

PC 클러스터 기반 병렬 한국어 정보검색 시스템

김진혁, 장한국, 최참아, 류광렬, 정상화, 권혁철
부산대학교 정보컴퓨터 공학부

PC Cluster-based Parallel Korean Information Retrieval System

J. H. Kim, H. K. Jang, C. A. Choi, K.R. Ryu, S.H. Chung, H.C. Kwon.

Division of Information and Computer Engineering, Pusan National University

요약

대용량의 정보를 다루는 정보검색 시스템은 정보 처리 과정에서 디스크 접근 시간이 큰 오버헤드로 작용한다. 본 논문에서는 단일 기계에서 작동하는 정보검색 시스템이 가지는 이러한 문제점을 해결하기 위해 PC 클러스터 기반 정보검색 시스템을 구현하였다. 색인어 간의 동시등장 빈도 정보를 이용한 Greedy De-clustering 알고리즘으로 클러스터에 색인어 역파일을 병렬 분산하여 저장하고, SCI 기반의 효율적인 통신 시스템을 구축하여 클러스터 노드 간의 통신이 원활하게 하였다. 따라서 사용자 질의어를 처리할 때 질의어별로 가져오는 색인어 역파일의 디스크 접근 시간이 감소하는 효과를 얻을 수 있었으며, 기존의 단일 기계에서 수행되는 정보검색 시스템보다 수행속도가 2.3 배 빠른 시스템을 구현하였음을 실험을 통해 확인하였다.

1. 서론

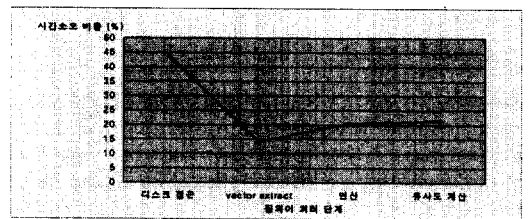
오늘날 컴퓨터를 통한 정보처리기술의 발달과 컴퓨터 네트워크의 일반화에 따라 정보의 양이 기하급수적으로 증가하고 있다. 날이 늘어나는 데이터들을 무분별하게 받아들이지 않고 필요한 정보만을 찾기 위해서는 1차적인 정보 검색이 필요하다. 방대한 데이터를 효과적으로 관리하는 하나의 방법으로, 대용량 거대 서버(server) 또는 슈퍼컴퓨터를 설치하여 정보검색 시스템을 운영할 수 있지만 이 방법은 경제적이지 못하다.

본 논문에서는 위와 같은 문제를 고려하여, 가격대비 성능이 우수한 PC를 네트워크로 연결하여 하나의 클러스터 정보검색 시스템을 구축하였다. 클러스터 정보검색 시스템을 구현함에 있어서 고려해야 할 중요한 점을 생각해보고, 여러 가지 실험을 통하여 그 해결책을 마련하였다. 또한 실제 구현된 클러스터 정보검색 시스템이 기존의 일반적인 정보검색 시스템과 비교하여 어느 정도 성능을 나타내는지 실험하였다.

2. 기존의 정보검색 시스템

일반적인 정보검색 시스템은 단일 기계에서 독자적으로 수행된다. 사용자로부터 질의가 오면, 질의를 구성하는 단어들의 색인어 역파일을 순차적으로 디스크에서 읽어서 해석하고 연산한다[2]. 이와 같은 정보검색 시스템에서는 전체 수행시간에서 디스크를 읽는 시간이 가장 많은 부분을 차지한다.

이를 구체적으로 분석해보면 [그림-1]과 같이 디스크 접근 시간이 전체 수행 시간의 약 45%를 차지함을 알 수 있다.



