

프레임 비교횟수를 최소화하는 장면전환검출 알고리즘 연구

학생회원 김 신 형*, 김 중 헌*, 정희원 전 병 태**, 박 두 영*, 장 중 환*

A Study on The Algorithm of The Scene Change Detection that Minimizes The Number of The Frame Comparison

Shin-Hyoung Kim*, Joong-Heon Kim* *Student Members*

Byung-Tea Chun**, Doo-Yeong Park*, Jong-Whan Jang* *Regular Members*

요 약

대부분의 장면전환 검출방법은 동영상의 매 프레임을 비교함으로써 시간이 많이 소요되는 순차검색방법이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 시간적으로 표본화하는 비순차 검색방법들이 제안되었다. 비순차 검색방법은 동영상을 표본화하는 검색간격이 중요한데 본 논문에서는 전체 동영상의 비교횟수를 최소화하는 최적화된 검색간격을 구하고, 구한 검색간격을 사용하여 비순차 검색알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 기존의 방법과 비교하여 성능의 우수성을 실험을 통해 분석하였다.

ABSTRACT

Most of the existing algorithms of the scene change detection are the sequential algorithms to spend much time because of sequentially comparing each frame with its previous frame in video sequence. To solve those problems, the non-sequential algorithms using the temporal sampling have been proposed. In the non-sequential algorithms, the distance sampling the video sequence is very important. We derive the best optimized distance that minimizes the number of the frame comparison in the video sequence. Using the derived distance, the non-sequential algorithm is proposed. Experimental results show that the proposed algorithm is more effective than the previous ones.

I. 서 론

동영상은 인간에게 많은 정보를 매우 자연스럽게 제공해 줌으로써 많은 관심의 대상이 되고 있다. 최근 들어 컴퓨터와 통신기술의 발달로 멀티미디어 데이터를 생성, 저장 및 처리 하는 기술이 급속히 발달함에 따라 인터넷 방송, 주문형 비디오(VOD; Video On Demand), 의료 비디오 시스템, 동영상 편집, 무인 카메라에 의한 물체 인식 등 멀티미디어 서비스 요구가 증대 되었고, 이러한 요구를 충족시키기 위해서 빠른 시간 내에 정확하게 필요한 정보

를 검색, 처리 할 수 있는 방법의 개발이 매우 중요하여 이에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. 일반적으로 동영상 검색 시스템에서는 사용자가 전체 동영상정보를 한 눈에 파악하는 것이 필요하다. 동영상을 파악하려면 내용을 요약해 놓은 대표 프레임 리스트가 필요한데 대표 프레임 리스트를 작성하기 위하여 장면전환을 정확하게 검출할 필요성이 발생한다. 이러한 기능을 구현하기 위해서 비디오의 각 장면별로 색인과 특징을 부여하는 비디오 분할 작업이 선행 되어야 한다. 동영상의 장면을 분할하는 방법에는 순차 검색방법과 비순차 검색방법으로 나눌 수 있는데, 기존에 존재하는 대부분의 방법은 매

* 배재대학교 정보통신공학과 (izers, jhkim, dypark, jangjw)@mail.pcu.ac.kr

**한국전자통신연구원 (chunbt@etri.re.kr)

논문번호 : 010278-1011, 접수일자 : 2001년 10월 11일

프레임을 조사하는 순차검색 방법으로 두 영상의 픽셀 및 히스토그램차를 이용한 장면전환검출 방법이 있다.^[1-3] 이 방법은 구현하기 간단하고 널리 사용되는 방법으로 급진적으로 변하는 장면은 잘 검출하지만 움직이는 물체가 존재하거나 두 프레임사이의 섬광이나 선명한 조명이 있을 경우 오검출이 많은 단점이 있다. 이 문제를 해결하기 위해 Hampapur^[4] 및 Shaharay^[5] 등은 모델기반 장면변환기법을 제안하였다. 그러나 이 방법들은 압축된 영상에 적용할 수 없기 때문에 압축된 동영상을 먼저 디코딩한 다음 이 방법들을 적용함으로써 시간이 오래 걸리는 문제점이 있다. 이러한 단점들을 해결하기 위해 압축된 비트스트림이 갖고 있는 내용을 직접 분석하여 특징 정보를 추출한 후 압축 도메인 상에서 동영상의 장면전환 및 검색에 활용하려고 노력하고 있다.^[7-12] 순차검색 방법들은 비 압축영역이든 압축영역이든 방대한 영상자료를 매 프레임마다 비교해야 하므로 계산량이 매우 많으며 검색 속도 또한 아주 느리게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 프레임을 시간적으로 일정간격 표본화하여 장면전환을 검출하는 비순차 검색 방법이 제안되었다. Zhang^[6]은 첫번째 단계에서 일정한 간격으로 장면전환 검출을 수행하고 두 번째 단계에서 장면전환이 검출된 후보구간에 대해서만 프레임단위로 정밀검색을 수행하여 정확한 장면전환 지점을 찾는 다중경로 방법을 제안하였다. 이 방법은 검출속도는 향상시키면서 매 프레임을 검색하는 것과 같은 성능을 주며 적절한 검출간격을 선택함으로써 검출시간을 최소화 할 수 있다. 그러나 검출시간을 최소화하기 위한 적절한 검출간격을 선택하는 어떠한 기준이나 방법도 제시되지 않았고 검출간격을 경험에 의해 선택할 수밖에 없었다. 본 논문은 동영상의 프레임의 비교 횟수를 최소화 하는 최적화된 검출간격을 구하여 검출속도를 개선하고 급진적 장면전환과 점진적 장면전환의 검출성능을 높이는 알고리즘을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. I장은 문제의 정의와 관련연구를 설명하였고, II장은 일반적인 장면전환 방법인 순차검색방법에 대해 설명하며, III장에서는 순차 검색방법의 문제점을 해결하기 위한 비순차 검색방법을 설명한다. IV장에서는 최적 검색간격을 구하고 구한 검색간격을 사용하여 급진적 장면전환 검출 및 점진적 장면전환 검출에 적용할 수 있는 비순차 장면전환 검출 알고리즘을 제안한다. 마지막으로 V장에는 제안한 검색방법을 실험

을 통해 증명하고 기존 방법과 제안한 알고리즘을 비교 분석 하였다.

