

가상의 블루스크린을 이용한 반자동 동영상분할

신중환, 김대희, 호요성
광주과학기술원 정보통신공학과
광주광역시 북구 오룡동 1번지

Semi-Automatic Video Segmentation Using Virtual Blue Screens

Jong-Han Shin, Daehee Kim and Yo-Sung Ho
Kwangju Institute of Science and Technology (K-JIST)
1 Oryong Dong Puk Gu, Kwang-ju, Korea
E-mail: jhshin@kjist.ac.kr

요약

본 논문에서는 가상의 블루스크린(Virtual Blue Screens, VBS)을 이용한 반자동 영상분할 기법을 제안한다. 가상 블루스크린은 동영상에서 배경영역을 특정한 값으로 채워 만든 참조영상으로 정의한다. 반자동 영상분할 기법은 크게 화면내 영상분할과 화면간 영상분할의 두 단계로 이루어진다. 화면내 영상분할은 VBS와 원영상의 형태학적 분할 기법을 사용하고, 화면간 영상분할은 두개의 연속하는 화면에서 변화검출(Change Detection)로 이루어진다 [1]. 본 논문에서는 효과적인 변화검출을 위하여 제안된 VBS를 사용한다. VBS를 이용한 영상분할에서는 우선, 이전화면에서 만들어진 VBS를 참조하여 다음화면에서 움직임 영역을 예측한다. 이렇게 예측된 영상과 원영상에 대해 형태학적 분할 기법(Morphological Segmentation Technique)을 이용해서 각각에 대한 레이블 마스크(Label Mask)를 얻는다 [2]. 두개의 레이블 마스크 사이에는 서로 공통된 영역들이 존재하게 되는데, 이런 공통된 영역을 추출함으로써 움직임 객체를 검출한다. 현재화면에서 검출된 움직임 객체는 다음화면을 위한 가상의 블루 스크린을 만든데 사용한다.

1. 서론

동영상에서의 영상분할은 객체를 기반으로 하는 디지털 비디오 응용분야에서는 필수적인 요소이다. 예를 들어, MPEG-4 부호화기는 객체의 정보를 이용한 동영상 압축 알고리즘을 사용하기 때문에 부호화 이전에 동영상 내에서 의미있는 객체의 분할은 선행되어야 할 과제이다. 또한, MPEG-7의 형태와 움직임을 나타내는 기술자(Descriptor)들은 정지영상과 동영상에 대한 검색을 수행하기 위해 영상 내에서의 의미있는 객체의 분할을 필요로 한다. 이를 위해서 지금까지 개발된 영상분할 기법을 크게 나누면, 자동 영상분할 기법과 반자동

영상분할 기법이 있다. 자동 영상분할기법은 사람의 인지정보를 필요로 하지 않는 것이고, 반자동 영상분할 기법은 초기화면에서 사람의 인지정보를 이용하여 의미 있는 객체를 지정하게 된다. 보통 자동영상 분할에서는 초기화면에서 의미있는 객체의 완전한 형태를 찾기가 매우 어렵다. 왜냐하면 영상 내에서 의미있는 객체를 찾는 것은 매우 주관적인 일이기 때문이다. 따라서 초기화면에서 사람의 인지정보를 이용 함으로써 보다 정확하게 의미있는 객체에 대한 영상분할이 이루어질 수 있다.

