

# 이동 컴퓨팅 환경에서 적응적 요청 메시지를 이용한 갱신 거래 스케줄링 기법

박 준<sup>o</sup> 황부현\* 정승욱\*\* 김중배\*\*

\*전남대학교 전산학과, \*\*한국전자통신연구원

kingrion@empal.com<sup>o</sup> bhhwang@chonnam.ac.kr {swjung, jkim}@etri.re.kr

## An Update Transaction Scheduling Method using Adaptive Request Message in Mobile Computing Environments

Joon Park<sup>o</sup> Buhyun Hwang\* SeungWoog Jung\*\* JoongBae Kim\*\*

<sup>o</sup>Dept. of Computer Science, Chonnam National University. \*\*ETRI

### 요 약

이동 컴퓨팅 환경은 협소한 대역폭, 전력공급의 한계성, 그리고 무선통신망의 낮은 신뢰성 등의 제약사항을 갖고 있다. 이동 컴퓨팅 시스템은 제한된 대역폭의 효율적인 사용과 거래의 수행성능을 향상시키기 위한 비용 효과적인 거래 스케줄링 알고리즘의 개발이 필요하다.

이 논문에서는 캐싱과 발송기법을 사용하는 이동 컴퓨팅 환경에서 이동 클라이언트의 갱신 연산이 가능한 경우에 캐시 데이터의 현재성과 상호 일관성을 만족할 수 있는 거래 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 제안한 기법은 이동 클라이언트에서 사용하는 캐시에 있는 데이터에 대한 유효성을 각 데이터의 동적인 갱신 비율을 기준으로 하여 결정한다. 동적 갱신 비율의 도입은 거래의 철회율을 낮추어 제한된 대역폭의 사용과 서버의 부하를 줄여 시스템의 성능을 향상시킨다.

### 1. 서 론

무선 통신 기술의 급속한 발전과 이동 가능한 통신 기기의 대중화로 인하여 시간과 장소에 제약받지 않고 사용자들은 언제 어디서나 이동 중에도 다양한 정보 서비스를 제공받을 수 있다. 이동 단말기를 사용하는 응용으로는 실시간 교통 정보제공, 항해 정보제공, 실시간 주식 정보제공과 같은 다양한 분야에서 다양한 형태로 나타나고 있다. 그리고 이동단말기의 사용자들 또한 이동 단말기를 이용한 혁신적인 다양한 서비스들을 요구하고 있다.

그러나 이러한 이동 컴퓨팅 환경은 이동 클라이언트의 이동성과 잦은 단절로 인한 낮은 신뢰성, 협소한 대역폭, 그리고 전력 공급의 한계성 등의 제약사항들을 갖고 있다[1]. 그러므로 이동 컴퓨팅 환경에서 가능한 한 제한된 대역폭 사용을 줄이며 제한된 전력(배터리)의 소비를 최소화하는 방법이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 서버에 있는 데이터베이스의 일부분을 이동 클라이언트의 캐시로 가져와 저장하는 캐싱기법이 도입되었다. 그러나 캐싱기법은 서버와 캐시 사이의 데이터의 상호 일관성 유지 기술을 요구한다. 이동 컴퓨팅 환경에서 다수의 이동 클라이언트들의 캐시 데이터에 일관성을 유지하기 위하여 주기적으로 무효화 보고서를 전달한다. 그리고 이동 클라이언트는 발송되는 무효화 보고서를 듣고 캐시 데이터의 일관성을 유지한다.

이 논문에서 제안하는 알고리즘은 서버가 주기적으로 갱신된 정보를 클라이언트들에게 발송하고, 클라이언트는 캐시에 존재하지 않는 데이터를 즉시 요구하는 방식에 기반을 두고 있다. 그리고 질의거래와 갱신거래의 충돌로 인한 거래 철회율을 줄이며, 제한된 대역폭 사용을 최소화할 수 있는 적응적 요청 메시지를 이용한 갱신거

래 스케줄링 기법을 제안한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 이동 컴퓨팅 환경에서 캐시 일관성 유지와 동시성 제어 기법 등 관련 연구들을 살펴보고, 제 3장에서는 기존의 기법들이 거래 직렬성을 보장하지 못하는 경우를 제시하고, 제 4장에서는 새로운 낙관적 동시성 제어 기법인 UTSM-ARM을 제안한다. 그리고 제 5장에서는 이 논문의 결론과 향후 연구방향을 기술한다.

