

이동컴퓨팅 환경에서 효율적인 캐쉬 일관성 기법

서동호^o 서효종
가톨릭대학교 컴퓨터공학과

sunshine6810@gmail.com^o
hjsuh@catholic.ac.kr

An Efficient Cache Consistency Method in Mobile Computing Environments

Dong-Ho Seo^o Hyo-Joong Suh
Dept of Computer Science and Engineering, The Catholic University of Korea

요 약

이동 컴퓨팅 환경에서 이동 호스트는 무선 통신망의 협소한 대역폭을 효율적으로 사용하기 위해 캐쉬를 사용한다. 하지만 이동 호스트는 서버와의 통신 단절로 인해 서버에 존재하는 데이터와 일관성 문제가 발생하여 정확성을 잃을 수 있다. 이를 해결하기 위해 기존의 무효화 보고를 개선하여 주기적으로 브로드 캐스트 되는 데이터를 테이블로 유지함으로써 단절로 인해 발생하는 일관성 문제를 해결하고자 하였다. 또한 이동 호스트의 요청 데이터를 예측하여 이동 컴퓨팅 환경에서의 심각한 대역폭 문제를 해결하고, 서버에 데이터를 요청 할 때의 소요 시간을 줄일 수 있는 효율적인 기법을 제안하고자 한다.

1. 서 론

이동통신, 무선LAN 등과 같은 통신기술이 발달함에 따라 기존의 컴퓨팅 환경은 이동하는 사용자에게 우선으로 필요한 정보검색과 컴퓨팅 작업이 가능한 이동 컴퓨팅 환경으로 발전하고 있다. 이동 호스트는 이동이 자유로워야 하기 때문에 가벼워야 하고 배터리의 양과 사용할 수 있는 자원이 한정되고, 무선통신망을 이용하므로 유선 통신에 비하여 신뢰성이 낮고 협소한 대역폭을 갖는다. 협소한 대역폭으로 인하여 이동 호스트와 서버가 통신할 때 메시지의 양이 많으면 무선 통신 채널에 의한 점유 경쟁이 발생할 수 있고 지형적인 영향이나 배터리 수명을 연장하기 위해 의도적으로 서버와의 연결이 단절될 수 있다. 이런 기술적인 제약과 사용자의 이동성으로 인한 제약 등으로 기존의 정보통신망에서 경험하지 못한 새로운 제약요소들이 존재하여 기존의 컴퓨팅 환경과는 다른 특징을 갖게 된다. 따라서 이동 컴퓨팅 환경에서는 기존의 정적인 컴퓨팅 환경에서 사용되는 제반기술을 그대로 사용할 수 없으므로 이동 컴퓨팅 환경이 갖는 여러 제약요소들을 고려한 새로운 기반 기술들이 개발되어야 한다[1]. 새로운 기반 기술들은 데이터를 캐쉬함으로써 이동 호스트의 요구를 매번 서버 측에 요청하는 것이 아니라 기존에 사용된 데이터를 캐쉬에 저장함으로써 서버의 요청 횟수를 줄이고자 하였다. 또한 서버는 무효화 보고를 이동 호스트에 전송하여 데이터의 일관성을 보장

하도록 한다. 하지만 이동 호스트는 지형적인 이유나 배터리의 수명 연장으로 인해 서버와의 연결이 단절되는 현상이 발생할 수 있기 때문에 캐쉬에 저장된 데이터의 일관성을 보장할 수 없다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하기 위해 주기적인 브로드 캐스트의 정보 목록을 유지 하여 이동 호스트와 서버와의 오랜 단절 후에도 캐쉬 일관성을 유지할 수 있도록 하고 이동 호스트의 데이터를 서버에 요청할 때 예측 데이터를 이용하여 요청하는 소요시간을 줄여 성능 개선 효과를 이루고자 한다.

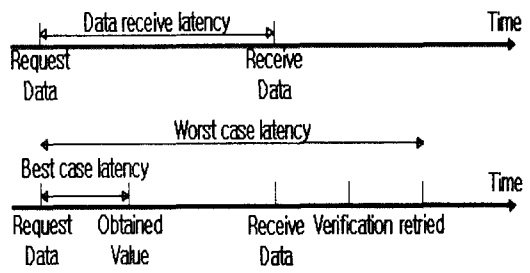
본 논문의 구성은 다음과 같이 이루어져 있다. 2장에서는 관련연구를 기술하고, 3장에서는 본 논문이 제안하는 오랜 단절 현상의 일관성 유지 기법과 예측 데이터를 이용하는 방법을 설명하고, 4장에서는 제시한 예측 데이터의 정확성에 따른 성능평가를 분석하였다. 마지막으로 5장에서 본 연구의 결론과 향후 연구과제에 대해 되짚어 본다.

