

# 특이값 분해와 점증적 클러스터링을 이용한 뉴스 비디오 샷 경계 탐지

## (News Video Shot Boundary Detection using Singular Value Decomposition and Incremental Clustering)

이 한 성 <sup>†</sup>    임 영 희 <sup>\*\*</sup>    박 대 희 <sup>\*\*\*</sup>    이 성 환 <sup>\*\*\*\*</sup>  
(Hansung Lee)    (Younghee Im)    (Daihee Park)    (Seong-Whan Lee)

**요약** 본 논문에서는 뉴스 기사 분할 관점에서, 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘의 특성을 고려한 다음과 같은 설계 기준을 제시하고, 이를 모두 만족하는 새로운 샷 경계 탐지 알고리즘을 제안하고자 한다. 1) 뉴스 비디오 샷 경계 탐지의 재현율을 높임으로써, 앵커 샷 탐지 단계에서 입력으로 사용될 데이터의 오류를 최소화한다; 2) 급격한 장면 변화와 점증적 장면 변화를 하나의 알고리즘으로 탐지함으로써 한번의 데이터 탐색으로 샷 분할을 수행한다; 3) 분할된 샷들을 정적 샷과 동적 샷으로 분류함으로써 앵커 샷 탐지 단계의 탐색 공간을 축소한다. 제안된 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘은 특이값 분해를 기반으로 점증적 클러스터링 알고리즘과 머서 커널을 결합한 구조로서, 위에서 제시한 기준을 모두 만족하도록 설계되었다. 제안된 방법론은 특이값 분해를 통해 특징 벡터의 차원축소 뿐만 아니라, 뉴스 비디오를 구성하는 연속적인 프레임에서의 잡음과 아주 작은 변화를 제거함으로써 분류 성능을 높일 수 있다. 또한 머서 커널의 도입은 쉽게 분류되지 않는 데이터를 고차원 공간으로 매핑함으로써 구분하기 어려운 샷 경계의 탐지 가능성을 높여준다. 실험을 통하여 제안된 방법론이 매우 높은 재현율을 보이며, 앵커 샷 탐지를 위한 탐색 공간 축소를 효과적으로 수행함을 보인다.

**키워드** : 샷 경계 탐지, 뉴스 비디오 파싱, 특이값 분해, 점증적 클러스터링

**Abstract** In this paper, we propose a new shot boundary detection method which is optimized for news video story parsing. This new news shot boundary detection method was designed to satisfy all the following requirements: 1) minimizing the incorrect data in dataset for anchor shot detection by improving the recall ratio 2) detecting abrupt cuts and gradual transitions with one single algorithm so as to divide news video into shots with one scan of dataset; 3) classifying shots into static or dynamic, therefore, reducing the search space for the subsequent stage of anchor shot detection. The proposed method, based on singular value decomposition with incremental clustering and mercer kernel, has additional desirable features. Applying singular value decomposition, the noise or trivial variations in the video sequence are removed. Therefore, the separability is improved. Mercer kernel improves the possibility of detection of shots which is not separable in input space by mapping data to high dimensional feature space. The experimental results illustrated the superiority of the proposed method with respect to recall criteria and search space reduction for anchor shot detection.

**Key words** : shot boundary detection, news video parsing, mercer kernel, singular value decomposition, adaptive resonance theory

· 이 연구에 참여한 연구자는 "2단계 BK21 사업"의 지원을 받았음

<sup>†</sup> 정 회 원 : 고려대학교 컴퓨터통신공학부 박사후연구원  
mohan@korea.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 정 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 강사  
yheim@korea.ac.kr

<sup>\*\*\*</sup> 정 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 교수  
dhpark@korea.ac.kr

<sup>\*\*\*\*</sup> 종신회원 : 고려대학교 컴퓨터.통신공학부 교수  
swlee@image.korea.ac.kr  
(Corresponding author)

논문접수 : 2008년 10월 6일

심사완료 : 2008년 11월 21일

Copyright©2009 한국정보과학회: 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제36권 제2호(2009.2)

## 1. 서 론

최근 들어 멀티미디어 및 컴퓨터 통신 기술이 급격히 발달함에 따라 디지털 비디오가 점차 중요한 정보 자원으로 여겨지고 있으며, 비디오 정보의 활용 역시 폭발적으로 증가하고 있다. 특히 뉴스 비디오는 사회, 문화, 정치, 경제 등의 다양하고 풍부한 정보를 내포하고 있으므로, 이를 효과적으로 관리하고 검색하기 위한 뉴스 비디오 데이터베이스의 필요성이 대두되고 있다[1]. 뉴스 비디오를 효과적으로 색인화하고 검색하기 위한 가장 중요한 과정은 뉴스 비디오를 기사 단위로 나누는 뉴스 비디오 기사 분할이다. 뉴스 비디오 기사 분할은 일반적으로 샷 경계 탐지(shot boundary detection), 앵커 샷 탐지(anchor shot detection), 그리고 뉴스 기사 경계 탐지(news story boundary detection)의 세 단계로 구성된다[2-6]. 뉴스 비디오 기사 분할 시스템의 전체적인 성능은 각 단계의 알고리즘 성능에 크게 영향을 받으며, 그 중에서도 샷 경계 탐지는 앵커 샷 탐지와 뉴스 기사 경계 탐지의 결과에 직접적인 영향을 미치는 중요한 구성요소이다. 샷 경계 탐지는 비디오의 샷과 샷 사이의 장면 변환의 경계를 탐지하여 비디오를 샷들로 분할하는 과정으로서, 샷 경계 탐지 단계에서 탐지되지 못한 샷들은 다음 단계인 앵커 샷 탐지 단계에 부정적인 영향을 주게 되고, 결과적으로 뉴스 기사의 정확한 탐지를 어렵게 한다.

본 논문에서는 뉴스 비디오 기사 분할 관점에서 최적화 되어 있는 샷 경계 탐지 알고리즘을 제안하고자 한다. 비디오에서 샷과 샷 사이의 변환은 크게 급격한 장면 변환(abrupt cut)과 점진적 장면 변환(gradual transition)으로 분류되며, 점진적 장면 변환은 다시 페이드인, 페이드아웃, 디졸브로 세분화된다[7]. 반면 장면 변환과는 별개로, 분할된 샷들은 앵커 샷이나 일기예보 샷처럼 움직임 및 변화가 거의 없는 정적 샷과 카메라 효과 및 움직이는 객체 등과 같이 변화를 많이 포함하는 동적 샷으로 구분할 수 있다[8].

