

연속적인 물체 추적과 감시를 위한 Block 기반 다중 카메라들 간의 Hand-off 기술

김지만[○] 김대진

포항공과대학교 지능형미디어 연구실

{jmk[○], dkim} @postech.ac.kr

Block-based Multiple Cameras Hand-off for Continuous Object Tracking and Surveillance

Jiman Kim[○] Daijin Kim

Intelligent Media Lab.

POSTECH

요 약

감시 및 보안의 중요성이 커지고 있다. 따라서 여러 대의 카메라로 움직이는 물체를 연속적으로 추적하는 효율적인 알고리즘 및 시스템에 대한 개발이 활발하다. 본 논문에서는 물체를 연속적으로 추적하기 위해 다중 카메라 간의 hand-off 기술을 제안한다. 먼저 움직이는 물체의 검출을 위한 몇 가지 단계의 전처리 과정을 거친다. 그리고 나서 검출된 영역들 간의 상관관계를 파악하기 위해 물체를 가장 잘 검출한 주 카메라를 선택하고 이동 경로에 따른 다음 주 카메라를 예측한다. 예측된 카메라 정보와 칼라 정보 등을 이용해서 동일 물체를 추적하고 있음을 확인한다. 실험 결과는 움직이는 특정 물체에 대해 주 카메라가 어떻게 변해 가는지를 보여준다.

추적하는 시스템에 활용될 수 있을 것이다.

1. 서 론

여러 감시 시스템 중에서도 video 기반의 감시 시스템은 단순한 출입 여부 감지 시스템보다 활용 가능성이 많고 적용 분야 또한 다양하다. 사람의 눈을 대신하여 실내,외 환경을 지속적으로 감시하기 위해서는 다양한 영상 처리 기법들과 자동화된 지능적인 시스템을 위한 관련 인공지능 기술 또한 갖추어져야 한다. 특히 광범위한 실내 영역 내에 설치된 여러 카메라들을 사람이 일일이 주의를 기울여 관찰하고 처리하는 것은 힘든 일이다. 따라서 여러 카메라 간의 협업을 통하여 실내,외 환경을 효율적으로 감시하는 시스템은 매우 중요하다고 할 수 있다.

실내,외에서 일어날 수 있는 다양한 상황을 처리하기 위해서는 기본적인 영상 처리와 지능적인 알고리즘 모두가 중요하다. 먼저 움직이는 사람이나 물체를 검출하기 위해서는 전처리 과정이 필요하다. 영상 기반의 시스템은 기타 다른 시스템에 비해 환경의 변화에 민감하기 때문에 그것을 보정하고 보완하기 위한 처리가 반드시 필요하다. 잡음을 없애고 검출하기 원하는 부분만을 구분하기 위한 과정이 그것이다. 또한 전처리 과정을 거치고 난 후의 검출된 영역들에 대해서 어떻게 그 영역을 지속적으로 추적할 것이며, 그 영역을 어떠한 물체 또는 상황으로 인식할 것이며, 여러 물체들을 어떻게 구분할 것인가에 대한 상위 단계의 지능적인 알고리즘이 적용되어야 한다.

여기에서는 실내 환경에서 좀 더 효율적으로 물체를 추적하기 위하여 픽셀 기반이 아닌 블록을 기반으로 한 다중 카메라들 간의 hand-off 기술을 소개하고자 한다. 다중 카메라 환경에서 좀 더 지능적이고 효율적으로 다중 객체를

2. Visual Surveillance System

Video Surveillance System 이 적용될 수 있는 환경은 다양하다. 따라서 시스템을 구축하기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

- 1) 실내 환경에 초점을 둘 것인가, 실외 환경에 초점을 둘 것인가
- 2) 고정된(fixed) 카메라를 사용할 것인가, 능동적으로 움직이는(active) 카메라를 사용할 것인가.
- 3) 단일/다중 카메라 기반, 단일/다중 객체 중 어느 주제에 초점을 둘 것인가
- 4) Non-overlapping 영역(어느 카메라에서도 보이지 않는 사각 영역)을 감시 영역 내에 포함시킬 것인가
- 5) 검출과 추적, 인식 중 어느 부분을 핵심 기술에 포함시킬 것인가

이번 논문에서는 실내 환경에 초점을 두고, 다중 카메라로 검출과 추적을 핵심 기술에 포함시킨 시스템을 고려한다. 또한 Non-overlapping 영역은 감시 대상 영역에 포함시키지 않도록 한다. 그리고 단일 객체 추적에 초점을 두되 다중 객체 추적으로의 확장이 용이한 시스템을 개발하고자 한다.

