

장면전환 탐지와 예측을 통한 비디오 자료의 전송 제어[☆]

Transmission Control of Video Data through Prediction and Shot Transition Detection

이 근 수* 김 원**
Keun-Soo Lee Won Kim

요 약

본 논문에서는 MPEG 비디오 데이터를 GoP 단위로 분할하여 장면전환 특성을 파악하고 그에 따라 칼만필터를 사용하여 비디오 데이터의 전송량을 예측하는 방법을 제안하고자 한다. 비디오 데이터의 정확한 장면전환을 파악하기 위해서 압축 도메인에서 고속으로 장면에 대한 정보를 검출하는 알고리즘을 사용하여 급진적 장면전환 유형과 점진적 장면전환 유형으로 분류하였다. 분류된 정보는 칼만필터의 세부 인자로 사용되어 비디오 데이터의 전송량을 예측한다. 본 논문에서 제안한 방법은 압축 도메인에서 장면전환 탐지와 비디오 데이터의 전송량을 예측하여 처리 시간을 감소시키고자 하였다. 세 종류의 서로 다른 비디오 데이터 911개의 I 프레임을 사용한 실험에서 96.2 ~ 97.6%로 전송량을 예측하였다.

Abstract

In this paper, we propose a transmission rate prediction method of video data. The proposed method checks shot transition characteristics after dividing MPEG video data into a GoP unit and then uses Kalman filter. It used algorithm to detect shot transition information by high speed in compressed domain in order to check a correct shot transition of video data and classified into a abrupt shot transition type and a gradual shot transition type. Information to have been classifying is used as factors of Kalman filter and predicts a transmission rate of video data. Also, the proposed method decreased processing time with detecting shot transition and predicting a transmission rate of video data in compressed domain. It predicted a transmission rate with 96.2 ~ 97.6% in the experiment that used three kinds of 911 I frames of different video data.

Keyword : video streaming, Kalman filter, shot transition detection, MPEG

1. 서 론

정보통신기술의 발달로 인간은 컴퓨터를 이용하여 다양한 방법으로 정보를 교환하게 되었다. 21세기 초 정보통신 분야의 화두는 동영상에 대한 정보이라 사료된다. 즉, MPEG 1과 2로 압축했을 때에도 약 1.5 MBit/S - 100 MBit/S[1,2]에 이르는 방대한 정보를 효과적으로 검색하여 전송하는 기술과 동영상에 포함된 의미를 추출하고 표현[3]

하는 기술을 개발하는 것이라고 판단된다. 본 논문에서는 첫 번째 문제인 동영상을 효과적으로 검색하여 전송하는 방법에 관하여 기술하고자 한다. 동영상을 MPEG 1 또는 MPEG 2로 압축할 경우, 비트율이 일정하지 않고 프레임 또는 GoP 단위로 크기가 다른 가변 비트율을 가지는 특성이 있다. 이것은 다음과 같이 두 가지 문제를 야기한다. 첫 번째 문제는 주문형 비디오 서버와 같이 동영상 자료를 서버에 저장해 두었다가 사용자의 요청에 따라 서비스할 때 발생한다. 문제를 단순화하기 위하여 전송과 직접적으로 연관된 통신망에 대해서는 고려하지 않고 서버가 전송을 준비하는 과정만을 고려하면 다음과 같다. VBR 자료를 검색하기 위하여 일정한 비트율로 검색

* 정 회 원 : 한경대학교 컴퓨터공학과 교수
kslee@hnu.hankyong.ac.kr(제1저자)

** 정 회 원 : 전주기전여자대학 실용예술학부 교수
wkim@kijeon.ac.kr(공동저자)

☆ 본 연구는 한경대학교 2002년도 교비해의과건 연구비 지원에 의한 것임.

및 전송을 수행할 경우, 수신측의 용량을 초과하거나 검색하지 못하는 자료가 발생하여 손실을 유발하는 문제점이 발생한다[4]. 두 번째 문제는 교환기에서 발생한다. 즉, 비디오 자료를 원격지로 전송할 때 비트율이 변하므로 교환기 특히, ATM 교환기에서 처리하지 못하는 셀이 발생하여 통신망 상에 손실이 발생하는 문제점이 있다[5]. 비디오 자료를 검색 및 전송하는데 있어서 발생하는 상기의 두 가지 문제를 해결하는 효과적인 방법은 자료량이 변화하는 과정을 정확히 예측하는 것이다[6,7]

