

# 방송 환경에서 효율적인 트랜잭션 관리 방법에 관한 연구

김치연\*

\*목포해양대학교

## A Study for Efficient Transaction Management in Broadcast Environments

Chi-yeon Kim\*

\*Mokpo Maritime University

E-mail : gegujang2@mail.mmu.ac.kr

이 논문은 2002년도 목포해양대학교 교내연구비 지원으로 수행되었음

### 요 약

데이터를 방송하는 환경에서 데이터는 소수의 서버로부터 다수의 클라이언트에게 전파된다. 하드웨어 발전과 사용자 요구 증가로 방송 환경은 확장되고 있다. 사용자의 이동을 허락하는 이동 컴퓨팅 환경에서도 방송을 사용하여 데이터를 전파한다. 사용자들은 이동 가능한 컴퓨터를 이용하여 트랜잭션을 제출한다. 이동 환경이 갖는 제한된 자원과 이동성, 낮은 대역폭과 같은 특징들로 인하여 전통적인 환경에서 사용되는 트랜잭션 관리 방법은 적합하지 않다. 따라서 새로운 관리 방법을 필요로 하는데, 그 중 하나가 트랜잭션의 정확성 기준이다. 지금까지 가장 널리 사용되어진 기준은 직렬성인데, 방송 환경이 갖는 제약으로 인하여 트랜잭션의 불필요한 철회나 잦은 메시지 교환이 발생한다. 따라서 이 논문에서는 방송 환경에 적합한 새로운 정확성 기준의 필요에 대하여 언급하고, 갱신 일관성이라 불리는 기준의 적용에 대하여 기술한다.

### ABSTRACT

In data broadcast environments, data is disseminated from a small number of servers to a much larger number of clients. The advancing technology of hardware and increasing needs of users' have extended a broadcast environments. A mobile environment use the data broadcasting. A user carrying a portable computer can submit the operations of a transaction. Some limitations such as the poor-resource, user mobility, and low bandwidth are difficult to apply traditional transaction management to the mobile environments. So, the new mechanisms are needed and one of the them is the correctness criteria of transactions. Serializability is the most used criteria, but serializability is not appropriate to the broadcast environment because unnecessary abort and additional message exchanges are occurred. Hence, in this paper, we will address the need of the new correctness criteria weaker than serializability and describe the adoption of the update consistency.

### 키워드

Broadcast, Transaction Management, Serializability, Update Consistency, Mobile Computing

### 1. 서 론

전통적인 클라이언트/서버 시스템에서 데이터는 사용자의 요구에 의하여 전달되었다. 클라이언트들은 원하는 데이터를 정확히 서버에 요구하고, 서버는 요구에 따라 데이터를 전달하였다. 하지만 무선 망을 기반으로 한 시스템에서는 서버와 클라이언트 사이에 정보

교환을 위한 대역폭이 충분하지 못하므로, 서버가 일방적으로 데이터를 방송하는 것이 효율적인 방법이다 [1, 2, 3, 4, 5, 6]. 방송을 이용한 데이터 전달은 넓은 범위에서 수행되는 많은 수의 클라이언트를 갖는 주식 매매, 교통량 관리 등의 응용에서 유용하다.

이 논문에서는 방송을 통하여 데이터를 전파할 수 있는 이동 컴퓨팅 환경에서 수행되는 클라이언트 트랜

잭션의 정확성 기준에 대하여 언급하고자 한다. 클라이언트들은 수행하려는 작업을 트랜잭션 형태로 제출한다. 클라이언트에서 수행되는 트랜잭션은 단순히 데이터베이스에 있는 값을 읽기 위한 판독 전용 트랜잭션(ROT : Read-Only Transaction)이거나 갱신을 포함한 갱신 트랜잭션이다. 지금까지 방송 환경에서 제안된 많은 연구들에서는 판독 전용 트랜잭션의 관리 방법에 대하여 다루고 있다[7, 8, 9, 10]. 왜냐하면 클라이언트에서 수행되는 대부분의 응용이 판독을 위한 응용들이고, 갱신 트랜잭션의 수행을 허용한다 하더라도 판독 전용 트랜잭션을 수행하기 위한 특별한 알고리즘이 존재하는 것이 시스템의 성능을 향상시킬 수 있기 때문이다.