II. 순차검색 방법

1. 동영상의 구조

동영상을 구성하는 최소단위는 하나의 영상을 나타내는 프레임이다. 동영상에서 장면의 전환이 이루어지는 부분을 컷(cut)이라고 하고, 하나의 카메라 동작에 의해 촬영된 작은 동영상 단위를 샷(shot)이라 한다. 논리적인 내용이 같은 연속된 샷으로 이루어진 단위를 에피소드(episode)라 한다. 구조화된 동영상은 그림 1과 같이 연속된 에피소드로 구성되고 각 에피소드는 장면전환의 단위인 샷으로 구성된다. A, A'는 논리적으로는 같은 영상으로 다른 샷에 속하지만 같은 에피소드에 포함되고 B, S는 서로 다른 에피소드에 있는 샷이다.

동영상에서의 장면전환은 급진적 장면전환과 점진적 장면전환 두 가지로 분류된다. 급진적 장면전환은 하나의 샷이 끝난 후, 바로 다음 샷이 시작하는 것을 의미하고 점진적 장면전환은 끝과 시작이 뚜렷하게 구분되지 않는 장면의 전환을 의미한다.

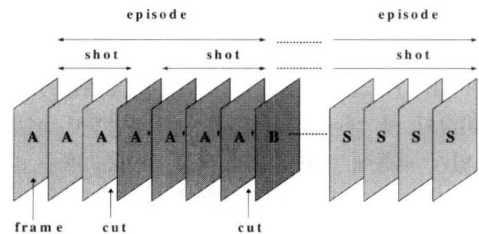


그림 1. 동영상의 구조 (A, A', B, 및 S는 다른 샷)

2. 순차검색 방법

순차검색은 동영상의 첫 프레임부터 마지막 프레임

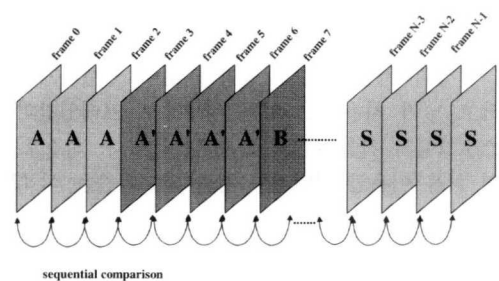


그림 2. 동영상의 장면전환 검출을 위한 일반적인 순차 검색 방법. N은 동영상의 전체 프레임 개수이다.

임까지 매 프레임을 각각 비교하여 장면전환을 검출하는 방법이다. 순차검색 방법으로 프레임 간의 장면전환 검출을 알아내기 위해서 픽셀의 차를 이용한 방법과 히스토그램차를 이용한 방법 등이 있다. 그림 2는 장면전환검출을 위한 일반적인 순차검색 방법을 보여주고 있다.

2.1. 픽셀의 차를 이용한 순차검색 방법

픽셀의 차를 이용하는 방법은 동일한 위치에 있는 두 프레임의 픽셀 값들의 차의 절대값의 합이 일정한 임계값을 초과할 경우 장면전환으로 판단하는 방법으로 간단하고 수행시간도 적게 드는 장점이 있다. 픽셀의 차를 이용한 장면전환 검색 알고리즘은 식 (1)로 주어진다.

$$SAD_{i,i+1}(x,y) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \Delta P_{i,i+1}(x,y) > Th_{pixel} \quad (1)$$

M 은 수직방향의 픽셀 수, N 은 수평방향의 픽셀 수, $P_i(x,y)$ 는 i 번째 프레임의 (x,y) 점의 픽셀의 휘도 값, $\Delta P_{i,i+1}(x,y)$ 는 $|P_i(x,y) - P_{i+1}(x,y)|$ 으로 i 번째 프레임과 $i+1$ 번째 프레임의 (x,y) 점의 픽셀의 휘도 값의 차의 절대값, $SAD_{i,i+1}(x,y)$ 는 i 번째 프레임과 $i+1$ 번째 프레임간의 유사성을 나타내는 휘도 값의 차의 절대값의 합, Th_{pixel} 은 장면전환 검출의 임계값이다.

하나의 샷 내에는 거의 유사한 장면들로 이루어져 있기 때문에 프레임간의 픽셀 차이는 매우 작은 값을 갖는다. 그러나 장면전환이 일어날 경우 다른 샷내의 프레임이 유사하지 않고 서로 다른 내용을 나타내기 때문에 이들 픽셀 값들의 차이는 크게 나타난다. 이러한 특성을 이용하여 장면전환 점을 찾아 낼 수 있다. 이러한 방법은 간단하고 수행시간이 적게 드는 장점이 있지만 객체의 이동이나 프레임의 잡음에 매우 민감하다는 단점을 가지고 있다.^[1]

2.2. 히스토그램의 차를 이용한 순차검색 방법

픽셀의 차를 이용한 방법과 같이 구현하기 간단하고 널리 사용되고 있는 방법으로 프레임간의 히스토그램의 차를 이용하는 방법이 있다. 히스토그램의 차를 이용한 장면전환 검출 알고리즘은 식 (2)로 주어진다.

$$DH_i(k) = \sum_{k=0}^{K-1} |H_i(k) - H_{i+1}(k)| > Th_{hist} \quad (2)$$

K 는 휘도 또는 컬러 레벨의 총 개수를 나타내고

$H_i(k)$ 는 i 번째 프레임의 k 휘도 값을 갖는 히스토그램 함수이다. $|H_i(k) - H_{i+1}(k)|$ 는 i 번째 프레임과 $i+1$ 번째 프레임 간의 k 휘도 값을 갖는 히스토그램의 차의 절대값을 나타내는 함수이며 $DH_i(k)$ 는 i 번째 프레임과 이웃 하는 $i+1$ 번째 프레임간의 유사성을 나타내는 히스토그램의 차의 절대값의 합이다. Th_{hist} 는 장면전환검출의 임계값이다. 샷 내에 있는 프레임들은 히스토그램 분포가 유사하기 때문에 $DH_i(k)$ 의 값이 작게 나타나지만 장면전환이 일어나는 곳에서는 다른 샷 내의 프레임으로 유사하지 않은 내용을 나타내기 때문에 $DH_i(k)$ 가 크게 나타나며, 이 값이 임계값 Th_{hist} 보다 크면 장면전환이 있는 것으로 결정한다. 이 방법은 객체의 움직임에 대해 효과적이고 잡음에 덜 민감한 장점이 있지만 조명 변화가 다양한 영상에서는 비효율적이다.^[1-3]

III. 비순차 검색 방법

비순차 검색 방법은 동영상의 매 프레임을 검사하지 않고 일정한 간격으로 표본화하여 장면전환을 검색하는 방법으로 장면전환이 존재하는 구간에서만 프레임을 비교하여 검색하기 때문에 동영상의 매 프레임을 연속적으로 비교하는 순차검색 방법보다 비교 횟수를 줄일 수 있어 검색시간 단축에 유리하다. 그림 3은 표본화 간격 S 를 갖는 장면전환 검출의 일반적인 비순차 검색 방법을 나타낸다. 동영상 일정한 간격으로 표본화하여 구간 내에 장면