최근의 문헌 조사에 따르면 비디오의 샷 경계를 탐지하기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 그러나 대부분의 연구들이 일반적인 비디오를 대상으로 샷 경계 탐지 방법을 제안하고 있으며, 뉴스 비디오 기사 분할 관점에서의 샷 경계 탐지에 대한 연구는 매우 적다[9-16]. 또한 많은 연구 결과들에서 급격한 장면 변환과 점진적 장면 변환을 위한 탐지 모델을 각각 따로 정의하고 있으며, 이런 경우 특정 선택 및 변수 설정을 모델별로 수행해야 한다[10-12]. 따라서 급격한 장면 변환과 점진적 장면 변환 탐지를 위해 데이터를 두 번 탐색해야 하는 문제점을 가지고 있다. 그러나 하나의 알고리즘을 이용하여 모든 종류의 샷 경계를 탐지하는 것은 여전히 어

려운 문제로 남아있다[9]. Z. Cernekova 등은 급격한 장면 변환은 상호 정보(mutual information)를 이용하여 탐지하고, 페이드인과 페이드아웃을 포함하는 점진적 장면 변환 탐지에는 결합 엔트로피를 사용하는 방법을 제안하였다[10]. X. Ling 등은 SVM을 이용한 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘을 제안하였다[11]. 급격한 장면 변환을 먼저 탐지하고 그 결과를 기반으로 점진적 장면 변환을 탐지하는 구조를 가지고 있다. M. Cooper 등은 샷 경계 탐지를 위해 유사도 비교와 커널 상관관계(kernel correlation)를 이용한 특정 선택과 kNN 알고리즘을 계층적으로 배열한 분류 모델을 제안했다[12]. 첫 단계에서 급격한 장면 변환과 나머지 프레임들을 분류하고, 두 번째 단계에서 점진적 장면 변환과 일반 프레임들을 분류하였다. X. Gao 등은 뉴스 비디오 기사 분할을 위한 샷 경계 탐지 알고리즘과 앵커 샷 탐지 알고리즘을 제안하였다[17]. 이들의 알고리즘은 퍼지 클러스터링을 통해 샷 경계 탐지를 수행하고, 그래프 클러스터링을 이용하여 앵커 샷을 탐지하는 구조이다. 이상의 문헌 조사를 정리하면, 샷 경계 탐지에 대한 대부분의 기존 연구들은 급격한 장면 변환과 점진적 장면 변환을 별도로 탐지하고 있으며, 뉴스 비디오 샷 경계 탐지를 위해 데이터를 두 번 탐색해야 하는 문제점을 가지고 있다. 또한 샷 경계 탐지 단계와 앵커 샷 탐지 단계가 각각 독립적으로 구성되어 있으므로 샷 경계 탐지 후 분할된 모든 샷 데이터에 대하여 다시 앵커 샷 탐지를 수행해야 하는 문제점을 안고 있다. 뉴스 비디오 샷 경계 탐지와는 별도로 Y. Gong 등은 특이값 분해(singular value decomposition: SVD)와 클러스터링을 이용한 비디오 요약 시스템을 제안하였으며, 정적 샷과 동적 샷을 구분할 수 있는 수학적 정리를 제시하였다[8]. 이들의 연구는 뉴스 비디오 기사 분할 관점에서 샷 경계 탐지 결과를 앵커 샷 탐지를 위한 입력 데이터로 사용함으로써, 앵커 샷 탐지를 위한 탐색 공간을 축소하는 이론적 근거를 제시해준다.

뉴스 비디오 분할 관점에서의 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘은 그 성격상 범용의 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘과 다르므로, 자체 특성을 잘 반영한 새로운 설계 기준이 요구된다. 관련연구와 뉴스 비디오 분할 시스템의 특성을 고려하여 다음의 설계 기준을 제시하고 이를 알고리즘 개발에 반영하였다. 1) 뉴스 비디오 샷 경계 탐지의 재현율을 높임으로써 앵커 샷 탐지 단계의 입력으로 사용되는 데이터의 오류를 최소화한다. 2) 급격한 장면 변환과 점진적 장면 변환을 하나의 알고리즘으로 탐지하여 한 번의 데이터 탐색으로 샷 분할을 수행한다. 3) 분할된 샷들을 정적 샷과 동적 샷으로 분류함으로써 앵커 샷 탐지 단계의 탐색 공간을 축소한다.

본 논문에서는 뉴스 비디오의 색인을 위한 뉴스 비디오 기사 분할 시스템에 적합한 샷 경계 탐지 알고리즘을 제안하고자 한다. 새롭게 제안된 샷 경계 탐지 알고리즘은 SVD를 기반으로 점증적 클러스터링 알고리즘인 ART(adaptive resonance theory)와 머서 커널(mercer kernel)을 결합한 구조로써 위에서 제시한 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘의 설계 기준을 모두 만족하도록 설계되었으며, 다음과 같은 추가적인 특징을 갖는다. SVD를 통해 특징 벡터의 차원축소 뿐만 아니라 뉴스 비디오를 구성하는 연속적인 프레임에서 잡음과 아주 작은 변화를 제거하여 분류 성능을 높인다. 또한 머서 커널의 도입은 쉽게 분류가 되지 않는 데이터를 고차원 공간으로 매핑함으로써 구분하기 어려운 샷 경계의 탐지 가능성을 높여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 SVD를 이용한 뉴스 비디오의 벡터 표현법을 제시하고, 뉴스 비디오에서 SVD의 해석학적 의미에 대하여 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 빠르고 효율적인 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘에 대해 자세히 설명하고, 4장에서는 실험결과 및 분석을 기술한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대하여 논한다.

## 2. 뉴스 비디오 벡터 표현

뉴스 비디오의 샷 경계 탐지를 위해서는 뉴스 비디오를 구성하는 단위 영상인 프레임들에 대한 특징 선택 및 뉴스 비디오에 대한 벡터 표현을 정의하여야 한다. 본 장에서는 색상 히스토그램을 이용한 프레임의 특징 선택과 SVD를 이용한 뉴스 비디오의 벡터 표현법을 기술하고 뉴스 비디오에서의 SVD의 해석학적 의미에 대하여 설명한다.

### 2.1 색상 히스토그램 기반 프레임 특징 선택

본 논문에서는 뉴스 비디오의 각 프레임을 표현하는 특징으로 색상 히스토그램을 사용한다. 색상 히스토그램은 영상들 간의 전체적인 차이를 효과적으로 구분할 수 있을 뿐만 아니라 저비용으로 빠르게 계산할 수 있다는 장점을 가지고 있다[8]. 따라서 색상 히스토그램을 특징 값으로 선택함으로써 많은 수의 프레임으로 구성되는 뉴스 비디오에 대해 빠르고 효율적인 전처리 과정을 수행할 수 있다. 본 논문에서는 RGB 색상 공간의 R, G, B 성분을 각각 16 단계로 구분하였으며,  $m = 16^3 = 4,096$ 의 차원으로 특징 벡터를 표현한다.  $i$ 번째 프레임의 특징 벡터를 행렬의  $i$ 번째 열로 선택함으로써, 일련의 프레임들( $f_i, i = 1, 2, \dots, n$ )로 구성되는 뉴스 비디오에 대한  $m \times n$  특징-프레임 행렬  $A$ 를 구성한다.

