

비디오 압축 도메인에서 다시점 카메라 기반 이동체 검출 및 추적

Moving Object Detection and Tracking in Multi-view Compressed Domain

이봉렬*, 신윤철**, 박주현**, 이명진**⁰

Bong-Ryul Lee*, Youn-Chul Shin**, Joo-Heon Park**, Myeong-Jin Lee**⁰

요 약

본 논문에서는 다시점 카메라 환경에서 비디오 압축 도메인의 이동체 검출 및 추적 방법을 제안한다. 비디오 압축 비트열로부터 추출된 움직임 벡터와 블록 모드를 기반으로 이동블록 검증 및 라벨링, 이웃 blob 결합 알고리즘을 제안한다. 또한, 단일시점 및 다시점 환경에서 이동체의 일시 정지, 교차, 겹침시에도 지속적인 추적이 가능한 일정 시간 구간내 이동체 정보 갱신 기법을 제안한다. 기존 카메라 화면에 나타나지 않는 이동체는 다른 카메라 화면의 이동체 위치로부터 기존 카메라 화면상 좌표로 변환하여 참조하였다. 제안 기법의 성능은 부호기의 움직임 벡터 정밀도에 의존적인데, 두 대의 카메라 환경에서 H.264 JM15.1 압축 비트열로부터 복호화 없이 평균 89%와 84%의 검출률과 추적률을 보였다. 또한, 물체의 일시 정지, 교차, 겹침시에도 지속적인 이동체 검출 및 추적이 가능하며, 단일시점 환경에 비해 다시점 환경에서 평균 6%의 검출률과 7%의 추적률 개선을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose a moving object detection and tracking method for multi-view camera environment. Based on the similarity and characteristics of motion vectors and coding block modes extracted from compressed bitstreams, validation of moving blocks, labeling of the validated blocks, and merging of neighboring blobs are performed. To continuously track objects for temporary stop, crossing, and overlapping events, a window based object updating algorithm is proposed for single- and multi-view environments. Object detection and tracking could be performed with an acceptable level of performance without decoding of video bitstreams for normal, temporary stop, crossing, and overlapping cases. The rates of detection and tracking are over 89% and 84% in multi-view environment, respectively. The rates for multi-view environment are improved by 6% and 7% compared to those of single-view environment.

Key words : video compressed domain, moving object detection, moving object tracking, multi-view camera

I. 서 론

영상 기반 보안 감시 시스템에서 이동체 검출 및 추적을 위한 다양한 연구들이 수행되어 왔다. 그 동안

* 삼성전자(Samsung Electronics, Co. Ltd.)

** 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 (School of Avionics and Telecommunication Engineering, Korea Aerospace University)

· 제1저자 (First Author) : 이봉렬 (Bong-ryul Lee)

· 0 교신저자 (Corresponding Author) : 이명진 (Myeong-jin Lee, Tel: +82-2-300-0421, email: mjlee@ieee.org)

· 접수일자 : 2013년 1월 25일 · 심사(수정)일자 : 2013년 2월 8일 (수정일자 : 2013년 2월 23일) · 게재일자 : 2013년 2월 28일

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.01.098>

의 연구들은 주로 픽셀 도메인에서의 영상의 밝기 정보와 색 정보 등을 활용하는 영상처리 기법들을 사용하였다. 그러나, 최근 들어 영상 기반 보안 감시 시스템은 비디오 압축과 저장을 중앙 집중형으로 수행하는 구조로 진화하고 있으며, 압축 및 전송이 가능한 네트워크 카메라들과 다채널 수신, 저장, 모니터링이 가능한 서버로 구성된다. 수신 서버는 카메라에서 전송한 압축된 비트열을 수신하기 때문에, 이들 영상들에 기존 픽셀 도메인 처리 방식을 적용하기 위해서는 영상의 복호화 과정이 필수적이다.

MPEG, H.26x 등 최근 동영상 압축에 많이 사용되는 코덱들은 부호화 과정에서 움직임 벡터, DCT 계수 등의 정보가 생성되며, 이들을 이동체 검출, 위치 파악 및 추적에 활용하는 연구가 시작되었다. 이러한 압축 도메인 처리 방법은 압축 영상의 복호가 필요없으므로, 기존 픽셀 도메인 기법에 비해 연산량을 감소시킬 수 있다. 이와 같은 접근방식은 비디오 부호화와 이동체 검출 및 추적 연산을 같이 처리하는 네트워크 카메라의 가격을 감소시킬 수 있으며, 중앙 서버에서 비디오 분석을 처리하는 경우 서버에 집중되는 연산의 부하를 감소시킬 수 있다. 기존의 압축 도메인의 이동체 검출 연구들은 움직임 벡터와 DCT 계수 등을 사용하였으나, 단일 카메라 환경의 제한된 화각으로 인해 이동체간 겹침과 교차 발생시 지속적인 이동체의 검출 및 추적이 어려웠다.

