

문화재 검색을 위한 병렬처리기 구조

윤희준[†] · 이 형^{**} · 한기선^{***} · 박종원^{****}

요 약

본 연구에서는 영상 데이터를 실시간으로 처리하기 위해 병렬처리기 및 병렬 기억장치 구조를 제안하였으며, 많은 영상 데이터 중에서 문화재 영상을 대상으로 하였다. 기존의 영상 인식 및 검색 알고리즘은 병렬화하기에 적합하지 않아서 병렬화 가능한 알고리즘을 제안하였고, 제안된 알고리즘을 부분적으로 병렬화하고, 적합한 병렬 기억장치 및 병렬처리기 구조를 제안한 다음 CADENCE사의 모의실험 패키지인 Verilog-XL을 이용해서 모의실험 하였다. 그 결과 81배의 속도향상을 볼 수 있었다.

A Parallel Processor System for Cultural Assets Image Retrieval

Heejun Yoon[†], Hyung Lee^{**}, Kisun Han^{***} and Jongwon Park^{****}

ABSTRACT

This paper proposes a parallel processor system which processes cultural assets image recognition and retrieval algorithm in real time. A serial algorithm which is developed for the parallel processor system is parallelized. The parallel processor system consists of a control unit, 100 PE(Processing Element)s, and 10 Park's multi-access memory systems which has 11 memory modules per each one. The parallel processor system is simulated by CADENCE Verilog-XL which is a package for the hardware simulation. With the same simulated result as that of the serial algorithm, the speed ratio of the parallel algorithm to the serial one is 81. The parallel processor system we proposed is quite effective for cultural assets image processing.

1. 서 론

현대 정보 사회에서는 영상의 중요성이 증가되어 정보를 영상으로서 처리하고 조작하는 기술과 시스템이 지속적으로 발전되어 왔다. 특히, 오늘날 영상은 초고속 통신망에서의 멀티미디어, B-ISDN을 통한 화상회의, 의학용 영상(medical image), CT(Computer Tomography), 기상도, Computer-Aided Design and Manufacturing(CAD/CAM) system, 지리정보시스템(geographic information system), Criminal Identification 등과 같은 다양한 응용 분야에 사용되어지고 있다. 이러한 대부분의 시스템들은 영상의 정보

를 검색하고 인덱싱할 때 텍스트를 기반으로 하였다. 즉, 관련된 영상의 정보를 나타내기 위하여 적절한 단어나 키워드와 같은 텍스트 형태로 저장하고 검색하였다.

그러나 이들 텍스트 기반의 검색은 본래부터 몇 가지의 문제점들을 가지고 있었다. 먼저 광대하고 다양한 종류의 영상을 분류하기 위한 적절한 단어나 키워드를 추출해 내는 것이 어렵고, 자동적으로 영상을 나타내는 자연스러운 키워드를 생성하는 것은 현재의 영상 기술을 넘어선다. 따라서, 이들 영상의 정보는 운영자에 의해 적절한 키워드로 표현되어야 하고 사용자는 이들 시스템으로부터 영상을 검색하기 원할 때 그 영상을 나타내는 이름, 제목, 물체와 같은 키워드를 사용하여 검색하였다. 그러나 이런 키워드가 사용자에 의해 확실치 않고 애매모호하게 질의가 주어지면 원하는 영상을 검색하는 데 어렵다. 또한

[†] 충남대학교 전자계산소 시스템개발실

^{**} 충남대학교 컴퓨터공학과

^{***} 극동정보대학 멀티미디어과

^{****} 충남대학교 정보통신 공학과

영상 속에 포함되어 있는 물체를 나타내는, 즉 영상을 구성하는 구성요소를 키워드로 질의가 주어져도 그 영상이 분류될 때 운영자가 표현한 적절한 키워드가 아니면 검색에 실패할 수 있는데, 이것은 단어나 키워드와 같은 텍스트로 영상에 알맞은 영상의 모양, 구성과 같은 어떤 특성을 나타내기에는 상당히 어렵기 때문이었다.

