

논문96-1-2-02

# 영상 검색 시스템을 위한 다해상도 영상 검색 브라우징 방법과 최적화

박 대 철

## Multiresolution Image Browsing Techniques and Optimization for Image Retrieval System

Daechul Park

### 요 약

영상 검색 시스템에서 공유망이나 저속 링크망같은 통신망을 사용해 영상 DB를 조회하여 목표 영상을 결정하려는 경우 고화질 영상을 전송하게 되는 경우 전송 지연과 같은 문제점을 극복하기 힘들다. 본 논문에서는 다해상도의 영상 표현과 점진적 전송 방법을 통해 영상 검색 시스템의 성능 향상을 위한 브라우징 방법과 최적화 방법을 제안하였다. 제안된 통계적 모델 분석과 성능에 대하여 모의 실험을 통하여 성능 평가를 수행하였다. 여러 중간 해상도 계층을 사용하는 사용자-시스템간 대화형에의한 검색 시스템은 단일 하위 계층을 사용하는 것보다 전송 지연 시간 측면의 큰 이득을 얻을 수 있음을 보였다.

### Abstract

In case of remote image retrieval via shared network or low speed link in order to make a decision for target image problems such as transmission delay are encountered. In this paper browsing and optimization techniques are proposed for fast retrieval of image by the multiresolution representation and progressive transmission. The proposed network model was analyzed and evaluated for system's performance improvement. Interactive user-system using several multiresolution representation has shown better performance in transmission delay minimization over the single resolution image retrieval system.

### I. 서 론

원격지에 있는 방대한 영상 데이터 (혹은 영상 데이터 베

이스)를 주어진 전송망(특히 저속 링크망)을 통하여 액세스하고자 할 때 대상이 되는 영상/비디오 데이터 집합을 무작위 순으로 액세스가 되며 사용자가 원하는 정보를 검색하려면 카테고리화된 영상/비디오 데이터라 할지라도 최종 원하는 목표영상을 얻기까지 여러차례 검색 시도를 수행하게 된다. 이때 발생될 수 있는 문제는 조회시마다 고화질 영상(혹은 단일 해상도의 전체 영상)을 사용자와 원격 영상 DB 엔진간에 송수신하려면 컴퓨터 프로세싱 시간과 전송 지연 부담으로 인해 시스템 성능에 영향을 미치게 된다. 이같은

한남대학교 정보통신공학과

Dept. of Information Communication & Engineering Han-Nam University

※이 논문은 1995년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

상황은 사용자가 특히 저속 (혹은 공유) 링크망에 접속되어 액세스하려는 경우 전송지연이 검색 시간의 대부분을 차지하게 된다든지 혹은 통신시 서비스 품질 (quality of service (QoS)) 요구사항 즉 대역제한, 디스플레이 해상도 지원 제한과와도 같은 전송망과 사용자간의 절충이 필요한 경우에 발생될 수 있다.

영상 정보 검색 시스템 시스템에 관련된 기술은 크게 3개의 주요부분으로 나뉘어 생각해 볼 수 있다.

(1) 영상 DB 탐색 방법 : 사용자 요구사항에 맞춰 DB 관리자는 가능한 근접한 후보 영상 콜렉션을 정의해주는 과정이다. 탐색 혹은 인덱싱(indexing)을 위한 특징점 추출 방법이 필요하게 된다.

(2) 저장 디스크 어레이 구조 설계의 최적화 : 여러 사용자, 실시간 처리를 위한 고속 저장 디스크 구조 설계는 비디오(혹은 DB) 서버의 성능을 좌우하게 된다.

(3) 다해상도 영상/비디오의 표현 및 브라우징 방법 : 사용자는 여러개의 영상/비디오 클립 콜렉션으로부터 원하는 정보를 시각적으로 표현하며 선택하는 과정으로 전송망과 특성에 맞는 코딩 방법이 필요하다.

후자의 단계에서 영상은 원격지의 사용자에게 질의한 영상을 디스플레이해 주기 위해 다해상도 소스 코딩방법, 동적(dynamic) 비트율 제어 방법등이 필요하게 된다. 따라서 제한된 채널 용량, 전송 지연 제약 하에서 대용량의 데이터를 효율적으로 검색하려면 망과 연결된 사용자측에서 영상 데이터의 브라우징 방법이 해결되어야 한다. 브라우징 단계에서는 영상의 질적인 면보다는 사용자-시스템간 지연에 대한 성능향상을 가져다 줄 수 있는 다해상도 영상 브라우징 방법이 적합하다고 볼 수 있다. 전송 지연의 개선을 위해서는 영상의 압축, 저장 및 전송에 유리한 구조를 제공할 수 있어야 하고 디스플레이도 해상도별로 호환성을 갖으며 시각적 데이터의 인덱싱을 용이하게 할 수 있어야 한다. 영상 검색 시스템의 성능향상을 위해서는 크게 3가지 면에서의 개선을 시도해야 한다. 즉 (1) 영상/비디오 DB 계산 자원의 개선, (2) 통신 자원의 개선, (3) 사용자측 계산 자원의 개선등이다. 본 논문에서는 영상 DB 조회시 브라우징 단계를 다해상도의 표현 방법을 사용해 DB 탐색 단계의 성능에 영향을 미치지 않고 다해상도 영상 검색시스템의 성능 향상 방법을 탐구하고자 한다. 특히 최종 목표 영상을 조회하는 동안 발생하는 전체 전송 지연의 최소화를 위한 다해상도 영상 검색 시스템 모델 분석과 주어진 전송 지연 제약 조건하에서 적합 해상도 계산을 최적화하는 방법을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 다해상도 영상 DB 정보의 검색 시스템에 대한 전반적인 내용을 설명하고 III 장에서는 제안된 시스템의 모델링과 성능 분석 방법을 설명하였고 IV 장에서 모의 실험 결과를 통해 성능 평가를 수행

하였다. 마지막으로 V장에서 제안된 방법의 응용과 장단점을 간략히 언급하였다.

## II. 영상 DB 정보의 검색 시스템

### 1. 다해상도 영상 정보 처리와 검색

시각적 내용에 기초한 영상 DB 검색 시스템에서 사용자는 원하는 원격지 영상 혹은 비디오 클립을 공유망이나 전용망을 통해 사용자측 브라우저(browser)로 전달받게 된다[1, 2]. 일반적으로 단일 해상도의 경우 방대한 량의 영상/비디오 클립을 최종 화질 해상도로 전송망을 통해 송신되게 된다. 이같은 상황에서 발생될 수 있는 전송지연, 디스플레이 해상도, 저속링크망의 채널 대역 제한성 등을 고려하여 브라우징 방법을 다해상도로 표현할 수 있도록 소스 영상을 다해상도 압축이나 점진적 전송 코딩 방법에 의해 비트율을 조절함으로써 영상 정보의 검색 시스템의 성능 향상을 가져오게 할 수 있다.

기존의 다해상도 영상 코딩에 대한 비트를 할당 문제에서는 각 영상 계층에 화질을 극대화하기 위해 비트를 최적으로 할당하는 연구가 진행되었지만 우리의 경우 최적 비트율 할당에 의한 단일 해상도 영상의 개선이 아니라 전송망을 통한 브라우징 단계에서 비트 할당을 최적화함으로써 전체 영상 검색 시스템의 성능 향상을 시도하려는 것이다.

다해상도 영상 코딩 기법으로는 서브밴드 코딩, 웨이브릿 변환 코딩, 점진적 DCT코딩[3,4]등 많은 연구가 이루어 졌다. 고품질 방송용 코딩 방법은 최근 MPEG-2[5]에서 연구가 이루어져 표준화가 이루어졌다. 본 논문에서는 그림 1에 보인 다해상도 영상 검색 시스템에서 대화형 사용자-시스템간의 관련 변수의 조정에 의한 다해상도 브라우징 방법과 네트워크 모델링에 의한 시스템의 동적(dynamic), 정적(static) 성능 개선 방법을 살펴보고자 한다.