감시 카메라 시스템은 일반적으로 광역감시를 위해 복수의 카메라를 사용하며, 각 카메라는 독립적으로 이동체에 대한 촬영을 수행한다. 따라서, 특정 물체가 각 카메라 화면에서 검출이 불가능하거나 물체간 교차나 겹침 등의 현상이 발생하면, 해당 물체에 대한 정보가 손실되어 지속적인 추적이 불가능하다. 이를 해결하기 위해 복수의 카메라들이 같은 공간을 촬영하는 다시점 카메라 환경에서 카메라 촬영 영상간 기하학적 관계를 이용한 접근방법들이 시도되었으나, 대부분 픽셀 도메인의 처리기법에 대한 연구들이어서 압축 도메인에서의 연구가 필요하다.

본 논문에서는 다시점 카메라 환경에서 H.264/AVC 비디오 압축 도메인에서 이동체의 검출 및 추적 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II절에서는 기존의 비디오 압축 도메인 기반 이동체 검출

방법과 픽셀 도메인 다시점 카메라 환경의 이동체 검출 방법을 설명한다. 제 III절에서는 비디오 압축 도메인에서의 단일 카메라 기반 이동체 검출 및 추적 방법을 제안하고, 이를 기반으로 다시점 카메라 환경에서 교차 및 겹침 현상 극복을 위한 시간방향 물체 정보 보간법을 제안한다. 제 IV절에서는 실제 영상에 제안 알고리즘들을 적용하여 이동체 검출 및 추적 성능을 평가하고, 제 V절에서는 결론을 맺는다.

II. 기존의 압축 도메인의 이동체 검출 연구

H.264/AVC 등의 동영상 코덱들은 부호화 후 움직임 벡터, DCT 계수, 부호화 모드 등의 정보를 비트열에 기록한다. 부호화 비트열 분석을 통해 추출된 정보를 이용하여 압축 도메인에서 이동체의 검출이 가능하다면 비트열 복호화 과정을 생략할 수 있고, 이를 통해 많은 연산량의 감축을 통한 서버의 부하와 카메라 단말 가격의 감소가 가능하다.

2-1 움직임 벡터를 활용한 이동체 검출

H.264/AVC 부호화 단계에서는 다양한 블록 크기를 이용하는 블록 기반 움직임 예측 기법을 사용한다. 움직임 벡터는 현재 블록과 가장 유사한 값을 가지는 블록을 탐색하여 그 블록의 위치를 나타내며, 방향과 크기를 가지고 있다. 블록 모드는 움직임 예측 및 보상에 사용된 블록으로, H.264/AVC에서는 그림 1과 같이 부호화 단계에서 다양한 매크로블록 및 서브 매크로블록의 크기가 사용된다. 부호화 과정에서 생성되는 이러한 정보는 압축 도메인에서 각 이동체의 위치 파악과 물체간 구분을 위한 중요한 근거로 활용될 수 있다.

움직임 벡터는 현재 블록의 이동체 존재 여부를 판단하는 근거로 활용될 수 있으나, 움직임 탐색 알고리즘의 부정확성과 잡음의 영향 때문에 정확성에 대한 검증이 필요하다. 움직임 벡터의 검증은 크게 움직임

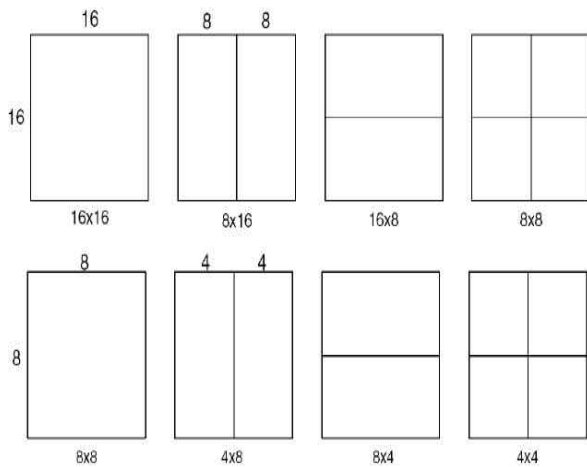


그림 1. 다양한 크기의 매크로블록 및 서브 매크로블록
 Fig. 1. Various sizes of macroblocks and submacroblocks

벡터간 공간적 또는 시간적 상관관계의 비교를 통해 이루어진다. 일반적으로 일정 크기 이상의 이동체가 존재하면, 움직임 벡터가 존재하는 블록들은 현재 프레임의 주변 혹은 참조블록들과 유사한 움직임 벡터를 갖는다. 따라서, 이들과의 비교를 통해 움직임 벡터가 실제 이동체에 기인한 것인지 아니면 잡음에 의한 것인지 판단할 수 있다.

[1]에서는 프레임 내에 존재하는 블록들의 움직임 벡터의 평균을 구하고, 이를 이동체 검출의 임계값으로 활용하였다. Szczerba는 현재 블록과 참조블록 사이의 움직임 벡터 크기 및 방향을 비교하고 일정한 임계값을 설정하여 움직임 벡터의 적정성을 검증하였다 [2]. 이는 실제 상황에서 이동체는 일정한 방향성과 속도의 변화를 나타내는 특성을 활용한 것이며, 방향과 크기가 급격하게 변하는 블록은 잡음으로 인해 검출된 움직임 벡터일 가능성이 매우 높다.

