

PC-Cluster 를 사용한 내용기반의 화상 검색 시스템의 설계 및 구현

김영균*, 오길호**

*금오공과대학교 컴퓨터공학부

**금오공과대학교 컴퓨터공학부

e-mail : ygkim@cespc1.kumoh.ac.kr

Design & Implementation of a Content-Based Image Retrieval System using a PC-Cluster

Young-Gyun Kim*, Gil-Ho Oh**

*School of Computer Engineering, Kum-Oh National Institute of Technology

**School of Computer Engineering, Kum-Oh National Institute of Technology

요 약

본 논문에서는 LAN 상에서 유휴 PC 들을 사용하여 PC Cluster 를 구성한 후 이를 사용한 내용기반의 화상 정보 검색(CBIR) 시스템에 관한 연구를 수행하였다. LAN 상의 유휴 PC 들은 인터넷상의 연산 자원들보다 안정되고 신뢰성이 있기 때문에 복잡한 보안 기법을 사용하지 않아도 되며 또한 연산시간이 유휴시간으로 고정되어 있기 때문에 네트워크의 부하 및 노드의 부하를 고려하는 복잡한 부하 균등화 기법이나 스케줄링 기법이 필요로 하지 않는 특징을 갖는다. 내용기반의 화상 정보 검색은 화상 데이터의 대용량 특징으로 인해 화상 특징 추출 및 유사도 계산을 위해 많은 연산을 필요로 한다. 특히 다양한 내용기반의 정보 검색 서비스를 지원하기 위해 다중 특징(Multiple Features)을 동시에 추출하고자 할 때 연산시간은 급격히 증가한다. 따라서 이러한 내용 기반의 화상 정보 검색 시스템을 구현하기 위해 저비용의 고성능의 PC Cluster 를 사용하여 전체 연산시간을 단축하고 실시간 정보검색이 가능하도록 하는 연구를 수행 하였다.

1. 서론

인터넷과 디지털 TV등의 출현으로 내용기반의 화상 정보 검색 시스템에 대한 수요가 급격히 증가하고 있으며 이에 대한 연구가 멀티미디어 콘텐츠 데이터의 표현(Description)을 표준화 하고자 하는 ISO/IEC 표준인 MPEG-7[1]을 중심으로 활발히 전개 되고 있다[1,2].

MPEG-7은 멀티미디어 정보의 다양한 형태들을 표현하기 위해 사용되는 표현자들(Descriptors)의 표준 집합을 정의 한다. MPEG-7 표준은 특정 응용 영역을 목적으로 하지 않으며, 정지화상, 동영상, 사운드를 표현하기 위한 서로 다른 많은 콘텐츠 표현자들을 정의 한다. 그러나 멀티미디어 데이터의 대용량 특성상 실시간으로 고속의 서비스를 제공하기에는 고비용의 서버가 필요로 하는 등 많은 어려움이 따른다. 따라서 본 논문에서는 경제적으로 실시간의 내용기반의 정보 검색 서비스가 가능하도록 하기 위해 PC-Cluster를 사용한 내용기반의 화상 정보 검색 시스템에 관해 연구하였다.

최근 PC Cluster에 대해 활발한 연구가 진행되고, 저비용

고성능의 컴퓨팅 플랫폼에 대한 해결책으로 PC Cluster가 사용되고 있다[3,4,5]. 본 논문에서는 LAN으로 연결된 유휴 PC들을 연산에 활용 연산 시간이 많이 필요로 하는 작업에 클러스터 시스템을 구성하여 처리하였다. 이 방식은 전용의 클러스터를 구축하기 위한 하드웨어를 구입할 필요가 없으며, 전용의 설치 공간도 필요로 하지 않는 장점을 갖는다.

