

임베디드 하드웨어 기반 실시간 군중 혼잡도 추정 시스템

정철준*, 박광영*, 박구만*

Real Time Crowd Estimation System Using Embedded Hardware

Cheol-Jun Jeong*, Kwang-Young Park**, Gooman Park**

요 약

군중의 혼잡한 정도를 추정하기 위해서는 텍스처 기반의 방법을 이용하거나 움직임을 검출하여 혼잡한 정도를 추정한다. 본 논문에서는 이 두 가지를 혼합한 방법을 제안한다. 또한 ROI 영역을 설정하여 영역내의 혼잡한 정도의 기준을 명확히 하였으며, 특징 정규화를 통하여 카메라 각도 변화의 오차를 줄이고자 하였다. 이 시스템을 DSP에 탑재하여 임베디드 기반의 실시간 시스템을 구축하였다.

Key Words : object tracking, people counting, crowdedness

ABSTRACT

In order to estimate people crowdedness in public area, the texture based method or motion based method can be used. In this paper we have proposed a mixed method. By designating the region of interest, we made the degree of crowdedness more accurate. The feature normalization also reduced the image distortion which results from difference of camera angle. The proposed system was optimized to real time embedded hardware system.

I. 서 론

여러 가지 국내의 범죄 및 국제적인 테러사건 등으로 범죄방지 및 범죄자의 적발, 테러방지, 안전 및 보안, 증거용 등으로 CCTV가 매우 중요한 역할을 담당하게 된다는 것을 많은 사람들이 인식하게 되었다. 연구 결과에 의하면, 한 사람이 두 대의 화면을 감시할 때 22분정도 지나면 96%의 주의력이 떨어지는 것으로 알려져 있다. 현재 대부분의 경우에 사후 자료로 많이 사용되고 있으나, 지능형 종합감시시스템의 경우 사건 발생직후 이벤트를 발생하여 빠른 대처를 가능하게 하는 효과적인 시스템이다.

군중 내에서 혼잡도를 측정하기 위한 방법은 군중을 이루는 객체를 계수하거나 군중의 움직임을 추출하는 방법이 대표적이다. 에지 검출 후 모폴로지 연산을 통하여 획득된 데이터를 Fractal Dimension을 이용하여 혼잡도를 추정할 수 있으며[1], 입력 영상에서 추출한 특징을 분류기의 입력으로 이용하여 영상 내 군중들의 혼잡한 정도를 추출하여 이 특징을 이용하여 신경망을 통해 훈련시킴으로써 군중 밀도를 추정할 수 있다[2]. MRF(Markov Random Field)를 이용하여 지하철 역사내의 플랫폼에서 군중의 밀도를 측정하여 혼잡

한 정도를 추정할 수 있다[3]. 전경과 배경을 분리하고 배경의 노이즈를 제거하기 위해서 Optical Flow를 이용한 뒤, 특징 점들을 추출하여 혼잡도 추정을 하는 방법[4]이 제시되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 알고리즘에 대해서 설명하고, 3장에서는 실험결과에 대해서 설명한다. 끝으로 4장에서는 결과를 논한다.

II. 본 론

A. 가우시안 혼합모델(Gaussian Mixture Model)

가우시안 혼합 모델에서의 화소별 평균과 분산은 매 프레임 별 학습이 이루어진다. 따라서 시간에 따라 화소 값이 변 화해 학습에 따라 환경적으로 적응하는 구조를 가진다[5,6]. 임의의 시간 t 에 대해 측정된 한 화소가 \bar{X} 라고 하고, 이 \bar{X} 가 M개의 가우시안 확률 분포를 따른다고 하면, 가우시안 혼합 모델은 식 (1)과 같다.

*이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다

*하이트론시스템즈(주), **교신저자, 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과, gmpark@seoultechac.kr

접수일자 : 2013년 9월 10일, 수정완료일자 : 2013년 11월 15일, 최종게재확정일자: 2013년 12월 18일

$$p(\bar{X}, \bar{\theta}) = \sum_{m=1}^M \pi_m N(\bar{X}', \bar{\mu}_m, \bar{C}_m) \text{ with } \sum_{m=1}^M \pi_m = 1 \quad (1)$$