2-2 블록 모드를 활용한 이동체 검출

H.264/AVC 코덱은 움직임 예측에 최적의 블록 크기를 결정하여 사용한다. 프레임에서 균일한 영역은 큰 블록 모드를 가지고, 비균일한 영역은 세세한 표현을 위해 작은 블록 모드를 가진다. 움직임이 거의 존재하지 않는 배경에서는 16x16 혹은 SKIP 모드가 일반적으로 사용된다. 그러나, 이동체의 경계 등을 포함하는 블록들은 16x8, 8x16, 8x8의 매크로블록 크기를

가지며, 8x4, 4x8, 4x4의 서브 블록 모드를 가지게 된다. 이러한 H.264/AVC 코덱에서 부호화시 사용되는 블록 모드의 특성을 활용하면, 프레임 내 이동체의 존재 여부와 위치 정보를 파악할 수 있다. [3]에서는 P16x16와 MB_SKIP 모드 블록들은 배경으로 판단하였고, 다른 모드 블록들은 이동체 후보 블록으로 판단하였다. 검출된 이동체 후보 블록들과 주변 블록에 대하여 가중치 윈도우를 적용한 후 인접 프레임과의 차가 임계값 이내인 블록들에 대하여 blob merging과 convex hull fitting을 적용하여 이동체 검출을 수행하였다. [4]에서는 블록 분할 모드와 움직임 벡터를 결합한 이동체 검출 기법을 제안하였는데, 기존의 움직임 벡터 기반의 이동체 검출 기법과[1],[2] 블록 모드 정보를 결합하여 이동체를 판단하였다.

2-3 다시점 카메라 환경에서의 이동체 검출

다시점 카메라의 정보를 활용하여 이동체를 검출하고 추적하기 위한 픽셀도메인의 연구들이 진행되었다 [5],[6]. 단일 시점 카메라 환경에서 제한된 시야로 인한 물체간의 빈번한 교차와 겹침에 따른 물체 인식 오류는 다시점 카메라를 활용하여 해결할 수 있다. 3차원 공간 상의 물체를 다른 시점의 카메라들에서 촬영한 두 이미지 사이에는 선형 변환 관계인 호모그래피(Homography) 변환 관계가 존재한다. [5],[6]에서는 픽셀 도메인에서 카메라간 호모그래피 정보를 이용하여 동일한 지점에 대한 각 영상의 좌표들을 기준 평면상에 변환하고, 이를 토대로 이동체 추적을 수행하였다. 그 결과 단일 카메라를 이용하는 경우에 비해 넓은 영역에 걸쳐 지속적으로 이동체 추적이 가능함을 보였다. 그러나, 비디오 압축 도메인에서의 다시점 기반 이동체 검출 및 추적에 대한 연구는 픽셀 도메인 기반의 연구에 비하여 많이 이루어지지 않았다. [3]에서는 압축 도메인에서 다시점 카메라 기반으로 이동체의 위치 추정을 수행하였는데, 물체의 존재여부만을 알 수 있고 물체의 식별과 이동 경로 파악이 불가능하다.

III. 압축 도메인의 다시점 카메라 기반 이동체 검출 및 추적

본 절에서는 다시점 카메라 환경에서 압축 도메인의 이동체 검출 및 추적 방법을 제안한다. 압축 도메인에서 단일 카메라 기반 움직임 벡터와 블록 모드를 사용한 이동체 검출 및 추적 기법을 제안하고, 다시점 카메라 사이의 호모그래피 변환 관계를 이용한 이동체 검출 및 추적 성능 향상 기법을 제안한다.

3-1 움직임 벡터의 검증을 통한 이동 블록 결정

카메라를 통해 획득된 영상은 부호화기를 거쳐 비트열로 변환되어 네트워크를 통해 전송된다. 비디오 압축 비트열에서 프레임 별로 블록당 움직임 벡터와 블록 모드 정보를 추출하고, 이를 프레임 단위로 저장하여 이후 절차에 사용한다. 본 논문에서는 B 프레임을 제외한 I, P 프레임만을 대상으로 하였다.

H.264/AVC는 부호화시 움직임 예측 및 보상을 위하여 다양한 크기의 블록을 사용한다. 그러나, 임의의 매크로블록의 움직임 벡터 검증시 참조블록의 움직임 벡터와 비교가 필요한데, 블록 크기의 통일이 필요하다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 다양한 크기의 블록들을 H.264/AVC에서 지원하는 최소 블록 단위인 4x4 크기로 정규화하였다. 그림 2는 16x8 크기의 블록을 8개의 4x4 블록으로 분할되고, 각 분할 블록들에게 모두 16x8 블록의 움직임 벡터를 할당하는 정규화 과정을 보여준다.