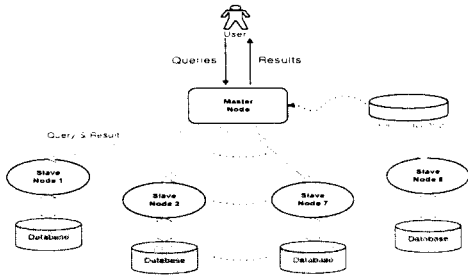
[그림-1] 질의어 처리 단계별 시간소모비 분석

3. PC 클러스터 기반 병렬 한국어 정보검색 시스템

3.1 시스템 개요

본 논문에서는 IBM PC 8 대를 클러스터화하여 하나의 정보검색 시스템으로 구현하였다. 클러스터 시스템은 색인어 역파일을 각 노드의 하드디스크에 분산 저장한다[4]. 이로써 질의 처리시 디스크 I/O가 분산되어 병렬로 색인어 역파일을 읽을 수 있다[3]. 클러스터 시스템의 각 노드별로 색인어 역파일의 분산이 적절하게 이루어져야 질의어 처리시 디스크 I/O가 균등하게 분할되고, 질의어와 문서의 유사도를 계산하는 시간 줄어든다. 따라서, 클러

스터 시스템을 디자인 할 때 이러한 색인어 역파일의 분산 및 병렬화의 정도가 시스템의 효율성을 결정한다[1][9].



[그림-2] PC 클러스터 기반 병렬 한국어 정보검색 시스템

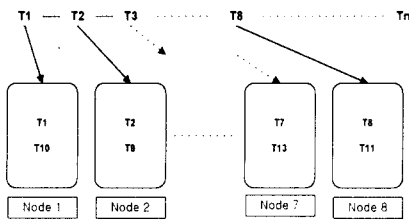
[그림-2]에서 보듯이 클러스터 시스템은 하나의 Master Node 와 여러 개의 Slave Node 로 구성된다. Master Node 는 질의가 들어오면 질의를 구성하는 각 색인어를 단어 클러스터링 정보를 기준으로 Slave Node 로 보낸다. 또한, Slave Node 로부터 가져온 색인어 역파일을 모아서 연산을 수행하고 결과를 Ranking 한다. Slave Node 는 Master Node 부터 질의어 리스트를 받아들여 색인어 역파일을 하드디스크로부터 가져온다.

3.2 병렬도 향상을 위한 색인어 역파일의 분산 - Greedy De-clustering

질의어 처리시 클러스터의 병렬 분산 효과를 최대한 얻기 위해서는 색인어 역파일이 각 클러스터 노드별로 골고루 분산되어야 한다[5]. 색인어 역파일의 효과적인 분산을 위해서 색인어들의 문서 내 동시등장 확률에 기반한 Greedy De-clustering 방법을 개발하였다.

첫째, 문서 라이브러리를 분석하여 등장하는 모든 색인어에 대하여 문서에 등장하는 빈도를 구한다[9]. 둘째, 문서에 등장하는 빈도값을 기준으로 모든 색인어를 내림차순으로 정렬한다. 셋째, 클러스터 노드가 N 개라면 상위 N 개의 색인어를 순서대로 노드에 할당한다. 넷째, 다음 (N+1)부터 새로운 N 개는 각 노드에 이미 할당되어 있는 색인어와 동시등장 확률이 가장 작은 노드에 할당한다. 이 때, 각 노드에 할당된 색인어가 하나 이상 있다면, 비교하고자 하는 확률값은 노드에 할당된 각 색인어들과 새로 비교할 색인어간의 동시등장 확률값을 모두 더한 값을 사용한다.

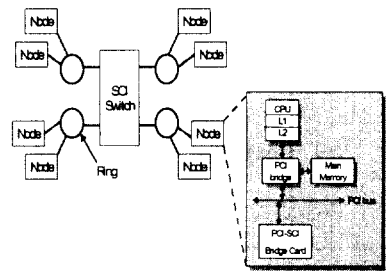
위 방법으로 동시등장 확률이 높은 색인어들은 서로 다른 노드에 분산되는 효과를 기대할 수 있다[7][8].



