차량 승객 자동탐지를 위한 비젼시스템

이영식* · 배철수**

An Vision System for Automatic Detection of Vehicle Passenger

Young-Sik Lee* · Cheol-Soo Bae**

요 약

본 논문은 지능형 교통시스템(intelligent transportation system)에 적용될 수 있는 방안으로써, 안정된 영상신호를 제공하여 자동으로 차량안의 승객을 탐지하는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 높은 대역(upper-band)과 낮은 대역(lower-band)의 스펙트럼 강도를 조합하는 근적외선(Near-Infrared) 카메라를 이용하여 안정된 영상신호를 획득할 수 있었으며, 실험결과를 통해 제안된 방법의 효율성을 입증할 수 있었다.

ABSTRACT

This paper presents an active vision system for ITS(intelligent transportation system : ITS). We have described a novel method to provide high quality imaging signals to a system that will perform passenger detection and counting in the roadway. The method calls for two co-registered near-infrared cameras with spectral sensitivity above (upper-band) and below (lower-band) the quality of the signal remains. We propose a novel system based on fusion of near-infrared imaging signals and we demonstrate its adequacy with theoretical and experimental arguments.

키워드
Vision System, Image Processing, ITS

Ⅰ. 서 론

세계적인 산업사회의 고도화와 경제성장은 자동차 산업의 급속한 발전을 가져오게 하였으며, 급속한 차량의 증가와 더불어 보다 체계적이고 효율적인 차량의 통제가 필요하게 되었다. 이에 따라 1980년대 후반부터 지능형 교통 서비스(Intelligent Transportation System : ITS)와 관련된 연구가 활발히 수행되어 오고 있다. 또한 지능형 교통서비스와 관련하여 번호판 자동인식이나 차선자동인식과 같은 연구는 활발하게 진행되고 있지만 차량 승객 자동탐지에 관한 연구는 아직 많은 연구가 진행되지 못하고 있는 실정이다.

차량승객 자동인식의 활용방안으로는 현재는 수작업에 의존하는 교통혼잡세와 같은 통행요금의 자동 징수나 각종 교통정보의 제공, 도로건설 계획 등에 유용하게 활용될 수 있으며, 차량 승객 자동탐지에 관한 중요한 기술에는 다음과 사항을 들 수 있다.

첫째, 차량의 영상에 대해 선명한 영상을 획득할 수 있어야 하고, 둘째로 차량의 앞좌석, 뒷자석에서도 승객탐지가 가능하고, 날씨의 변화에도 안정적인 영상신호를 획득할 수 있어야 한다. 이에 본 논문에서는 이동하는 차량에서 승객 자동 인식을

*경동대학교
**관동대학교

접수일자 : 2005. 1. 12

위해 높은 대역(upper-band)과 낮은 대역(lower-band)의 스펙트럼 강도를 조합하는 근적외선(near-Infrared) 카메라를 이용하여 안정된 영상신호를 획득하는 방법을 제안한다.

II. 제안된 알고리즘

본 연구에서 영상획득에 사용된 대역을 전자 스펙트럼에서 적외선과 가시광선 영역으로 제한하였다. 그러나 가시광선 영역에서는 별도의 조명장치가 필요하기 때문에 적외선 범위 안에서 근적외선(near-infrared) 범위 (0.7~2.4㎛)로 대역을 설정하였으며[1], 근적외선을 다시 낮은 대역(0.7~1.4㎛)과 높은 대역(1.4~2.4㎛)으로 신호로 분할하였다. 높은 대역의 영상은 승객이 신체특징과 조명상태에 무관하게 항상 어둡게 보일 것이고, 낮은 대역의 영상은 비교게 밝게 보이게 된다[2].

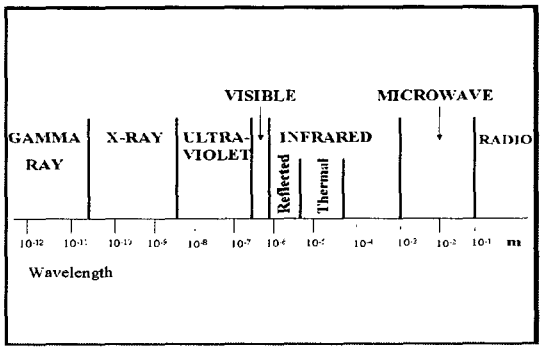


그림 1. 전자스펙트럼의 대역
Fig 1. Electro-Magnetic(EM) spectrum.

