

네트워크 카메라 영상에서 원근감 효과를 고려한 군집 움직임 분석

이상걸* · 박현준* · 차의영*

*부산대학교 컴퓨터공학과

The Crowd Activity Analysis based on Perspective Effect in Network Camera

Sang-Geol Lee* · Hyun-Jun Park* · Eui-Young Cha*

*Computer Engineering Dept. Pusan National University

E-mail : leesg@pusan.ac.kr

요 약

본 논문에서는 특정 지역을 연속해서 촬영하는 고정된 카메라 영상에서 사람들의 움직임을 검출하고 움직임을 분석하여 정량화 하는 방법을 제안한다. 먼저 배경 영상을 획득하기 위하여 일정 시간동안의 입력 영상을 누적하고 평균값으로 정규화한다. 그리고 영상을 계속 누적하여 배경 영상을 실시간으로 갱신한다. 다음으로 획득된 배경 영상과 현재 영상에 대하여 차영상과 이진화를 수행하고 팽창 연산과 연결 성분 분석으로 잡영을 제거한다. 그리고 잡영이 제거된 영상에서 원근감 효과를 고려하는 가중치를 적용하여 움직임이 있는 객체를 클러스터링 하는 수정된 ART2 클러스터링 방법을 제안한다. 마지막으로 클러스터링 결과 정보를 이용하여 움직임을 정량화 한다. 제안하는 방법을 실내 환경에 설치된 네트워크 카메라로부터 영상을 획득하여 실험한 결과, 영상의 원근감 효과에 따라 군집 크기가 차이남에도 강인하게 분석할 수 있음을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper presents a method for moving objects detection, analysis and expression how much move as numerical value from the image which is captured by a network camera. To perform this method, we process few kinds of pre-processing to remove noise that are getting background image, difference image, binarization and so on. And to consider perspective effect, we propose modified ART2 algorithm. Finally, we express the result of ART2 clustering as numerical value. This method is robust to size of object which is changed by perspective effect.

키워드

군집 움직임 분석, 움직임 검출, 객체 검출, ART2 clustering

1. 서 론

군집의 움직임을 분석하기 위해서는 움직임 검출은 필수적이다. 움직임 검출 결과에 따라서 군집의 움직임 분석의 정확성이 결정된다. 영상에서의 움직임이란 연속된 프레임에서의 어떤 변화의 결과이며 이는 한 장면에서의 조명의 변화나 빛의 세기 변화로 나타나고 프레임간의 변화를 기반으로 전체 영상의 움직임의 검출이 수행된다.

본 논문에서는 고정된 카메라를 이용하며, 고정된 카메라에서는 카메라의 움직임에 의한 변화

를 무시할 수 있으므로 좀 더 쉽게 물체의 움직임을 검출 할 수 있다는 장점이 있다. 기존의 움직임 검출 방법에는 차영상을 이용한 방법, 광 흐름(optical flow)[1]을 이용하는 방법, 블록 이동 검색(block matching)[2], 칼만 필터(kalman filter)[3]를 이용하는 방법 등이 있다.

칼만 필터, 블록 이동 검색 등은 좋은 결과를 가져오지만 연산이 매우 많으며 네트워크 카메라 영상으로 적용하기에는 부적합하기 때문에 본 연구에서는 움직임 검출을 위해 가장 많이 사용되고, 쉽고 빠르게 원하는 결과를 얻을 수 있는

차영상 기법을 사용하여 움직임을 검출한다.

II. 네트워크 카메라 영상 획득

카메라의 영상을 획득하기 위해서 CCD/CMOS 카메라와 렌즈 그리고 비디오 서버 등과 같은 장비로 구성되는 고가의 전용 장비를 이용할 수도 있다. 하지만 본 논문에서는 비교적 구축이 용이하고 상대적으로 비용이 저렴한 네트워크 카메라를 이용하여 영상을 획득한다. 네트워크 카메라 장비 하나로 네트워크에 연결만 되면 카메라의 자체 서버 기능으로 MPEG2, MPEG4 또는 MJPEG 등과 같은 형식으로 영상을 압축하여 실시간으로 전송 가능하며 또한 정지 영상(still image) 파일로 저장도 가능하여 간단한 구성으로 특정 공간을 촬영하는 영상을 획득할 수 있게 된다.