### 2.2 SVD를 이용한 뉴스 비디오의 벡터 표현 및 해석

SVD는 원 공간(raw space)상의 데이터들이 가지고 있는 중요한 구조적 특징들을 손실 없이, 고차원의 입력 공간에서 저차원의 특징 공간으로 매핑하는 방법으로서 입력 데이터에 대한 차원 감소 및 데이터 압축 등에 사용되고 있다.  $m \times n$  행렬  $A$ 에 대한 SVD의 정의는 다음과 같다[8].

$$A = U \Sigma V^T \quad (1)$$

여기서  $U = [u_{ij}]$ 는  $m \times n$  열-직교(column-orthogonal) 행렬이며,  $\Sigma = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n)$ 는  $n \times n$  대각행렬로서, 대각 성분은 내림차순으로 정렬되어 있는 비음수 특이값(singular value)이다.  $V = [v_{ij}]$ 는  $n \times n$  직교 정규(orthonormal) 행렬이다. 행렬  $A$ 의 랭크(rank)가  $r$ 이라면 대각행렬  $\Sigma$ 의 특이값은 다음을 만족한다.

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r \geq \sigma_{r+1} = \dots = \sigma_n = 0 \quad (2)$$

2.1절에서 소개한 특징-프레임 행렬  $A$ 에 SVD를 적용한 후 가장 큰  $k$ 개의 특이값을 선택함으로써  $m$ 차원의 입력 공간을  $k$ 차원의 축소된 특징 공간으로 매핑할 수 있다. 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 관점에서 볼 때 특징-프레임 행렬  $A$ 에 대한 SVD 적용 결과는 다음과 같이 해석될 수 있다. 색상 히스토그램에 의해 표현되는 입력 공간은 각 축이 선형 독립인  $r$ 차원의 특징 공간으로 매핑된다. 이때  $i$ 번째 프레임의 색상 히스토그램 특징 벡터인 행렬  $A$ 의  $i$ 번째 열벡터는 행렬  $V^T$ 의 열벡터  $\psi_i = [v_{i1} \ v_{i2} \ \dots \ v_{ir}]^T$ 로 매핑한다. 또한 각 프레임의  $j$ 번째 색상의 분포를 의미하는 행렬  $A$ 의  $j$ 번째 행벡터는 행렬  $U$ 의 행벡터  $\varphi_j = [u_{j1} \ u_{j2} \ \dots \ u_{jr}]$ 로 매핑한다. 결과적으로 SVD에 의해 축소 매핑된 특징 공간에서  $i$ 번째 프레임  $f_i$ 는 행렬  $V^T$ 의 열벡터  $\psi_i = [v_{i1} \ v_{i2} \ \dots \ v_{ir}]^T$ 로 표현된다.

SVD는 본 논문에서 제안하는 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘의 이론적 근거가 되는 다음과 같은 두 가지 중요한 특징을 갖는다. 정리 1과 정리 2에 대한 증명은 [18]과 [8]에서 각각 찾을 수 있다.

**정리 1.** 행렬  $A \in R^{m \times n}$ 에 대한 SVD가 식 (1)과 같이 주어졌을 경우, 행렬  $A$ 의 랭크  $r$ 보다 작은  $k$ 를 선택했을 때 복원된 행렬이 식 (3)과 같다면

$$A_k = \sum_{i=1}^k \sigma_i u_i v_i^T, \quad k < r \quad (3)$$

다음의 식 (4)가 성립한다.

$$\min_{\text{rank}(B)=k} \|A - B\|_2 = \|A - A_k\|_2 = \sigma_{k+1} \quad (4)$$

행렬  $A$ 의 랭크  $r$ 보다 작은  $k$ 를 랭크로 설정하여 복원된 행렬  $A_k$ 는 행렬  $A$ 를 가장 잘 근사하는 랭크  $k$ 를 갖는 행렬이다. 따라서 가장 큰  $k$ 개의 특이값을 선택함으로써 차원 축소의 효과를 얻을 수 있다. 다시 말해,

비교적 작은 특이값을 제외하여 특징 공간에서 중요하지 않은 축들을 제거할 수 있으며, 이는 입력 공간에서의 색상 히스토그램과 프레임간의 중요한 정보를 거의 잃지 않으면서 SVD에 의해 축소된 특징 공간으로 매핑됨을 의미한다. 즉, SVD를 적용함으로써 뉴스 비디오를 구성하는 프레임들의 잡음과 아주 작은 변화를 제거할 수 있으며, 결과적으로 색상 히스토그램 사이의 아주 작은 차이들은 무시되고, 축소된  $k$ 차원의 특징 공간상에서 비슷한 색상 히스토그램 패턴을 갖는 프레임들은 서로 가까이 매핑된다[8].

**정리 2.** 행렬  $A = [A_1 \cdots A_i \cdots A_n]$ 에 대한 SVD가 식 (1)과 같이 주어졌을 때, 특징 공간에서  $i$ 번째 프레임에 대응하는 행렬  $V^T = [\psi_1 \cdots \psi_i \cdots \psi_n]$ 의 열벡터  $\psi_i$ 와 원점 사이의 거리는 다음과 같이 정의된다.

$$\|\psi_i\| = \sqrt{\sum_{j=1}^{rank(A)} v_{ij}^2} \quad (5)$$

행렬  $A$ 의 랭크가  $n$ 인 경우, 행렬  $V$ 의 직교정규 특성에 의해  $\|\psi_i\|^2 = 1$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ 이 된다. 만약 행렬  $A' = [A_1 \cdots A_i^{(1)} \cdots A_i^{(k)} \cdots A_n]$ 이  $k$ 개의 중복된 열벡터 ( $A_i^{(1)} = \dots = A_i^{(k)} = A_i$ )를 포함하고 있고, SVD로부터  $V'^T = [\psi'_1 \cdots \psi'_1 \cdots \psi'_k \cdots \psi'_n]$ 를 얻었다면,  $\|\psi'_j\|^2 = 1/k$ ,  $j = 1, 2, \dots, k$ 이 성립한다.

