

# 관성의 법칙을 적용시킨 장면 전환 검출에 관한 연구

김경욱, 이효종

전북대학교 전자정보공학부

전북대학교 공업기술 연구센터

e-mail:{kwkim, hlee}@sel.chonbuk.ac.kr

## A Study on Shot Change Detection Applying the Law of Inertia

Kyong-Wook Kim, Hyo Jong Lee

Division of Electronics and Information Engineering,

Chonbuk National University

Research Institute of Industrial Technology,

Chonbuk National University

### 요 약

멀티미디어 데이터베이스 시스템의 구현 과정 중 제일 첫 번째 단계라 할 수 있는 장면전환의 검출은 비디오 데이터베이스 시스템에서만 아니라 비디오 검출, 비디오 압축, 비디오 문서의 군집 화 등 여러 분야에서 유용하게 다루어지고 있고, 또 이미 많은 알고리즘들이 개발되어 있다. 이미 개발되어져 있는 알고리즘들을 구현 비교하는 과정에서, 제시된 알고리즘들은 부분적으로는 장면전환의 정확한 검출을 하고 있으나 잡음이 삽입되거나 특수한 상황에서는 잘못된 결과를 나타내고 있다. 실제 세계에서 적용되는 뉴턴의 제 1법칙인 관성의 법칙이 지니는 특성을 장면전환 검출에 적용시키고자 하였다. 제시된 알고리즘의 성능을 증명하기 위하여, 본 논문에서는 이미 발표된 여러 알고리즘들의 성능과 관성의 법칙을 적용시킨 알고리즘의 성능을 비교하였다.

### 1. 서론

인터넷과 컴퓨터 보급이 급격하게 확산됨에 따라 멀티미디어의 발달 또한 활발해졌다. 그로 인해 멀티미디어를 취급하는 응용프로그램의 발달 또한 활발해졌고 또 계속 요구되어지고 있다. 특히 멀티미디어 데이터베이스 시스템의 구현 과정 중 제일 첫 번째 단계라 할 수 있는 장면전환의 검출은 비디오 데이터베이스 시스템에서만 아니라 비디오 검출, 비디오 압축, 비디오 문서의 군집 화 등 여러 분야에서 유용하게 다루어지고 있고, 또 이미 많은 알고리즘들[1]-[5]이 개발되어 있다. 이렇게 이미 개발되어져 있는 알고리즘들을 비교 구현하는 과정에서 제시된 알고리즘들은 부분적으로는 장면전환을 대체적으로 양호하게 검출을 하고 있으나 잡음이 삽입된 경우와 같이 특수한 상황에서는 잘못된 결과를 나타내고 있다. 본 논문에서는 실제 세계에서 적용되는 뉴

턴의 제 1법칙인 관성의 법칙이 지니는 특성을 장면 전환 검출에 적용하였다.

본 논문의 구성으로는 2절에서는 이미 제시된 알고리즘들 중 칼라 히스토그램 알고리즘, 카이스퀘어 히스토그램 알고리즘, 블록별 평균을 사용한 알고리즘에 대해 간략하게 설명하고, 3절에서 관성의 법칙을 적용시킨 장면 전환 검출에 대해 설명하고자 한다. 그리고 4절에서 각 알고리즘에 대한 실험결과를 비교하고 끝으로 5절에서 결론을 기술하였다.

### 2. 기존에 제시된 알고리즘

#### 2.1 칼라 히스토그램 알고리즘

$$D_{color}(F_i, F_j) = \sum_{k=0}^{255} (|H_i^r(k) - H_j^r(k)| + |H_i^g(k) - H_j^g(k)| + |H_i^b(k) - H_j^b(k)|) \quad (식1)$$

(식1)에서처럼 빨강(red), 초록(green), 그리고 파

량(blue) 각 채널의 히스토그램 차이의 총 합을 장면 전환 검출의 기준으로 삼는다.[1],[2]

## 2.2 카이스퀘어 히스토그램 알고리즘

카이스퀘어 히스토그램 알고리즘[1],[2]은 칼라 히스토그램 알고리즘에 상대적인 차이를 가미한 알고리즘이다. 칼라 히스토그램 알고리즘이 두 연속하는 프레임의 절대적인 차이를 의미한다면, 카이 히스토그램 알고리즘은 프레임간의 상대적인 차이를 포함하고 있다.

$$D_x(F_i, F_j) = \sum_{k=0}^{255} \frac{(|H_i^r(k) - H_j^r(k)| + \max(H_i^r(k), H_j^r(k)) + |H_i^g(k) - H_j^g(k)| + |H_i^b(k) - H_j^b(k)|)^2}{\max(H_i^r(k), H_j^r(k)) + \max(H_i^g(k), H_j^g(k)) + \max(H_i^b(k), H_j^b(k))} \quad (\text{식2})$$

