

### Abstract

These studies developed system as well as its algorithm which can measure traffic flow and vehicle speed on the highway as well as road by using industrial television(ITV) system. This algorithm used the real time processing of dynamic images. The processing algorithm of dynamic images is developed and proved its validity by frame grabber. Frame grabber can process the information of a small number of sample points only instead of the whole pixel of the images. In the techniques of this algorithm, we made approximate contour of vehicle by allocating sampling points in cross-direction of image, and recognized top of contour of vehicle. Applying these technique, we measured the number of passing vehicles of one lane as well as multilane. Speed of each vehicle is measured by computing the time difference between a pair of sample points on two sample points lines.

Key words : vehicle speed, binary processing, traffic parameter.

### I. 서 론

동영상의 정보수집기능은 정보의 항목과 내용의 확대, 정확성과 신뢰성의 향상, 정보수집의 신속성 등이 요망되고 있다.

\* 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과(Dept. of Avionics, Graduate School, Hankuk Aviation University)

· 접수일자 : 2004년 10월 12일

본연구의 목적은 산업, 의용, 교통, 사회의 각 분야에서 응용되고 있는 산업용 텔레비전(ITV, Industrial Television)을 사용하여 동영상의 실시간 자동처리 방법에 의한 고속도로뿐만 아니라 일반도로 상에서의 교통류 및 차량의 속도를 계측하는 시스템과 알고리즘을 개발하는데 있다. 지금까지, 차량의 검출과 추적시스템[1-2], 도로 감시시스템[3-4], 그리고 교통제어를 위한 해석[5-6]등이 개발되었다.

산업용 텔레비전[7-8]과 고체영상센서(CCD, Charge Coupled Device)[9]를 이용하는 교통류 계측 시스템은 이미 저자들에 의해 개발되었다.

현재 실용되고 있는 차량속도 계측 시스템은 루우프(loop)식 차량검지기에 의한 시스템인데, 이 시스템은 루우프를 차선말에 설치해야 하므로 고가일 뿐만 아니라, 자주 루우프가 끊어지는 단점이 있다. 영상을 이용하는 교통류의 해석과 분석[1-6]에 관한 연구들이 이루어지고 있지만, 실험실 수준의 연구에 지나지 않는다. 또한, 국내 몇 개의 기업에서 시범적으로 설치한 영상식 차량 검지기는 차선의 영역을 잡고 그 영역의 평균치와 차량의 휘도치와 비교하는 방식이지만, 이러한 방식은 차선을 변경하는 차량은 검지할 수 없다. 이러한 단점을 개선한 ITV 또는 CCD의 동영상을 이용하는 새로운 교통류 계측 시스템이 저자들에 의해 개발되었다[10]. 여기에서는 이 시스템을 이용하여 고속도로뿐만 아니라 일반 도로상에서 통과차량에 대하여 일정거리를 둔 2개의 샘플점열을 설치하고, 윤곽처리를 한 다음, 그 윤곽사이의 프레임수와 샘플점열 사이의 거리를 이용하여 차량의 속도를 계측하는 알고리즘을 개발하기로 한다.

영상 계측시스템에서는 ITV또는 CCD에 의한 실시간 처리를 가능하게 하기 위하여 화면의 전화소를 처리하는 대신에 화면상에 미리 설정한 비교적 소수의 샘플점의 휘도정보만 취급하는 프레임 그래버(Frame Grabber)를 사용하여 각종 알고리즘을 개발하기로 한다.

## II. 영상처리 시스템

그림 1에 교통 파라미터 계측용 영상처리 시스템을 표시한다. 야외에서 ITV 또는 CCD 카메라로부터 촬영된 영상을 실험실로 가져와서, 실험실에서 재생하면서 처리 알고리즘을 개발한다. 알고리즘 개발이 끝나면 ITV 또는 CCD 카메라는 직접 영상처리 시스템에 연결되어 실시간 처리가 가능하게 된다. 프레임 그래버(Frame Grabber)는 하나의 주사선상에서 최대 640점에서 비디오 신호를 샘플할 수 있다. 각 샘플점의 휘도치는 8비트, 즉 256레벨로 디지털화 된다. 본 실험에서는 처리속도를 높이기 위하여 최대 640점의 샘플점으로 부터 등간격으로 160 샘플점 만을 선택하고, 8비트 휘도치는 4비트, 즉 0에서 15까지의 수치를 사용하는 16레벨로 디지털화 하고 있다.