2. 관련연구

2.1 PC Cluster

높은 비용의 전용 대형컴퓨터를 사용하는 것보다 낮은 비용의 PC들을 네트워크로 연결 함으로서 비슷하거나 훨씬 뛰어난 성능을 발휘할 수 있는 클러스터(Cluster)시스템들에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다[3,4,5]. 클러스터 시스템은 전용의 워크스테이션으로 구성된 경우와 비전용의 PC 클러스터로 구성된 경우, 이 두 가지 형태가 혼합된 형태가 있다. 네트워크상의 분산된 컴퓨팅 자원을 효율적으로 사용하기 위해 최근 많이 연구되고 있다. 특히 PC Cluster는 일

상에서 흔히 구할 수 있는 부품들로 구성된 PC로 Cluster 시스템을 구성하기 때문에 고성능 서버를 구성하는 고가의 전용 부품들이 필요로 하지 않는 장점을 갖는다.

2.2 내용기반의 화상 정보 검색 시스템

내용기반의 화상정보 검색 시스템의 일반적인 구조는 그림 1과 같다. 주어진 Query(키워드, Query By Example, Sketch 등)에 대해 특징을 추출 후 등록된 데이터베이스와 비교 후 결과를 출력하는 구조를 갖는다. 입력된 화상의 내용을 기반으로 검색하는 시스템은 다양한 방면에서 연구가 진행되어 왔으며, 방대한 화상 데이터 중에서 정확한 검색을 하는 것은 많은 어려움이 따르므로 화상을 분류해서 원하는 데이터의 집합만을 검색하는 방법으로 키워드를 사용하여 검색하는 방법들이 주로 사용되고 있다. 그 예로, Atsushi Ono[10]등은 장면 묘사어(Scene Description Keyword)를 사용하여 170여개의 경치 화상을 검색하는 시스템을 제안하였다. QBIC[11]과 Chabot[12], VisualSEEK[13]에서는 화상의 종류 키워드, 텍스처, 스케치, 모양을 사용한 대규모의 데이터베이스상에서 검색할 수 있도록 연구하였다.

표1. 화상에 대한 XM의 Visual Content Descriptors의 현재 구현 상태[9]

Descriptors 유형	하위 Descriptors	구현 여부
Color Descriptors	Dominant Color	yes
	Scalable Color	yes
	Color Layout	yes
	Color Structure	yes
	GoF/GoP Color	no
Texture Descriptors	Edge Histogram	yes
	Homogeneous Texture	no
	Texture Browsing	no
Shape Descriptors	Region-Based Shape	yes
	Contour-Based Shape	no
	Shape 3D	no

[14]에서는 색채 분포 정보만을 이용하므로 보다 고속의 화상 검색이 가능하지만, 유사한 색채 분포를 갖는 서로 다른 이미지를 검색 결과로 갖는 단점이 있다.

이러한 단점을 보완하기 위해 [15]에서는 색채 분포 정보와 윤곽선을 이용한 방법을 제안하고 있으나, 화상의 단일 스캐닝(Scanning)에 의한 방법이 아닌 여러 단계의 과정을 거쳐야 하므로 계산 양이 많아지는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 [15]에서는 기존의 Color Histogram 방법을 확장하여 공간적인 분포 정보를 포함하도록 한 SCV(Spatial Color Histogram Vector) 방법을 제안하였다.

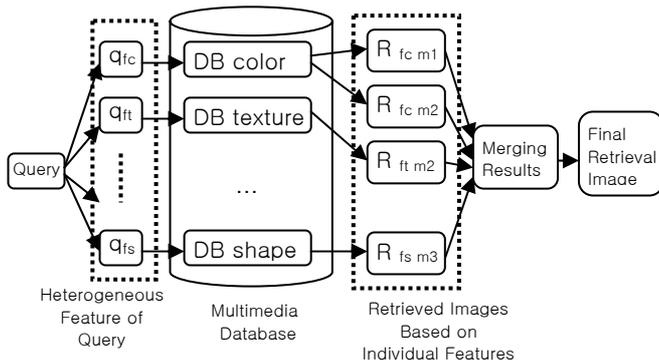


그림1. 내용기반 화상정보 검색시스템의 일반적인 구조[21]

2.3 내용기반 화상검색 시스템에서 사용하는 특징

내용기반 화상 검색 시스템에서 사용하는 특징(Features)에는 칼라특징, 질감특징, 윤곽선 특징, 그리고 이들의 결합 특징을 사용하는 조인트(Joint) 특징 등이 있다.