2. 관련 연구

이동 호스트의 캐쉬 사용은 이동 호스트가 서버에 데이터를 즉각적으로 요청하지 않고 캐쉬로부터 데이터를 가져와 수행함으로써 서버로부터의 메시지 전송량을 줄일 수 있고 무선 통신의 협소한 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있다. 하지만 서버와의 통신 단절로 인해 캐쉬

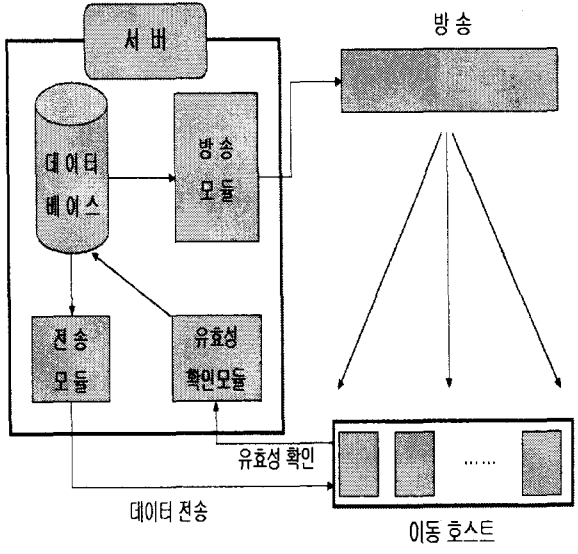
데이터는 서버와 일관성이 보장되지 않을 수 있다. 일관성이 위배 되면 정확성이 보장될 수 없으므로 캐시 일관성 유지 정책은 중요하다. 그러므로 이동 호스트의 캐시 일관성을 유지하기 위해서는 무효화를 주기적으로 브로드 캐스트 하여 이동 호스트가 무효화 메시지를 수신하고 캐시 데이터를 갱신한다. 그리고 무효화 메시지를 브로드 캐스트 하는 연구 중에 BT(Broadcast Timestamp)는 타임스탬프와 데이터 식별자를 쌍으로 하여 주기적으로 서버가 무효화 보고를 브로드 캐스트 하여 이동 호스트의 일관성을 유지 한다. 하지만 오랜 단절이 발생할 경우에 무효화 보고만으로는 일관성을 유지하기 어려운 점이 있어, 이 단절을 보완하기 위해서는 이동 호스트가 비동기적으로 요청한 데이터를 서버가 전송하여 일관성을 유지하도록 한다. 서버가 이동 호스트에게 데이터를 전송하는 방법으로는 요청한 데이터를 다음 주기의 무효화 시점에 전송하는 방법과 즉시 그 결과를 전송하는 방법이 있다. 사용 빈도가 높은 데이터에 무효화로 인하여 이동 호스트의 캐시 핑퐁 현상 발생이 발생하여 대역폭의 낭비와 성능저하를 가져올 수 있다. 이를 보완하기 위해 무선 네트워크의 연결 상태에 따라 무효화와 전파 메시지를 브로드 캐스트 비율을 동적으로 조절한다. 즉, 네트워크가 안정된 연결 상태를 유지할 때는 전파 메시지를 브로드 캐스트하여 캐시 요청을 감소시키고 잦은 부분 단절 및 접속 단절이 발생하여 대역폭이 사용할 수 있는 대역폭이 감소하면, 무효화 메시지의 브로드캐스트 비율을 늘린다.

그림1. 데이터 예측시간 비교



짧은 접속 단절(브로드 캐스트의 주기보다 작은 시간)일 때에는 이동 호스트로부터 데이터를 요청 받은 서버가 이동 호스트 데이터의 유효성을 판단하여 해당 데이터가 유효하지 않으면, 갱신된 데이터를 전송한다. 하지만 오랜 접속 단절 후에는 서버의 최신 갱신 데이터와 예전 갱신 데이터로 이동 호스트의 데이터를 데이터 식별자로 비교 하여 최신 갱신 데이터와 예전 갱신 데이터 중에 일치하는 것을 이동 호스트에게 전송한다. 다음 그림2는 서버와 이동 호스트간의 정보 전달 구조이다.

그림2. 캐시 일관성 유지 기법의 정보 전달 구조



3. 캐시 일관성 정책

서버는 주기적으로 전체 데이터가 아닌 일부의 데이터를 브로드캐스트 하는데, 이때 전송시점의 timestamp, 데이터 식별자, 데이터 값을 함께 이동 호스트에 전송한다. 이동 호스트는 데이터 식별자로 데이터 값을 비교하여 갱신된 데이터일 때 갱신된 데이터를 캐시에 저장한다. 그리고 이동호스트가 서버에게 데이터를 요청할 때는 두 가지의 분리 요청이 발생한다.