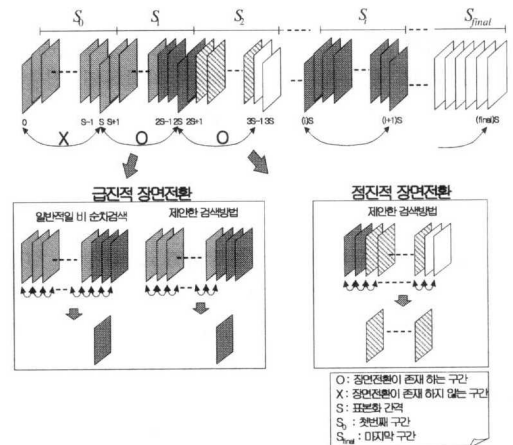


그림 3. 간격 S 로 표본화 하여 장면전환 검출을 하는 일반적인 비순차 검색방법

전환 유무를 파악하고 장면전환이 존재하는 구간에서만 구간의 모든 프레임을 순차검색을 하여 장면전환이 존재하는 프레임을 검출한다.

S_0 구간은 장면전환이 존재하지 않는 구간이므로 그 구간은 조사하지 않고 다음 구간 S_1 으로 이동한다. S_1 구간은 급진적 장면전환이 존재하므로 그 구간은 매 프레임을 조사하여 급진적 장면전환이 일어나는 프레임을 검출하고 다음 구간인 S_2 구간으로 이동한다. S_2 구간은 점진적 장면전환이 존재하는 구간이므로 그 구간에 있는 모든 프레임을 조사하여 점진적 장면전환을 검출한다. 이러한 과정을 동영상의 끝까지 도착할 때까지 반복한다.

IV. 제안한 비순차 장면전환 검출

일반적인 비순차 검색 방법은 그림 3에서 설명한 것 같이 장면전환이 존재하는 후보 검색구간 내의 모든 프레임을 검색하여 장면전환 프레임을 찾는 방법이다. 비순차 장면전환 방법에서는 검색구간 S 를 구하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 급진적 장면전환 및 점진적 장면전환을 고려하여 최적 검색구간 S_b 를 수학적으로 구하고, S_b 를 사용하여 비순차 장면전환 알고리즘을 제안한다.

1. 최적 검색간격 (S_b)

최적 검색간격을 구하기 위해 다음 조건을 가정한다.

- 1) 장면전환이 한곳에 집중적으로 분포하지 않는다.
- 2) 표본화 검색간격 S 내에는 급진적 또는 점진적 장면전환이 없거나 최대 1개 존재한다.
- 3) 급진적 및 점진적 장면전환은 표본화 검색간격 S 내에 존재한다.

전체 프레임 수를 N , 표본화 검색간격을 S , 총 프레임 비교 횟수를 T , 평균 장면전환 거리를 d , 장면전환 수를 k , 급진적 장면전환 수를 α , 점진적 장면전환 수를 β 라 할 때, 먼저 평균 장면전환 거리 d 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$d = \frac{N}{k} \tag{3}$$

장면전환 수 k 는 급진적 장면전환 수와 점진적 장면전환 수의 합이다.

$$k = \alpha + \beta \tag{4}$$

위와 같은 조건을 만족한다는 가정 하에 동영상의 프레임을 최소로 비교할 수 있는 표본화 검색간격 S 를 구한다. 먼저 동영상에서의 총 검색 비교횟수 T_{total} 는 처음부터 마지막 검색구간 S 의 처음 프레임과 마지막 프레임을 비교하여 그 구간 내에 장면전환을 나타내는 프레임이 있는지에 대한 유무를 히스토그램 차를 이용해 파악하고 구간 내 장면전환이 없다면 구간 내 프레임들을 비교하지 않고 다음 표본화 검색 구간으로 이동하고, 만일 장면전환이 있다면 구간 내를 순차 검색하여 장면전환 프레임을 검출한다. 이와 같은 과정을 통해 동영상에서의 T_{total} 는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$T_{total} = T_1 + T_{ab} + T_{gr} \tag{5}$$

T_1 은 전체 동영상의 표본화 검색구간의 개수 $\frac{N}{S}$ 이며 그 구간 안에 장면전환이 있는지를 검사하기 위해 각각의 표본화 구간의 처음 프레임과 마지막 프레임을 비교하여 장면전환의 유무를 판별한다.

T_{ab} 는 급진적인 장면전환이 있는 구간에서의 평균 장면 검색 횟수를 나타낸다. 급진적인 장면전환은 구간 내에 한번 일어난다고 가정하였기에 장면이 전환된 프레임을 검출하면 검출된 프레임의 다음 프레임부터 그 구간 내 마지막 프레임까지 검색할 필요가 없으므로 다음 후보 구간으로 이동한다. 어떤 프레임에서도 장면전환이 일어날 수 있는 확률이 같으므로 평균 비교 횟수는 다음과 같이 얻는다. 그림 4는 급진적 장면전환이 존재하는 후보 구간 S_i 내에서 장면전환을 검출을 하기 위한 평균 프레임 비교횟수를 설명한다.

S_i 구간 내 총 프레임 수는 $S+1$ 이다. S_i 구

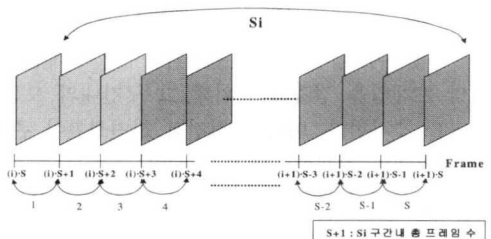


그림 4. 급진적 장면전환 검출을 위한 평균 프레임 비교 횟수

간 내에 장면전환이 1개 존재할 때 두개의 프레임
을 S 번 비교하면 어느 프레임에서 장면전환이 일
어날 확률은 $\frac{1}{S}$ 이다. 각 프레임에서 장면전환이 일
어날 확률은 같다. 구간내의 평균비교횟수,
 $T_{av}(S_i)$ 는 각 프레임에서의 비교횟수에 확률을 곱
하면 얻을 수 있다. $T_{av}(S_i)$ 는 식 (6)과 같이 얻
는다.

$$T_{av}(S_i) = \frac{1}{S} \sum_{x=1}^S x = \frac{S+1}{2} \quad (6)$$

그러므로 T_{ab} 는 급진적 장면전환이 있는 구간
의 수와 평균비교횟수의 곱으로 나타낼 수 있으므로
식(7)과 같이 얻는다.

