

플래시 메모리 저장 장치에서 효율적인 M-tree 기반의 인덱싱 구현

유정수^o 낭종호

서강대학교 컴퓨터공학과

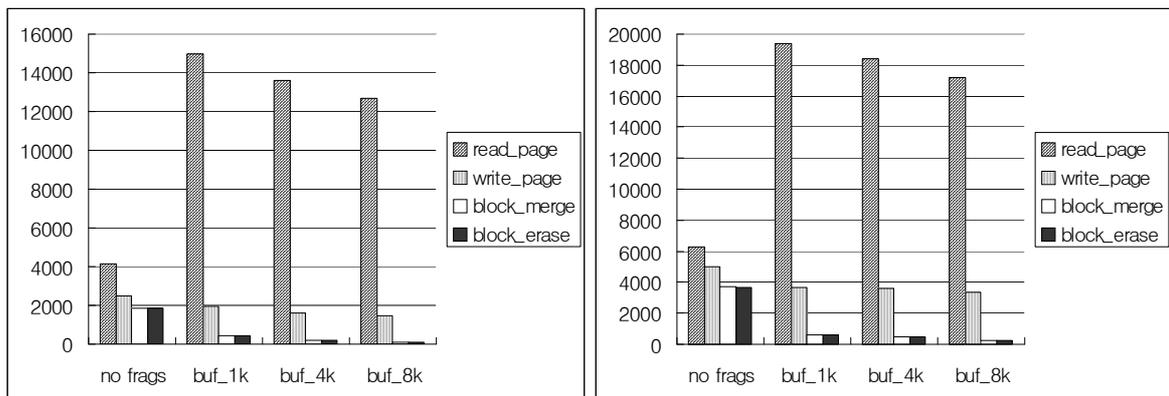
yjs@mlneptune.sogang.ac.kr^o jhnang@sogang.ac.kr

An Implementation of Efficient M-tree based Indexing on Flash-Memory Storage System

Jeongsoo Yu^o Jongho Nang

Department of Computer Science and Engineering, Sogang University

최근 플래시 메모리는 PMP, 휴대폰, PDA, MP3 플레이어, 디지털 카메라와 같은 휴대용 기기에서 가장 많이 쓰이는 저장 매체이다. 이는 플래시 메모리의 장점인 저전력성, 비휘발성, 물리적 안정성 및 휴대성 등이 휴대 기기의 저장 장치로 매우 적합하기 때문이다. 그러나 플래시 메모리는 덮어 쓰기 연산을 지원하지 못한다는 단점을 가진다. 그래서 플래시 메모리의 덮어 쓰기는 이전 데이터를 빈 페이지에 쓰고 이전 데이터가 쓰여져 있던 페이지를 무효화 시키거나 소거 연산을 적용 시켜야 하는 과정이 필요하다. 특히 소거 연산은 그 비용이 매우 크고 적용 횟수 또한 수백만 번 정도로 제한되며, 이러한 제약들로 인하여 플래시 메모리는 쓰기 연산이 읽기 연산에 비하여 제약적이다. 한편 플래시 메모리는 MLC (multi-level-cell) 기법의 개발로 인하여 빠른 속도로 대용량화 되고 있으며, 이로 인하여 휴대 기기 환경에서 대량의 데이터를 저장하는 일이 점점 일반화 되어가고 있는 추세이다. 따라서 휴대 기기 상에서 DBMS 또는 인덱스 구조를 통한 대량의 데이터 관리 기법의 중요성이 증가하고 있다. 그동안 수많은 종류의 인덱싱 방법이 개발되어 왔으며, 동적 MAM 방법은 가장 포괄적이라는 특징을 가지기 때문에 최근 고차원 거리 공간에서의 인덱싱 방법으로 가장 많이 쓰이고 있다. 동적 MAM 방법의 대표적인 인덱스 구조인 M-tree[4]는 bottom-up 방식의 균형된 트리 형태이며 고정 크기의 노드 구조를 통해 입출력의 최적화에 초점을 맞추었다는 특성을 갖는다. 그러나 M-tree와 같은 균형된 트리 형태의 인덱스 구조는 리프 노드의 갱신이 루트 방향으로 전달되는 형식으로 성장하며 따라서 리프에서 루트까지의 경로상의 잦은 갱신으로 인한 쓰기 비용의 증가 현상이 발생한다. JFFS3[7]에서는 이러한 현상을 “wandering tree”라고 불렀으며, 이러한 현상은 bottom-up 방식의 균형된 트리 형태의 인덱스 구조를 플래시 메모리 상에서 구축 시 성능 저하의 주 요인이 될 수 있다.