[그림-3] 색인어의 Greedy De-clustering

3.3 통신 Overhead 감소를 위한 SCI 기반 통신 시스템 구현

효율적인 통신 환경 구축을 위해 MPI 및 SCI 기반의 클러스터 통신 시스템을 구현하였다. 기존 네트워크 어댑터를 그대로 사용하는 MPI 기반의 통신 시스템과 SCI 네트워크 어댑터를 사용하여 보다 빠른 성능을 나타내는 SCI 통신 시스템을 구현하였다. SCI 통신을 위해 PCI-SCI 어댑터를 사용하여 8 Node 클러스터 시스템을 연결하였다. PCI-SCI 어댑터를 지원하는 SISC API를 사용하여 클러스터 시스템 내의 노드들은 서로 원격 노드의 메모리에 직접 접근할 수 있다[6]. SISC는 클러스터 시스템 내의 모든 노드가 가진 지역(local)메모리를 하나의 공통된 전역(global)메모리로 사용할 수 있도록 해주고, 원격 메모리에 고속으로 데이터를 전송할 수 있게 하므로 기존 네트워크 어댑터의 MPI 통신 환경에서보다 빠른 성능을 나타낸다. 본 연구에서는 SISC API를 바탕으로 실제 병렬 정보검색 시스템에 필요한 통신 라이브러리를 새로 개발하였다[10].



[그림-4] SCI 기반 통신 모델

4. 실험 및 결과

4.1 실험환경

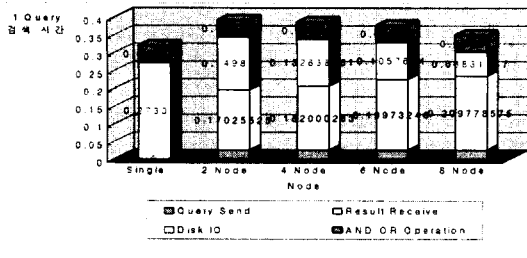
8 대의 Pentium-II PC 를 연결하여 클러스터 시스템을 구성하였다. 운영체제는 Linux 커널 2.0.36 이며, PCI-SCI 어댑터는 1999년 5월 28일 release 버전을 사용하였으며, 클러스터의 8 노드 중 하나를 Master Node 로, 나머지 노드를 Slave Node 로 구성하여 실험하였다.

4.2 실험내용

사용자가 하나의 질의를 입력하여 그 질의의 결과를 돌려 받을 때까지 소요된 시간을 측정하여 기존의 단일노드 정보검색 시스템의 성능과 비교해서 제시하였다. 실험에 사용된 문서 데이터베이스는 20만 건 신문기사를 사용하다. 질의어 하나는 24개 색인어로 구성된다.

4.3 MPI 기반 병렬 정보검색 시스템

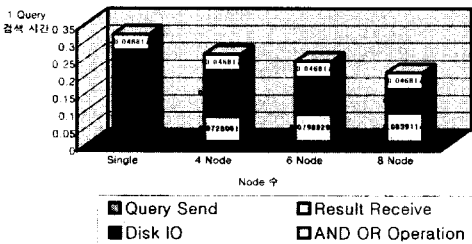
[그림-5]에서 보듯이 Slave Node 의 개수를 늘려가면 점차적으로 디스크 접근시간이 감소한다. 이것은, 단일 기계에서 수행할 때의 디스크 접근 시간이 시스템의 병렬화에 따라 노드 개수만큼 나누어지기 때문이다.



[그림-5] MPI 통신에서 질의어 처리시간

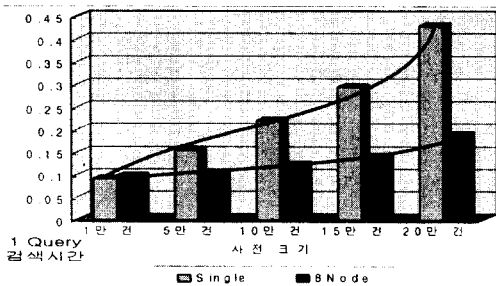
그러나 MPI의 통신성능의 한계로 통신 오버헤드가 많이 발생하여 전체적인 수행시간은 8노드에서 0.313초이며, 단일 기계의 0.319초에 비교하면 전혀 성능 개선의 효과가 없다.