여기서 $\bar{\theta}$ 는 가우시안 혼합 모델의 파라미터 벡터로 $\bar{\theta} = \pi_1, \dots, \pi_m, \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_m, C_1, \dots, C_m$ 이며, $\bar{\mu}_m$ 과 C_m 은 m 번째 가우시안 분포의 평균과 공분산 행렬이다. 또한 π_m 은 m 번째 가우시안 분포의 혼합 가중치를 나타낸다. 배경과 전경의 분리를 위해 사용되는 배경 분포 모델은 식 (2)와 같다.

$$B = \arg \min_b \left(\sum_{m=1}^b \pi_m > (1 - T_f) \right) \quad (2)$$

$1 - T_f$ 는 배경 모델에게 주어지는 가중치의 값을 의미한다. 새로운 화소값이 배경에 속하게 되려면 식(3)에 의해 프레임이 경과하면 된다. 즉, 새로운 화소 값이 배경으로 포함될 때까지의 경과하는 프레임을 의미한다.

$$F = \log(1 - T_f) / \log(1 - \alpha) \quad (3)$$

B. Local Binary Pattern Image

LBP는 1994년 Ojala[11]에 의해서 제안되었다. 이것은 앞에서 언급한 배경과 전경을 분리하는 방법과는 다르게 텍스처 기반의 영상을 표현하는 방법이다. 특히 LBP 코드의 히스토그램이 텍스처를 표현하는 특징으로 이용된다.

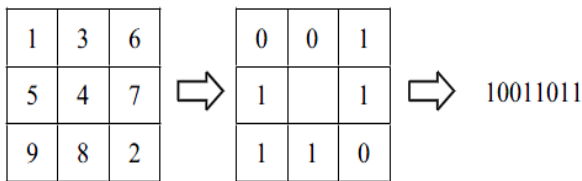


Figure 1. Example of LBP code

그림 1은 LBP 코드 생성의 예를 나타낸 것이다. 중심 픽셀을 기준으로 하여 주변 픽셀과의 차이값을 기준으로 새로운 코드를 생성한다. 아래 식 4는 LBP 코드를 부여하는 식으로 P는 주변 픽셀의 수를 의미하고, R은 중심에서 주변 픽셀까지의 거리를 나타낸다.

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p, s(x) = \begin{cases} 1, x \geq 0 \\ 1, x < 0 \end{cases} \quad (4)$$

LBP 히스토그램은 에지, 반점(spot), 평원(flat area) 같은

국부적인 패턴에 대한 분포를 나타내므로 영상을 영역들로 분할한 후 각 영역에 대한 LBP 히스토그램을 구하면 해당 영역의 국부적인 특징을 기술할 수 있다.

C. 특징 정규화(Feature Normalization)

영상의 관심 영역에서 모든 픽셀 위치에서의 크기는 다르다. 그림 2의 (a)에서 같이 영상내의 모든 픽셀의 크기는 다르게 표현되는데 이는 카메라의 틸트각의 변화 때문이다. 그림 2 (b)의 밀도 맵에 보이는 것과 같이 관심 영역 내에 각각 다른 가중치를 부여하여 특징 정규화를 수행 하였다. 영상 내에서 중심점을 기준으로 객체가 아래쪽으로 올수록 상대적으로 크게 나타나며, 위쪽으로 갈수록 객체의 크기가 작아지는 밀도맵에 의해서 상대적인 가중치를 적용하였다.



(a) ROI in the Image (b) Density Map
Figure 2. A Result of a Feature Normalization

D. Davinci DSP

본 논문에서는 혼잡도 추정 시스템을 임베디드화 하기 위해 TI사의 Davinci DM6446 프로세서를 사용하였다. Davinci DM6446는 칩 안에 독립된 2개의 프로세서를 가지고 있다. 모든 I/O는 ARM subsystem에서 관장하고 있으며, DSP subsystem에서는 디지털 신호처리를 전담한다. DSP 프로그램을 디버깅하기 위해서 Code Composer Studio 3.3 버전과 XDS510 USB Emulator를 사용하였다. 본 논문에서는 제안한 시스템을 구현하기 위하여 IMAGE LIBRARY, VISION LIBRARY, IQMATH LIBRARY를 사용하였다. 위의 라이브러리는 DSP 뿐만이 아니라, PC에서도 개발이 가능하도록 제공된다[7][8][9].