행렬  $A$ 의 열벡터  $A_i$ 가 다른 열벡터들에 대해서 선형 독립이면, SVD는 입력 공간상의  $A_i$ 를 특징 공간상에서 원점과의 거리가 1이 되는  $\psi_i$ 로 매핑한다. 만약 행렬  $A$ 가 열벡터  $A_i$ 에 대한 중복된 열벡터들  $A_i^{(j)}$ 을 가지고 있다면 원점과 매핑된 벡터  $\psi'_j$ 사이의 거리는 줄어든다.  $A_i$ 에 대한 중복된 열벡터의 수가 많아질수록 원점과 벡터  $\psi'_j$ 와의 거리는 더욱 줄어든다. 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 관점에서, 앵커 샷이나 일기예보 샷처럼 움직임이 거의 없는 정적 샷들은 특징 공간상에서 원점에 가깝게 매핑되고 카메라 효과가 포함된 샷이나 움직이는 객체를 포함한 샷처럼 변화를 많이 포함하는 동적 샷들은 원점에서 멀리 매핑된다[8].

### 3. 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘

본 장에서는 2장에서 설명한 SVD의 특성들을 이용하여 뉴스 비디오의 샷 경계를 빠르고 효과적으로 탐지할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 특징 벡터 추출에 SVD를 도입함으로써 얻을 수 있는 효과는 다음과 같다.

- SVD를 적용 후 가장 큰  $k$ 개의 특이값을 선택함으로써  $m$ 차원의 입력 공간을  $k$ 차원의 특징 공간으로 매핑한다.

- SVD에 의해 축소된 특징 공간에서는 프레임들의 잡음과 아주 작은 변화들이 제거된다.
- 비슷한 색상 히스토그램 패턴을 갖는 프레임들은 특징 공간상에 서로 가깝게 매핑된다.
- 특징 공간상에서 정적 샷들은 원점에 가깝게 매핑되고 동적 샷들은 원점에서 멀리 매핑된다.

하나의 샷은 여러 개의 프레임들을 포함하는 클러스터로 표현된다. 샷을 구성하는 프레임들은 서로 비슷한 색상 히스토그램 패턴을 가지고 있으므로 샷 경계를 탐지하기 위해서는 프레임들 간의 유사도를 측정하여야 한다. 본 논문에서는 프레임들 간의 유사도 측정함수로서 특징 공간상의 열벡터  $\psi_i$ 와  $\psi_j$ 간의 코사인 값을 사용한다.

$$S(\psi_i, \psi_j) = \cos(\psi_i, \psi_j) = \frac{\langle \psi_i, \psi_j \rangle}{\|\psi_i\| \|\psi_j\|} \quad (6)$$

정리 2에 의하면 하나의 샷 안에서 프레임들 사이의 시각적 변화의 척도는 특징 공간상의 샷 클러스터의 위치와 크게 관련을 가지고 있다. 따라서 각각의 샷을 정적 샷과 동적 샷으로 구분하기 위한 결정함수는 샷에 포함된 프레임들과 원점 사이의 거리의 평균으로 정의한다.

$$D(S_i) = \frac{1}{n_i} \sum_{\psi_i \in S_i} \|\psi_i\|^2 \quad (7)$$

여기서  $S_i$ 는 뉴스 비디오의  $i$ 번째 샷이고  $n_i$ 는 샷  $S_i$ 에 포함되어 있는 프레임들의 개수이다.

본 논문에서는 뉴스 비디오의 샷 경계를 효과적으로 탐지하기 위하여 점중적 클러스터링 알고리즘인 ART를 수정한 샷 경계 탐지 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안된 알고리즘은 머시 커널을 도입함으로써 입력 공간상에서는 분류가 어려운 데이터들을 고차원의 특징 공간으로 매핑하여 분류를 용이하게 한다. 즉, 제안된 알고리즘은 구분하기 어려운 샷 경계의 탐지 가능성을 높여 준다는 장점을 갖는다. 또한 샷 경계 탐지 후 각각의 샷들을 정적 샷들과 동적 샷들로 분류함으로써, 뉴스 비디오 기사 분할 과정에서의 앵커 샷 탐지를 위한 입력 데이터를 효과적으로 줄일 수 있다. 제안된 알고리즘에 대한 자세한 설명은 다음과 같다.

**초기화:** 초기 클러스터의 개수를 1로 초기화하고 첫 번째 입력 데이터를 초기 가중치 벡터에 할당한다.

$$w_1 = \psi_1 \quad (8)$$

입력 패턴과 가중치 벡터 사이의 매칭 정도는 코사인 유사도에 의해 측정되므로, 첫 번째 입력 데이터와 초기 클러스터 유닛 사이의 코사인 값은 항상 1이 된다. 따라서 사용자가 어떤 값의 경계 변수( $\rho \in [0, 1]$ )를 주더라도 첫 번째 입력 데이터가 항상 첫 번째 클러스터에 할당됨을 보장할 수 있다.

**활성화 함수:** 머시 커널의 기본적인 아이디어는 다음

과 같다. 입력 공간에서 선형 분할이 잘 이루어지지 않는 데이터를 비선형 함수를 통해 새로운 차원의 특징 공간이 되는 내적 공간(dot product space)으로 매핑하면 선형 분할이 잘 이루어져 선형 함수를 통하여 분류를 할 수 있다[19]. 활성화 함수는 특징 공간에서의 유사도 측정함수로서 정의한다. 식 (6)의 입력 공간에서 정의되는 유사도 측정함수에서 내적 부분을 RBF(radial basis function) 커널 함수  $K(x, y) = \exp\left\{-\frac{1}{c} \|x-y\|^2\right\}$ 로 대체하여 사용하게 되면 특징 공간에서의 유사도 측정함수를 얻을 수 있다. RBF 커널 함수를 사용할 경우, 모든 데이터  $x \in R^d$ 에 대하여  $K(x, x) = 1$ 을 만족함으로 활성화 함수는 식 (9)와 같이 단순화 된다.

$$AF(\psi_i, w_j) = \exp\left\{-\frac{1}{c} \|\psi_i - w_j\|^2\right\} \quad (9)$$

여기서  $w_j$ 는 클러스터  $j$ 의 중점 벡터이다.

**매칭 함수:** 만약 활성화 함수  $AF(\cdot)$ 와 매칭 함수  $MF(\cdot)$ 를 다음의 식 (10)을 만족하도록 선택하면,

$$MF(\psi_i, w_1) > MF(\psi_i, w_2) \quad (10) \\ \Leftrightarrow AF(\psi_i, w_1) > AF(\psi_i, w_2)$$

최대 활성화 함수 값을 갖는 클러스터에 대해 매칭 함수가 경계 변수 조건을 만족하지 않을 경우 별도의 탐색 과정 없이 곧바로 새로운 클러스터를 생성하고, 해당 입력 패턴을 가중치 벡터로 할당한다[20]. 식 (10)의 조건을 만족하는 가장 간단한 매칭 함수의 선택은 활성화 함수를 매칭 함수로 정의하는 것이다. 이 조건은 알고리즘 속도의 향상을 가져오는 요인이 된다.

