

## 이중 채널 기반 방송 디스크 환경에서 읽기 전용 트랜잭션을 위한 동시성 제어 기법

\*이상호 김진홍 이수인

한국전자통신연구원

\*comman35@etri.re.kr

### A Concurrency Control Scheme for Client Transaction in Dual-Channel Broadcast Disk Environments

\*Lee, Sangho Kim, Jinhong Lee, Sooin

Electronics and Telecommunications Research Institute

#### 요약

최근 4세대(4G) 통신망으로의 전환의 가속화와 스마트 모바일 기기의 확산으로 인하여 무선 통신망에서 데이터 트래픽이 급증하고 있다. 이러한 급증하는 데이터 트래픽을 분산시키기 위하여 2개의 주파수 밴드를 사용하는 멀티 캐리어 기술이 선보이고 있다. 방송 디스크는 서버가 데이터베이스에 저장된 모든 데이터를 연속적으로 다수의 모바일 클라이언트에게 방송하고, 클라이언트는 방송 채널을 감시하여 원하는 데이터가 방송될 경우 방송 채널로부터 데이터를 수신하는 통신 구조이다. 이런 관점에서 방송 채널은 클라이언트가 데이터를 액세스할 수 있는 디스크의 역할을 담당한다. 본 논문에서는 무선 통신망이 멀티 캐리어를 지원할 경우, 클라이언트에서 실행되는 읽기 전용 트랜잭션의 정확성을 보장하기 위한 동시성 제어 기법(Dual-Channel based Concurrency Control: DCC)을 제안한다. 기존에 동시성 제어 기법들은 단일 방송채널에서 트랜잭션의 철회율을 줄이기 위하여 추가적인 제어 정보들을 방송하거나 방송 데이터의 타임스탬프 필드를 이용하고 있다. 클라이언트에서 실행되는 트랜잭션은 단일 방송 사이클이 아니라 여러 방송 사이클에 걸쳐서 실행된다. 이러한 방송 디스크 환경의 특징은 클라이언트 트랜잭션이 디스크에서 방송 인덱스를 관독하여 방송 프로그램 상에서 트랜잭션에 필요한 데이터가 방송 될 때까지 기다리게 된다. 이와는 달리 DCC는 주력 망과 보조 망에서 방송되는 방송 프로그램의 순서를 서로 다르게 하여 데이터 관독에 필요한 대기 시간을 줄일 수 있다. 보조망의 방송 프로그램의 순서는 주력망의 방송 프로그램 순서의 역순서로 방송함으로써 보조 망 또는 주력 망에서 실행되고 있는 트랜잭션이 다른 방송 채널의 방송 인덱스를 관독하지 않아도 방송 프로그램 순서를 예측할 수가 있다. 그 결과, DCC는 방송 디스크의 데이터 관독에 요구되는 대기시간을 줄여 읽기 전용 트랜잭션의 철회율을 줄일 수 있다는 장점을 갖는다.

#### 1. 서론

무선 환경 및 이동 컴퓨팅 환경은 서버에서 클라이언트로의 통신 대역폭이 상대적으로 많이 할당되는 비대칭적인 통신환경이다.[1] 이와 같은 비대칭적인 통신환경으로 인하여 클라이언트와 서버간의 양방향 통신을 필요로 하는 기존의 트랜잭션 처리방법을 적용시키기에 어려움이 있다. 방송 기반의 데이터 전송은 무선 환경 및 이동 컴퓨팅 환경에서 서버에서 클라이언트 쪽으로 상대적으로 많은 통신 대역폭을 이용하기에 적합한 방식이다. 디스크는 서버가 데이터베이스에 저장된 모든 데이터를 연속적으로 다수의 모바일 클라이언트에게 방송하고, 클라이언트는 방송 채널을 감시하여 원하는 데이터가 방송될 경우 방송 채널로부터 데이터를 수신하는 통신 구조이다[2]. 이런 관점에

서 방송 채널은 클라이언트가 데이터를 액세스할 수 있는 디스크의 역할을 담당한다. 방송 디스크는 접속할 수 있는 클라이언트의 수에 제한이 없다는 장점으로 인해 이동 통신망을 이용한 경매나 전자 입찰과 같은 전자 상거래 응용 분야와 주식 거래, 그리고 기상 정보나 교통 정보 방송 분야와 같은 다양한 응용 분야에 활용되고 있다.