전송량 예측은 초기에 비디오 트래픽에 대해서 파라미터로 특성화 하려는 노력이 있었으나 광범위한 상관관계를 특성화하는 파라미터는 응용분야와 비디오 순서에 따라 달라진다는 것을 알게 되었다[8]. 이것은 비디오 코더 출력을 간단히 특성화 하는 것이 어렵다는 것을 의미한다. 더 많은 예측을 위한 코더 출력을 변화하는 연구가 있었는데 Reibman와 Haskell[9]은 리키버킷(leaky bucket)에 의해 제어되는 채널의 경우 코덱 버퍼의 오버플로어(overflow)를 막기 위해서 비트율을 억제하는 방법을 제안하였다. Heeke[10]와 Coelho와 thome[11]은 사전에 정의된 마코브체인(Markov chain)처럼 행동하는 비디오 코덱(codec)의 출력을 만들려고 노력하였다. Pickering와 arnold[12]는 주어진 출력률의 상한과 하한사이에 있는 VBR 트래픽을 생성하는 알고리즘을 제안하였다. Hamdi와 Roberts[13]는 MPEG 부호화 구조를 기반으로 하는 전송률 제어 알고리즘을 제안하였다. Tsang과 Bensaou[14]는 [13]이 제안한 방법을 확장한 퍼지기반의 전송 제어 알고리즘을 제안하였다. 기존의 방법들은 비디오에 대한 특별한 사전정보 없이 코더의 출력율을 변경하므로 전송을 제어하려고 시도 하였으나 본 논문에서는 코더의 출력율이 아닌 비디오의 내용정보를 확인하여 분류하고 그 분류된 내용에 대해서 칼만필터를 적용하여 정확한 전송량을 예측하는 방법을 제안하고자 한다. 이러한 전송량의 예측은 버퍼를 효과적이면

서 정확하게 조정할 수 있게 함으로써 리키버킷에 의한 네트워크 종단에서 셀의 손실과 지연을 막을 수 있게 해준다. 결국 효과적인 망의 사용과 비디오 정보의 요구 품질을 만족시킬 수 있게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 제안하는 방법의 전송량 예측과정에 대해서 설명하고 3절에서 칼만필터를 사용한 전송량 예측방법에 대해서 설명한다. 4절에서는 실험 과정과 결과를 분석하며, 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대해서 논한다.

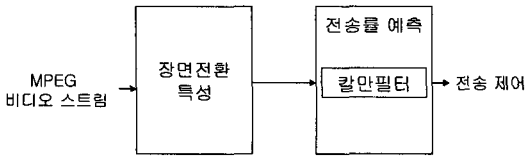
2. 제안하는 방법의 개요 및 장면전환 검출

비디오 자료량이 변하는 중요한 원인으로 첫 번째는 영상에 있는 물체의 이동과 동작의 변화이며, 두 번째는 장면의 종류가 다른 경우이다. 또한 장면의 종류가 다른 경우는 불연속이 발생하여 하나의 함수를 사용하는 방법으로는 예측할 수 없는 문제점도 있다. 본 논문에서는 장면마다 별도의 예측된 결과를 산출한 후 이들 중에서 최소의 예측오차를 가지는 예측치를 선택하는 방법을 통하여 비디오 자료량을 예측하는 방법을 제안한다.

본 제안한 방법의 특성은 다음과 같다. 장면의 종류는 자료량이 변화하는 형태를 전역적인 관점에서 예측함수를 선택하고, 선택된 함수 내에서 물체의 이동과 동작에 따라 세부적인 변화량을 예측하는 방법이다. 장면의 종류는 학습과정에서 적절히 결정된다. 그러나 장면별 특성을 나타내는 함수를 생성하는 것은 세부적인 예측 방법과 관련하여 해결하여야 한다.

세부적인 자료량을 예측하기 위하여 본 논문에서는 뛰어난 예측력으로 다양한 분야에서 활용되고 있는 칼만필터를 사용한다. 따라서 장면의 종류별 특성을 나타내는 함수는 칼만필터에 사용되는 인자값들로 구성된다. 그림 1은 제안하는 방법의 전체적인 구성도이다.

