

이동 정보서비스 환경에서의 캐싱 대체 전략

최인선⁰ 조기환

전북대학교 컴퓨터학과

{ischoi, ghcho}@cs.chonbuk.ac.kr

Caching Replacement Strategy for mobile Information Service Environment

InSeon Choi⁰ GiHwan Cho

Dept. of Computer Science, Chonbuk National University

요 약

최근 급변하는 정보통신 산업과 인터넷 사용인구의 증가에 따라 다양한 응용 서비스들이 무선 인터넷상에서도 제공되고 있다. 하지만 무선 네트워크는 낮은 대역폭, 높은 지연과 트래픽 그리고 잦은 연결의 재설정 등은 이동사용자에게 커다란 장애요소로 인식되고 있다. 따라서 한번 검색되고 정보를 재활용하는 캐싱기법의 적용이 다양한 형태로 고려되고 있다. 본 논문에서는 정보의 사용 빈도수를 고려하여 일정한 비율 이하의 캐싱 정보들 중에서 사용자가 이동하고자 하는 반대 방향의 가장 먼 거리에 있는 정보를 대체하는 캐쉬 운용 전략을 제시한다. 그 결과로 사용자가 자주 이동하는 이동 정보서비스 환경에서 캐싱 정보의 활용도도 높이고 이동 네트워크의 접속을 최소화하는 기초를 제공한다.

1. 서론

이동 정보서비스는 급변하는 정보통신 산업과 인터넷 사용인구의 증가에 따라 컴퓨팅 환경이 유선 인터넷 서비스에서 무선 인터넷 서비스로 전환되는 과정에서 기술적 의의를 찾을 수 있다. 즉 유선 인터넷상에서 일반화되어 있는 다양한 응용 서비스들이 무선 인터넷상에서도 유사한 정도로 제공되어야 한다. 하지만 무선 고유의 특성에 따른 문제점들로 인해 기존의 유선 환경에서 적용되던 기술들이 직접 적용되기에는 많은 제약을 가지고 있다[1].

이동 정보서비스는 이동에 따른 빠른 상황인식 변환을 요구한다. 이동 사용자가 새로운 위치로 이동했을 때 정보를 새로이 알아야 한다. 그러나 낮은 대역폭, 높은 지연과 트래픽 그리고 잦은 연결의 재설정 등은 이동사용자에게 커다란 장애요소로 남아 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 캐싱과 프리페칭의 사용을 제시해왔다. 캐싱과 프리페칭을 적용하면 서로 상호보완 효과를 얻을 수 있다. 즉, 미리 가져온 정보를 다시 사용함으로써 좀 더 나은 성능을 획득할 수 있다. 그러나 캐싱 대체 전략이 적절하지 않으면 자주 쓰일 것으로 예견되는 정보를 캐쉬에 그대로 두어 재사용 하는데 그 역할을 제대로 수행하지 못한다[2][3].

본 논문에서는 이동 정보서비스에서 고려될 수 있는 상황 중에서 사용자의 위치 변화에 따른 캐싱 대체방법인 ODFD(Opposite Direction, Frequency and Furthest)를 제안한다. ODFD는 정보의 사용 빈도수를 고려하여 일정한 비율 이하의 정보들 중에서 사용자가 이동하고자 하는 반대 방향의 가장 먼 거리에 있는 정보를 대체함으로써

자주 액세스되지 않을 듯한 정보를 추출하는 합리적인 전략이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 캐싱 대체와 관련된 연구들에 대해서 분석하고, 3장에서는 위치기반의 캐쉬 관리의 문제점을 기술, 4장에서는 3장에서 제기된 문제 해결을 위한 ODFD를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 향후 연구과제에 대해서 논한다.

2. 관련연구

프리페칭이나 캐싱은 단말의 이산 시간에 따라 필요한 정보를 획득하는데 있어서 무선 네트워크의 장애요소를 극복하기 위한 방법들 중의 하나이다. 기존의 다양한 영역에서 성능 향상을 목적으로 하는 LRU(Least Recently Used)와 LFU (Least Frequently Used)와 같은 일반화된 캐쉬 대체전략들이 사용되어왔다. 또한 프리페칭과 캐싱의 결합이 적용될 때 좀 더 나은 성능을 획득할 수 있다. 즉, 프리페칭된 정보를 캐싱함으로써 캐싱 비율을 향상시키는 데 도울 수 있다[2]. 하지만 이러한 기법들만으로는 이동 정보서비스를 획득하는데 있어서 동적인 정보에 대한 접근에 있어서 많은 어려움이 있다.