최근 4세대(4G) 통신망으로 전환의 가속화와 스마트 모바일 기기의 확산으로 인하여 무선 통신망에서 데이터 트래픽이 급증하고 있다. 특히 이동통신 트래픽은 2012년 기준으로 4만2145TB(테라바이트)로 지난 2009년 아이폰 출시이후로 127배 증가했으며, 이중 LTE(Long Term Evolution) 트래픽은 50.1%로 넘어서고 있다. 이러한 급증한 데이터 트래픽을 분산시키기 위한 가장 쉬운 방법은 인접 주파수 영역을 추가 주파수를 할당하여 대역폭을 늘리는 방법이 있다. 하지만 인접 주

과수 대역을 할당 받기는 현실적으로 쉽지 않다. 그 이유는 대부분의 인접 주파수 대역은 다른 용도로 사용하고 있기 때문이다. 일반적으로 서비스 종료로 인한 주파수 반환에서 생기는 주파수 대역을 보조 망으로 사용하고 핸드오버 방식(멀티캐리어)으로 기존의 주력 망과 연동하여 사용하고 실정이다.

본 논문에서는 무선 통신망이 멀티 캐리어를 지원할 경우, 클라이언트에서 실행되는 읽기 전용 트랜잭션의 정확성을 보장하기 위한 동시성 제어 기법(Dual-Channel based Concurrency Control: DCC)을 제안한다. 기존에 동시성 제어 기법들은 단일 방송채널에서 트랜잭션의 철회율을 줄이기 위하여 추가적인 제어 정보들을 방송하거나 방송 데이터의 타임스탬프 필드를 이용하고 있다. 이러한 방송 디스크 환경의 특징은 클라이언트 트랜잭션이 방송 디스크에서 방송 인덱스를 판독하여 방송 프로그램 상에서 트랜잭션에 필요한 데이터가 방송되기 까지 기다리게 된다. 또한 방송 디스크는 접속할 수 있는 클라이언트의 수에 제한이 없기 때문에 서버가 주력 망 또는 보조 망에서 방송 프로그램을 수신할 수도 있지만, 방송 디스크를 필요한 클라이언트가 특정 망에 접속하여 데이터 트래픽의 부하분산이 어렵다는 문제점이 있다. 이러한 관점에서 DCC의 주요 아이디어는 주력 망과 보조 망에서 방송되는 방송 프로그램의 순서를 서로 다르게 하여 데이터 판독에 필요한 대기 시간을 줄일 수 있다는 것이다. 보조망의 방송 프로그램의 순서는 주력망의 방송 프로그램 순서의 역순서로 방송함으로써 보조 망 또는 주력 망에서 실행되고 있는 트랜잭션이 다른 방송 채널의 방송 인덱스를 판독하지 않아도 방송 프로그램 순서를 예측할 수가 있다. 그 결과, DCC는 방송 디스크의 데이터 판독을 위한 불필요로 하는 대기시간을 줄여 읽기 전용 트랜잭션의 철회율을 줄일 수 있다는 장점을 갖는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 기존 동시성 제어 기법들을 살펴보고, 3장에서는 제안하는 알고리즘의 동작 과정을 자세히 설명한다. 마지막으로 4장에서 결론 및 앞으로의 연구방향에 대해 논의한다.

## 2. 관련 연구

클라이언트 트랜잭션은 방송 채널로부터 방송되는 방송 프로그램 상에서 원하는 데이터를 기다려야하며, 방송의 특성상 데이터 판독은 순차적으로 진행된다. 방송 프로그램은 주기를 가지며 동일한 순서대로 데이터를 반복적으로 전송하며, 이러한 주기를 방송 사이클이라 한다. 대부분의 클라이언트 트랜잭션은 판독할 데이터를 트랜잭션의 실행 전에 파악하는 것이 불가능하다[3]. 따라서 클라이언트 트랜잭션은 방송 프로그램에 따라 자신이 원하는 데이터를 기다려야하며 여러 사이클에 걸쳐서 데이터를 액세스하게 된다. 이러한 클라이언트 트랜잭션 특성으로 인하여 서버 트랜잭션들의 데이터 변경으로 인한 간섭이 발생하고 그 결과 클라이언트 트랜잭션의 실행 결과가 틀려질 수 있다. 그림 1은 잘못된 트랜잭션 실행의 예를 나타낸다.