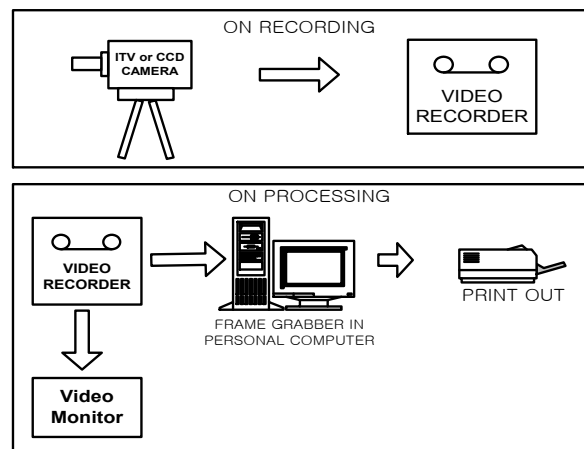


그림 1. 영상처리 시스템의 구성

Fig 1. The structure of image processing system

이 시스템의 동작은 2개의 사이클을 교대로 동작시키는 구성을 채용하고 있다. 첫 번째 사이클은 카메라에 의해서 얻어진 차량이 포함된 영상들을 기수 필드에서 AD변환 처리하는 사이클이고, 2번째 사이클은 우수 필드에서 디지털화된 영상으로부터 교통 파라미터를 계측하는 사이클이다.

## III. 계측 알고리즘

### 3-1 계측대상과 방법

카메라의 위치와 샘플점열 사이의 관계를 그림 2

에 표시한다. 차량의 존재는 샘플점열의 차량의 영상의 휘도치와 배경(하늘, 건물, 도로 등)의 휘도치를 비교하는 것에 의해서 얻어진다. 차량의 존재의 패턴에는 전기적 및 광학적 잡음이 존재한다.

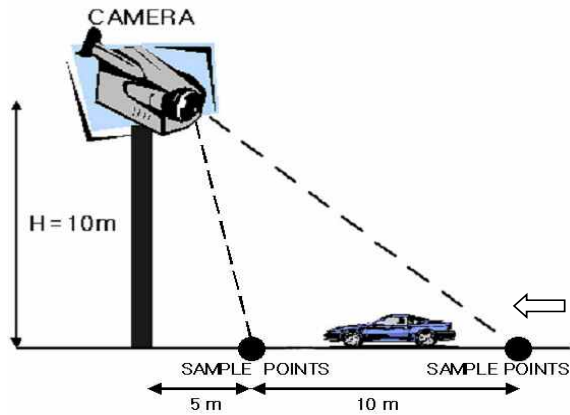


그림 2. 샘플점열과 카메라의 위치 사이의 관계  
Fig 2. The relationship between the position of the camera and the sample points

이들 잡음은 시간축(Y축)과 공간축(샘플점열 축, 즉 X축)의 적당한 평활화 처리를 수행한다. 이들 처리를 거치면 최종적으로 차량의 윤곽이 검출된다.

윤곽의 중심선을 검출하고 중심선을 계측하면 통과 차량대수가 계측된다. 또한 중심선이 몇 번째 샘플점인가에 의해서 차선별 교통량이 계측된다. 샘플점간 간격의 실측 거리를 알 수 있기 때문에 차량이 점유한 샘플점 수를 세는 것에 의해서 차량의 종류를 계측할 수 있다. 차량의 속도를 계측하기 위해서는 도로의 횡단 방향에 2개의 샘플점열을 설치하고, 샘플점열 사이의 거리 및 차량이 그 거리 사이를 통과하는 시간을 이용하여 차량의 속도를 계측하기로 한다. 속도를 측정하기 위한 카메라 위치와 샘플점열 사이의 관계를 그림 2에 표시한다. 그림 2와 같은 관계에서 샘플점 간 간격은 8m로 하였다. 또한 샘플점열은 차량의 진행 방향에 직각으로 세트했다.

