

논문 2009-46SP-4-4

확장 참조 구간의 히스토그램 평균값을 이용한 적응적인 장면 전환 검출 기법과 휴대용 멀티미디어 재생기에서의 구현

(Adaptive Shot Change Detection Technique Using Histogram Mean
within Extension Sliding Window and Its Implementation on Portable
Multimedia Player)

김 원 희*, 조 경 연**, 김 중 남**

(Won-Hee Kim, Gyeong-Yeon Cho, and Jong-Nam Kim)

요 약

장면 전환 검출 기술은 대용량 비디오 데이터의 효율적인 관리를 위한 주요 기술로서, 다양한 비디오 데이터에 적용하기 위한 적응적인 검출 알고리즘이 요구된다. 본 논문에서는 확장 참조 구간 동안의 프레임들의 히스토그램 평균값을 이용한 적응적인 장면 전환 검출 알고리즘을 제안한다. 제안하는 방법은 히스토그램을 이용해서 프레임들의 특징값을 계산하고, 확장 참조 구간 동안의 프레임들의 히스토그램 평균값을 이용해서 임계값을 정의하여 특징값과 임계값의 비교를 통해서 장면 전환 발생 여부를 판단한다. 동일한 비디오 데이터를 사용한 실험을 통해서 제안하는 방법이 기존의 방법들보다 검출 정확도에서 최대 15% 이상 향상되었음을 확인하였다. Homecast사의 TVUS HM-900 PLUS 모델의 휴대용 멀티미디어 재생기에서 제안하는 방법을 구현하여 PC보다 성능이 낮은 하드웨어 플랫폼에서도 실시간으로 장면 전환 검출이 동작하는 것을 확인하였다. 본 논문에서 제안하는 방법은 휴대용 미디어 재생 장치나 휴대 전화 등 비교적 낮은 하드웨어 플랫폼에서 유용하게 사용될 수 있다.

Abstract

A shot change detection technique is an important technique for effective management of video data, thus it requires an adaptive algorithm for various video sequences to detect an accurate shot change frames. In this paper, we propose an adaptive shot change detection algorithm using histogram mean of frames within extension sliding window. Our algorithm calculates a frame feature value using histogram and defines an adaptive threshold using an average of histogram mean of frames within the extension sliding window and determines a shot change by comparing the feature value and the threshold. We obtained better detection rate than the conventional methods maximally by 15% in the experiment with the same test sequence. We verified real-time operation of shot change detection in the hardware platform with low performance by implementing it on TVUS HM-900 PLUS model of Homecast. The proposed algorithm can be useful in the hardware platform such as portable multimedia player(PMP) or cellular phone with low CPU performance.

Keywords : Shot Change Detection, Adaptive Threshold, Extension Sliding Window, Real Time, PMP

I. 서 론

장면 전환 검출 기술은 비디오 데이터의 장면 변화가

발생하는 경계를 검출하는 기술이다^[1]. 여기서 장면의 정의는 카메라를 통한 녹화에서의 한 번의 물리적인 시작과 정지로 획득되는 프레임들의 집합으로 정의되며, 하나의 의미적인 단위의 프레임들의 집합으로 구분되어 지기도 한다^[2]. 장면 변화에는 연속되는 장면이 급격하게 변화하는 급진적인 변화와 서서히 변화하는 점진적인 변화로 구분된다^[3]. 급진적인 변화는 두 장면 사이의 단순한 연결로 구성되고, 점진적 변화는 두 장면 사이

* 학생회원, ** 정회원, 부경대학교 컴퓨터공학과
(Department of Computer Engineering, PuKyong
National University)

※ 본 연구는 부경대학교 기성회계 학술연구비사업으로 수행된 연구결과임.

접수일자: 2008년10월7일, 수정완료일: 2009년6월11일

의 일정한 프레임들이 영상처리 기술에 의해서 중복되어 있다. 장면 전환 검출 기술은 효과적인 비디오 데이터를 관리하기 위한 기반 기술로 사용되는데 비디오 데이터의 분할, 색인, 검색, 요약과 같은 작업을 수행하기 위해서 필수적으로 사용된다^[4].

장면 전환 검출 기술은 여러 분야에서 연구되어 왔지만, 다양한 영상으로부터 모두 좋은 검출을 해내는 영상에 적응적인 검출 방법에 대한 연구는 아직도 진행 중이다. 대부분의 알고리즘들은 임계값과의 비교를 통하여 장면 전환 발생의 유무를 판단하기 때문에 이 문제는 결국 임계값 설정의 정확성과 직결된다. 따라서 다양한 영상에서 정확한 장면 전환 검출이 가능한 최적의 알고리즘 연구가 필요하다. 다음으로 고려되어야 하는 사항은 실시간으로 장면 전환 검출이 가능해야 한다는 점이다. 웹이나 미디어 플레이어 소프트웨어, 휴대용 미디어 재생 장치 등 실제 응용 환경에서 사용되기 위해서는 대용량 비디오 데이터에 대해서 고속의 실시간 검출이 가능하도록 하는 가벼운 검출 알고리즘의 연구가 필요하다. 또 하나의 고려사항은 PC이외의 장치에서의 연구의 필요성이다. 현재 PC이외의 장치에서는 장면 전환 검출에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있다. PMP를 비롯한 휴대용 장치에서 미디어 재생을 지원하기 때문에 기술의 응용분야를 고려하여 PC 이외의 장치에서 장면 전환 검출 연구가 필요하다고 판단된다.

본 논문에서는 다양한 영상으로부터 강인하게 검출이 가능한 장면 전환 검출 알고리즘을 제안한다. 히스토그램을 이용해서 프레임의 특징값을 추출하고, 가변 참조 구간 동안의 히스토그램 평균을 이용해서 적응적인 임계값을 설정하고, 이 임계값이 장면 전환의 기준으로 적합한 것임을 검증하였다. 동일한 영상에 대한 실험을 통해서 기존의 방법들보다 검출 결과가 향상되었음을 검증하였고, PMP에서 구현하여 실시간 검출이 가능한 것을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존 장면 전환 검출 연구에 대하여 기술하고, III장에서는 제안하는 방법에 대하여 설명한다. IV장에서는 실험결과 및 분석을 기술하고, 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

다양한 분야에서 장면 전환 검출과 관련된 많은 연구

들이 존재한다. 본 장에서는 장면 전환 프레임의 특성을 측정하는 척도와 장면 전환 프레임을 판단하는 임계값에 대한 기존의 연구들을 알아본다. 아울러 기존 연구의 남아있는 문제점과 제안하는 방법의 연구 동기에 대하여 서술한다.

