정보가전용 내장형 DBMS에서의 다중 버전을 이용한 동시성 제어

노형준° 장우석 정병대 이홍규 손성용 이진호
포디홈네트 주식회사
경기도 고양시 일산구 마두동 1010, 고양전화국 벤처 402호
{urmine, linus, nicolas, hongary, xtra, zino}@4dhome.net
Tel. 02-517-1052 Fax. 02-517-1054

Concurrency Control Using Multiversion Technique in Embedded Database Management System on Internet Information Appliances

Hyong Joon Noh°, Woo Seog Jang, Byong Dae Jung, Hong Kyu Lee, Sung Yong Son, Zino Lee
4DHomeNet, Inc.
Venture Rm #402, Goyang Telecom Office, 1010, Madu-dong, Ilsan-gu, Goyang, Gyeonggi, Korea

요 약

새롭게 대두되고 있는 홈 네트워크(Home Network) 환경에서 정보가전은 댁내외에서 제공되는 여러가지 데이터 서비스를 제공받는 단말기로서의 역할을 담당하며, 이러한 데이터를 체계적이고 효율적으로 관리하기 위해서 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 이 시스템은 기존의 파일이나 메모리 기반 데이터베이스 시스템과 같이 동시성 제어를 지원하여야 하지만, 제한된 자원의 효율적인 활용이라는 제약 조건을 가지고 있다. 본고에서는 이러한 조건에 부합하는 정보가전에 탑재될 내장형 데이터베이스 시스템의 요구조건을 정의하고, 이에 부합되는 동시성 제어의 기법으로 제한적 다중 버전을 이용한 2단계 잠금 기법(Multiversion Technique with 2-Phase Locking)을 제시하고, 이 기법이 기존의 잠금 기법 및 다중 버전 기법보다 정보가전에 적합할 수 있음을 각각의 장단점의 분석을 통해 기술하였다.

1. 서론[1]

사무실 위주의 네트워크 환경이 가정으로 보급되는 과정에서 새로운 분야로 등장한 홈 네트워크(Home Network)에서는 PC 위주의 사무실 환경과는 달리 가전 제품들도 사용자와의 주요한 정보 매체의 하나로 점차 지능화되고 있다. 이러한 가전 제품을 정보가전이라 하는데, 댁내의 홈 서버(Home Server)와 연결되어 인터넷에서 제공되는 데이터 서비스를 포함한 댁내외의 여러 가지 데이터 서비스를 제공받는 단말기의 역할을 담당하게 된다 [1]. 이에 따라, 지능화된 가전 제품들의 정보를 서로 효율적으로 이용하기 위하여, 많은 양의 데이터를 체계적으로 관리할 필요성이 대두되고 있다. 이러한 기능을 제공하는 시스템을 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템이라 한다. 즉, 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템이란 정보가전에 탑재되어, 댁내 혹은 인터넷에 상존하는 각종 데이터베이스 시스템과 상호 연동되어 운용이 가능한 시스템을 지칭한다.

정보가전에는 일련의 컴퓨팅 기술이 탑재되어야 하는데, 실시간 운영체제(RTOS), 디바이스 드라이버(Device Drivers), 그리고 댁내 정보가전간 상호 연동을 위한 미들웨어(Middleware) 등이 필수적인 요소가 될 것이다. 이와 더불어, 댁내에 산재한 정보들의 분류 및 관리를 위한 목적으로 분산된 형태의 데이터베이스 관리시스템이 탑재될 수도 있다. 이러한 데이터베이스 시스템은, 대용량의 데이터를 다루는 기존의 파일이나 메모리 기반의 데이터 베이스 시스템과 비교할 때, 데이터의 체계적인 관리와 일관성의 유지 면에서는 공통점을 가지는 반면, 데이터 저장 매체가 제한적이며 네트워크에 지속적인 접속이 보장되지 않는 운용환경상의 특성을 가지고 있다. 한 정보가전에 의해 관리되는 데이터가 분산된 환경에서 다른 여러 정보가전에 의해 접근될 수 있고 갱신될 수 있으므로, 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템에서 동시성 제어는 필수적인 것이다.

본고에서는 정보가전과 같은 환경에 적용될 데이터

[1] 본 논문은 대한민국 정보통신부 정보통신연구진흥원의 2000년 선도기술개발 제 4 차 사업의 일환인 인터넷 정보가전용 내장형 DBMS (과제번호 2000-S-169) 개발과제의 지원으로 작성된 것입니다.