반자동 영상분할에서 초기화면을 찾기 위한 여러 가지 방법들이 연구 되어 왔다 [3],[4]. 그 결과 많은 알고리즘이 개발되었지만 아직까지 완벽한 해결책은 제시되지 못하고 있다. 또한 반자동 영상분할은 일반적으로 초기화면에 대한 객체의 검출이 이루어지면 다음화면의 객체검출은 움직임 추적방법을 사용한다. 움직임 추적을 위해서는 보통 움직임 벡터를 사용하게 된다. 하지만 이러한 방법은 실제로 움직임이 일어나지 않은 화소에 대해서도 움직임 벡터 값을 계산하므로 불필요한 계산량을 증가 시키는 결과를 가져온다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 가상의 블루스크린(Virtual Blue Screens, VBS)을 이용한 새로운 반자동 영상분할 기법을 제안한다. VBS는 현재 화면에서 움직임 객체의 검출을 위해 이전화면에서 만들어진 참조영상이다. 블루 스크린에서 촬영된 동영상의 움직임 객체 검출이 비교적 용이하다는 점을 이용하여 초기화면에서 인위적으로 배경영역을 특정한 값으로 채워 VBS를 만들고, 다음화면부터는 변화검출을 이용하여 VBS를 예측하게 된다. VBS를 사용함으로써 보다 간단하면서도 신뢰할 만한 초기화면에서의 움직임 객체 검출이 이루어질 수 있다. 또한 움직임 추적을 위해서 움직임 벡터를 사용하지 않고, 자동 영상분할에서 사용하는 변화검출과 형태학적 영상분할 기법을 사용하여 계산량을 줄이면서도 정확한 움직임 객체의 검출이 이루어진다.

반자동 영상분할 기법은 크게 화면내 영상분할과

화면간 영상분할로 구성된다. 화면내 영상분할은 형태학적 영상분할과 Watershed 알고리즘을 이용한 레이블 마스크를 구해서 얻는다. 화면간 영상분할에서는 VBS를 이용한 변화검출로 얻어진 영상의 레이블 마스크와 원영상의 영상분할을 통해 얻어진 레이블 마스크의 공통되는 영역을 찾음으로써 영상분할을 완성한다.

2. 반자동 영상분할 알고리즘

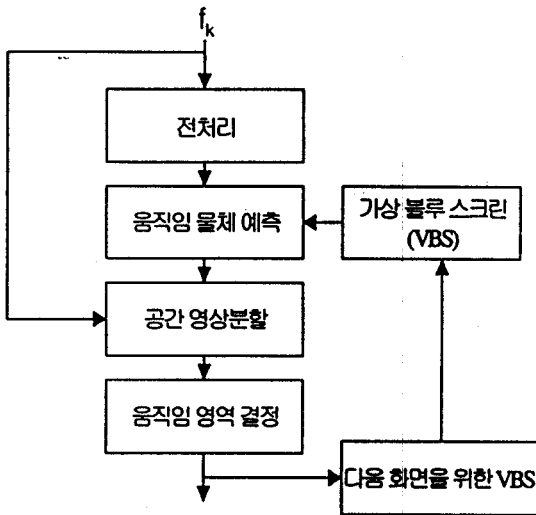


그림 1. 반자동 영상분할 알고리즘

그림 1은 제안된 반자동 영상분할 알고리즘의 블록 다이어그램을 보여준다. 우선, 영상분할 이전에 영상에 포함되어 있는 잡음을 제거한다. 이를 위해 가우시안 저대역 필터를 사용한다. 전처리가 끝나면 입력영상 f_k 에서 VBS를 참조하여 현재화면에서 움직임 객체를 예측한다. 이는 두 영상간에 변화검출을 통하여 이루어진다. 입력영상에 대해 움직임 객체의 예측이 이루어지면 입력영상과 예측된 영상에 대한 레이블 마스크를 얻는다. 이때 사용된 형태학적 영상분할 기법은, 일반적으로 영상 단순화(Simplification) 과정과 Watershed 알고리즘으로 이루어져 있다. 영상 단순화 과정은 복구를 통한 형태학적 Opening과 Closing(Morphological Opening/Closing by Reconstruction)을 이용한다. 복구를 통한 형태학적 Opening은 구조요소(Structuring Element)보다 작은 범위에 있는 밝은 부분을 없애 주고, 복구를 통한 형태학적 Closing은 구조요소보다 작은 범위의 어두운 부분을 없애 준다. Watershed 알고리즘은 형태학적 경사(Morphological Gradient)를 통하여 얻어진 영상을 균일한 영역들로 나누어준다. 형태학적 경사란 형태학적 Opening과 Closing을 통하여 얻어진 두 영상의 차분 영상을 말한다. 이렇게 형태학적 경사를 이용하면 영상의 균일영역이 불필요하게 많이 나누어지는 것을 막을 수 있다. 두 영상에 대한 레이블 마스크가 얻어지면 두 영상의 레이블 마스크를 비교하여 움직임 객체에