그림 1에서 브라우징 단계의 시작점에서 사용자는 저해상도 영상인 "저해상도(coarse)" 영상 셋(set)으로부터 최종 목표 영상을 선택하기까지의 일련의 조회가 시작되어 저해상도 영상 검색, 필요한 경우 선택을 확실히 하기 위해 더 높은 다음 단계의 해상도의 추가 정보를 전송받아 보며 검색을 진행해 나간다. 이때 사용자는 "저해상도"와 추가정보에 의해 합성해나가는 "고해상도(fine)"간의 비트율 조절을 통한 절충을 이행하게 된다. 즉 중간 단계의 해상도가 매우 높은 해상도라면 (결과적으로 높은 비트 할당이 요구됨) 사용자는 검색중인 영상을 수락할 것인가에 대한 결정을 쉽게 내릴 수 있지만 수락할 수 없는 영상을 검색했다면 지금까지의 전송 비용은 높게 된다. 역으로 중간 단계 해상도가 낮은 경우라면 (결과적으로 낮은 비트율 할당에 해당) 최종 목표 영상에 대한 결정은 용이하지 않지만 원하지 않는 영상을 선택

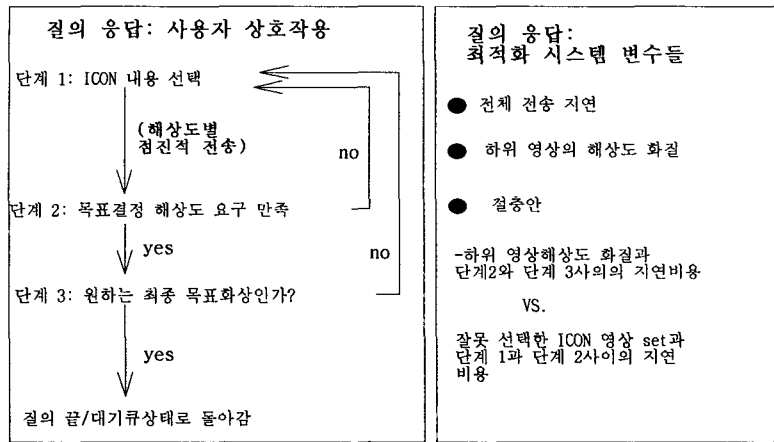


그림 1. 다해상도 영상 검색 시스템 : 대표적인 사용자-시스템간 변수 관계  
Fig. 1. Multiresolution image retrieval system: typical user-system parameters relation

한데 들어간 비용은 평균적으로 볼 때 상대적으로 낮게 될 것이다.

다해상도로 표현된 영상/비디오 데이터의 효율적인 검색을 위해서는 최종 목표 영상을 얻기까지의 반응 시간과 전송 지연을 고려한 비용 최적화를 유도해야 한다. 그림 1의 대표적인 사용자-시스템간의 작용을 보면 단계 2에서 단계 1로 혹은 단계 3에서 단계 1로 재 질의 요청을 하게된다든지, 단계 2에서 단계 3으로 이동할 때 사용자-시스템간 반응 시간에 영향을 미치게 된다. 다해상도로 표현 (혹은 압축)된 각 영상 마다 특정한 비트율-왜곡(rate-distortion)(줄여서 RD)특성을 갖는다. 예를들어 이 RD 특성에 맞춰 전송 망을 통해 영상을 질의를 통해 검색하는 경우 저해상도에  $\alpha_0 B \text{ bits/image}$ 를, 추가정보에  $(1-\alpha_0)B \text{ bits/image}$ 를 할당한다면 주어진  $\alpha_0$ 값에 대해 사용자가 최종 목표 영상을 얻기까지의 평균 반응 시간 (혹은 전송 지연)을 최소화함으로써 시스템의 성능을 개선시킬 수 있다. 먼저 폐쇄 큐잉 네트워크 (closed queueing network) 모델에 대한 시스템 모델을 설정하고 해상도에 따른 이  $\alpha_0$ (단일 하위해상도인 경우 1개의 변수만 존재)값을 최적화하고 주어진 영상 DB의 통계적 특성에 따라 최적의 해상도를 찾아냄으로서 사용자에서의 평균 반응 시간을 최소화 할 수 있다.

2. 다해상도 브라우징 방법

영상이나 비디오 데이터가 다해상도 표현(혹은 코딩)을 제공해 줄 수 있는 알고리즘을 사용하는 것이 사용자-시스템 상호 작용에 의한 점진적 영상 검색 시스템에서는 바람직하다[6]. 웨이브릿 변환 코딩은 공간 해상도와 화질 해상도

에따른 다단계 해상도 영상 DB구축이 용이하기 때문에 점진적 양자화 방법에 따라 계층적으로 실현하기에 좋은 구조를 제공해준다. 여기서는 점진적 화질 다해상도 (공간해상도는 고정) 브라우징 방법을 채택하여 영상 DB를 구축하는 경우에 대하여 그림 2에 비트율-왜곡 척도상에서 화질 다해상도 영상 표현을 기술하였다. 해상도별 화질에따른 ( $R_i, D_i$ ) 값에 따라 결정된다.

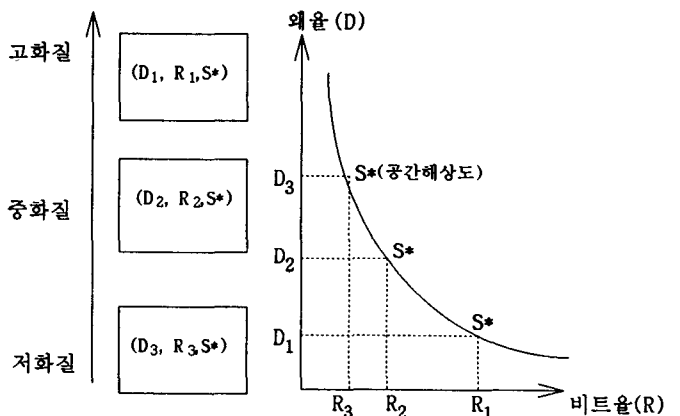


그림 2. 동일 공간 해상도를 갖는 다해상도 영상의 왜율-비트율에 따른 표현

Fig. 2. Multiresolution image representation in a rate-distortion sense with the same spatial resolution

검색 과정은 그림 1에 보인바와 같이 단계 1에서 아이콘 영상의 하나를 선택하여 저해상도 영상이 사용자 브라우저에

디스플레이 되며 사용자는 단계 2에서 주어진 저해상도 영상을 보고 단계 1로 되돌아 가든지 아니면 단계 3으로 진행할 것인가를 결정해야 한다. 단계 2에서는 저해상도 영상의 화질이 목표 영상을 결정하기에 너무 부족하거나 더 높은 화질의 영상을 검색하려면 단계 3으로 이동하게 되고  $\alpha B$  비트 정보량에 의한 영상이 목표 영상이 아니라고 판단되면 단계 1로 되돌아 간다. 적절한 후보 영상이 선정될 때까지 이 과정은 반복될 수 있다. 단계 3에서는 이렇게하여 선택된 영상이 충분한 화질을 갖고 있지만 찾고자하는 목표 영상이 아니라면 다시 시작점인 단계 1로 되돌아가고 그렇지 않고 원하는 목표 영상이면 수락하고 질의를 종료하고 빠져나오는 과정으로 구성되어 있다.

### 3. 다해상도 영상 검색 시스템의 모델링

다해상도 영상 브라우징 시스템의 기본 목적은 빠른 속도로 영상의 "저해상도"정보를 먼저 액세스함으로써 사용자가 상호 작용중 전체의 "고해상도" 영상을 수신할때까지 기다릴 필요 없이 임의의 지점에 원하는 목표 영상 검색이 이루어지면 종결 시켜 시스템 전체의 전송 지연을 최소화하는데 있었다.