## 2.3 블록별 평균의 차이를 이용한 알고리즘

블록별 평균의 차이를 이용한 알고리즘[1]은 칼라 히스토그램 알고리즘이나 카이 히스토그램 알고리즘보다는 처리시간은 오래 걸리지만, 더 많은 지역정보를 수반한다.

$$D_{mean}^{l,m}(F_i, F_j) = |\mu_i^{R(l,m)} - \mu_j^{R(l,m)}| + |\mu_i^{G(l,m)} - \mu_j^{G(l,m)}| + |\mu_i^{B(l,m)} - \mu_j^{B(l,m)}| \quad (\text{식3})$$

이미지를 4 x 4, 총 16개의 블록으로 나누어 각각의 블록에 대하여 평균을 이용해 문턱치를 적용한 후, 조건을 만족하는 블록의 개수를 장면전환 검출의 기준으로 삼았다.

## 3. 관성의 법칙을 적용시킨 알고리즘

이미 제시된 여러 알고리즘에서는 대부분이 연속하는 두 프레임 사이의 비슷한 정도를 측정하기 위해 평균이나 히스토그램 등의 절대적인 차이를 이용하였다. 그러나 이미 알려진 여러 알고리즘들을 구현, 실험하는 과정에서, 연속하는 두 프레임 이미지 사이의 비슷한 정도를 측정하는데 있어서는 절대적인 차이보다는 상대적인 차이가 장면전환 검출에 있어서 훨씬 강한 영향을 미치게 된다는 사실을 알게 되었다. 그 이유는 변화가 심한 프레임들 사이에서의 어느 정도의 변화는 변화가 거의 없는 프레임들 사이에서의 같은 정도의 변화와 비교했을 때 상당히 다른 의미를 갖기 때문이다.

관성의 법칙을 적용시키려고 생각한 이유는 다음과 같다. 실세계에서는 뉴턴의 제 1법칙인 관성의 법칙이 적용된다. 쉽게 말하자면, 움직이는 물체는 계속 움직이려 할 것이고, 멈추어 있는 물체는 계속 멈추

어 있으려고 할 것이다. 이런 관성의 법칙이 적용되는 실세계를 카메라에 담은 동영상에서도 관성의 법칙은 여전히 성립할 것이다. 또한 카메라가 움직일 때에도 관성의 법칙이 적용된다. 정지된 카메라가 순간적으로 다른 곳으로 이동할 수는 없으며, 또한 카메라의 앵글 역시 순간적으로 변화하는 대신 연속적으로 변화를 하게 된다. 다시 말하면, 하나의 장면을 구성하는 여러 프레임 이미지들 사이에서는 움직이는 물체가 있는 부분은 당분간은 꾸준히 변화가 있을 것이고, 움직이는 물체가 없는 부분은 당분간은 계속 변화가 없을 것이다. 또한 카메라가 움직일 때에도 전체적으로 서서히 한 방향으로 이동한다거나, 서서히 zoom-in, zoom-out 될 것이다. 이러한 성질을 급격하게 이루어지는 장면의 전환 검출에 적용해 보았다.

기존에 알려진 알고리즘들을 구현하는 과정에서 알게 된 또 하나의 중요한 사실은 지역적인 정보를 얼마나 많이 포함하느냐에 따라 장면전환 검출의 성능이 크게 달라진다는 것이다. 전체 이미지의 히스토그램이나 평균들을 사용하여 연속하는 프레임의 변화량을 측정하는 것은 지역정보를 거의 수반하지 못하기 때문에 장면전환 검출에 있어서 한계가 있었다. 그래서 이미지를 4 x 4, 총 16개의 블록으로 나누어 실험하였다. 대부분의 동영상을 보면 알 수 있듯이, 한 장면을 구성하는 프레임들을 보면 각 프레임 이미지들이 전체적으로 변하는 경우보다는 프레임 이미지의 특정한 부분에서만 변하는 경우가 대부분이다. 그 점에 착안하여 이미지들을 총 16개의 블록으로 나눈 다음 각 블록에 대해 관성의 법칙을 적용시켜 프레임들 사이의 변화량을 측정하였다. 그 16개의 블록에는 같은 장면에 속하는 프레임임에도 불구하고 프레임들 사이의 변화가 심한 블록이 있는 반면, 프레임들 사이의 변화가 거의 없는 블록도 있다. 관성의 법칙을 적용시키자면, 변화가 심한 블록에서는 같은 장면임에도 불구하고 다음 프레임에서도 변화가 심할 것이라고 예측할 수 있고, 변화가 거의 없는 블록에서는 다음 프레임에서도 변화가 거의 없을 것이라고 기대할 수 있다. 이러한 기대를 각 프레임들 사이의 변화량 측정에 적용하였다. 그러한 기대에 많이 어긋날수록 두 프레임 이미지 사이의 변화가 심하다고 할 수 있다. 즉 각각의 블록에 대하여 평상시 변하는 정도에 따라 가중치를 다르게 적용한 것이다. 예를 들면, 직전의 프레임에서 평균의 차이가 100이었던 블록에서 이번엔 또 100만