1. 장면 전환 검출을 위한 다양한 척도들

장면 전환 검출 알고리즘은 크게 공간 영역과 변환 영역, 두 가지 영역에서 연구로 분류할 수 있다^[5]. 공간 영역에서는 화소 기반의 방법, 블록 기반의 방법, 히스토그램 기반의 방법이 대표적이며 변환영역에서는 DC 계수 기반의 방법, 매크로블록 기반의 방법 등이 있다.

화소 기반의 방법으로 Zhang 등은 화소단위 비교법을 소개하였다^[6]. 화소단위 비교법은 연속되는 프레임에서 대응되는 화소의 밝기 차이를 이용해서 장면 전환 지점을 검출하는 방법이다. 계산량이 적고 구현이 간단하지만, 작은 영역에서의 큰 변화나 큰 영역에서의 작은 변화를 구별할 수 없는 단점이 있다^[7]. 카메라와 객체의 동작, 명암등에 매우 민감하게 반응하여 오검출의 발생 확률이 높다. 화소 기반의 다른 방법으로는 프레임의 분산값을 이용하는 방법도 사용되고 있다.

블록 기반의 방법은 카메라와 객체의 동작에 민감하지 않도록 지역적인 특성을 강조한 방법으로 Zhang 등이 제안한 유사율 비교법이 대표적이다. 유사율 비교법은 프레임 간에 대응되는 블록의 유사율을 계산하여 유사한 정도에 따라서 장면 전환 발생 유무를 결정하는 방법이다. Shahraray는 프레임을 12개의 겹치지 않는 블록으로 나눈 후에 명암 값을 이용하여 이전의 영상과 가장 잘 일치하는 블록을 찾는 방법을 제안하였다^[8]. Xiong 등은 영상의 일부 영역들만 계산하여 장면 경계를 검출하는 망 비교 방법과 시간과 공간정보를 활용한 단계변수 알고리즘을 소개하였다^[9]. 하지만 이 방법은 객체와 카메라의 움직임에 민감하게 반응하는 단점이 있다.

히스토그램 비교법은 현재까지도 장면 전환 검출에서 가장 일반적으로 사용되는 방법이다. Tonomura는 연속되는 두 프레임의 밝기 히스토그램의 차이의 합을 특정 임계값과 비교하여 장면 전환을 판단하는 방법을 소개하였다^[10]. Nagasaka 등은 두 프레임 사이의 차이값을 강조할 뿐만 아니라 카메라나 객체의 움직임을 강조할 수 있는 χ^2 검정 방법을 제안하였다^[11]. 이 방법은 기존의 히스토그램 방법에 비하여 검출 정확성이 낮고,

계산량이 많은 단점이 있다. Ueda 등은 컬러 히스토그램의 변화 비율을 이용한 장면 전환 검출 기술을 제안하였다^[12]. Gragi 등은 6개의 다른 컬러 좌표 시스템을 이용한 3개의 히스토그램 기반 방법의 성능을 비교하였다^[13]. 이외에도 지역적 χ^2 검정과 정규화를 이용한 장면 전환 검출 기술도 연구되었고, 누적 히스토그램 비교법, 블록 히스토그램 비교법, 히스토그램 교차법 등 히스토그램을 기반으로 하는 다양한 방법들이 연구되었다^[14].

변환 영역에서도 장면 전환을 판단하는 다양한 기법들이 연구되었는데 Meng 등은 DC 계수와 움직임 벡터의 분산을 이용해서 장면 변화를 분석하였다^[15]. Zhang 등은 P-픽처와 B-픽처의 유효 움직임 벡터의 수를 이용한 장면 전환 검출 기술을 제안하였고, Yeo 등은 DC 영상의 시퀀스를 이용해서 장면 전환을 분석하였다^[16]. 이런 접근 방법들은 연속된 프레임들의 DC 영상의 히스토그램의 차이 또는 화소 차이에 기반한 방법들이다. 위 방법들은 실제 저전력을 요구하는 하드웨어에 적용하기에는 적합하지 않다.

Fernando 등은 B-픽처의 매크로 블록 예측의 통계적 특성을 이용해서 장면 전환을 검출하는 알고리즘을 제안하였고^[17], Seong 등은 Fernando의 방법을 디지털 위성 수신기가 삽입된 하드디스크에 적용하였다^[18]. 이런 방법들은 I-픽처와 P-픽처로만 구성된 고품질 비디오 스트림에는 적용할 수 없는 단점이 있으며, 휴대용 기기에서 구현하기에는 여전히 어려움이 존재한다.

이 외에도 Sethi 등은 연속되는 I-픽처의 DC 계수의 밝기 히스토그램의 차이를 사용했다^[19]. 고속의 장면 검출이 가능하지만 정확도가 저하되는 단점이 있다. Kim 등은 MPEG 압축 영역에서 인트라 픽처의 축소 영상을 이용한 알고리즘을 PVR(personal video recorder)에 적용하였다^[20].

대부분의 기존 장면 전환 검출 알고리즘들은 검출율의 정확도를 강조하고 있다. 또한 대부분의 방법들이 충분한 시간이 보장되는 PC나 워크스테이션 환경에서 개발되었다. 반면 아직까지 PMP나 휴대폰과 같은 휴대용 장치에 적용하기 위한 실시간 장면 전환 검출 기술에 대한 연구는 거의 없다. 따라서 본 논문에서는 PMP와 같은 휴대용 장치에 적용하기 적합한 알고리즘을 개발하고 구현하는 것을 목표로 한다.

2. 임계값 설정을 위한 다양한 방법들

공간 및 변환 영역에서의 다양한 방법들로 측정된 프

레이미의 특성들은 임계값을 통해서 장면 전환 발생 유무를 판단한다. 따라서 적절한 임계값 설정이 장면 전환 검출 알고리즘의 우수성을 결정하게 된다. 일반적으로 장면 전환 검출에서의 임계값 설정 방법은 실험적 방법, 분석적 방법, 적응적 방법 등이 있다^[21].