방송 환경에서 다수의 클라이언트에 의해 제출된 트랜잭션들은 동시성 향상을 위해 병행적으로 수행된다. 이 때 동시성 제어를 위해 전통적인 환경에서와 마찬가지로 타임스탬프(Timestamp)나 2단계 잠금(2-Phase Locking) 프로토콜 등이 사용될 수 있고, 요즘은 낙관적 방법에 근거한 동시성 제어 방법들이 많이 제안되고 있다[10, 11]. 트랜잭션의 동시성 제어를 위해 어떤 메커니즘을 사용하는가에 상관없이 수행되는 트랜잭션의 수행은 옳은 결과를 생산함을 보장할 수 있어야 하고, 이것을 측정할 수 있는 기준이 필요하다. 전통적인 분산 환경에서 가장 일반적으로 사용되어온 정확성 측정 기준은 직렬성(Serializability)이다.

방송 환경에서 제안된 많은 연구들에서도 직렬성을 사용하고 있다[7, 11, 12, 13]. 하지만 직렬성은 모든 트랜잭션들을 대상으로 일정한 순서대로만 수행될 것을 요구한다. 게다가, 클라이언트가 사용할 수 있는 대역폭이 충분하지 않은 무선 환경에서 직렬성을 유지하기 위해 서버와 클라이언트 사이에서 교환되어야 하는 정보는 시스템에 부담이 된다. 또한 강한 제약으로 인하여 필요 이상의 트랜잭션이 철회될 수 있다는 문제점이 있다.

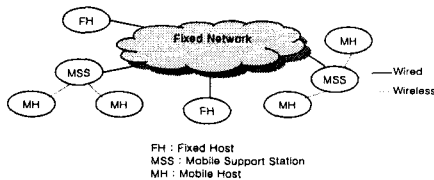


그림 1. 이동 컴퓨팅 환경의 구조

방송은 사용자의 이동을 지원하는 이동 컴퓨팅 환경에서도 중요한 정보 전달 방법으로 사용되고 있다. 이동 환경은 사용자 증가와 새로운 응용의 개발로 빠른 속도로 발전하고 있고, 이에 따라 방송을 기반으로 한 환경에서 수행되는 클라이언트의 트랜잭션 관리

중요성이 커져가고 있다.

방송을 이용하여 데이터를 전달하는 이동 컴퓨팅 환경의 구조는 (그림 1)과 같다. MH(Mobile Host)는 이동하면서 작업을 수행하는 주체이며, FH(Fixed Host)는 유선망에 연결된 호스트이다. MSS(Mobile Support Station)는 무선 인터페이스를 통하여 MH와 통신할 수 있는 고정 호스트로 서버라고도 한다.

이 논문에서는 방송 환경에서 수행되는 트랜잭션의 정확성을 효율적으로 검증할 수 있는 새로운 기준에 대하여 기술하고자 한다. 기존의 방법인 직렬성이 갖는 문제를 분석하고, 갱신 일관성이라 불리는 새로운 기준의 효율성을 보이고자 한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 방송 환경에서 트랜잭션 관리와 정확성 기준을 다룬 연구들에 대하여 살펴보고, 3장에서는 새로운 기준에 대하여 기술한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 기술한다.

## II. 관련 연구

이 절에서는 직렬성의 기본 개념과 방송 환경에서 트랜잭션 관리를 다룬 연구들에 대하여 기술한다.