따라서 영상을 검색하기 위한 자연스러운 방법은 텍스트에 의한 것이 아닌 그 영상을 정보 자체로서 시각적인 질의(Visual query)를 사용하여 검색하는 것이다. 즉 검색할 때 주어지는 질의가 영상의 내용, 색상, 질감, 선분, 위치 등 - 을 바탕으로 하는 것이다.

그 동안 영상 정보를 이용한 내용기반 검색에 대한 연구가 많이 제안되었다. 특히 영상의 색상[1,2,3], 색상과 공간[4,5], 선분[6,7], 질감[8]에 의한 연구가 활발하게 진행되었다.

그러나, 아직 영상 정보를 실시간으로 정확하게 검색하기에는 많은 어려움이 따른다. 본 연구는 영상의 내용을 기반으로 영상을 실시간으로 처리하기 위한 고속 영상 검색 병렬처리기 구조를 제안한다. 또한, 대상 영상을 문화재로 한 문화재 영상 검색 알고리즘을 제안하여 실험 결과 및 성능을 분석하고, 병렬처리기 구조에 적합한 알고리즘으로 병렬화하여 실험 결과 및 성능을 분석하여 서로 비교함으로써 병렬 처리기의 성능을 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 직렬 영상 검색 알고리즘을 제안하고 3장에서 제안된 직렬 검색 알고리즘을 병렬화한 병렬 처리기 시스템에 대해 설명한다. 4장에서는 병렬 처리기 시스템을 모의 실험하여 성능을 분석하고, 5장에서 결론을 맺고자 한다.

2. 직렬 영상 검색 알고리즘

문화재 영상 검색 시스템은 <그림 1>과 같은 검색 과정을 가진다. 먼저 사용자가 검색하기를 원하는 영상을 스캐너를 통해 입력한다. 영상이 입력되면 문화재 영상 시스템은 입력된 영상을 자동적으로 처리하여 그 입력 영상의 내용에 알맞은 특징을 2차원에 걸쳐 추출한다. 이 추출된 특징이 데이터베이스에 저장되어 있는 각각의 영상들에 대한 특징들과 비교되어 가장 유사한 후보 영상들을 결과로 보여준다.

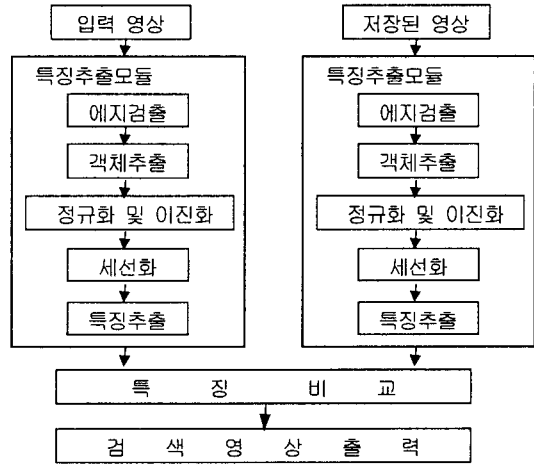
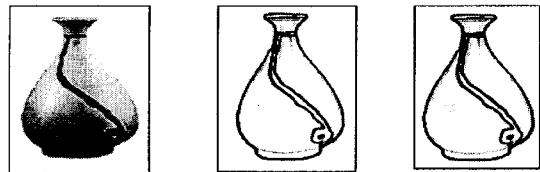


그림 1. 문화재 영상의 검색 구조

2.1 특징 추출

2.1.1 에지 검출(Edge detection)과 객체 추출(Object extraction)

입력된 영상에서 에지를 검출하는데, 에지는 영상에서 색상이나 강도가 급격히 변하는 경계 부분으로 유용한 정보가 된다. 본 논문에서는 기울기 마스크를 사용하는 Sobel 에지 검출방법을 사용하였다. 에지 검출 후 입력된 영상에서 불필요한 부분을 제거하기 위해 주변 배경 영역을 제거하고 객체에 해당하는 영역만 중앙으로 이동시킨 후 객체를 추출하였다.