베이스 시스템의 성능 향상을 위해, 동시성 향상을 위한 방편으로 다중버전 동시성 제어 방식의 적용을 제시하고 그 장단점을 고찰하였다. 2장에서는 정보가전과 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템의 특성을 정의 하였으며, 3장에서는 정보가전에 적용 가능한 동시성 제어 기법들을 살펴보았다. 4장에서는 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템에 다중 버전 동시성 제어 방식을 적용하고 장단점을 비교, 분석하였다. 마지막으로 5장에는 논문의 요약과 앞으로의 연구 방향을 기술하였다.

2. 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템

정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템은 일반 데이터베이스 시스템과는 다른 환경을 가진다. 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템은 제한된 환경에서 서비스를 제공해야 하므로 용량이 작아야 하며, 저장되는 데이터는 그 양이 비교적 작고, 취급하는 데이터 타입이 비교적 간단하다. 또한 백업(Backup)을 통하여 데이터를 보호할 수 있어야 한다. 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템은 데이터가 주로 메인 메모리에 상주하므로 속도가 빠르며, 동시 사용자 수가 비교적 적은 특성을 가지고 있다. 그러나, 동시 사용이 발생할 가능성은 일반 데이터베이스의 경우와 같이 존재하므로, 트랜잭션의 동시성을 보장할 수 있어야 한다.

정보가전용 데이터베이스 시스템의 개발에 있어서 고려해야 할 사항은 시스템의 용량이 작으므로 사용하는 메모리 사용 공간을 줄여야 한다는 것과, 디스크 I/O가 없어서 데이터 접근 속도가 빠르기 때문에 동시성 제어 기법에서 I/O에 의한 성능 저하를 크게 고려하지 않아도 된다는 점이다[4, 5]. I/O의 빠른 처리 속도와 동시 사용자가 일반적으로 작다는 정보가전의 특징 때문에 트랜잭션 간의 중첩(interleaving)의 발생 빈도가 낮다.

3. 동시성 제어 기법

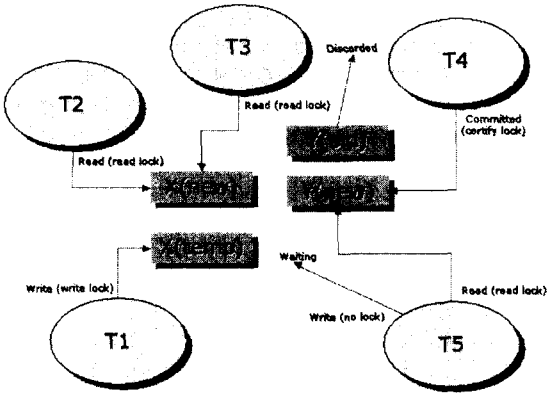
기존의 데이터베이스 시스템에서는 동시성을 높이기 위한 목적으로 잠금(locking), 타임스탬프, 다중 버전을 이용한 방법이나 긍정적 동시성 제어 방법 등을 사용하고 있다 [5, 6, 7, 9, 10]. 이 중 다중 버전 동시성 제어는 대상 데이터 오브젝트에 대한 여러 버전을 유지하며, 트랜잭션이 데이터 오브젝트를 요청시 알맞은 버전의 데이터 오브젝트를 선택할 수 있게 하는 방식이다 [11].

다중 버전을 이용한 동시성 제어 방식은 일반적으로 디스크 액세스가 증가하고 동시 사용자수를 예측할 수 없는 환경에서 데이터 오브젝트에 대한 버전의 수가 증가할 수 있으므로 자원의 비효율적 이용이 발생할 수 있다. 반면 다중 버전 방식은 데이터 오브젝트를 읽어들이는 트랜잭션이 자유롭다는 장점을 가지며, 쓰기 및 갱신 트랜잭션의 롤백(RollBack)이 용이한 장점도 가진다. 따라서, 높은 I/O 속도와 제한된 동시 사용자수를 가지고, 데이터의 백업을 위해 정보가 빈번히 상호 교환되며, 일반 데이터베이스에 비하여 읽기 작업이 많은 분산된 정보가전 환경에서의 동시성을 고려할 때, 다중버전 방식을 적용하는 것은 정보가전용 데이터베이스의 상황에 있어 적절할 수 있다.

