

Watershed 알고리즘을 사용한 계층적 이동체 추적 알고리즘

정희원 이 재 연, 박 현 상, 나 종 범

A Hierarchical Semantic Video Object Tracking Algorithm Using Watershed Algorithm

Jaeyoun Yi, Hyun Sang Park, and Jong Beom Ra* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는, 동영상에서 의미 있는 객체 영역을 추출하기 위해서, 첫 장의 영상 분할은 사람에 의해서 주어 진 것으로 가정하고, 그 다음 프레임부터는 사람의 도움 없이 객체를 추적해 가는 반자동 방식의 이동체 추적 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 계층적인 구조를 가지며, 각각의 계층에서는 seed 추출, watershed 알고리즘을 이용한 영상 분할, 영역 구분의 단계를 거쳐 영상 분할을 수행한다. 영역 구분 단계에서는, 순방향으로 추정된 움직임 벡터장으로부터 영역 분할의 판단 기준을 만들고 이를 이용하여 각각의 영역을 '객체 영역', '배경 영역', '불확실 영역'으로 구분한다. 이때, '불확실 영역'으로 구분된 영역들에 대해서는 좀 더 낮은 계층에서 위의 단계들을 반복하여 다시 수행하게 한다. 제안한 알고리즘은 컴퓨터 모의 실험을 통해서 'Claire', 'Miss America', 'Akiyo', 'Mother and daughter'의 영상에서 바람직한 추적 결과를 나타냄을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, a semi-automatic approach is adopted to extract a semantic object from real-world video sequences; human-aided segmentation for the first frame and automatic tracking for the remaining frames. The proposed algorithm has a hierarchical structure using watershed algorithm. Each hierarchy consists of 3 basic steps: First, seeds are extracted from the simplified current frame. Second, region growing by a modified watershed algorithm is performed to get over-segmented regions. Finally, the segmented regions are classified into 3 categories, i.e., inside, outside or uncertain regions according to region probability values, which are acquired by the probability map calculated from an estimated motion-vector field. Then, for the remaining uncertain regions, the above 3 steps are repeated at lower hierarchies with less simplified frames until every region is classified into a certain region. The proposed algorithm provides prospective results in studio-quality sequences such as 'Claire', 'Miss America', 'Akiyo', and 'Mother and daughter'.

I. 서 론

현재 표준화 작업이 진행되고 있는 MPEG-4는,

영상 및 음향에 대한 새로운 압축 기법으로서, 그 응용 분야가 초저전송률을 필요로 하는 영상 전화, 인터넷을 통한 영상 전송 등 영상 통신 분야뿐만 아니라 컴퓨터 게임, 영상 데이터 베이스 등의 멀티

* 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (jbra@ee.kaist.ac.kr)

논문번호 : 99120-0328, 접수일자 : 1999년 3월 28일

※ 본 연구는 대한민국 산업자원부 산업기반기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

미디어 분야까지 포함하게 되었다. 이렇게 넓은 분야에서 요구하는 기능들을 충족시키기 위해서, MPEG-4의 비디오 검증 모델 (VM: Video Verification Model)에서는 기존의 비디오 압축 표준인 MPEG-1, MPEG-2에는 없었던 VOP (Video Object Plane)라는 새로운 개념을 도입했다. 이 개념은 압축하고자 하는 동영상을 이전처럼 단순히 사각형의 화소들의 집합으로 생각하는 것이 아니라, 서로 다른 층 (layer)에 놓여 있는 서로 다른 객체들의 집합으로 간주하여, 서로 다른 객체를 완전히 분리하여 코딩하는 것을 의미한다. 즉, MPEG-4에서는 복호화 및 부호화를 VOP 단위로 가능하게 하여 향후 멀티미디어 환경에서 객체별로의 접근이 가능하도록 지원하는 것을 목표로 한다.^[1,2] 따라서, 이런 VOP 기능을 지원하는 MPEG-4의 표준화가 진행되어 감에 따라, 실세계의 동영상에서 의미 있는 객체를 VOP로 분리하여 내는 영상 분할 알고리즘의 개발이 최근 관심을 끌고 있다.