III. 실험결과 및 분석

본 논문에서 실험에 사용한 장비는 PC(Intel Core2Quad CPU Q6320-1.86GHz)이며 PETS2009 테스트영상을 이용하였다. 실험 시퀀스는 군중이 관심 영역을 지나갈 때 군중의 밀집도의 변화에 따라서 변화된 혼잡도 결과를 추정 할 수 있었다. 기존의 많은 연구에서는 5단계(Very Low, Low, Moderate, High, Very High)로 혼잡도를 구분하였다. 하지만 본 논문에서는 설정된 ROI 영역을 기준으로 하여 좀 더 유연하게 혼잡도 추정을 하고자 군중의 이동에 따라 점유율로 표현 하였다. 그림 3은 PETS 2009 dataset에 제안한 알고

리즘을 적용한 실험결과를 보여준다. 군중의 이동에 따라서 혼잡도 결과인 점유율을 빨간색으로 표시하였다.



Figure 3. Crowd Estimation Results

VII. 결 론

본 논문에서는 전경과 배경을 분리 후 그림자 제거, 모폴로지, LBP 코드등의 특징 검출 후 변화를 통하여 혼잡도를 추정하는 방법을 제안하였다. 실험결과에서 보는 것과 같이 설정된 관심 영역을 기준으로 긍정적인 추정결과를 가져왔다. 지하철이나 공항등과 같이 군중이 많이 몰리는 상황에서 안전사고를 미연에 방지하게 위해서 매우 효율적인 데이터가 될 것으로 기대된다. 카메라 각도에 따른 크기 변형이나

겹치는 문제는 추후 연구 목표로 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] A. N. Marana , "Estimation Crowd Density with Minkoski Fractal Dimension" Acoustic, Speech, and Signal Processing, 1999, pp 3521-3524.
- [2] Siu Teung Cho, Tommy W. S. Chow, and Chi Tat Leung, "A Neural-Based Crowd Estimation by Hybrid Global Learning Algorithm," IEEE Trans. On System, Man, and Cybernetics, Vol. 29, No 4, August 1999.
- [3] N. Paragios, V. Ramesh, "A MRF based approach for real-time subway monitoring", IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol 1. Pp 1034-1040, 2001.
- [4] Wei Li "Crowd Density Estimation : An Improved Approach", 2010 IEE 10th International Conference on Signal Processing, pp 1213-1216.
- [5] S. A. Velastin, J. H. Yin, A. C. Davies, M. A. Vicencio-Silva, R. E. Allsop and A. Penn, "Automated Measurement of Crowd Density and Motion using Image Processing," Proc. Of IEEE International Conference on Road Traffic Monitoring and Control, pp. 127-132, April, 1994.
- [6] Sheng-Fuu Lin, "Estimation of Number of People in Crowded Scenes Using Perspective Transformation", IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEM, MAN, CYBERNETICS Vol. 31, No. 6, November 2001.
- [7] IQmath Library Module user's guide, Texas Instruments, Dallas, Texas, 2008. 2.
- [8] TMS320C64x+ DSP Image/Video Processing Library Programmer's Guide, Texas Instruments, Dallas, Texas, 2008.5.
- [9] Vision Library Application Programming Interface Reference Guide, Texas Instruments, Dallas, Texas, 2009. 11.
- [10] Wenhua Ma, Lei Huang, Changping Liu, Advanced Local Binary Pattern Descriptors for Crowd Estimation, IEEE Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application, vol 2, pp.958-962, 2008.
- [11] M. Pietikainen T. Ojala and D. Harwood. A comparative study introduction of texture measures with classification based on feature distributions. *Pattern Recognition*, 29(7):51 -59, January 1996.

저자

정 철 준(Cheol-Jun Jeong)



- 2006년 2월 : 수원대학교 전자공학과 학사
- 2008년 2월 : 수원대학교 전자공학과 석사
- 2008년 3월~현재 : (주)하이트론씨스 템즈 주임연구원

<관심분야> : 영상처리, 지능형 알고리즘, 물체 추적

박 광 영(Park, Kwang-Young)



- 2000년 2월 : 서강대학교 경제대학원 석사
- 2013년 2월 : 서울과학기술대학교 IT정책전문대학원 박사
- 1996년 12월~현재 : (주)하이트론씨스 템즈 정보통신사업본부 사업총괄팀장

<관심분야> : 멀티미디어 통신, 영상인식, IT정책

박 구 만(Gooman Park)

정회원



- 1984년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 공학사
- 1986년 2월 : 연세대학교대학원 전자공학과 석사
- 1991년 2월 : 연세대학교대학원 전자공학과 박사

- 1991년 3월~1996년 9월 : 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원
- 1999년 8월~현재 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 교수