본 영상 검색 시스템의 모델링 관점에서 영상 코딩 방식을 다해상도로 부호화하여 추가정보만을 점진적 전송이 가능하도록 설계되었다고 본다. 가령 2개의 해상도(즉 저해상도와 고해상도)를 갖는 경우의 예를 살펴보면 브라우징 단계의 초기에 영상 전체 비트가운데  $\alpha B, 0 \leq \alpha \leq 1$  정보를 저해상도로 코딩하여 전송하고 이 정보만을 사용하여 저해상도 영상을 재생한다. 나머지  $(1-\alpha)B$  비트의 추가 정보는 사용자가 요구시 전송되어 이미 수신된 저해상도 영상과 결합하여 고해상도 영상을 재생시키는데 사용되어진다. 여기서 해결해야 할 문제중의 하나는 점진적 전송을 제공해주는 영상의 각 해상도에 따라 얼마 만큼의 비트를 할당함으로써 영상 검색 시스템의 성능을 최적화 시킬 수 있는가에 있다. 따라서 다해상도 영상 검색 시스템 모델에서 설정해야할 문제는 다음과 같이 기술할 수 있다.

"최종 목표 영상을 찾기까지 질의 과정 동안 (사용자와 시스템측의) 전체 전송 지연을 최소화하기 위해 점진적 다해상도 영상 코딩시 어떻게 최적 비트 할당을 하며 다해상도 영상 DB 액세스에 있어 주어진 전송 지연 제약 조건하에서의 최적 해상도는 어떻게 결정해야 하는가이다."

다해상도 영상 검색 시스템에대한 시스템 모델은 그림 3에 보였다. 해석을 간단히 하기 위하여 저해상도의 영상 데이터량의 백분율을  $\alpha$ 로 표기하고 모든 영상은 같은 변수  $\alpha$ 를 사용하여 부호화되었다고 가정한다.

$P(\alpha)$ 를 전체 비트의  $\alpha\%$ 를 사용하여 재생한 영상의 화질로부터 올바른 목표 영상에대한 결정을 내리기에 충분한 확

률을 나타낸다고 하자. 또 사용자측 브라우저의 아이콘 셀로부터 선택한 영상이 최종 목표 영상중의 하나가 될 확률을  $P(t)$ 라고 하자. 목표는 평균 반응 시간 (즉 사용자가 요청하고나서 목표 영상을 얻기까지의 평균 검색 시간)을 최소화하는  $\alpha$ 의 최적치  $\alpha^*$ 를 찾는 것이다. 질의시 연속적 점진적 단계간에 천이(transition) 확률을 할당함으로써 사용자 상호작용을 모델링 한다.

그림 3의 단계 2에서 단계 1로 천이할 경우는 (수신된) 영상이 충분한 화질을 제공하지만 목표 영상이 아니라고 판단 될 때 발생한다.  $P(\alpha)$ 와  $P(t)$ 는 통계적으로 독립이라고 본다. 그러면

$$1-p = P_{21} = (1-P(t)) \cdot P(\alpha) \tag{1}$$

단계 2에서 단계3으로 천이할 경우는 (수신된) 영상이 불충분한 화질을 제공하게 되거나 목표 영상일 것이라는 판단을 내려 좀더 자세한 고해상도 정보를 얻으려고 하는 경우에 발생한다. 따라서

$$p = P_{23} = 1 - P(\alpha) + P(t)P(\alpha) \tag{2}$$

마지막으로 단계 3에서는 최종 해상도에서 올바른 목표 영상을 선택했다고 판단하면 질의를 종료시키고 ( $P_{3e}$ ) 대기 상태로 돌아가게 되고 그렇지 않고 원하지 않는 목표 영상이라고 판단되면 단계 3에서 단계 1로 되돌아 가게 된다( $P_{31}$ ). 따라서 이 경우 확률 계산은 단계 2에서 단계 3으로 천이되는 사건이 조건으로 주어 졌을 경우에 해당되므로 베이즈(Bayes)법칙을 적용하여 정리하면

$$\begin{aligned} P_{31} &= 1 - q = P(\text{non-target 사건} \mid \text{단계2} \rightarrow \text{단계 3 사건}) \\ &= \frac{P(\text{단계2} \rightarrow \text{단계 3 사건} \mid \text{non-target 사건})P(\text{non-target 사건})}{P(\text{단계2} \rightarrow \text{단계3 사건})} \\ &= \frac{(1-P(\alpha)) \cdot (1-P(t))}{P_{23}} \end{aligned} \tag{3}$$

따라서  $P_{3e}$ 는

$$P_{3e} = q = \frac{P(t)}{1 - P(\alpha) + P(t)P(\alpha)} \tag{4}$$

확률 계산에 있어 주어진 영상 DB에 대하여 경험적으로 영상 셀으로부터 확률  $P(\alpha)$ 를 결정해야할 것이다. 실제로는 주어진 영상 DB 셀에서 비트율-왜율척도상에서 비트율과 왜율 함수를 추정하여 비트율에 따른 왜율 문턱치 계산을 수행하여  $P(\alpha)$ 를 설정해야 할것이지만 본 논문에서는

$$P(\alpha) = 1 - (1-\alpha)^m \tag{5}$$

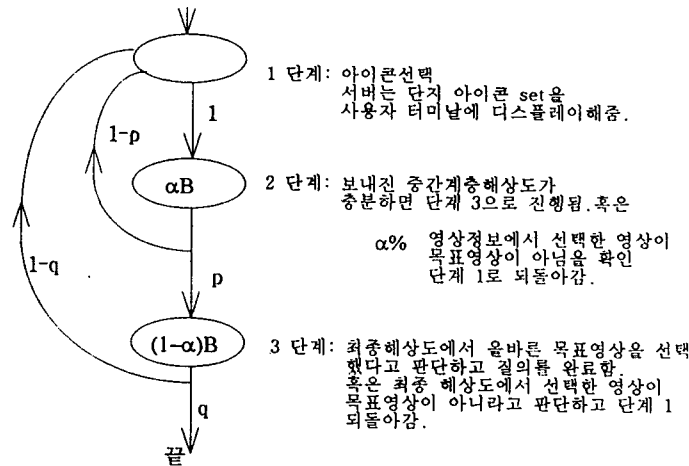


그림 3. 다해상도 영상 검색 시스템에대한 통계적 시스템 모델링  
Fig. 3. Probabilistic system modeling for multiresolution image retrieval system

의 형태로 주어지는 확률 모델에대하여 시스템 성능을 평가하고자 한다. 이같은 확률 함수 모델은 그림 4에서 처럼 일반적인 비트율-왜곡(Rate-Distortion)특성을 고려할 때 타당한 확률 모델을 제공한다고 볼 수 있다.

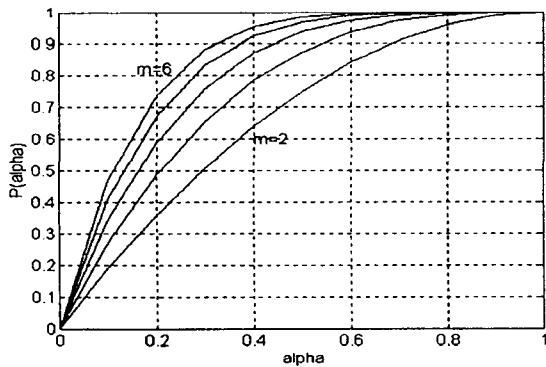


그림 4. 여러 m값에따른 확률 함수 모델 P(alpha)  
Fig. 4. Probability function model P(alpha) for several m values

### III. 시스템의 성능 분석

#### 1. 폐쇄 큐잉 네트워크 모델에의한 시스템의 동적 해석

시스템에 있는 M사용자가 통신 자원은 공유하지 않고 다만 DB의 계산 자원만을 공유한다고 가정하자. 시스템상에서 사용자는 단일 서버를 사용하기 때문에 시스템이 대기 상태 일때만  $\lambda$ 의 비율로 DB 액세스 요청을 보낼 수 있다고 하자.

