

움직임벡터감도함수를 이용한 장면변화검출

강상혁, 김재호

부산대학교 전자공학과

Scene change detection

using a motion vector sensitivity function

Sang-hyuk Kang, Jae-ho Kim

Dept. of Electronics Eng., Pusan National University

Email : yoopy@korea.com

Abstract

A motion vector sensitivity function for abrupt scene change detection is presented. Proposed function detects a scene change by a static uni-value, not using threshold comparison method in real time and compressed domain. All abrupt scene change was detected.

I. 서 론

장면분할은 영상 압축(video compression), 영상 수정(video editing), 비디오 분류작업(video indexing), MPEG7 멀티미디어 내용 기술 표준 등에 응용된다. 또한 장면분할을 통하여, 영상의 압축 효율 증대와 멀티프로그램 영상 부호화에서 비트율 조정에 응용되기도 한다.

일반적인 장면검출방법들[1~7]은 영상의 인접 프레임들간 특정 벡터에 대한 거리가 주어진 임계값 이상이면 장면변화로 판단하는 것이다. 하지만, 고정된 임계값과의 비교로 인해 문제를 야기할 수 있다. 따라서, 임계값 비교 문제를 해결할 수 있는 새로운 움직임벡터감도함수(motion vector sensitivity function)를 제안한다.

II장에서 임계값 비교 문제를 기술하고, III장은 제안하는 움직임벡터감도함수를 제시한다. IV장에서 연속적인 프레임구조에서 급격한 장면 변화를 검출하고, V장에서 실험 및 결과를, VI장에서 결론을 제시한다.

II. 기존의 장면 변화 검출기

비디오 구조의 형태인 셋(shot)은 한 대의 카메라로 연속촬영한 비디오의 열(sequence)이다. 가장 간단한 장면전환은 컷(cut)으로 단일 프레임에서 발생하는 급격한 장면변화를 나타낸다. 그리고 점진적인 장면변화는 셋들 사이에서 발생하는 것으로, 복잡한 형태를 이루고 있고, 대표적으로 페이드(fade)와 디졸브(dissolve)가 있다.

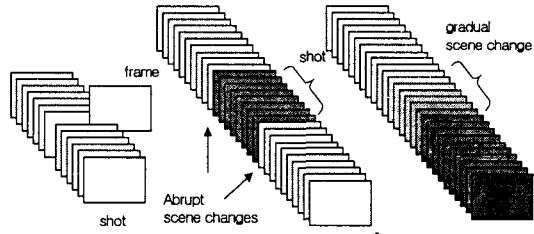


그림 1. 비디오 구조

일반적으로 장면변화 추출에 사용되는 특징 벡터는 화소들의 통계적 특징[1]이나 에지 정보[2]를 기반으로 계산한다. 광범위하게 사용되는 방법으로 프레임간 픽셀 차나 히스토그램을 순차적으로 비교하는 방법 등이 있다[3-4]. 또한 고속 검색을 위한 수직과 수평블록을 이용한 검출방법[5]과 이진 검색 알고리즘[6]등이 있다. 최근에는 압축영역에서 압축된 비트열을 직접 분석, 장면변화검출에 필요한 특징 정보를 추출하기도 한다.[7]

상기의 방법들은 검색 속도는 향상되지만, 고정임계값에 의한 오검출에 대한 한계를 극복하지 못한다. 그

림2는 Chi-square와 Absolute difference of histogram[4], Metrics2[8]을 이용하여 비디오 열 “Tabletennis”와 “Football”에 적용한 예이다.

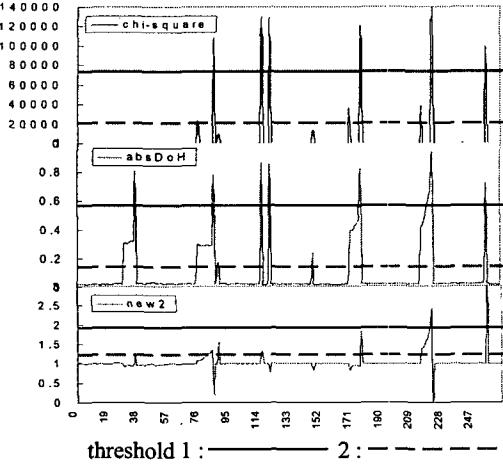


그림 2. 기준의 임계치 비교 방식

그림2의 스트림은 13번의 장면변화가 발생하도록 스트림들을 조합한 것이다. 임계치1의 경우 fault율은 떨어지나, miss가 많이 발생하게 되고, 임계치 2의 경우는 miss율은 떨어지나, fault가 많이 발생하게 된다. 상기와 같이 영상에 따라 움직임과 색상변화 등의 특성이 다르므로 고정된 임계값에 의한 장면변화검출은 문제를 발생시킨다.