$$T_{ab} = a \frac{S+1}{2} \quad (7)$$

T_{gr} 는 점진적 장면전환이 있는 표본화 구간에서
의 장면 검색 횟수를 나타낸다. 점진적 장면전환도
검색구간 내에 있다고 가정하였으므로 그 S_b 구간
의 처음과 마지막 프레임을 비교하여 유사도 측정
값이 임계값 보다 크게 나타나면 장면전환이 존재
하는 구간으로 판단하여 그 구간을 검색한다. 그러
나 점진적 장면전환이 있는 구간은 여러 프레임에
걸쳐 점진적으로 장면이 변화하기 때문에 연속한
두 프레임을 비교한 유사도 측정값은 임계값 보다
작은 값을 가지므로 그 구간 내에는 급진적 장면전
환처럼 유사도 측정값이 크게 검출되는 장면전환을
검출할 수 없다. 즉, S_b 구간 양끝의 프레임을 비
교한 후 S_b 구간내의 모든 프레임을 비교하여도
장면전환 프레임을 검출할 수 없으므로 이 구간 안
에는 점진적 장면전환이 존재하는 것으로 판단 할
수 있다. 그러므로 점진적 장면전환의 시작 프레임
과 마지막 프레임을 검출하기 위해 급진적 장면전
환 검출에 사용한 픽셀 차나 히스토그램 차를 이용
하지 않고 점진적 장면전환에 잘 적용되는 분산 값
을 이용하여 점진적 장면전환의 시작 프레임과 마
지막 프레임을 검출하기 위해 그 구간내의 모든 프
레이임을 조사한다. 따라서 점진적 장면전환이 존재하
는 구간내의 검색횟수는 $2a\beta$ 이다.

위에서 설명한 세가지 경우를 고려하면 T_{total} 는
식 (8)과 같이 얻는다.

$$T_{total} = T_1 + T_{ab} + T_{gr} = \frac{N}{S} + a \frac{S+1}{2} + 2a\beta \quad (8)$$

그림 5는 식(8)을 해석하기 위해 $\frac{N}{S}$ 와 $a \frac{S+1}{2}$
 $+ 2a\beta$ 의 두 항으로 나누어 그래프를 그렸다. 그래
프에서는 변수 S 에 따라 전체 비교횟수가 달라지
는 것을 보여준다. [◆]는 $\frac{N}{S}$ 을 [■]는 $a \frac{S+1}{2}$
 $+ 2a\beta$ 을 나타내고 두식을 합한 식은 [▲]로 나타
낸다. 그림에서 알 수 있듯이 총 비교횟수 T_{total}
이 최소가 되는 S 값이 최적 검색간격 S_b 이다.

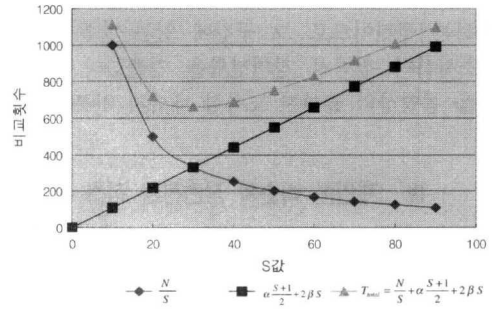


그림 5. 동영상의 장면전환검출을 위한 표본화 검색간격에
대한 프레임 비교 횟수

제안한 비순차 검색방법의 성능분석은 그림 6에
설명하였다. [◆]는 일반적인 순차검색방법의 프레임
비교 횟수를 나타내고 [▲]는 제안한 방법의 프레임
비교횟수를 나타낸다. 그림 6은 제안한 방법이 기존
의 순차방법보다 프레임 비교 횟수가 현저히 작아
지는 것을 알 수 있다.

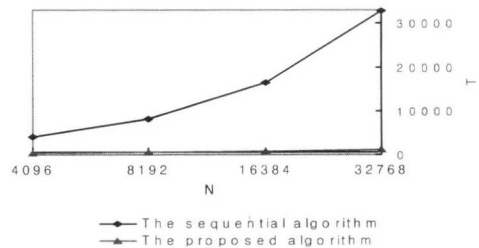


그림 6. 순차검색 방법과 제안한 비순차 검색방법의 비교
횟수

총 프레임 비교 횟수 T_{total} 를 최소로 만드는 S
를 S_b 라 할 때 S_b 를 구하기 위해 식(8)의 양변
에 미분을 취하고 미분 값이 0을 만족하는 S_b 를
식 (11)와 같이 얻는다.

$$\frac{d}{dS}(T_{total}) = -\frac{N}{S^2} + \frac{a}{2} + 2\beta \quad (9)$$

에 유사도 측정값이 작아서 장면전환을 검출하지 못한다. 그러므로 우리는 급진적 장면전환이 아니고 점진적 장면전환이 일어난 것으로 판단할 수 있다.

[단계 3] 점진적 장면전환 검출은 급진적 장면전환검출에 이용한 측정값을 사용하지 않고 점진적 장면전환에 잘 적용되는 분산을 이용한 점진적 장면전환을 검출한다.

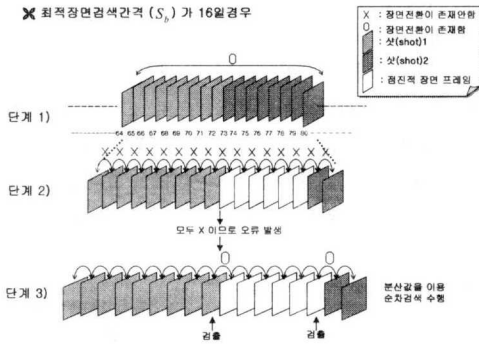


그림 8. S₆ 구간내의 점진적 장면전환 검출

4. 점진적 장면전환 검출을 위한 분산

점진적 장면전환을 검출하는데 분산을 이용하는 특성은 다음과 같다. 점진적 장면전환은 $t < T_1$ 구간에서는 영상 $f_1(x, y)$ 가 존재하고 $T_1 \leq t \leq T_2$ 구간에서는 영상 $f_1(x, y)$ 이 선형적으로 감소하는 반면 $f_2(x, y)$ 가 선형적으로 증가한다. $t > T_2$ 구간에서는 $f_2(x, y)$ 영상만 존재한다. 점진적 장면전환은 그림 9로 나타낼 수 있고 수학적으로 식 (13)과 같이 정의 할 수 있다.