그림 1에서 클라이언트 트랜잭션 CT<sub>1</sub>이 방송 사이클 C<sub>n</sub>에서 데이터 X를 판독한 후에 서버 트랜잭션 ST<sub>1</sub>이 데이터 X를 변경하므로, CT<sub>1</sub>과 ST<sub>1</sub>의 실행 순서는 ST<sub>1</sub>에 우선한다. 즉, CT<sub>1</sub>→ST<sub>1</sub> 관계가 성립한다. 그리고 서버 트랜잭션 ST<sub>2</sub>는 방송 사이클 C<sub>n</sub>에서 ST<sub>1</sub>이 변경한 데이터 X값을 참조하여 데이터 Y를 변경하였으므로 ST<sub>1</sub>→ST<sub>2</sub>의 관계가 성립한다. ST<sub>1</sub>과 ST<sub>2</sub>는 사이클 C<sub>n+1</sub>이 시작 되기전에 완료되었

으므로 데이터 X, Y 값은 사이클 C<sub>n+1</sub>에서는 변경된 값이 방송된다. 사이클 C<sub>n+1</sub>에서 CT<sub>1</sub>이 판독하는 Y 값은 ST<sub>2</sub>에 의해 변경된 값이므로 ST<sub>2</sub> → CT<sub>1</sub>의 관계가 성립된다. 그 결과, 전체적으로 CT<sub>1</sub>→ST<sub>1</sub>→ST<sub>2</sub>→CT<sub>1</sub>의 순환 관계가 성립된다. 따라서 트랜잭션 CT<sub>1</sub>은 철회한 후 재 실행해야 한다[4].

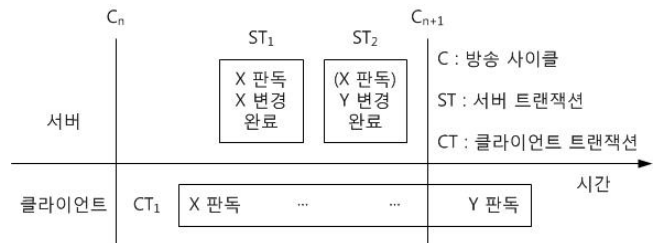


그림 1 잘못된 트랜잭션 실행의 예

방송 디스크 환경에서 이러한 문제를 해결하기 위해 동시성 제어 기법들이 연구되었다[4-7]. [5]의 경우, 서버 트랜잭션들의 직렬화 그래프를 데이터와 함께 방송하여 클라이언트에서 클라이언트 트랜잭션과 서버 트랜잭션 간의 관계를 파악할 수 있도록 하였다. [6],[7]에서는 데이터의 현재 값 외에 이전 사이클에서 변경되기 전의 값도 같이 방송하여 불필요한 트랜잭션의 철회를 줄였다. [4]는 트랜잭션들에 대해 타임스탬프 구간을 기록하여 데이터를 판독할 때 타임스탬프 구간을 조정하여 불필요한 철회를 줄였다. 기존에 제안된 동시성 제어 기법들의 공통점은 서버가 동시성 제어 정보를 추가로 전송하여 클라이언트 트랜잭션의 철회율을 줄인다는 것이다. 하지만 이러한 제어 정보는 데이터의 수나 서버 트랜잭션의 수에 비례하여 크기가 증가하는 치명적인 단점을 가지고 있다.

## 3. 이중 채널 기반 동시성 제어

본 절에서는 방송 디스크 환경에서 클라이언트의 읽기 전용 트랜잭션을 효율적으로 처리할 수 있는 이중 채널 기반 동시성 제어 기법(DCC)을 제안한다. 주력 망과 보조 망으로 주파수 밴드를 사용하는 이중 채널 통신 환경에서 각 주파수는 클라이언트 트랜잭션의 관점에 보면 복사본 미리 방송 디스크로 볼 수 있다. 또한 각 클라이언트는 핸드오버 방식의 멀티 캐리어로 인하여 2개의 방송 디스크를 동시에 판독하지 못하는 제한이 있다. 이러한 방송 디스크 환경에서 각각의 방송 디스크의 방송 프로그램을 다르게 함으로써 클라이언트 트랜잭션이 데이터 판독을 위해 대기하는 시간을 현저히 줄일 수 있다. 또한 각각의 방송 프로그램의 순서를 서로 반대되게 배치하여 디스크 간의 핸드오버가 용이하고 방송 프로그램을 위한 추가적인 정보가 불필요하다는 장점을 가지게 된다.