다중 버전을 이용한 동시성 제어 방식의 단점은 추가적인 저장 공간이 필요하며 입출력이 많다는 점이다. 이를 보완하기 위하여 Stearns 등은 버전 갯수의 최대값을 한정하는 방식을 적용하기도 하였다[10]. Reed는 타임스탬프 알고리즘에 기반을 둔 다중 버전 알고리즘을 제시하였다[9]. 또, CCA의 LDM 데이터베이스 시스템에서는 이단계 잠금 프로토콜(Two-phase locking protocol)에 기반을 둔 버전 풀 알고리즘(version pool algorithm)을 사용하였으며[6, 7], Kung과 Robinson은 긍정적 동시성 제어(optimistic concurrency control algorithm)[8]에 기반을 둔 다중 버전 직렬 유효화(multi-version serial validation) 알고리즘을 사용하는 방법이 제시하였다[5].

4. 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템에서의 다중 버전을 이용한 동시성 제어

다중 버전 방식은 버전의 관리를 위하여 추가적인 저장 공간을 요구하므로, 자원의 효율적인 이용이라는 면에서는 정보가전용 데이터베이스 시스템에 적용되기에 적합하지 못하다. 본고에서는 정보가전에 최대 버전수를 2로 한정한 다중 버전 방식을 적용함으로써 메모리의 낭비를 막으면서 효율적으로 동시성을 부여하는 방법을 적용하였다. 이 경우 사용하는 메모리 공간을 한정할 수 있으며, 동시에 다중버전 기술이 가지는 장점을 얻을 수 있다. 이 방식은 동시사용자 수가 제한적인 정보가전을 대상으로 할 때 합리적인 동시성을 보장하며 제한적인 자원의 효율적인 활용에 적합한 방식이라 할 수 있다.



<그림 1. MV2PL 처리 예제>

이 연구에서는 다중버전의 동시성 제어를 위하여 확인 락(Certify Lock)을 사용하는 MV2PL(Multi-Version 2 Phase Locking) 방식을 적용하였다 [12]. 확인 락을 이용하는 MV2PL방식은 세 가지 락(lock) 모드가 존재한다. 읽기 락, 쓰기 락, 확인 락이 그것이다. 그림 1과 같이 트랜잭션은 데이터 오브젝트를 읽거나 쓸 때 각각 읽기 락과 쓰기 락을 얻어서 실행하게된다. 확인 락은 갱신 트랜잭션이 작업을 마치고 커밋(Commit)을 실행하기 위해 사용되는 락이다.

	Read	Write	Certify
Read	Yes	**Yes**	No
Write	**Yes**	No	No
Certify	No	No	No

<표 1. MV2PL의 Lock Compatibility>

	Read	Write
Read	Yes	**No**
Write	**No**	No

<표 2. 2PL의 Lock Compatibility>

표 1과 2에 나타난 바와 같이, 다중 버전 2단계 잠금 기법(MV2PL)은 기존의 2단계 잠금 기법에 비하여 읽기 요청의 수행이 자유롭다. 또, 읽기 락이 걸려있는 상태에서 쓰기 락을 요청할 수 있고, 쓰기 락이 걸려있는 상태에서 읽기 요청을 수행할 수 있으므로, 트랜잭션이 대기상태(waiting)에 있는 경우가 현저히 줄어든다.

다중 버전 방식을 적용할 때 발생하는 데이터 오브젝트에 대한 구 버전들은, 트랜잭션의 롤백이나 복구 작업을 위하여 필요한 정보로 사용될 수 있다. 따라서, 다중 버전에서 낭비하는 공간을 롤백 및 복구를 위한 데이터로 전이시킴으로써, 저장 공간의 낭비를 줄일 수 있다. 다시 말하면, 다중 버전 알고리즘에서는 추가적인 데이터 저장을 위한 공간을 사용하는 반면, 반대로 로깅(logging)할 데이터가 줄어들 수 있다.