그러나, 의미를 갖는 객체는 그 내부의 영상 특성이 균일하게 기술되지 않고, 아주 다양한 종류의 색상, 텍스처, 움직임 정보를 포함하게 되므로, 현재로서는 컴퓨터만으로 실제 영상에서 의미 있는 객체를 추출하는 것은 만족스러운 결과를 내지 못하고 있다. 따라서, 최근에는 의미 있는 영역을 추출하기 위한 방법으로, 사람의 지식 기반의 도움을 받는 반자동 (semi-automatic) 접근 방식들이 제안되고 있다.^[3,4,5,6] 그러나, 영상의 경사도가 의미를 가지는 객체의 경계를 올바르게 대표하지 못하고 있음에도 불구하고, 대부분의 방법들이 active contour model에서와 같이 객체와 배경 사이의 경계선의 위치를 경사도의 값이 큰 위치로 조정하여 주는 방식을 취하고 있어, 프레임이 진행되어 추적이 계속되어 감에 따라서 잘못된 결과로 수렴할 가능성이 많다.^[5,6,7] 따라서, 의미 있는 객체를 추적하기 위해서는 윤곽선을 기반으로 하는 방식 대신 영역을 기반으로 현재 프레임의 영상을 균일한 성질을 갖는 영역들로 잘게 나누어 준 후, 이전 프레임과의 상관성을 고려하여 영역 병합을 수행하는 방법이 좀 더 효과적인 이동체 추적에 적합하다.

본 논문에서는 동영상에서 의미 있는 객체를 분리하기 위해 계층적인 구조를 가지는 이동체 추적 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘의 각각의 계층에서는 지형학 분야에서 연구되어 온 watershed 알고리즘^[8]을 사용하여 작은 균일한 영역으로 잘게 분할한 후, 움직임 추정 및 보상을 통해 계산된 확률 값

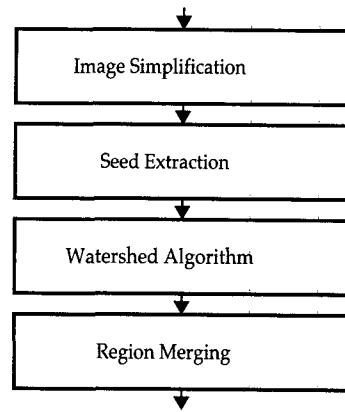


그림 1. 공간 영역 영상 분할의 전형적인 단계

을 도입하여 이들 영역을 병합한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 제안하는 이동체 추적 알고리즘에 관하여 상세히 설명하고, 3장에서 컴퓨터 모의 실험을 통해 얻은 결과를 보이고, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 본문

1. 계층적 공간 영역 영상 분할

Watershed 알고리즘을 사용하여 영상 분할을 수행하는 대부분의 알고리즘들은 대개 그림 1과 같은 과정을 거친다. 영상 단순화는 영상의 과분할을 막기 위해서 분할할 영상의 복잡도를 낮추기 위한 과정으로, 최근에는 영상 신호의 기하학적인 형태, 크기 등을 고려한 수리 형태학적 필터를 이용한 방법들이 많이 사용되고 있다. 그 후, 단순화된 영상에서 가장 균일하다고 판단되는 영역들을 seed 영역으로 먼저 선별하여 준 다음, 이들 seed 영역을 중심으로 watershed 알고리즘을 이용하여 영역 분할을 수행하고, 적당한 판단 기준을 가지고 분할된 영역을 병합하여 최종 영상 분할 결과를 얻는다.

수리 형태학을 이용해서 영상을 강하게 단순화하면, 영상 신호에 섞여 있는 잡음 신호나 또는 실제 객체 경계와는 상관성이 없는 세부 신호들이 사라짐으로써, 결과 영상에서의 영역 경계가 분명해지는 장점이 있다. 반면에, 강하게 단순화하는 과정에서 실제로는 객체와 배경 사이의 영역 경계임에도 불구하고, 경사도의 값이 작아 영역의 경계가 사라질 수도 있다는 단점을 가진다. 그림 2에서 Miss

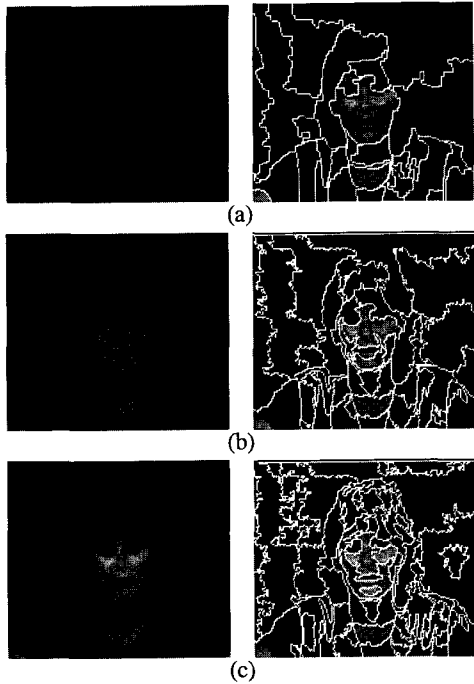


그림 2. 단순화 정도에 따른 영역 분할 결과,
 (a) Close-open by partial reconstruction (13×13)
 (b) Close-open by reconstruction (9×9)
 (c) Close-open by reconstruction (3×3)