### 2. 관련 연구

이동 컴퓨팅 환경에서 자주 접근하는 데이터에 대한 캐싱은 제한된 대역폭의 사용을 줄이고 이동 거래의 응답시간을 향상시킬 수 있는 기술이다. 그리고 이동 클라이언트의 캐시 일관성을 유지하기 위하여 서버는 주기적으로 무효화 보고서를 발송한다[2].

일반적으로 무효화 보고서의 크기를 크게 하면 더 많은 정보를 전달할 수 있어서 캐시 데이터의 일관성 유지를 보다 효율적일 할 수 있지만 무효화 보고서를 크게 하면 서버에서 이동 클라이언트로의 대역폭 사용을 증가시킬 수 있으며, 이동 클라이언트는 무효화 보고서를 듣기 위한 시간이 늘어나 응답시간이 길어지고 제한된 전력 공급의 소비가 많아지는 단점이 있다.

캐시 데이터의 일관성을 유지하기 위하여 무효화 보고서를 최적화 하는 기법[3], 캐시 데이터의 유효성을 고려한 일관성 유지 기법[4], 그리고 하나의 발송 주기 동안에 갱신 거래에 대한 정보를 다음 발송주기 때 발송함으로써 캐시 데이터의 일관성을 유지하는 기법[5] 등이 제안되었다.

그리고 이동 컴퓨팅 환경에서의 동시성 제어 기법은 낙관적인 방법과 비관적인 방법이 있다. 낙관적인 방법

은 거래의 각 연산이 직렬성에 위배되지 않는다고 가정하고 수행하며 거래의 수행이 종료되는 시점에서 거래의 직렬성을 검증한다. 이와 대조적으로 거래의 각 연산이 직렬성을 위배할 가능성이 있으면 스케줄을 하지 않는 것이 비관적인 방법이다[6]. 낙관적인 방법과 비관적인 방법의 비교는 다음 표 1과 같다.

[ 표 1 ] 두가지 동시성제어 기법의 특징

특 성	낙관적인 방법	비낙관적인 방법
동시내지 지 량	적 음	많 음
응답 시간	짧 다	길 다
갱신가능성이 높을 때	비효율적	효율적
갱신가능성이 낮을 때	효율적	비효율적

이동 클라이언트/서버 컴퓨팅 환경에서의 캐시를 사용하는 동시성 제어 방법으로 방송기반의 캐시 무효화 기법을 사용하면서 타임스탬프에 의한 거래의 직렬성을 유지하는 OCC-UTS(Optimistic Concurrency Control with Update TimeStamp)이 제안되었다[7]. 이 방법은 방송 기술의 사용과 접근한 데이터에 대한 일관성 검사 및 완료 프로토콜은 캐시 무효화 과정의 내부과정으로 처리하는 분산 형태로 효율적으로 구현하고, 일관성 체크의 대부분을 이동 호스트에서 수행하여 철회될 수 있는 거래를 일찍 알아낼 수 있고 다시 재 수행이 가능하다는 것이다. 질의거래의 철회가 많아질 수 있는 단점이 있다.