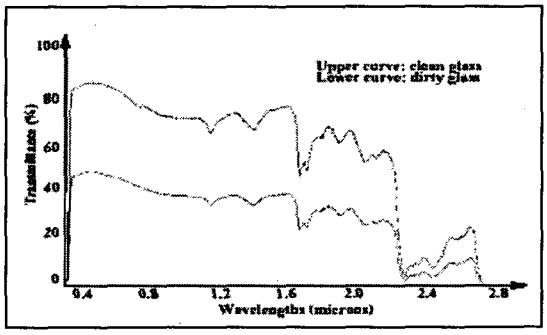


그림 2. 차량 앞유리의 투과율
Fig 2. Transmittance of a typical windshield.

따라서 높은 대역에서 획득된 전체영상에서 낮은 대역의 영상을 빼냄으로서 조합된 영상을 산출

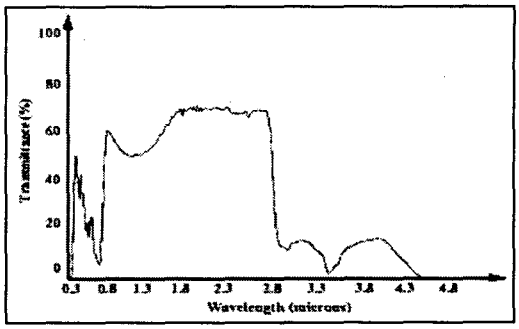


그림 3. 선팅 차량 옆유리의 투과율
Fig 3. Transmittance of a typical tinted side window.

할 수 있으며, 따라서 승객얼굴의 윤곽을 보다 명확하게 하고, 배경영상은 흐려지게 된다. 실험에 사용된 카메라는 SU(Sensor Unlimited)-320로써 근적외선범위인 0.7~2.4㎛ 전체를 수용하지 못하지만 낮은 대역에는 1.1~1.4㎛, 높은 대역에서는 1.4~1.7㎛의 범위를 포함한다[3]. 그림 1은 전자스펙트럼의 대역범위를 나타내며, 그림 2와 그림 3은 각각 차량 앞유리와 선팅 차량 옆유리의 투과율을 나타낸다.

이동하는 차량의 승객을 포착하기 위한 제안된 시스템을 그림 4에 나타내었다. 카메라는 적절한 가시 영역을 확보하기 위해서 지상에서부터 높이(C_{ground}) 3.6m, 도로 가장자리에서($C_{freeway}$) 7.5m 떨어져서 위치하고, 접근하는 차량에서부터 40m의 거리(r)에 위치하였다.

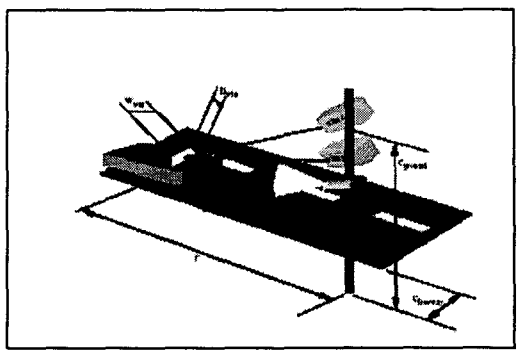


그림 4. 시스템 구조도
Fig 4. Configuration of system.

카메라가 승객 얼굴의 높이에서 접근하는 차의 중앙에 초점의 맞추고(P_{ground}=1.2m), 도로의 넓이는 약 1.8m(W_{lane})이며, 차량이 도로의 중간에서 주행한다고 가정하면 차량의 중앙측면 거리는 식(1)과 같다.