실험적 방법은 임계값으로 임의의 값을 설정하여 검출을 실시하고 검출률에 따라서 임계값을 조절하여 다시 실험하는 것을 반복함으로써 최적의 임계값을 찾는 방법이다. 반복적 실험을 통해서 가장 정확한 검출 결과가 나타났을 경우에 임계값을 최적 임계값으로 설정할 수 있다. 하지만 이 방법은 입력 비디오 시퀀스에 따라서 다른 임계값을 설정해야하는 단점이 있으며, 많은 반복회수를 요구한다. 사용자의 개입이 필요하게 되므로 전 자동적인 장면 전환 검출 기술의 구현이 어렵고, 응용 환경에서의 활용도 힘들다^[22].

분석적 방법은 장면 전환 검출을 필요로 하는 비디오 전체 분량의 특성을 분석하여 그 정보로부터 임계값을 도출하는 방법이다. 입력 데이터의 특성에 따르므로 비교적 정확한 임계값을 설정할 수 있지만 사용자의 의도와는 무관하게 전체 비디오의 특성을 모두 분석해야 하므로 계산복잡도가 높다. 또한 전체 비디오를 2회 이상 반복하여 처리해야하므로 실시간 처리 환경에서의 사용이 어려운 단점이 있다^[23].

적응적 방법은 비디오 시퀀스의 지역적 특징으로부터 임계값을 설정하되 이 임계값은 비디오 데이터의 특성에 따라 변화하여 보다 정확하게 임계값을 설정하는 방법이다. 고정된 임계값을 사용하는 방법보다 정확하게 장면 전환 검출을 찾을 수 있고 설정방법에 따라서 실시간 처리에 응용될 수 있는 방법이다^[24].

적응적 임계값 설정 방법과 관련된 연구로 Cheng은 차분 히스토그램의 분산과 블록 기반의 히스토그램의 평균을 이용한 장면 전환 검출 방법을 제안했다^[25]. 일정 구간 내에서 분산값과 평균값 각각의 평균을 이용해서 장면 전환을 결정한다. Ko는 χ^2 검정을 이용하여 추출된 값들의 평균과 표준편차를 이용한 장면 전환 검출 방법을 제안했다^[26]. 표준편차가 가장 큰 값이 나올 때까지 이전 평균값보다 큰 프레임에 대해서 반복적으로 평균과 표준편차를 구하고 표준편차가 가장 큰 시점의 평균값을 적응적 임계값으로 한다. 이런 방법들은 PMP와 같은 휴대용 장치에 적용하기에는 계산량이 많으며 비교적 오검출 발생이 높은 단점이 있다.

III. 제안사항

앞서 언급한바와 같이 PMP와 같은 장치에서 장면 전환 검출을 위한 실시간 검출 알고리즘에 대한 연구는 거의 없다. 이를 위해서 제안하는 방법은 특징값 추출, 임계값 설정, 가중치 적용 등 3가지 문제에 초점을 맞춘다. 특징값으로는 공간 영역 기반의 방법 중에서 비교적 정확도가 높은 히스토그램의 평균값을 사용한다. 공간 영역의 방법으로 이용하는 것은 PMP의 소프트웨어들이 캡슐화 되어 있어서 부분적으로 디코딩된 스트림을 조작하기 어렵기 때문이다. 따라서 디코딩이 종료된 후 공간 영역에서 장면 전환 검출을 수행한다. 임계값은 가변 구간 동안의 히스토그램의 평균값을 이용해서 매 프레임 가변적으로 생성한다. 가중치는 임계값의 신뢰도를 높이기 위해서 사용되며, 프레임의 변화 비율에 따라 자동적으로 결정된다. 본 장에서는 제안하는 방법에 대해서 자세하게 기술하고 예제를 통한 설명을 추가한다.

1. 특징값, 임계값, 가중치 설정 방법

장면 전환 검출을 위해서는 특징값과 임계값이 필수적으로 요구된다. 특징값은 비디오 데이터에서 각 프레임의 특성을 나타내는 값이며, 임계값은 특징값을 판단하여 장면 전환 발생 유무를 결정하는 역할을 한다.

본 논문에서는 특징값으로 차분 히스토그램 평균값을 이용한다. 연속된 두 프레임의 차분 히스토그램의 차이를 구하고 이 차분 히스토그램으로부터 평균값을 구하는 과정을 식 (1)에 나타내었다.

$$MDH_i = \frac{\sum_{j=0}^{255} |H_i(j) - H_{i-1}(j)|}{256} \quad (1)$$

여기서 MDH_i 는 차분 히스토그램의 평균값, H_i 는 현재프레임의 히스토그램, H_{i-1} 은 이전프레임의 히스토그램을 의미한다. 일반적으로 MDH_i 의 값이 규정된 임계값보다 클 경우 장면 전환이 일어난 것으로 판정한다.

다음으로 고려되어야 하는 요소는 임계값이다. 임계값은 장면 전환 검출 기술에서 특징값들을 판단하여 장면 전환을 결정하는 역할을 한다. 따라서 적합한 임계값 설정이 정확한 장면 전환 검출 알고리즘을 결정하게 된다. 기존의 실험적 방법이나 분석적 방법은 영상의 변화에 강인하게 적용하지 못하며 계산복잡도가 높은

단점이 있다. 따라서 적응적인 임계값 설정이 요구된다.

적응적이면서 실시간으로 동작하는 임계값을 생성하기 위해서는 다음의 3가지 조건을 만족해야한다. 첫 번째는 모든 영상에 적용적으로 설정되어야 하는 것이다. 두 번째는 프레임의 재생과 동일한 순차성을 가져야 한다는 것이다. 세 번째는 계산을 위한 지연 시간이 없어야 한다는 것이다.

본 논문에서는 위의 3가지 조건을 만족하는 임계값 설정을 위해서 입력 영상 자체의 정보를 이용하고, 현재 프레임 이전의 일정 구간의 정보만 이용하며, 이미 계산되어진 값을 사용하는 적응적 임계값 설정 방법을 제안한다. 제안하는 임계값 설정 방법을 식 (2)를 통해서 나타내었다.

$$TH_i = \frac{\sum_{k=sf_p+1}^{sf_c-1} MDH_k}{sf_c - sf_p + 1} \times W_i \quad (2)$$

여기서 TH_i 는 적응적 임계값, sf_c 는 현재프레임, sf_p 는 이전의 장면 전환 프레임, W_i 는 임계값 가중치를 각각 나타낸다. 즉, 적응적 임계값 TH 는 이전의 장면 전환 프레임의 다음 프레임부터 현재 프레임의 이전 프레임까지의 MDH_k 값의 평균에 임계값 가중치 W_i 를 곱한 값으로 정의할 수 있다. 현재 프레임에서의 차분 히스토그램의 평균값 MDH_i 가 적응적 임계값 TH_{i-1} 보다 큰 경우에 장면 전환 프레임으로 판단한다.