### 3-2 계측 알고리즘

차선별 통과 차량대수, 전차선의 최종 통과차량대수 및 차량의 종류를 계측하는 알고리즘 및 결과

는 [10]에서 발표하였다. 차량의 속도를 계측하는 알고리즘의 흐름도를 그림 3에 표시한다. 이하에 흐름도의 각 부분에 대하여 설명한다.

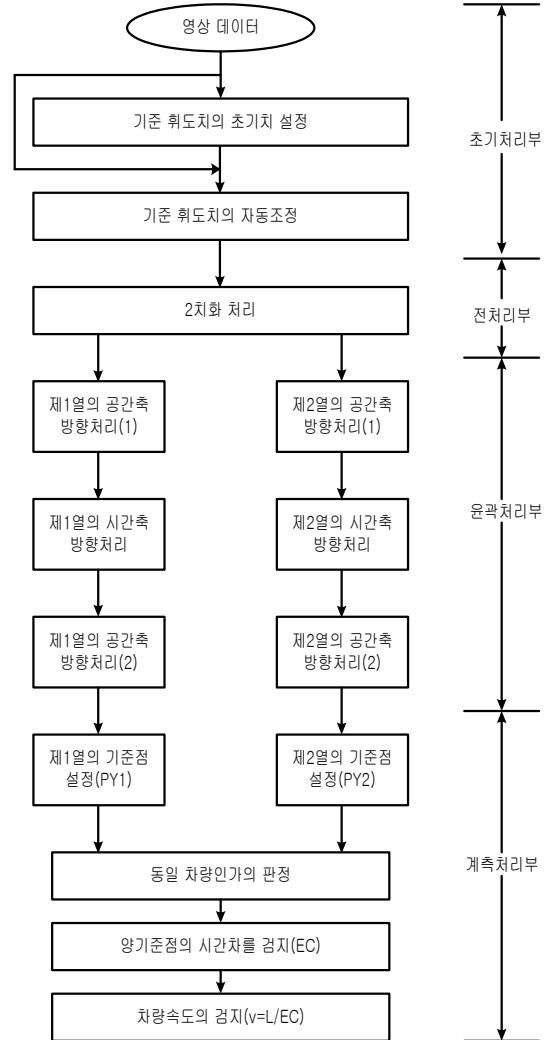


그림 3. 차량의 속도계측 흐름도  
Fig 3. Flow chart of measuring algorithm

#### 3-2-1 초기 처리부

##### 3-2-1-1 기준휘도치의 초기치 설정

배경부분의 휘도치의 변동이 급격하지 않는 것을 이용하여 연속한 프레임의 휘도치를 비교하는 것에 의해서 기준 휘도치를 컴퓨터에 인식시키는 방법을 채용한다. 먼저 휘도 패턴의 최초의 프레임의 휘도치를 메모리에 축적하여 둔다. 다음 2번째 프레임의

휘도치를 최초의 휘도치와 비교하여 그 값이 다른 경우에는 새로운 값을 메모리에 치환한다. 그 값이 동일한 경우에는 연속 횟수를 세고, R개 연속한 경우에 그 값을 초기치로 결정한다. 여기에서는 실험적 검증으로부터 R을 5로 하였다. 초기치가 설정된 후에는 휘도치 패턴의 데이터는 이 처리를 점프하여 직접 기준 휘도치의 자동 조정처리로 이어진다.

### 3-2-1-2 기준휘도치의 자동조정

어떠한 원인으로 배경부의 휘도치(기준휘도치)가 변화하면, 배경부와 배경부가 아닌 부분의 구별이 불가능해진다. 이와같은 현상이 발생하면 그 이후의 계측은 불가능하게 된다. 배경부의 휘도치는 돌발적인 기후의 변화에 의한 휘도치의 변화뿐만 아니라, 아침, 낮, 저녁 등 시간에 따라서 변화한다. 따라서, 여기에서는 외계(外界)의 영향으로 배경부의 휘도치가 변화하더라도, 그 변화에 자동적으로 추종할 수 있는 알고리즘을 다음과 같이 고안했다. 초기치 설정부에 의해서 설정된 기준 휘도치  $X(I)$ 에 대하여, 배경부로 판단되는 휘도치  $X(I) \pm 1$ 이  $T1$  프레임 연속한 경우, 기준 휘도치를 이 값으로 변화시킨다. 또, 기준 휘도치가 배경부의 그것과 상당히 다른 경우 (예를 들면 갑작스런 일기의 변화 및 그림자의 발생 등)나, 어떤 원인에 의해서 더 큰 변화를 한 경