$f(x, y, t)$ 는 t 시간에서의 영상의 인텐시티 값이다. $\alpha(t)$ 는 시간 t 에 따른 투명도의 벡터량으로 $0 \leq \alpha(t) \leq 1$ 의 값이다. 분산은 편차의 제곱의 합의 평균으로 영상의 평균에서 흩어진 정도를 수치 값으로 나타낸 것으로 영상에 따라 분산 값이 다르기 때문에 점진적인 장면전환 검출을 할 수 있으며 식 (14)와 같이 나타낼 수 있다. $f(x, y, t)$ 의 분산은

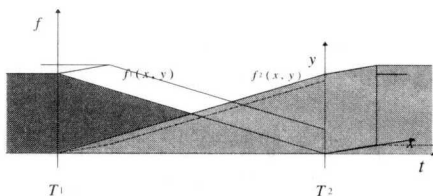


그림 9. 동영상 내에서 점진적 장면전환 그래프

$\sigma_{f(x, y, t)}^2$ 라고 할 때 $T_1 \leq t \leq T_2$ 인 점진적 장면전환 구간에서의 분산 식을 유도해 보면 식 (15)와 같다.

$$f(x, y, t) = \begin{cases} f_1(x, y) & t < T_1 \\ f_1(x, y) \cdot (1 - \alpha(t)) + f_2(x, y) \cdot \alpha(t) & T_1 \leq t \leq T_2 \\ f_2(x, y) & t > T_2 \end{cases} \quad (13)$$

$$\sigma_{f(x, y, t)}^2 = E(f(x, y, t) - Ef(x, y, t))^2 \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{f(x, y, t)}^2 &= E(f_1(x, y)(1 - \alpha(t)) \\ &+ f_2(x, y)\alpha(t))^2 \\ &= E(f_1(x, y)\alpha(t) - Ef_1(x, y)(1 - \alpha(t)) \end{aligned} \quad (15)$$

식 (15)에서 $f_1(x, y)$ 와 $f_2(x, y)$ 가 독립적이라고 할 때

$$Ef_1(x, y) \cdot f_2(x, y) = Ef_1(x, y) \cdot Ef_2(x, y) \quad (16-1)$$

$$Ef_1(x, y) + f_2(x, y) = Ef_1(x, y) + Ef_2(x, y) \quad (16-2)$$

로 표현할 수 있고, 식 (15)를 식 (16)을 이용하여 전개 하면 식 (17)을 얻을 수 있다.

$$\sigma_{f(x, y, t)}^2 = \sigma_{f_1}^2(1 - \alpha(t))^2 + \sigma_{f_2}^2(\alpha(t))^2 \quad (17)$$

식(17) 에서

$$\sigma_{f_1}^2 = Ef_1(x, y)^2 - (Ef_1(x, y))^2 \quad (18-1)$$

$$\sigma_{f_2}^2 = Ef_2(x, y)^2 - (Ef_2(x, y))^2 \quad (18-2)$$

이다.

따라서 점진적 장면전환의 분산 $\sigma_{f(x, y, t)}^2$ 는 식 (19)로 주어진다.

$$\sigma_{f(x, y, t)}^2 = \begin{cases} \sigma_{f_1}^2 & t < T_1 \\ \sigma_{f_1}^2(1 - \alpha(t))^2 + \sigma_{f_2}^2(\alpha(t))^2 & T_1 \leq t \leq T_2 \\ \sigma_{f_2}^2 & t > T_2 \end{cases} \quad (19)$$

식 (19)에서 $\alpha(t)$ 를 선형적 증감을 나타내는 $\frac{t - T_1}{T_2 - T_1}$ 로 하면 분산은 포물선 형태의 그림 10과 같다.

$t < T_1$ 구간에서는 $f_1(x, y)$ 의 영상만 존재함으

$$-\frac{N}{S^2} + \frac{\alpha}{2} + 2\beta = 0 \quad (10)$$

$$S_b = \sqrt{\frac{2N}{(\alpha+4\beta)}} \quad \text{단, } S_b \text{는 양의 정수} \quad (11)$$

따라서 총 비교 횟수를 최소로 하는 최적 검색간격 S_b 는 전체 프레임 수 N 과 급진적 장면전환 개수 α 와 점진적 장면전환 개수 β 로 나타낼 수 있다. 이는 전체 프레임 수 N 을 급진적 장면전환이 존재하는 구간의 개수 α 와 점진적 장면이 존재하는 구간의 개수 β 에 4를 곱한 합으로 나누어 제곱근을 취한 형태이다. 점진적 장면전환 수에 4를 곱한 것은 점진적 장면전환은 여러 프레임에 걸쳐 이루어지기 때문에 급진적 장면전환의 수보다 장면전환 간격에 영향이 크므로 가중치를 곱한다. 급진적 장면전환 수(α) 및 점진적 장면전환 수(β)가 상대적으로 많다면 최적 검색간격 S_b 는 작을 것이고, 역으로 장면전환의 수가 적다면 S_b 간격이 커질 것이다. 여기서 구한 최적 검색간격 S_b 를 이용하여 동영상 총 비교 횟수 T_{total} 를 최소로 하는 T_{min} 을 구할 수 있다. 식(11)을 식(8)에 대입하여 T_{min} 을 식 (12)와 같이 얻는다.

$$T_{min} = \frac{N}{S_b} + \frac{\alpha}{2}(S_b+1) + 2\beta S_b$$

$$= \sqrt{\frac{N}{\frac{2N}{(\alpha+4\beta)}}} + (\frac{\alpha}{2} + 2\beta) \cdot \sqrt{\frac{2N}{(\alpha+4\beta)}} + \frac{\alpha}{2}$$

$$= \sqrt{2N(\alpha+4\beta)} + \frac{\alpha}{2} \quad (12)$$

식 (12)은 S_b 로 동영상을 분할하여 얻은 최소 프레임 비교횟수는 급진적 장면전환의 수와 점진적 장면전환의 수의 4배를 더한 수의 제곱근에 비례함을 알 수 있다.

2. S_b 를 이용한 급진적 장면전환 검출

S_b 간격 내에는 급진적 및 점진적 장면전환이 존재한다. 이 절에서는 S_b 간격 내에 급진적 장면전환검출 방법을 설명하고 다음 절에서는 점진적 장면전환 검출 방법을 설명한다. 급진적 장면전환 검출의 유사도 측정은 히스토그램 차를 사용한다. 그림 7은 S_b 를 16으로 설정하고 검색하는 방법을 설명한다. S_b 의 첫 번째 프레임인 64번째 프레임

이고 마지막 프레임은 80번째 프레임이라고 가정한다. 그 구간 내에 샷 1이 진행하다가 73번째 프레임에서 샷 2가 진행한다고 하면 73번째 프레임에서 장면전환이 일어났음을 알 수 있다. S_b 간격 내에 장면전환이 일어나는 프레임을 검색하는 방법은 다음과 같다.