내용기반의 화상 검색에서 널리 사용되는 칼라 기반 특징은 Color Histograms[16], CCV(Color Coherence Vector)[17], PIM[18] 등이 사용되고 있다.

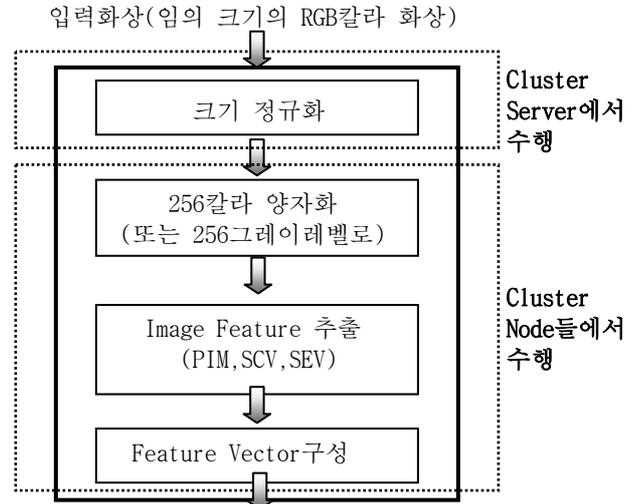


그림2. 화상으로부터 Feature Vector를 추출하기 위한 순서

Color Histograms[16] 방식이 화상들을 비교하기 위해 널리 사용되는 이유는 연산을 수행하기 위한 계산량이 적고, 카메라의 시야에 따른 작은 변화가 Color Histograms에 영향을 미치지 않기 때문이다. 또한 서로 다른 객체들은 흔히 구별되는 Color Histograms를 갖고 있기 때문이다. 그러나 기존의 Color Histograms는 공간적인 정보를 포함하고 있지 않기 때문에 객체들의 변별력이 떨어지는 단점이 있다.

이러한 단점을 보완하기 위해 변형된 형태의 Color Histograms으로서 공간정보를 포함하고 있는 CCV나 PIM을 흔히 사용한다. CCV[17]는 주위 8화소의 색 값의 평균을 이용함으로써 영상을 희미하게 하고 각 색 값을 n개의 색 버킷(Bucket)으로 나눈 후, 각 색 버킷에 해당하는 화소 좌표 값을 저장한다. 이 화소 좌표를 이용해서 해당 색의 공간적 응집도의 여부를 계산한다. 영상의 각 버킷의 응집(Coherence)된 화소의 개수 차와 응집되지 않은(Incoherence) 화소의 개수 차의 합을 거리 측정값으로 사용하였다.

PIM[18]은 해당 블록의 전체 화소 수와 히스토그램 중 가장 큰 도수의 히스토그램 값과의 차이로 계산된다. 또한 본 논문에서는 칼라 특징뿐만 아니라 화상 내 객체의 형태 특징(Shape Features)를 계산하기 위해 SCV(Spatial Color Histograms Vector)와 SEV(Spatial Edge Histogram Vector)를 사용하였다. SEV는 화상으로부터 Gaussian-Laplacian에 지 검출 연산을 수행하고 공간상에서의 X,Y축에 따른 Histogram을 계산하여 특징 벡터로 구성하는 연산을 수행하였다. 영상의 내용 표현 요소 중 질감을 이용한 분석 방법으로서 흔히 통계적인 질감 분석 방법 중의 하나인 GLCM(Gray Level Cooccurrence Matrix)방법은 원 영상에서 해당 그레이 레벨 i,j를 갖는 해당 화소쌍이 얼마나 자주 나타나는가를 표시하는 관련 빈도수 행렬 P[i,j]이다.