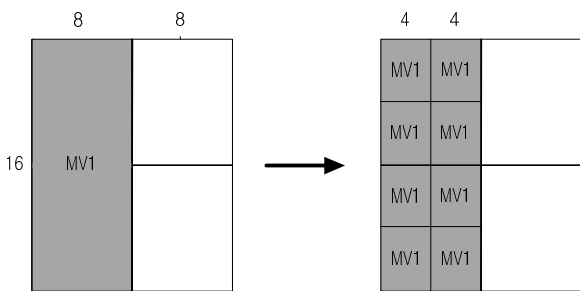


그림 2. 4x4 블록 크기로의 분할 및 움직임 벡터 할당
Fig. 2. Partitioning of larger blocks into 4x4 blocks and their motion vector allocation

자연환경에서는 조명 변화 등에 기인한 화면내 변화가 움직임 벡터로 나타나기도 한다. 따라서, 이동체 검출시 어떠한 움직임 벡터들이 실제 이동체의 움직임을 나타내는지 검증이 필요하다. 본 논문에서는 현

재 블록과 참조블록의 움직임 벡터의 크기 및 각도, 사용된 블록 분할 모드들을 비교하여 현재 블록의 이동체 포함 여부를 검증한다.

부호기의 움직임 예측 단계에서 각 매크로블록은 참조화면 상의 최소 에러 블록을 참조블록으로 결정하는데, 참조블록의 위치는 매크로블록 경계와 정확히 일치하지 않을 수 있다. 그림 3과 같이 현재 블록 B_2 의 참조블록 B_1 이 블록 경계에 걸쳐 있는 경우 움직임 벡터의 직접 비교가 불가능하므로 블록의 움직임 벡터 대표값 결정이 필요하다. 참조화면 t 상의 참조블록 B 의 평균 움직임 벡터는 식 (1)과 같다.

$$MV_B^t = \frac{\sum_{m \in N} (mv_m^t \cdot S_m^t)}{\sum_{m \in N} S_m^t}, \quad (1)$$

여기에서 N 은 블록 B 가 걸쳐진 블록들의 집합이고, mv_m^t 와 S_m^t 는 화면 t 상의 블록 m 의 움직임 벡터와 겹친 면적을 나타낸다.

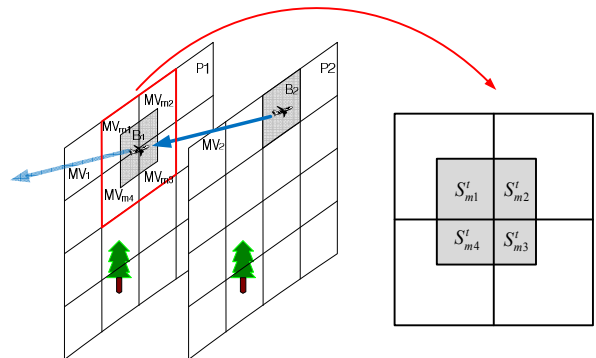


그림 3. 블록 내 움직임 벡터 대표값 결정
Fig. 3. Motion vector selection for an overlapped blocks

움직임 벡터의 대표값 설정 후 블록의 움직임 벡터를 검증하기 위하여 현재 프레임과 참조 프레임의 움직임 벡터 대표값 간의 비교를 수행한다. 이때, P16x16 및 SKIP의 모드를 갖는 블록들은 움직임 벡터 검증을 하지 않는다. 이는 해당 모드의 블록 영역이 배경이나 균일한 영역을 포함하는데, 일반적으로 움직임 탐색시 잡음에 의한 움직임 벡터의 오검출 가능성이 높기 때문에 이동체 추적에 활용하지 않는다. 해당 모드

의 움직임 벡터에 대한 신뢰도는 움직임 탐색 알고리즘의 성능에 따라 달라질 수 있으나, 저복잡도의 움직임 벡터 탐색 알고리즘에서는 일반적으로 신뢰도가 높지 않다.

그림 4는 움직임 벡터의 대표값 기반의 이동체 검증 과정을 나타낸다. 현재 프레임 상의 블록 B 의 움직임 벡터는 참조블록 B_{ref} 의 움직임 벡터와 방향과 크기를 식(2)와 식(3)을 이용하여 검증한다. 검증된 블록은 이동블록으로, 임계 조건을 만족하지 못한 블록은 움직임이 존재하지 않는 정지블록으로 설정한다.

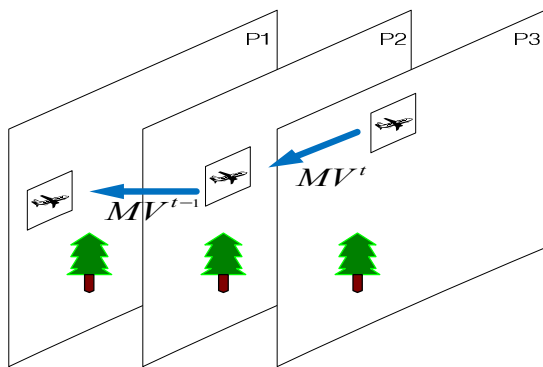


그림 4. 이동체 검증을 위한 움직임 벡터 구성
Fig. 4. Construction of motion vectors for the verification of moving objects

$$|\theta(MV_{B_{ref}}^{t-1}) - \theta(MV_B^t)| < TH_{dir} \quad (2)$$

$$|mag(MV_{B_{ref}}^{t-1}) - mag(MV_B^t)| < TH_{mag} \quad (3)$$

3-2 이동체 검출 및 추적 기법

3-1절에서 제안한 이동블록 결정 기법은 각 블록 위치에서 이동체 존재 여부만을 판단한다. 본 절에서는 이동체의 이동 궤적이나 검출된 물체 수의 인지를 위한 이동블록 라벨링 기반 이동체 검출 및 추적 기법을 제안한다.