America 영상에서 단순화를 다른 정도로 적용하면서 영상 분할을 수행한 결과를 보여 준다. 그림 2(a)에서 강한 단순화를 적용한 영상에서 영역 경계가 분명하게 나타나고 있는 대신, 머리카락과 배경 사이의 실제 경계가 나타나지 않음을 볼 수 있다. 반면에, 그림 2(c)에서처럼 약한 단순화를 수행하고 공간 영역 분할을 수행한 경우에는 영역의 경계 잡음 특성을 많이 타고 있지만, 실제 객체 경계를 모두 나타내고 있다. 이와 같은 관찰에 의해서, 본 논문에서는 영상 분할을 계층적인 구조로 만들어 대부분의 영역을 강하게 단순화한 높은 계층에서 결정하여 비교적 깨끗한 영역 경계를 얻고, 영역을 객체와 배경으로 구분하기 어려운 불확실한 영역에 대해서만 약하게 단순화된 영상에서 다시 영상 분할을 시도한다.

그림 3은 제안하는 이동체 추적 알고리즘의 전체적인 구조를 보여 주고 있다. 제안하는 구조는 모두 3개의 계층을 가지고 있으며, 각 계층에서는 그림 4와 같은 공간 영역의 영상 분할이 수행된다. 기본적으로, 각각의 계층마다 단순화된 영상에서 먼저

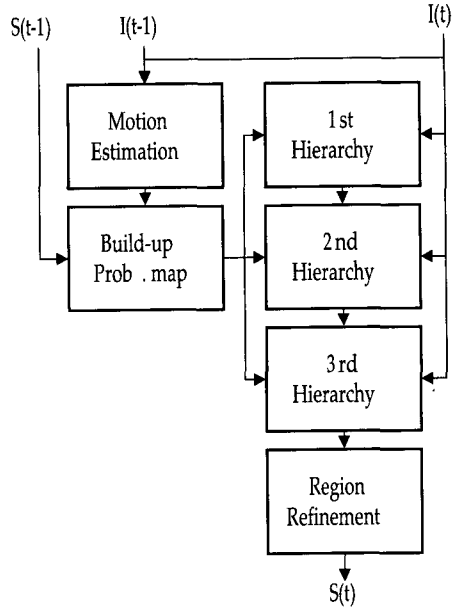


그림 3. 제안하는 계층적 이동체 추적 알고리즘의 전체 구조

seed를 추출한 후, watershed 알고리즘에 의해서 영상을 분할하고, 얻어진 영역을 확률지도를 이용해 3개의 영역으로 구분한다. 즉, 분명하게 객체 영역이라고 판단되는 영역에 대해서는 “inside”, 분명하게 배경 영역으로 판단되는 영역에 대해서는 “outside”, 그리고, 현재 계층에서 배경과 객체 영역에 걸쳐 있는 등의 이유로 분명하게 판단되지 않는 불확실 영역에 대해서는 “uncertain” 영역으로 구분하여 마스크 영상을 만든다. 그 후, 현재 계층에서 “uncertain” 영역으로 구분된 영역들에 대해서만 다

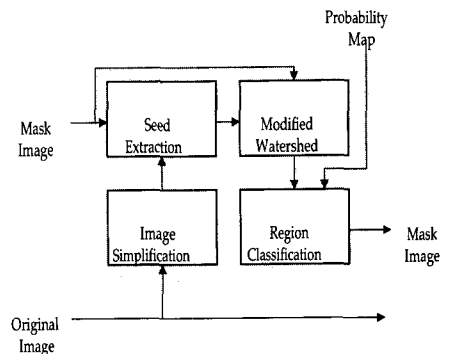


그림 4. 각 계층에서의 공간 영역 분할

음 계층의 공간 영역 영상 분할을 수행하여 반복해 준다.

2. 확률지도를 이용한 영역 분류

각 계층에서의 공간 영역 영상 분할 후에는, 얻어진 영역들을 이전 프레임과의 상관성을 고려하여 객체 영역, 배경 영역 또는 불확실 영역인지를 구분한다. 본 논문에서는, 순방향으로 추정된 움직임 벡터장을 이용하여 이전 영상의 움직임을 보상해 주기 위한 방법으로, 가중치가 있는 창안에서 각 영역에 포함된 화소의 개수를 세어 확률지도를 만들어 사용하는 방법을 제안한다. 확률지도를 만들기 위해서, 현재 프레임의 각각의 화소에 대해서 추정된 움직임 벡터장으로부터 움직임을 보상한 이전 프레임의 화소를 결정하며, 이전 프레임의 결과 영상에서 움직임 보상된 화소의 위치를 중심으로 하여 그림 5에서 보여 주는 것처럼 마름모 형태의 창을 씌운다. 이 마름모 형태의 창은 가중치를 가지고 있는 창으로서, 중심 쪽 위치에 더 큰 가중치를 주는 형태로 되어 있다.