[19]에서는 Wavelet 변환 후, 생성된 여러 개의 부밴드들 중에서 해당 영상의 공간적인 정보를 많이 가지는 저대역 부밴드에는 질감의 통계적 분석 방법인 GLCM을 적용한다.

윤곽선 특징은 이미지에서 강도가 급격히 변하는 점, 즉 기울기가 큰 점을 찾는 것이라 보면, 1차 미분에 의해 쉽게 구해 질 수 있다. Sobel마스크, Roberts마스크, Prewitt마스크, Frei-Chen마스크 등이 있다. 강도의 변화가 넓은 영역에 걸쳐 서서히 일어나는, 경사 유형의 윤곽선일 경우, 두꺼운 윤곽선이 검출 될 수도 있다. 이때, 라플라스 연산을 적용한다.

3. 시스템의 설계

3.1 시스템의 구성

제안한 방법을 사용하는 시스템은 TCP/IP 프로토콜을 사용하는 LAN환경의 PC실습실내에 위치하는 PC들의 유휴시간을 활용하는 것으로 그림1과 같이 물리적으로 구성 되었다.

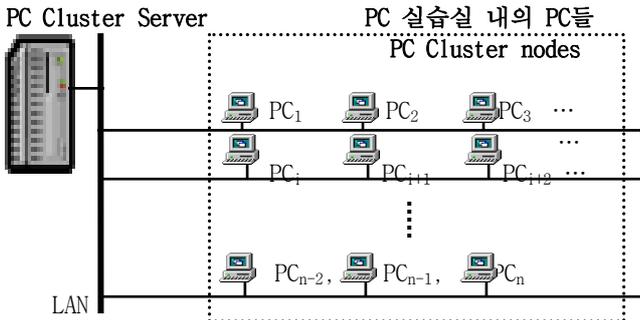


그림3. 실습실 PC들을 사용하는 PC Cluster의 물리적 구성

3.2 작업할당 방법

PC실습실의 PC들을 유휴시간에 응용분야별로 적절하게 논리적으로 재구성함으로써 새로운 응용에 하드웨어의 구성을 변경하지 않고 쉽게 적용할 수 있다는 것도 PC Cluster의 큰 장점 중 하나이다. 유휴시간에는 LAN의 사용자가 거의 없기 때문에 네트워크 부하가 거의 없고, 각 클러스터를 구성하는 PC들의 지역 작업이 없기 때문에 복잡한 동적인 부하 균등화 기법을 사용할 필요가 없다.

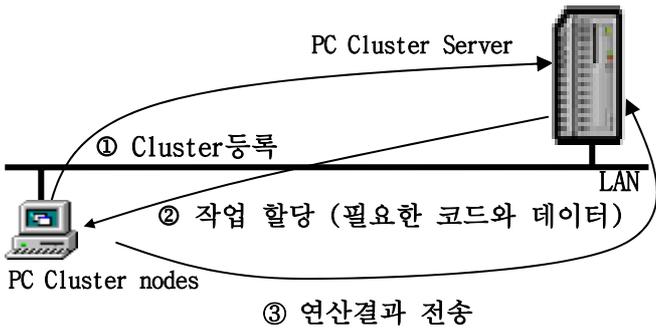


그림4. 제안한 시스템의 작업 할당

3.3 화상의 크기 정규화와 칼라 양자화

입력화상의 크기는 각각의 화상마다 다르고, 화상의 크기가 클 경우 처리 속도의 증가로 실시간 응답이 어렵다. 따라서, 화상들을 처리하기 편리한 형태로 정규화가 필요하다. 본 논문에서는 입력 화상들을 256×256의 고정된 형태로 크기 정규화를 하였다. 또한, 입력되는 화상이 24bpp를 사용하는 트루 칼라인 경우, 계산 양이 많아지므로 이를 화상의 원래 색상을 잃어버리지 않는 최소한의 칼라인 8bpp를 사용한 256칼라로 양자화를 수행한다.