[단계 1] 구간의 첫 번째 프레임인 64번째 프레임과 마지막 프레임인 80번째 프레임을 비교한다. 두 프레임은 서로 다른 샷의 프레임이기 때문에 임계값 이상이 되어 장면전환이 존재한다고 판단한다.

[단계 2] 장면전환이 존재함으로 그 구간의 처음 프레임부터 장면전환이 일어나는 프레임까지 순차적으로 검출하여 장면전환이 일어나는 프레임을 검출하면 더 이상 프레임을 조사하지 않고 다음 구간으로 이동한다.

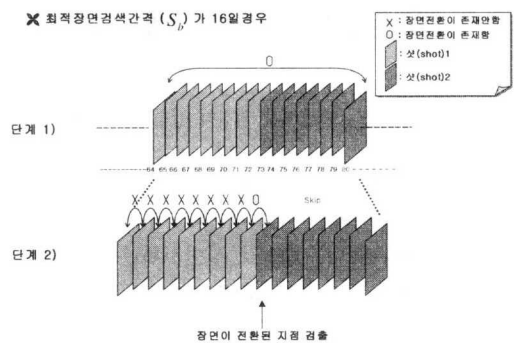


그림 7. S_b 구간내의 급진적 장면전환 검출

3. 점진적 장면전환 검출

점진적 장면전환은 한 장면에서 다른 장면으로 급진적으로 바뀌는 것이 아니라 한 영상이 서서히 없어지면서 다른 영상이 서서히 나타나는 것으로 dissolve, fade in and fade out 등과 같은 특수효과를 포함한다.

그림 8은 S_b 구간내의 점진적 장면전환 검출을 설명한다. 다른 두 샷이 73번째 프레임부터 78번째 프레임까지 점진적 장면전환이 존재할 경우 이를 검출하는 방법은 다음과 같다.

[단계 1] S_b 구간의 처음 64번째 프레임과 마지막 80번째 프레임을 비교하면 두 프레임은 샷 1과 샷 2의 장면이기 때문에 장면전환이 존재한다고 판단한다.

[단계 2] 급진적 장면전환검출과 같이 순차검색을 수행한다. 점진적 장면전환구간에서의 일련의 프레임들은 샷 1에서 샷 2로 점진적으로 변화하기 때문

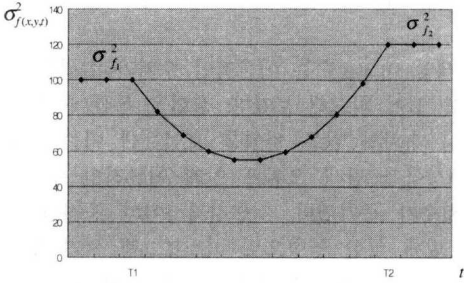


그림 10. 점진적 장면전환 구간 ($T_1 \leq t \leq T_2$) 내에서의 동영상의 분산

로 $f_1(x, y)$ 의 분산이 주어지고 $T_1 \leq t \leq T_2$ 구간에서는 fade out이 되는 $f_1(x, y)$ 의 분산이 점점 감소하고 fade in이 되는 $f_2(x, y)$ 의 분산이 증가함으로 두 영상의 분산의 가중치 합으로 나타나고 $t > T_2$ 구간에서는 $f_2(x, y)$ 의 분산으로 주어진다. 점진적 장면전환의 시작 및 마지막 프레임を検출하기 위해 식 (20)과 같이 미분의 절대값을 구하면 두 프레임에서의 미분 값이 가장 크게 나타난다.

$$\left| \frac{d}{dt} \sigma^2_{f(x,y,t)} \right| = \left| \frac{2}{T} [(\sigma^2_{f_1} + \sigma^2_{f_2}) \frac{t}{T} - \sigma^2_{f_1}] \right|$$

단, $T = (T_2 - T_1)$ (20)

그림 11은 식 (20)인 $\left| \frac{d}{dt} \sigma^2_{f(x,y,t)} \right|$ 를 그래프로 설명한 것으로 점진적 장면전환의 시작과 끝 프레임에서 $\left| \frac{d}{dt} \sigma^2_{f(x,y,t)} \right|$ 값이 크게 나타난다. 이 특성을 이용하여 임의 임계값을 적용하여 식 (21)과 같이 정의 할 수 있다.

$$\left| \frac{d}{dt} \sigma^2_{f(t)} \right| > Th_{dissolve} \quad Th_{dissolve} = \text{임계값} \quad (21)$$

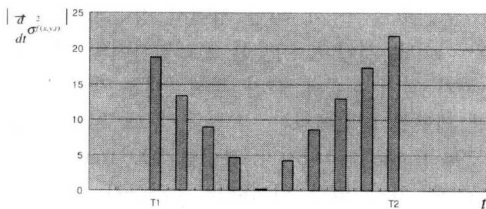


그림 11. 점진적 장면전환 구간 ($T_1 \leq t \leq T_2$)에서의 분산 함수의 미분의 절대값 $\left| \frac{d}{dt} \sigma^2_{f(x,y,t)} \right|$

그림 8의 [단계 3]에서 식 (21)를 이용해 임의 임계값 보다 큰 프레임을 검출하여 점진적 장면전환 구간의 처음 및 마지막프레임을 검출 할 수 있다.

5. 제안한 장면전환 검출 알고리즘

제안된 알고리즘은 동영상의 프레임 비교 횟수를 최소화하는 S_b 를 구하고 S_b 로 동영상을 분할하여 장면전환 검출을 한다. 본 논문에서 제안한 프레임 비교횟수를 최소화하는 고속 장면전환 알고리즘은 그림 12에 설명한다.