여기서 W_i 의 역할이 중요한 것을 알 수 있다. 만약 가중치를 적용하지 않는다면, 즉 $W_i = 1$ 을 만족한다면 $TH \approx MDH$ 이 된다. 이런 현상은 TH 가 MDH 값들의 평균으로 이루어지기 때문에 발생한다. 이 결과 임계값과 특징값이 유사한 값을 가지기 때문에 오검출의 발생 빈도가 높아지게 되며, 결과적으로 TH_i 의 신뢰도가 낮아진다. 따라서 임계값의 신뢰도를 높이기 위해서 가중치가 사용된다.

본 논문에서는 176×144 크기의 프레임에서 히스토그램의 빈도수의 변화량을 이용한 가중치 설정 방법을 제안한다. 아래의 식 (3)과 (4)에서 이 방법을 이용한 가중치 결정식을 나타내었다.

$$NZM_i = \frac{\sum_{k=sf_p+1}^{sf_c-1} NZ_k}{sf_c - sf_p + 1} \quad (3)$$

$$W_i = 512 / NZM_i \quad (4)$$

여기서 NZM_i 는 가변 구간 동안의 NZ_k 의 평균값, NZ_k 는 k 번째 차분히스토그램에서 빈도수가 0이 아닌 빈의 개수를 각각 나타낸다. 즉, 임계값 가중치 W_i 는 차분히스토그램에서 변화가 발생하지 않은 빈들의 개수의 누적 평균을 512에 나누어준 값으로 정의할 수 있다. 여기서 512로 설정한 것은 하나의 히스토그램의 빈이 256개이고 한 번의 비교에서 두 개의 프레임의 히스토그램이 사용되기 때문이다. 이와 같은 가중치 결정을 통해서 적응적 임계값의 완전 자동적인 설정이 가능하며 추가적인 사용자의 개입은 요구되지 않는다.

2. 예제를 통한 제안한 방법의 설명

본 절에서는 예제를 통해서 제안한 방법을 설명한다. 그림 1에서는 비교 프레임에 따른 임계값 설정 방법을 나타내었다. 처음 두 프레임에서는 장면 전환 비교는 생략되고 임계값만 결정된다. 장면 전환이 발생하지 않는 경우 임계값은 누적되어 평균이 구해지고, 장면 전환 발생시 임계값은 초기화 된다. 프레임의 위에 표시된 선은 현재의 비교프레임들을 나타내고, 아래에 표시된 선은 참조 구간을 각각 나타낸다.

그림 2에서는 장면 전환이 발생할 때 그 참조 구간을 나타내었다. 제안한 방법은 장면 전환점을 찾기 위해서 참조할 특징값의 범위를 그 장면과 유사한 장면들로 제한할 수 있다(그림 2.a). 따라서 정확한 장면 전환 검출

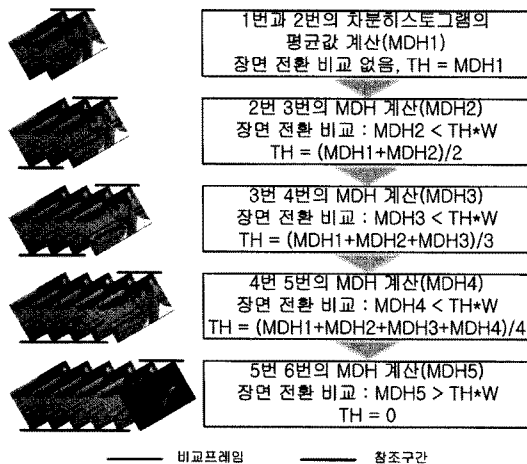
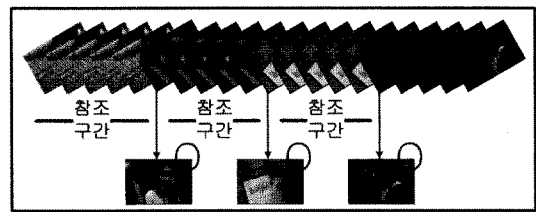


그림 1. 프레임 이동에 따른 임계값 설정 방법
Fig. 1. Threshold setting scheme according frame move.

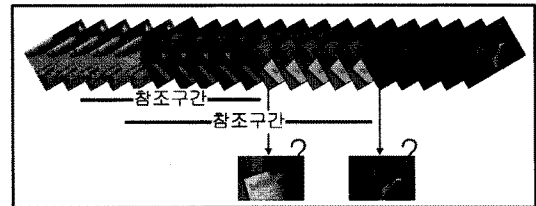
이 가능한 것이다. 반면 장면의 특성과 무관하게 일정한 길이만큼의 구간 참조를 하게 되면, 프레임들의 유사도가 손실되어 정확한 전환점 검출에 오히려 방해가 될 수 있다(그림 2.b).

그림 3에서는 가중치의 필요성과 역할을 나타내었다. 15개의 프레임의 실제 히스토그램 평균과 임계값으로부터 장면 전환 검출 비교를 수행하는 것을 나타내었다. 가중치를 적용하지 않을 경우 2, 4, 6, 9번 프레임에서 오검출이 나타나는 것을 알 수 있다(그림 3.a). 반면 가중치로 3을 곱해준 경우 실제 장면 전환 프레임을 정확하게 검출해 내는 것을 알 수 있다(그림 3.b).

장면 전환 비교 수행 (X) 장면 전환 비교 수행 생략 (□) 장면 전환 프레임 (■) 오검출 (■)



(a) 가변 참조 구간(variable reference block)



(b) 고정 참조 구간(fixed reference block)

그림 2. 참조 구간에 따른 장면 전환 검출 비교
Fig. 2. Comparison of shot change detection according reference block.

프레임	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MDH값	7	8	6	10	12	15	11	6	35	14	12	12	10	43	
TH	7	0	6	0	12	0	11	8.5	0	14	13	12.7	12	0	

(a) 가중치 적용(weighting not applied)

프레임	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MDH값	7	8	6	10	12	15	11	6	35	14	12	12	10	43	
TH*W	21	22.5	21	23.3	25.8	29	29.6	28.2	30.3	31.5	31.9	32.3	32.1	0	

(b) 가중치 적용(weighting applied)

그림 3. 임계값 가중치 필요성
Fig. 3. Necessity of threshold weighting factor.