현재 프레임의 위치 (x,y) 에서의 움직임 벡터를 (mv_x, mv_y) 라 하면, 위치 (x,y) 에서의 확률 값은 다음 수식으로 정의한다.

$$pel_prob(x, y) = \frac{\sum_{k,l} w_{k,l} \cdot S_{t-1}(x + mv_x + k, y + mv_y + l)}{\sum_{k,l} w_{k,l}} \quad (1)$$

$$w_{k,l} = Max(5 - |k| - |l|, 0), \quad -5 \leq k, l \leq 5$$

이 때, $\{w_{k,l}\}$ 은 마름모 형태의 창에 할당되어

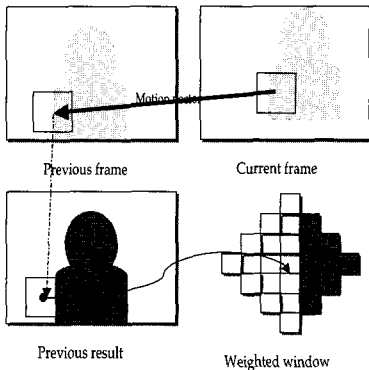


그림 5. 제안한 확률지도의 작성 방법

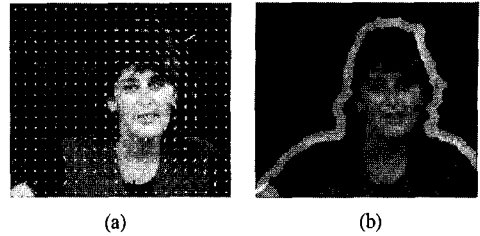


그림 6. 추정된 움직임 벡터장과 확률지도의 예 (Miss America #90)
(a) 움직임 벡터장
(b) 확률지도 (불확실영역만 강조)

있는 가중치를 의미하며, 는 이전 프레임의 결과를 의미한다. 즉, 이전 프레임의 결과에서 위치 (x,y) 가 객체 영역이면 의 값을 갖고, 배경 영역인 경우에는 의 값을 갖는 것으로 생각한다. 위의 수식으로 계산한 $pel_prob(x,y)$ 의 값은, 움직임이 보상된 (x,y) 위치의 화소가 현재 프레임에서 객체 영역에 포함될 확률을 가리킨다. 그림 6에서는 Miss America 영상의 90번째 프레임에서 추정된 움직임 벡터장과, 위와 같은 방법으로 계산된 확률지도를 보여 주고 있다. 그림 6에서 강조된 부분은 확률 값이 0과 1 사이의 값으로 불확실 영역을 나타내며, 강조되지 않은 그 외의 부분은 확률 값이 0 또는 1의 값으로서 분명히 객체 영역이거나 배경 영역인 부분을 의미한다. 그림 6에서 보듯, 객체 영역과 배경 영역 사이의 경계선이 불확실 영역에 존재하여 제안한 확률지도가 의미 있게 계산되고 있음을 알 수 있다.

앞에서 설명한 확률 값은 화소 단위로 가지는 값이므로, 한 영역이 객체에 속한 부분인지 배경에 속한 부분인지를 나타내는 영역 확률 값을 새롭게 정의하여 영역 분류의 판단 기준으로 사용한다. 영역 확률 값은 다음 수식과 같이 계산한다.

$$reg_prob(R_i) = \frac{\sum_{(x_k, y_k) \in R_i} pel_prob(x_k, y_k)}{\sum_{(x_k, y_k) \in R_i} 1} \quad (2)$$

위의 수식에서 R_i 는 watershed 알고리즘에 의해서 얻어진 분할된 작은 영역들 중 i 번째 영역을 의미하며, 이 때 얻어진 $reg_prob(R_i)$ 는 해당하는 영역이 객체 내부에 포함될 확률을 가리킨다. 즉, 이 값이 1에 가까울수록 객체에 속한 영역일 가능성이 높으며, 0에 가까울수록 배경에 속한 영역일 가능성이 높다. 반면, 이 값이 0이나 1쪽으로 치우치지 않

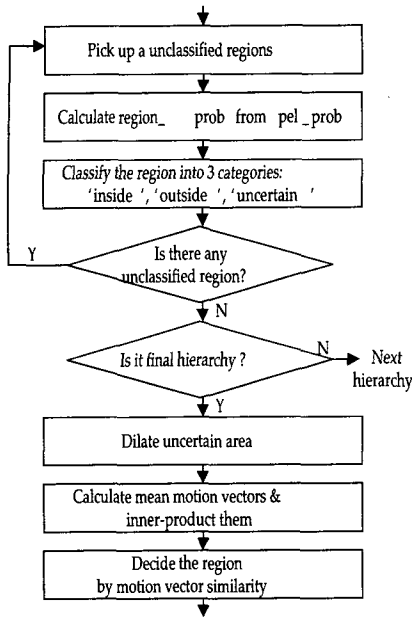


그림 7. 제한한 영역 분류 과정의 흐름도

고 0.5 근처의 값을 가지면, 이 영역은 배경과 객체 사이의 경계에 걸쳐 있는 영역일 가능성이 높음을 의미한다. 따라서, 이런 영역들에 대해서는 현재 계층에서 영역 분류를 수행하지 않고, 좀 더 낮은 계층에서 공간 영역 영상 분할을 다시 거치게 해서