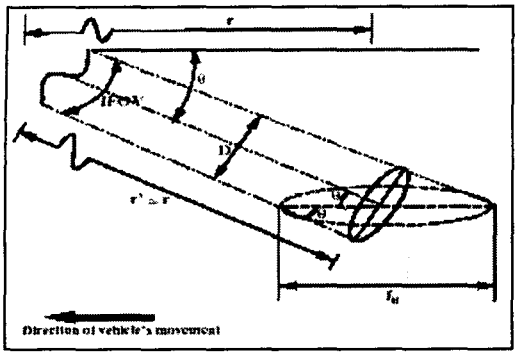


그림 5. 단일픽셀 계산을 위한 평면도
Fig 5. Geometry for the computation of a single pixel.

$$C_{vehicle} = C_{freeway} + W_{lane} = 7.5 + 1.8 = 8.8m \quad (1)$$

일반적인 승용차 평균 넓이와 높이를 각각 W_{win}, h_{win} 순간 가시영역(*IFOV*)는 단일 픽셀(single pixcel)과 상관없는 카메라의 가시영역 이다(그림 5). 그림 5에서 거릭 r'은 대략 카메라의 범위 r과 동일하다고 가정하면($r'=r=40$), *IFOV*는 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} IFOV &= \frac{\arctan[h_{win}/2)/r]}{(h_{FPA})/2} \\ &= \frac{[(0.9/2)/40]}{(240)/2} \\ &= 0.001\,rad \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 h_{FPA}은 카메라 SU-320의 초점에서 수직면을 나타낸다. 카메라의 *IFOV*는 카메라의 직경 *D*에서 차량 승객의 작은 영역이라고 하면, 이 영역은 단일 픽셀속에 투영된 것이며, 식(3)에 의해 *D* 값을 결정할 수 있다.

$$\begin{aligned} D &\approx IFOV * r \\ &= 0.0001 * 40 \\ &= 0.004 \end{aligned} \quad (3)$$

또한, 그림 5에서 θ는 카메라의 수평높이와 광학축사이의 각이다. 카메라가 승객 얼굴에 초점이 맞춰졌다고 가정하면 각 θ는 식 (4)로 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \theta &= \arctan\left[\frac{C_{ground} - P_{ground}}{r'}\right] \\ &= \arctan\left[\frac{3.6-1.2}{40}\right] \\ &= 3.43^{\circ} \end{aligned} \quad (4)$$

다음으로 *D*와 θ값을 알면, 식 (5)에서처럼 단일 픽셀의 차량 포착지점 f_{ht}를 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} f_{ht} &= f_{ht} \;/\; \nu \\ &= 0.067 \;/ 29.3 \\ &= 2.28 msec \end{aligned} \quad (5)$$

III. 실 험

제안한 시스템의 실험은 강릉 관동대 사거리 앞의 차량이 다니지 않는 공사 중인 도로에서 2일동안 오후와 저녁에 걸쳐 실행하였다. 카메라는 이동식 크레인 위에 설치하고, 먼저 저대역 필터(1.1~1.4㎛)로 카메라를 세팅시켜서 영상을 획득한 다음, 같은 방법으로 고대역 필터(1.4~1.7㎛)로 바꾸어 같은 장면을 다시 촬영했다.

그림 6과 그림 7은 각각 낮은 대역과 높은 대역에서 획득된 영상을 나타내며, 표 1은 오후와 저녁에서 각 카메라에서 획득한 S/N 비율을 나타낸다.

그림 6과 그림 7을 보면 높은 대역에서 획득된 영상(그림 6)이 낮은 대역에서 획득된 영상(그림 7)

그림 6. 1.1~1.4㎛에서 획득한 영상
Fig 6. Image in the band 1.1~1.4㎛.

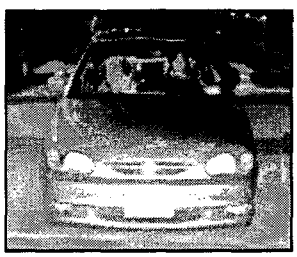
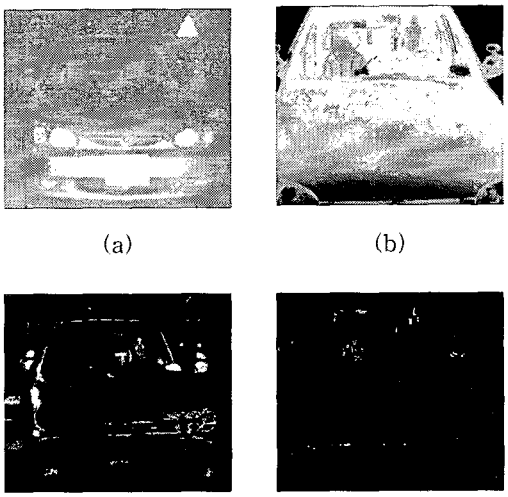


그림 7. 1.4~1.7㎛에서 획득한 영상
Fig 7. Image in the band 1.4~1.7㎛.