그림 2는 방송 프로그램에 의한 트랜잭션 철회의 예를 나타낸다. CT<sub>1</sub>은 방송 사이클 C<sub>n</sub>에서 X를 판독하고 Y를 판독하려고 하였으나 방송 프로그램에 의해 다음 방송 사이클인 C<sub>n+1</sub>까지 판독을 위해 대기하게 된다. 그리고 이러한 대기하는 시간 동안에 Y가 서버 트랜잭션에 의해 변경되었다. 사이클 C<sub>n+1</sub>에서는 변경된 Y가 방송되었고 서버 트랜잭션과 클라이언트 트랜잭션간의 순환관계가 발생하여 클라이언트 트랜잭션은 철회되어야 한다. 이중 채널 방송디스크에서는 이러한

문제점을 해결하기 위해 클라이언트 트랜잭션은 관독이 필요한 데이터가 다른 채널에서 더 빨리 방송될 경우 핸드오프를 통해 채널을 바꿔 관독할 수 있다.

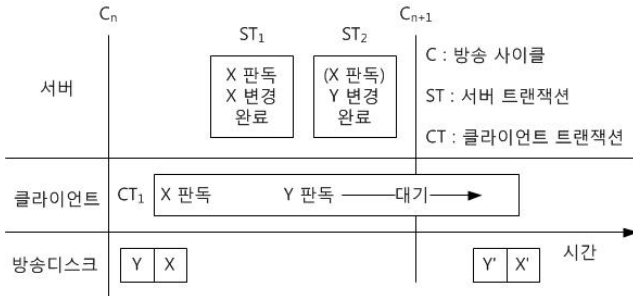


그림 2 방송 프로그램에 의한 트랜잭션 철회의 예

그림 3은 클라이언트와 서버에서 각각 수행되는 알고리즘을 나타낸다. 클라이언트는 트랜잭션이 임의의 데이터 X를 관독할 경우, 각 채널에서의 대기 시간을 계산하여 대기시간이 짧은 채널로 변경하여 트랜잭션을 완료한다. 서버는 각 사이클에서 방송되는 순서를 서로 역순으로 방송하여 클라이언트가 데이터 관독에서 발생하는 대기시간을 줄일 수 있도록 방송한다. DCC는 기존의 타임스탬프 기반 동시성 제어 알고리즘과 같은 기법을 동시에 적용이 가능하다는 장점을 갖는다.

CA. 클라이언트 트랜잭션이 임의의 데이터 X를 관독할 경우, 아래와 같은 과정이 수행된다.

1. 현 채널에서 데이터의 관독까지 시간  $T_1$ 을 계산한다.
2. 다른 채널에서 데이터의 관독까지 시간  $T_2$ 을 계산한다.
3. 만약  $T_1$  가  $T_2$ 보다 크다면 채널을 변경한다.

SA. 서버는 사이클  $C_n$ 에서 방송 프로그램 순서는 아래와 같이 수행된다.

1. 방송 채널 1에서 정해진 방송 프로그램 순서대로 방송한다.
2. 방송 채널 2에서 방송 채널 1에서 방송한 프로그램의 역순으로 방송한다.