트랜잭션은 사용자가 제출하는 작업의 단위로 은행에서의 단위 업무를 예로 들 수 있다. 트랜잭션은 다수의 판독 연산과 기록 연산으로 구성될 수 있고, ACID(Atomicity, Consistency, Isolation, Durability) 성질을 만족해야 한다. 여러 사용자로부터 제출되는 복수개의 트랜잭션을 가장 단순하고 정확하게 수행하는 방법은 하나씩 순차적으로 수행하는 방법이다. 하지만 이 방법은 성능이 낮으므로 동시에 수행되어도 영향을 미치지 않는 연산들은 동시성 제어 방법을 사용하여 동시에 수행한다. 예를 들어, 데이터 항목 x에 두 개의 연산이 동시에 기록할 수는 없지만 x와 y를 읽는 두 개의 연산은 동시에 수행할 수 있다. 트랜잭션의 수행 이력을 히스토리라 하는데, 병행적으로 수행되어도 순차적으로 수행된 것과 동일한 결과를 갖는 히스토리를 직렬가능한(Serializable) 히스토리라 한다. 직렬가능한 히스토리란 트랜잭션의 직렬화 순서에 사이클이 발생하지 않는 경우이다[14].

이동 환경에서도 정확성 기준으로 직렬성을 많이 채용하고 있다. 특히, 약간의 비밀관성도 허용될 수 없는 응용에서 직렬성은 성능을 희생하고서라도 달성해야 할 중요한 목표이다. [8]에서는 이동 환경에서 수행되는 트랜잭션의 정확성을 검증하기 위해 직렬성보다 완화된 기준인 갱신 일관성(Update Consistency)을 제안하였다. 이동 환경에서의 클라이언트는 성능이나 자원의 측면에서 제약을 갖는데, 이중 가장 취약한 점이

서버와 통신하는데 이용가능한 대역폭이 낮다는 것이다. 이러한 환경에서 여러 응용들이 요구하는 상호 일관적이고 최신의 데이터를 얻기 위하여 전통적 방법인 직렬성의 적용은 비실용적이며, 성능을 저하시킨다는 것을 지적하였다. 즉, 직렬가능하지 않지만 정확한 값을 접근하는 경우와 완료되었지만 직렬가능하지 히스토리를 생성할 수 있는 경우를 보였다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 전통적인 정확성을 상호 일관성(mutual consistency)과 최신성(currency)의 관점으로 접근하여 클라이언트가 서버와 접촉없이 데이터를 얻을 수 있게 하였다. 이 때 적용된 정확성을 갱신 일관성이라 하는데, 이는 전통적인 직렬성보다 조건이 약하다.

직렬성은 트랜잭션의 동시성 제어 기법과 밀접한 관계를 갖는다. [11]에서는 갱신 연산을 포함하는 이동 트랜잭션에 대하여 낙관적 방법을 사용한 동시성 제어 프로토콜을 제안하였다. 충돌 정보에 기반을 둔 2PL Certifier를 사용하여 수행되는 트랜잭션에 대한 판독 집합과 기록 집합을 유지함으로써 동시성을 제어하였다. 모든 데이터를 관리하기 위한 하나의 서버가 중앙에 존재한다고 가정하고 방송을 이용하여 적절한 제어 정보를 방송함으로써 클라이언트가 지역 Certifier로 작동하게 하였다. 클라이언트는 캐쉬를 사용하며, 수행도중이라도 방송 메시지에 충돌 관계에 있는 트랜잭션의 완료 메시지를 받으면 바로 철회되도록 하여 쓸모없는 수행을 계속하지 않도록 하였다. 하지만 이 연구의 문제점은 단순한 접근 집합만의 검사로 트랜잭션의 철회와 완료를 결정함으로써 직렬성이 유지되는 수행도 철회될 수 있다는 점이다.

이동 환경은 사용자 증가와 기반 기술의 발전으로 꾸준히 확산되고 있다. 이러한 상황에서 트랜잭션의 올바른 수행에 대한 측정 기준은 효율적인 트랜잭션 관리를 위해 반드시 필요하다.

### III. 갱신 일관성의 적용

이 절에서는 직렬성보다 완화된 조건으로, [8]에서 제안된 갱신 일관성의 방송 환경에의 적용과 직렬성과의 차이점에 대하여 기술한다.