- 1) 예측 테이블을 검색하여 원하는 예측 데이터를 획득한다. 획득한 데이터로 연산을 수행하고 서버로부터 데이터가 수신될 때까지 대기하여 수신 되었을 때 예측 데이터와 비교한다.
- 2) 서버에 데이터를 요청할 때 기존 이동 호스트의 데이터를 유효성 확인하고 이에 상반 되었을 때 서버로부터 갱신된 데이터를 수신한다.

서버로부터 데이터가 수신되었을 때 예측 데이터와 수신 데이터를 비교한다. 비교하여 같지 않았을 때는 전에 수행하였던 연산을 rollback하고 그 이후에 수신된 데이터를 이용하여 연산을 재 수행한다. 다음 그림1은 예측 테이블을 이용한 예측 데이터와 사용하지 않은 경우에 비교 그림이다.

3.1 예측 데이터를 이용한 성능 향상

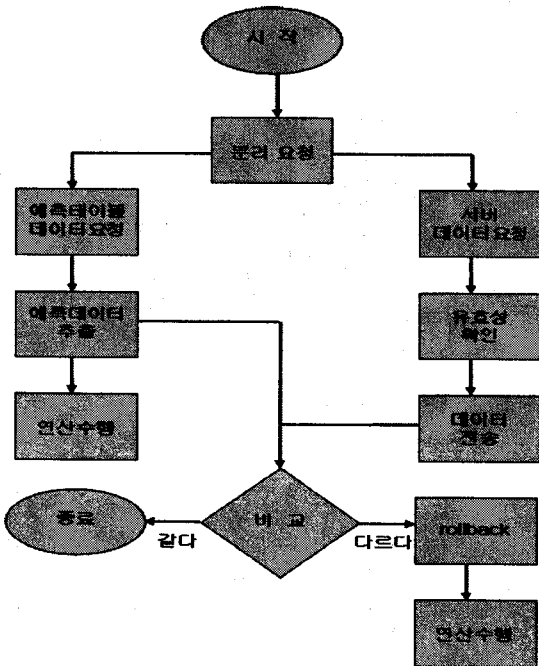
이동 호스트의 사용을 기존 캐시 일관성 방법보다 더 효율적으로 하기 위해서 예측 테이블을 유지 한다. 예측 테이블은 데이터 식별자 마다 각각 5개의 데이터의 값과 갱신 횟수의 필드를 갖는다. 5개의 데이터가 다 채워진 상태일 때 새로운 데이터가 추가되기 위해서 갱신횟수가 가장 낮은 것과 새로운 데이터가 교체 된다. 아래 표1은 예측 테이블이다.

표1. 예측 테이블(Predictor Table)

데이터 식별자	데이터값	갱신횟수	데이터값	갱신횟수
1	00001	10		00101	5
2	0	0		0	0
3	00101	5		0	0
4	01000	20		10101	27
5	10111	7		11111	50
.....					

이동 호스트의 필요한 데이터가 캐시에 저장되어 있지 않다면, 이동 호스트는 서버에서 주기적으로 브로드캐스트 되는 데이터를 수신하여 캐쉬하고 예측 테이블에 저장한다. 서버로 데이터를 요청해야 할 때에는 세 가지의 경우로 나뉜다. 첫 번째로 예측 테이블을 검색하여 가장 큰 갱신 횟수를 갖는 데이터 식별자와 데이터 값을 서버에 전송하여 유효성 확인을 한다. 두 번째로는 예측 테이블로부터 획득한 데이터를 가지고 연산을 수행한다. 세 번째로 서버로부터 수신된 데이터와 예측 테이블로부터 획득한 데이터를 비교 하여 다른 경우 수행되었던 연산을 rollback하고, 그 이후에 서버로부터 수신된 데이터로 연산을 재 수행한다. 다음 그림3은 예측 테이블을 이용한 순서도이다.

그림3. 예측 테이블을 이용한 순서도



3.2 오랜 단절을 대비한 일관성 정책

서버는 갱신 정보를 주기적으로 브로드 캐스트 한다. 하지만 오랜 접속 단절이 발생하면 이동 호스트의 캐쉬된 데이터를 서버가 유효성 확인할 때 어느 주기에 브로드 캐스트 되었는지, 여러 주기에 중복되어 갱신되었는지 가 불분명하여 정확성을 의심하지 않을 수 없다. 이에 정확한 유효성 확인 요청을 위해 전에 발생한 브로드 캐스트 정보를 테이블로 유지한다. 아래 표2는 서버 브로드 캐스트 정보 테이블 이다.

표2. 서버 브로드 캐스트 정보 테이블

timestamp	데이터 식별자						
	1	5	7	10			
12:00	1	5	7	10			
12:30	5	8	41				
13:00	2	20					
13:30	50						
14:00	10	20	30	41	53	59	70
.....							