Vision 기반의 감시 시스템을 구성하는 요소는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 앞서 언급하였던 것처럼 하나는 전처리 과정이고 다른 하나는 지능적인 알고리즘 부분이다. 전처리 과정을 거치기 전에 먼저 각 카메라의 영상을 block

단위로 그룹화한다. 각 block 의 정보(mean intensity value 등)를 그 이후의 단계들을 위한 처리에 이용한다. 이것은 카메라의 수가 늘어날수록 급격히 증가하는, 처리 과정에 소요되는 시간을 단축시키기 위한 과정이다.

전처리 과정에는 움직이는 물체 또는 사람을 검출하기 위해서, 배경과 물체를 구별하기 위한 background modeling, shadow elimination 기법 등이 사용된다. 실내 환경을 고려하기 때문에 배경 이미지들만을 이용하여 초기에 만들어 놓은 background 에 대한 정보를 사용하여 처리 속도를 향상시킨다. 실외 환경에서는 규칙적으로 또는 불규칙적으로 움직이는 배경이 발생할 수 있는데 그 때에는 일정 주기마다 background 를 update 하여 실제 움직이는 물체만을 검출해낸다.

아래의 [그림 1]은 본 논문에서 수행하는 알고리즘이 순서도이다. 초기 background modeling 을 제외하고는 각 검출과 추적의 매 frame 마다 수행한다.

본 논문에서는 detection 과 tracking 에 중점을 두고 있다. 따라서 또 하나의 중요한 주제인 identification 은 자세하게 언급하지 않는다. 그에 관련한 실험은 곧 진행될 것이다.

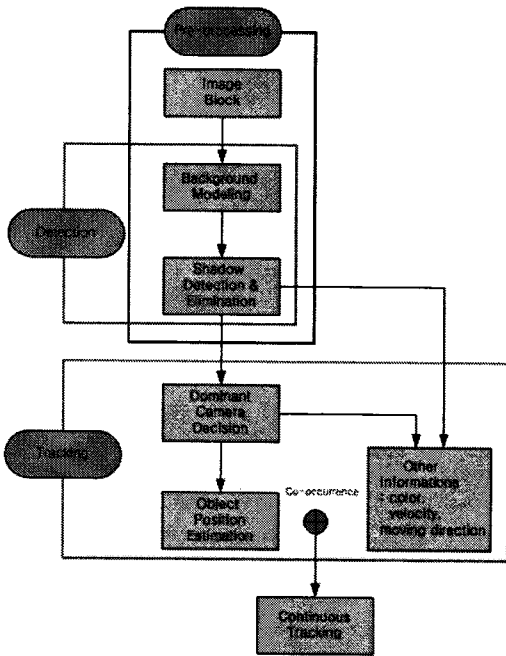


그림 1. Block기반 Video Surveillance System

3. 전처리 (Pre-processing)

3.1. Image Block

각 카메라로부터 영상이 전송될 때 가장 먼저 수행되는 작업은 영상을 block 단위로 분할하는 것이다. 이미지를 block 단위로 분할하는 이유는 카메라의 수가 급격히 늘어나야 할 광범위한 영역을 다루는 상황일 때에 모든 카메라의 영상을 pixel 단위로 처리하다 보면 처리 과정에서 시간이 많이 걸릴

수 있기 때문이다. Block 단위로 처리하게 되면 정확도 측면에서는 성능이 떨어질 수도 있지만 인식이 주 목적이 아니라 검출과 추적이 주 목적이므로 고려 가능한 한 크기 내에서의 block 기반 처리가 더 효율적이다. 본 논문에서는 가로 세로 각 16 block, 각 카메라 당 256 block 으로 분할하였다. 영상은 카메라로부터 RGB format 으로 캡처되고, block 내에 속한 pixel 들의 mean intensity value 를 이용한다.

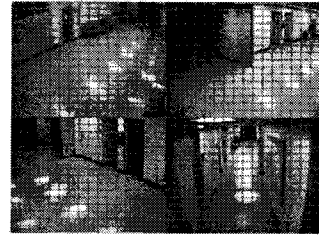


그림 2. Block 기반의 카메라 영상

4. 움직이는 물체 검출 (Detection)

4.1. Background Modeling

움직이는 물체 또는 사람을 검출하기 위하여 배경 화면 이외에 어떤 물체도 존재하지 않는 초기 frame 들로부터 background 를 modeling 한다. 본 논문에서 어떠한 움직이는 물체도 존재하지 않는 초기 100 frames 을 이용하여 background modeling 을 수행한다. 그리고 밤과 낮에 따라 변하는 조명이나 여러 실내 환경의 변화에 영향을 받지 않기 위해서 입력 영상이 들어올 때, 일정 주기마다 background 를 update 하여 시스템이 환경의 변화에 민감하지 않도록 한다. 갱신하는 평균과 분산 값은 다음과 같다.