실제 영상에서는 이동체의 속도 변화와 이동체 내부의 균일한 영역의 정지블록으로 인해 단일 이동체가 다수의 blob들로 나뉘어지는 경우가 존재한다. 하나의 이동체가 나뉘어져 여러 blob들로 나타나는 경우 이들 blob들은 서로 인접하고, 각 blob의 평균 움

직임 벡터는 유사하다. 따라서, 그림 5와 같이 인접 blob들의 평균 움직임 벡터의 방향과 크기 식 (4), (5), (6)을 만족하면 이들에게 동일 라벨을 부여하고 결합한다.

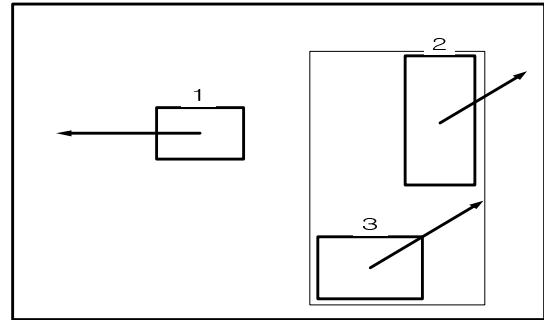


그림 5. 이웃 blob간 결합
Fig. 5. Merging of neighboring blobs

$$|\theta(MV_m^t) - \theta(MV_n^t)| < T_{dir} \quad (4)$$

$$|mag(MV_m^t) - mag(MV_n^t)| < T_{mag} \quad (5)$$

$$|pos^t(m) - pos^t(n)| < T_{pos} \quad (6)$$

여기에서 MV_m^t 과 $pos^t(m)$ 은 화면 t 에서 라벨 m 의 물체의 평균 움직임 벡터와 좌표를 나타내고, T_{dir} , T_{mag} , T_{pos} 는 평균 움직임 벡터의 차이와 이동체 위치 차이의 임계치를 나타낸다.

이동중의 물체가 잠시 정지하거나 물체간 교차나 겹침의 발생시 움직임 벡터가 소멸되어 지속적인 이동체 검출과 추적이 어렵다. 또한, 다시 물체가 이동하거나 교차나 겹침이 해소되어도 이동체의 이전 라벨 정보가 유지되지 않고, 새로운 물체로 인식될 수 있다. 따라서, 이동체 추적을 위해서는 물체가 카메라의 화면에 나타난 후 사라질 때까지 이동체 정보를 계속 유지해야 한다. 현재 화면 상의 특정 물체와 동일한 라벨을 갖고 인근에 존재하는 물체가 직전 M 화면들 중 하나 이상의 화면에 존재하는 경우 해당 라벨을 유지한다. 그림 6은 제안한 물체 정보 갱신 알고리즘을 나타낸다. K 와 M 은 각각 화면 t 상의 이동체의 수와 이동체 탐색 대상 화면의 수를 나타낸다.

식 (7)을 이용하면 일정 시간 안에 정지 또는 교차

```

for(i=0; i<K; i++) {
    if  $\exists k \in \{1, 2, \dots, M\}$ 
        s.t.  $|pos_A^t(i) - pos_A^{t-k}(i)| < T_{pos}$ 
        keep  $obj(i)$ 
    else
        delete  $obj(i)$ 
}
    
```

그림 6 제안된 물체 정보 갱신 알고리즘
 Fig. 6. Proposed algorithm of object information update

위치에서 나타나는 이동체는 인근에서 사라졌던 이동체의 재출현으로 판단하여 해당 물체의 이동 경로 정보를 유지한다.

3-3 다시점 카메라 환경에서 카메라별 정보 융합을 통한 이동체 검출 및 추적

본 절에서는 동일 공간을 촬영하는 다시점 카메라 환경에서 물체간 교차와 겹침을 극복하기 위해 각 카메라별 이동체 검출 및 추적 결과를 융합하는 기법을 제안한다. 본 논문에서는 고정된 다시점 카메라 환경을 고려하며, 영상의 기준 평면에 마킹된 특징점을 이용하여 카메라 영상간 선형변환 관계인 호모그래피 행렬을 추정하였다. 다음으로 다시점 환경에서 이동체 검출 및 추적을 위해 먼저 각 단일 시점 카메라의 압축비트열로부터 이동체 검출을 수행한다. 이후 호모그래피 변환 관계를 이용하여 한 카메라 영상내 이동체 좌표를 다른 카메라 영상으로 변환하고, 다른 카메라 영상내 이동체의 좌표와 비교를 수행한다. 일반적인 경우에는 단일 시점 카메라에 비하여 다시점 카메라의 장점이 드러나지 않는다. 다시점 카메라의 장점이 나타나는 경우는 물체간의 교차가 발생하는 경우와 넓은 영역에 대한 이동체 추적을 수행하는 경우이다. 그림 7은 이동체간의 교차 발생 상황을 나타낸 것이다. 카메라 A 화면에는 두 이동체가 서로 겹치지 않게 나타나지만, 카메라 B 화면에는 물체 2에 의해 물체 1이 가려지기 때문에 추적이 불가능하다. 그러나, 카메라 A 화면 정보를 활용하면 카메라 B 화면에서도 물체 1의 존재를 검출할 수 있다. 또한, 호모그래피 행렬

에 의한 좌표 변환시 카메라 B 화면에도 물체 1이 존재함을 알 수 있다.