화상의 RGB픽셀 값은 디더 팔레트 인덱스를 계산 함으로서 직접 사용할 수 있다. 만약 RGB 픽셀 값이 Red, Green, Blue변수에 저장되어 있다면 식1에 의해 256칼라 인덱스를

직접 계산해 낼 수 있다[20].

$$\text{Palette Index} = (\text{Red}/32) * 32 + (\text{Green}/32) * 4 + (\text{Blue}/85) \quad (\text{식1})$$

3.4 특징 벡터의 추출

Cluster Server에서 1,024개의 임의의 크기를 갖는 JPEG화상을 256×256크기의 화상으로 정규화를 수행한 후 화상의 특징을 추출하기 위해 각 노드들에게 전송하고, 각 노드들에서 Feature Vector를 구성한 후 이를 Server로 전송하도록 하였다. 화상의 PIM특징은 전역 PIM과 지역 PIM을 함께 추출하였으며, 지역 PIM의 256×256화상을 8×8의 1,024개의 지역 화상으로 나눈 후, 각각의 8×8 화상에 대해 지역 PIM을 추출 하였다. Gaussian-Laplacian에지 검출 연산을 수행하기 위해 24bpp의 칼라 화상을 256 그레이 레벨의 화상으로 변환 후 에지를 추출하였다.

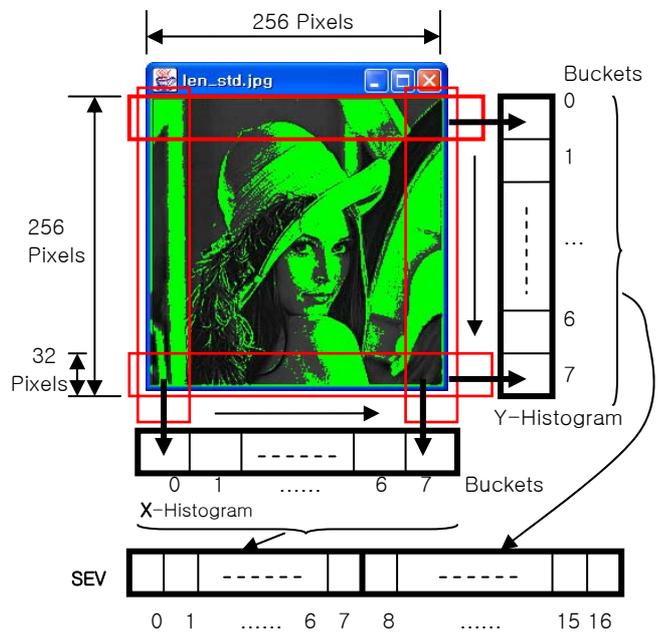


그림5. 256×256의 화상에서 Gaussian-Laplacian연산 적용 후 SEV(Spatial Edge Histogram Vector)의 추출

3.5 유사도 계산

질의로 주어진 화상에서 추출된 특징 벡터 QFV와 Feature DB에 있는 특징 벡터(Feature Vector) TFV간의 유사성 계산은 질의의 특징 벡터와 DB에 저장된 특징 벡터간의 거리(Distance)를 Euclidean Distance를 사용하여 구한 후, Threshold로 나눈 것의 백분율을 100으로부터 차를 구한 값을 사용한다. 따라서, 식2와 식3과 같이 나타내어 진다.

$$\text{Distance}(QFV, TFV) = \frac{\sum_i^n (QFV_i - TFV_i)^2}{n}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{식2})$$

$$\text{Similarity}(QFV, TFV) = 100 - \frac{\text{Distance}(QFV, TFV)}{\text{Threshold}} \times 100(\%) \quad (\text{식3})$$

