

# 특수한 환경의 무선 데이터 방송에서 효율적인 트랜잭션 처리를 위한 우선순위 보장 기법

김진태\*, 이상훈\*\*

\*국방대학교 전산정보학과 석사과정

\*\*국방대학교 전산정보학과 교수

e-mail : k042603@kndu.ac.kr

## The Priority Assurance Method for Efficient Transaction Processing in Wireless Data Broadcast of Special Environments

Jin-Tai Kim, Sang-Hoon Lee

Dept of Computer Information Science, Korea National Defense Univ.

### 요 약

지금까지 무선 데이터 방송에서 트랜잭션을 효율적으로 처리하는 방법에 대한 연구들이 꾸준히 진행되어왔다. 이 논문에서는 기존의 트랜잭션 처리방법과 달리 특수한 환경인 군 작전환경의 무선 데이터 방송에서 요구되는 트랜잭션 처리 방법에 대하여 연구하였다. 군 작전환경에서는 일정 시간동안 일부 데이터에 편향되어 접근하는 무수히 많은 클라이언트들이 존재한다. 이러한 트랜잭션들을 처리하기 위하여, 클라이언트 특성에 맞는 우선순위를 부여하고 검증절차 이전에 우선순위 비교를 수행한다. 그리고 우선순위가 높은 클라이언트를 먼저 검증함으로써, 군 작전에서 중요한 클라이언트의 트랜잭션 abort율을 감소시키고자 한다.

### 1. 서론

모바일 컴퓨팅 기술의 눈부신 발전과 함께 무선 인터넷 사용이 보편화 되면서, 무선 데이터 통신 분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 지금까지 무선 데이터 방송환경에서 효율적인 트랜잭션 처리 기법에 대한 많은 연구가 진행되어왔다. 이 논문에서는 기존의 트랜잭션 처리방법과 달리 특수한 환경인 군 작전환경의 무선 데이터 방송에서 요구되는 트랜잭션 처리를 연구하고자 한다. 기존의 연구들에서는 다양한 방법의 절차를 통한 트랜잭션의 효율적인 처리방안을 제시하였다. 그러나 군 작전환경에서는 이러한 트랜잭션 처리기법들이 항상 효율적인 것이 아니다. 왜냐하면 트랜잭션을 처리하는 기준이 트랜잭션의 직렬성 여부에만 국한되기 때문이다. 군 작전환경에서 클라이언트의 중요성에 따라 데이터를 갱신하는 우선순위도 달라야 한다는 부분은 간과된다. 따라서 본 논문에서는 군 무선 데이터 방송환경

에 부합하는 트랜잭션 처리를 위해 각 클라이언트에 우선순위를 부여하고, 우선순위가 높은 트랜잭션을 먼저 검증함으로써 특정 클라이언트의 abort 율을 최소화 하는 방법을 연구하고자 한다. 본 논문의 구성은 2장에서, 새로운 우선순위 보장 기법을 위해 기준이 되는 트랜잭션 처리 기법을 살펴보고 3장에서는 우선순위 보장 기법에 대한 설명과 알고리즘에 따른 트랜잭션 실행 스케줄을 살펴본다. 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 우선순위 보장 기법에 대한 성능 분석을 하겠으며, 5장에서는 결론을 기술하겠다.

### 2. 무선 데이터 방송 환경에서 동시성제어 기법

무선 데이터 방송 환경은 일반적으로 물리적 통신 매체의 한계와 응용 분야의 정보 흐름(information flow)의 패턴들로 인해서 비대칭적인 특징들을 가지게 된다. 그러한 특징들로는 클라이언트와 서버의 네트워크 대역폭의 비대칭, 모바일 클라이언트의

제한된 자원 등이 존재하고, 따라서 동시성 제어 기법은 이를 고려해야 한다[6,7,8,9]. 낙관적 동시성 제어 기법에서의 모바일 트랜잭션은 검증 단계(validation phase)까지 서버에게 메시지를 전송할 필요가 없다[3]. 모바일 클라이언트는 서버가 방송하는 데이터 중에서 필요한 데이터를 수신하고, 자신의 작업 공간(local workspace)에서 모바일 트랜잭션을 수행한다. 모든 작업이 끝나면 검증에 필요한 정보를 서버에 전송하고 최종 검증 단계를 거치게 된다. 따라서 낙관적 동시성 제어 기법은 비관적 동시성 제어 기법보다 통신비용 측면에서 효율적이다. 하지만 모바일 트랜잭션의 재 실행율이 높아지면 높아질수록, 모바일 클라이언트는 상향, 하향 통신 대역폭과 배터리를 소모하게 되고, 응답 시간도 길어지게 되는 단점도 가진다.[1] 이러한 단점을 극복하기 위해 낙관적 동시성 제어 기법들이 다양하게 연구되었다.