한 영상의 평균 크기를  $1/\mu_0$ , 한 사용자가 질의를 하여 그림 3의 단계 1에서 대기하기까지의 평균  $1/\mu_1$ 의 지연 시간이 발생한다고 가정하자. 또한 다루어지는 영상 DB가 충분히 크므로 올바른 목표 영상을 얻을 확률  $P(t)$ 는 영상 수에 제약 받지 않는다고 가정한다.

시스템을 4개의 큐(Que)를 갖는 폐쇄 큐잉 네트워크로 그림 5와 같이 모델링한다. 첫 번째 큐는 질의를 위해 큐에 대기하고 있는 사용자를 저장하고 있다. 나머지 큐는 그림 3의 통계적 시스템 모델에 해당된다. 간단히하기 위하여 영상 크기와 계산 지연이 각각 평균  $1/\mu_0, 1/\mu_1$ 를 갖는 지수 함수적으로 분포되었다고 가정한다.

단계 1에 있는 모든 사용자  $i_1$ 은 계산 자원을 공유해야하므로 한 사용자에게 대한 처리율은  $\mu_1/i_1$ 이되며 단위 사용자당 처리율로 보면  $i_1(\mu_1/i_1) = \mu_1$ 이 된다. 단계 2와 단계 3에서는 각각 전송률  $\mu_2/\alpha$ 와  $\mu_2/(1-\alpha)$ 를 갖는 전송 채널이 따로 있다고 가정하였으므로 단계 2의 사용자가  $i_2$ 이면 단위 사용자당 처리율은  $i_2 \cdot \mu_2/\alpha$ 이고 단계 3에서의 사용자가  $i_3$ 명 있다면 처리율은  $i_3 \cdot \mu_2/(1-\alpha)$ 가 된다.

그림 5의 큐잉 네트워크 시스템을 그림 6과 같은 등가 큐잉 시스템으로 변환하여 해석할 수 있다. Chandy et. al은 국부적 평형을 갖는 큐잉 네트워크에대해 노턴 등가 모델을 사용하여 상태의존성을 갖는 서비스 (service 혹은 death) 을  $s_k$ 를 1개의 birth 큐와 death 큐로 구성된 네트워크로 구성하여 등가 네트워크 모델을 개발하였다[7]. 우리의 경우 주어진 폐쇄 큐잉 네트워크로부터

$$\mu_1(k) = \mu_1, \mu_2(k) = k\mu_2/\alpha, \mu_3(k) = k\mu_2/(1-\alpha) \quad (6)$$

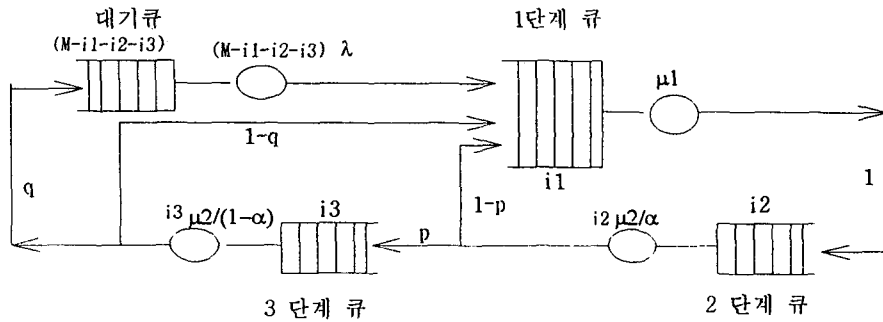


그림 5. 폐쇄 큐잉 네트워크로서의 영상 검색 시스템의 모델  
Fig. 5. Model for the image retrieval system as a closed queueing network

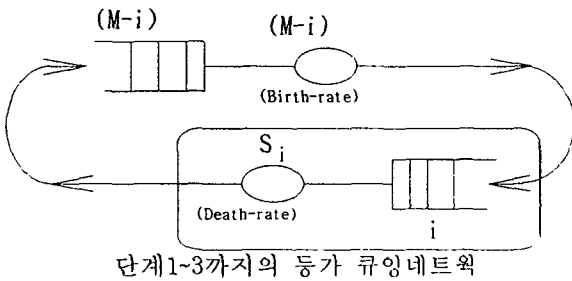


그림 6. 노턴 등가 (폐쇄) 큐잉 네트워크 [7]  
Fig. 6. Norton Equivalent (closed) queueing network [7]

가 되며 [7]의 결과로부터

$$X_i(k) = \prod_{j=1}^i \pi_j / \mu_j(j), \quad i=1,2,3, \quad k=0,1,2, \dots, M \quad (7)$$

으로 주어지며 평형식 ([7] 참고)과 정규 확률식  $\sum_{u=1}^4 \pi_u = 1$ 으로부터  $\pi_1 = \pi_2 = 1/pq, \pi_3 = 1/q, \pi_4 = 1$ 이 얻어진다. 이 때  $(M+1)$ 차원  $X$  벡터를  $X_i = [x_i(0), \dots, x_i(M)]$  이라고 하고 새로운  $(N+1)$ 차원 벡터  $G_i$ 를 다음과 같이 정의하면

$$G_i(k) = [1, 0, 0, \dots, 0] \quad (8)$$

$$G_i(k) = X_i * X_2 * X_3 * \dots * X_n, \quad i=1, 2, \dots, N$$

$$G_i(k) = G_{i-1} * X_i = \sum_{j=0}^k G_{i-1}(j) X_i(k-j), \quad k=0,1,2, \dots, M$$

로 쓸 수 있으며 여기서 \*는 컨볼루션(convolution) 연산을 나타낸다. 따라서 3개의 큐에 대해서는

$$G_i(k) = X_i(k)$$

$$G_i(k) = \sum_{j=0}^k G_i(j) X_i(k-j) \quad (9)$$

$$G_i(k) = \sum_{j=0}^k G_i(j) X_i(k-j), \quad k=0,1, \dots, M$$

으로 주어진다. [7]로부터 등가 네트워크 모델에 대한 상태 의존 서비스율은

$$s_i = \frac{G_3(k-1)}{G_3(k)}, \quad k=1,2, \dots, M \quad (10)$$

로 주어진다. 따라서 등가 큐잉 모델에서 상태 프로세스는 다음과 같이 유한 birth-death 카운팅 프로세스로 처리할 수 있다.

$$\text{birth rate} = \lambda_k = \begin{cases} (M-k)\lambda, & 0 \leq k < M-1 \\ 0, & k \geq M \end{cases}$$

$$\text{death rate} = s_k = \frac{G_2(k-1)}{G_3(k)}, \quad k=1, 2, \dots, M$$

birth-death 카운팅 프로세스의 평형 방정식으로부터 시스템의 평균 큐의 크기와 평균 반응시간을 구하면 다음과 같이 주어진다[8].

$$L = \text{평균 큐의 크기} = \sum_{i=1}^M i \cdot P_i \quad (11)$$

여기서  $P_i$ 는 평형 상태의 확률이다. 주어진 birth-death 카운팅 프로세스의 경우에 대하여 평형 방정식과 정규 확률식을 사용하여 풀면

$$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^M C_i} \quad (12)$$

$$P_i = P_0 \cdot C_i$$

여기서  $C_i = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{i-1}}{s_1 s_2 \dots s_i}$  이다. 따라서 위 관계식을 이용하여  $L$

에 대하여 풀면

$$L = \sum_{i=1}^M i \cdot P_i = P_0 \sum_{i=1}^M i \cdot C_i \quad (13)$$

평균 반응시간은 Little의 공식을 이용하여 풀면

$$D = \text{평균 반응시간} = \frac{L}{\lambda} \quad (14)$$

여기서  $\lambda = \sum_{i=0}^M \lambda_i P_i = \sum_{i=0}^M (M-i) \lambda P_i = (M-L) \lambda$ 이므로 D는

$$D = \frac{P_0 \sum_{i=1}^M i \cdot C_i}{(M-L) \lambda} \quad (15)$$

로 주어진다. 그러므로 다해상도 영상 검색 시스템의 최적 비트 할당을 위한 최적  $\alpha$ 의 값 선택은  $\alpha$ 에 대하여 D를 최소화함으로써 얻어진다. 평균 반응시간 D는 여러 변수 즉 P(t),  $\mu_0$ , M의 값의 선택에 따라 지연 특성을 보이게 된다. 이에 대한 모의 실험 결과를 IV절의 실험 및 고찰에서 언급하였다.