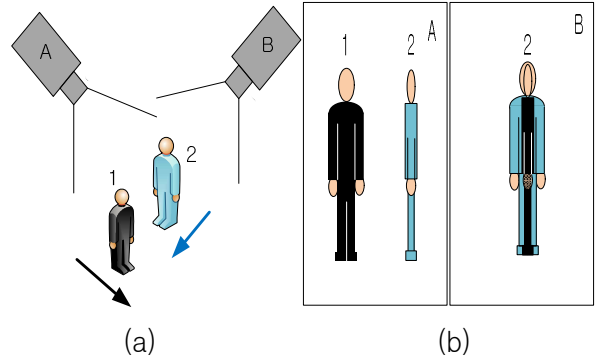


그림 7. 교차 발생시 각 카메라의 화면
 Fig. 7. Different camera views for occlusions

```

for(i=0; i<K; i++) {
    if  $\exists k \in \{1, 2, \dots, M\}$ 
        s.t.  $|pos_A^t(i) - pos_A^{t-k}(i)| < T_{pos}$ 
        keep  $obj(i)$ 
    else if  $\exists k \in \{1, 2, \dots, M\}$ 
        s.t.  $|pos_A^t(i) - H_B^A \cdot pos_B^{t-k}(i)| < T_{pos}$ 
        keep  $obj(i)$ 
    else
        delete  $obj(i)$ 
}
    
```

그림 8. 다시점 카메라 환경에서 물체 정보 갱신 알고리즘
 Fig. 8. Object information update algorithm in multi-view camera environment

IV. 실험 결과 및 성능 분석

4-1 실험 환경

제안된 압축 도메인에서 다시점 카메라 기반 이동체 검출 및 추적 알고리즘의 성능 검증을 위해 두 개의 카메라를 이용하여 QVGA 해상도의 30Hz 다시점 비디오 시퀀스를 촬영하였다. 압축 비트열 생성을 위해 H.264/AVC JM 15.1을 이용하여 시퀀스를 baseline 프로파일로 부호화하였고, ±16 탐색영역에 대해 정수

화소 기반의 움직임 탐색을 사용하였다.

실험에 사용된 다시점 카메라 시퀀스들은 이동체의 멈춤과 교차를 포함하며, 구내 도로와 복도에 두 대의 카메라를 사용하여 촬영되었다. 영상은 400-500 프레임으로 구성되며, 3개의 시퀀스를 선택하여 실험에 사용하였다.

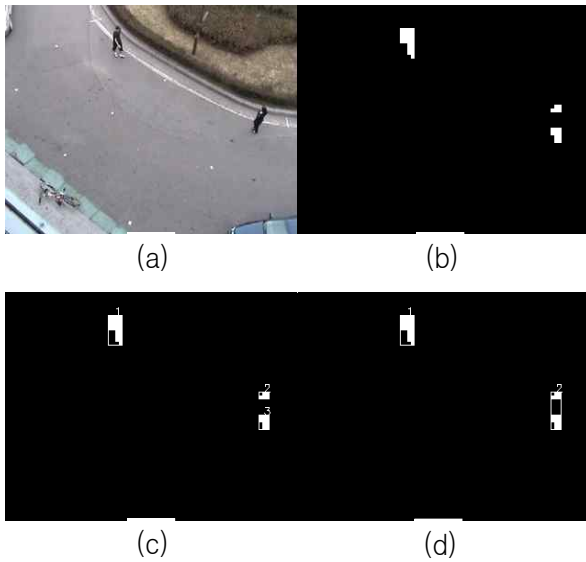


그림 9. 제안 알고리즘 적용한 단계별 결과, Test 1 시퀀스의 view 1, 171번 화면

(a) 원본 화면 (b) 이동블록 검출
(c) 이동블록 대상 라벨링 (d) 이웃 blob 결합

Fig. 9. Test results, 171th frame of view 1 in Test1 sequence

(a) original images (b) detection of moving blocks
(c) labeling of moving blocks
(d) merging of neighboring blobs

4-2 제안된 압축 도메인 기반 이동체 검출 및 추적 기법의 성능

그림 9는 제안된 압축 도메인 기반 이동체 검출 및 추적 기법의 단계별 결과를 보여준다. 제안된 기법에 의해 설정된 이동블록들에 대해 8-연결 성분 (8-connected component) 라벨링을 수행한다. 그림 9(c) 우측 중앙에 나타난 이동체는 실제 하나이나 두 개의 blob으로 나뉘어지는데, 이러한 현상은 비디오에서 불규칙하게 발생하여 지속적인 이동체 검출을 어렵게

한다. 그림 9(d)는 제안된 이웃 blob 결합 알고리즘에 의해 나뉘어졌던 blob들을 하나의 blob으로 결합한 결과이다. 그 결과 이동체에 대한 라벨 번호의 지속적인 할당이 가능하나, 이동체의 일시 정지와 교차 발생 시 지속적인 이동체 추적을 위한 라벨 유지가 불가능하다.