이와 같이, 우리는 기존의 낙관적 동시성 제어기법을 군 작전환경에 적용 가능한지 판단해 보았다. 물론 무선 데이터 방송 환경은 동일하기 때문에 위에서 언급한 기법들을 사용해도 무방하다. 그러나 군 작전환경에서의 클라이언트들은 일반적인 무선 데이터 방송 환경의 클라이언트들과 다른 특성을 가지고 있다. 다시 말해 클라이언트의 작전 중요도에 따라 우선순위가 지정되어 중요 작전 정보 데이터의 접근 및 갱신이 우선시 되어야 하는데, 기존의 동시성 제어기법을 적용하게 되면 타임스탬프 순서 또는 기타 검증 기법에 따라 트랜잭션의 commit과 abort를 결정하게 된다. 그 결과로 작전정보를 갱신 하기위한 중요한 트랜잭션 또한 abort될 가능성이 있다. 따라서 우리는 클라이언트의 중요도에 따라 우선순위를 부여하여 트랜잭션들을 처리함으로써, 중요 트랜잭션의 abort율을 최소화 하고자 한다.

### 3. 우선순위 보장 기법(Priority Assurance Method)

이 장에서는 우리가 제안하는 우선순위 보장 기법(이하 PAM)에 대해 설명하겠다. PAM이란, 군 작전환경의 무선 데이터 방송 환경에서 수행되는 클라이언트들의 중요도에 따라 각각 우선순위를 부여한 후 비교하여, 우선순위가 높은 클라이언트의 트랜잭션을 우선 검증하고 갱신하는 기법이다. 결국 우선순위가 높은 트랜잭션은 쉽게 abort 되지 않는 기법인 것이다. 다음은 PAM의 기본 환경을 알아보자.

#### 3.1 기본 환경

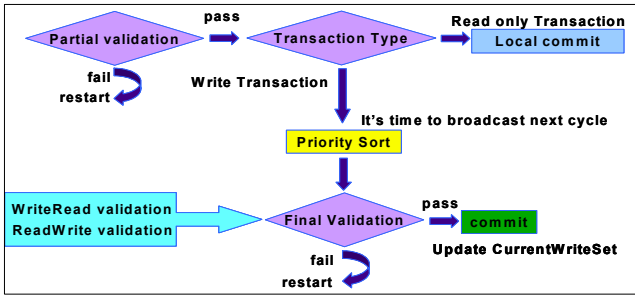
기본적인 모델은 Acharya[7]가 제시한 방송 디스크(Broadcast Disks)와 같다. 방송 시스템은 크게 서버와 모바일 클라이언트로 구성된다. 서버는 주기적으로 데이터베이스의 데이터 아이템을 하나 이상의 무선 채널을 통해서 모바일 클라이언트에게 방송한다. 그리고 모바일 클라이언트는 필요한 데이터가 있을 때, 해당 데이터가 방송될 때까지 대기한 뒤 채널을 통해 수신한다. 따라서 모바일 클라이언트의 수가 증가해도 개별 데이터에 대한 접근 시간의 증가, 즉 성능의 저하는 발생하지 않는다.[1]