(a) 입력이미지 (b) Sobel 에지검출 (c) 객체추출

그림 2. Sobel 에지 검출과 객체 추출

2.1.2 정규화(Normalization)와 이진화(Binarization)

같은 객체를 포함하는 서로 다른 크기의 영상이 있을 수 있기 때문에 특징 추출시 영상의 크기에 영향을 받지 않도록 영상내의 객체를 일정한 크기로 바꾸는 작업이 필요하다. 본 논문에서는 90 x 90의

일정한 크기로 객체들을 정규화하였고 Sobel 에지 검출을 수행한 후 정규화시킨 영상을 이진 영상으로 변화시켰다. 본 논문에서는 먼저 전역적 방법으로 이진화를 수행한 후 다시 지역적 방법을 수행하여 이진화를 하였다.

2.1.3 세선화(Thinning)와 특징 추출

이진 영상 내의 윤곽선은 굵기가 일정하지 않기 때문에 세선화 방법을 이용하여 동일한 굵기의 선으로 정리하면 보다 깨끗한 윤곽선을 가진 영상이 된다. 본 논문에서 사용한 세선화 알고리즘은 비교적 성능이 좋은 two-pass thinning 알고리즘이다.

에지 검출부터 세선화까지의 과정을 거쳐 얻은 영상에 대한 특징을 추출하는 방법이 많이 제안되어 있지만, 본 논문에서는 같은 영상에 대해 2가지 방식의 특징을 추출하였다. 먼저 90x90으로 정규화된 영상에서 지역적인 특징을 추출하기 위해 30x30의 크기인 9개의 부영역으로 분할(Segmentation)하였다. 그리고 <그림 3>처럼 분할된 각 부영역에서 가장 바깥쪽의 위치로부터 윤곽선까지의 거리를 이용하여 최대거리, 최소거리, 그리고 평균거리를 그 영상에 대한 특징으로 나타내었다. 거리 D_i 는 각 영역에 나타나는 윤곽선에 대한 적절한 특징으로 표현된다. 최대의 거리(D_{max})와 최소의 거리(D_{min}), 그리고 모든 거리의 평균값(D_{ave})은 각 부영역에 대한 특징이 된다.

또 다른 특징은 각 부영역에 속하는 화소의 수를 구하는 것이다. 이렇게 함으로써 이진화된 화소가 그 부영역에 속하는 비율이 되어 그 윤곽선 안에 들어

있는 화소들에 대한 특징을 구할 수 있다. 즉 부영역에 나타난 윤곽선 내에 존재하는 화소들의 수를 구함으로써 영상을 표현하는 부분적인 특징이 될 수 있다. 따라서 정규화된 영상은 각 부영역마다 거리에 대한 특징으로 바깥쪽으로부터의 최대거리, 최소거리, 평균거리 그리고 화소성분의 수가 그 부영역에 대한 특징이 되어 전체 영역의 특징을 추출할 수 있게 된다.

$$D_{ave} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} |D_i|, \quad D_{max} = \max |D_i|,$$

$$D_{min} = \min |D_i|, \quad (0 \leq i \leq n-1)$$

2.2 영상 검색

검색은 질의로 주어진 입력 영상이 앞 절에서 언급한 것처럼 일련의 처리과정을 거쳐 각 부영역의 특징이 되는 거리값들과 화소성분의 수를 구해, 검색 부분에서 2차례에 걸쳐 데이터베이스에 저장되어 있는 각각의 영상에 대한 각 부영역의 거리값과 화소성분의 수를 비교하게 된다. 모든 영상의 객체는 객체 추출 과정에서 중심으로 옮겨지게 된다. 중심으로 옮겨진 영상의 객체는 거의 대부분이 좌우대칭의 모양을 가지고 있어 첫번째 특징 비교에서는 이 특성을 이용하여 모든 영역의 특징을 비교하지 않고 일부의 부영역만을 비교하기 위한 제어 조건을 사용한다. 제어 조건이 만족되는 경우에 입력 영상의 각 부영역과 데이터베이스에 저장되어 있는 각각의 영상에 대한 부영역간의 거리차를 더하여 1차 후보 영상을 결정한다. 거리에 대한 특징을 사용하여 후보로 결정된 후보 영상들의 모양은 전체적으로 비슷한 모양을 가지게 되는데 2차 비교에서는 전체 윤곽선의 모양이 아니라 영상의 객체가 가지고 있는 부분적인 특징이 되는 그 부영역 속에 포함되어 있는 화소성분의 수를 구함으로써 최종 후보 영상을 결정하게 된다.

