

내용기반 화상검색 시스템의 화상 특징 추출을 위한 PC-Cluster의 설계 및 구현

김영균^o 오길호
 금오공과대학교 컴퓨터공학부
 {yngkim^o, gilho}@cespc1.kumoh.ac.kr

Design & Implementation of a PC-Cluster for Image Feature Extraction of a Content-Based Image Retrieval System

Young-Gyun Kim^o Gil-Ho Oh
 School of Computer Engineering, Kumoh National Institute of Technology

요 약

본 논문에서는 내용 기반의 화상 검색 시스템을 위한 화상 특징 추출을 고속으로 수행하기 위하여 TCP/IP 프로토콜을 사용하는 LAN환경에서 유휴(Iidle) PC들을 사용한 PC 클러스터에 관해 연구하였다. 실험에 사용한 화상 특징(Image Feature)으로서는 칼라의 응집도를 사용하는 CCV(Color Coherence Vector), 화상의 엔트로피를 정량화한 PIM(Picture Information Measure), Gaussian-Laplacian 에지 검출 연산을 사용한 SEV(Spatial Edge Histogram Vector)로서 이들을 추출하기 위한 Task를 Master node에서 Slave node들로 전송하고, 연산에 사용될 화상 데이터를 전송한 후 연산을 수행하고 결과를 다시 Master node로 전송하는 전통적인 Task-Farming 형태의 PC Cluster를 구성하였다. 연산에 참여하는 클러스터 노드의 개수를 증가시키며 Task와 화상데이터를 전송하여 이에 따른 연산시간을 측정하고 비교하였다. 실험 결과는 유휴 PC들로 구성된 PC클러스터를 이용한 효율적인 내용기반의 화상 검색 시스템을 구성하기 위해 활용이 가능하다.

1. 서론

최근에 디지털 멀티미디어 데이터를 대상으로 ISO/IBC 국제표준인 MPEG-7관련 내용기반의 정보검색에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다[1,2,14]. 디지털 멀티미디어 데이터를 대상으로 하는 내용기반의 정보검색은 사용자가 원하는 정보를 보다 쉽게 찾을 수 있도록 하고 있으나, 멀티미디어 데이터의 대용량성과 멀티미디어 데이터로부터 특징 벡터를 추출하는 작업이 단일의 컴퓨터 환경에서는 많은 연산 시간을 갖는 단점을 갖는다. 이러한 단점을 극복하기 위해 본 논문에서는 저비용 고성능의 컴퓨팅 플랫폼인 PC Cluster를 사용하여 내용기반의 화상 검색 시스템의 화상 특징 추출을 고속으로 수행하기 위한 연구를 수행하였다. 최근 Cluster Computing에 대해 활발한 연구가 진행되고, 저비용 고성능의 컴퓨팅 플랫폼에 대한 해결책으로 PC Cluster에 대해 널리 연구되어 왔다[3,4,5]. 특히 PC Cluster는 병렬/분산처리를 위한 특별히 설계된 전용의 하드웨어의 제약 없이 흔히 구입할 수 있는 부품들로 시스템을 구축할 수 있는 특징을 갖는다. 본 논문에서는 LAN상의 유휴(Iidle) PC들의 유휴 시간대와 유휴기간을 타임테이블(Time table)에 등록하여 연산작업을 배치함으로써 상당한 경제적인 효과를 얻을 수 있었다. 특히 실험실습실 PC의 경우 동일한 성능의 동일한 운영체제와 동일한 하드웨어로 구성되어 있고, 고속의 LAN으로 연결된 경우가 많아 PC Cluster 시스템을 구성하기에 용이한 특징을 갖는다. 또한 LAN환경의 경우 인터넷기반의 메타컴퓨팅(Meta-computing)과 달리 좀더 신뢰할 수 있고 안정된 사용환경을 확보할 수 있다. 많은 사용자들이 실험실습용으로 사용되는 주간의 시간대를 피함으로써 노드의 부하를 고려하거나 네트워크 부하를 고려해야 하는 복잡한 스케줄링(Scheduling)방법이 필요하지 않는다. Cluster 시스템을 설치하기 위한 별도의 물리적 공간이 필요 없으며, 실험 실습용으로 사용하는 PC들을 그대로 사용하므로 실험실습실 PC들의 활용도를 높일 수 있다는 것이 가장 큰 장점이다.