서버는 데이터베이스 내의 데이터의 일관성을 유지할 책임을 가진다. 또한 하나의 방송주기 동안 방송되는 데이터는 일관성을 가진다. 다시 말해 방송되는 데이터는 해당 방송주기의 시작 이전의 데이터베이스의 상태만을 반영하고, 방송주기 도중 일어나는 모든 데이터에 대한 갱신은 다음 주기에 반영된다. 또한 서버와 클라이언트는 각각 읽기 전용 트랜잭션과 갱신 트랜잭션을 수행할 수 있다. 본 논문에서는 트랜잭션 처리의 정확성의 평가 조건으로 직렬(serializability)을 사용한다.[9] 방송의 주기 동안 데이터 아이템과 함께 데이터 아이템을 위한 인덱스(index)나 무효화 보고(invalidation report)와 같은 유용한 정보가 제공된다. 모바일 클라이언트는 인덱스를 통해 원하는 데이터가 방송되는 시간을 알 수 있다. 따라서 방송 채널을 계속 수신할 필요가 없다. 대기 상태(doze mode)에서 원하는 데이터가 방송되는 시점에 데이터를 수신함으로써 배터리 소모를 줄인다. 또한 모바일 클라이언트는 내부에 버퍼를 가지고 있어서 재실행 되는 트랜잭션은 이전의 실행에서 사용한 데이터를 재사용할 수 있다. 물론 서버의 데이터와의 일관성을 위해 방송 주기의 시작에 데이터 아이템에 대한 무효화 보고가 제공되며, 모바일 클라이언트는 버퍼에 존재하는 데이터의 값이 서버에서 이미 갱신되었으면 더 이상 버퍼의 데이터를 사용하지 않도록 한다. 다만 본 논문에서는 인덱스와 무효화 보고가 제공된다고 가정하고 특별한 제한은 두지 않는다.[1]

#### 3.2 기본 알고리즘

기본적으로 검증방법은 Lee[9]가 제안했던 검증방법을 바탕으로 한다. 먼저 작전환경에 맞는 트랜잭션 처리를 위해 각 클라이언트에 우선순위를 부여하고, 클라이언트의 해당 트랜잭션은 같은 우선순위를 갖게 된다. 방송 주기의 시작에 해당 주기에 포

함된 데이터 아이템에 대한 인덱스와 무효화 보고가 제공된다. 제공된 정보를 바탕으로 클라이언트들은 partial validation을 수행한다. (그림 1)에서 검증 절차를 간략하게 보여주고 있다 먼저 partial validation을 실패한 트랜잭션은 중단하고 재 시작한다. 통과 한 트랜잭션은 갱신을 위해 클라이언트가 서버로 final validation을 요청한다. 트랜잭션 타입에 따라 read only 트랜잭션의 경우는 local commit을 수행하며, write 트랜잭션의 경우는 해당 방송주기

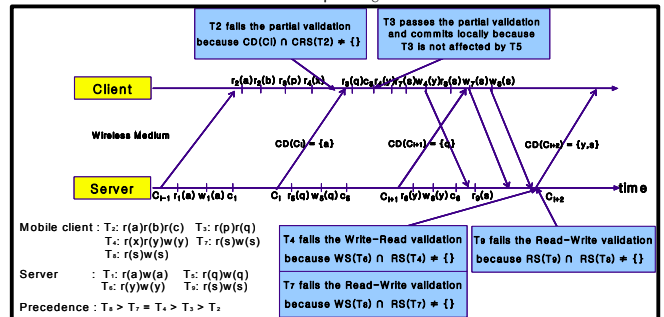


(그림 1) PAM 검증 절차

에 포함되는 검증 트랜잭션들의 우선순위(Priority)에 따른 검증을 위해 다음 방송주기의 시작점까지 대기한다. 다음 방송주기가 되었을 때, 해당 주기에서 검증을 요청한 트랜잭션들을 우선순위에 의해 정렬한다. 그리고 우선순위가 높은 트랜잭션을 먼저 검증한다. 그 이유는 특정한 데이터 아이템을 갱신하려는 트랜잭션들이 다수 존재할 경우, 우선순위가 높은 트랜잭션이 commit 되어야 하기 때문이다. 만약 기존의 방법처럼 실시간으로 검증을 하게 된다면 같은 방송주기에서 그 아이템을 갱신하려했던 높은 우선순위의 트랜잭션이 abort될 가능성이 있다. 따라서 데이터 아이템을 갱신하려는 트랜잭션들을 다음 방송주기의 시작점까지 대기시키고, 트랜잭션의 우선순위를 기준으로 정렬을 한다. 이때 같은 우선순위의 트랜잭션은 검증을 요청한 시간을 기준으로 정렬한다. 다음단계로 우선순위가 높은 트랜잭션 먼저 Write Read validation을 수행하게 된다. WriteRead validation의 수행방법은 Lee[9]가 제안했던 방법을 바탕으로 하며, 서버에서 commit된 WriteSet과 검증 트랜잭션의 ReadSet 충돌검사에서 충돌이 없을 경우, 서버의 WriteSet에 트랜잭션의 WriteSet을 포함시켜 다음 우선순위의 트랜잭션 검증시 이전 트랜잭션의 Write Set까지 비교함으로써, 트랜잭션의 직렬성을 보장한다. 그리고 마지막으로 검증 트랜잭션의 WriteSet과 서버에서 진행중인 트랜잭션의 ReadSet을 비교하여 충돌시 서버의 트랜잭션을 abort하고 최종적으로 검증 트랜잭션을 commit 함