그림 10은 본 논문에서 제안 알고리즘을 Test 1 시퀀스의 view 2에 적용시 시간의 흐름에 따른 이동체의 궤적을 나타낸다. 그림 10의 이동블록 중에서 녹색 블록들은 현재 화면의 이동블록들이고, 회색조의 블록들은 이전 화면들의 이동블록들이다. 회색조의 영역은 제한 시간 구간에 물체가 존재했었음을 의미하고, 현재 화면의 해당 위치에서 다시 물체가 검출되면 과거에 존재했던 물체의 라벨번호를 부여한다. 화면 333 전후에서는 화면 가운데에서 두 사람이 만나서 대화 후 헤어지는데, 이동체의 일시 정지와 꺾임이 발생하며 제안 방식에 의해 이동체들을 지속적으로 검출하고 추적함을 알 수 있다.

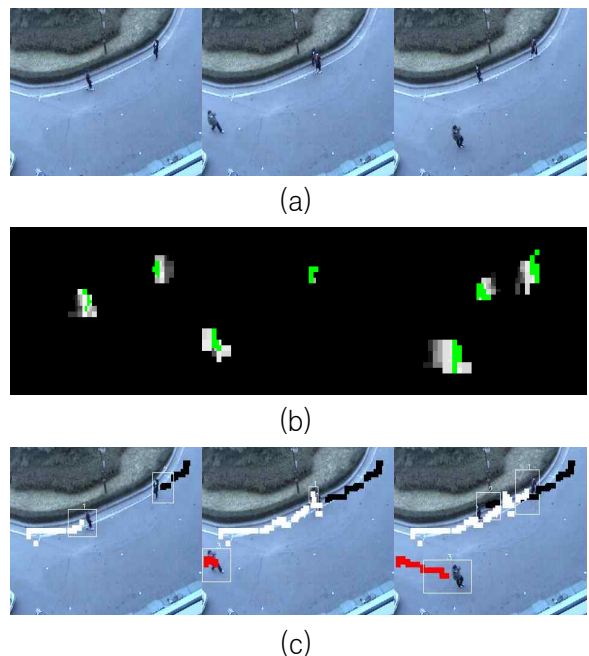


그림 10. 영상의 시간 흐름에 따른 이동체 검출 및 추적 결과, Test 1 시퀀스 view 2

Fig. 10. Moving object detection and tracking result according to the time flow of images, View 2 in Test 1 sequence

4-3 다시점 카메라를 적용한 이동체 검출 및 추적 결과

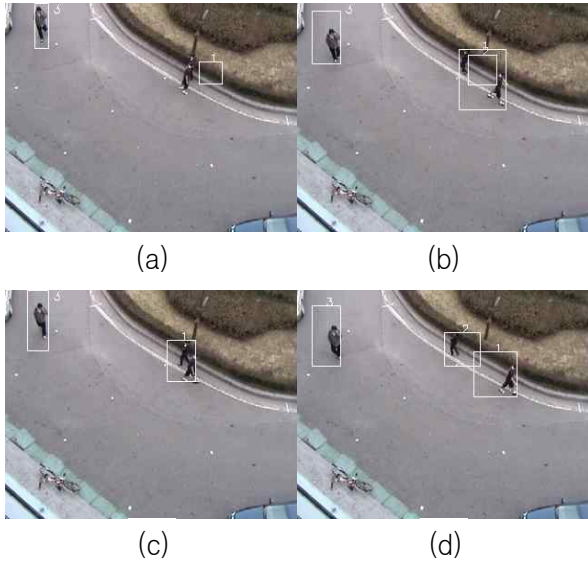


그림 11. 다시점 카메라 기반 이동체 검출 및 추적 결과, Test 1 시퀀스 view 1

(a) 화면 352 (b) 화면 366 (c) 화면 388 (d) 화면 401
 Fig. 11. Moving object detection and tracking in compressed bitstream in multi-view camera environment, View 1 in Test 1 sequence
 (a) 352th frame (b) 366th frame
 (c) 388th frame (d) 401th frame

그림 10의 Test 1 시퀀스의 view 1에 대한 이동체 추적시 view 2와는 달리 view 1은 물체 정지 및 겹침시 이동체 정보를 상실하여 지속적인 추적이 이루어지지 않았다. 그림 11은 view 1과 view 2 사이의 호모그래피 변환 관계에 기반하여 다시점 환경의 물체 정보 갱신 알고리즘을 적용한 결과를 나타낸다. 제안된 방식에 의해 view 1에서도 물체 정지 및 겹침시 이동체 정보를 지속적으로 유지하고 있음을 확인할 수 있다.

표 1은 총 3개의 다시점 시퀀스들에 대해 압축 도메인에서 단일시점 정보만 이용한 경우와 다시점 정보를 이용한 경우에 대한 제안 방식의 이동체 검출 및 추적 성능을 나타낸다. 성능 척도는 이동체가 존재하는 화면 수와 제안 방식 적용후 이동체가 정확히 검출된 화면 수의 비율이다. 모든 시퀀스와 view에 대해 압축 도메인에서 단일시점 환경에 비해 다시점 환경의 이동체 검출 및 추적 성능이 향상되었다.