우에도, 그 값에 자동적으로 추종할 수 있도록,  $X(I) \pm 2$ ,  $X(I) \pm 3$ 이 각각  $T2$ ,  $T3$ 회 연속 한 경우에 기준 휘도치를 교정하도록 하였다. 이 알고리즘의 흐름도를 그림 4에 표시한다. 파라미터의 결정방법으로는 실험적 검증에 의해서  $T1$ ,  $T2$  및  $T3$ 를 각각 7, 10 및 20으로 선정하였다.

### 3-2-2 전처리부

전처리부는 배경부 휘도치의 자동조정을 기초로 하여 배경부로부터 차량부분을 분리 검출하는 처리부로, 여기에서는 2치화처리로 이루어진다.

$I(n,t) < L_L$  또는  $I(n,t) > L_U$  일 때,  $p(n,t)=1$  이라고 하고, 그 이외일 때  $p(n,t)=0$  이라 한다.  $p(n,t)$ 는 2치 처리후의 차량의 존재를 표시하는 지표이다. 단,  $I(n,t)$ 는 n번째의 샘플점의 시각 t에서의 휘도치를 표시하고,  $L_U=X(I)+1$ ,  $L_L=X(I)-1$ 은 도로부의 휘도치의 상한과 하한을 표시한다.

### 3-2-3 윤곽처리부

전처리부인 2치화처리에 의해서 배경부로부터 분리된 차량부분을 1, 배경부를 0으로 한 p패턴에는 전기적, 광학적 잡음이 포함된다.

윤곽처리부는 이상과 같은 현상에 의한 문제점을

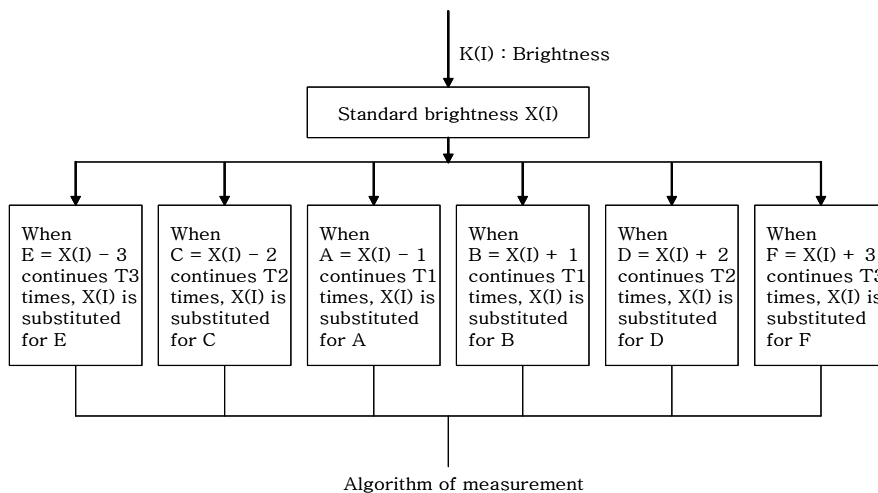


그림 4. 기준 휘도치의 자동조정기법의 흐름도

Fig 4. Flow chart of auto control method for reference brightness





린시간을 T(프레임주기 T0=1/30초를 단위로 한 경우의 프레임수 f)라고하면, 차량의 속도는 다음식으로 된다.

$$v = \frac{L}{T} = \frac{L}{f T_0} \quad (3)$$

프레임수 f의 변화에 대한 속도의 변화는 다음식으로 된다.