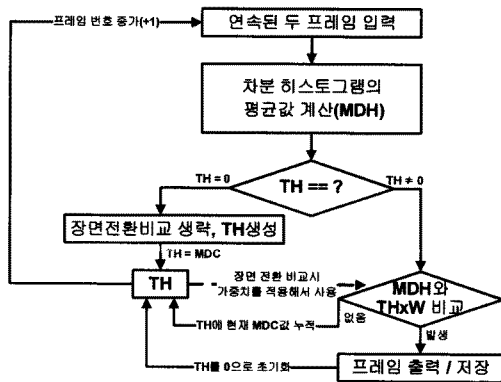


그림 4. 제안한 방법의 흐름도
Fig. 4. Flow of proposed method.

그림 4에서는 제안한 방법의 전체 흐름도를 나타내었다. 연속된 두 프레임의 입력으로부터 차분 히스토그램의 평균값을 계산하고, 이전 프레임까지 누적 평균값에 임계값 가중치 W 를 곱한 적응적 임계값 TH 와 비교하여 장면 전환을 판단한다. 장면 전환일 경우에는 해당 프레임을 저장 또는 출력하고 사용한 임계값을 초기화 시킨다. 장면 전환이 없을 경우에는 히스토그램의 평균값을 임계값 TH 에 누적해서 평균을 구한다. 장면 전환이 발생한 다음 입력 프레임은 장면 전환 비교를 생략하고 임계값만 생성한다. 이런 일련의 처리과정의 반복 수행을 통해서 장면 전환 검출을 수행한다.

IV. 실험 및 결과

1. 실험 환경 및 결과 분석

제안한 방법의 성능을 평가하기 위해서 CPU Core Duo 2.4GHz, RAM 2G의 PC에서 실험하였다. 장면 전환 검출 프로그램은 VC++ .net 7.1을 이용해서 구현하였고, 검출 결과와 육안으로 구분한 장면 전환 결과와의 비교는 MATLAB 7.3을 통해서 이루어졌다. 실험에 사용한 데이터는 4가지 장르의 10개 비디오 시퀀스를 이용하였다. 일반적으로 TV를 통해서 볼 수 있는 영상을 무작위로 선택하였으며 전체 영상 내에서 5분 동안의 시퀀스들을 추출하여 176×144 크기의 YUV(4:2:0) 포맷의 9000프레임 비디오 데이터를 생성하였다. 표 1에서는 실험에 사용된 영상의 종류와 각 영상별 장면 전환 개수를 나타내었고, 표 2에서는 급진적 장면 전환 개수와 점진적 장면 전환 개수의 구성을 나타내었다.

표 1. 실험에 사용된 영상의 종류와 장면 전환개수
Table 1. Video title and a number of shot change frame.

구분	제목(장면전환수)
드라마	편의전쟁(52), 프리즌브레이크(88), 커피프린스(93)
영화	프리덤라이터스(111), 복면달호(32), 올드미스다이어리(52)
뉴스	KBS뉴스(69), SBS뉴스추적(63)
쇼오락	무한도전(98), 개그콘서트(78)

표 2. 장면 전환 프레임의 유형과 분포
Table 2. A kinds and distribution of shot change frames.

구분	장면전환프레임	급진적전환	점진적전환
개수	736개	723개	13개
비율	100%	98.2%	1.8%

본 연구는 급진적 장면 전환 검출을 주요 목표로 한다. 일반적으로 점진적 장면 전환 검출을 위해서는 높은 계산복잡도가 요구되므로, PMP에서 실시간 장면 전환 검출 처리를 위해서 점진적 장면 전환 검출을 위한 별도의 처리는 수행하지 않는다.

제안한 방법의 성능 평가 척도로서 precision과 recall, F1을 사용하였다^[27]. Precision은 장면 전환 검출 알고리즘으로 처리된 비디오에서의 정확하게 검출된 장면의 수를 비율로 나타낸 것이며, recall은 실제 장면 전환 개수 중에서 정확하게 검출된 장면의 수를 비율로 나타낸 것이다. F1은 precision과 recall의 조화 평균(harmonic mean)을 의미하며, 각각을 다음의 식 (5)~(7)에 나타내었다.

$$precision = \frac{N_c}{N_c + N_f} \tag{5}$$

$$recall = \frac{N_c}{N_c + N_m} \tag{6}$$

$$F1 = \frac{2 \times precision \times recall}{precision + recall} \tag{7}$$

여기서 N_c 는 정확하게 검출한 장면 전환 개수, N_f 는 잘못 검출한 장면 전환 개수, N_m 은 검출하지 못한 장면 전환 개수를 각각 나타낸다. 표의 실험결과에서는 precision과 recall에 각각 100을 곱해서 나타내었다.

표 3에 나타나는 RS는 실제 장면전환수, FS는 검출한 장면전환수, CD는 정확하게 검출한 장면전환수, FD는 잘못 검출한 장면전환수, MD는 검출하지 못한 장면

표 3. 기존방법들과의 성능비교(실험 1)

Table 3. Performance comparison with conventional methods (experiment 1).

구 분	RS	FS	CD	FD	MD	P	R	F1	
T0	화소비교법 ^[4]	736	736	622	114	114	84.5	84.5	84.5
T1	유사율비교법 ^[4]	736	735	705	30	31	95.9	95.8	95.9
T2	MSE비교법 ^[6]	736	738	664	74	72	90.0	90.2	90.1
T3	히스토그램 ^[3]	736	734	686	48	50	93.5	93.2	93.3
T4	컬러히스토 ^[5]	736	733	707	26	25	96.5	96.6	96.5
T5	χ^2 테스트비교 ^[3]	736	737	704	33	32	95.5	95.7	95.6
T6	분산값비교법 ^[1]	736	733	648	85	88	88.4	88.0	88.2
T7	차분히스토그램 분산값비교 ^[13]	736	736	614	122	122	83.4	83.4	83.4
T8	차분프레임 분산값비교 ^[13]	736	736	640	96	96	87.0	87.0	87.0
T9	DC계수비교법 ^[7]	736	735	552	183	184	75.1	75.0	75.1
P1	제안방법	736	716	709	7	27	99.0	96.3	97.7

표 4. 적응적 임계값 방법들과의 성능비교(실험 2)

Table 4. Performance comparison with adaptive threshold based methods(experiment 2).