으로써, 우선순위가 높은 트랜잭션이 쉽게 abort 되지 않는다. 따라서 commit율이 높아지게 되며, 우선순위가 높은 트랜잭션의 재 실행을 또한 줄일 수 있다. (그림 2)는 트랜잭션 실행 스케줄이다. 모바일 클라이언트와 서버의 트랜잭션 스케줄과 모바일 클라이언트의 우선순위가 명시 되어있다. 시간의 순서대로 실행 스케줄을 살펴보자.

먼저  $T_2$ 는 방송주기  $C_i$ 의 partial validation을 통과하지 못한다. 왜냐하면 방송주기  $C_{i-1}$ 에서 데이터 a와 b를 읽고 방송주기  $C_i$ 에 데이터 c를 읽고 commit 할 수 있기도 전에,  $T_1$ 에 의해 a의 값이 write 되었기 때문이다. 반면에  $T_3$ 는 partial validation을 통과하고 local commit을 수행한다. 왜냐하면  $T_3$ 는  $T_5$  이후에 commit 됨에도 불구하고  $T_3$ 는  $T_5$ 에 의해 영향을 받지 않기 때문에 직렬화 순서로는  $T_5$  이전에 있기 때문이다.  $T_4$ 는 방송주기  $C_i$ 에 partial validation을 통과한다. 그리고 마지막 데이터 y를 읽고 자신의 작업공간에 y의 값을 미리 쓰고 난후에  $T_4$ 의 final validation을 위해 요구되는 정보를 서버로 보낸다.  $T_7, T_8$ 도 같은 경우이다.



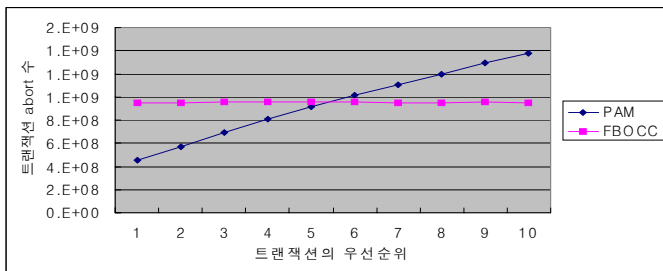
(그림 2) 우선순위 보장 기법 트랜잭션 실행 스케줄

지금까지는 Lee[9]가 제안한 기법이 적용되었으나 지금부터는 PAM이 적용된다. final validation을 위한 트랜잭션  $T_4, T_7, T_8$ 은 다음 방송주기  $C_{i+2}$ 가 되면 우선순위에 의해 정렬을 하고( $T_4$ 와  $T_7$ 의 우선순위가 같기 때문에 final validation을 요청한 시간을 기준으로  $T_8 > T_4 > T_7$  순서가 된다.) 우선순위에 따라  $T_8$ 이 먼저 WriteRead Validation을 수행하게 된다. 검증 결과  $WS(T_4)$ 와  $RS(T_8)$ 은 충돌이 일어나지 않기 때문에  $T_8$ 은 다음 ReadWrite Validation을 수행한다. 수행결과 서버에서 진행중인  $RS(T_9)$ 과 데이터 아이템 s에 대해 충돌이 일어나기 때문에 서버의 트랜잭션  $T_9$ 을 abort 하게 된다. 모든 검증을 마친  $T_8$ 은  $WS(T_4)$ 에  $WS(T_8)$ 을 포함시키고 commit을 하게 된다. 여기서  $WS(T_8)$ 을 포함시킨  $WS(T_4)$ 으로