상기 문제점을 해결하기 위해 움직임벡터를 이용한 새로운 움직임벡터감도함수(motion vector sensitivity function)를 제안한다.

III. 제안 알고리즘

움직임벡터감도함수는 연속한 장면간 시공간적 상관성을 고려, 블록 정합(block matching) 이후의 움직임 벡터와 선행한 움직임 벡터와의 차이를 이용한다. 제안방식은 움직임 보상 압축 과정에서 효과적이며, 실시간으로 수행할 수 있고 타 방식에 비해 움직임벡터를 이용함으로서 추가적인 계산량이 적다.

시간 t 에서 현재 프레임의 (k, l) 좌표에 위치하고 있는 블록과 $t-1$ 시간의 이전 프레임에서 (x, y) 변위로 이동한 좌표 $(k+x, l+y)$ 의 블록간의 MAD(mean

absolute difference)는

$$MAD(k, l)(x, y) = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |I_t(i+k, j+l) - I_{t-1}(i+k+x, j+l+y)| \quad (1)$$

이다 M 과 N 은 블록의 가로와 세로의 화소수이며, $I_t(k, l)$ 과 $I_{t-1}(k, l)$ 은 시점 t 와 $t-1$ 에서 프레임내의 좌표 (k, l) 의 밝기 값이다. 시점 t 에서 블록 (k, l) 의 움직임 벡터 $mv_t(k, l)$ 는 식(2)이다.

$$mv_t(k, l) = \arg \min_{(x, y)} MAD_{(k, l)}(x, y) \quad (2)$$

또한, 시점 t 와 $t-1$ 에서 $mv_t(k, l)$ 과 $mv_{t-1}(k, l)$ 을 이용하여, 두 움직임벡터간의 차이 $dmv_t(k, l)$ 은 식(3)에 나타나 있다.

$$dmv_t(k, l) = mv_t(k, l) - mv_{t-1}(k, l) \quad (3)$$

$mv_t(k, l)$ 과 $dmv_t(k, l)$ 은 블록간의 움직임특성을 나타내게 되며, 움직임벡터감도함수(MVSF)는 다음으로 정의한다.(식(4))

$$\begin{aligned} MVSF &= \frac{\sum_{k=1}^W \sum_{l=1}^H DMV(k, l)}{\sum_{k=1}^W \sum_{l=1}^H MV(k, l)} \\ MV(k, l) &= \sqrt{mv_x(k, l)^2 + mv_y(k, l)^2} \\ DMV(k, l) &= \sqrt{dmv_x(k, l)^2 + dmv_y(k, l)^2} \end{aligned} \quad (4)$$

W 와 H 는 프레임의 가로 블록수와 세로 블록수이고, $mv_x(k, l)$, $mv_{t-1}x(k, l)$, $mv_y(k, l)$, $mv_{t-1}y(k, l)$ 은 각각 $mv_t(k, l)$, $mv_{t-1}(k, l)$ 의 x 축, y 축 성분이다.

연속한 프레임에서 MVSF의 결과를 보면, 블록들의 움직임벡터차이의 합과 블록들의 움직임벡터의 합이 같을 때, 장면의 급격한 변화를 보여준다

$$MVSF \cong 1 \quad (5)$$

식(5)를 다시 기술하면,

$$\frac{\sum_{k=1}^W \sum_{l=1}^H DMV(k, l)}{WXH} = \frac{\sum_{k=1}^W \sum_{l=1}^H MV(k, l)}{WXH} \quad (6)$$

이 된다. 식(6)의 좌변은 한 프레임의 블록별 dmv 의 평균값이고 우변은 mv 의 평균값이 된다.

평균 mv 가 프레임내의 블록의 평균이동량이면 평균 dmv 는 이동량의 변화율이다. 이때, $mv_{i-1}(k,l)$ 가 0에 가까운 경우에 평균 $mv_i(k,l)$ 와 평균 $dmv_i(k,l)$ 가 같고, $MVSF$ 는 1에 근사한다. 즉, 이전 프레임의 움직임 $mv_{i-1}(k,l)$ 이 적고 현재 프레임의 움직임 $mv_i(k,l)$ 이 급격한 장면변화에 의해서 큰 경우 변화율이 현저히 다르기 때문에 프레임간의 상관도가 낮아지므로, $MVSF$ 는 1에 근사하게 된다. 다음은 $MVSF$ 의 값을 나타내었다.