2.3 검색 결과

본 논문에서 제안한 특징 추출에 의한 검색의 성능을 실험하기 위해 먼저 백자, 분청사기, 불상, 고분유물, 민속품등 220여개의 문화재 영상을 데이터베이스에 저장하였고, 검색하기 위해 입력된 영상은 256칼라의 스캐너를 통해 입력되도록 하였다.

사용자는 칼라 영상이나 흑백 복사본의 영상을 입력하면 전처리 과정을 통해 그레이 영상으로 변환되

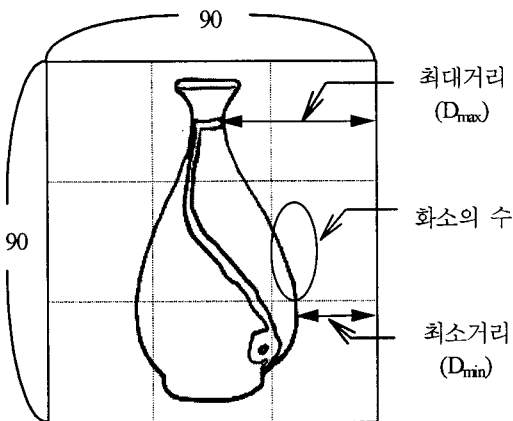


그림 3. 특징추출 방법

어 검색되도록 하였다. 입력 영상은 데이터베이스에 저장되어 있는 영상에 대한 인덱스를 비교하여 검색하는 것이 아니라 영상을 그대로 읽어와서 특징을 구하여 특징에 대한 값을 비교하여 검색을 하게 된다. 30개의 복사본을 가지고 본 논문에서 제안한 거리를 이용한 1차 비교로 유사한 모양을 가진 15개의 후보 영상을 결정하고 화소 성분 수를 이용한 2차 비교로 15개의 후보영상들 가운데 4개 내의 최종 후보 영상을 결정하도록 하였다.

<그림 4>에서는 <그림4-(a)>영상을 입력하여 검색하였을 때 1차 비교 후의 검색된 영상의 결과 <그림4-(b)>와 2차 비교후의 검색결과<그림4-(c)>를 보여 준다. <그림4>을 보면 영상의 객체에 대해 거리를 이용한 특징을 추출하여 1차 비교 후의 결정된 후보 영상들은 검색하기를 원하는 입력 영상과 모양은 비슷하지만 객체 안의 무늬는 현저히 다를 수 있고, 1차 비교 후의 결정된 후보 영상에 대해 영상 내의 화소성분의 수를 이용한 특징을 추출하여 2차 비교를 하였을 때에 객체 안에 무늬가 상이하게 다른 영상은 후보에서 제외되었고 같은 부영역에 비슷한 화소의 비율을 가진 영상이 최종 후보 영상으로

결정됨을 보여 주고 있다. 또한 <표 1>은 검색한 영상에 대해 1차 비교 후의 특징값의 차이와 순위, 그리고 2차 비교후의 특징값의 차이와 순위를 나타낸다.

검색한 결과, 검색하려는 모든 영상은 2차 특징 비교 후의 검색된 최종 4개 내의 후보 영상에 포함되었다. 또한 1차 비교 후 결정된 후보 영상 중 1순위로 결정된 영상이 24개로 80%의 1차 검색율이 되었고 1차 비교와 2차 비교 후의 결정된 후보 영상 중 모두 1순위가 된 영상은 22개로 73%의 검색율을 가졌다. 그리고 2차 비교 후 결정된 후보 영상 중 1순위로 결정된 영상은 27개로 90%의 검색율을 가졌다. 또한 1차, 2차 비교 후 검색한 모든 영상의 원본 영상이 후보 영상으로 결정된 순위가 3위 안의 상위로 결정되어 유사성과 닮은 정도에 따른 좋은 검색결과를 가지게 되었다.