그러나 네트워크 카메라의 경우 영상의 전송이 네트워크를 거쳐 전달되게 되므로 일정한 간격으로 정확하게 영상을 획득하기에는 부적합하다는 단점이 있다. 또한 네트워크의 대역폭 등에 따라 초당 전달 할 수 있는 영상의 크기와 장수가 결정된다. 따라서 본 논문에서는 실제 환경에 네트워크 카메라를 설치하여 640x480 해상도로 MPEG4로 전송되는 스트림에서 초당 4장 이하로는 충분히 영상 획득이 가능함을 실험을 통하여 확인하였다.

III. 원근감 효과를 고려한 군집 움직임 분석

먼저 군집의 움직임을 검출하기 위해 배경 영상을 생성한다. 배경 영상은 객체가 없는 영상을 말하며 쉽게 객체가 없는 상황에서 미리 획득된 영상을 사용하는 방법도 있다. 하지만 본 논문에서는 조명의 변화 등에 강인하고 객체가 있는 상황에서 실시간으로 생성하고 갱신하도록 입력 영상을 그레이 영상으로 변환 후 일정 시간동안 계속 누적하고 평균값으로 정규화하여 배경 영상으로 생성한다. BI를 배경 영상, CI를 현재 영상, n을 현재 누적 프레임 수, k를 누적 목표 프레임 수, x,y를 픽셀 좌표라 했을 때 배경 영상 생성은 식 (1)을 따른다.

$$BI_n(x,y) = \begin{cases} \frac{CI_n(x,y) + BI_{n-1}(x,y) \cdot (n-1)}{n}, & (\text{if } n < k) \\ \frac{CI_n(x,y) + BI_{n-1}(x,y) \cdot (k-1)}{k}, & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에 의해 구해지는 BI_n은 결국 CI₁, CI₂, ..., CI_n 영상들의 평균 영상이 된다. k를 통해 일정 시간 동안의 영상만 누적함으로써 과거의 오래된 영상은 배경 영상에 영향을 미치지 않도록 하여 시간의 흐름에 따라 조명의 변화 등에 강인

하도록 실시간으로 배경 영상이 갱신 되도록 한다.

배경 영상이 생성되었으면 현재 영상과 차영상을 통해 움직임을 있는 객체가 있는 영역의 정보만 남기게 된다. DI를 배경 영상과 현재 영상의 차영상이라 했을 때 식 (2)에 의해 구해진다.

$$DI(x,y) = |CI(x,y) - BI(x,y)| \quad (2)$$

배경 영상과 현재 영상의 차영상을 수행한 후 이진화를 수행하여 움직임을 있는 객체와 배경을 구분 짓는다. 차영상과 이진화 수행 결과에는 움직이는 객체 외에 잡영(noise)도 포함되어 있다. 이러한 잡영을 제거하기 위해 팽창 연산(dilation)을 수행한다.

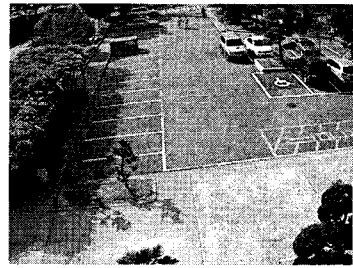


그림 1. 입력 영상(그레이 변환) 결과

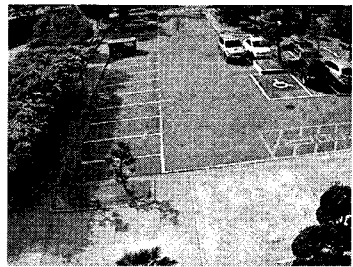


그림 2. 누적으로 생성된 배경 영상

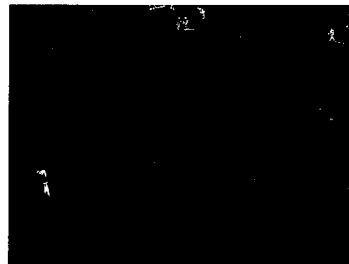


그림 3. 입력 영상과 배경 영상의 차영상

차영상과 이진화를 수행하고 잡영 제거를 위해 팽창 연산을 수행한 결과에도 여전히 잡영이 존재한다. 본 논문에서는 연결 성분 분석(Connected Component Analysis)을 수행하여 객체를 덩어리

단위로 연결 분석하여 일정 크기가 되는 성분은 잡영으로 간주하여 제거하였다. 연결 성분 분석은 인접한 각 픽셀들의 외곽선(contour)을 구하여 polygon으로 연결하여 안을 채우는 방법을 사용하였다.