구 분	RS	FS	CD	FD	MD	P	R	F1	
A1	Cheng의 방법 ^[10]	736	806	694	112	42	86.1	94.3	90.0
A2	Ko의 방법 ^[11]	736	864	729	135	7	84.4	99.0	91.1
P1	제안방법	736	716	709	7	27	99.0	96.3	97.7

전환수, P는 precision, R은 recall을 각각 의미한다. 표의 수치는 10개의 영상에 대한 결과를 평균한 것이다.

본 논문에서 제안한 방법의 성능을 검증하기 위하여 4가지 실험을 수행하였다. 첫 번째 실험에서는 제안하는 방법과 전통적으로 사용되는 장면 전환 검출 알고리즘들(T0~T9)을 비교하였다. 전통적인 알고리즘들은 고정 임계값을 사용하였고, 반복적인 실험을 통해서 최적의 결과를 구현하였다. 표 3에서는 첫 번째 실험 결과를 나타내었다. 비교방법에 따라 차이는 있지만 precision에서 2.5~23.9%, recall에서 0.6~21.3%, F1에서 1.2~22.6% 향상된 것을 알 수 있다. 실험결과 고정된 임계값을 사용한 기존의 알고리즘들보다 효과적인 검출방법임을 검증하였다. 참고로 제안한 방법은 비교 방법 중에 가장 우수한 T4의 경우보다 계산량 관점에서 60%이상 감소되었다.

두 번째 실험에서는 제안하는 방법과 적응적인 임계값을 사용하는 방법들(A1~A2)을 비교하였고, 결과를 표 4에서 나타내고 있다. 비교방법들은 recall에서 비교적 높은 결과가 나왔지만 precision이 현저히 떨어진다.

표 5. 고정 참조 구간 방법들과의 성능비교(실험 3)

Table 5. Performance comparison with fixed reference block based methods(experiment 3).

구 분	RS	FS	CD	FD	MD	P	R	F1	
F1	히스토그램 ^[3]	736	722	689	31	45	95.7	93.9	94.8
F2	컬러히스토 ^[5]	736	695	670	23	64	96.7	91.3	93.9
P1	제안방법	736	716	709	7	27	99.0	96.3	97.7

표 6. 계산량 및 실행시간 비교(실험 4)

Table 6. Computation complexity and run-time comparison (experiment 4).

구 분	추정계산량(%)	실행시간(s)
제안방법	100	27
화소비교법	89	23
히스토그램	94	25
분산값비교법	98	26
컬러히스토그램	370	102
Cheng의 방법	130	31
Ko의 방법	110	28

종합적인 검출결과인 F1을 비교하면 제안한 방법이 6.6%이상 향상되어 효과적인 검출을 수행하는 것을 알 수 있다. 또한 비교방법들은 실시간 처리가 불가능한 단점이 있으며, 제안한 방법보다 많은 처리시간을 필요로 한다.

세 번째 실험에서는 제안하는 방법과 고정적인 구간 참조를 사용한 방법들(F1~F2)을 비교하였다. 고정 참조 구간은 120프레임을 사용하였다. 120프레임은 실험에 사용된 전체 영상의 평균 장면 전환 검출 구간으로 계산된 값이다. 표 5에서는 세 번째 실험 결과를 나타내었다. 비교 방법에 따라 차이는 있지만 제안한 방법이 precision에서 2.3~3.3%, recall에서 2.1~5.0%, F1에서 2.9~3.8% 향상되었다. 가변적인 참조 구간이 고정 길이의 참조 보다 효과적으로 장면을 검출하는 것을 알 수 있다. 고정적인 구간 참조를 사용하는 방법들의 경우 참조 구간 길이의 결정 방법, 시작프레임부터 참조 길이를 만족할 프레임까지의 예외 처리 등 선결되어야 할 문제점들이 있다.

네 번째 실험에서는 제안하는 방법과 기본 방법들간의 계산복잡도를 비교하였다. 표 6에서 실험결과로 계산량과 실행시간을 각각 나타내었다. 실행시간은 PC에서 장면 검출에 걸리는 시간을 CPU 시간으로 추정하였고, 계산량은 배열의 크기와 연산회수 및 분기문의 사용여부를 이용해서 추정하였다. 비교방법 중에서 가장 좋은 성능을 보이는 컬러히스토그램 비교법의 경우에

제안한 방법보다 3.5배 이상 많은 연산시간이 소요되는 것을 알 수 있다. 하지만 검출률에서는 제안 방법보다 오히려 낮은 것을 알 수 있다. 또한 기존의 적응적 임계값 설정 방법들 보다는 연산 시간이 적으면서도 더 좋은 검출결과를 보였다. 화소비교나 히스토그램비교법, 분산값비교법의 경우에는 제안 방법과 비슷한 수준 또는 약간의 시간 소모가 적지만 검출률은 제안 방법보다 현저하게 낮은 것을 알 수 있었다.

제안한 방법의 성능을 3가지 실험을 통해서 검증하였다. 실험결과를 종합하면 고정 임계값을 사용하여 최적의 결과를 보인 알고리즘들(실험1) 보다도 향상된 결과를 얻었으며, 적응적인 임계값을 사용한 방법들(실험2) 보다 정확한 장면 전환 검출 방법을 검증했다. 고정 참조를 이용한 방법들(실험3) 보다 참조 구간이 신뢰적임을 확인할 수 있었다. 또한 이외에 계산복잡도비교(실험4)를 통해서 제안한 방법이 기존의 방법들보다 검출률이 높으면서도 계산시간이 더 적게 소요된다는 것을 알 수 있었다.

결과적으로 제안한 방법은 비디오 데이터의 장면 전환 검출에 효과적으로 적용될 수 있다. 실험 환경과 동일한 제약 조건에서는 추가적인 사용자의 개입이 필요 없이 완전 자동적으로 동작할 수 있는 알고리즘이다.

2. 제안한 방법의 PMP에서 구현

본 논문에서는 제안한 방법을 PMP에 적용하여 실시간 장면 전환 검출이 가능한 것을 검증하였다.