$$\frac{dv}{df} = -\frac{L}{T_0} \cdot \frac{1}{f^2} = -\frac{v}{f}$$

$$\frac{\Delta v}{v} = -\frac{\Delta f}{f} \quad (4)$$

표 1. 차량의 속도 측정 결과  
Table 1. The result of experiments

구간	속도(km/h)	EC
1	63.5	17
	60	18
	60	18
	56.8	19
	63.5	17

구간	속도(km/h)	EC
2	60	18
	63.5	17
	67.5	16
	63.5	17
	60	18
	54	20

구간	속도(km/h)	EC
3	67.5	16
	63.5	17
	56.8	19
	60	18
	54	20
	56.8	19

여기에서 L = 10m, v = 50km/h 인 경우, 식 (3)으로부터

$$f = \frac{L}{v T_0} = 21.6 \quad (5)$$

로 되어, 이 경우 속도의 변화는 식 (4)로부터,

$$\frac{\Delta v}{v} = -\frac{\Delta f}{f} = -\frac{\Delta f}{21.6} \quad (6)$$

로 된다. 제 1샘플점열 및 제 2샘플점열에서 차량이 시작되는 시각에서 각각 양자화 오차를 생각하면, 속도의 오차율의 최대치는 Δf = 1로 하면 되므로, 식 (6)으로부터,

$$\frac{\Delta v}{v} = -\frac{\Delta f}{f} = -\frac{1}{21.6} = -4.6(\%) \quad (7)$$

로 되어, 그때의 속도오차는 4.6km/h로 된다.

상기 알고리즘을 이용하여 차량의 속도를 측정하는 경우, 차량의 윤곽처리시, 차량의 시작에서 프레임의 오차가 있는 경우 1프레임당의 속도오차율은 최대 4.6% (평균 1.6%)로 된다.

이 오차를 줄이기 위해서는 프레임수를 늘리지 않으면 안된다. 이 경우 프레임수를 3.3배(1초당 100 프레임)로 하면, 양자화에 의한 최대오차율은 1프레임당 1.5%이하(평균 오차율은 0.6%이하)로 할 수 있다. 이와같이 하기 위해서는 본 시스템에서 이용한 ITV카메라(1초당 30프레임)대신에 참고문헌 [14]에서 설명한 고체영상센서(CCD)카메라 (1초당 25~500프레임)와 같은 고속 카메라를 사용할 필요가 있다.

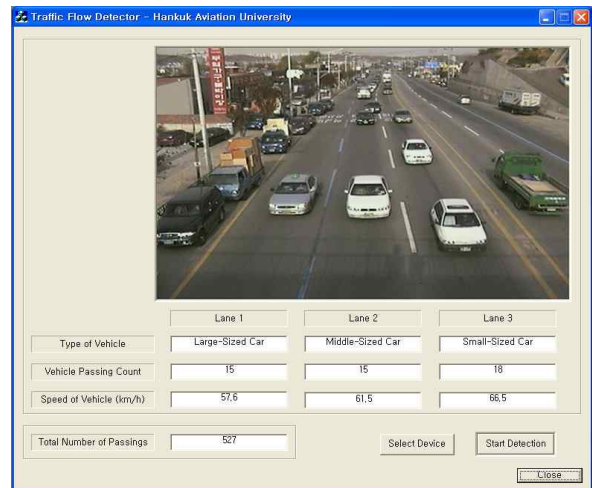


그림 7. 교통량 측정 시스템의 컴퓨터 디스플레이

Fig 7. Computer display of the traffic flow measuring system

또한, 식 (3)로부터 알 수 있는 것처럼, 속도의 계측오차를 줄이는 또하나의 방법은 샘플점열 사이의 거리  $L$ 을 크게하면 된다. 예를들면, 이 경우  $L$ 을 4배로하면, 최대오차율은 1.15%로 된다. 그러나  $L$ 을 크게하면 알고리즘에서 동일차량인가의 판정이 어렵게 된다. 따라서, 오차를 줄이기 위해서는 프레임수를 줄이는 방법이 바람직하다.

실시간 영상처리 시스템을 이용한 교통류의 계측, 즉 차선별 통과차량대수, 총 통과차량대수, 차량의 종류 및 차량의 속도 계측의 컴퓨터 디스플레이를 그림 7에 표시한다.

## V. 결 론

산업, 교통, 사회의 각 분야에서 응용되고 있는 산업용 텔레비전(ITV)을 사용하여 동영상의 실시간 자동처리방법에 의한 고속도로 및 일반도로상의 차량의 속도를 계측하는 시스템과 알고리즘을 개발하였다.

영상계측시스템에서는 ITV에 의한 실시간 처리를 가능하게 하기 위하여, 화면의 전화소를 처리하는 대신에 화면상에 미리 설정한 비교적 소수의 샘플점의 휘도 정보만을 취급하는 프레임 그레버를 사용하였다.