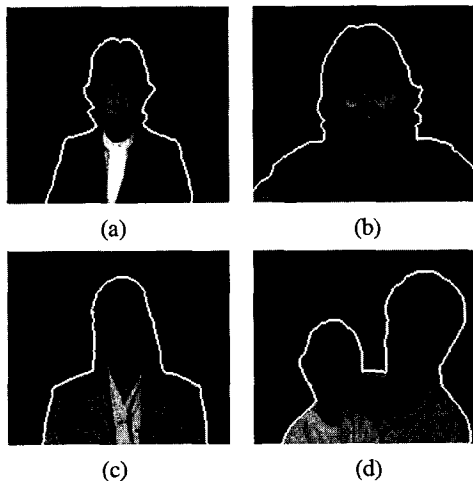


그림 8. 실험에 사용한 intra 영상의 분할,
 (a) Claire
 (b) Miss Amicrica
 (c) Akiyo
 (d) Mother and daughter

실제의 경계에서 영역 분할이 이루어지도록 한다.

한편, 전체 계층 구조 중 마지막 계층인 경우에는, 영역이 여전히 불확실한 영역으로 구분되어 남아 있으면 안되므로, 이런 영역들에 대해서는 움직임 벡터의 유사성을 계산하여 객체 영역이나 배경 영역으로 강제로 할당하여 준다. 이를 위해서, 우선 여전히 불확실한 영역으로 남아 있는 부분을 7x7 크기의 형태소로 binary dilation하여 처리할 영역의 크기를 확장한다. 그러면, 이 확장된 불확실한 영역 안에는 반드시 객체 영역과 배경 영역, 그리고 아직 불확실한 영역의 세 영역이 모두 존재하게 된다. 그 후, 확장된 영역 안에 존재하는 세 영역들에 대해서, 각 영역의 움직임 벡터를 대표하는 평균 움직임 벡터를 다음의 수식 (3)에서와 같이 구하여 벡터의 내적 계산에 의해서 유사도를 측정하여 최종적으로 결정한다.

$$(\overline{mv}_x, \overline{mv}_y)_{R_i} = \left(\frac{\sum_{(x,y) \in R_i} mv_x(x,y)}{\sum_{(x,y) \in R_i} 1}, \frac{\sum_{(x,y) \in R_i} mv_y(x,y)}{\sum_{(x,y) \in R_i} 1} \right) \quad (3)$$

객체 영역, 배경 영역, 불확실 영역에 대해 각각 구해진 세 평균 움직임 벡터를 각각 \overline{mv}_i , \overline{mv}_o , \overline{mv}_u 라 하면, 이 들 세 벡터 사이의 유사성은 벡터의 내적에 의해서 쉽게 판단할 수 있다. 즉, 만약, $\overline{mv}_i \cdot \overline{mv}_u \leq \overline{mv}_o \cdot \overline{mv}_u$ 이면, 불확실 영역의 움직임은 배경 영역의 움직임에 좀더 가까운 것으로 생각되므로 배경 영역으로 결정하며, 반대의 경우라면 객체의 움직임에 더 가까운 것으로 생각되므로 객체 영역으로 결정한다.

위에서 설명한 대로 현재 계층에서 영역 확률 값을 사용하여 분할된 영역들을 분류하는 부분의 흐름도를 그림 7에서 보여 주고 있다.

2.3 영역 미세 조정

이 부분은 일종의 후처리 과정(post-processing)으로서, 영역 분할의 결과를 처리하여 최종 추적 결과를 만들어 낸다. 객체 추적을 수행할 때는, 기본적으로 이전 프레임의 결과는 반드시 옳다는 가정 아래서 현재 프레임을 영상 분할하고 병합하게 된다. 그러나, 영상 분할의 결과는 여러 가지 원인에 의해서 잘못 분할된 결과를 만들어 낼 수 있는데, 객체