이동 호스트가 오랜 단절 후에 연결이 재개되면 이동 호스트는 서버에 데이터의 유효성 확인을 요청하고, 서버는 이동 호스트로부터 수신된 데이터와 브로드 캐스트 정보 테이블의 데이터를 데이터 식별자를 통해 비교 하여 데이터를 수신한다. 여러 timestamp에 중복된 데이터 식별자가 존재 할 경우에는 최신의 timestamp의 데이터 식별자를 우선한다.

4. 성능 평가

본 논문에서 제안한 예측 데이터 기법의 성능을 비교 해 보기 위해 아래 표3은 항목들의 시간을 가정하였다.

표3. 성능평가를 위한 항목별 시간

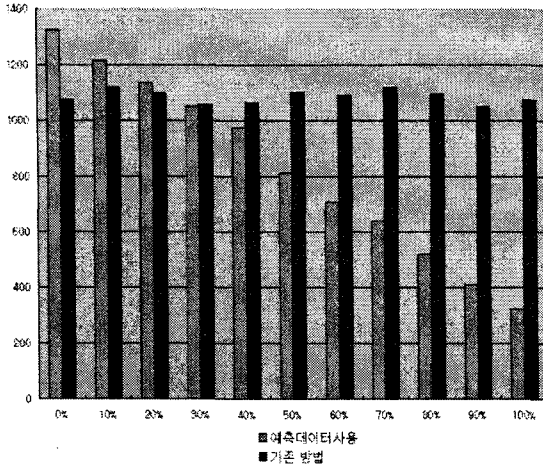
항목	시간(sec)
서버에 요청한 데이터의 획득	10
rollback	3
예측 데이터 획득	2
비교 연산	1

이동 호스트가 오랜 단절로 인하여 서버에 데이터를 요청 할 경우라고 가정하고 각 항목별 특성에 따라 시간을 가정 하였다. 예측 데이터가 적중 했을 때의 총소요시간

이 3sec이고, 예측 데이터가 실패 했을 때의 총소요시간이 13sec, 기존 방법의 총소요시간이 10sec이다.

아래 그림4는 이동 호스트가 100개의 데이터를 요청 했을 때의 경우를 비교 하고 있다. 예측 데이터의 적중률을 별로 해당 시간을 나타내고 있다.

그림4. 성능 비교



이 실험에서 유추할 수 있듯이 예측 데이터를 사용한 캐쉬 일관성 정책과 기존 방식의 캐쉬 일관성 정책의 총소요시간을 비교하였을 경우 30%에서 흡사한 소요시간을 갖는 것으로 나타났다. 이는 예측 데이터의 적중률이 30%이상일 경우에 기존 방식보다 총소요시간을 줄일 수 있어 이동 호스트가 다른 연산을 수행할 수 있도록 하고, 대역폭의 협소를 방지할 수 있어 개선된 효과를 나타낼 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 이동 호스트의 지형적인 이유나 배터리의 수명 연장으로 인하여 서버와의 연결이 단절되는 현상이 발생할 수 있는데, 이는 캐쉬에 저장된 데이터의 일관성을 보장할 수 없는 문제점을 발생시킬 수 있다. 이를 극복하기 위하여 주기적인 브로드 캐스트의 정보 목록을 테이블 형태로 유지 하여 이동 호스트와 서버와의 오랜 단절이 발생하여도 테이블의 정보를 이용하여 캐쉬 일관성을 유지 할 수 있도록 하고 이동 호스트의 데이터를 서버에 요청할 때에 예측 데이터를 이용하여 서버에 요청하는 소요시간을 줄여 성능 개선 효과를 이루고자 한다.

향후 과제로는 예측 데이터의 적중률을 높이기 위한 연구를 통해 더 높은 성능 개선에 효과를 높이고자 한다.

6. 참고 문헌

[1] 이윤준 외 3명, 한국 과학 재단
 [2] 김대웅, 박성배, 황부현, "비동기적 방송을 사용하는 이동 컴퓨팅 환경에서 캐쉬 일관성 유지 정책", 한국 정보처리학회 논문지, 1998
 [3] Jaehyuk Huh, jichuan Chang, Doug Burger, Gurindar S. Sohi "Coherence decoupling making use of incoherence", ACM, 2004
 [4] 김희숙, 황병연, "이동 컴퓨팅 환경에서 접속 상태를 고려한 선택적 캐쉬 일관성 유지 기법", 한국 정보처리학회, 2003
 [5] 남성현, 조성호, 황종선, "이동 컴퓨팅 환경하의 연결상태를 기반으로 한 적응적 캐쉬 유지 기법", Journal of Computer Science & Engineering Technology, 2001