

MPEG 비디오 스트림의 매크로블록 정보를 이용한 장면 변화 검출

임영인[○] 남종호
서강대학교 전자계산학과

Scene Change Detection in MPEG Video Stream using Macroblock Information

Youngin Ihm[○] Jongho Nang
Dept. of Computer Science, Sogang University

요 약

비디오 데이터를 이용한 응용 프로그램을 개발하기 위해서 비디오 데이터베이스를 구축하고자 하는 경우에는 비디오의 내용(Content)에 따라 장면 변화를 자동으로 검출(Scene Change Detection)하는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 MPEG 형식으로 저장된 비디오 데이터에 대하여 장면의 변화를 자동적으로 검출할 수 있는 방법을 제안하고 실험을 통하여 그 유용성을 보인다. 제안한 검출 방법에서는 B 프레임의 각 매크로블록들에 대하여 시간적으로 과거 B 프레임의 대응되는 매크로블록의 타입과 비교를 하고, 이런 각 매크로블록들에 대한 비교 결과의 합이 임계치보다 큰 경우에 장면이 변한 것으로 판단한다. 또한 제안한 방법에서는 입력 비디오 스트림에서 B 프레임의 매크로블록층 정보만을 이용하여 I 프레임과 P 프레임의 장면 변화 검출도 가능하므로 정교한 검출이 가능하다. 이런 검출 방법은 단순히 한 B 프레임안의 매크로블록 개수만을 조사하여 장면 변화 여부를 검출하는 기존의 방법에 비하여, 각 매크로블록의 타입 정보뿐만 아니라 위치 정보도 이용하기 때문에 장면 변화 검출이 견고하다. MPEG 형식으로 부호화한 뉴스 및 영화 비디오 데이터에 대한 실험에 의하면, 본 논문에서 제안한 검출 방법은 95% 이상의 정확성을 보임을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안한 MPEG 비디오 장면 변화 검출 방법은 MPEG 형식의 비디오 데이터를 이용한 디지털 라이브러리 등의 구축에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

1. 서론

네트워크의 발달과 CPU의 성능 향상을 비롯한 컴퓨터 관련 기술의 전반적인 발전은 컴퓨터에서 비디오 데이터와 오디오 데이터 같은 멀티미디어 데이터의 사용을 가능하게 했다. 이들 멀티미디어 데이터는 컴퓨터에서 가장 비중을 차지하는 요소로 자리잡아가고 있으며, Video on Demand(VOD)나 디지털 비디오 라이브러리와 같은 비디오 데이터를 이용한 응용 프로그램의 개발도 활발히 진행되고 있다. 이런 응용 프로그램에서는 압축 비디오를 저장한 데이터베이스(VDB)를 우선 구축하여야 하며, 이를 위하여 압축(예를 들면, MPEG)상태의 비디오 데이터에 대한 자동화된 비디오 인덱싱과 브라우징 기능이 필요하다. 이러한 기능을 제공하기 위해서는 비디오 데이터의 장면(scene)이 바뀌는 부분을 자동으로 검출하는 장면 변화 검출(Scene Change Detection) 기술이 필수적이다.

MPEG 형식의 압축 비디오 데이터에 대하여 자동으로 장면 변화를 검출하는 기술에 대한 기존의 연구에서 움직임 보상 결과를 이용하는 방법은 복호화 단계가 짧아지므로 장면 변화를 검출하는데 소요되는 연산 시간을 줄일 수 있다. 기존에 매크로블록 정보를 이용하여 장면 변화를 검출하는 방법[3, 4, 6]들은 이와 같은 장점은 얻을 수 있지만 매크로블록 타입의 개수에만 의존하는 한계를 갖고 있다. 본 논문에서는 MPEG 형식의 비디오 데이터에 대하여 매크로블록 타입 종류의 개수 정보와 함께 위치 정보도 고려하는 새로운 장면 검출 방법을 제안하고 실험을 통하여 그 유용성을 증명한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 MPEG 비디오 스트림을 대상으로 하는 기존의 검출 방법에 대해 살펴보고, 제 3장에서는 매크로블록의 위치 정보를 이용하는 방법을 제시하였다. 제 4장에서는 실험

결과를 토대로 성능 평가와 분석을 한 후에 제 5장에서 결론을 내리고 추후 연구 방향에 대해 설명하였다.