추적에 있어서는 이런 잘못된 결과가 프레임을 더 해 가면서 에러가 누적되어 증폭되기도 하여 심각한 문제를 발생시킨다. 따라서, 매 프레임마다 에러의 누적을 막기 위해서 잘못된 결과를 감지하여 어느 정도의 수준까지 고쳐주는 과정이 필요하다. 본 논문에서는, 제안한 확률지도와 변화 감지 마스크(change detection mask)를 사용하여 잘못된 결과를 판단하고 고쳐주는 방식을 사용한다. 즉, 변화 감지 마스크에 의해서 현재 프레임과 이전 프레임 사이에 변화가 없는 부분에서, 확률지도의 값 자체가 분명하게 객체 영역임을 가리키고 있음에도, 최종 결과가 배경 영역으로 결정된 경우나, 또는 그 반대로, 확률지도의 값이 분명하게 배경 영역임을 가리키고 있는데 최종 결과가 객체 영역으로 결정된 경우, 이 둘 화소들은 다시 강제로 확률지도가 가리키는 바와 일치하도록 수정하여 준다. 이 방법에 의해서, 에러가 계속 누적되는 것을 비교적 효과적으로 막을 수 있다.

III. 모의 실험

본 논문에서 제안한 이동체 추적 알고리즘의 실험을 위해서, MPEG-2 및 MPEG-4의 표준화 과정에 사용된 테스트 영상 중 'studio-quality sequences'로 구분되는 'Claire', 'Miss America', 'Akiyo', 'Mother and daughter' 영상을 사용하였다. 각 실험 영상은 모두 176×144 크기의 QCIF 10Hz 영상을 사용했으며, 실험 영상의 0번 프레임(intra frame)의 영상 분할 결과는 사람에게 의해서 직접 주어진 것으로 사용하였다. 그림 8은 실험에 사용한 intra 영상의 영상 분할 결과이다.

한편, 공간 영역 영상 분할 과정에서 사용한 단순화 필터는, 계산량이 많은 단점이 있긴 하지만, 적용되는 형태소의 크기나 모양에 따라 영상 내부에 존재하는 경계의 위치가 변하지 않고 단순화 특성이 좋아지는 것으로 알려진 지형학적 (geodesic) 필터의 조합으로 사용했다.^[9,10,11] 각 계층에서 사용한 단순화 필터는 다음과 같다.

- Level 1: Open-close by partial reconstruction filter (size 13×13)
- Level 2: Open-close by reconstruction filter (size 9×9)
- Level 3: Open-close by reconstruction filter (size 3×3)

또, 순방향 움직임 벡터장의 추정을 위해서, 기존의 블록 정합 알고리즘을 사용하였다. 움직임 추정은 현재 프레임에서 8화소 간격으로 선택한 grid point들에서 16×16 크기의 블록들에 대해서 전역 탐색 기법으로 추정된 후, 나머지 화소들에 대해서는 8화소 간격으로 구해진 움직임 벡터들을 이용해서 선형 내삽(linear interpolation) 하였다.

그림 9에서는 'Miss America' 영상에서 각 계층별로 추출된 seed, 추출된 seed로부터 watershed 알고리즘을 사용하여 얻은 영역 분할의 결과, 이 결과를 제안한 영역 분류 과정을 통해 배경 영역과 객체 영역으로 분류해 나가는 과정을 보여 준다. 그림에서, 배경 영역과 객체 영역 사이의 경계가 뚜렷하지 않은 경우에도 움직임이 아주 많지 않으면, 제안한 계층적인 알고리즘에 의해서 객체 영역을 비교적 잘 추적함을 볼 수 있다.

그림 10, 그림 11, 그림 12, 그림 13에서는, 제안한 알고리즘을 이용하여, 그림8에서 보인 첫 번째 영상의 분할 결과로부터 다음 프레임들을 추적한

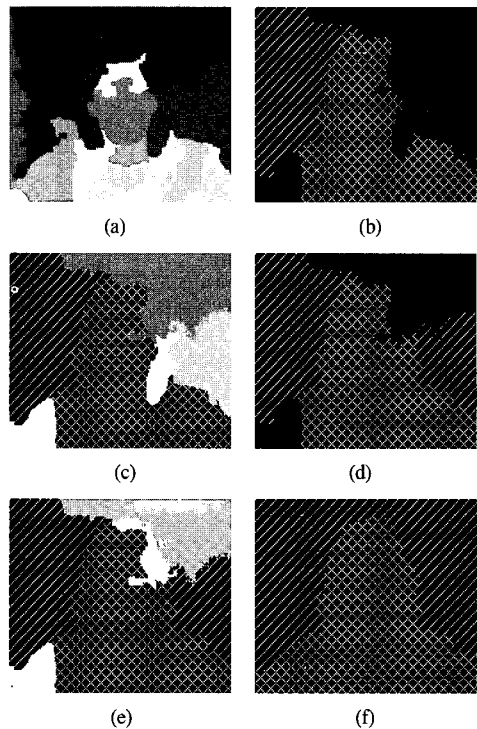


그림 9. 계층적 영역 분할 과정;
 (a) 첫째 계층에서의 영역 분할 결과
 (b) 첫째 계층에서의 영역 분류 결과
 (c)(d) 두 번째 계층에서의 결과
 (e)(f) 최종 결과