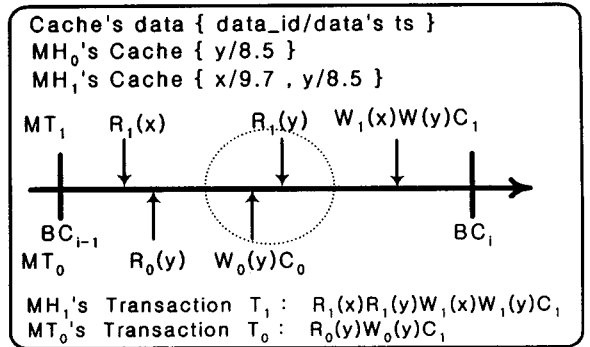
그리고 이동 컴퓨팅 방송환경에서 캐시내의 각 데이터에 대하여 두 버전을 유지함으로써 OCC-UTS기법에서 발생할 수 있는 질의 거래의 철회율을 줄일 수 있는 기법[8]이 제안되었다. 이 기법은 질의거래 수행 후 두 번의 무효화 방송을 통하여 이동 클라이언트에서 수행하는 질의거래가 접근하는 데이터의 값이 바뀌지 않는다면 갱신거래의 완료와 상관없이 무사히 완료될 수 있도록 하였다. 그러나 이 기법에서의 캐시 일관성 유지 방법은 이동 클라이언트의 캐시 데이터들에 대하여 갱신거래보다는 질의거래가 많은 이동 클라이언트의 기능을 축소하였다. 또한 OCC-UTS기법은 질의거래와 갱신거래의 충돌로 인한 거래의 직렬성이 위배되는 경우와 제한된 대역폭 소비를 증가시키는 문제점이 있다.

3. 문제 제시

이동 컴퓨팅 환경에서 캐시 데이터를 접근하여 수행하는 거래는 가장 최근에 갱신된 데이터를 접근하여 최신성을 만족하고 또한 거래 직렬성을 만족하여야 한다.

그러나, 이동 컴퓨팅 환경에서의 이동 거래 규약인 OCC-UTS방법은 서버에서 주기적으로 무효화 메시지를 방송하는 주기 동안에 많은 이동 클라이언트들이 하나의 공유 데이터에 대한 질의거래와 갱신거래가 가능한 경우에 다음과 같은 두 가지 문제점이 존재한다. 첫째, 갱신거래와 질의 거래의 충돌로 인한 직렬성 위배이다. 둘째, 하나의 방송주기 동안에 다수의 이동 거래가 순차적으로 수행되는 경우, 철회될 이동 거래의 완료요청으로 인한

제한된 대역폭 사용의 증가를 발생시킨다. 다음 그림 1의 예제를 통하여 자세히 알아보자.



[ 그림 1 ] OCC-UTS에서 갱신거래와 질의거래 충돌에 의한 직렬성 위배

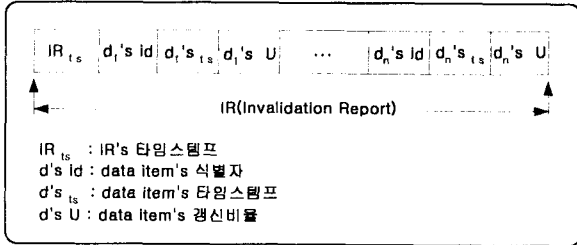
그림 1은 방송시점 BC<sub>i-1</sub>과 BC<sub>i</sub>사이에 이동 클라이언트 MH<sub>0</sub>의 거래 T<sub>0</sub>의 수행으로 데이터 y는 갱신되었다. 그러나 이동 거래 T<sub>1</sub>의 연산 R<sub>1</sub>(y)에서 접근되는 데이터 y는 이동 거래 T<sub>0</sub>의에 의해 갱신되기 이전의 데이터를 접근하여 수행하게 된다.

따라서, 이동 거래 T<sub>0</sub>과 T<sub>1</sub>의 의미상의 스케줄링은 R<sub>1</sub>(x)R<sub>1</sub>(y)R<sub>0</sub>(y)W<sub>0</sub>(y)W<sub>1</sub>(x)W<sub>1</sub>(y)가 되며, 이동 거래 T<sub>0</sub>과 T<sub>1</sub>의 직렬화 그래프에서 T<sub>1</sub>->T<sub>0</sub>->T<sub>1</sub>과 같은 사이클이 형성되어 직렬성이 위배된다. 이는 이동 클라이언트 MH<sub>1</sub>의 거래 T<sub>1</sub>의 연산 R<sub>1</sub>(y)이 무효화된 데이터 y를 접근함으로써 발생가능한 것이다. 철회될 이동 거래 T<sub>1</sub>을 서버에 완료 요청하는 것은 제한된 대역폭을 소비하고 서버의 부하를 증가시키게 된다는 결정이 있다. 다음 장에서는 이러한 문제점을 보다 효율적으로 처리할 수 있는 기법을 제안하고 예를 통하여 확인해 본다.