표 1 제안된 다시점 카메라 환경에서의 이동체 검출 및 추적 성능

Table 1. Performance of object detection and tracking in compressed domain for multi-view camera environment

시퀀스	view	검출(%)		추적(%)	
		단일시점	다시점	단일시점	다시점
Test1	1	76.76	78.89	76.76	78.89
	2	75.48	78.89	60.98	78.89
Test2	1	80.38	92.32	80.38	92.32
	2	81.02	92.54	81.02	88.70
Test3	1	91.05	95.26	79.47	83.68
	2	92.63	95.26	79.47	79.47

V. 결 론

본 논문에서는 비디오 압축 도메인에서 다시점 카메라 기반의 이동체 검출 및 추적 방법을 제안하였다. 네트워크 카메라로부터 수신된 비디오 압축 비트열로부터 움직임 벡터와 블록 모드를 추출하고, 이를 기반으로 한 이동블록 검증 및 라벨링, 이웃 blob 결합 알고리즘을 제안하였다. 또한, 단일시점 환경과 다시점 환경에서 이동체의 일시 정지, 교차, 겹침시에도 지속적인 이동체 추적이 가능하도록 일정 시간 구간 안에 이동체 정보를 갱신하는 기법을 제안하였다. 다시점 환경에서는 기존 카메라 화면에 나타나지 않는 이동체를 다른 카메라 화면의 이동체 위치로부터 기존 카메라 화면상 좌표로 변환하여 참조하였다.

모의실험을 통하여 H.264/AVC 압축 비트열로부터 복호화 없이 화면내 이동체 검출 및 추적이 가능함을 확인하였다. 또한, 물체의 일시 정지, 교차, 겹침시에도 지속적으로 이동체 검출 및 추적이 가능하며, 단일시점 환경에 비해 카메라 두 대를 이용한 다시점 환경에서 약 6~7%의 검출 및 추적 성능 개선을 확인할 수 있었다.

제안된 비디오 압축 도메인에서 다시점 카메라 기반 이동체 검출 및 추적 기법은 기존의 픽셀 도메인 방식에 비하여 연산량을 감소시킬 수 있으며, 네트워크 카메라 기반의 영상보안 시스템에 적용할 수 있다.

본 논문에서는 두 대의 카메라 기반의 다시점 환경을 구성하였으나, 보다 많은 수의 카메라 사용시 정확도는 더 개선될 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(2012-0002263)과 경기도지역협력연구센터(GRRC) 프로그램에 따른 한국항공대학교 차세대방송미디어기술 연구센터(GRRC 항공 2012-B04) 지원으로 수행되었음.

Reference

- [1] S. K. Kapotas and A. N. Skodras, "Moving object detection in the H.264 compressed domain", *IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST)*, pp. 325-328, July 2010.
- [2] K. Szczerba, S. Forchhammer, J. Stottrup-Andersen, and P.T. Eybye, "Fast Compressed Domain Motion Detection in H.264 Video Streams for Video Surveillance Applications", *The Sixth IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, pp. 478-483, Sept. 2009.
- [3] S. Verstockt, S. D. Bruyne, C. Poppe, P. Lambert, and R. V. Walle, "Multi-view Object Localization in H.264/AVC Compressed Domain", *The Sixth IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, pp. 370-374, Sept. 2009.
- [4] Q. Zhou, and Z. Liu, "Moving object detection algorithm for H.264/AVC compressed video stream", *ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management*, pp. 186-189, Aug. 2009.
- [5] A.C. Sankaranarayanan, and R. Chellappa, "Optimal Multi-View Fusion of Object Location", *IEEE Workshop on Motion and Video Computing*, pp. 1-8, Jan. 2009
- [6] A.C. Sankaranarayanan, A. Veeraraghavan, and R. Chellappa, "Object Detection, Tracking and Recognition for Multiple Smart Cameras", *Proceeding of the IEEE*, vol. 96, pp. 1606-1624, Oct. 2008.

이 봉 렬 (Bong-ryul Lee)



2009년 2월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2011년 2월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 2011년 2월~현재 : ㈜삼성전자 연구원
 관심분야 : 영상처리, 영상압축, 임베디드시스템

신 윤 철 (Youn-chul Shin)



2013년 2월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2013년 3월~현재 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (석사과정)
 관심분야 : 지능형 영상감시 시스템, ITS, 영상처리, 컴퓨터 비전

박 주 헌 (Joo-heon Park)



2013년 2월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2013년 3월~현재 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (석사과정)
 관심분야 : 지능형 영상감시 시스템, 영상처리, 컴퓨터 비전

이 명 진 (Myeong-jin Lee)



2001년 8월 : KAIST 전자전산학과 (공학박사)
 2001년 3월 ~ 2004년 2월 : 삼성전자(주) SYSTEM LSI 사업부 책임
 2004년 3월 ~ 2007년 2월 : 경성대학교 조교수
 2007년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 부교수
 관심분야 : 영상처리, 영상통신, 컴퓨터비전, 영상 회로 및 시스템 설계