2. 관련연구

2.1 PC Cluster

높은 비용의 전용 대형컴퓨터를 사용하는 것보다 낮은 비용의 PC들을 네트워크로 연결 함으로써 비슷하거나 훨씬 뛰어난 성능을 발휘할 수 있는 클러스터(Cluster)시스템들에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다[3,4,5]. 클러스터 시스템은 크게 전용의 클러스터로 구성된 경우와 비전용의 클러스터로 구성된 경우, 이 두 가지 형태가 혼합된 형태가 있다. 고성능(High-Performance)과 고가용성(High-Availability)을 위해 주로 사용되고 있으며, 네트워크상의 분산된 컴퓨팅 자원을 효율적으로 사용하기 위해 많이 연구되고 있다.

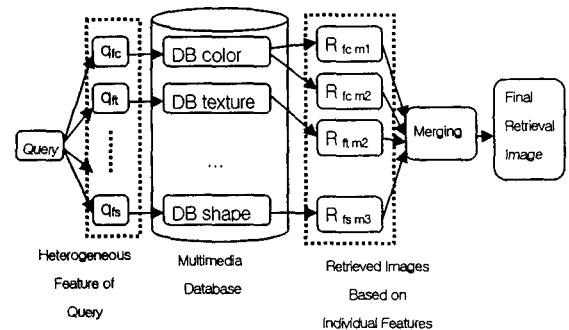


그림 1. 내용 기반 화상 검색 시스템의 일반적인 구조[11]

2.2 LAN으로 연결된 실험실습실 PC들을 활용한 PC Cluster

각 대학이나 연구기관마다 전용의 PC실습실이 갖추어져 있으며, 실습실의 PC들은 실험실습 시간에는 사용되지 않는 특징을 갖는다. 이러한 사용되지 않는

유휴 시간을 조사해보면 실습실마다 차이가 있지만 24시간 중 대략 60% 이상이 유휴하고, 토, 일요일에는 100% 사용되지 않는다. 대학교 실습실의 경우, 연중 하계 및 동계 방학 기간 중인 총4개월간 100%유휴 상태로 있다는 것을 쉽게 알 수 있다.

2.3 내용 기반 화상 검색 시스템의 구조

내용기반의 화상 검색 시스템의 일반적인 구조는 그림1과 같이 구성되어 질 수 있다[11]. 그림1에서 멀티미디어 데이터베이스에 사용되는 질의는 Color, Texture, Shape등을 가질 수 있다. 이러한 질의 결과를 통합하여 최종적인 결과를 사용자에게 출력하게 된다. 대용량의 내용기반 화상 검색 시스템에서는 이러한 특징 중에서 고속의 검색 서비스를 제공하기 위해 Texture나 Shape보다 연산량이 적은 Color 특징을 주로 사용하고 있다.

2.4 화상 특징 추출(Image Feature Extraction)

내용기반의 화상 검색에서 널리 사용되는 특징으로는 Color Histograms[12], CCV(Color Coherence Vector)[9], PIM[10] 등이 사용되고 있다. Color Histograms 방식이 화상들을 비교하기 위해 흔히 사용 되는 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.

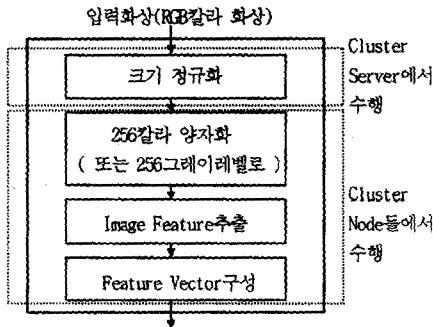


그림 2. 화상으로부터 Feature Vector를 추출하기 위한 순서

CCV[S]는 주위 8화소 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 계산 한다. 영상의 각 버킷의 응집(Coherence)된 화소의 개수 차와 응집되지 않은 (Incoherence) 화소의 개수 차의 합을 거리 측정값으로 사용하였다.

PIM[10]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 SEV(Spatial Edge Histogram Vector)를 사용하였다. 화상으로부터 Gaussian-Laplacian 에지 검출 연산을 수행하고 공간상에서의 X,Y축에 따른 Histogram을 계산하여 특징 벡터로 구성하는 연산을 수행하였다. 본 논문에서는 그림2와 같이 Cluster Server에서 화상의 크기 정규화를 수행하고, 크기 정규화를 거친 화상들에 대해 화상 특징 추출을 수행하는 Task를 Cluster의 노드들에 전송하여 병렬/분산처리 하였다.

3. 시스템의 설계 및 구현

3.1 시스템의 구성

제안한 시스템은 TCP/IP 프로토콜을 사용하는 LAN환경으로서 그림4와 같이 구성 되고, 그림 3과 같이 Master와 다수의 Slaves로 구성된 Task-Farming(or Master/Slave)형태[3]의 PC Cluster로 수행 된다. Master역할을 수행하는 PC

Cluster Server가 해결하고자 하는 문제(Problem)를 작은 형태의 작업들(Tasks)로 분할된 작업을 가지고 있고, 연산의 최종 결과들을 만들기 위해 Slaves로부터 부분 연산 결과를 수집하는 책임을 진다. 작업의 분배(Distribution)는 연산 초기에 Master(PC Cluster server)로부터 Slaves(PCs)로 수행된다.