ITV영상을 이용하여 차량의 진행방향에 대하여 일정한 거리를 두고 2개의 샘플점열들을 차량의 횡단방향으로 설치하고, 차량의 윤곽처리를 한 다음, 그 윤곽의 프레임수와 샘플점열 사이의 거리를 이용하여 차량의 속도를 계측하는 알고리즘을 개발하였다.

이 기법을 이용하여 실제로 일반도로상에서 차량의 속도를 계측한 결과 평균계측오차가 1.6%이었다.

## 참고 문헌

[1] Gloyer, B., Aghajan, H. K., Siu, K. Y., Kailath, T.: Vehicle Detection and Tracking for Freeway Traffic Monitoring. IEE Record of the Twenty-Eighth Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers. 2 (1994)

970-974.

- [2] Cucchiara, R. and Piccardi, M.: Vehicle Detection under Day and Night Illumination. ISCSIA99, (1999).
- [3] Malik, J.: A Machine Vision Based Surveillance System for California Roads. PATH Project MOU-83 Final Report. University of California Berkeley (1994).
- [4] Rao, B. S. Y., Durrant-Whyte, H. F. and Sheen, J. A.: A Fully Decentralized Multi-Sensor System for Tracking and Surveillance. The International Journal of Robotics Research. 12 (1993) 20-24.
- [5] Koller, D., Weber, J., Huang, T., Malik, J., Ogasawara, G., Rao, B. and Russell, S.: Towards robust automatic traffic scene analysis in real-time. 12th IAPR International Conference on Pattern Recognition. 1 (1994) 126 -131.
- [6] Soh, J., Chun B. T., Wang, M.: Analysis of Road Sequences for Vehicle Counting. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. 1 (1995) 22-25.
- [7] Hwang, Byong-Won, et al.: Measurement of Traffic Flow Using Real Time Processing of Moving Pictures. IEEE International Conference on Vehicular Technology (1982) 488-494.
- [8] Hwang, Byong-Won, et al.: A Study on the Real Time Measurement of Vehicle Speed Using Dynamic Image Processing. 5th World Congress on Intelligent Transport Systems. (1998).
- [9] Hwang, Byong-Won, et al.: A Traffic Flow Measuring System Using a Solid-State Image Sensor. IEE International Conference on Road Traffic Data Collection. (1984).
- [10] Hwang, Byong-Won, et al. : Measurement System of Traffic Flow Using Real-Time Processing. LNAI 2718, (2003) 296-305.



서 정 구(서정구)



e-mail : jgseo@digipia.com  
 1997년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)  
 2000년 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 2002년 3월~ 현재 한국항공대학교 대학원 전자공학과(박사과정)

관심분야 : 영상압축, 영상처리, 디지털 방송

이 정 구(이정구)



e-mail : leejk@tta.or.kr  
 1997년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)  
 1999년 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과(석사)  
 2001년 한국항공대학교 대학원 전자공학과(박사수료)

1999년 5월 2001년 1월: 미래ITS(주) 개발총괄팀장  
 2001년 3월 2001년 9월: (주)현대ITS 팀장  
 2001년 10월 현재: TTA 시험인증연구소 전임연구원  
 관심분야 : 영상처리, 블루투스, PACS, ITS

윤 태 원(尹泰元)



e-mail : watchamp@empal.com  
 2003년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)  
 2003년 9월~현재 한국항공대학교 대학원 전자공학과(석사과정)  
 관심분야 : 동영상 신호처리, 영상 디스플레이, 교통류해석 및 제어

황 병 원(黃秉元)



e-mail : bwhwang@mail.hau.ac.kr  
 1972년 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)  
 1981년 동경대학 대학원 전자공학과(공학석사)  
 1984년 동경대학 대학원 전자공학과(공학박사)

1984년 5월~1985년 3월 국방과학연구소 선임연구원  
 1993년 8월~1994년 8월 동경대학 전자공학과 교환교수  
 1985년 8월~현재 한국항공대학교 항공전자공학과 교수  
 관심분야 : 영상처리, 영상인식 및 음성인식, 동영상 신호처리, 교통류 해석 및 제어