그림 3 클라이언트 및 서버 알고리즘

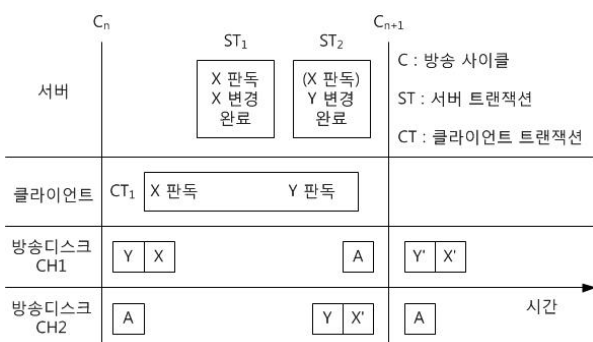


그림 4 이중 채널에 의한 트랜잭션 실행의 예

그림 4는 본 논문에서 제안하는 DCC에 의해 트랜잭션 실행 중에 방송 채널을 바꾸고 대기 시간 없이 데이터 Y를 관독하는 예를 나타내고 있다. 서버는 방송 디스크 채널(CH1)에서 방송하는 데이터 순서의 반대로 방송 디스크 채널(CH2)에서 데이터 방송을 수행한다. 방송 사이클  $C_n$ 에서  $CT_1$ 은 X를 관독하고  $ST_1$ 에 의해 데이터 X가 변경되었다.  $ST_2$ 가 X를 관독하고 Y를 변경하여 트랜잭션을 완료하기 전에  $CT_1$ 은 Y를 관독하려고 방송 프로그램을 확인한다. 데이터 Y에 대한  $T_1$  보다  $T_2$ 가 작기 때문에  $CT_1$ 은 방송 디스크의 채널 변경을 하고 변경된 방송 디스크에서 트랜잭션의 실행에 필요 하는 데이터 Y를 관독한다.  $ST_2$ 와  $CT_1$ 간의 순환 관계가 성립하지 않게 되어  $CT_1$ 은 완료할 수 있게 된다. 각 채널의 방송 디스크의 데이터를 살펴보면  $ST_1$ 에 의해 데이터 X 값이 변경되어 CH2의 방송 디스크에서는 변경된 데이터 X'가 방송된다. 방송 사이클  $C_{n+1}$ 에서는 CH1의 방송 디스크는  $ST_2$ 에서 변경된 데이터 Y'를 포함하여 방송하게 된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 방송 디스크 환경에서 클라이언트의 읽기 전용 트랜잭션을 위한 동시성 제어 기법인 DCC를 제안하였다. 방송 밴드의 확장으로 인하여 2개의 채널로 방송이 가능할 경우, DCC는 각 채널에서 방송하는 프로그램의 순서를 다르게 하여 클라이언트 트랜잭션의 철회율을 줄일 수 있는 장점을 갖는다. 기존에 단일 채널에서만 고려되고 있는 동시성 기법이 두 개의 주파수를 사용하는 통신망이 일반화되고 있는 시점에서 기존의 알고리즘들은 이중채널의 방송 디스크 환경에서 최적의 성능을 기대할 수 없다. 이러한 관점에서 이중 채널에서의 방송 디스크 환경에서 최적의 성능을 낼 수 있는 동시성 제어 기법에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구진은 추후 시뮬레이션 통해 본 논문에서 제안하는 DCC의 성능을 평가하고, 또한 단일 채널에서 최적의 성능 나타내고 있는 타임스탬프 기반 동시성 제어 알고리즘과 DCC를 동시에 적용하여 시뮬레이션을 통해 성능 평가를 진행 하겠다.

#### 참고문헌

- [1] J. Shanmugasundaram, A. Nithrakashyap, R. Sivasankaran, and K. Rammritham, "Efficient concurrency control for broadcast environment," Proc. ACM SIGMOD, pp. 85-96, 1999.
- [2] J. Jing, A. Heral, and A. Elmagarmid, "Client-Server Computing in Mobile Environments," ACM Comp. Surveys, vol. 31, no.2, pp.117-157, 1999.
- [3] H. Garcia-Molina, G. Wiederhold, "Read-only transactions in a distributed database," ACM Trans. Database Syst., 7(2), pp.209-233, 1982.
- [4] S. Lim, H. Cho, "Timestamp based Concurrency Control for Read-Only Transaction in Broadcast Disks Environment", 한국통신학회논문지, vol.30, no.5B, pp.317-323, 2005.
- [5] E. Pitoura and P. Chrysanthis, "Scalable Processing of Read-Only Transactions in Broadcast Push," Pro. 19<sup>th</sup> Int. Conf. Distributed Comp. Syst., pp.432-439, 1999.

- [6] E. Pitoura and P. Chrysanthis, "Exploiting Versions for Handling Updates in Broadcast Disks," Proc. 25<sup>th</sup> Int Conf. VLDB, pp.114-125, 1999.
- [7] E. Pitoura and P. Chrysanthis, "Multiversion Data Broadcast," IEEE Trans, Computers, 51(10), pp.1224-1230, 2002.