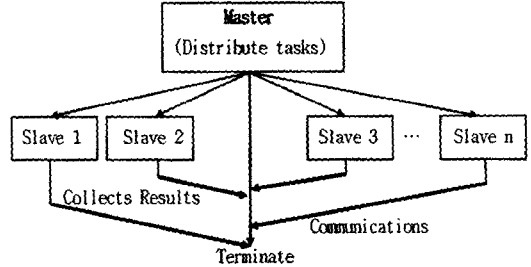


그림 3. Task-Farming(또는 Master/Slave) 모델

참여하고자 하는 노드로서 실습실의 각 PC는 PC Cluster Server에 IP주소를 등록하고, 유휴시간에 작업을 할당 받는다. 노드는 할당된 연산을 수행 후 PC Cluster Server에게 연산 결과를 전송한다. PC Cluster Server는 최종적으로 각 노드로부터 수신된 연산 결과를 통합한다.

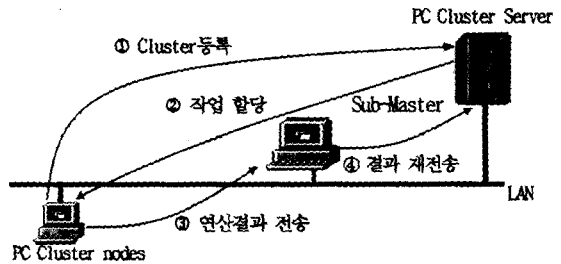


그림4. 제안한 시스템의 수행 과정

Server는 클러스터에 참여하는 등록된 PC의 IP타이틀을 참조하여 각각의 유휴 노드로 등록된 PC들의 연산시작 시간에 연산 코드를 담고 있는 작업을 전송한다. 특히 일반 사용자들이 사용하지 않는 유휴시간을 이용하므로 각 노드의 부하를 동적으로 균등화할 필요가 없으며 복잡한 스케줄링 기법이 필요 없다는 장점을 갖는다. 각 노드에 배치된 작업을 각 노드의 Client프로그램이 수행하고 예약된 종료시간 전에 연산된 결과를 Server로 전송함으로써 연산 결과를 수집한다. 각 노드에는 지역 하드디스크의 공간 중 일부를 클러스터 연산의 중간 결과를 저장하기 위한 공간으로 고정된 크기의 하드디스크 저장 공간을 미리 확보해 두어야 한다.

3.2 시스템의 구현

제안한 방법은 10Mbps의 전송속도를 갖는 TCP/IP 프로토콜을 사용하는 LAN상에서 Microsoft Windows XP 운영체제를 사용하는 PC로 구성된 노드들을 사용하여 JIK 1.3을 사용하여 구현하였다. 노드는 1.7GHz의 CPU, 256 Mbytes의 주 기억 용량, 40Gbytes 하드디스크 용량을 갖는 PC들로 구성하였다. 입력 화상의 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, 계산량이 많아지므로 이를 화상의 원래 색상을 잃어버리지 않는 최소한의 칼라인 8bpp를 사용한 256 칼라로 양자화를 수행한다. 화상의 RGB 픽셀 값은 디터 팔레트 인덱스를 계산함으로써 직접 사용할 수 있다. 만약 RGB 픽셀 값이 Red, Green, Blue변수에 저장되어 있다면 식1에 의해 256 칼라 인덱스를 직접 계산해 낼 수 있다[13].

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

Cluster Server에서 1,024개의 임의의 크기의 JPEG화상을 256×256크기의 화상

으로 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 PIM은 256×256화상을 8×8의, 1,024개의 지역 화상으로 나눈 후, 각각의 8×8 화상에 대해 지역 PIM을 추출하였다. Gaussian-Laplacian 에지 검출 연산을 수행하기 위해 24bpp의 칼라 화상을 256 그레이 레벨의 화상으로 변환 후 에지를 추출하였다.