4.4 SCI 기반 병렬 정보처리 시스템



[그림-6] SCI 통신에서 질의어 처리시간

[그림-6]에서 보듯이 단일 기계에서 수행 시간은 0.319초이며, 8노드에서는 0.132초이다. 즉, SCI는 단일 기계 시스템보다 2.3배 이상 빠르다. SCI는 MPI 시스템의 통신 오버헤드와 비교할 때 훨씬 효율적이며, 단일 기계에서 실행시킨 기존의 정보검색 시스템의 성능과 비교하여도 전체 작업 수행시간은 짧아짐을 알 수 있다. [그림-7]에서 보듯이 전체 문서 개수가 늘어남에 따라 단일 기계는 수행시간이 급격히 증가하는 반면, SCI 클러스터 시스템의 수행시간은 완만히 늘어난다. 20만 건에서 SCI는 2.3배 속도이며, 문서 개수를 더 늘려 100만 건 정도의 대용량 문서 set에서 검색할 때는 많이는 4배 이상의 수행속도 증가가 나타날 수 있음을 예측할 수 있다.



[그림-7] 문서 개수 증가에 따른 질의어 처리시간

즉, 접근하는 디스크의 크기가 증가해도 클러스터 시스템의 디스크 병렬화 효과로 전체 시스템 수행성능이 높아짐을 알 수

있다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 PC 클러스터 기반 정보검색 시스템을 구현하였다. 색인어 간의 동시등장 빈도수 정보를 이용한 Greedy De-clustering 알고리즘을 이용하여 각 클러스터 노드에 색인어 역과일을 병렬 분산하여, 시스템의 질의어 처리에서 색인어 역과일을 가져오는 디스크 I/O를 노드별로 나누었으며, SCI 기반의 통신 시스템으로 클러스터 노드 간의 빠른 통신 속도를 보장하였다. 이러한 연구를 바탕으로 구현한 클러스터 정보검색 시스템이 기존의 단일 기계에서 수행되는 정보검색 시스템과 비교할 때 전체 수행 시간이 감소하였음을 실험결과를 통해 확인하였다. 향후 보다 나은 시스템 개발을 위해 색인어 역과일을 클러스터링 하는 알고리즘 개선과 함께, 현재 하나의 질의어를 병렬 처리하는 단계에서 발전하여 여러 질의어를 병렬 처리하는 시스템을 생각할 수 있다. 또한, 클러스터 각 노드가 Master Node와 Slave Node의 역할을 동시에 수행할 수 있는 다중 Master-Slave 구조로 보다 높은 차원에서 시스템의 병렬화를 통한 성능 개선이 필요하다.

6. 참고문헌

- [1] H.Stone, "Parallel query of large databases", IEEE computer, Vol20, No 10, pp 11-21, Octo, 1987
- [2] G.Salton, M.J.McGill, "Introduction To Modern Information Retrieval", NewYork : McGraw-Hill, 1983
- [3] Ian H. Witten, Alistair Moffat, Managing Gigabytes, 1994, pp.79-93
- [4] Sang-Hwa Chung, Soo-Cheol Oh, Kwang Ryel Ryu, Soo-Hee Park, "Parallel Information Retrieval on a Distributed Memory Multiprocessor System".
- [5] Schutze, H. and Silverstein, C., "Projections for Efficient Document Clustering," Proceedings of The 20th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, pp.74-81, 1997
- [6] R. Hexel and N. Topham, "The Performance of SCI Memory Hierarchies", Proc. Of the Intl Workshop on Support for Large Scale Shared Memory Architectures, Cancun, Mexico, 1994.
- [7] Stanfill, C. and Thau, R., "Information Retrieval on The Connection Machine: 1 to 8192 Gigabytes," Information Processing & Management, pp. 285-310, 1991.
- [8] 류광렬, 정상화, "효율적인 병렬 정보검색을 위한 Clustering 기법의 개발," '97 핵심전문연구과제 중간보고서, 1997.
- [9] 박세진, 강상배, 권혁걸, "Relevance Feedback을 이용한 정보 검색 시스템의 검색효율 향상", HCL '97 학술대회 발표논문집, 1997, pp3-8.
- [10] B. Wu, "Initialization of Node Ids and routing tables in and SCI system". Internal note, Dept. of Physics, Univ. of Oslo, Norway, Oct.1994.

"이 논문은 (1998)년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음 (과제번호 - 1998-001-E01171)"