4. 제안하는 동시성 제어 기법

새롭게 제안하고자 하는 기법은 이동 컴퓨팅 환경에서 방송을 통하여 주기적으로 전달되는 무효화 보고서에 방송되는 각 데이터에 대하여 동적 갱신 비율을 첨부하여 보내고, 이동 거래는 캐시 데이터의 동적 갱신 비율을 검사하여 사용 여부를 결정한다. 동적 갱신 비율을 사용하여 이동 컴퓨팅 환경에서 갱신거래와 질의거래의 직렬성이 위배 유무를 각 클라이언트에서 독립적으로 처리할 수 있는 적응적 요청 메시지를 이용한 스케줄링 기법인 UTSM-ARM(An Update Transaction Scheduling Method using An Adaptive Request Message)을 제안한다. 낙관적 동시성 제어에서 거래의 유효화 방법은 선방향과 후 방향 유효화 과정이 있다. 이동 클라이언트/서버 환경에서 서버나 다른 이동 클라이언트가 실행중인 거래에 대한 정보를 모르는 상황이므로 후 방향 유효화 기법이 더 바람직하다[7]. 제안하는 UTSM-ARM은 후 방향 유효화 기법을 갖는 낙관적인 동시성 제어 방법에 기초를 두고 있다.

UTSM-ARM에서는 방송되는 무효화 보고서를 그림 2와 같이 각 데이터에 대한 갱신비율( $d$ 's  $U$ )을 추가한다. 그림 2는 UTSM-ARM에서의 주기적으로 방송되는 무효화 보고서의 형태를 보여주고 있다.

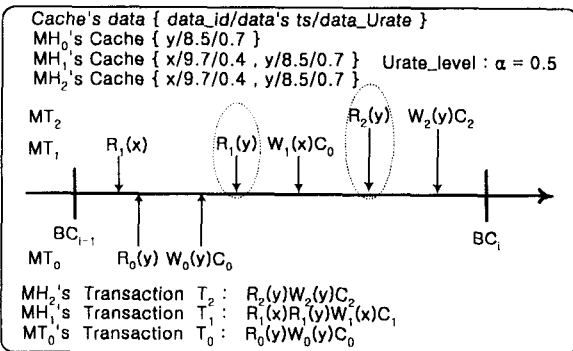


[그림 2] USTM-ARM에서의 무효화 보고서

이동 클라이언트의 각 거래는 각 데이터를 읽을 때 그 갱신 비율을 사용하여 캐쉬에 있는 데이터를 읽을지의 여부를 결정한다. 먼저 캐쉬내의 데이터  $j$ 에 대한 갱신 비율( $j_u$ )을 판단 기준인 상수값( $\alpha$ )와 비교하여 현재 방송주기 내에 그 데이터가 갱신될 가능성을 판단한다. 비교 후의 처리는 다음과 같다.

$if(j_u \geq \alpha)$  : 갱신가능성이 있다고 판단하여 서버의 최신의 데이터를 다시 요구한다.  
 $if(j_u < \alpha)$  : 갱신가능성이 없다고 판단하여 현재 캐쉬 데이터의 값을 사용한다.

다음은 제안하는 UTSM-ARM이 OCC-UTS기법에서의 나타날 수 있는 문제점들을 해결하는 과정을 보여주고 있다.



[그림 3] UTSM-ARM Example

위의 그림 3은 방송 시점  $BC_{i-1}$ 에서 각 이동 클라이언트의 캐쉬는 데이터  $x/9.7/0.4$ ,  $y/8.5/0.7$ 를 유지하고 있다. 갱신비율 기준값  $\alpha$ 를 0.5라고 가정하자. 데이터  $x$ 에 대한 타임스탬프는 9.7이며, 한 방송주기 동안의 갱신 비율은 0.4, 그리고 데이터  $y$ 는 각각 8.5와 0.7로써 갱신 가능성이  $0.7 > \alpha$ 이다. 그러므로 각 캐쉬 데이터  $y$ 에 대한 읽기 연산의 경우, 서버의 가장 최신의 데이터를

요구받아 수행한다.