$$\mu_t = (1 - \rho)\mu_{t-1} + \rho X_t$$

$$\sigma_t^2 = (1 - \rho)\sigma_{t-1}^2 + \rho(X_t - \mu_t)^T(X_t - \mu_t)$$

4.2. Shadow Elimination

Background modeling 을 사용하여 현재 frame 에서의 움직이는 object 를 검출할 때, 해당 object 의 그림자도 함께 검출된다.

Object 와 shadow 를 구별하기 위해서 brightness distortion 과 color distortion(chromaticity)을 이용한다. Brightness 는 검출된 block 과 해당 original background block 의 밝기 차이를 의미한다. 또한 chromaticity 는 detected block 과 해당 original background block 간의 색상이 얼마나 차이가 나는가를 의미한다. 두 가지 정보를 이용하여 검출된 영역은 다음과 같이 네 가지로 구분될 수 있다.

- 1) Original Background
- 2) Shaded background / Shadow
- 3) Highlighted background
- 4) Real-moving foreground

이것을 아래 [그림 3]과 같이 나타낼 수 있다. E_i 는 background color vector, I_i 는 current color vector, P_i 는 I_i 의 E_i 로의 projection 으로 brightness 와 관련이 있고, θ_i 는 E_i 와 I_i 간의 angle 로 chromaticity 와 관련이 있다.

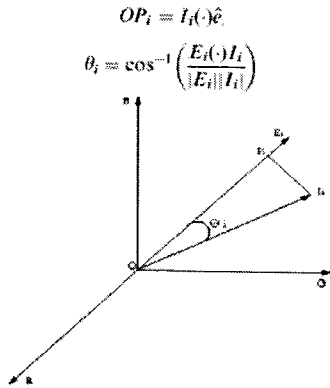


그림 3. Color vector 간의 관계

즉, chromaticity는 유사하지만 brightness가 더 낮다면 shaded background 또는 shadow로, brightness가 더 높다면 highlighted background로 판단한다. 그리고 만약 chromaticity의 차이가 크다면 moving object로 판단한다. Shadow block을 제거함으로써 실제 움직이는 object block만을 검출한다.

5. 물체 검출 및 추적 (Detection and Tracking)

5.1. Color Information

움직이는 물체를 추적하는 가장 간단한 방법으로 color 정보를 이용해서 물체들 간의 구분을 수행할 수 있다. 하지만 물체들 간의 색상이 비슷하다면(두 사람이 비슷한 색상의 옷을 입고 있을 경우) 부가적인 정보가 필요하다. 예를 들어 각 물체가 움직이는 방향, 속도 정보, 전체 공간 내에서의 trajectory 정보, 뒤에서 언급할 dominant camera의 위치 정보 등을 이용할 수 있다. 이러한 정보들을 이용하여 각 움직이는 물체에 대해서 tracking을 수행하는 것이 가능하다.

5.2. Dominant Camera Information

다중 카메라가 설치된 환경 내에서 움직이는 물체를 연속적으로 추적하는 것은 전체 map 내에서 물체가 현재 어느 위치에 있는가를 파악하는 것과 동일하다. 고려되는 실내 환경에 대한 전체 map이 주어졌다고 가정하면, 추적 대상인 물체의 dominant camera의 위치 정보를 이용하여 물체의 위치에 기반한 tracking을 수행할 수 있다. 각 카메라의 위치는 초기 설치 시 미리 파악할 수 있다. 물체가 움직일 때, 각 카메라는 detection 기능을 수행하게 된다. 그 결과는 detected block으로 나타나는데 detected block을 가장 많이 포함한 카메라가 dominant camera이 된다. 이러한 사실을 이용하면 해당 물체는 전체 환경 내에서도 dominant camera가 위치 영역의 일정 오차 범위 내에 존재한다고 결론을 내릴 수 있다.