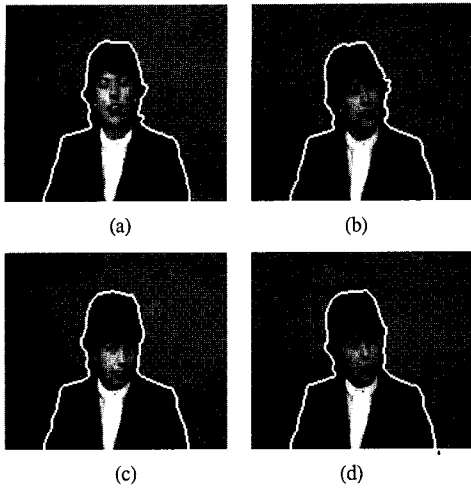


그림 10. 'Claire' 영상에 대한 추적 알고리즘 적용 결과;
 (a) 3rd frame
 (b) 30th frame
 (c) 60th frame
 (d) 90th frame

결과를 보여주고 있다. 프레임이 지나가면서 오차가 누적되는 현상이 보이기는 하지만, 움직임이 비교적 적은 'studio-quality sequence'들에 대해서 의미 있는 객체 영역을 잘 추적하고 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 실제의 비디오 영상에서 의미 있

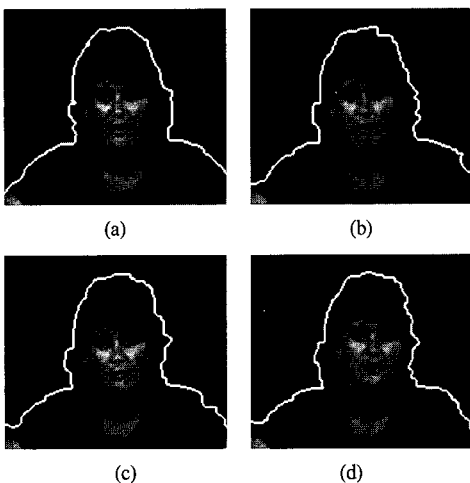


그림 11. 'Miss America' 영상에 대한 추적 알고리즘 적용 결과;
 (a) 3rd frame
 (b) 30th frame
 (c) 60th frame
 (d) 90th frame

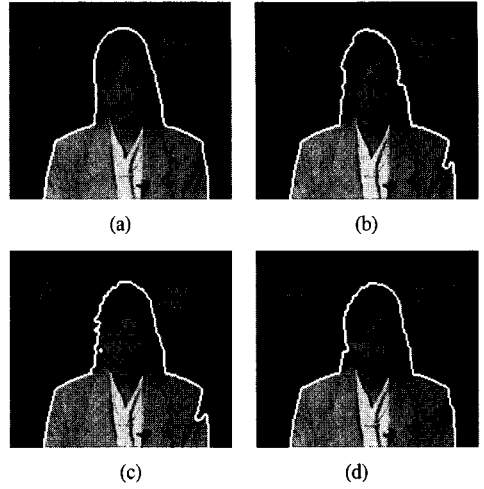


그림 12. 'Akiyo' 영상에 대한 추적 알고리즘 적용 결과;
 (a) 3rd frame (b) 30th frame (c) 60th frame
 (d) 90th frame

는 객체를 추적하는 방법을 제안하였다. 영상에서 의미의 존재 여부를 컴퓨터만으로 판단하는 것은 현재 기술로서는 불가능하므로, 비디오 영상의 첫 장의 영상 분할 결과를 사람이 제시하여 주고, 그 다음 프레임부터는 사람의 도움 없이 객체를 추적하는 반자동 방식으로 접근하였다. 한편, 영상 분할의 결과는, 강하게 단순화된 영상에서 깨끗한 윤곽선을 얻을 수 있는 반면에 객체와 배경 사이의 경계가 무너져 올바른 윤곽선을 얻을 수 없는 단점이 있음을 고려하여, 3단계의 계층을 갖는 계층적인 구조를 제안하였다. 또, 순방향으로 추정된 움직임 벡터장을 이용하여, 이전 프레임의 영상 분할 결과를 움직임 보상하는 방법으로서 확률지도를 이용하는 방법을 제안하였으며, 'studio quality sequence'로 분류되는 영상들에 대해서 모의 실험을 통해 제안한 알고리즘이 비교적 주어진 객체를 잘 추적함을 확인하였다.