2. 다해상도 영상 검색 시스템의 정적 반응시간 해석

Batch 모드에서 사용자가 영상 DB를 액세스하여 최종 결정을 내리는 경우 앞에서 설명한 동적 해석과는 달리 모든 후보 영상을 검사하기 때문에 어떤 순서로 검사하는나보다 평균적인 전체 검색 시간에 관심이 있다. 먼저 2-계층으로 코딩된 영상 DB를 액세스하는 경우를 고려하자. 사용자는 동시에 N개의 아이콘을 액세스할 수 있으며 N 아이콘 중  $N_0$ 개 아이콘만이 목표 영상중의 하나라고 판단될 경우 중간 화질 영상으로 확장되어지며  $N_0$ 중간 화질 영상중 다시  $N_1$ 개 영상만이 완전 화질 수준의 영상으로 확장되게 된다.

원 영상의 전체 비트수를 B비트라고 하면  $\alpha_0 B$ 비트 ( $0 \leq \alpha_0 \leq 1$ )가 중간 화질 영상으로 사용되고 나머지  $(1-\alpha_0)B$ 비트가 추가 정보로 사용되어진다. 해석을 간단히 하기 위하여 모든 영상의 크기는 같다고 가정한다. 동적 해석에서 처럼 P( $\alpha_0$ )는  $\alpha_0 B$ 비트 정보로 최종 목표 영상 결정을 내리기에 충분한 화질을 제공할 확률을 나타낸다. 단일 하위 계층 해상도를 갖는 경우 전체 지연 시간은

$$T = N_0(\alpha_0 B) + N_1(1-\alpha_0)B = (N_0 \alpha_0 + (1-\alpha_0)N_1)B \quad (16)$$

로 쓸 수 있으며 여기서

$$T_0 = N_0 \alpha_0 + (1-\alpha_0)N_1 = N_1 + \alpha_0(N_0 - N_1) \quad (17)$$

라고 둔다. 검색하려는 영상의 수가 충분히 크다면 현재 아

이콘 셀 N중에 n개가 관심대상의 아이콘 영상이라면 적어도 n아이콘 영상은  $\alpha\%$ 의 화질의 중간 해상도로 확장되며 이 확장된 영상으로 부터 다시 완전 해상도로 확장되어 최종 목표 영상을 결정하게되므로 n개의 영상은 완전 화질해상도로 액세스해야하며 나머지는  $N_0$ 개의 중간 화질 해상도 영상으로 화질이 충분치 않아 추가 정보를 요청하여 최종 화질 영상을 얻게되는 경우가 있다. 따라서

$$N_1 = P(\alpha) \cdot n + (1-P(\alpha)) \cdot N_0 \quad (18)$$

$T_0$ 에  $N_1$ 을 대입하여 정리하면

$$T_0 = N_0 + (n - N_0)P(\alpha_0)(1-\alpha_0) \quad (19)$$

을 얻는다. 일반적으로  $n \leq N_0$ 이므로  $T_0$ 의 최소화는

$$\min_{\alpha_0} \max_{\alpha_0} P(\alpha_0)(1-\alpha_0) \quad (20)$$

와 동일하다. 여기서  $P(\alpha_0) = 1 - (1-\alpha_0)^m$ 이다. 따라서 식 (20)를 최대화시키는  $\alpha_0$ 값을 찾으면

$$\alpha_0^* = \arg \max_{\alpha_0} (1-\alpha_0)P(\alpha_0) \quad (21)$$

가 된다.  $m=2, 3, 4, 5, 6$ 에 대한 최적치  $\alpha_0^*$ 값을 찾으면 표 1과 같다.

표 1. 주어진 확률 함수 P( $\alpha_0$ )에 대한 최적치  $\alpha_0^*$ 값  
Table 1. Optimal  $\alpha_0^*$  value for given probability function P( $\alpha_0$ )

m	2	3	4	5	6
$\alpha_0^*$	0.4227	0.3700	0.3313	0.3012	0.2770

보다 일반적인 다해상도 영상 DB셀에 대하여 비슷한 방법으로 해석하기 위해 사용자가 k-개의 해상도층의 액세스가 가능하다면 이에 따른  $\alpha$ 도 k-개 존재하게 된다. 이 k-개의  $\alpha$ 에 대해  $\alpha_{k-1} \geq \alpha_{k-2} \geq \dots \geq \alpha_1 \geq \alpha_0$ 를 만족한다고 가정한다. 초기에 전체 N개의 아이콘을 갖고 있고  $\alpha_0 B$ 정보량을 사용하는  $N_0$ 개의 영상, 차례로  $\alpha_1 B$ 정보량을 사용하는  $N_1$ 개 영상, 일반적으로 (k-1)-해상도에서  $\alpha_{k-1} B$ 정보량을 사용하는  $N_{k-1}$ 개 영상, 마지막 단계의 완전 해상도 영상은 추가 정보량  $\alpha_k B$ 정보량에 의해 얻어지게 된다. 단일 하위 해상도를 갖는 경우에서와 같이 현재 아이콘 셀 N개 중에 n개의 아이콘 영상이 관심 대상에 있으며 이 아이콘들은  $\alpha_{k-1}\%$ 의 화질 해상도로 확장되며 적어도 이 n개의 영상은 올바른 목

표 영상의 경우에 해당된다고 보기 때문에 완전해상도로 확장되며 나머지는  $N_{k-1}$  해상도 영상의 화질이 충분치 않아 추가 정보를 요청하여 완전 화질 영상으로까지 확장되는 경우가 있다고 볼 수 있다. 따라서

$$N_j = P(\alpha_{j-1}) \cdot n + (1 - P(\alpha_{j-1})) \cdot N_{j-1}, \quad j=1, 2, \dots, k \quad (22)$$

최소화 할 비용  $T_k$ 는 단일 하위 해상도의 개념을  $k$ -개의 해상도로 확장하면

$$T_k = N_k + \sum_{j=0}^{k-1} \alpha_j (N_j - N_{j+1}) \quad (23)$$

식 (22)의  $N_j$  순환식으로부터

$$\begin{aligned} N_{k-1} - N_k &= P(\alpha_{k-1})(N_{k-1} - n) \\ &= P(\alpha_{k-1})(-(N_{k-2} - N_{k-1}) + N_{k-2} - n) \\ &= P(\alpha_{k-1})(-P(\alpha_{k-2})(N_{k-2} - n) + N_{k-2} - n) \quad (24) \\ &= P(\alpha_{k-1})(1 - P(\alpha_{k-2}))(N_{k-2} - n) \end{aligned}$$

을 얻는다.  $(N_{k-2} - n)$ 에 대해 같은 방법으로 반복 적용하면

$$N_{k-1} - N_k = P(\alpha_{k-1}) [ \prod_{j=0}^{k-2} (1 - P(\alpha_j)) ] (N_0 - n) \quad (25)$$

와 같이 쓸 수 있다. 또한  $T_k$ 는  $(N_j - N_{j+1})$ 를 포함하는 항으로 다음과 같이 쓸 수 있으므로

$$\begin{aligned} T_k &= N_0 - (N_0 - N_1 + N_1 - N_2 + \dots + N_{k-1} - N_k) \\ &\quad + \sum_{j=0}^{k-1} \alpha_j (N_j - N_{j+1}) \quad (26) \\ &= N_0 + \sum_{j=0}^{k-1} (\alpha_j - 1)(N_j - N_{j+1}) \end{aligned}$$