PMP에서는 PC 환경에서의 실험과는 달리 모든 알고리즘을 테스트하는 것은 상당히 힘든 일이다. 개발이 완료되어 상품화된 제품에 대해서, 개발자가 아닌 연구자에 의한 소스 코드 수정이나 새로운 기능 추가는 상당히 어려운 작업이다. 기존에 내장된 기능을 방해하지 않으면서 기능 추가나 코드 수정을 하는 것은 오랜 개발 기간을 요구한다. 또한 프레임 버퍼나 메모리 사용 등 개발에 있어서 제한적인 사항들이 많다. 따라서 본 연구에서는 PC에서의 실험을 통해서 구현에 가장 적합한 방법을 선별하였으며, 제안한 방법이 기존의 방법들과 비교하여 PMP에서의 구현이 가장 적합함을 실험을 통해서 확인하였다. 실험 결과를 분석하면, 컬러히스토그램(T4)의 경우 연산량이 너무 많아서 실시간 처리에는 부적절하며, 표 3에 나타난 고정 임계값 기반의 방법들은 임계값의 수정을 요구하기 때문에 임계값 설정의 자동성을 만족해야하는 PMP와 같은 장치에서는 사

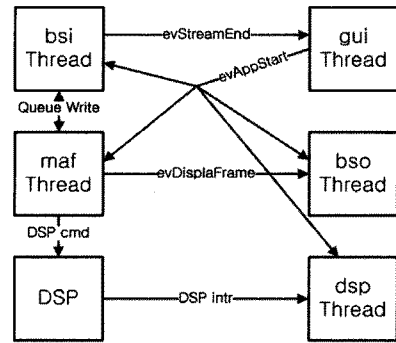


그림 5. PMP의 다섯 개 내부 스레드

Fig. 5. Five internal threads of a PMP from Homecast.

용할 수 없다. 표 4에서 사용된 적응적 임계값 기반의 방법은 전체 비디오 데이터의 특징 정보들을 필요로 하기 때문에 실시간 처리에서의 사용이 힘들다. 반면 제안하는 방법의 경우에는 계산량이 기존의 방법들 중에서 가장 작은 계산복잡도를 가지는 화소비교법(T0)의 1.1~1.2배 수준으로 계산량이 작고, 적응적 임계값 설정을 통해서 임계값의 자동적인 생성이 가능하다. 또한 기존의 방법과 다르게 참조 구간의 특징 정보만을 필요로 하기 때문에 이전 장면 전환 이후의 프레임 특징값 정보만 있으면 장면 전환 판단이 가능하다. 따라서 제안한 방법은 실제 PMP에 적용해서 실시간 처리가 가능하다고 판단하였다.

구현에 사용된 PMP는 Homecast사의 TVUS HM-900 PLUS 모델이다. 중앙처리장치는 Texas Instrument사의 DM320으로서 100Mhz의 DSP를 내장하고 있고, 내부적으로 5개의 스레드(Gui, Bsi, Bso, Maf, Dsp) 간의 이벤트 처리를 통해서 비디오 데이터 처리가 이루어진다. GUI는 PMP에서 버튼 조작이 있을 경우 그 조작에 대한 핸들과 미디어 파일을 불러올 때 시작 이벤트를 BSI, BSO, MAF에 각각 보내어 동작의 시작을 알린다. BSI는 GUI에서 시작된 이벤트가 지시하는 동작에 따라서 비디오의 프레임 정보를 MAF에 전달하고 MAF는 DSP를 이용하여 동영상을 디코딩하여 공유 버퍼에 저장한다. 이 때 저장되어 있는 비디오 프레임의 영상형태는 YCbCr(4:2:2)의 형태로 저장되어 있고, BSO는 저장된 비디오 프레임을 RGB의 형태로 변환하여 재생 가능하도록 만들어 준다. 그림 5에서는 위에서 설명한 5개의 스레드간의 이벤트 처리에 대한 흐름을 나타내었다.

PMP에서의 장면 전환 검출 기능을 추가하기 위해서



그림 6. 구현에 사용된 PMP(TVUS HM-900 PLUS)
Fig. 6. PMP used on implementation(TVUS HM-900 PLUS).



그림 7. PMP에서 장면 전환 검출 결과
Fig. 7. Results of shot change detection on a PMP.

WinCE5.0 운영체제에서 Embedded Visual C++ 4.0을 통해서 구현하였다. 그림 6에서는 실험에 사용된 PMP의 실제 사진을 나타내었다. 제안한 방법의 기존의 이벤트 처리와 동일한 순서로 버튼 입력 및 결과를 출력하며 장면 전환 검출 알고리즘은 MAF에서 대부분 구현되었다.

제안한 방법을 실제 PMP에 구현해본 결과 주관적으로 확인되는 오검출은 거의 발생되지 않았다. 장면 전환 검출과정에서 프레임 비교로 발생하는 지연도 없었으며 버퍼링을 비롯하여 재생에 지장을 주는 요소들은 없었다. 실제로 전체 비디오를 장면 검출하는 과정은 검사를 시작하는 과정에서의 1프레임 지연 발생이 전부였다. 따라서 제안한 방법이 실제 PMP에서 잘 구현되었음을 검증할 수 있었고 검출 결과도 PC에서의 실험과 거의 일치하는 것을 알 수 있었다. 그림 7에서는 실제 PMP를 이용해서 장면 전환 검출을 실시한 예를 나타내었다.

V. 결 론

본 논문에서는 다양한 영상에 대해서 정확하게 장면 전환을 검출하며 실제 하드웨어 장치에서도 실시간으로 동작하는 장면 전환 검출 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법은 히스토그램을 이용하여 프레임의 특징값을 추출하고, 가변 참조 구간 동안의 히스토그램 평균값을