대한 영역들을 결정한다. 마지막으로, 이렇게 검출된 움직임 객체를 이용하여 다음화면을 위한 VBS를 만든다.

2.1 VBS와 초기화면 영상분할



그림 2. 가상 블루스크린(VBS)

가상 블루스크린(Virtual Blue Screen, VBS)은 현재화면에서 움직임 객체 검출을 위해 이전화면에서 만들어진 참조 영상이다. 그림 2에 보인 것처럼, VBS는 배경영역을 특정한 값으로 채워서 만드는데, 배경과 전경을 정확하게 구분할 필요는 없으며, 대강의 경계만으로도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있다. 배경영역을 특정한 값으로 채우기 위해 사용자의 인지정보를 GUI(Graphic User Interface)와 같은 도구를 이용하여 알고리즘에 부가한다. 좀 더 구체적으로 설명하면, GUI 도구를 이용하여 우리가 검출하고자 하는 물체 외의 영역을 사용자가 직접 지정하게 된다. 초기 화면에서 움직임 객체를 검출하기 위해서 우선, 원영상과 VBS를 모폴로지(Morphology)연산을 이용하여 단순화시킨다. 다음으로, 이렇게 단순화된 영상의 형태학적 경사영상을 구하여 Watershed 알고리즘에 적용한다. 이런 방법으로 얻어진 두 영상에 대한 레이블 마스크를 이용하여 2.3절에 기술된 방법으로 초기화면에서 움직임 객체를 얻는다.

2.2 움직임 영역 예측



그림 3. 움직임 영역

그림 3은 현재화면에서 움직임 객체의 예측 영상을 나타낸다. 그림에서 어두운 부분은 이전화면과 비교했을 때 현재화면에서의 움직임 영역들을 나타낸다. 움직임 영역 예측은 이전화면과 현재화면의 변화정도를 이용한다. 변화를 검출 하는 방법은 두개의 연속하는 영

상의 차 영상을 이용한 통계적 가설 검증 기법이다. D_k 를 연속하는 화면 F_{k-1} 과 F_k 의 차분영상이라고 가정하면, 차분영상은 정상분포(Normal Distribution)로 모델링된다. 크기 W 를 가지는 관찰영역 안에 속해있는 픽셀 변수들의 분산값을 배경영역의 분산 값과 비교한다. 만약 관찰영역이 배경영역을 지나게 되면 두개의 분산값은 같게 되어 변화가 일어나지 않은 것으로 간주하고, 그렇지 않을 경우는 변화가 일어났다고 간주한다 [5].

$$\begin{aligned}
 H_0: \sigma_1^2 &= \sigma_2^2 \\
 H_1: \sigma_1^2 &< \sigma_2^2
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서 σ_1 과 σ_2 는 각각 배경영역과 관찰영역의 분산을 나타내며, H_0 는 변화가 일어나지 않았다는 가정(Null Hypothesis)을 나타내고, H_1 은 그 반대의 경우를 나타낸다.

변화검출 알고리즘 설명의 용이성을 위해 $C(k)$, $P(k)$, $C_p(k)$, $B(k)$ 를 각각 현재화면, 이전화면, 예측 화면, 그리고 VBS 라고 정의한다. $B(k)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$B(k) = \begin{cases} P(k) & \text{if a pixel of } P(k) \text{ is in a object region} \\ BLUE & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서 'k'는 화소의 위치를 나타내며, 'BLUE'는 배경에 채워지는 특정한 값이다.