(a) M=4KB, Flash Sector=2KB, 분할수=4

(b) M=4KB, Flash Sector=2KB, 분할수=4

그림 1 노드 분할 효과 측정

(no frags : 노드 분할 미적용; buf_1k : 1KB 버퍼 사용)

본 논문에서는 M-tree를 플래시 메모리 상에서 구축 시 쓰기 횟수를 감소시킴으로써 전체 구축 성능을 향상 시키는 방법을 제안하였다. 제안한 방법의 키 아이디어는 M-tree의 노드 갱신 연산의 대부분이 실제로 노드의 일부분만 변경된다는 부분성(partiality)을 이용한 것이다. 즉, 논리적 노드를 작은

조각으로 나누어 출력 영역을 줄이고 갱신 되는 노드 조각을 물리적으로 최대한 같은 페이지에 모아서 출력함으로써 페이지 덮어 쓰기 연산을 줄이는 것을 목적으로 한다.

실험 결과 <그림 1>과 같이 쓰기 및 소거 연산 횟수가 현저히 줄어든 것으로 나타났다. 단, <그림 2>와 같이 노드 분할로 인한 인다이렉션(indirection)의 증가로 인하여 읽기 연산의 횟수가 증가하였지만 소거 연산 감소로 인한 쓰기 비용에 대한 이득이 훨씬 크기 때문에, 제안한 방법은 전체 입출력 비용 관점에서 매우 효과적이라고 볼 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법을 사용하여 플래시 메모리 상에서 대량의 거리 공간 데이터에 대한 인덱싱을 효율적으로 구축할 수 있을 것이다.

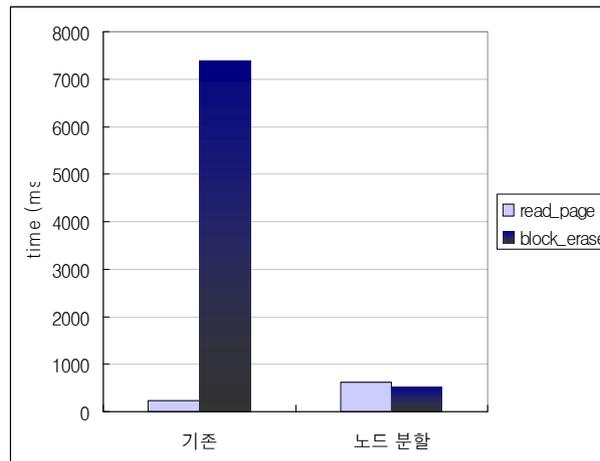


그림 2 제안한 방법의 전체 입출력 성능 향상 효과

참고 자료

- [1] Yianilos, P. N. " Excluded middle vantage point forests for nearest neighbor search., " *Tech. rep., NEC Research Institute, 1999. Presented at the Sixth DIMACS Implementation Challenge: Near Neighbor Searches workshop*, Jan. 1999.
- [2] P. N. Yianilos, " Data structures and algorithms for nearest neighbor search in general metric spaces," in *Proceedings of Fourth Annu. ACM-SIAM Symp. Discrete Algorithms*, pp. 311- 321, 1993.
- [3] T. Bozkaya and Z. M. Ozsoyoglu, " Distance-based indexing for high-dimensional metric spaces," in *Proceedings of ACM-SIGMOD*, pp.357- 368, 1997.
- [4] P. Ciaccia, M. Patella, F. Rabitti, and P. Zezula, " Indexing metric spaces with M-tree," *International Conference on Very Large Data Bases*, 1997.
- [5] C. Traina, Jr., A. J. M. Traina, B. Seeger, and C. Faloutsos, " Slim-trees: High performance metric trees minimizing overlap between nodes," in *proceedings oEDBT 2000*, pp. 51- 65, Mar. 2000.
- [6] X. Zhou, G. Wang, J.Y. Xu, G. Yu, " M+-tree: A new dynamical multidimensional index for metric spaces " , in *Proceedings of the 14th Australasian Database Conference (ADC'03)*, 2003, pp. 161- 168.
- [7] A. B. Bitvutskiy. JFFS3 design issues. <http://www.linux-mtd.infradead.org>.
- [8] K. Han-Joon and L. Sang-goo. " A new flash memory management for flash storage system," . in *Proceedings of the Computer Software and Applications Conference*, 1999.
- [9] Samsung Electronics. *Nand flash memory & smartmedia data book*, 2004.
- [10] 변시우, "F-Tree : 휴대용 정보기기를 위한 플래시 메모리 기반 색인 기법", in *Proceedings Journal of Information Technology Applications & Management*, Vol.13, No.4, Dec. 2006, pp. 257-271
- [11] D. Kang, D. Jung, J.-U. Kang, and J.-S. Kim. " μ -tree: an ordered index structure for nand flash memory," in *Proceedings of the 7th ACM & IEEE international conference on Embedded software (EMSOFT '07)*. ACM, pp.144-153, 2007
- [12] Chin-Hsien Wu, Li-Pin Chang, Tei-Wei Kuo "An efficient r-tree implementation over flash-memory storage systems," in *Proceedings of the 11th ACM international symposium on Advances in geographic information systems*, pp. 17-24, 2003.