그림 1에서 장면전환을 검출하는 방법은 영상 도메인과 압축 도메인에서 다양하게 연구되고 있



(그림 1) 제안하는 방법의 전송률 예측 방법

다[15]. 본 논문에서는 MPEG 비디오의 장면전환을 빠르게 검출하기 위해서 압축 도메인에서의 장면전환을 검출하는 방법들 중에서 비교적 성능이 우수한 것으로 알려진 Yeo 와 Liu[16]가 제안한 방법한 방법을 사용한다. 이 방법은 DC 계수만을 사용하여 장면전환을 검출하는 것으로 구체적인 절차는 다음과 같다. DC 프레임 f_m^{DC} 는 모든 프레임에 대해서 만들어 진다. MPEG의 I 프레임에 대한 DC 계수는 각 블록에서 직접 얻을 수 있으며 P와 B 프레임에 대한 DC 계수는 추정하여 구한다. 식 (1)의 DC 프레임 f_m^{DC} 과 f_n^{DC} 차이의 합이 두 프레임간의 유사성을 측정하는데 사용된다. 프레임의 차이를 조사하기 위해서 슬라이딩 윈도우를 사용한다.

$$D(f_m^{DC}, f_n^{DC}) = \sum_{i=1}^{X/8} \sum_{j=1}^{Y/8} |f_m^{DC}(i, j) - f_n^{DC}(i, j)| \quad (1)$$

$f_m^{DC}(i, j)$ 는 블록(i,j)의 DC 계수이다. 장면전환 검출은 $D(f_m^{DC}, f_n^{DC})$ 이 대칭적 슬라이딩 윈도우내에 최대값을 갖고 $D(f_m^{DC}, f_n^{DC})$ 이 윈도우내에 두 번째로 큰 최대값의 2배 이상이면 f_m 과 f_n 사이에 장면전환이 있다고 판단한다. 칼만필터를 통한 전송률 예측은 다음 절에서 상세히 설명한다.

3. 칼만필터를 통한 전송률 예측

이 절에서는 장면전환 정보에 따라 전송률을

예측하기 위한 칼만필터에 대해서 설명한다. 칼만필터에 의해 예측된 시스템의 상태는 GoP크기의 변화량을 예측하기 위해 사용된다. 이를 위한 칼만필터의 특성을 기술하면 다음과 같다. 먼저 칼만필터의 상태 모델의 상태벡터와 상태전이행렬을 정의한다. 비디오 자료의 전송률을 예측하기 위하여 GoP의 크기를 예측하고자 할 때 시스템의 상태벡터를 식 (2)와 같이 정의 한다.

$$s(t) = \begin{pmatrix} q(t) \\ q'(t) \\ q''(t) \end{pmatrix} \quad (2)$$

여기서 $q(t)$ 는 시점 t에서의 GoP의 크기를 의미하고 $q'(t)$ 는 $q(t)$ 의 시간에 대한 1차 변화율인 속도를 의미한다. 그리고 $q''(t)$ 는 $q(t)$ 의 시간에 대한 2차 변화율인 가속도를 의미한다. GoP 크기가 일정하지 않는 비선형성을 가지고 있기 때문에 시간의 변화에 따른 변화율의 차수는 식 (2)와 같이 2차 변화율까지 포함하여 상태 모델을 정의 한다. 이러한 상태모델은 시스템의 시간에 따른 2차 변화율인 가속도를 고려하여 예측을 수행할 수 있기 때문에 1차 변화율인 속도만을 고려할 때 보다 더욱 정확하게 예측을 수행할 수 있다. 상태 모델을 구성하는 또 하나의 중요한 요소인 상태전이행렬은 식 (3)과 같이 정의 할 수 있다.

$$\Phi(\Delta t) = \begin{pmatrix} 1 & \Delta t & \Delta t^2 \\ 0 & 1 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

상태전이행렬은 시스템의 상태벡터를 시간의 변화에 따라 전이시켜주는 역할을 하는 행렬이다. 따라서 시점 t에서의 GoP의 크기는 시점 $t - \Delta t$ 에서의 GoP의 크기에 속도와 가속도를 반영하여 계산될 수 있고 시점 t에서의 GoP의 크기의 변화정도는 시점 $t - \Delta t$ 에서의 속도와 가

속도를 이용하여 계산될 수 있다. 즉, 상태벡터에 상태전이행렬을 곱하면 식 (4)와 같은 결과가 된다.

$$\begin{aligned} q(t) &= q(t-\Delta t) + q'(t-\Delta t) \cdot \Delta t + q''(t-\Delta t) \cdot \Delta t^2 \\ q'(t) &= q'(t-\Delta t) + q''(t-\Delta t) \cdot \Delta t \\ q''(t) &= q''(t-\Delta t) \end{aligned} \quad (4)$$