4. 실험 및 결과분석

제안한 방법은 10Mbps의 전송속도를 갖는 TCP/IP프로토콜을 사용하는 LAN상에서 Microsoft Windows XP운영체제를 사용하는 PC들로 구성된 노드들을 사용하여 JDK1.3을 사용하여 구현하였다. 노드는 1.7GHz의 CPU, 256Mbytes의 주기억

용량, 40Gbytes 하드 디스크 용량을 갖는 PC들로 구성하였다. 실험은 1,024개의 임의의 크기를 갖는 JPEG화상에 대해 크기 정규화, 칼라 양자화, 화상의 특징 추출, 특징 벡터의 유사도 계산 등을 노드의 개수를 증가시켜 연산 수행 시간을 측정하였다. 그림 6에서 각 노드는 수신한 화상에 대해 화상의 CCV, PIM, SEV 특징을 추출한 후, 추출된 특징 벡터를 다시 서버로 전송한다. 서버로부터 Task를 노드로 전송하고 1,024개의 화상 데이터를 노드 개수에 따라 균등 분할하여 전송하고 연산시간과 전송시간을 측정하였다. 질의 화상과 1,024개의 화상에 대한 유사도 계산 소요시간은 16ms로 아주 작은 연산 시간을 가지기 때문에 Cluster Server에서 Cluster node들로 병렬/분산 계산하지 않았다.

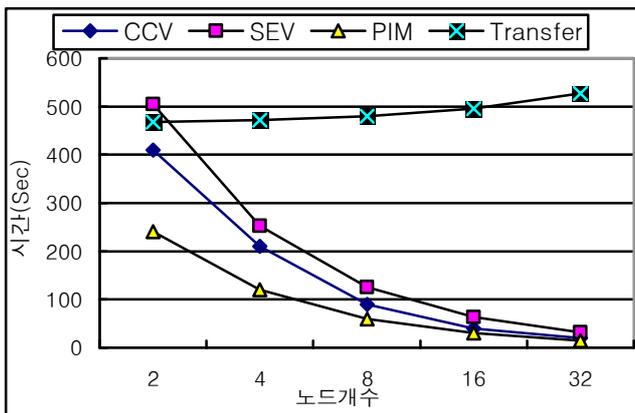


그림6. 노드 개수에 따른 1,024개의 화상 특징 추출 시간

비교적 소규모의 화상 데이터에(1,024개의 JPEG) 대해 연산시간과 전송시간을 측정했기 때문에 노드 개수에 따른 연산시간의 감소만큼 전송시간도 다소 증가하였으나, 중, 대규모(>10,000개)의 화상 데이터에 대해서 전송시간보다 연산시간의 감소로 인한 처리시간의 이득이 더욱 클 것이라고 판단된다. 다양한 형태의 내용기반의 정보 검색 서비스를 지원하기 위해 화상으로부터 다중 특징(본 논문에서는 CCV,PIM,SEV)을 동시에 고속으로 추출할 때 고가의 단일 서버를 사용하는 것보다 실험실의 유휴 PC를 사용하여 클러스터를 구축하는 것이 경제적인 대안이 됨을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 LAN상에 있는 유휴 컴퓨터들로 구성된 PC Cluster시스템을 사용하여 경제적인 방법으로 고속의 화상검색을 하기 위한 내용기반의 화상 정보 검색 시스템을 설계하고 구현하였다. 차후 보다 개선된 응답시간과 보다 정확한 화상 검색을 하기 위한 방법에 대해 연구해 보겠다.