2. 기존의 장면 변화 검출 방법

MPEG 형식의 압축 비디오 데이터에 대한 기존의 장면 변화 검출 방법은 인코딩시의 정보를 이용하여 최소한의 복호화만으로 장면 변화를 검출하게 된다. 이러한 기존의 장면 변화 검출 방법에 대해 알아 보겠다. Arman[1]은 Motion JPEG과 MPEG 비디오 스트림의 I 프레임에서 각 프레임을 대표하는 벡터를 구성한 후에, 벡터의 내적을 사용하여 두 프레임 사이의 장면 변화를 조사하였다. Zhang[2]은 두 프레임의 모든 DCT 상수들을 일대일로 비교하여 블록의 변화 여부를 결정하고, 변화가 발생한 블록의 개수를 임계값과 비교하여 장면 변화를 결정하였다. Yeo[7]는 DC값으로 이미지를 축소한 상태에서 장면 변화를 검출하는 방법을 제안하였다. 그가 제안한 방법은 B 프레임과 P 프레임에서도 적용한 것으로서 MPEG 스트림을 부분적으로 복호화하여 B 프레임과 P 프레임의 DC값을 예측하는 방법이다. Meng[4]은 I 프레임내의 모든 DC값의 Y, U, V값으로 히스토그램을 작성하여 각각의 히스토그램에 대해 과거 I 프레임에서 히스토그램과 비교하여 장면 변화를 판단한다.

움직임 벡터 정보를 이용하는 방법으로 Zhang이 제안한 방법[2]은 B 프레임과 P 프레임에서 움직임 보상이 일어나는 블록 단위로 움직임 벡터 개수를 구하여 앵커 프레임과의 유사도를 측정한다. 이와 유사한 방식으로 Kobla[6]는 매크로블록 단위로 움직임 보상 방법을 적용하여 프레임 사이의 유사도를 측정하였다. Meng의 연구[4]는 단순히 개수에 의존하지 않고 비율을 적용하였으며, I 프레임에서도

움직임 벡터 정보를 이용하여 정확한 측정이 가능하도록 했다. Liu의 방법[3]은 움직임 벡터 타입과 이미지자값을 이용하여 장면 변화를 검출한다.

3. 매크로블록 타입의 위치 정보 이용

본 논문은 매크로블록의 타입과 위치 정보를 이용하여 장면 변화를 검출하는 알고리즘으로써, 이웃한 B 프레임들을 일대일로 비교하여 장면 변화를 결정한다. 이 때 두 B 프레임의 비교는 두 프레임에서 같은 위치에 있는 매크로블록의 상이도값을 토대로 이루어진다. 앞으로 매크로블록의 상이도를 측정하는 방법과 이를 토대로 장면 변화를 검출하는 알고리즘을 제시하였다.

3.1 매크로블록 사이의 상이도 측정 방법

매크로블록 타입 사이의 상이도는 앵커 프레임과의 관계로 판단할 수 있다. 즉, 매크로블록 타입 정보를 이용하여 매크로블록과 앵커 프레임 사이의 유사도를 구하고 이를 이용하여 이웃한 프레임에서 같은 위치에 있는 두 매크로블록 사이의 상이도를 구한다.

표 1: 용어 정의

용어	설명
INTRA	독립적으로 부호화한 매크로블록
FWARD	순방향에측으로 부호화한 매크로블록
BWARD	역방향에측으로 부호화한 매크로블록
BIDRT	양방향에측으로 부호화한 매크로블록

설명의 편의를 위하여 장면 변화가 있었는가를 판정하려는 현재 B 프레임을 B_{cur} , 비교의 대상이 되는 과거 B 프레임을 B_{pre} 라고 하며, B_{pre} 의 매크로블록 타입을 T_{pre} , B_{cur} 의 매크로블록 타입을 T_{cur} 라고 한다. 그리고 프레임 i 를 F_i 라 하고, F_i 의 j 번째 매크로블록을 $MB_{i,j}$, 매크로블록 A 의 타입을 반환하는 함수를 $g(A)$ 라고 한다. 함수 g 의 결과값은 <표 1>의 값 중 하나가 된다.

두 B 프레임을 비교함에 있어서 B 프레임은 앵커 프레임과의 관계에 따라 두 가지 패턴이 존재하는 것을 알 수 있다.