3. 병렬처리기

3.1 병렬 처리기

앞에서 제안한 직렬 알고리즘에서 에지 검출, 객체 추출, 정규화, 그리고 세션화 부분은 영상의 크기가 각각 다르고 복잡한 작업이 수행되어 일정한 규칙성을 갖도록 병렬화하는 작업이 어렵고, 병렬화를 하여도 병렬도가 낮기 때문에 호스트 컴퓨터에서 처리되도록 하였다. 그리고 모든 영상에 대해 반복적인 작업을 수행하는 부분들, 즉 병렬화하여 수행할 수 있는 특징을 추출하는 부분과 비교하는 부분을 여러 개의 PE(Processing Element)들이 다중접근 기억장치에 저장된 영상을 서로 다른 접근 형태로 접근하여 기본적인 명령어들의 조합을 수행하도록 하였다. 이를 위해 많은 영상 자료들이 다중접근 기억장치로 전송되고, PE들이 전송된 영상 자료를 동시에 접근하여 처리하고 처리된 결과를 다중접근 기억장치에 저장한다. 처리되어 저장된 영상자료들은 다시 호스트 컴퓨터로 보내진다. 이런 일련의 처리 과정에서 병렬처리기 내의 제어 장치(Control Unit)가 각각의 PE에 적절한 명령어 및 데이터를 전송하여 PE들이 데이터를 처리할 수 있도록 하였고, 또한, 상태 레지스터를 제어장치와 PE에 설정함으로써 PE's와 제어장치, PE들 사이의 동기를 맞추게 하였다. 문화재 영상의 고속 검색을 위한 제어 장치, 각각의 모듈이 10개의 PE's로 구성된 10개의 PE 모듈들, 그리고 다

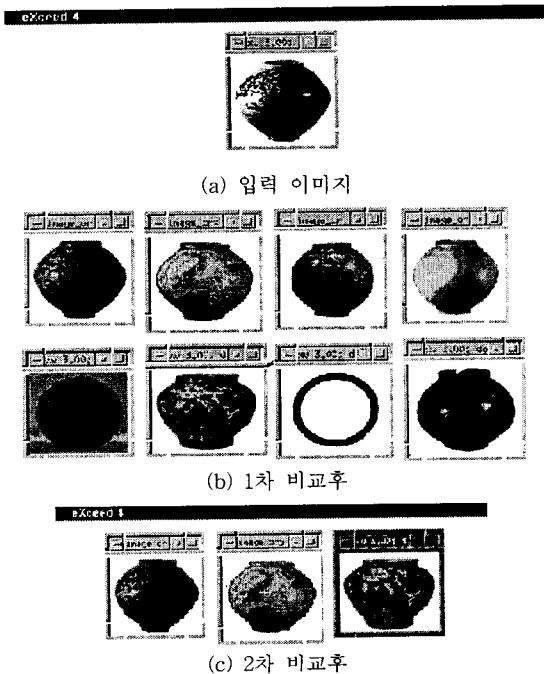


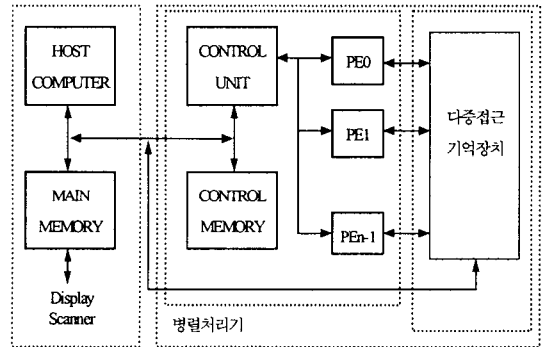
그림 4. 1차 비교후의 결정된 후보영상들과 2차 비교 후의 최종 후보영상들 검색화일