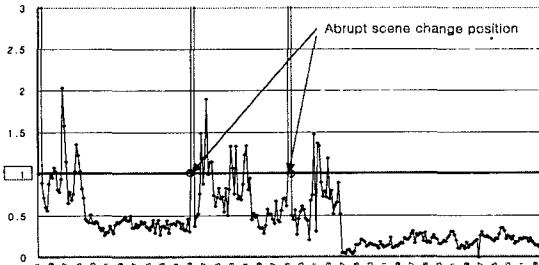


그림 3. $MVSF$ 의 단일값 1에 의한 장면변화 검출
(비디오열 “Tablettennis”的 경우)

그림3에서 프레임내 블록들의 이동량에 따라 $MVSF$ 는 변화하고, 급격한 장면변화가 일어나는 프레임에서 $MVSF$ 는 고정된 단일값 1에 근사한다. 즉, $MVSF$ 는 프레임내 블록들의 움직임량을 나타내며, 움직임이 많은 부분에서 1보다 큰 값을 갖고 움직임이 적은 부분에서는 0에 근사한다. 하지만, 급격한 장면변화가 있는 프레임에서는 $MVSF$ 가 1에 근사하고, 그 이후 프레임에서 상대적으로 큰 dmv 에 의해 $MVSF$ 는 1보다 크다. 따라서, 어떤 임계값과의 비교를 통한 장면변화 검출이 아닌 고정된 단일값 1에 근사한 여부에 따라서 검출이 가능하다. 실험에 의해 근사오차율의 유효값은 약 소수 점 3째 자리이다.

IV. 연속 프레임 구조

제안함수를 이용한 장면변화검출의 경우, 블록의 움직임량에 영향을 받아서, 영상의 움직임벡터량을 많이 발생시킬수록 정확도가 증가하게 된다. 일반적인 CIF 포맷의 테스트열들이 블록 이동량이 적음으로 인한 오차는 $mv_i(k,l)$ 가 0 인 블록을 제외함으로서 오차율을

줄였다. 그림4는 수정된 $MVSF$ 에 의한 결과를 나타낸 그림이다.

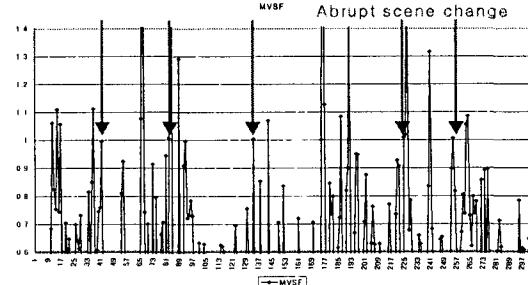


그림 4. 수정된 움직임감도함수

검출의 정확성을 증가하기 위해서 수정된 $MVSF$ 와 성분별 $MVSFx, MVSFy$ 을 이용하여 장면변화검출을 하였다. 각 $MVSFx, MVSFy$ 는 각각 $MVSF$ 의 x 축, y 축 성분이 된다.

$$MVSFi = \frac{\sum_{k=1}^W \sum_{l=1}^H DMVi(k,l)}{\sum_{k=1}^W \sum_{l=1}^H MVi(k,l)} \quad (i = x, y)$$

$$= \frac{\sum_{k=1}^W \sum_{l=1}^H \sqrt{(mv_{i,k}(k,l) - mv_{i-1,k}(k,l))^2}}{\sum_{k=1}^W \sum_{l=1}^H \sqrt{mv_{i,k}(k,l)^2}}$$

그리고, 16x16 매크로 블록의 단위를 8x8 매크로 블록으로 나눔으로서 블록의 수를 증가시켜서 정확도를 증가시킬 수 있다. 또한, 유사한 형태의 함수로 변형될 수 있으며, 비슷한 결과를 나타낸다

V. 실험 결과

본 논문에서는 SIF 포맷으로 각각 특색이 다르고 널리 사용되는 4 종류의 비디오 열을 사용하였으며, 또한 장면 변화를 포함한 테스트 열 3가지, 그리고 블록의 움직임량이 적은 CIF 포맷으로 9종류의 비디오 열과 장면변화 테스트 열 3가지를 사용하였다. 그리고, 통계적 방식[15]과 히스토그램방식[11], MSE를 이용하는 방식[16]등과 비교하였다.