5.3. Camera Hand-off

위에서 얻게 된 dominant camera position의 정보를 카메라들 간의 hand-off에 이용할 수 있다. 한 움직이는 물체에 대해 dominant camera가 결정되었을 때, 검출된 사람의 폭을 의미하는 최대 가로 block 수를 count한

다. 사람이 카메라 방향으로 다가오고 있으면 최대 가로 block 수가 증가할 것이고, 반대로 카메라에서 멀어지는 방향으로 이동하고 있으면 최대 가로 block 수는 감소할 것이다. 또한 일정 범위 내에서 최대 가로 block 수가 변하지 않는다면 물체가 카메라와 일정 거리를 두고 왼쪽에서 오른쪽으로, 또는 오른쪽에서 왼쪽으로 가로질러 이동하고 있다는 의미이다. 이러한 사실을 이용해서 각 카메라마다 물체의 움직임 방향에 따른 dominant camera 후보를 미리 결정해서 하나의 테이블로 만들 수 있다. 아래 [그림 4]는 dominant camera 후보 결정에 대한 예를 보여준다

테이블을 적용해서 dominant camera를 미리 예측할 수 있고, dominant camera 후보들 내에서 next dominant camera가 선정되고 물체에 대한 color 정보가 일치한다면 두 카메라에서 검출된 물체가 동일 물체라고 판단한다..

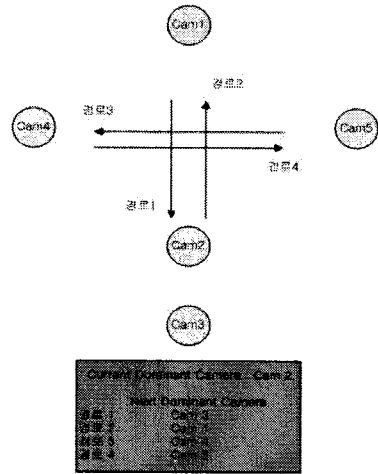


그림 4. 실험 환경과 dominant Camera Candidates 결정

5.4. Positioning and Trajectory Tracking

움직이는 물체가 검출되고 dominant camera들 간의 hand-off가 수행될 때, 미리 알고 있는 그 카메라들의 위치 정보를 이용하여 고려되는 전체 환경 내에서 물체의 대략적인 위치를 파악할 수 있다. 또한, 지속적으로 얻어지는 물체의 대략적인 위치 정보를 토대로 이동하는 물체의 trajectory를 파악할 수 있게 된다. 즉, 전체 영역 내에서 연속적으로 추적할 수 있게 된다.

6. 실험 결과

실시간 버전으로 구현하기 이전에 matlab 상에서 테스트해 본 결과 CPU 3.4GHz, 2GB RAM에서 초당 4~5frames 정도의 처리 속도를 나타냈다. 아직 초기 단계의 버전이라 할지라도 C 버전으로 구현할 경우 충분히 실시간으로 동작할 수 있음을 보여준다.

아래 [그림 5]는 background modeling 후의 detected blocks를 보여준다.

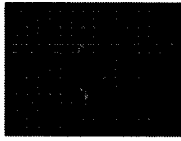


그림 5. Background Modeling 후의 detected blocks

위 그림에서 녹색의 직선들은 각 카메라의 image 를 분할하였음을 보여준다. 또한 background 는 검은 색으로, foreground 는 흰색으로 나타내었다. 또한 detected block 은 빨간색으로 나타내었다. 그리고 shadow elimination 의 결과는 다음과 같다.

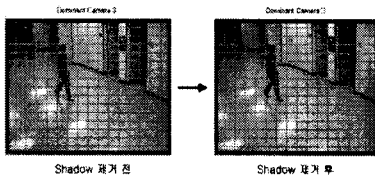


그림 6. Shadow Elimination

본 논문의 실험에서는 일단 4 대의 카메라로 실험하였다. 각 카메라의 next dominant camera 후보에 대한 테이블은 [표 1]과 같다.

표 1. Next Dominant Camera Candidates Table

Current Dominant Camera	Next Dominant Camera Candidates			
	Moving Direction			
	가까워짐	멀어짐	가로지름	
왼쪽 →오른쪽			오른쪽 →왼쪽	
Cam 1	1, 4	2	3	3
Cam 2	2	1, 3	3	3
Cam 3	3, 4	1	1	2
Cam 4	4	1, 3	1	•

[그림 7] 은 실험이 진행중인 실험 환경을 나타내었다. 앞으로 실험에 고려되는 장소와 카메라의 수를 더 확장해 나갈 계획이다. 등근 도형이 각 카메라를 나타내고 각 카메라에서 켜어나가는 선이 카메라의 angle of view 를 의미한다.