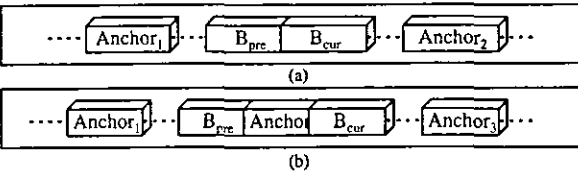


그림 1: (a) 패턴 1 - 참조하는 앵커 프레임이 같은 경우, (b) 패턴 2 - 참조하는 앵커 프레임이 다른 경우

<그림 1>-(a)과 같이 B_{cur} 와 B_{pre} 이 이웃하여 두 프레임이 참조하는 과거 앵커 프레임($Anchor_1$)과 미래 앵커 프레임($Anchor_2$)이 같은 경우이다. 또 다른 경우는 <그림 1>-(b)와 같이 B_{cur} 와 B_{pre} 가 서로 다른 앵커 프레임을 참조하는 경우이다. 이와 같이 참조하는 앵커 프레임이 다르기 때문에, 두 B 프레임의 매크로블록 상이도를 구하는 방법도 달라진다. 각각의 경우에 유사도를 측정하는 방법에 대해서 알아보았다.

3.1.1 참조하는 앵커 프레임이 같은 경우

이 때 현재 프레임(B_{cur})과 과거 프레임(B_{pre})의 매크로블록 타입에는 16가지 패턴이 존재한다. 각각의 관계에서 두 매크로블록이 같은 앵커 프레임을 참조하면 두 매크로블록은 비슷할 가능성이 높게 되므로, B_{cur} 의 매크로블록은 B_{pre} 의 매크로블록과 비교하여 변화가 없었다고 할 수 있다. 반면에 두 매크로블록이 참조하는 앵커 프

레이미 다르다면 두 매크로블록 사이에 유사성은 찾기 어렵게 되고, B_{cur} 의 매크로블록은 B_{pre} 의 매크로블록과 비교하여 변화가 있었다고 할 수 있다.

표 2: 참조하는 앵커 프레임이 같은 경우 ($DecisionTbl_1$)

$T_{cur} T_{pre}$	INTRA	FWARD	BWARD	BIDRT
INTRA	1	1	1	1
FWARD	1	0	0	0
BWARD	1	1	0	0
BIDRT	1	0	0	0

즉, B_{pre} 와 비교하여 B_{cur} 의 매크로블록 내용에 변화가 있으면 1 그렇지 않으면 0을 주면, 16가지 매크로블록 쌍에 대한 유사도는 <표 2>와 같고, 이를 $DecisionTbl_1$ 이라고 한다. 그리고 현재 프레임 B_{cur} 는 B_i 로 표현하고 비교 대상이 되는 과거 프레임인 B_{pre} 는 B_{i-1} 로 표현하면, 앵커 프레임과의 참조 관계를 고려한 매크로블록의 상이도는 식-(1)과 같다.

$$D_{i,j} = DecisionTbl_1[g(MB_{i,j})][g(MB_{i-1,j})] \quad (1)$$

3.1.2 참조하는 앵커 프레임이 다른 경우

현재 장면 변화 유무를 판단하려는 B 프레임과 이웃한 과거 프레임이 앵커 프레임인 경우에는 가장 가까운 과거 B 프레임을 B_{cur} 로 사용한다. 또한 이 경우에도 매크로블록들 사이에는 16가지의 관계가 존재한다. 이들 각각의 경우에 대하여 이웃한 과거 프레임이 B 프레임인 경우와 마찬가지로 매크로블록들이 앵커 프레임을 참조하는 관계를 고려하여 상이도를 구하면 <표 3>와 같고, 이를 $Decisiontbl_2$ 라고 한다.

표 3: 참조하는 앵커 프레임이 다른 경우 ($DecisionTbl_2$)

$T_{cur} T_{pre}$	INTRA	FWARD	BWARD	BIDRT
INTRA	1	1	1	1
FWARD	1	1	0	0
BWARD	1	1	1	1
BIDRT	1	1	0	0

3.2 장면 변화 검출 알고리즘

앞에서 구한 상이도값을 토대로 B 프레임과 앵커 프레임에서의 장면 변화 검출 방법에 대해 알아보았다.