크의 차이가 있을 때와 직전의 프레임에서 평균의 차이가 10이었던 블록에서 이번에 100만큼의 차이가 있을 때를 비교해 보면 후자의 변화가 전자의 변화보다 장면전환 검출에 있어서 더 많은 의미를 부여한다고 할 수 있다.

연속하는 두 프레임 사이에서의 변화를 측정하는데 있어서 평균을 사용하였다. 각 블록별로 red, green, blue 각각에 대해 평균을 구한 다음, 연속하는 프레임 사이에서 대응하는 각 블록간의 red, green, blue 각각에 대해 평균의 차이를 구한 뒤, 그 차이에 관성의 법칙을 적용하여 프레임간의 변화량을 측정하였다.

$$D_i = \frac{d_i}{\sqrt{d_{i-1}}} \quad (식4)$$

$$D_i = \frac{d_i^2}{d_{i-2} + 2 \times d_{i-1}} \quad (식5)$$

(식4)와 (식5)는 실험에서 사용한 변화량 측정을 나타내고 있다.  $D_i$ 를  $i$ 번째 프레임에서 연속하는 프레임 사이에서의 변화량 측정의 기준으로 삼았다.  $d_i$ 는  $i$ 번째 프레임에서 그 전 프레임과의 평균의 차이를 나타내고,  $d_{i-1}$ 와  $d_{i-2}$ 도 마찬가지이다. (식4)에서는  $D_i$ 의 값이  $d_i$ 와  $d_{i-1}$ 에 의해 결정되지만, (식5)에서의  $D_i$ 값은  $d_i$ ,  $d_{i-1}$ , 그리고  $d_{i-2}$ 에 의해 결정된다. 즉, (식5)에 의한 장면전환 검출은 현재 프레임을 포함해 지간 2개의 프레임에 의해 결정된다는 뜻이다. 따라서 (식4)보다 한 단계 더 관성의 법칙을 고려한 것이다.

아래는 관성의 법칙을 적용한 알고리즘에서 문턱치를 적용한 방법을 나타낸다.

```
for (l = 1, count = 0; l ≤ 4; l++)
    for (m = 1; m ≤ 4; m++)
        if (Dl,m ≥ Th1) count ++;
```

```
if (diffmean ≥ Th2 and count ≥ C) True,
else False,
```

$count$ 는 (식4) 또는 (식5)에 의해 결정된  $D_i$ 값이 16개의 블록 중 몇 개의 블록에서 문턱치를 넘어서는지를 나타내는 값이다.  $diffmean$ 은 모든 블록에 대하여, 연속하는 두 프레임에 있어서 대응되는 두 블록의 평균의 차이들의 평균을 뜻한다. 이  $diffmean$ 값과  $count$ 값에 다시 문턱치를 적용하여 장면전환이 있었는지 아닌지를 결정하였다.

#### 4. 실험 및 결과

장면전환 검출 알고리즘의 성능을 비교하는데 있어

서 일반적으로 사용되는 검출율(Recall)[3],[4]과 정확도(Precision)[3],[4]라는 파라미터를 사용하였다.

$$Recall = \frac{N_c}{N_c + N_m} \times 100\% \quad (식6)$$

$$Precision = \frac{N_c}{N_c + N_f} \times 100\% \quad (식7)$$

위 식에서  $N_c$ 는 올바른 장면전환 검출의 수이고,  $N_m$ 은 장면전환이 일어났음에도 검출하지 못한 경우의 수이며,  $N_f$ 는 장면전환이 일어나지 않았는데 장면전환으로 잘못 인식한 경우의 수이다.

실험에 사용된 동영상 클립의 수는 총 15개이고 모두 MPEG 영상이다. 광고영상, 다큐멘터리, 드라마, 뉴스, 스포츠 각각에 대해 3개씩의 동영상을 사용하였다. 모두 320 x 240의 사이즈이고, 프레임의 수는 총 114326프레임이며 763번의 급작스러운 장면전환이 존재한다.

#### 4.1 기존에 제시된 알고리즘

표1에 기존에 제시된 알고리즘 중 컬러 히스토그램 알고리즘, 카이스퀘어 히스토그램 알고리즘, 블록별 평균의 차이를 이용한 알고리즘의 실험 결과를 비교하여 나타내었다.