**샷 경계 결정:** 매칭 함수를 활성화 함수로 정의함으로써 샷의 경계는 다음과 같이 결정된다.

$$AF(\psi_i, w_j) \geq \rho \quad (11)$$

뉴스 비디오 샷 경계 탐지 관점에서 시스템의 목적은 시간 순서상  $i$ 번째 프레임이 가장 마지막 클러스터인  $j$ 에 속하는가를 판단하는 것이다. 경계 변수 조건인 식 (11)을 만족하지 않는다면 클러스터  $j$ 에 대해서 식 (7)을 이용하여 정적 샷인지 동적 샷인지를 결정한다. 또한  $i$ 번째 프레임은 새로운 샷에 속하므로 새로운 클러스터를 생성하고 새로운 가중치에 할당한다. 경계 변수 조건식을 만족할 경우에는 해당 프레임을 클러스터  $j$ 에 포함시키고 중점 벡터를 갱신한다.

제안된 알고리즘은 출력 결과를 조정할 수 있는 두 개의 파라미터를 포함한다. 첫 번째 파라미터는 클러스터의 크기에 영향을 주는 경계 변수  $\rho$ 이며, 다른 하나는 RBF 커널의 넓이를 제어하는 파라미터인  $c$ 이다. 제안된 알고리즘은 두 개의 파라미터를 이용하여 샷 경계 탐지 결과를 유연하게 조정할 수 있으며 이를 통하여 재현율이 높아지도록 시스템을 설정할 수 있다. 또한 하

나의 알고리즘을 통하여 급격한 장면 변환과 점진적 장면 변환을 동시에 탐지함으로써 한 번의 데이터 탐색으로 뉴스 비디오를 샷 단위로 분할할 수 있으며, 분할된 샷들은 정적인 샷과 동적인 샷들로 분류된다. 따라서 앵커 샷을 포함하고 있는 정적인 샷들만 입력으로 사용함으로써 뉴스 분할 과정의 다음 단계인 앵커 샷 탐지 시스템의 탐색 공간을 크게 줄일 수 있다. 또한 SVD를 통해 뉴스 비디오를 구성하는 연속적인 프레임에서 잡음과 아주 작은 변화를 제거하여 분류 성능을 높일 뿐만 아니라 커널 방법을 도입함으로써 서로 가까이 매핑되어 있는 샷들을 보다 효과적으로 탐지할 수 있다. 표 1은 제안된 알고리즘의 의사 코드이다.

표 1 제안된 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘

```

1. Initialize weights:  $w_1 = \psi_1$ 
2. For each input data,
    2.1. Compute activation function:
         $AF(\psi_i, w_j) = \exp\left\{-\frac{1}{c} \|\psi_i - w_j\|^2\right\}$ 
    2.2. Test the shot boundary condition:
        If  $AF(\psi_i, w_j) \geq \rho$  then
            2.2.1. Assign frame  $\psi_i$  to the cluster  $j$ 
                    and update cluster median  $w_j$ 
        else
            2.2.2. Classify shot  $S_i$  into one of
                    static and dynamic shot:
                 $D(S_i) = \frac{1}{n_i} \sum_{\psi \in S_i} \|\psi_i\|^2$ 
            2.2.3. Create a new cluster:  $j = j + 1$ 
            2.2.4. Initialize the new cluster:  $w_j = \psi_i$ 
    
```

#### 4. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안된 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘의 성능을 실험적으로 검증하기 위해서, KBS와 MBC의 저녁 9시 뉴스를 실험 데이터 집합으로 수집하였으며, 제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해 사용될 정확한 샷들의 경계(ground truth)는 수동으로 분류 및 표시하였다. 본 실험에서는 SVD의  $k$  파라미터의 값을 15로 설정하여 15차원의 특징 공간을 구성하였으며, 샷 경계 탐지 알고리즘의 경계 결정 변수와 커널의 넓이 변수는 각각  $\rho = 0.8$ ,  $c = 0.001$ 로 설정하여 실험하였다.

##### 4.1 실험 데이터 및 성능 평가 기준

실험에 사용된 데이터 집합은 총 150개의 샷으로 구성되어 있으며, 이는 63개의 정적 샷과 87개의 동적 샷으로 각각 분류된다. 또한, 총 150개의 샷은 105개의 급

격한 장면 변환을 포함하는 샷과 45개의 점진적 장면 변환을 포함하는 샷으로 구성되어 있으며, 점진적 장면 변환은 8개의 페이드인, 4개의 페이드아웃 그리고 33개의 디졸블을 포함하는 샷으로 구성되어 있다. 데이터 집합에 대한 설명을 표 2에 정리하였다.

본 논문에서는 제안된 샷 경계 탐지 알고리즘의 성능 평가를 위하여 정확률(precision)과 재현율(recall)을 평가 지표로 사용하였다. 정확률은 시스템의 출력 중에서 정확히 탐지된 샷 경계의 비율을 의미하며, 재현율은 전체 샷 경계 중에서 시스템에 의해 정확히 탐지된 샷 경계에 대한 비율을 의미한다. 각 평가 지표는 아래의 수식과 같이 백분율로 표시된다.

$$Recall = \frac{A}{A+B} \times 100(\%) \quad (12)$$

$$Precision = \frac{A}{A+C} \times 100(\%) \quad (13)$$

여기서  $A$ 는 정확히 탐지된 샷 경계의 개수,  $B$ 는 탐지되지 못한 샷 경계의 개수,  $C$ 는 잘못 탐지된 샷 경계의 개수를 의미한다. 또한 정확률과 재현율 모두를 고려하여 시스템의 성능을 하나의 평가 지표로 표현하기 위하여  $F$ -measure[6]을 사용한다.

$$F = \frac{2 \times recall \times precision}{(recall + precision)} \quad (14)$$

표 2 실험 데이터 집합

		샷의 개수
총 샷의 개수		150
급격한 장면 변환 샷		105
점진적 장면 변환 샷	페이드인	8
	페이드아웃	4
	디졸블	33
정적 샷		63
동적 샷		87