$B(k)$ 가 'BLUE'를 가지는 화소의 위치에서 $C(k)$ 와 $P(k)$ 의 변화검출을 적용한다. 식 (1)에서 가설 H_1 을 만족하게 되면, 그 화소의 위치에서 변화가 일어났다고 간주하여 $C_p(k)$ 에 $C(k)$ 의 값을 할당하고, 그렇지 않으면 'BLUE'를 할당한다. $B(k)$ 가 'BLUE'를 가지지 않는 위치에서는 변화검출을 적용할 필요가 없다. 그림 3은 이런 변화검출을 통하여 얻어진 움직임 영역을 보여주고 있으며, 그림 4는 실제 예측된 영상을 보여준다.

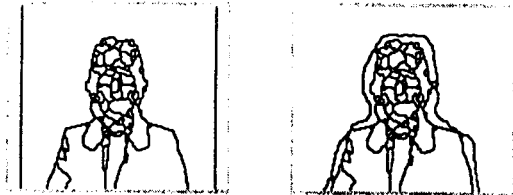


그림 4. 예측영상

2.3 움직임 객체 검출

그림 5a와 그림 5b는 형태학적 영상분할과 Watershed 알고리즘을 이용하여 얻어진 $C(k)$ 와, $C_p(k)$ 의 레이블 마스크를 보여주는데, 각각을 $C_h(k)$ 와 $C_{ph}(k)$ 로

정의한다. 그림 5a와 그림 5b를 비교하여 보면, $C_{ph}(k)$ 는 $C_h(k)$ 의 배경과 전경의 경계영역에서 그림 6a와 같은 추가적인 영역을 가진다. 이는 Watershed 알고리즘이 영상을 균일한 영역으로 나누어줌으로써 나타나는 현상이다.



(a) $C(k)$ 의 레이블 마스크 (b) $C_p(k)$ 의 레이블 마스크

그림 5. 레이블 마스크

움직임 객체의 최종 마스크를 얻기 위해서는 $C_{ph}(k)$ 의 추가적인 영역들을 제거해야 한다. $C_{ph}(k)$ 의 영역들을 살펴보면 움직임 객체로 추정되는 위치에서 $C_h(k)$ 에 있는 영역들과 거의 똑같은 영역들이 존재하는 것을 볼 수 있다. 움직임 객체의 검출은 두 개의 레이블 마스크를 서로 겹쳐 공통되는 영역을 추출함으로써 이루어질 수 있다. 그림 6a와 그림 6b는 각각 예측된 영상의 추가적인 영역과 최종 마스크를 보여준다.



(a) 추가 영역들 (b) 최종 마스크

그림 6. 추가 영역과 최종 마스크

이렇게 얻어진 최종 마스크는 다음화면을 위한 VBS로 사용된다. 즉, 위에서 얻어진 최종 마스크의 바깥쪽 부분을 다시 특정한 값으로 채워 다음화면의 VBS로 만든다.

3. 실험 및 결과

본 논문에서 제안된 가상의 블루스크린을 이용한 반자동 영상분할 기법의 성능을 알아보기 위해 176x144 크기의 QCIF 형식의 고정된 배경을 가진 MPEG-4 비디오 동영상에 대해서 실험하였다. 그림 7은 본 논문에서 입력으로 사용한 Claire 와 Mother & Daughter 영상의 초기화면을 보여주고 있다. 그림 8은 본 논문에서 제안된 방법으로 추출된 초기화면을 보여주고 있는데, 형태학적 분할 기법을 사용하여 추출하였기 때문에 비교적 움직임 객체의 기하학적인 형태를 잘 보존하였다. 그림 9