표 1. 1차 비교와 2차 비교후의 특징값과 순위

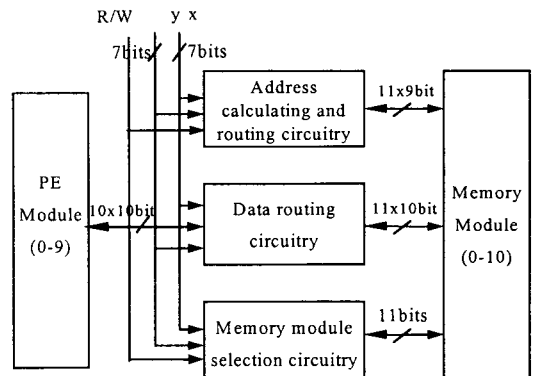
검색화일	1차 비교		2차 비교		검색화일	1차 비교		2차 비교	
	특징값 1	순 위	특징값 2	순 위		특징값 1	순 위	특징값 2	순 위
t1	2	1	81	1	t16	12	1	288	1
t2	1	1	341	1	t17	0	1	167	2
t3	9	1	235	1	t18	15	1	233	1
t4	8	1	316	1	t19	2	1	265	1
t5	2	1	227	3	t20	2	1	284	1
t6	2	2	503	2	t21	3	1	141	1
t7	2	1	218	1	t22	22	1	138	1
t8	6	1	664	1	t23	3	1	263	1
t9	9	1	459	1	t24	5	1	236	1
t10	5	1	91	1	t25	5	6	67	1
t11	17	1	198	1	t26	9	1	212	1
t12	14	2	148	1	t27	62	3	281	1
t13	7	2	91	1	t28	2	1	519	1
t14	3	1	259	1	t29	15	3	608	1
t15	5	1	107	1	t30	5	1	274	1

중접근 기억장치[9,10]를 포함하는 병렬처리 및 다중접근 기억장치의 블럭도는 <그림5(a)>와 같고 PE 모듈과 연계된 다중접근 기억장치의 블럭도는 <그림5-(b)>와 같다.

직렬 알고리즘에서는 90x90으로 정규화된 영상을 30x30의 부영역으로 할당하여 2차레에 걸친 특징 추출을 수행하는데, 1차 특징 추출인 윤곽선까지의 거리를 이용하는 부분과 2차 특징 추출인 화소의 성분을 추출하는 부분에서는 전반적인 모든 과정을 병렬화하였다. 1차 특징 추출의 병렬화는 호스트 컴퓨터에서 정규화된 90x90 영상을 다중접근 기억장치에 저장하고 30x30의 부분 영역을 각 PE 모듈내의 10개의 PE's가 3차레에 걸친 연산으로 특징을 추출하여 저장하게 하였다. 그리고 9개의 정규화된 영상을 호스트 컴퓨터로부터 읽어와 PE가 같은 작업을 수행하고 나서 다시 각 PE 모듈내의 10개의 PE's가 10개의 정규화된 영상의 전체 영역에 대한 1차 특징 추출을 병렬로 수행하고 나서 2차 특징 추출을 수행한다. 추출된 10개의 영상에 대한 10개의 1차 및 2차 특징을 다시 호스트 컴퓨터로 전송하고 호스트 컴퓨터에서는 그 자료를 받아 저장함과 동시에 특징 추출할 다른 10개의 영상을 병렬처리기 내의 다중접근 기억장치로 전송해 같은 일을 수행한다.