(25)를 (26)에 대입하여 정리하면

$$T_k = N_0 + \left\{ \sum_{j=0}^{k-1} (1 - \alpha_j) P(\alpha_j) [ \prod_{i=0}^{j-1} (1 - P(\alpha_i)) ] \right\} \cdot (n - N_0) \quad (27)$$

을 얻는다.  $n - N_0 < 0$ 이므로  $T_k$ 를 최소화하는 해는 대괄호 안의 내용을  $\{\alpha_j\}_{j=0}^{k-1}$ 에 대해 최대화하는 문제와 같다. 따라서 구하고자 하는  $\{\alpha_j\}_{j=0}^{k-1}$ 는

$$\begin{aligned} &(\alpha_{k-1}, \alpha_{k-2}, \dots, \alpha_1, \alpha_0)^* \\ &= \arg \max_{\text{all } \alpha_j} \left\{ \sum_{j=0}^{k-1} (1 - \alpha_j) P(\alpha_j) [ \prod_{i=0}^{j-1} (1 - P(\alpha_i)) ] \right\} \\ &= \max_{\text{all } \alpha_j} C_{k-1}(\alpha_j) \quad (28) \end{aligned}$$

이 되며 문제를 설정할 초기에 정한 제약 조건  $1 \geq \alpha_{k-1} \geq \alpha_{k-2} \geq \dots \geq \alpha_1 \geq \alpha_0 \geq 0$ 을 만족하도록 결정되어야 한다.  $\{\alpha_j\}_{j=0}^{k-1}$ 를 찾는 알고리즘 설명을 부록에 자세히 유도하였다. 부록에 나온 알고리즘을 사용하여  $\{\alpha_j\}_{j=0}^{k-1}$ 를 해상도 별로 계산하면 표 2의 결과를 얻는다.

### 3. 다해상도 영상 검색 시스템의 최적해상도

라그랑지(Lagrange) 최적화 방법은 결합 비트-왜율의 의미에서 비트율 할당, 비트율-왜곡 최적화문제에 널리 사용되어왔다[9]. 이 방법을 사용하여 전송 시간 지연 제약을 갖는 조건하에서 해상도에 따른 전체 전송 지연을 최적화하는 문제를 해결함으로써 주어진 전송 지연을 만족시키는 최적의 해상도 계층을 구할 수 있다. 전체 비용 함수를

$$J_{l,m} = L_{l,m} + \lambda \cdot D_{l,m}$$

로 정의한다. 여기서  $L_{l,m}$ 은  $l$ -번째 해상도와 확률 함수 모델  $m$ 에서의 해상도를 나타내며  $D_{l,m}$ 은  $l$ -해상도로 영상 DB를 액세스할 때 평균 전송 지연을 나타낸다. 해상도 계

표 2.  $m$ 과 해상도에 따른 최적  $\alpha$ 값

Table 2. Optimal  $\alpha$  values for various  $m$  and no. of resolution

해상도 \ m	1	2	3	4	5	6	7
	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$
2	0.4227	0.2803	0.2125	0.1721	0.1450	0.1255	0.1107
3	0.3700	0.2271	0.1654	0.1306	0.1082	0.0924	0.0808
4	0.3313	0.1924	0.1363	0.1059	0.0867	0.0735	0.0638
5	0.3012	0.1676	0.1163	0.0893	0.0725	0.0611	0.0528
6	0.2770	0.1489	0.1017	0.0773	0.0624	0.0524	0.0451



표 3. 전송시간 지연제약에 따른 최적 해상도 계산  
Table 3. Transmission delay constrained optimal multiresolution computation

평균 전송지연 시간	0.7	0.6	0.5	0.3	0.2
최적 해상도	2	2	3	4	5
실제 전송지연시간	0.5599	0.5599	0.3948	0.2631	0.2069

층 수가 높으면 높을 수록 구현에 있어 더 복잡한 계산 능력을 요하게 된다. 현재로서는 해상도에 따른 계산 복잡도가 선형적으로 증가한다고 가정하였다. 따라서

$$\min_l J_{l,m} = \min_l (L_{l,m} + \lambda \cdot D_{l,m})$$

에 의해 최적 해상도  $l^*$ 를 구할 수 있다.  $m=6$ 인 경우 전송 지연 시간 제약에 따른 최적 해상도를 라그랑지 승수법을 사용하여 구하면 표 3과 같다.

IV. 실험 및 고찰

본 모의 실험에 사용될 확률 함수  $P(\alpha)$ 의 형태는 그림 4와 같다. 다해상도 영상 DB의 한 예를 그림 7에 보였다. 실제적으로 이 영상을 사용하여 실험한 것은 아니고 해상도(혹은 비트율)에 따라 사용자-시스템간 상호 작용에 의해 영상 브라우저에서 얻어지게 될 화질을 정량적으로 보여준다. 본 문에서 설명한 폐쇄 큐잉 네트워크의 동적 모델을 기반으로 한 경우  $\alpha$ 와 목표확률에 따른 정규화된 지연 시간( $D(\alpha, p(t))/D_{max}$ ) 특성을 그림 8에 나타내 보였다. 목표 확률에 거의 영향을 받지 않고 기대한 바와 같이  $\alpha$ 의 최적치에서 상대적으로 지연 감소 이득을 나타내고 있다. 다음은  $\mu_2$ 의 값에 따라 정규화된 지연( $D(\alpha, \mu_2)/D_{max}$ ) 특성을 그림 9에 나타내 보였다. 여기서 주목할 사실은  $\mu_2 \ll \mu_1$ 인 경우 즉 단위 액세스당 전송할 데이터 량이 서버의 데이터 베이스 액세스 및 처리율보다 충분히 작을 때 전송 지연 특성은 DB 액세스에 기인되는 것보다 영상 전송을 위한 통신 자원이 제약을 받기 때문에 이에 맞도록  $\alpha$ 의 최적화를 통해 성능을 개선시킬 수 있음을 보여준다. 또한 DB를 액세스하는 사용자( $M$ 의 값)가 많아 질수록 해상도별 전송량 조절에 의해 얻어지는 이득은 서버의 공유 때문에  $\alpha$ 의 조정에 의해서 별로 이득이 없다. 이에 대한 정규화된 지연( $D(\alpha, M)/D_{max}$ ) 특성을 그림 10에 보였는데 사용자 수가 적을수록 훨씬 좋은 지연 감소 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

또 다른 실험은 영상 DB 시스템에 그림 7에 보인 것과 같이 여러 중간 해상도 계층을 부가함으로써 전체 전송 지연 시간 특성이 어떻게 변화하는지를 알아보기 위해 7개의 중간