표 1. 오후와 저녁때의 S/N 비율
Table 1. S/N ratios for different day times and spectral bands.

	1.1~1.4㎛	1.4~1.7㎛
맑은 날 오후	700	600
저녁	0.7	0.6

보다 어두워 보이는데, 그 이유는 높은 대역의 태양 조명에너지가 낮은 대역에서의 에너지 보다 적기 때문이다. 또한 비례적으로 차량승객의 얼굴이 더 어두워 보이는 이유는 두 대역 사이에서 사람 얼굴의 반사율 차이 때문이다.



(a) (b)

(c) (d)

그림 8. 실험 결과
Fig 8. Experiment result.

그림 8은 실험결과로써 (b)는 그림 6(a)의 영상에서 각 대역을 조합한 영상의 결과를 나타내고, (d)는 조합된 영상에서 문턱치(thresholding) 값을 적용한 결과를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 다소의 잡음과 함께 차량승객의 얼굴만이 남아 있음을 알 수 있다. 만약 두 대의 카메라로 동시에 동작시켰다면 잡음이 생기지 않았을 것으로 생각된다. 또한 (c)는 일반적인 영상에서 문턱치값을 적용한 예로써 많은 외래정보가 존재함을 보여준다.

IV. 결 론

본 논문은 지능형 교통시스템(intelligent transportation system : ITS)에 적용될 수 있는 방안으로써, 안정된 영상신호를 제공하여 자동으로 차량 안의 승객을 탐지하는 시스템을 제안하였다.

하나의 대역만을 사용한 기존의 방법에 비해 제안된 시스템은 높은 대역(upper-band)과 낮은 대역(lower-band)의 스펙트럼 강도를 조합하는 방법을 이용하여 차량승객 탐지에 있어 보다 안정적인 영상을 획득할 수 있었으며, 실제 도로에서 이동하는 차량을 이용하여 실험한 결과 획득된 영상으로부터 승객의 얼굴 윤곽은 강화되고, 배경은 흐려져서 승객을 효율적으로 포착할 수 있었다.

향후 연구과제로써 야간시에 안정적으로 승객을 포착하는 방법과 차량의 측면과 후면에서도 인식할 수 있는 방법, 빠르게 이동하는 차량에서의 적용 방법, 그리고 진한 선텐 필름을 장착한 차량에서도 효율적으로 안정된 영상을 획득할 수 있는 방법 등이 계속적으로 연구되어야 할 것이라고 사료된다.

참고문헌

[1] D. Sinley. Laser and Led Eye Hazards: Safety Standards. Optics and Photonics News, pages 32-37, September 1997.

[2] F. Sabins. Remote Sensing, Principles and Interpretation. W.H. Freeman and Company, New York, third edition, 1997.

[3] B. Horn. Robot Vision, pages 202 277. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1986.

이영식(Young-Sik Lee)

1986년 2월 한국항공대학교 통신정보공학과 졸업(공학사)
1996년 2월 경희대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사)
2001년 3월~현재 관동대학교 대학원 전자통신공학과 박사과정수료
1995년 12월~1992년 2월 삼성전자 정보통신부분 통신종합연구소
1992년 3월~1995년 2월 경복대학 전자계산과 전임강사
1995년 3월~2001년 2월 동우대학 컴퓨터정보과 조교수
2001년 3월~현재 경동대학교 컴퓨터미디어공학부 부교수
※관심분야 : 영상처리, 신호처리시스템, 영상압축, 사이버교육, 교육정책

배철수(Cheol-Soo Bae)

1979. 2 명지대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1981. 2 명지대학교 대학원 전자공학과졸업(공학석사)
1988. 8 명지대학교 대학원 전자공학과졸업(공학박사)
1981. 3~현재 관동대학교 정보통신공학부 정교수
1998. 8~2001. 2 관동대학교 창업보육센타 소장
1999. 3~2001. 5. 관동대학교 공과대학 학장
2001. 6~2003. 5. 관동대학교 평생교육원장
1989. 11~현재 한국통신학회 강원 지부장
2002. 3~현재 (사)한국공학교육인증원 평가위원
2003. 1~현재 한국통신학회 국내저널 편집 부위원장
※관심분야 : 디지털신호처리, 영상처리, 신경회로망