4.2 실험 결과 비교 및 분석

실험 데이터 집합에 대하여 SVD를 수행한 후 특정 공간상의 정적 샷과 동적 샷의 일부를 그림 1에 표현하였다. 특정 공간상의 첫 번째 차원과 두 번째 차원을 기준으로 데이터의 분포를 표시하였으며, 같은 샷 클러스터에 속한 데이터들은 같은 도형을 사용하여 표시하였다. 그림 1을 통해서 객체의 움직임과 카메라의 움직임이 적은 정적 샷은 작은 데이터 분산을 가지고 있으며 상대적으로 객체의 움직임과 카메라의 움직임이 큰 동적 샷 들은 넓은 데이터 분산을 가지고 있음을 알 수 있다. 또한 정적 샷에 포함되어 있는 프레임들은 원점에 가깝게 매핑되어 있으며 동적 샷에 포함되어 있는 프레임들은 원점에서 멀리 매핑되어 있음을 알 수 있다. 결

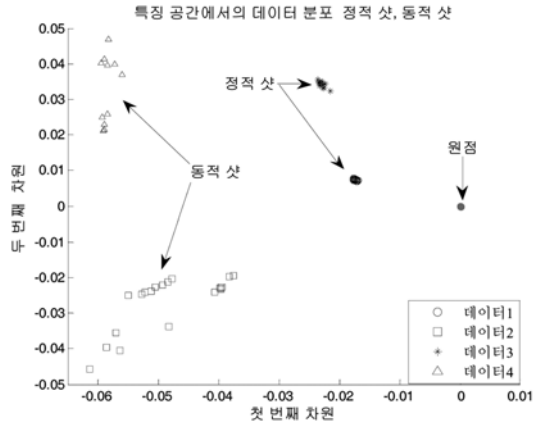


그림 1 정적 샷과 동적 샷의 특정 공간상의 분포

과적으로 정의 2와 식 (7)으로 정적 샷과 동적 샷을 구분할 수 있음을 확인하였다. 따라서 앵커 샷 탐지 단계에 앵커 샷 후보군인 정적인 샷들만 입력으로 사용함으로써, 앵커 샷 탐지를 위한 탐색 공간을 크게 줄일 수 있으며, 이는 서론에서 제시한 뉴스 비디오 샷 탐지 알고리즘의 세 번째 설계 기준을 만족하는 결과이다. 그림 2는 그림 1을 도식화하는데 사용된 정적 샷과 동적 샷의 프레임들의 일부이다. 그림 2(a)는 앵커 샷으로서 전형적인 정적 샷이며, 그림 2(b)는 카메라의 움직임이 큰 동적 샷이다. 그림 2(c)는 객체의 움직임이 있으나 변화가 적은 정적 샷이며, 그림 2(d)는 객체의 움직임이 큰 동적 샷의 예제를 보여준다.

제안된 알고리즘의 성능 평가는 표 3에 정리하였다. 실험 결과에서 볼 수 있듯이 제안된 알고리즘은 하나의 샷을 두 개의 샷으로 오탐지 한 경우는 있으나(정확률 92.5%), 실험 데이터 집합에 포함되어 있는 거의 모든 샷 경계를 탐지하였다(재현율 99.3%). 본 논문에서 제안하는 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘은 뉴스 비디오 기사 분할 시스템의 한 부분으로서 설계되었다. 시스템에 의해서 탐지되지 못한 샷 경계는 다음 단계인 앵커 샷 탐지 단계에 부정적인 영향을 주게 되고, 결과적으로 뉴스 기사의 정확한 탐지를 어렵게 한다. 따라서 본 논문에서 제안된 시스템의 높은 재현율은 뉴스 비디오 기사 분할 시스템의 성능에 영향을 미치는 중요한 요소이므로, 그 가치가 매우 크며 따라서 제안된 방법론은 서론에서 제시한 뉴스 비디오 샷 탐지 알고리즘의 첫 번째 설계 기준을 만족시킨다.

정의 2의 내용을 기반으로 설계한 식 (7)은 앵커 샷 탐지 단계의 입력 데이터를 크게 줄일 수 있다. 전체 150개의 샷 중 정적 샷으로 분류된 95개(66.3%)의 샷만 다음 단계인 앵커 샷 탐지 단계의 입력으로 사용되

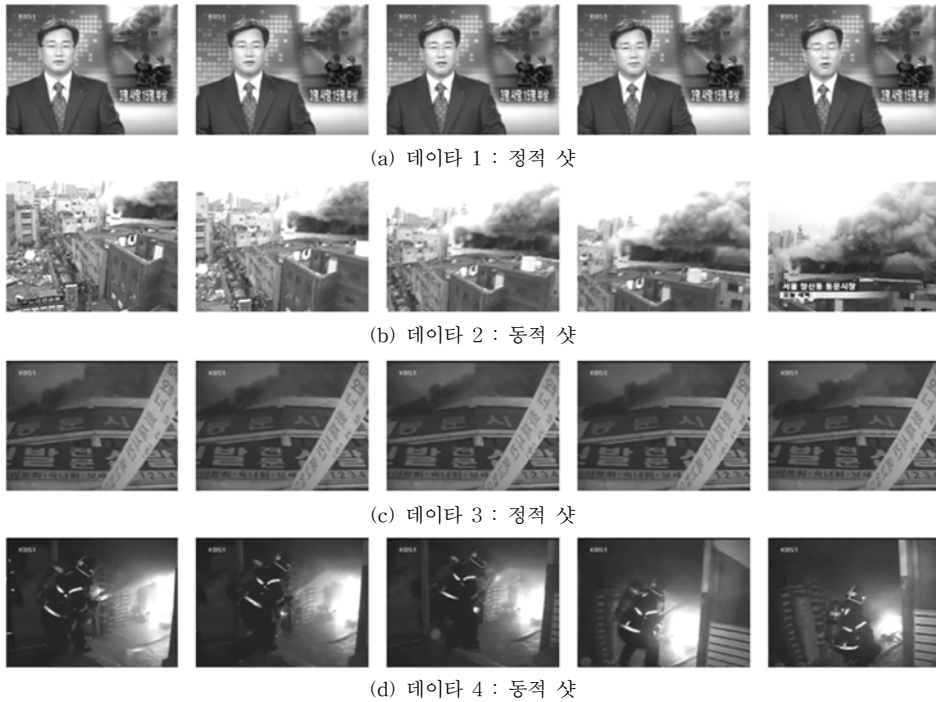


그림 2 정적 샷과 동적 샷을 구성하는 프레임 예제

표 3 제안된 알고리즘의 성능 평가

	정확률	재현율
전체 성능	92.5	99.3
급격한 장면 변환 샷	97.4	99.0
점진적 장면 변환 샷	86.7	100
정적 샷	66.3	100
동적 샷	100	63.2