3.2.1 B 프레임에서의 장면 변화 검출 방법

한 프레임 F_i 의 상이도값을 TD_i 라고 하면, B 프레임에서의 TD_i 는 프레임내 모든 매크로블록의 상이도값을 더한 값이 된다. 즉, F_i 내의 모든 매크로블록의 개수를 $TOTAL_MBS$ 라고 했을 때, B 프레임 F_i 의 상이도는 식-(2)와 같이 구한다.

$$TD_i = \frac{TOTAL_MBS}{\sum_{j=1}^{16}} D_{i,j} \quad (2)$$

TD_i 가 임계값보다 크면, F_{i-1} 과 비교했을 때 변화가 있었던 매크로블록의 수가 많다는 뜻이 되어 두 프레임 사이에 장면 변화가 있었다고 판정한다. 이 때 F_{i-1} 과 F_i 이 참조하는 앵커 프레임이 같은 경우에는 임계값 TS_1 과 비교하고, 참조하는 앵커 프레임이 다른 경우에는 임계값 TS_2 와 비교하면 식-(3)과 같다.

$$TD_i > \begin{cases} TS_1, & \text{if using } DecisionTbl_1 \\ TS_2, & \text{else using } DecisionTbl_2 \end{cases} \quad (3)$$

3.2.2 앵커 프레임에서의 장면 변화 검출 방법

제안하는 장면 변화 검출 알고리즘은 B 프레임만을 검사하지만 앵커 프레임의 장면 변화도 검출한다. 앵커 프레임에서의 장면 변화는 B_{cur} 와 B_{pre} 가 참조하는 앵커 프레임이 다른 경우에 일어난다. 이 옷한 과거 앵커 프레임을 A라고 할 때 B_{cur} 의 상이도가 TS_2 보다 크면, 장면의 변화는 B_{cur} 나 A에서 발생하게 된다. 이 때 T_{cur} 이 FORWARD가 많으면, B_{cur} 와 A와의 유사도가 높으므로 장면 변화는 A에서 시작된다. 반면 BWARD가 많으면 B_{cur} 와 A사이의 유사도가 낮으므로 장면 변화는 B_{cur} 에서 시작된다.

4. 성능평가및 분석

본 장에서는 앞에서 제시한 장면 변화 검출 알고리즘의 유용성을 보이기 위하여 MPEG 스트림을 입력으로 받아 제안한 알고리즘을 수행하는 장면 변화 검출기(SCD)를 구현하였다. 임의의 330 X 240 크기로서 330개의 매크로블록으로 이루어지는 MPEG-1 비디오 데이터에 대해 제안한 알고리즘을 실험하였을때 <그림 2>와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

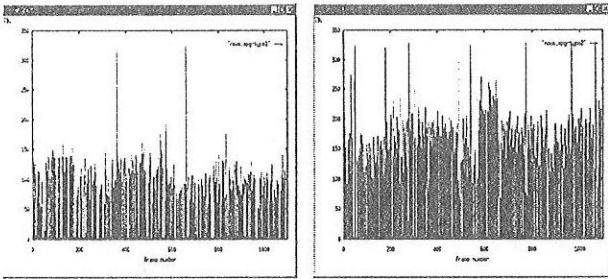


그림 2: (a) 참조하는 앵커 프레임이 같은 경우, (b) 참조하는 앵커 프레임이 다른 경우

표 4: 장면 변화 검출기 수행 결과

비디오 종류 (프레임 수)	과거 프레임 타입	실제장면 변화 개수	SCD로 실험한 결과		
			검출된 장면 개수	잘못 찾은 장면 개수	찾지 못한 장면 개수
뉴스 (3172)	B	10	10	0	0
	앵커	27	27	0	0
다이하드3 (988)	B	3	3	0	0
	앵커	5	5	0	0
볼케이노 (450)	B	6	6	0	0
	앵커	9	10	1	0
인디언스 6000 (2053)	B	12	12	0	0
	앵커	24	28	4	0
족구 (1724)	B	2	2	0	0
	앵커	8	7	0	1

실험 결과 장면 변화가 발생한 프레임들과 발생하지 않은 프레임들의 상이도에는 큰 차이가 있다. 특히, 이웃한 과거 프레임이 B 프레임인 경우에는 그 차이가 훨씬 분명하였고 그것은 B_{pre} 와 B_{cur} 가 다른 앵커 프레임을 참조하여 관계가 미약하기 때문이다. <표 4>은 여러 종류의 MPEG 비디오 데이터에 대해 실험한 결과로서 대부분의 장면 변화를 올바르게 검출하는 것을 알 수 있다. 장면 변화가 발생한 프레임을 검출하지 못하거나 잘못된 검출을 하는 것은 과거와 미래 앵커 프레임중에서 가장 비슷한 곳을 참조하여 부호화하기 때문이다. 또한 화면의 빠른 변화에도 정확하게 동작하는 것은, 비디오에서 가장 많은 비중을 차지하는 B 프레임을 대상으로 하며,

매크로블록 타입 개수에만 의존하지 않고 B 프레임들을 일대일로 비교해주는 방식을 취하기 때문이다.