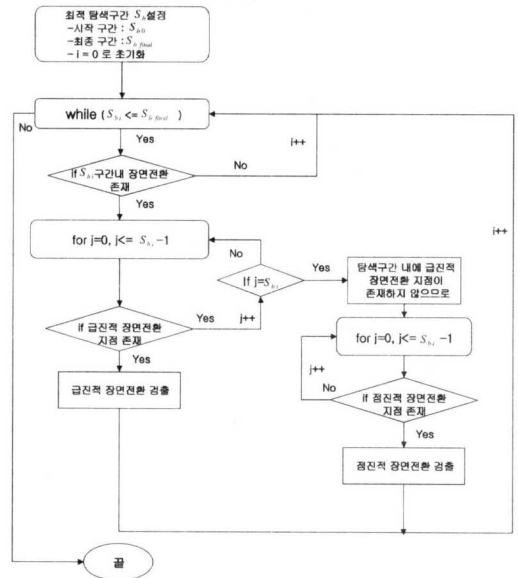


그림 12. 프레임 비교 횟수를 최소화 하는 고속 장면전환 검출 알고리즘

V. 실험 및 검토

1. 성능분석

동영상의 장면전환검출 성능을 알기 위해 일반적인 순차검색과 본 논문에서 제안한 비순차 장면전환검출 방법을 분석하였다. 성능 비교를 위해 윈도우2000 환경에서 Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였으며 실험대상 동영상은 MPEG으로 압축된 드라마(drama), 뉴스(news), 광고(commercials) 각 1편씩을 선정하였고 영상길이는 각 영상의 종류별 방영시간 특성을 고려하여 가장 보편적인 값으로 선정했다. 광고 동영상은 점진적 장면전환이 포함된 15초의 MPEG 광고영상을 사용하였고, 드라마는 5분, 뉴스의 경우 3분가량의 영상을 사용하였다. 장

면전환 검출 알고리즘에서 급진적 장면전환 검출은 히스토그램 차 이 값을 사용하고, 점진적 장면전환 검출은 분산을 사용하였다.

표 1은 점진적 장면전환이 포함된 드라마(Drama), 광고(Commercials), 뉴스(News) 동영상에 특성을 보인 것이다. 평균 장면전환 거리는 식 (3)을 이용하여 얻었고, 표본화 검색간격은 식 (11)을 이용하여 얻었다.

표 1. 실험 대상 동영상의 특성

		Drama	Commercials	News
총 프레임수 (m)		9932	440	5158
장면전환개수 (k)	급진적 (α)	60	8	31
	점진적 (β)	4	3	0
평균 장면전환 거리(d)		155	40	166
최적 검색간격(S_b)		16	6	18

표 2. 각 동영상들에 대한 급진적/점진적 장면전환 검출 결과 및 비교횟수 비교

검색방법		Drama		Commercials		News	
		순차	제안한 방법	순차	제안한 방법	순차	제안한 방법
급진적	검출	68	60	8	8	64	39
	미검출	0	0	0	0	1	1
	오검출	8	0	0	0	34	9
점진적	검출	0	6	0	4	0	0
	미검출	0	1	0	0	0	0
	오검출	0	2	0	1	0	0
비교횟수 (이론치)		9932	1258	440	136	5158	581
비교횟수 (실험치)		9932	2147	440	206	5158	1254

표 2는 순차검색과 제안한 검색방법과의 급진적 장면전환 검출과 점진적 장면전환 검출 결과 및 비교횟수 실험결과를 보인 것이다. 제안한 방법의 S_b 는 표 1의 값을 이용하였다. 먼저 순차검색 방법에서 급진적 장면전환 검출은 드라마 및 뉴스에서 움직임이 많거나 후레쉬 빛과 같은 급작스런 화면변화에 의해 오검출이 많이 검출이 되었지만 제안한 방법은 S_b 를 사용하여 이러한 오검출을 약 70% 정도 줄일 수 있었다.

점진적 장면전환 검출은 점진적 장면전환을 포함하고 있는 드라마와 광고영상에 대해 수행되었다. 결과에서 보듯이 점진적 장면전환구간을 잘 검출할 수 있었고 단, 검색간격사이의 움직임과 잡음에 의

한 탐색오류로 미검출 및 오검출이 발생하기도 했다.

프레임 비교횟수는 이론적인 수치와 실험을 통한 수치를 얻어 비교해 보았다. 실험을 통한 수치는 이론적인 수치와 많은 차이를 보였는데 이는 장면전환 예상구간 탐색 오류로 인해 이론적인 수치보다 비교횟수가 증가했다. 검출간격사이의 움직임과 후레쉬 빛에 의한 영향으로 히스토그램 차가 임계값을 넘어 잘못 판단된 경우 구간내 순차비교를 하기 때문에 비교횟수가 증가했다. 제안한 방법의 프레임 비교횟수가 순차검색에 비해선 약 80%정도의 개선을 보였다.

그림 13은 순차검색방법에서 발생한 미검출 장면으로 제안한 비순차 검색 방법에선 검출한 장면의 예이다. 이웃한 프레임간의 히스토그램 차가 적어 일정 임계값을 초과하지 않기 때문에 점진적으로 변화하는 프레임들은 순차검색시 장면전환 검출이 되지 않는다.

그러나 제안한 방법은 표본화 검색간격 S_b 가 16일 경우에 첫번째 영상인 64 frame과 마지막 영상인 80 frame의 히스토그램 차가 일정 임계값을 초과하기 때문에 장면전환이 존재하는 구간으로 예상하여 구간 내 순차검색을 수행하지만 급진적 장면전환을 찾지 못하므로 분산값을 이용한 순차검색을 통해 점진적 장면전환 구간을 검출할 수가 있었다.

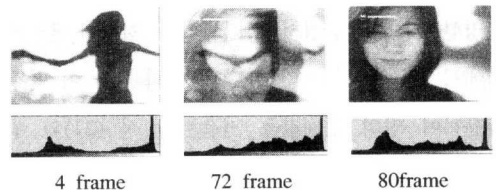


그림 13. 점진적 장면전환 검출

그림 14는 광고영상에서 표본화 검색간격 S_b 가 6일 경우에 움직임에 의한 점진적 장면으로의 오검출을 나타낸 것이다. 이웃한 프레임사이의 히스토그램 차가 적기 때문에 순차 검색시에는 검출되지 않지만 제안한 방법에서는 검색 구간 내 첫번째 영상인 294 frame 과 마지막 영상인 300 frame 의 히스토그램 차가 일정 임계값을 초과하기 때문에 장면전환이 존재하는 구간으로 예상할 수 있다. 그러나 움직임에 의한 영상은 점진적으로 변화하는 영상과 유사한 특성을 갖기 때문에 분산값을 이용하

여 순차검색시에는 점진적 장면전환으로 오검출을 보였다.