#### 3.1 직렬성의 비효율성

직렬성은 전역적인 성질로서 수행되는 모든 트랜잭션이 직렬화 순서내에서 수행될 것을 요구한다. 이 전역적 성질은 트랜잭션들이 분산된 클라이언트와 서버에서 수행되는 방송 환경에서는 달성되기 어렵다. 일반적으로 분산 환경에서 직렬성을 보장하기 위해서는

(1) 많은 통신 비용을 필요로 하든가, (2) 보수적인 전역 프로토콜을 보장하기 위한 프로토콜을 필요로 한다. 이것은 임의의 정확한 수행까지도 허용하지 않을 수 있다. 방송 환경의 제한된 대역폭은 서버와 클라이언트 사이의 잦은 통신에 많은 비용을 지불하게 한다. 또한 불필요한 트랜잭션 철회를 초래한다. 이것은 둘 다 바람직하지 않다.

#### 3.2 갱신 일관성

[8]에 의하면 다중 버전 환경에서 갱신 일관성은 다음의 두 가지 조건을 만족하면 유지된다.

① 모든 갱신 트랜잭션들은 직렬가능해야 한다.

② 판독 전용 트랜잭션은 자신과 직/간접으로 read-from 관계에 있는 갱신 트랜잭션의 부분 집합과 직렬가능해야 한다.

갱신 일관성을 사용할 경우, 고려해야 할 사항은 동일한 클라이언트에서 동시에 수행되는 트랜잭션들이 다른 직렬화 순서를 인식할 수 있다는 점이다. 직렬성을 사용할 경우에는 모든 트랜잭션이 동일한 직렬화 순서를 인식하나, 갱신 일관성의 경우에는 판독 전용 트랜잭션이 자신과 직/간접으로 read-from 관계에 있는 트랜잭션과만 직렬가능하면 되므로, 동일한 클라이언트에서 수행된다고 할지라도 접근하는 데이터 항목이 다르다면 다른 순서를 접근할 수 있다. 하지만 이러한 점이 비일관성을 초래하지는 않는다.

다음의 예제 1에서 동일한 히스토리에 갱신 일관성과 직렬성을 적용한 경우에 대하여 기술한다.

(예제 1) 직렬성과 갱신 일관성의 차이

다음과 같은 네 개의 트랜잭션 T1, T2, T3, T4중, T1, T2는 각각 클라이언트1과 클라이언트2에서, 그리고 T3, T4는 서버에서 H와 같은 히스토리로 수행된다고 가정하자.

T1 : r1(x) r1(y)

T2 : w2(x)

T3 : r3(x) r3(y)

T4 : w4(y)

H : r1(x) w2(x) c2 r3(x) r3(y) w4(y) c4 r1(y)

이때 서버에서는 갱신 트랜잭션만 수행되므로 w2(x) c2 w4(y) c4를 인식할 것이다. 두 개의 트랜잭션이 완료된 후 결과를 방송하면, 클라이언트1에서는 r1(x) w2(x) c2 w4(y) r1(y)를 인식하고, 클라이언트2에서는 w2(x) c2 r3(x) r3(y) w4(y) c4를 인식한다. 서버와 클라이언트는 어떤 정보도 주고받지 않고 연산을 수행하므로 각 클라이언트에서는 직렬가능한 순서를 인식하고 T1과 T3을 완료할 수 있다. 하지만 전역적

인 직렬성의 관점에서 본다면 이는 직렬성이 위배되는 수행이므로 T1과 T3은 철회되어야 하는데, 부가적인 메시지 교환없이 이러한 순서를 클라이언트가 인식할 수는 없다. 그러나 이 수행은 갱신 트랜잭션들이 직렬 가능하고 각 판독 전용 트랜잭션이 다른 갱신 트랜잭션과 직렬가능하며 비일관적 값을 접근하지 않는다는 점에서 받아들여질 수 있다. □

#### IV. 결론 및 향후 연구방향

방송을 이용한 이동 환경은 소수의 서버가 다수의 클라이언트와 상호작용 하는데, 무선 통신망을 기반으로 하고 있기 때문에 메시지 전달 용량이나 속도, 신뢰성 등에 제약을 갖는다. 이 논문에서는 이러한 환경에서 수행되는 트랜잭션의 정확성을 효율적으로 검증할 수 있는 방법에 대하여 기술하였다.