이용하여 적응적 임계값을 정의한다. 그리고 특징값과 임계값의 비교를 통해서 장면 전환 유무를 판단한다. 제안한 방법은 동일한 영상에 대한 실험을 통해서 기존의 방법들보다 precision에서 2.5~23.9%, recall에서 0.6~21.3%, F1에서 1.2~22.6% 향상되었음을 확인하였다. Homecat사의 TVUS HM-900 PLUS 모델의 PMP에서 제안하는 방법을 구현하여 PC보다 성능이 낮은 하드웨어 플랫폼에서 실시간 장면 전환 검출이 가능한 것을 검증하였다. 제안한 방법은 휴대용 미디어 장치와 휴대전화 등 다양한 하드웨어 플랫폼에서 유용하게 사용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] C. Cotsaces, N. Nikolaidis, and I. Pitas, "Video shot detection and condensed representation," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 23, pp. 28-37, 2006.
- [2] S. W. Smoliar and H. J. Zhang, "Content-based video indexing and retrieval," *IEEE Multimedia*, Vol. 1, No. 2, pp. 62-72, 2006.
- [3] J. Yu and M. D. Srinath, "An efficient method for scene cut detection," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 22, pp. 1379-1391, 2001.
- [4] J. Bescos, G. Cisneros, J. M. Menendez, and J. Cabrera, "A unified model for techniques on video-shot transition detection," *IEEE transaction on Multimedia*, Vol. 7, pp. 293-307, 2005.
- [5] U. Gargi, R. Kasturi, and S. H. Strayer, "Performance characterization of video-shot-change detection methods," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 1-13, 2000.
- [6] H. J. Zhang, A. Kankamhalli, and S. W. Smoliar, *Automatic partitioning of full-motion video*, ACM Multimedia Systems, New York, 1993.
- [7] A. Hampapur, R. Jain, and T. Weymouth, "Digital video segmentation," *Proc. ACM Multimedia 94*, pp. 357-364, 1994.
- [8] B. Shahraray, "Scene change detection and content-based sampling of video sequences," *Proc. in Digital Video Compression: Algorithms and Technologies*, Vol. SPIE-2419, pp. 2-13, 1995.
- [9] J. C. M. Lee, Q. Li, and W. Xiong, "Automotive and dynamic video manipulation," *Research and Development in Information Retrieval*, 1998.
- [10] Y. Tonomura, "Video handing based on

- structured information for hypermedia system," Proc. ACM International Conference Multimedia Information Systems, pp. 333-344, 1991.
- [11] A. Nagasaka and Y. Tanaka, "Automatic video indexing and full video search for object appearances," Proceedings of the IFIP TC2/WG 2.6 Second Working Conference on Visual Database Systems II, pp. 113-127, 1991.
- [12] H. Ueda, T. Miyatake, and S. Yoshizawa, "ImPACT: An interactive natural-motion-picture dedicated multimedia authoring system," in Proceedings of CHI, pp. 343-350, 1991.
- [13] U. Gargi, R. Kasturi, and S. Antani, "Evaluation of video sequence indexing and hierarchical video indexing," in Proc. SPIE Conf. Storage and Retrieval in Image and Video Databases, pp. 1522-1530, 1995.
- [14] S. Y. Shin, G. R. Sheng, and K. H. Park, "A scene change detection scheme using local x2-test on telematics," International Conference on Hybrid Information Technology, Vol. 1, pp. 588-592, 2006.
- [15] J. Meng, Y. Juan, and S. F. Chang, "Scene change detection in a MPEG compressed video sequence," Digital Video Compression: Algorithms and Technologies, Vol. SPIE-2419, pp. 14-25, 1995.
- [16] B. Yeo and B. Liu, "Rapid scene analysis on compressed video," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 5, No. 6, pp. 533-540, 1995.
- [17] W. A. C. Fernando, C. N. Canagarajah, and D. R. Bull, "Scene change detection algorithms for content-based video indexing and retrieval," Electronics and Communication Journal, Vol. 13, No. 3, pp. 117-126, 2001.
- [18] Y. K. Seong, Y. Choi, J. Park, and T. Choi, "A hard disk drive embedded digital satellite receiver with scene change detector for video indexing," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 48, No. 3, pp. 776-782, 2002.
- [19] I. K. Sethi and N. Patal, "A statistical approach to scene change detection," Storage and Retrieval for Image and Video Databases III, Vol. SPIE-2420, pp. 329-338, 1995.
- [20] J. R. Kim, S. J. Suh, and S. H. Sull, "Fast scene change detection for personal video recorder," IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol. 49, pp. 683-688, 2003.
- [21] M. Zhi and A. N. Cai, "Shot change detection with adaptive thresholds," VLSI Design and Video Technology 2005 IEEE International Workshop on, pp. 147-149, 2005.
- [22] T. Lu and P.N. Suganthan, "An adaptive cumulation algorithm for video shot detection," Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing 2001 International Symposium on, pp. 296-299, 2001.
- [23] H. Li, G. Liu, Z. Zhang, and Y. Li, "Adaptive scene-detection algorithm for VBR video stream," Multimedia IEEE Transactions on, Vol. 6, pp. 624-633, 2004.
- [24] S. K. Lee and M. H. Hayes, "Scene change detection using adaptive threshold and sub-macroblock images in compressed sequences," ICME 2001 IEEE International Conference on, pp. 52-55, 2001.
- [25] Y. Cheng, X. Yang, and D. Xu, "A method for shot boundary detection with automatic threshold," Proceedings of IEEE TENCON, Vol. 1, pp. 582-585, 2002.
- [26] K. C. Ko and Y. W. Rhee, "Video segmentation using the automated threshold decision algorithm," KSCI Journal, Vol. 10, No. 6, pp. 65-73, 2005.
- [27] G. Boccignone, A. Chinaese, V. Moscato, and A. Picariello, "Foveated shot detection for video segmentation," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 15, pp. 365-377, 2005.

저 자 소 개



김 원 희(학생회원)
 2007년 부경대학교 전자컴퓨터
 정보통신공학부
 학사 졸업.
 2009년 부경대학교 컴퓨터공학과
 대학원 석사 졸업.
 2009년 현재 부경대학교 컴퓨터
 공학과 대학원 박사과정
 재학중.

<주관심분야 : 디지털영상처리, 콘텐츠보안 등>



조 경 연(정회원)
 1990년 인하대학교 전자공학과
 박사 졸업.
 1983년~1991년 삼보컴퓨터 기술
 연구소 책임연구원
 1991년~현재 부경대학교
 전자컴퓨터정보통신
 공학부 교수.

1991년~2001년 삼보컴퓨터 기술연구소
 비상임 기술고문

1998년~현재 에이디칩스 사외이사 겸 비상임
 기술고문

<주관심분야 : 전산기구조, 반도체회로설계, 암호
알고리즘>



김 종 남(정회원)
 1995년 금오공과대학교
 전자공학과 학사 졸업.
 1997년 광주과학기술원 정보통신
 공학과 석사 졸업.
 2001년 광주과학기술원
 기전공학과 박사 졸업.

2001년~2004년 KBS 기술연구소 선임연구원

2003년~현재 (주)홈캐스트 사외이사

2004년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신
 공학부 조교수

<주관심분야 : 영상신호처리, 멀티미디어보안>