다음으로 연결 성분 분석 결과를 이용하여 클러스터링을 수행한다. 연결 성분 분석 결과로도 움직이는 객체의 검출이 가능하지만 하나의 객체이지만 2개 이상으로 분리된다든지 2개 이상의 객체인데 하나로 뭉쳐지는 등의 문제가 있어 군집의 움직임을 정량화 하기에는 부적합하다. 따라서 본 논문에서는 ART2(Adaptive Resonance Theory) 인공신경망을 응용하여 클러스터링을 수행함으로써 움직임이 있는 객체를 보다 효율적으로 검출할 수 있도록 하였다.

또한 카메라로 특정 영역을 촬영하게 되면 카메라 렌즈의 화각(angle of view)에 따라 원근감 효과(perspective effect)가 발생하게 된다. 즉 카메라로부터 가까운 곳의 객체는 크게 먼 곳의 객체는 작게 표현되는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 군집의 움직임 분석을 위하여 원근감의 효과를 고려하였으며 주관심 대상인 사람의 경우 형태적으로 세로로 긴 특성이 있다는 것도 반영하여 그림 4와 같이 수정된 ART2 클러스터링 방법을 제안한다.

step1. 새로운 입력 데이터(검은색이 아닌 픽셀 pixel)가 주어지면, 최소 거리(맨하탄 거리 사용)의 cluster를 승자로 선택, 이때 최소 거리는 가로 거리에 가중치(2배)가 적용된 맨하탄 거리

$$j' = \min \| X - W_j \|$$

(X : Input data, W_j : Weight of class j)

step2. Vigilance test를 수행
if $\| X - W_{j'} \| < \rho \cdot p$ then pass
(ρ : cluster radius, p : perspective rate, $0 < p < 1$)

step3. Vigilance test를 실패하면 다음과 같은 weight값을 가지는 cluster를 생성한다.
 W_k
(k : new cluster)

step4. Vigilance test를 통과하면 승자 cluster에 입력데이터를 포함시키고, 다음 식에 의해 weight값을 수정한다.

$$W_{j'}^{w} = \frac{X + W_{j'}^{old} \cdot \| cluster_{j'}^{old} \|}{\| cluster_{j'}^{old} \| + 1}$$

($\| cluster_j \|$: number of cluster j member)

그림 4. 원근감 효과를 고려한 수정된 ART2 클러스터링 방법

수정된 ART2 클러스터링 방법은 기존의 방법 [4]과는 달리 승자 클러스터 결정시 거리 비교에서 가로 거리를 2배로 가중치를 부여함으로써 형

태학적 특성을 반영하여 선택될 수 있도록 하였다. 그리고 vigilance test를 수행할 때 반경에 원근감에 따른 가중치를 부여하여 멀리 있는 객체는 반경이 작게, 가까이 있는 객체는 반경이 크게 적용되도록 하였다. 즉, 원근감 비율을 영상의 위치에 따라 상단에서 하단으로 p값을 증가시키면서 적용한다. 그림 6~7은 기존의 ART2 클러스터링을 적용한 결과와 원근감 효과를 고려한 수정된 ART2 클러스터링 결과를 비교한 것이다.

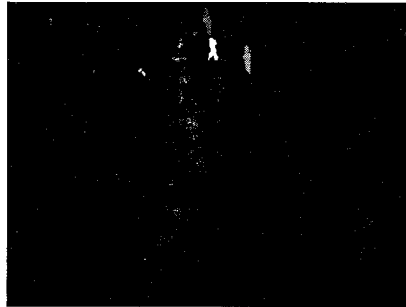


그림 5. 연결 성분 분석 후 잡영 제거 결과



그림 6. 기존 ART2를 이용한 클러스터링 결과



그림 7. 수정된 ART2를 이용한 클러스터링 결과

그림 6~7에서는 보는 바와 같이 기존의 방법으로는 멀리 있는 객체들의 경우 클러스터링이 뭉쳐져서 정확하게 되지 않는 것을 알 수 있다. 그러나 본 논문에서 제안하는 수정된 방법으로는

효과적으로 잘 분리되는 것을 알 수 있다.