제안하는 방식과 비교방식에 따른 장면변화를 발견하는 hit수(정확한 장면변화를 검출한 개수)와 miss수(장면변화가 있지만 검출하지 못한 개수),

fault수(장면변화가 없지만 장면변화로 오검출한 개수)를 표1과 표2에서 밝혔다.

method	frame			scd			scd2			scd3			tabletennis			football		
	hit	miss	fault	hit	miss	fault	hit	miss	fault	hit	miss	fault	hit	miss	fault	hit	miss	fault
original	22			13			25			2			0			0		
mse	22	0	0	13	0	0	25	0	23	2	0	0	0	0	0	0	0	0
chi-square	22	0	0	12	1	3	25	0	17	2	0	0	0	0	0	0	0	0
absDoH	22	0	1	12	0	32	25		49	2	0	0	0	0	0	1		
Ftest	22	0	13	13	0	15	25		84	2	0	0	0	0	0	30		
new2	15	7	22	13	0	46				2	0	0	0	0	0	52		
MVSF	22	0	0	13	0	0	25	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0

표 1. 장면변화검출결과비교(SIF포맷)

method	frame			out			out2			out3			news			mobile		
	hit	miss	fault	hit	miss	fault	hit	miss	fault	hit	miss	fault	hit	miss	fault	hit	miss	fault
original	7			5	0	0	52			3			0			0		
mean, var	7	1	1	5	0	0	50	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
chi-square	7	0	1	5	0	0	51	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
absDoH	7	0	0	5	0	0	51	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Ftest	7	0	3	3	2	0	49	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Likelihood	5	2	0	4	1	0	52	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
template	6	1	2	5	0	0	52	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
new1	7	0	0	5	0	0	51	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
new2	7	0	5	5	0	0	51	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
new3	6	1	0	5	0	0	51	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0
mse	7	0	1	5	0	0	48	4	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
MVSF	7	0	0	5	0	0	52	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0

표 2. 장면변화검출결과비교(CIF포맷)

표1, 2에서 임계치비교방식에 의한 결과는 고정임계치를 적용하지 않고, 가장 적은 miss와 fault로 영상에 적합하게 적용하였다. 위의 결과는 MPEG4 VM과 움직임 보상 3D 서브밴드 웨이브렛 부호화기를 사용하였으며, 매크로 블록의 크기는 16*16 이다.

실험에 의하여 모든 급격한 장면변화를 검출하였으며, 실험결과에 있어서 MSE를 이용하는 방식과 흡사한 결과를 나타내지만, MSE보다 계산량이 적고, 프레임의 밝기변화에 둔감하게 작용한다.

VI. 결 론

본 논문에서는 장면의 변화가 프레임내의 블록들의 움직임의 변화로 이어지는 유사성을 이용하여, 블록정합에 의한 프레임간의 움직임벡터를 이용함으로서, 실시간으로 급격한 장면 변화를 발견할 수 있는 새로운 움직임벡터감도함수를 제안하였다. 제안방식은 기존의 임계값에 의한 비교방식이 아닌 고정된 단일값에 의하여 장면변화를 검출하며, 기존의 방식들 중 MSE를 이

용하는 방법보다 추가적인 계산량이 적은 동시에, 프레임의 밝기변화에 강인한 장면변화검출을 가능하게 하였다.

참고문헌

- [1] Lelescu D., and Schonfeld D, "Real-time scene change detection on compressed multimedia bitstream based on statistical sequential analysis," *IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2000. ICME 2000*, Vol 2, pp. 1141-1144, 2000
- [2] Minsup Lee, Byoungchul Ahn, and Inkyu Kim, "Robust algorithm for scene analysis on compressed video," *1999 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing*, pp. 103 -106, 1999
- [3] Fernando, W.A.C., Canagarajah, C.N., and Bull, D.R. "Fade-in and fade-out detection in video sequences using histograms," *The 2000 IEEE International Symposium on Circuits and Systems,, Proceedings. ISCAS 2000 Geneva*, Vol .4, pp. 709-712, 2000
- [4] Xinying Wang, and Zhengke Weng , "Scene abrupt change detection," *Electrical and Computer Engineering, 2000 Canadian Conference on* , Vol 2 , pp. 880 -883, 2000
- [5] 이민섭, 안병철, "수평과 수직 블록을 이용한 MPEG-1 비디오 장면전환 검출 , 한국정보처리학회 논문지, 제7권, 제2호. pp. 629-630, 2. 2000
- [6] 김성철, 오일균, 장종환, "동영상의 고속 장면분할을 위한 이진검색 알고리즘 , 한국정보처리학회 논문지, 제7권, 제4호, pp. 1044-1049, 4. 2000
- [7] Seong-Whan Lee, Young-Min Kim, and Sung Woo Choi , "Fast scene change detection using direct feature extraction from MPEG compressed videos," *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 2 , pp. 240 -254, Dec. 2000.
- [8] Ford, R.M., Robson, C., Temple, D., and Gerlach, M. "Metrics for scene change detection in digital video sequences," *IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems '97. Proceedings.*, pp. 610 -611 1997