시간의 흐름에 따라 일정 frame 후의 dominant camera 의 변화는 다음 [그림 8]과 같다. 물체의 trajectory 는 실행 시 아직 자동적으로 그려지는 단계는 아니다. 하지만 dominant camera 의 위치 정보를 미리 알고 있다면 충분히 추정 가능한 경로이다. 곧 진행될 실험에서 이러한 trajectory 정보가 물체들 간의 identification 을 수행하는 데에 중요한 정보가 될 것이다

또한 color 정보를 이용하여 dominant camera 들 간에 동일 물체를 인식하는 실험은 마무리 단계에 있다. 가장 중요한 부분이기 때문에 환경에 영향을 많이 받는 color 정보 이외에 부가적인 정보들을 사용하여 identification 을 수행할 계획이다.

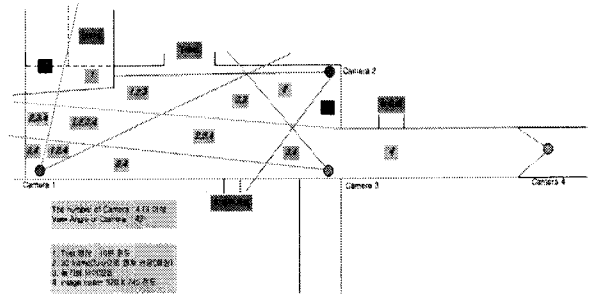


그림 7. 실험 환경

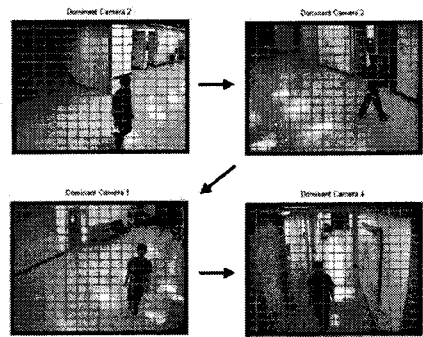


그림 8. Camera Hand-off Results

6. 결론

본 논문에서는 다중 카메라가 설치된 실내 환경에서 특정 물체가 움직일 때 카메라들 간의 협력을 통해 물체를 놓치지 않고 추적하는 것을 목표로 하였다.

물체를 추적하기 위해서 우선 실제 움직이는 물체를 검출하기 위한 전처리 단계들을 거치고, 검출된 영역을 기반으로 하여 추적을 수행한다. 전처리 단계에는 이미 생성되어 있는 배경 모델로부터 움직이는 영역을 검출하고 검출된 영역 중 그림자 부분을 제거하는 일이 포함된다. 추적하길 원하는 물체가 가장 큰 영역으로 검출되는 카메라를 주 카메라로 선택한다. 물체가 이동함에 따라 주 카메라 또한 지속적으로 바뀌게 된다. 본 논문에서는 동일 물체에 대한 연속적인 추적을 다루므로 여기서 중요한 것은 주 카메라들에서 검출된 물체가 동일 물체인지를 확인하는 것이다. 현재의 주 카메라에서 검출된 영역 정보를 이용해서 다음의 주 카메라 후보를 선택한다. 실제 다음의 주 카메라가 미리 예측된 후보들 가운데에서 선택되고, 검출된 영역의 칼라 정보가 이전 주 카메라에서 검출된 영역의 칼라 정보와 일치하면 동일 물체로 판단한다. 이 부분은 아직 마무리 단계에 있지만 칼라 정보는 환경에 민감하고 동일 색의 다른 물체가 존재할 수도 있기 때문에 그 외의 다른 정보도 이용하여 인식 문제를 다룰 계획이다.

7. ACKNOWLEDGMENTS

본 과제(결과물)는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금으로 수행한 최우수실험실지원사업의 연구결과입니다. 또한 본 연구는 과학기술부 지정 한국과학재단 생체인식 연구센터(BERC)의 지원으로 수행 되었습니다.

8. REFERENCES

- [1] T. Nishizaki, Y. Kameda, and Y. Ohta, "Visual Surveillance Using Less ROIs of Multiple Non-calibrated Cameras", ACCV 2006, LNCS 3851, pp.317-327, 2006.
- [2] J. Kurmm, S. Harris, B. Meyers, B. Brumit, M. Hale, and S.Shafer, "Multi-camera multi-persion tracking for easy living", In Proc. International Workshop on Visual Surveillance, pp. 3-10, 2000.
- [3] L. Lee, R. Romano, and G. Stein, "Monitoring activities from multiple video streams : Establishing a common coordinate frame", IEEE Transaction on Pattern Recognition and Machine Intelligence, vol. 22, no. 8, pp. 18-36, 2002.
- [4] H. Pasula, S. Russell, M. Ostland, and Y. Ritov. "Tracking many objects with many sensors", In Proc. International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1999.