실험 결과에 의해서 영상의 복잡도가 적당한 경우에는 제안한 알고리즘으로 의미 있는 객체의 추적이 비교적 잘 수행됨을 확인할 수 있었으나, 움직임이 심하거나 객체가 확대 또는 축소되는 경우의 영상이나 배경의 텍스처가 아주 복잡한 경우의 영상에서는 만족스러운 추적이 불가능하다. 이를 위해서, 객체 기반의 움직임 추정 기법에 관한 연구나, 오차가 누적되어 점차적으로 에러가 증폭되는 등의 문제를 해결하기 위한 후처리 기법 등이 더 연구된다면 좀더 좋은 성능의 객체 추적 알고리즘의 구현이 가능할 것으로 생각된다.

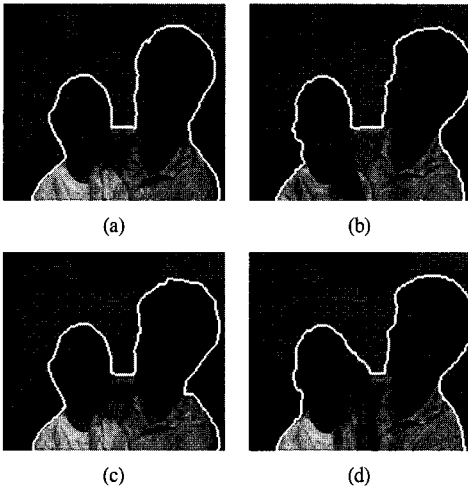


그림 13. 'Mother and daughter' 영상에 대한 추적 알고리즘 적용 결과,
 (a) 3rd frame
 (b) 30th frame
 (c) 60th frame
 (d) 90th frame

참 고 문 헌

[1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1730, "MPEG-4 Overview," *Stockholm MPEG meeting*, July 1997.
 [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "MPEG-4 Video Verification Model Version 8.0," July 1997.
 [3] C. Gu and M. Lee, "Semantic Video Object Segmentation and Tracking Using Mathematical Morphology and Perspective Motion Model," *International Conf. on Image Processing*, pp. 514-517, 1997.
 [4] R. Mech and M. Wollborn, "A Noise Robust Method for Segmentation of Moving Objects in Video Sequences," *International Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing*, pp. 2657-2660, 1997.
 [5] S. Kruse, "A Snake-based Tool for VOP-creation," *Picture Coding Symposium*, pp. 33-38, June 1997.
 [6] A. Steudel and M. Glesner, "Object Tracking in Video Sequences with Fuzzy Contour Refinement," *Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services*, pp. 33-38, June 1997.

[7] F. Leymarie and M. D. Levine, "Tracking Deformable Objects in The Plane Using An Active Contour Model," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 15, No. 6, pp. 617-634, June 1993.
 [8] F. Meyer and S. Beucher, "Morphological Segmentation," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol. 1, No. 1, pp. 21-46, Sept. 1990.
 [9] P. Salembier and M. Pardas, "Hierarchical Morphological Segmentation for Image Sequence Coding," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 3, No. 5, pp. 639-651, Sept. 1994.
 [10] J. Serra, *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Academic Press, New York, 1982.
 [11] J. Serra, *Image Analysis and Mathematical Morphology - vol. II. Theoretical Advances*, Academic Press, London, 1988.

이 재 연(Jaeyoun Yi)

정회원

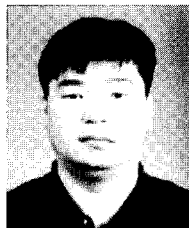


1996년 2월: 한국과학기술원 전
 기및전자공학과 학사
 1998년 2월: 한국과학기술원 전
 기및전자공학과 석사
 1998년 3월~현재: 한국과학기술원
 전기및전자공학과
 박사과정

<주관심 분야> 디지털 영상처리, 영상분할 및 해석,
 의료영상처리

박 현 상(Hyun Sang Park)

정회원

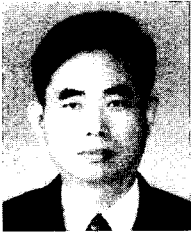


1991년 2월: 한국과학기술원
 전기및전자공학과 학사
 1993년 8월: 한국과학기술원
 전기및전자공학과 석사
 1999년 8월: 한국과학기술원 전
 기및전자공학과 박사

1999년 9월~현재: 삼성전자 ASIC 사업부
 <주관심 분야> 영상분할, 동영상 압축 기법, 영상
 처리 알고리즘의 VLSI 구현

나 종 범(Jong Beom Ra)

정회원



1975년 2월 : 서울대학교 전자
공학과 학사

1977년 2월 : 한국과학기술원 전
기및전자공학과 석사

1983년 2월 : 한국과학기술원 전
기및전자공학과 박사

1987년 7월~현재 : 한국과학기술
원 전기및전자공학과
교수

<주관심 분야> 디지털 영상처리, 비디오 신호처리,
3차원 시각화, 의료영상처리