시스템의 측정모델을 설계하기 위해서는 측정벡터와 관찰행렬을 설계한다. 측정벡터는 시스템의 상태벡터 중에서 외부적으로 측정이 가능한 행렬을 말하는 것으로 GoP의 크기가 측정 벡터의 요소가 된다. 따라서 식 (5)와 같이 정의한다.

$$m(t) = (q) \quad (5)$$

관찰행렬은 상태벡터로부터 측정벡터를 추출하기 위해 사용되는 행렬이기 때문에 상태 벡터와 측정 벡터의 구조에 의해 식 (6)과 같이 정의한다.

$$H(t) = (1, 0, 0) \quad (6)$$

칼만필터 정의에 따른 예측 알고리즘은 초기화, 상태예측, 측정갱신의 세 단계로 이루어진다. 초기화 단계에서는 가장 먼저 칼만필터의 구조를 설정하고 초기화 한다. 초기화는 장면전환이 급진적으로 변화되어질 때에 수행하게 된다. 상태예측 단계에서는 시점 $t - \Delta t$ 에서의 갱신된 상태벡터로부터 시점 t 에서의 예측된 상태벡터를 상태전이를 통해 식 (7)과 같이 예측한다.

$$\begin{aligned} \hat{s}^-(t) &= \Phi(\Delta t)\hat{s}(t-\Delta t) \\ P^-(t) &= \Phi(\Delta t)P(t-\Delta t)\Phi^T(\Delta t) + Q(t-\Delta t) \end{aligned} \quad (7)$$

$\hat{s}^-(t)$ 는 시점 t 에서 상태전이를 통해 예측된 상태벡터를 의미한다. $\hat{s}(t-\Delta t)$ 는 $t - \Delta t$ 에서

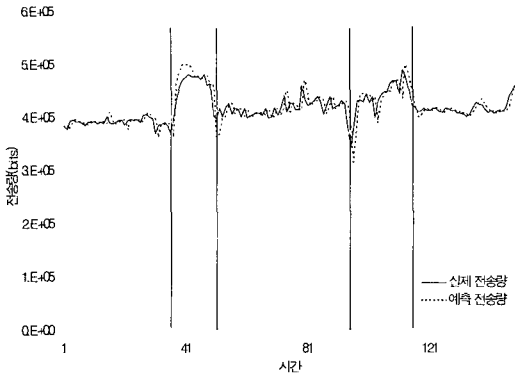
갱신된 최적의 상태벡터를 의미한다. $P^-(t)$ 는 시점 t 에서 예측된 시스템 상태에 대한 공분산 행렬을 의미한다. 그리고 $P(t-\Delta t)$ 는 시점 $t - \Delta t$ 에서의 시스템 상태에 대한 공분산 행렬을 말한다. $Q(t-\Delta t)$ 는 시점 $t - \Delta t$ 에서의 예측 오류에 대한 공분산 행렬이다. 측정갱신 단계에서는 정확한 시스템의 측정벡터가 입력되면 이를 바탕으로 상태예측 단계에서 예측된 측정벡터와 실제 측정된 벡터사이의 오차를 계산하여 시스템이 상태를 갱신한다. 식 (8)은 이러한 과정을 보여준다.

$$\begin{aligned} K(t) &= P^-(t)H^T(t)(H(t)P^-(t)H^T(t) + R(t))^{-1} \\ \hat{s}(t) &= \hat{s}^-(t) + K(t)(m(t) - H(t)\hat{s}^-(t)) \\ P(t) &= (I - K(t)H(t))P^-(t) \end{aligned} \quad (8)$$

$K(t)$ 는 시점 t 에서의 칼만 이득을 나타내고, $R(t)$ 는 측정 오류에 대한 공분산 행렬을 나타낸다. 그리고 $\hat{s}(t)$ 는 시점 t 에서의 갱신된 상태 벡터를 나타낸다.

4. 실험 및 결과

이 절에서는 비디오 데이터의 전송률 예측을 위한 GoP 크기에 대해서 실험을 수행하고 칼만 필터의 효과를 보인다. 실험을 위하여 사용한 프로그래밍 언어는 Visual C++ 6.0이며 컴퓨터는 Pentium III 450MHz PC이다. 실험에 사용한 비디오 데이터는 MPEG 1으로 압축된 뉴스와 뮤직 비디오를 사용하였다. 원 영상의 P 프레임 사이의 간격은 3이고 I 프레임 사이의 간격은 12이다. 영상의 크기는 352x240이다. MPEG으로 압축하기 위해서 상용 소프트웨어를 사용하였으며 비디오의 압축 비트율은 1.15Mbps이다. 픽처 그룹 분류의 정확성을 측정하기 위해서 I 프레임의 DC 영상을 사용하였다. 테스트 데이터를 만들기 위해