전통적인 분산 환경이나 이동 환경에서 제안한 많은 연구들에서 트랜잭션 수행의 정확성 기준으로 사용한 기준은 직렬성이다. 하지만 직렬성은 전역적인 성질이어서 이를 유지하기 위해 많은 메시지 교환을 필요로 하는데, 이동 환경의 서버와 이동 클라이언트 사이의 비대칭적 통신 용량으로 인해 적용하기 어려운 기준이다.

이에 갱신 일관성이라는 완화된 기준이 제안되었는데, 아직까지 많은 연구들에서 채용되지 않고 있다. 하지만 방송 환경에서 제안된 트랜잭션 동시성 제어 방법의 효율성과 방송 환경의 제약을 감안한다면 직렬성보다 완화된 기준을 적용하는 것이 바람직하다. 단, 갱신 일관성이 제안된 환경에서 클라이언트의 갱신 연산을 허용하지 않은 점은 앞으로 고려되어야 할 것이다.

이 논문에서는 직렬성과 갱신 일관성의 차이를 기술하고 방송 환경에 적합한 정확성 기준의 필요 조건에 대하여 다루었다. 이후의 논문에서는 직렬성과 갱신 일관성의 명확한 성능 차이 및 응용 분야에 대해서 보다 체계적으로 논의할 예정이다.

#### 참고문헌

- [1] J. Jing, A. Helal, A. Elmagarmid, "Client-Server Computing in Mobile Environments," ACM Computing Surveys, vol. 31, no. 2, pp. 117-157, June 1999.
- [2] S. Acharya, M. Franklin, S. Zdonik, "Disseminating Updates on Broadcast Disks", In Proceedings of the 22nd VLDB Conference Mumbai(Bombay), India, 1996.
- [3] M. Satyanarayanan, "Fundamental Challenges in Mobile Computing," Proceedings of the 15th Annual ACM Symposium on Principles of Distributed Computing, PODC '96, Philadelphia, PA, USA, pp.1-7, MAY 1996.
- [4] D. Barbara, "Mobile Computing and Databases - A Survey," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 11, no. 1, Jan./Feb. 1999.
- [5] G. H. Forman, J. Zahorjan, "The Challenges of Mobile Computing", IEEE Computer, pp. 38-47, April 1994.
- [6] D. Barbara, T. Imielinski, "Sleepers and Workaholics: Caching Strategies in Mobile Computing," Proceedings of SIGMOD, May, 1994.
- [7] A. Elmagarmid, J. Jing, O. Bukhres, "An Efficient and Reliable Reservation Algorithm for Mobile Transactions," Proceedings of the CIKM 95, Baltimore, MD, pp. 90-95, USA, 1995.
- [8] J. Shanmugasundaram, A. Nithrakashyap, R. Sivasankaran, K. Ramamritham, "Efficient Concurrency Control for Broadcast Environments", ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 1999.
- [9] E. Pitoura, P. K. Chrysanthis, "Scalable Processing of Read-Only Transactions in Broadcast Push" Technical Report 98-026, Depart. of Computer Science, University of Ioannina, 1998.
- [10] Lee V., Son S. H., Lam K.: On the Performance of Transaction Processing in Broadcast Environments, Int Conf on Mobile Data Access (MDA'99), Hong Kong, Dec 1999
- [11] D. Barbara, "Certification Reports : Supporting Transactions in Wireless Systems," Proceedings of the 17th International Conference Distributed Computing Systems, Vienna, 1992.
- [12] Q. Lu, M. Satyanarayanan, "Improving Data Consistency in Mobile Computing Using Isolation- Only Transaction," Proceedings of the Fifth IEEE HotOS Topics Workshop, Orcs Island, May 1995.
- [13] E. Pictoura, B. Bhargava, "Data Consistency in Intermittently Connected Distributed Systems", Transactions on Knowledge and Data Engineering, Nov. 1999.
- [14] P. A Bernstein, V. Hadzilacos, N. Goodman, Concurrency Control and Recovery in Database Systems, Addison Wesley, Reading, Massachusetts, 1987.