마지막으로 영상내에서 움직임을 검출한 후 NxM개의 격자 영역으로 나누어 각 영역의 클러스터 개수를 더하여 영역별 움직임량으로 사용하였다.

IV. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 AXIS 207 네트워크 카메라를 실내 2곳, 실외 1곳에 설치하고 640x480 해상도의 MPEG, MJPEG으로 영상을 획득하여 실험하였다.

원근감 효과를 보정하기 위해서는 카메라의 화각을 알고 정밀한 측정을 통하여 보정해야 하지만 본 논문에서는 원근감 비율을 구하기 위해서 촬영 화면에 사용자가 측정선 두 개를 긋도록 하여 그 선을 기준으로 비율을 계산하여 적용하여 실험하였다. 그림 8은 원근감 비율을 설정하기 위한 측정선을 입력한 화면이며 그림 9~10은 실험 결과 영상 샘플이다.

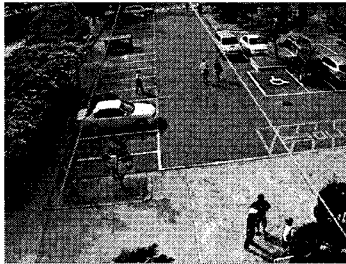


그림 8. 원근감 비율을 결정하기 위한 측정선의 입력

그림 9~10에서 보는 바와 같이 정상적으로 군집 움직임 분석이 가능함을 알 수 있다. 다만 실내 환경에서는 바닥재의 영향으로 결과에 큰 영향을 주지는 않지만 조명 반사 등이 오류로 검출되기도 하였다. 그리고 실외의 경우 햇빛의 영향과 바람의 영향에 따라 오류가 발생하기도 하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 원근감 효과를 고려하여 움직이는 객체를 검출하고 움직임을 정량화 하는 방법에 대하여 제안하였다. 네트워크 카메라를 통해 획득한 영상을 일정 시간 동안 누적하여 평균값으로 정규화 한 배경 영상을 생성하고 현재 영상과 차이를 구해서 움직임이 있는 영역을 검출해내는 비교적 간단한 방법으로 해결하였다. 그리고 움직임 있는 영역 검출 후 영상 처리를 통하여 잡영 부분을 제거하고 객체 단위로 구분하기 위하여 ART2 클러스터링 기법을 이용하였다. 카메라

영상에서 필연적으로 발생하는 원근감 효과에도 강인하도록 ART2 클러스터링 기법을 수정하여 제안하였으며 다양한 실험 환경에서 효과적으로 움직임을 검출하고 분석할 수 있음을 확인하였다.

향후 움직임 검출 결과를 인공지능망으로 학습하여 특정 지역에서 사람들이 움직이는 이동 패턴 등을 분석하면 지능형 로봇 서비스에서의 서비스 위치 판단 등 보다 많은 곳에 응용할 수 있을 것이다.

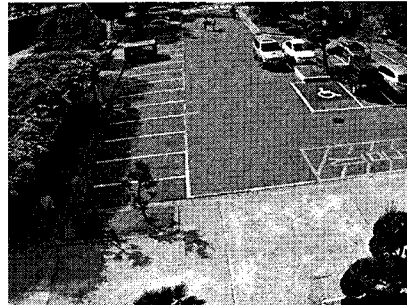


그림 9. 실외의 실험 결과 샘플



그림 10. 실내 실험 결과 샘플

참고문헌

- [1] Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G. Schunck, "Machine Vision," McGraw-Hill. Inc.
- [2] Feng. J., Lo. K.-T., Mehrpour H., Karbowski. A.E., "Adaptive block matching motion estimation algorithm for video coding." Electronics Letters, Vol. 31 No. 18, pages 1542-1543, Aug. 1995.
- [3] Penafiel. P., Fan. C.M., "Nonuniform image motion estimation using Kalman filtering." Image Processing. IEEE Transactions on, Vol. 3, No. 5, pages 678-683, Sept. 1994.
- [4] 이상걸, 구경모, 서영욱, 차의영, "다중 카메라를 이용한 3차원 개체 추적 시스템," 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집, Vol.11 No.1, 2004.