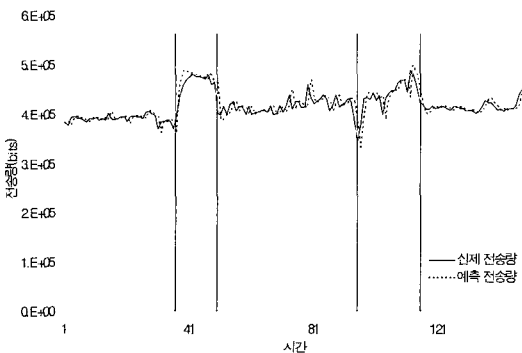


(그림 2) 장면전환 정보를 사용하지 않는 경우의 전송량 예측

서 이전과 현재의 I 프레임이 개발자가 확인하면서 분류하였다. 실험에 사용된 비디오 데이터는 뮤직 비디오, 뉴스, 드라마의 세 종류로서 911개의 I 프레임을 테스트 데이터로 사용하였다.

그림 2는 장면전환 정보를 사용하지 않고 실험을 수행한 결과를 나타낸다. 수직선은 장면전환이 발생한 곳이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 장면전환 정보를 사용하지 않는 경우에는 장면전환 이전에 상태 벡터를 그대로 사용하기 때문에 많은 오차의 예측이 발생하며 그 결과 예측의 오류가 전파되어 정확한 전송량 예측을 위해 많은 시간이 필요함을 알 수 있다.

그림 3의 장면전환 정보를 사용하는 경우는 급진적 장면전환시 칼만필터의 초기화로 인해 최초



(그림 3) 장면전환 정보를 사용한 경우의 전송량 예측

(표 1) 전송량 예측 결과

비디오 데이터	총 I 프레임개수	인식결과 (%)	전송량 예측(%)	
			A	B
뮤직비디오	165	97.8	96.2	94.3
뉴스	324	98.7	97.5	95.1
드라마	422	98.3	96.9	94.5

올바른 예측이 이루어지고 있지 않지만 초기화 예측 후 벡터 갱신에 의해서 곧바로 실제 전송량에 예측결과가 수렴하고 있는 것을 볼 수 있다.

표 1은 실험 결과를 정리한 것으로 A는 장면전환정보를 사용한 경우이며 B는 그렇지 않은 경우를 나타낸다. 실험결과를 보면 장면전환정보를 사용한 경우가 장면전환 정보를 사용하지 않을 때보다 높은 전송량 예측률을 보이는 것을 확인할 수 있다. 장면전환 정보를 사용한 경우는 급진적 장면전환이 발생한 때에 칼만필터를 초기화하고 갱신함으로 전송량 예측율이 원래의 전송량에 빠르게 수렴하였으나 장면전환정보를 사용하지 않는 경우는 초기화 없이 갱신만으로 전송량을 예측하므로 원래의 전송량에 수렴하기 위해서는 더 많은 오류율과 수렴시간이 지연되어지는 것을 알 수 있다. 또한 장면전환이 빈번히 일어나는 경우에는 장면전환 정보를 사용하는 것과 관계없이 비슷한 전송량 예측율을 보였는데 그 이유는 계속적인 초기화와 갱신으로 예측이 어렵기 때문이다.

실험 결과에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안하는 장면전환 정보를 이용한 전송량 예측방법은 일반적으로 전송량 예측 방법에 비해서 사전에 장면전환 정보가 인식된 상태에서 전송량을 예측하기 때문에 기존의 방법에 비해서 고속일 뿐 아니라 오류율을 줄여 높은 전송 예측율을 갖는다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 ATM 네트워크에서 긴 지연이