며, 동적 샷으로 판단된 55개의 샷은 제거된다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 정적인 샷의 재현율은 100%이며, 이는 앵커를 포함하는 모든 샷들이 다음 단계인 앵커 샷 탐지 단계의 입력 데이터로 사용됨을 보장할 수 있다. 탐지된 샷들을 정적 샷과 동적 샷으로 분류하여 앵커 샷 탐지 단계의 탐색 공간을 줄인 것은 본 논문의 중요한 공헌이며, 서론에서 제시한 뉴스 비디오 샷 경계 탐지의 세 번째 설계 기준을 고려하여 설계한 식 (7)이 효과적임을 보여준다. 앵커 샷 단계의 탐색 공간을 줄인 것은 본 논문의 중요한 공헌임에도 불구하고 정적 샷의 정확률은 그다지 높지 않다. 그 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다. 본 논문에서는 프레임에 대한 특징 선택을 위해 RGB 색상 공간의 R, G, B 성분을 각각 16 단계로 구분하여 색상 히스토그램을 계산하였으며, 프레임의 공간적 정보를 포함하지 않고 있다. 따라서 서로 다른 샷에 속해 있는 프레임들이 같은 색상 분포를 가질

수 있고 이들은 중복된 프레임으로 간주될 수 있다. 결과적으로 동적 샷의 일부를 정적 샷으로 분류하는 결과를 낼 수 있다. 이는 프레임의 특징 선택 시 공간적 정보를 포함하면 해결할 수 있는 문제로 여겨진다. 본 논문에서는 이 문제를 향후 연구과제로 남겨 둔다.

본 논문의 실험 결과와 기존 연구들의 결과를 표 4에 비교 정리하였다. 단, 최근의 연구 결과 중 본 논문의 실험 결과와 비교할 수 있는 평가 지표 및 결과를 제공하는 경우만 표 4에 정리하였다. 표에서 P는 정확률을 의미하며 R과 F는 각각 재현율과  $F$ -measure를 의미한다. 실험 결과 비교를 살펴보면, 본 논문에서 제안된 방법론은 재현율에서 특히 우수한 성능을 보임을 알 수 있다. 이는 본 논문에서 제안하는 방법론이 타 방법론보다 뉴스 비디오 기사 분할 문제에 더 적합함을 의미한다. 급격한 장면 변환의 경우에는, Z. Cernekova 등[10]의 결과를 제외하면 본 논문에서 제안된 방법론이 정확률과 재현율 모두에서 우수한 성능을 보이고 있으며, 특히 재현율의 경우 가장 우수한 성능을 보인다. 점진적 장면 변환의 경우, 정확률 및  $F$ -measure를 비교하면 제안된 방법론 보다 Z. Cernekova 등[10,13]의 결과가 우수한 성능을 보인다. 그러나 본 논문에서 제안된 방법론은 재현율에서 매우 우수한 성능을 보이고 있으며 이는 앞서 언급한바와 같이 뉴스 비디오 분할 관점에서 매우 가치

표 4 다른 연구와의 실험 결과 비교 (P: 정확률, R: 재현율, F: F-measure)

	Z. Cernekova <i>et al.</i> [10]			X. Ling <i>et al.</i> [11]			Z. Cernekova <i>et al.</i> [13]			H. Feng <i>et al.</i> [14]			제안된 방법		
	P	R	F	P	R	F	P	R	F	P	R	F	P	R	F
급격한 장면 변환	100	96.0	98.0	92.3	94.7	93.5	90.0	93.0	91.5	93.1	95.4	94.0	<b>96.3</b>	<b>99.0</b>	<b>97.6</b>
점진적 장면 변환	100	100	100	83.3	91.4	87.2	100	100	100	82.7	80.1	81.0	<b>84.9</b>	<b>100</b>	<b>91.8</b>
전체				88.1	93.2	90.6	94.0	96.0	95.0	91.5	90.4	91.0	<b>92.5</b>	<b>99.3</b>	<b>95.8</b>

있는 특징이다. 점진적 장면 변환 중 디졸브인 경우 변환 전과 후의 실제 샷뿐만 아니라 전이 과정이 클러스터를 형성하는 경우가 발생하였으며, 정확률이 떨어지는 원인이 되었다. 시스템 전체의 성능을 비교할 경우 정확률과 F-measure에서 타 방법론들 보다 우수하거나 비슷한 성능을 보인다. 그 외에 X. Gao 등[12]은 시스템 전체적으로 98.1%의 정확률과 96.5%의 재현율, 97.3%의 F-measure를 보고하고 있으며, H. Fang 등[8]은 96.1%의 정확률과 99.0%의 재현율 그리고 97.4%의 F-measure를 보고하고 있다. 이는 본 논문에서 제안한 방법과 비교할만한 결과이다. 이상의 실험 결과를 정리하여 보면, 제안된 알고리즘은 높은 재현율을 보이고 있으며, 이는 뉴스 비디오 샷 경계 탐지의 첫 번째 설계 기준을 만족하는 결과이다. 또한 하나의 알고리즘을 통해 급격한 장면 변환과 점진적 장면 변환을 동시에 탐지하였으며 이는 두 번째 설계 기준을 만족한다. 마지막으로 탐지된 샷들을 정적 샷과 동적 샷으로 분류하여 앵커 샷 탐지 단계의 탐색 공간을 줄였으며 이는 세 번째 설계 기준을 만족함을 알 수 있다. 따라서 실험 결과를 통하여 제안된 알고리즘이 서론에서 제시한 뉴스 비디오 샷 경계 탐지의 모든 설계 기준을 만족함을 보여준다.

5. 결론

본 논문에서는 뉴스 비디오 기사 분할 관점에서 최적화된 새로운 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법론은 단일 알고리즘으로 급격한 장면 변환과 점진적 장면 변환을 동시에 탐지함으로써 단 한번의 데이터 탐색으로 샷 분할을 수행할 수 있을 뿐만 아니라, 실험에서 보여준 바와 같이 매우 높은 재현율을 보인다. 또한 탐지된 샷들을 정적 샷과 동적 샷으로 분류함으로써 다음 단계인 앵커 샷 탐지 단계의 탐색 공간을 크게 줄일 수 있다. 이는 뉴스 비디오 기사 분할 관점에서의 뉴스 샷 경계 탐지 알고리즘이 가져야할 모든 조건을 만족하는 것으로 그 가치가 매우 크다고 할 수 있다.

제안된 뉴스 비디오 샷 경계 탐지 알고리즘은 특이값 분해를 기반으로 점진적 클러스터링 알고리즘과 머시 커널을 결합한 구조를 가지며, SVD를 통해 입력 공간

에 대한 차원 축소뿐만 아니라 뉴스 비디오를 구성하는 연속적인 프레임들의 잡음과 아주 작은 변화를 제거함으로써 샷 경계의 분류 성능을 높였다. 또한 분류가 어려운 데이터들을 고차원의 공간으로 매핑함으로써, 샷 경계의 탐지 가능성을 높였다.