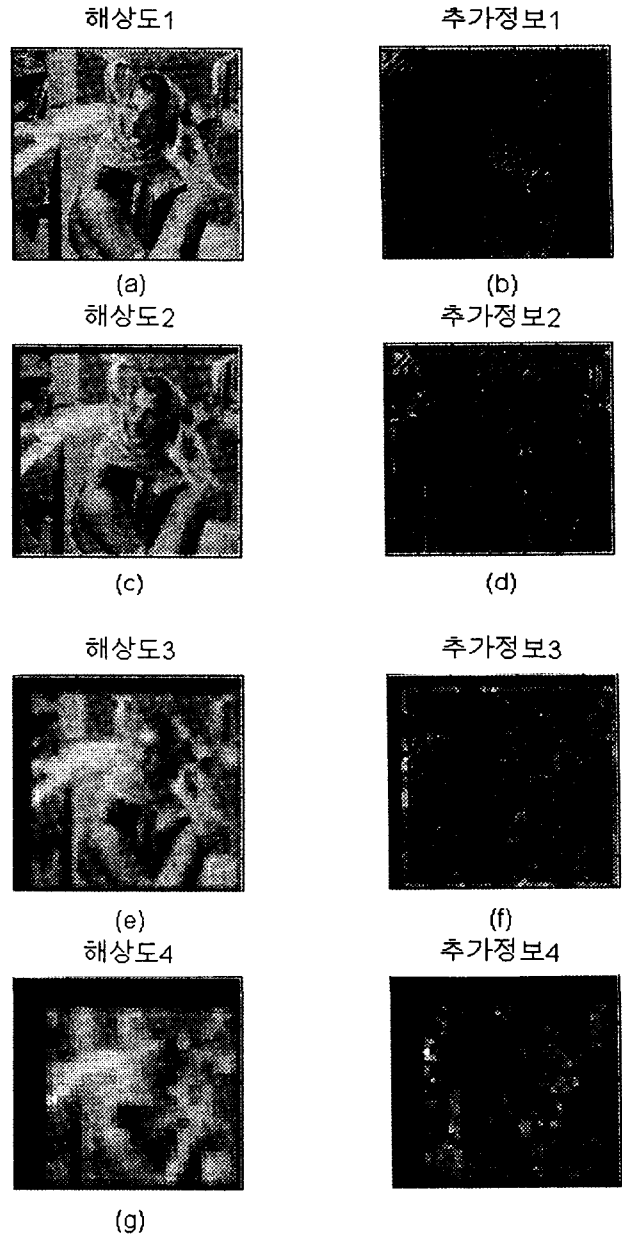


그림 7. 다해상도 영상 DB의 해상도별 근사 영상과 추가 정보 영상의 예

Fig. 7. Example of approximation and detail images for multiresolution image DB

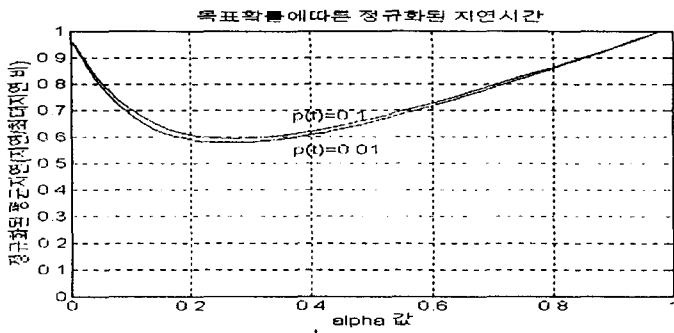


그림 8. 주어진 목표 확률 값 (P(t))에 대한  $\alpha$ 의 함수로서의 정규화된 지연 시간

Fig. 8. Normalized delay as a function of  $\alpha$  for given target probability(p(t))

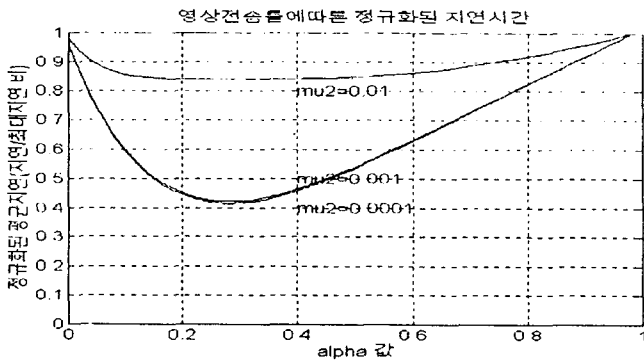


그림 9. 주어진  $\mu_2$ 의 여러값에 대한  $\alpha$ 의 함수로서의 정규화된 지연시간

Fig. 9. Normalized delay as a function of  $\alpha$  for various  $\mu_2$  values

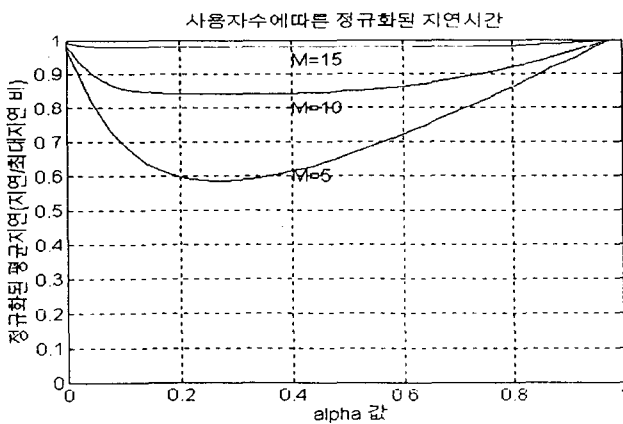


그림 10. 여러 사용자 수에 대한  $\alpha$ 의 함수로서의 정규화된 지연 시간

Fig. 10. Normalized delay as a function of  $\alpha$  for a few of users

해상도를 갖는 다해상도 DB 모델을 사용하여 살펴보았다. 평균 지연 시간( $T_d(m, \alpha, R_c)$ ) 특성을 그림 11에 보였다. 계산상의 복잡도 비용을 감당하는 조건하에서 해상도 층이 증가할수록 전체 지연 시간이 감소해 감을 알 수 있다. 특히 단일 해상도를 갖는 경우 동적 큐잉 네트워크의 결과와 비교하기 위해  $N_i \gg n$ 인 경우 단일 하위 해상도를 갖는 영상 DB의 액세스에서 정적 지연특성을 구하면 그림 12와 같다. 여기서 여러 확률 모델에 대하여 얻어질 수 있는 지연 특성을 보였는데  $m=5$ 인 경우  $\alpha^*=0.3012$ 를 얻었다. 이것은 동적 해석 모델의 경우와 같음을 알 수 있다.  $m > 4$ 인 경우 최적  $\alpha$ 의 선택으로 지연 이득을 2배 이하로 감소시킬 수 있음을 보

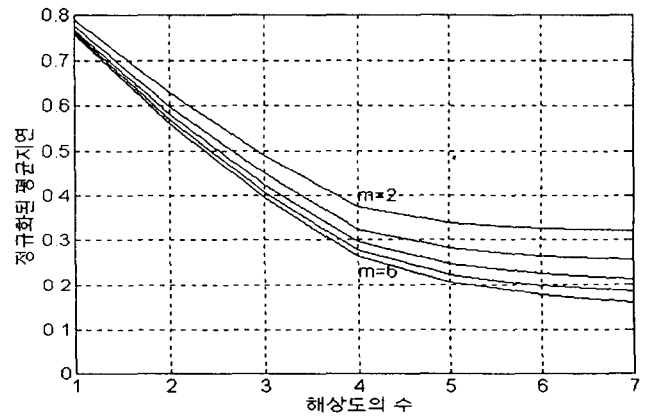


그림 11. m의 여러값에 대한 중간 해상도 수에 따른 전체 지연 시간

Fig. 11. Overall delay at the optimal set of  $\alpha$  for different values of m

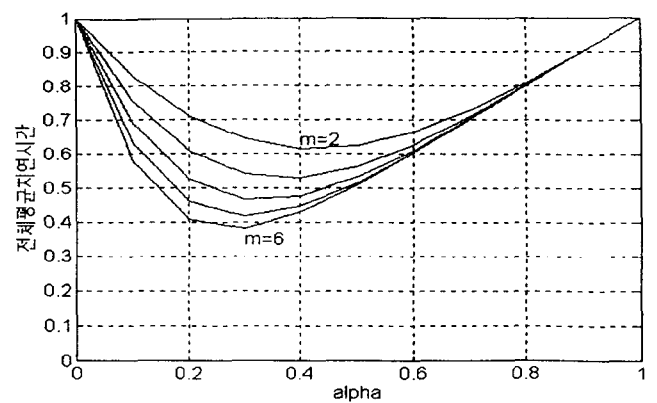


그림 12. 단일 하위 해상도를 갖는 경우의 m의 여러값에 대한  $\alpha$ 의 가능한 여러 값들에 대한 전체 평균 지연 시간

Fig. 12. Overall average delay as a function of  $\alpha$  with a single subresolution for different values of m

여준다. 끝으로 다해상도 영상 검색 시스템의 최적 해상도를 주어진 지연 시간 제약 조건하에서 구하면 앞서 얻은 표 3과 같은 결과를 얻는다. 이 표에서 보듯이 4개의 중간 해상도 계층을 갖는 경우 완전 해상도의 경우에 비해 전송 지연 시간을 1/3이하로 줄일 수 있음을 보여준다.