또한, 다중 버전 방식에서 데이터 오브젝트를 갱신하는 경우, 임시 버전을 생성하여 데이터를 갱신한 후, 확인 락을 얻어서 이를 새 버전으로 대치한다. 이는 같은 데이터 오브젝트에 대한 갱신 트랜잭션이 동시에 여러 개 발생하는 경우, 대기상태로 있는 트랜잭션이 발생하는 제한점이 있다. 하지만, 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템에서는 동시에 여러 갱신 트랜잭션이 같은 데이터 오브젝트에 접근할 확률이 적기 때문에, 확인 락을 이용한 다중버전 동시성 제어가 기존의 단점을 보완하면서도, 다중버전 기술의 장점들을 그대로 유지할 수 있다.

최대 버전수가 2로 제한된 MV2PL 방식은 읽기만 하는 트랜잭션이 자유롭다는 점과 교착상태가 있는 가운데에서도 읽기만 하는 트랜잭션을 수행할 수 있다는 점에서 보다 효율적인 동시성 제어를 가능하게 해준다. 또, 커밋(Commit)되지 않은 트랜잭션에 의해 변경된 데이터는 실제 데이터베이스에 존재하지 않는다는 점과 일정한 시각을 기준으로 유효한 데이터들을 하나의 트랜잭션을 통하여 쉽게 백업(backup)이 가능하다는 점을 고려할 때 회복 및 백업(Recovery/Backup)이라는 측면에서도 장점을 가진다. 뿐만 아니라, 특정 트랜잭션에 대한 롤백(rollback)의 경우 해당하는 버전의 데이터를 폐기(discard)함으로써 손쉽게 처리할 수 있는 장점이 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본고에서 정보가전용 내장형 데이터베이스 시스템의 특성을 정의하고, 정보가전에 요구되는 효율적인 동시성 제어 기능을 지원하기 위하여 확인 락(Certify lock)을 이용하는 다중 버전 2단계 잠금 방법을 적용하는 것을 제안하였다. 이 방식의 적용을 통하여 자유로운 읽기 수행을 보장하며, 트랜잭션의 롤백(rollback) 처리를 간편화할 수 있음과 동시에, 특정한 시각을 기준으로 유효한 데이터를 백업(backup)하는데 있어서 무결성을 보장할 수 있음을 보였다.

향후에는 제시한 방법과 병행하여 수행될 수 있는 다중 버전 기법에서의 버전을 통한 로깅 기법 및 이를 통한 회복 기법에 대한 연구를 하고자 한다. 이를 통해서 정보가전용 내장형 데이터베이스의 성능 향상에 도움을 줄 수 있을 것이다.

6. 참고 문헌

[1] 배창석, 이전우, 김채규. "홈서버 기술 현황 및 기술 개발 방향", 정보처리학회지 제8권 제1호, pp.28-41, 2001.

[2] BERNSTEIN, P.A., AND GOODMAN, N. Multiversion concurrency control-Theory and algorithms. *ACM Trans. Database Syst. 8*, 4 (Dec. 1983), 465-483.

[3] Li Gong (Sun Microsystem), "A Software Architecture for Open Service Gateways", *IEEE Internet Computing, Jan/Feb, 2001, pp.64-70*

[4] 장우석, 정병대, 강성일, 이진호, "정보가전용 내장형 DBMS의 동시성 제어 및 권한 관리를 위한 고찰", 2001년 2월

[5] CAREY, M. Multiple versions and the performance of optimistic concurrency control. *Tech. Rep.517*, Computer Sciences Dept., Univ. of Wisconsin-Madison, Oct. 1983.

[6] CHAN, A., AND GRAY, R. Implementing distributed read-only transactions. *IEEE Trans. Softw.Eng. SE-11*, 2(Feb. 1985)

[7] CHAN, A., Fox, S., LIN, W., NORI, A., AND RIES, D. The implementation of integrated concurrency control and recovery scheme. *In Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*(Orlando, Fla., June 2-4). ACM, New York, 1982

[8] KUNG, H. T., AND ROBINSON, J. T. On optimistic methods for concurrency control. *ACM Trans. Database Syst.* 6, 2 (June 1981), 213-226

[9] REED, D. P. Implementing atomic actions on decentralized data. *ACM Trans. Comput. Sys. 1*, 1 (Feb, 1983), 3-23

[10] STEARNS, R., AND ROSENKRANTZ, D. Distributed database concurrency controls using before-values. In *Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data* (Ann Arbor, Mich., Apr. 29-May, 1). ACM, New York, 1981

[11] Ramez Elmasri, Shamkant B. Navathe, *Fundamentals of Database Systems. Third Edition*