5. 결론 및 앞으로의 연구 방향

디지털 라이브러리나 VOD와 같은 디지털 비디오 데이터를 이용한 응용 프로그램을 개발할 때는 비디오 데이터를 내용에 따라 자동으로 분류하는 장면 변화 검출 기술이 필요하다. 본 논문에서는 MPEG 비디오 스트림을 대상으로 하는 새로운 검출 알고리즘을 제안하고, 제안한 알고리즘을 토대로하는 장면 변화 검출기를 구현하였다.

기존에 움직임 벡터 정보를 이용하는 방법[2, 3, 4, 6]들은 순방향 예측과 역방향예측으로 부호화한 매크로블록 개수를 각각 구하여 두 값의 차이로 장면 변화를 검출하는 방식으로써, 한 프레임내의 정보만으로 그 프레임의 장면 변화 여부를 결정한다. 반면에, 제안한 방법은 이웃한 프레임과 직접 비교하여 두 프레임의 상이 정도를 구하고 이를 토대로 변화 여부를 결정하는 방법이다. 즉, 제안한 방법은 B 프레임을 존재하는 유형에 따라 분류하고 각각의 유형에 따라 앵커 프레임과의 관계를 고려하여 매크로블록 사이의 상이도값을 구한다. 그리고 구한 매크로블록 사이의 상이도값을 토대로 연속한 B 프레임들을 일대일로 비교하여 장면 변화를 검출한다.

이와 같은 방식의 장면 변화 검출 방법은 B 프레임만을 검사하지만 앵커 프레임인 I 프레임과 P 프레임에서의 장면 변화도 검출할 수 있으며, B 프레임의 매크로블록층 정보만 이용하므로 기존의 방법에 비하여 빠른 계산이 가능하다. 또한 B 프레임들을 일대일로 비교하여 변화 여부를 측정하게 되므로 B 프레임내의 정보만을 이용하여 변화 여부를 결정하는 기존의 방법에 비하여 정확함이 가능하다. 그리고 제안한 장면 변화 검출 방법은 매크로블록 타입 종류에 따라 개수만 세어주던 기존의 방법에 비하여 위치에 따른 비교 과정이 더 필요하지만, 각 매크로블록마다 한번의 비교 연산이 추가될 뿐이므로 연산에 있어서의 오버헤드는 미미하게 된다. 결국 제안한 알고리즘은 많은 정보를 이용하지만 간단한 연산 과정만을 수행함으로 빠르고 정확한 장면 변화 검출이 가능하기 때문에 MPEG 형식의 압축 비디오 데이터를 이용한 응용 프로그램의 비디오 데이터 베이스 구축에 유용하게 사용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] F. Arman, A. Hsu and M. Chiu, "Feature Management for Large Video Databases," Vol. SPIE 1908, 1993.
- [2] H. J. Zhang, C. Y. Low, and S. W. Smoliar, "Video Parsing and Browsing using Compressed Data," *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 1, 1995.
- [3] H. C. Liu and G. L. Zick, "Scene Decomposition of MPEG Compressed Video," Vol. SPIE 2419, 1995.
- [4] J. Meng, Y. Juan, and S. f. Chang, "Scene Change Detection in a MPEG Compressed Video Sequence," Vol. SPIE 2419, 1995.
- [5] I. K. Sethi and N. Patel, "A Statistical Approach to Scene Change Detection," Vol. SPIE 2420, 1995,
- [6] V. Kobla, D. Doermann, and K. I. Lin, "Archiving, Indexing, and Retrieval of Video in the Compressed Domain," Vol. SPIE 2916, 1996.
- [7] B. L. Yeo and B. Liu, "Unified Approach to Temporal Segmentation of Motion JPEG and MPEG Video," in *Proceedings of International Conference on Multimedia Computing and Systems*, 1995.