V. 결론

사용자들이 저속 링크망에 연결되어 영상 DB를 액세스하게 되는 경우 다해상도 영상 DB에의 한 사용자-시스템간 점진적 전송과 브라우징은 최적화된  $\alpha$ 값들에 의해 전체 전송 지연 시간을 감소시킬 수있음을 보였다. 또한 동적인 분석과 정적인 분석을 통해 브라우징의 절차상 상이한 방법으로 진행된다 할지라도 같은 최적치  $\alpha$ 의 값을 얻게된다. 그림 8~10과 그림 12에서 보듯이 최적  $\alpha$ 값은 올바른 영상을 얻을 확률 P(t)나  $\mu_2$ 값이나, 혹은 사용자 수 M에 관계없음을 나타내 보였다. 특히 DB의 계산 자원보다도 전송 채널 용량 자원이 전체 시스템의 제약이 되는 경우 다해상도 영상 DB에 의한 검색은 비교적 높은 전송 지연 감소 이득을 얻을 수 있음을 보였다. 결론적으로 여러 중간 해상도 계층을 사용하는 사용자-시스템간 상호작용에 의한 검색 시스템은 단일 하위계층을 사용하는 것보다 전송 지연 시간측면의 비용을 절감할 수 있음을 알 수 있다. 하지만 해상도가 증가할수록 부가적 계산능력을 요구하는 비용을 치뤄야 한다. 특히 P( $\alpha$ )의 확률 함수 모델에 대한 보다 실험적인 표현식을 실제 영상 DB셀로부터 전반적인 화질 척도에 부합하도록 유도되어야 할 것이다.

부록 :  $\{\alpha_j\}$ 의 계산 알고리즘

본문에서  $\{\alpha_j\}_{j=1}^k$ 의 계산은 식 (28)의 다차원 최적화 과정을 통하여 얻어진다. 간단히 하기위하여  $\pi_i = \prod_{j=1}^{i-1} (1-P(\alpha_j))$ 라고 두자. 그러면 식 (28)은 다음과 같이 순차적인 식으로 표현될 수 있다.

$$C_{k-1} = (1-\alpha_{k-1})P(\alpha_{k-1})\pi_{k-2} + C_{k-2} = F_{k-1}(\alpha_{k-1})\pi_{k-2} + C_{k-2} \tag{A.1}$$

여기서  $F_{k-1}(\alpha_{k-1})$  항은  $\alpha_{k-1}$ 의 함수로서  $\alpha_{k-1}$ 에만 의존하므로  $C_{k-1}$ 의 최대화 과정은  $F_{k-1}(\alpha_{k-1})$ 를  $\alpha_{k-1}$ 에 대해 최대화하고 그 결과를 (A.1)식에 계속 대입하며 다음의  $C_{k-2}, C_{k-3}, \dots$ 에 대해 최적화시켜 나가면 된다. 먼저

$$\alpha_{k-1}^* = \arg \max_{\alpha_{k-1}} (1-\alpha_{k-1})P(\alpha_{k-1}) \tag{A.2}$$

를 1차원 최적화 방법으로 찾았다고 하자. 그러면

$$C_{k-1} = F_{k-1} \cdot ((1-P(\alpha_{k-2})) \cdot \pi_{k-3} + (1-\alpha_{k-2})P(\alpha_{k-2}) \cdot \pi_{k-3}) + C_{k-2} = F_{k-1} \cdot ((1-P(\alpha_{k-2})) + (1-\alpha_{k-2})P(\alpha_{k-2})) \cdot \pi_{k-3} + C_{k-2} \tag{A.3} = F_{k-1} \cdot F_{k-2}(\alpha_{k-2}) \cdot \pi_{k-3} + C_{k-2}$$

위의  $C_{k-1}$ 의 표현식으로부터 다음  $\alpha_{k-2}$ 의 최적치는

$$\alpha_{k-2}^* = \arg \max_{\alpha_{k-2}} F_{k-1} \cdot F_{k-2}(\alpha_{k-2}) \tag{A.4}$$

를 최대화함으로써 얻어진다. 여기서  $F_{k-1} = F_{k-1}(\alpha_{k-1}^*)$ 이고  $F_{k-2}(\alpha_{k-2}) = ((1-P(\alpha_{k-2})) + (1-\alpha_{k-2})P(\alpha_{k-2}))$ 이다. 이 과정을 반복하면 j번째 단계에서는

$$C_{k-1} = F_{j+1} \cdot ((1-P(\alpha_j)) + (1-\alpha_j)P(\alpha_j)) \cdot \pi_{j-1} + C_{j-2} \tag{A.5} = F_j \cdot \alpha_{j+1}^* \cdot F_j(\alpha_j) \cdot \pi_{j-1} + C_{j-2}$$

을 형태를 얻게 되어  $F_j(\alpha_j)$ 는 전과같이  $\alpha_j$ 만의 함수가 되어  $\alpha_j$ 의 최적치는

$$\alpha_j^* = \arg \max_{\alpha_j} F_{j+1} \cdot F_j(\alpha_j) \tag{A.6}$$

와 같이 얻어진다. 여기서  $F_{j+1}^*$ 는 j+1항까지 얻어진 최대치를 나타낸다.

참고 문헌

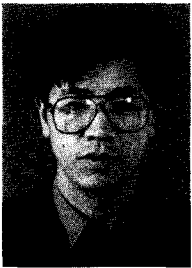
- [1] S.F. Chang, A. Eleftherriadis, and D. Anastassiou, "Development of Columbia's Video on Demand Testbed," *Signal Processing: Image Comm.*, 8, pp.191-207, 1996.
- [2] 박태진 외 2인, "브라우징과 전문 검색을 지원하는 이미지 검색 시스템의 설계 및 구현," 한국통신학회 논문지 20권 12호, pp.102-114, 1995
- [3] J. M. Schapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotres of Wavelet Coefficients," *IEEE Trans. on Sig. Proc.*, vol. 41, no. 12, , pp. 3445-3463, Dec., 1993
- [4] A.N. Akansu and R.A. Haddad, "Multiresolution Signal Decomposition: Transforms, Subbands and Wavelets," Academic Press, NY, 1992.
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "MPEG-2 Video

- DISM," ISO/IEC 13818-2, Nov., 1994
- [6] K-H Tzou, "Progressive Image Transmission: A Review and Comparison of Techniques," *Optical Engineering*, vol. 26, no. 7, pp. 581-589 July 1987.
- [7] K. M Chandy, U. Herzog, and L. Woo, "Parametric Analysis of Queueing Networks," *IBM J. Research and Development*, pp. 36-42, Jan. 1975.
- [8] F.S. Hillier and G. J. Lieberman, *Introduction to Operation Research*," McGraw-Hill, NY, 4th edition, 1986, chap. 16
- [9] A. Orthegea, et. al., "Optimal Trellis-based Buffered Compression and Fast Approximation," *IEEE Trans. on Image Pro.*, vol. 3, no. 1, pp.26-40, Jan. 1994.

---

저 자 소 개

---



박 대 철

1977년 2월 서강대 전자공학과(공학사)  
 1985년 12월 미국 Univ, of New Mexico 전기공학과(공학석사)  
 1989년 5월 미국 Univ, of New Mexico 전기공학과(공학박사)  
 1991년 8월 ~ 1992년 7월 미국 Columbia 대학 CTR 객원 교수  
 1977년 3월 ~ 1982년 12월 국방과학연구소 연구원  
 1989년 5월 ~ 1993년 8월 한국전자통신연구소 선임연구원  
 1993년 9월 ~ 현재 한남대학교 정보통신공학과 조교수

주관심분야 : 디지털 TV 방송, 입체 영상 디스플레이 및 3-D 영상 압축,  
 분산망 영상 DB 설계, 실시간 비디오 스트림 처리 및 전송