	D <sub>color</sub>	D <sub>chi</sub>	D <sub>mean block</sub>
Th	90000	40000	C <sub>1</sub> = 1/4 C <sub>2</sub> = 10
N <sub>c</sub>	722	709	723
N <sub>m</sub>	41	54	40
N <sub>f</sub>	298	286	189
Recall	94.6%	93.0%	94.8
Precision	70.8%	71.3%	79.3

표 1 : 기존에 제시된 알고리즘의 성능

표1에서 알 수 있듯이 컬러 히스토그램 알고리즘과 카이스퀘어 히스토그램 알고리즘의 성능은 거의 동일하지만 두 알고리즘에 비하여 블록별 평균을 사용한 알고리즘은 정확도에서 더 양호한 성능을 보여주고 있다.

#### 4.2 관성의 법칙을 적용시킨 알고리즘

앞서 기술한 관성의 법칙을 적용한 알고리즘의 성능을 측정하기 위하여 (식4)와 (식5), 두 가지 방법으로 실험을 수행하였다. (식4)는 현재 프레임에서 변화량을 측정하는데 있어서 이전프레임 한 개만 영향을 미치는 반면, (식5)는 두 개의 전 프레임들이 영향을 미친다.

아래 표2에 관성의 법칙을 적용한 알고리즘의 실험

결과를 나타내었다.

	(식4)	(식5)
Th	Th1 = 20 Th2 = 30 C = 10	Th1 = 45 Th2 = 140 C = 10
$N_c$	750	751
$N_m$	13	12
$N_f$	77	76
Recall	98.3%	98.4%
Precision	90.7%	90.8%

표 2 : 관성의 법칙을 적용한 알고리즘의 성능

(식5)를 사용하면서 어느 정도 개선된 결과를 기대했었지만, 두 공식에 의한 실험 결과에는 거의 차이가 없었다. (식5)를 사용한 결과가 아주 약간 좋을 뿐이었다.

하지만, 기존에 제시된 알고리즘들의 실험결과와 비교해 보면 아주 큰 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 히스토그램이나 블록별 평균을 사용한 알고리즘의 성능에 비해 관성을 적용한 알고리즘의 성능이 훨씬 뛰어남을 알 수 있다.

## 5. 결론

이미 제시된 알고리즘 중 컬러 히스토그램 알고리즘, 카이스퀘어 히스토그램 알고리즘, 블록별 평균을 사용한 알고리즘을 구현한 후 그 결과를 관성의 법칙을 적용시킨 알고리즘의 성능과 비교하였다. 실험에 사용된 동영상 클립들에 한해서는 본 논문에서 제시된 관성의 법칙을 적용시킨 알고리즘의 성능이 두드러지게 뛰어났다.

그러나 관성의 법칙을 적용한 알고리즘에도 한계는 있었는데, 인공적으로 만들어진 조명에 의한 장면전환의 오 인식이 그것이다. 예를 들면, 카메라 플래시로 인한 오류가 그것이다. 특히 실험에 사용된 샘플들에서 나타난 오류의 대부분이 카메라 플래시로 인한 오류였다. 이를 해결하는 것이 남은 과제라 생각된다.

또 하나의 문제점은 본 논문에서 제시한 관성의 법칙을 적용시킨 알고리즘은 급격하게 변하는 장면전환에만 적용된다는 점이다. 관성의 법칙을 점진적으로 변하는 장면전환, 또는 팬, 줌인, 줌 아웃 등에 적용시킬 수 있는지를 알아내는 것도 해결해야 할 과제이다.

## 참고문헌

- [1] 김경욱, 이효중 "장면전환 검출 알고리즘의 구현 및 비교" 제 18회 추계학술발표대회 논문집 제 9권 제 2호 p:625-628
- [2] Haitao Jiang, Abdelsalam Helal, Ahmed K Elmagarmid, Anupam Joshi "Scene change detection techniques for video database systems" Multimedia Systems (1998) 6 p:186-195
- [3] G. Lupatini, C. Saraceno, R. Leonardi "Scene break detection : a comparison" Research Issues In Data Engineering, 1998. Continuous-Media Databases and Applications. Proceedings. Eighth International Workshop on , 23-24 Feb 1998 p34-41
- [4] Ullas Gargi, Rangachar Kasturi, Susan H. Strayer "Performance Characterization of Video-Shot-Change Detection Methods" Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on , Volume: 10 Issue: 1 , Feb 2000 p:1 -13
- [5] Jong Whan Jang, Il Kyun Oh "Performance Evaluation of Scene Change Detection Algorithms" Communications, 1999. APCC/OECC '99. Fifth Asia-Pacific Conference on ... and Fourth Optoelectronics and Communications Conference , Volume: 2 , 1999 p:841-844