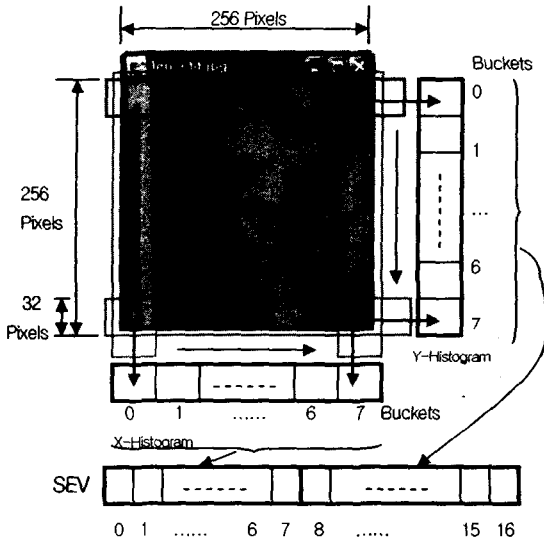


그림 5. 256×256의 화상에서 Gaussian-Laplacian 연산 적용 후 SEV(Spatial Edge Histogram Vector)의 추출

4. 실험 및 결과 분석

실험은 1,024개의 JPEG 화상에 대해 화상의 크기를 256×256의 동일한 화상 크기로 조절 후 화상의 특징을 추출하는 각각의 노드로 전송한다. 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.

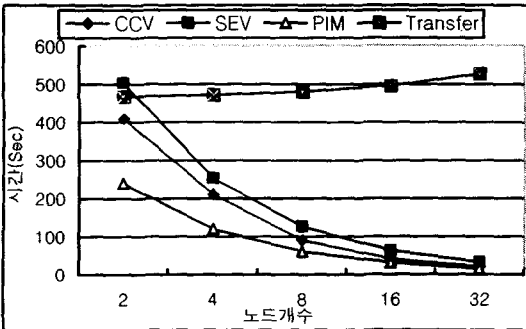


그림 6. 노드 개수에 따른 CCV, PIM, SEV 특징 벡터 추출시간과 화상 데이터 전송시간(Transfer)

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 연산시

간의 감소로 인한 처리시간의 이득이 더욱 클 것이라고 판단된다.

특히 화상으로부터 다중 특징(본 논문에서는 CCV, PIM, SEV)을 고속으로 추출할 때 고가의 단일서버를 사용하는 것보다 실험실의 유류 PC를 사용하여 클러스터를 구축하는 것이 경제적인 대안이 될 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 LAN으로 연결된 동일한 성능을 가지는 실험실 PC들로 구성된 유류 PC를 사용하여 내용기반의 화상 정보 검색 시스템을 위한 고속으로 화상 특징을 추출하는 PC Cluster에 대해서 연구하였다. 차후, 연산속도를 단축하기 위한 보다 효율적인 방법과 대용량의 화상 데이터베이스(>10,000)에 이를 적용하여 PC Cluster를 이용한 효율적인 내용기반 화상 정보 검색 시스템에 대해 연구해 보겠다.

참고문헌

[1] MPEG-7(2003) Overview of the MPEG-7 standard(version 9.0), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N5525.
 [2] Ana B. Benitez, Di Zhong, Shih-Fu Chang, and John R. Smith, "MPEG-7 MDS Content Description Tools and Applications", Proceedings of the International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns(CAIP-2001), Warsaw, Poland, Sep 5-7, 2001.
 [3] Rajkumar Buyya, High-Performance Cluster Computing, Vol. II, Programming and Applications, Prentice Hall PTR, 1999
 [4] Puchong Uthayopas, Surachai Phaisithbenchapol, Krisana Chongbarinux, "Building a Resources Monitoring System for SMILE Beowulf Cluster", Proceeding of High Performance Computing, Asia '99, 1999
 [5] Rajkumar Buyya, "PARMON: a portable and scalable monitoring system for clusters", SOFTWARE-PRACTICE AND EXPERIENCE, Softw. Pract. Exper. 2000; 30:1-17
 [6] 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)
 [7] Kam Hong Shum, "Fault Tolerant Cluster Computing through Replication", Proceedings of the 1997 International Conference on Parallel and Distributed Systems(ICPADS '97)
 [8] 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
 [9] Greg Pass, Ramin Zabih, Justin Miller, "Comparing Images Using Color Coherence Vectors, 4th ACM Multimedia conf., November, 1996
 [10] 김태희, 정동서, "엔트ropy와 색채 특징을 이용한 영상 검색 기법", 정보과학회지(A) 제26권 제3호(1999.3)
 [11] 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) p.p. 106-113, Dayton, Ohio, 1998
 [12] Michael Swain and Dana Ballard, Color Indexing, International Journal of Computer Vision, 7(1):11-32, 1991.
 [13] 김철원, 최기호, "칼라지정을 이용한 내용기반 화상 검색 시스템의 구현", 한국 정보처리학회 논문지 제4권 제4호, pp933-943, 97.4
 [14] Markus Koskela, Jorma Laaksonen, and Erkki Oja, "Self-Organizing Image Retrieval With MPEG-7 Descriptors", In Proceedings of Infotech Oulu International Conference on Information Retrieval(IR '2001), Oulu, Finland, September 2001.