나 초과손실을 피하기 위해서 실시간 MPEG 비디오의 전송 제어를 위한 칼만필터를 기반으로 하는 전송량 예측방법을 제안하였다. 제안한 방법은 장면전환 검출부와 전송량 예측부로 구성되어 있다. 장면전환 검출부는 MPEG 비디오 스트림을 GoP단위로 장면전환을 분류한다. 압축 도메인에서 장면의 특성을 분류할 수 있기 때문에 고속으로 처리되어진다. 또한 전송량 예측부는 분류된 장면의 특성에 따라 정확한 전송량을 예측하기 위해서 칼만필터를 사용하였다. 사전 정보가 없이 전송량을 예측하는 것보다 장면에 대한 정보를 이용하는 것이 전송량을 예측하는 데에 훨씬 효과적이라고 하는 것을 실험을 통해서 보였다. 발생된 전송량 예측 오류는 칼만필터의 예측 오류와 장면전환의 예측 오류로 나누어 질 수 있다. 특히 장면전환 특성은 전송량 예측부에 입력으로 사용되어 지는 것으로 전체 전송량 예측의 성능을 좌우하므로 다양한 장면전환 방법들의 실험이 필요하며 장면전환 특성 검출 알고리즘에 따라 전송량 예측률은 향상되어질 수 있다. 본 연구의 결과는 비디오 서버에서 요청된 비디오 자료를 검색하는 스케줄러와 ATM 교환기에서 트래픽을 제어하는 분야에 활용될 수 있다.

참고 문헌

[1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Information Technology-Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at up to about 1.5Mbit/s, International Standard 11172 Part 1 ~ Part 5, 1993.

[2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Information Technology-Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information, International Standard 13818 Part 1 ~ Part 5, 1996.

[3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Multimedia

Content Sescription Interface, Final Draft International Standard N4674 Part 1~Part 8, 2002.

[4] 손성훈, 고건, "비디오 서버를 위한 가변 비트율 비디오 데이터의 검색", 한국정보과학회 논문지(A) 제 25권 제 2호, 1998.

[5] Ibrahim Habib and Tarek Saadawi, "Dynamic bandwidth control in ATM networks", Computer Communications, Vol. 22, 1999.

[6] Danny H. K. Tsang, Brahim Bensaou, and Shirley T. C. Lam, "Fuzzy-Based Rate Control for Real-Time MPEG Video", IEEE Transactions on Fuzzy System, Vol. 6, No. 4, November 1998.

[7] Mark R. Piackering, and John F. Arnold, "A Perceptually Efficient VBR Rate Control Algorithm", IEEE Transactions on Image Processing, Vol 3. No. 5, September 1994.

[8] D. P. Heyman and T. Lakshman, "Source models for VBR broadcast-video traffic", IEEE/ACM Trans. Networking, vol. 4, pp. 40-48, Feb. 1996.

[9] A. R. Reibman and B. Haskell, "Constraints on variable bit rate video for ATM networks", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 2, pp. 361-372, Dec. 1992.

[10] H. Heeke, "A traffic control algorithm for ATM networks", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 3, pp. 182-189, June 1993.

[11] R. Coelho and S. Tohme, "Video coding mechanism to predict video traffic in ATM network", in IEEE GLOBECOM'93, Houston, TX, pp. 447-451, Dec. 1993.

[12] M.R. Pickering and J.F. Arnold, "A per-

- ceptually efficient VBR rate control algorithm", *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 527-532, Sept. 1994.
- [13] M. Hamdi and J. W. Robert, "QoS guarantees for shaped bit rate video connections in broadband networks", in *Proc. Int. Conf. Multimedia Networking*, Azu- Wakamatsu, Japan, Sept. 1995.
- [14] Danny H. K. Tsang and B. Bensaou and Shirley T. C. Lum, "Fuzzy-Based rate Control for Real-Time MPEG Video", *IEEE Trans. Fuzzy Systems*, vol. 6, no. 4, Nov. 1998.
- [15] M. K. Mandal, F. Idris, S. Panchanathan, "A critical evaluation of image and video indexing techniques in the compressed domain", *Image and Vision Computing*, vol. 17, pp. 513-529, 1999.
- [16] B. L. Yeo, B. Liu, "rapid scene analysis on compressed video", *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 5, pp. 533-544, Dec. 1995.

◎ 저자 소개 ◎



이 근 수

1983년 숭실대학교 전자계산학과 졸업(학사)
1988년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(석사)
1993년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(박사)
1992년~1993년 군산대학교 컴퓨터학과 교환교수
2003년~2004년 George Mason University 전자계산학과 객원교수
1989~현재 한경대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 패턴인식, 퍼지이론, 컴퓨터비전, 지식기반시스템, 동작이해, 비디오검색 etc.
E-mail : kslee@hnu.hankyong.ac.kr



김 원

1988년 숭실대학교 전자계산학과 졸업(학사)
1993년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(석사)
1997년 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(박사)
1993년~1995년 숭실대학교 전자계산학과 시간 강사
1995년~현재 전주기전여자대학 실용예술학부 교수
관심분야 : 멀티미디어 통신, 멀티미디어 저작권 보호 etc.
E-mail : wkim@kijeon.ac.kr