참고문헌

[1] MPEG-7(2003) Overview of the MPEG-7 standard(version9.0), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N5525.
 [2] MPEG-7(2001) MPEG-7 visual part of the eXperimentation Model(version 9.0), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N3914.
 [2] Rajkumar Buyya, High Performance Cluster Computing, Vol.2, Programming and Applications, Prentice Hall PTR, 1999
 [3] Puthong Uthayopas, Surachai Phaisithbenchapol, Krisana Chongbarirux, "Building a Resources Monitoring System for SMILE Beowulf Cluster", Proceeding of High Performance Computing, Asia '99, 1999
 [4] Rajkumar Buyya, "PARMON: a portable and scalable monitoring system for clusters", SOFTWARE-PRACTICE AND EXPERIENCE, Softw. Pract. Exper. 2000; 30:1-17
 [5] Anthony T. Chronopoulos, Razvan Andonie, "A Class of Loop

Self-Scheduling for Heterogeneous Clusters", Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Cluster Computing(CLUSTER'01)

[6] Kam Hong Shum, "Fault Tolerant Cluster Computing through Replication", Proceedings of the 1997 International Conference on Parallel and Distributed Systems(ICPADS '97)

[7] Partha Dasgupta, Zvi M. Kedem, Michael O. Rabin, "Parallel Processing on Networks of Workstations: A Fault-Tolerant, High Performance Approach", 15th Intl. Conference on Distributed Computing Systems, May 1995, Vancouver, BC, Canada

[8] Jian Yang, Jiaoying Shi, Zhefan Jin, Hui Zhang, "Design and Implementations of A Large-Scale Hybrid Distributed Graphics System", Fourth Eurographics Workshop on Parallel Graphics and Visualization(2002)

[9] MPEG-7(2001) MPEG-7 visual part of the eXperimentation Model(version 9.0), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N3914.

[10] Atsushi Ono, Masashi Amano, Mitsuhiro Hakaridani, Takashi Satou, Masao Sakauchi, "A Flexible Content-Based Image Retrieval System with Combined Scene Description Keyword", IEEE, pp. 201-208,1996.

[11] W. Niblack, R. Barber, W. Equitz, M.Flickner, E. Giasman, D. Petkovic, P.Yanker, "The QBIC Project: Querying Images by Content Using Color, Texture, and Shape,," SPIE vol. 1908, pp173-187, 1993.

[12] Virginia E. Ogle. Michael Stonebraker, "Chabot:Retrieval from a Relational Database of Images," IEEE, pp.40-48,1995.

[13] John R. Smith, Shih-Fu Chang, "VisualSEEK: a fully automated content-based image query system," ACM Multimedia '96, November, 1996.

[14] 김영균,김병만,"색채 분포 정보를 이용한 내용기반 화상 검색 시스템의 설계", 한국정보과학회 가을 학술 발표논문집(I) Vol. 24, No.2, pp345-348,1997.10

[15] 김영균,김병만,"색채분포, 색채의 공간 분포 정보 및 윤곽선 정보를 이용한 내용기반 화상 검색 시스템의 설계", 제10회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, pp33, 1998.1, 한국 정보처리 학회 춘계 학술 발표 대회 '98.4.10

[16] Michael Swain and Dana Ballard, Color Indexing, International Journal of Computer Vision, 7(1):11-32,1991.

[17] Greg Pass, Ramin Zabih, Justin Miller, "Comparing Images Using Color Coherence Vectors",4th ACM Multimedia Conf., November, 1996.

[18] 김태희, 정동석, "엔트로피와 색채 특징을 이용한 영상 검색 기법", 정보과학회지(A) 제26권 제3호(1999.3)

[19] 김진아, 정성환,"Wavelet 기반의 질감 특징을 이용한 영상 검색," 한국정보과학회 가을 학술 발표논문집 Vol. 24, No. 2, pp379-382, 1997.10.

[20] 김철원, 최기호, "칼라지정을 이용한 내용기반 화상 검색 시스템의 구현," 한국정보처리학회 논문지 제4권 제4호, pp933-943. 97.4

[21] G. Sheikholeslami, S. Chatterjee, and A. Zhang, "NeuroMerge: An Approach for Merging Heterogeneous Features in Content-Based Image Retrieval Systems", Proceedings of the 4th International workshop on Multimedia database Management Systems(IW MMDBMS '98) pp. 106-113, Dayton, Ohio, 1998.