따라서, 이동 거래  $T_0$ 과  $T_1$ 에서 발생 가능한 사이클  $T_1 \rightarrow T_0 \rightarrow T_1$ 은  $T_1$ 의 연산  $R_1(y)$ 를 서버의 최신 데이터  $y$ 를 요구받아 수행함으로써 사이클이 발생하지 않는다. 따라서,  $T_0$ 과  $T_1$ 의 사이에  $T_0 \rightarrow T_1$ 의 수행이 가능함으로 직렬성이 위배되지 않는다. 역시 거래  $T_2$ 의 읽기 연산  $R_2(y)$ 에서 캐쉬 데이터  $y$ 를 접근하지 않고 서버의 최근 데이터  $y$ 를 접근함으로써 직렬화 그래프에서 사이클  $T_2 \rightarrow T_0 \rightarrow T_1 \rightarrow T_2$ 의 발생을 막을 수 있다. 결국  $T_0 \rightarrow T_1 \rightarrow T_2$ 의 직렬화 순서를 얻을 수 있다.

### 5. 결론 및 향후 연구방향

이 논문에서는 이동 클라이언트의 캐쉬 데이터의 일관성을 판단하기 위하여 각 데이터에 대한 갱신 비율을 사용하는 거래 관리 기법을 제안하였다. 이 기법은 무효화 보고서에 갱신 비율을 첨부하여 방송하고, 데이터에 대한 읽기 연산을 수행할 때 각 데이터의 갱신비율을 기준값과 비교하여 캐쉬 데이터의 사용 유무를 결정하는 적응적 요청 메시지를 이용하여 데이터의 현재성을 유지하는 기법이다. 이 기법을 사용함으로써 이동 거래의 철회율을 줄일 수 있고, 이로 인하여 비대칭적인 대역폭을 갖는 방송기반의 환경에서 제한된 대역폭의 사용을 줄임으로써 통신비용을 절감할 수 있다.

향후 연구로는 제안 기법을 다양한 환경에서 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하고 평가하는 것이다.

### 참고문헌

- [1] S.Acharya, M.Franklin and S.Zdonik, "Balancing Push and Pull for Data Broadcasting," Proceedings of ACM SIGMOD Conference on Management of Data, May, 1997.
- [2] D.Barbara and T.Imielinsky, "Sleepers and Workholic: Caching in Mobile Environment," Proceedings of ACM SIGMOD Conference on Management of Data ENgineering, pp.114-123, April 1997.
- [3] J. Jing, A. Helal, A. Elmagarmid and R. Alonso, "Bit-Sequences : An Adaptive Cache Invalidation Method in Mobile Client/Server Environment," ACM/Baltzer Mobile Networks and Applications, Vol2, No.2, 1997.
- [4] K.L.Wu, P.S.Yu and M.S.Chen, "Energy-Efficient Caching for Wireless Mobile Computing," Proceedings of the 12th International Conference on Data Eng., pp.336-343, 1996.
- [5] D.Barbara, "Certification Reports : Supporting Transactions in Wireless Systems," Proceedings of the 17th International Conference on Distributed Computing Systems, pp.466-473, May 1997.
- [6] H.Y. Yun, and B.H. Hwang, "A Pessimistic Concurrency Control Algorithm in Multidatabase Systems," Proceedings of the Third International Symposium on Database Systems for Advanced Applications, Taejon, Korea, April 6-8, 1993.
- [7] 이상근, 황중선, 이원규, 유현창, "이동 클라이언트/서버 환경에서의 캐싱 및 동시성 제어," 한국정보과학회 논문지, Vol. 26, No. 8 August 1999.
- [8] 이욱현, 황부현, "방송환경에서 이중버전과 타임스탬프에 기반을 둔 낙관적 동시성 제어 기법," 한국정보처리학회 논문지, 제8-D권, No. 2, April 2001.