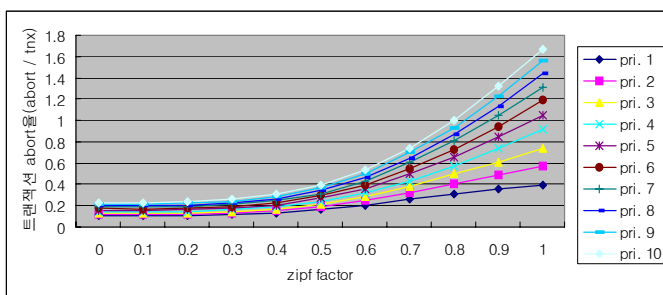
다음  $T_4, T_7$  역시 같은 검증을 수행하게 된다. Write Read Validation에서  $RS(T_4)$ 은  $WS(T_6)$ 과,  $RS(T_7)$ 은  $WS(T_8)$ 과 충돌이 일어나기 때문에 abort 된다. 모든 검증을 마치고 다음 방송주기  $C_{i+2}$ 가 시작된다.

#### 4. 성능 분석

PAM의 성능 분석은 기존 FBOCC 기법을 대상으로 비교하였다. PAM과 같은 환경에서 비교를 하기 위해 기본적으로 트랜잭션에 우선순위를 부여 하였다. (그림 3)에서는 우선순위에 따른 각 기법의 트랜잭션 abort수를 보이고 있다. FBOCC 기법에서는 우선순위와 상관이 없기 때문에 일률적인 abort수를 보이고 있지만, PAM에서는 우선순위가 높은 트랜잭션의 abort수가 현저히 감소되는 것을 볼 수 있다. (그림 4)에서는 zipf factor에 따른 트랜잭션 abort율을 보이고 있으며, 우선순위가 높은 트랜잭션의 abort율이 가장 낮음을 알 수 있고, zipf factor가 증가하면서 전체적인 abort율의 증가는 있지만 우선 순위1의 트랜잭션은 그 증가치가 적게 나오고 있다.



(그림 3) 트랜잭션의 우선순위에 따른 abort 수



(그림 4) zipf factor에 따른 트랜잭션 abort율

#### 5. 결론

본 논문에서 특수한 환경의 무선 데이터 방송에서 효율적인 트랜잭션 처리를 위한 우선순위 보장 기법을 제안하였다. 군 작전환경에서 클라이언트의 작전 중요도에 따라 데이터의 갱신 우선권이 주어질 수 있어야 하며, 우선순위가 높은 클라이언트의 트랜잭션은 쉽게 abort되지 않아야 한다는 특성을 반영하였다.

성능분석 결과 우선순위가 높은 트랜잭션의 abort수를 최소화 할 수 있으며, zipf factor에 따른 abort율도 최소화함으로써, 작전환경에서 중요한 트랜잭션의 commit율을 높일 수 있다

#### 참고문헌

- [1] 박성근 “무선 브로드캐스트 환경에서 임의 백오프를 이용한 에너지 효율적인 트랜잭션 처리 방법”, 서강대학교, 2004.
- [2] Il Young Chung, Bhargava, B., Mahoui, M., Lilien, L., "Autonomous transaction processing using data dependency in mobile environments," Distributed Computing Systems, 2003.FTDCS 2003. Proceedings. The Ninth IEEE Workshop on Future Trends of, 28-30, pp 138-144, 2003.
- [3] Kung, H. T., Robinson, J. T., "On optimistic methods for concurrency control," ACM Transactions on Database Systems 6(2), pp. 213-226, 1981.
- [4] Lee, V.C.S., Kwok-Wa Lam, Son, S.H., "On transaction processing with partial validation and timestamp ordering in mobile broadcast environments," IEEE Transactions on, 51, 10, pp. 1196-1211, 2002.
- [5] P. A. Bernstein, Va. Hadzilacos, N. Goodman, "Concurrency Control and Recovery in Database Systems," Addison Wesley, Massachusetts, 1987.
- [6] P. A. Franaszek, J. T. Robinson, and A. Thomasian, "Access invariance and its use in high contention environments," IBM Res. Rep. RC 14704, 1989.
- [7] S. Acharya, M. Franklin, S. Zdonik, and R. Alonso, "Broadcast Disks: Data Management for Asymmetric Communication Environments," Proc. ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, pp. 199-210, 1995.
- [8] S. Acharya, M. Franklin, and S. Zdonik, "Balancing Push and Pull for Data Broadcast," Proc. ACM SIGMOD Int. Conf. on Management of Data, pp. 183-194, 1997.
- [9] V. Lee, K-W. Lam, T-W Kuo, "Efficient validation of mobile transactions in wireless environments," The Journal of Systems and Software, pp.183-193, 2004.