와 그림 10은 Mother & Daughter와 Claire영상의 화면간 움직임 객체검출에 대한 결과를 보여준다. 연속하는 화면에서 움직임 벡터를 사용하지 않고도, 변화검출을 통한 형태 형태학적 영상분할을 사용함으로써 계산량을 줄이면서도 비교적 정확하게 움직임 객체가 검출된 것을 볼 수 있다

4. 결론

본 논문에서는 가상의 블루 스크린을 이용한 반자동 영상분할 기법을 제안하였다. 반자동 영상분할의 핵심은 초기화면에서 주어지는 인지정보를 효과적으로 이용하는 부분과 연속하는 화면에서의 움직임 추적이라고 할 수 있다. 인지정보를 이용하는 측면에서, 본 논문에서 제안된 가상의 블루 스크린은 비교적 간단하고도 정확하게 움직임 객체를 검출할 수 있었다. 또한, 움직임 추적 부분에서는 자동 영상분할 기법에서 일반적으로 사용하는 변화검출을 사용함으로써 더 적은 계산량으로도 움직임 객체를 효과적으로 추적할 수 있었다. 이러한 반자동 영상분할 알고리즘은 MPEG-4와 같은 객체 기반의 영상처리 분야에서 폭 넓게 사용된다.

감사의 글

본 연구는 광주과학기술원(K-JIST) 초고속광네트워킹연구센터(UFON)를 통한 한국과학재단 우수연구센터(ERC) 지원금에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] T. Aach, A. Kaup and R. Mester, "Statistical mode-based change detection in moving video," *Signal Processing*, vol. 31, no. 2, pp. 165-180, March 1993.
- [2] P. Salembier and M. Pardas, "Hierarchical morphological segmentation for image sequence coding," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 639-651, Sep. 1994.
- [3] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: active contour model", *Proceedings of First International Conference on Computer Vision*, pp. 259-269, 1987.
- [4] J. Pan, S. Li, and Y. Zhang, "Automatic extraction of moving object using multiple features and multiple frames", *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, vol.1, pp. 36-39, May 2000.
- [5] M. Kim, J. Choi, D. Kim, H. Lee, M. Lee, C. Ahn and Y. Ho, "A VOP generation tool: Automatic segmentation of moving objects in image sequences based on spatio-temporal information," *IEEE Trans. Circuits and System For Video Technology*, vol. 9, no. 8, pp. 216-226, Dec. 1999.
- [6] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in digital space: An efficient algorithm based on immersion simulations," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 13, no. 6, pp. 583-598, June 1991.



그림 7. 원영상



그림 8. 초기화면 영상분할

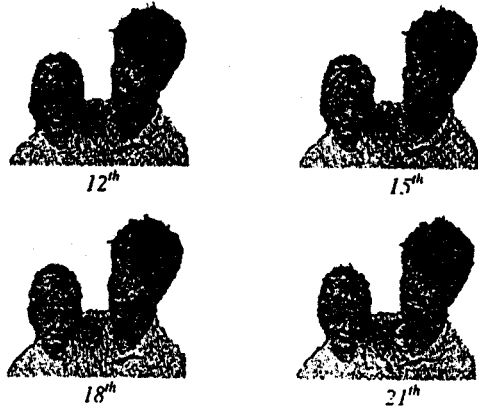


그림 9. Mother & Daughter

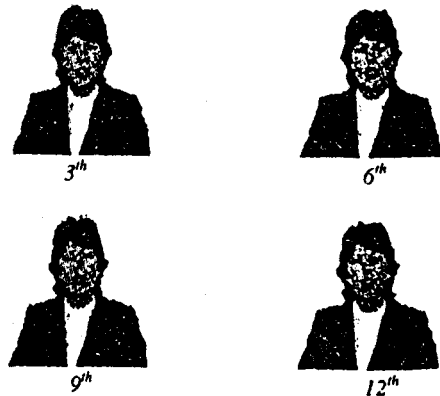


그림 10. Claire