(a) 병렬처리기 구조의 블럭도



(b) 다중접근 기억장치의 블럭도

3.2 검색

검색될 영상에 대해서는 직렬 알고리즘에서는 호

그림 5. 문화재 영상 검색을 위한 병렬처리기 구조의 블럭도 및 다중접근 기억장치의 블럭도

을 제안한 병렬 처리기 구조에서 수행하였을 경우, 직렬 알고리즘보다 대략 81배 정도의 속도가 향상되었음을 알 수 있다

5. 결 론

본 논문에서는 내용에 의한 영상을 고속으로 검색하기 위한 방법으로 특징을 추출하는 부분과 비교하는 부분에서 거리와 화소성분의 수를 이용하여 내용에 의한 검색이 가능하도록 하였다. 또한 직렬 검색 알고리즘에서 병렬처리되는 부분을 병렬화시켜 속도면에서 성능이 81배 향상되었음을 알 수 있었다. 그리고 병렬화된 부분을 고속으로 수행하는 병렬처리를 제안하였다. 제안된 병렬처리기는 많은 영상을 처리하기 위한 응용으로 영상을 고속으로 검색하기 위해 구현되었고 많은 양의 영상을 처리하는 응용분야인 멀티미디어 시스템, 전자 도서관 비디오 서버, 원격 의료 시스템, 원격 교육 시스템에서 영상을 신속하게 검색하는데 사용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Raymond T. Ng and Dominic Tam, "An Analysis of Multi-level Color Histograms," *Storage and Retrieval for Image and Video Databases V*, SPIE Proceedings Series Vol. 3022, pp. 22-34, 1997.
- [2] M. Stricker and M. Orengo, "Similarity of Color Images," *Proc. Of SPIE : Storage and Retrieval for Image and Video Database III*, San Jose, CA, USA, Vol. 2420, pp. 381-392, 1995.
- [3] Y. Gong, C. H. Chuan and G. Xiaoyi, "Image Indexing and Retrieval Based on Color Histograms," *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 2, pp. 133-156, 1996
- [4] J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, W. J. Zhu, "Image Indexing using Color Correlograms," *CVPR*, pp. 602-607, 1997
- [5] 김진숙, 김호성, "색과 공간정보를 이용한 영상 검색 기법," *한국정보과학회 가을 학술발표논문집*, Vol.24, No.2, pp. 483-486, 1997.
- [6] B. Huet and E. R. Hancock, "Relational Histograms for Shape Indexing," *ICCV 98*, pp. 563-569, 1998.
- [7] E. C. Di Mauso, T. F. Cootes, C. J. Taylor and A. Lanitis, "Active Shape Model Search using Pairwise Geometric Histograms," *BMVC '96*, Vol.1 pp.252-262, Spe. 1996.
- [8] B. S. Manjunath and W. Y. Ma, "Texture Features for Browsing and Retrieval of Image Data," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 18, No. 8, pp. 837-842, 1996.
- [9] J. W. Park, "An Efficient Memory system for image processing," *IEEE Trans. Computers*, Vol. C-35, No. 7, pp. 169-674, July 1986.
- [10] J. W. Park, D. T. HarperIII, "An Efficient Memory System for the SIMD Construction of a Gaussian Pyramid," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed System*, Vol, No.7, JULY 1996.



윤 희 준

1995년 대전산업대학교 전자계산학과 졸업(공학사)
1997년 충남대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
1997년 5월~현재 충남대학교 전자계산소 시스템개발실
관심분야: 영상검색, 이미지데이터베이스, 병렬처리



한 기 선

1988년 충남대학교 자연과학대학 계산통계학과 졸업(이학사)
1990년 충남대학교 대학원 계산통계학과 계산학 전공(이학석사)
1994년 3월~1998년 2월 충남대학교 전자계산소 전산망실
1998년 3월~현재 극동정보대학 멀티미디어과 전임강사
관심분야: 멀티미디어통신, 영상처리, 컴퓨터통신보안



이 형

1995년 충남대학교 컴퓨터공학과(이학사)
1997년 충남대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
1997~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정 재학중
관심분야: 영상처리, 비디오 처리, 병렬처리



박 종 원

1979년 충남대학교 전자공학과(공학사)
1981년 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
1991년 한국과학기술원 전산학과(공학박사)
1981년~1993년 충남대학교 컴퓨터공학과 교수
1992년 The University of Texas(교환교수)
1994년~현재 충남대학교 정보통신 공학과 교수 재직
관심분야: 병렬처리기, 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식, 병렬메모리시스템, 의학영상