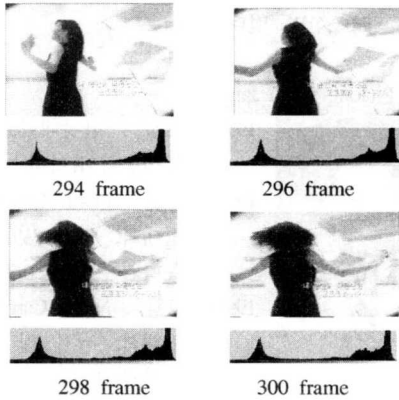


그림 14. 움직임으로 인해 제한한 알고리즘의 오검출

VI. 결론

본 논문에서는 장면전환 검출에 있어서 프레임 비교횟수를 최소화하여 계산량 및 검출속도를 향상시키는 S_b 를 수식을 통해 유도하였다. 순차검색 방법보다 프레임 비교횟수가 현저히 감소하여 검색 속도를 개선하였고, 급진적 장면전환 검출에 있어서는 기존의 움직임으로 인한 오 검출이 S_b 를 사용하여 현저히 개선되었다. 점진적 장면전환검출은 유사도 측정을 분산을 사용하여 검출 성능을 높일 수 있었다. 제안된 방법은 다양한 장면전환 알고리즘을 모두 적용할 수 있으며 일반적인 PC에서도 실시간으로 동작할 수 있어 내용기반 정보검색 시스템에 필요한 장면분할에 효율적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 제안된 비순차 검색 방법의 실용성과 신뢰성을 더욱 높이기 위하여 움직임 등에 의한 오 검출에 대해서 연구가 필요하다.

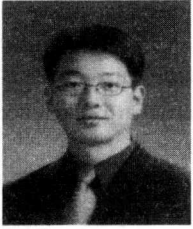
참 고 문 헌

[1] A. Nagasaka and Y. Tanaka, "Automatic Video Indexing and Full Motion Search for Object Appearance," Proc. of IFIP on Visual Database System, pp. 113-127, Sep. 1991.
 [2] 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
 [3] Xinying Wang, and Zhengke Weng, "Scene abrupt change detection, Electrical and Computer Engineering," 2000 Canadian Conference on, Vol 2, pp. 880-883, 2000
 [4] A. Hampapur, R. Jain, and T. Weymouth, "Production Model Based Digital Video Sequentionation," Multimedia Tools and Applications, Vol. 1, No. 1, pp. 9-46, Mar. 1995.
 [5] B. Shaharay, "Scene Chang Detection and Content-Based Sampling of Video Sequences," Proc. of SPIE, Vol. 2419, pp. 2-13, Feb. 1995.
 [6] H. J. Zhang, A. Kankanhalli and S. W. Smoliar, "Automatic partitioning of full-motion video, Proc. ACM Multimedia System," vol. 1, no, 1, pp. 10-28, 1993.
 [7] B. L. Yeo and B. Lie, "Rapid scene analysis on compressed video," IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology, vol. 5, no. 6, pp. 533-544, Dec. 1995
 [8] H. Zhang, C. Y. Low, and S. W. Smoliar, "Video parsing and browsing using compressed data," Multimedia Tools Applicat., vol. 1, pp.89-111, 1995
 [9] V. Kobla, D. S. Doermann, and K. I. Lin, "Archiving, indexing, and retrieval of video in the compressed domain," Proc. SPIE: Multimedia Storage and Archiving Systems, vol. 2916, pp. 78-89, 1996.
 [10] V. Kobla, and D. Doermann, "Extraction of features for indexing MPEG compressed video." IEEE First Workshop on Multimedia Signal Processing, pp. 337-342, 1997
 [11] S. W. Lee, Y. M. Kim and S. W. Choi "Fast Scene change Detection using Direct Feature Extraction from MPEG Compressed Videos," IEEE Trans. Multeimedia, vol. 2, no. 4, pp. 240-254, 2000
 [12] 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

김 신 형(Shin-Hyoung Kim)

학생회원



2001년 2월 : 배재대학교 정보통신공학과(학사)
2001년 3월~현재 : 배재대학교 정보통신공학과 석사과정

1994년~현재 : 배재대학교 정보통신공학부 부교수
2000년~현재 : 배재대학교 정보통신대학원 교학부장
<주관심 분야> 컴퓨터네트워크 성능분석, 광대역 정보통신망, 멀티미디어

<주관심 분야> 영상처리, 멀티미디어, 컴퓨터비전

장 증 환(Jong-Whan Jang)

정회원



1979년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(학사)
1986년 2월 : North Carolina 주립대학, 전기 및 컴퓨터공학과 (석사)
1990년 2월 : North Carolina 주립대학, 전기 및 컴퓨터공학과 (박사)

1990년~ 현재 : 배재대학교 공과대학 정보통신공학부 교수

1998년~현재 : 정보통신부 지정 정보통신창업지원센터 소장

2001년~현재 : 대덕밸리 실무 기획단 운영위원

2001년~현재 : 배재대학교 두뇌한국 (Brain Korea)21 사업단장

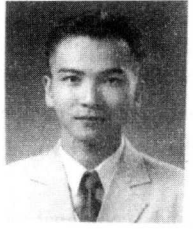
2001년~현재 : 대덕 IT 포럼 운영위원

2001년~현재 : 한국소프트웨어 진흥원 S/W산업 진흥 전문위원

<주관심 분야> 멀티미디어검색, 비디오편집

김 중 헌(Joong-Heon Kim)

학생회원

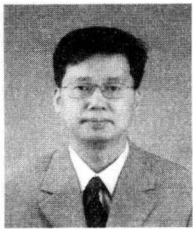


2000년 2월 : 배재대학교 정보통신공학과(학사)
2002년 2월 : 배재대학교 정보통신공학과(석사)
2002년 3월~현재 : 배재대학교 정보통신공학과 박사과정

<주관심 분야> 영상처리, 멀티미디어, 비디오편집

전 병 태(Byung-Tea Chun)

정회원



1986년 2월 : 한남대학교 전산과(학사)
1989년 8월 : 숭실대학교 전산과(석사)
2001년 2월 : 고려대학교 컴퓨터학과(박사)
1992년 5월 : IR52 장영실 상 수상(과기부 장관상)

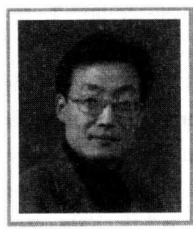
2001년 11월~현재 : 한국 소프트웨어 감정연구회 총무이사

1989년 9월~현재 : 한국전자통신연구원, 컴퓨터·소프트웨어 연구소 선임연구원 재직 중

<주관심 분야> 동영상 처리, 컴퓨터 비전, 멀티미디어 영상처리 등

박 두 영(Doo-Yeong Park)

정회원



1981년 2월 : 한양대학교 전자공학과(학사)
1987년 5월 : North Carolina 주립대학, 전기 및 컴퓨터공학과(석사)
1993년 8월 : North Carolina 주립대학, 전기 및 컴퓨터공학과(박사)