본 연구의 향후 과제로는 정적 샷과 동적 샷의 분류율을 높이는 문제와 앵커 샷 탐지 알고리즘과 뉴스 기사 탐지 알고리즘의 개발을 통한 뉴스 비디오 기사 분할 시스템의 통합에 관한 연구가 있다. 본 연구는 뉴스 비디오 마이닝 프레임워크를 개발하기 위한 전처리 과정으로 진행되었다. 따라서 뉴스 기사 분할 모델을 완성 후 비디오 마이닝 기법을 적용하기 위한 추가적인 연구가 요구된다.

참고 문헌

[1] X. Gao, J. Li, and B. Yang, "A graph-theoretical clustering based anchorperson shot detection for news video indexing," in Proceedings of International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications, pp. 108-113, 2003.

[2] C. Ko and W. Xie, "News Video Segmentation and Categorization Techniques for Content-Demand Browsing," in Proceedings of Congress on Image and Signal Processing, Vol.2, pp. 530-534, 2008.

[3] Y. Fang, X. Zhai, and J. Fan, "News Video Story Segmentation," in Proceedings of the International Conference on Multi-Media Modeling, pp. 397-400, 2006.

[4] F. Colace, P. Foggia, and G. Percannella, "A Probabilistic Framework for TV-News Stories Detection and Classification," in Proceedings of International Conference on Multimedia and Expo, pp. 1350-1353, 2005.

[5] L. Chaisorn, T. Chua, C. Lee, and Q. Tian, "A Hierarchical Approach to Story Segmentation of Large Broadcast News Video Corpus," in Proceedings of International Conference on Multimedia and Expo, pp. 1095-1098, 2004.

[6] L. Chaisorn, T. Chua, and C. Lee, "A Multi-Modal Approach to Story Segmentation for News Video," *World Wide Web: Internet and Web Information Systems*, Vol.6, pp. 187-208, 2003.

[7] J. Yuan, H. Wang, L. Xiao, W. Zheng, J. Li, F.

- Lin, and B. Zhang, "A Formal Study of Shot Boundary Detection," *IEEE Transaction on Circuit and System for Video Technology*, Vol.17, No.2, pp. 168-186, 2007.
- [8] Y. Gong and X. Liu, "Video Summarization using Singular Value Decomposition," in Proceedings of International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.2, pp. 174-180, 2000.
- [9] H. Fang, J. Jiang, and Y. Feng, "A Fuzzy Logic Approach for Detection of Video Shot Boundary," *Pattern Recognition*, Vol.39, pp. 2092-2100, 2006.
- [10] Z. Cernekova, I. Pitas, and C. Nikou, "Information Theory-Based Shot Cut/Fade Detection and Video Summarization," *IEEE Transaction on Circuit and System for Video Technology*, Vol.16, No.1, pp. 82-91, 2006.
- [11] X. Ling, Q. Yuanxin, L. Huan, and X. Zhang, "A Method for Fast Shot Boundary Detection based on SVM," in Proceedings of Congress on Image and Signal Processing, Vol.2, pp. 445-449, 2008.
- [12] M. Cooper, T. Liu, and E. Rieffel, "Video Segmentation via Temporal Pattern Classification," *IEEE Transaction on Multimedia*, Vol.9, No.3, pp. 610-618, 2007.
- [13] Z. Cernekova, C. Kotropoulos, and I. Pitas, "Video Shot Segmentation using Singular Value Decomposition," in Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol.3, pp. 181-184, 2003.
- [14] H. Feng, W. Fang, S. Liu, and Y. Fang, "A New General Framework for Shot Boundary Detection Based on SVM," in Proceedings of International Conference on Neural Networks and Brain, Vol.2, pp. 1112-1117, 2005.
- [15] X. Xu, G. Li, and J. Yuan, "A Shot Boundary Detection Method for News Video based on Object Segmentation and Tracking," in Proceedings of International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Vol.5, pp. 2470-2475, 2008.
- [16] X. Ling, L. Chao, L. Huan, and X. Zhang, "A General Method for Shot Boundary Detection," in Proceedings of International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering, pp. 394-397, 2008.
- [17] X. Gao and X. Tang, "Unsupervised Video Shot Segmentation and Model Free Anchor Person Detection for News Video Story Parsing," *IEEE Transaction on Circuit and System for Video Technology*, Vol.12, No.9, pp. 765-776, 2002.
- [18] G. Golub and C. Van Loan, *Matrix Computations*, The Johns Hopkins University Press, 3rd Ed, pp. 72-73, 1996.
- [19] N. Cristianini and J. Shawe-Taylor, *An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods*, Cambridge University PRESS, pp. 93-124, 2000.
- [20] A. Baraldi and E. Chang, "Simplified ART: A New

Class of ART Algorithms," International Computer Science Institute, TR 98-004, 1998.



이 한 성

1996년 고려대학교 전산학과(학사). 1996~1999년 (주)대우엔지니어링. 2002년 고려대학교 전산학과(석사). 2008년 9월~현재 고려대학교 컴퓨터·통신공학부 박사후연구원. 2008년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 강사. 관심분야는 멀티미디어마케팅, 기계학습, 지능 데이터베이스



임 영 희

1994년 고려대학교 전산학과(학사). 1996년 고려대학교 전산학과(석사). 2001년 고려대학교 전산학과(박사). 2001년~2003년 대전대학교 컴퓨터정보통신공학부 강의전담교수. 2003년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 강사. 관심분야는 인공지능, 정보검색, 텍스트마케팅, 데이터마케팅



박 대 희

1982년 고려대학교 수학과(학사). 1984년 고려대학교 수학과(석사). 1989년 플로리다 주립대학 전산학과(석사). 1992년 플로리다 주립대학 전산학과(박사). 1993년~현재 고려대학교 컴퓨터정보학과 교수. 관심분야는 지능 데이터베이스, 데이터마케팅, 인공지능, 퍼지이론



이 성 환

1984년 서울대학교 계산통계학과(학사) 1986년 KAIST 전산학과(석사). 1989년 KAIST 전산학과(박사). 1989년~1995년 충북대학교 컴퓨터학과 전임강사, 조교수. 2001년~2002년 MIT Brain and Cognitive Sciences학과 방문교수. 1995년~현재 고려대학교 정보통신대학 정교수. 1997년~현재 고려대학교 인공지능연구센터 소장. 관심분야는 패턴인식, 컴퓨터 시각, 뇌공학 등