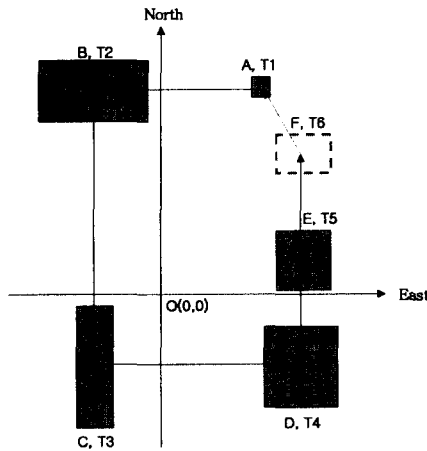
이동컴퓨팅 환경에서 위치기반 데이터를 관리하기 위한 캐싱전략으로 참고문헌[4]에서의 FAR(Furthest-Away Replacement)를 제시하고있다. FAR는 이동 사용자의 이동방향의 반대편에서 사용하였고 현재 위치에서 가장 먼 거리에 있는 정보를 대체함으로써 이동 사용자의 움직이는 경로를 추적해볼 때 이동환경에서 적절한 기법이다 [4]. 그러나 먼 거리에 있는 정보임에도 불구하고 자주 이용되는 정보라고 한다면 상당히 불합리한 방법이 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 좀더 사용자의 이동과 정보 활용의 특성을 혼용한 대체 기법이 필요하다.

* 본 논문은 정보통신부에서 지원하는 대학기초 연구지원 사업으로 수행되었음.

3. 위치기반의 캐쉬 관리[4]

이동 단말 사용자는 이동하면서 현재 위치에서 가장 유효한 정보를 서버로부터 검색한다. 전체 정보 집합은 위치를 기준으로 해당 위치에서 필요로 하는 정보들이 이산적으로 분할되었다고 가정한다. 이때 단말과 서버 사이에는 무선 매체가 참여함으로써 정보 검색 과정에서 데이터 전송 시간이 유선 환경에 비해서 상대적으로 큰 비중을 갖는다. 따라서 이동 환경에서 최적의 정보서비스 방법론으로 이미 검색되어 전달된 정보를 재 사용할 필요가 있다.

LRU와 같은 기존에 널리 사용되었던 대체 기법들은 이동 사용자가 랜덤하게 단지 이동시간에 근거하여 캐쉬를 대체한다. 따라서 이동 정보서비스의 특성을 거의 반영하지 못하므로 이동환경에서는 사용자에게 최적의 정보를 제공하는데 많은 제약사항들이 있다. 그러나 위치기반의 접근 패턴 전략인 FAR는 이동방향이 다르고 사용자로부터 가장 멀리 떨어져 있는 세그먼트 단위의 정보가 가장 먼저 희생된다는 선택 전략이다. 사용자가 이동하면서 각 질의시간에 질의하여 얻은 정보는 A, B, C, D, E로 나타낸다. 이동 단말의 기억장치는 휴대성 특징으로 인하여 크기가 한정된다. T5에서 정보 E를 얻은 후, 단말의 기억공간에 이동 정보로 모두 채워진 상태에서 T6에 정보 F를 요청하였다고 가정한다. 사용자는 이동하면서 이산적 시간(T)를 기준으로 해당 위치에서 필요한 정보를 질의한다. 질의 시간(T)는 T1<T2<T3<T4<T5 순서에 따라 나타낸다. 다음은 LRU와 FAR의 캐쉬 대체 전략이다.



[그림 1] 사용자 이동 시나리오

* LRU의 경우 : 가장 오래 전에 검색된 정보를 대체 정보로 하는 LRU기법에서는 A가 대체된다. 따라서 단말이 계속해서 북쪽으로 이동한다면 A의 정보를 삭제하고 다시 A를 삽입하는 결과를 초래한다.

* FAR의 경우 : FAR는 반대 방향에서 가장 거리가 먼 거리의 정보를 대체하는 것으로 T6 시점의 위치와 가장 먼 거리에 있는 C를 대체한다.

FAR는 이동 정보서비스에서 위치 관계를 대체 전략에 적용함으로써 캐쉬 정보의 유효성을 높여주었다. 하지만 단말이 정보 F를 사용하는 위치에 있다고 한다면 비록 C가 이동 사용자의 현재 위치 반대 방향에서 가장 먼 거리의 정보이지만 만약 C가 자주 이용되는 정보일 수도 있다. 만일 그렇다면 먼 거리의 정보라 하더라도 캐쉬에서 삭제한다면 캐쉬의 이용률을 감소시키는 결과를 초래한다. 따라서 좀더 향상된 대체 기법을 필요로 한다.

이와 같은 문제점으로 인하여 본 논문에서는 정보의 빈도수와 사용자의 현재 위치에서의 가장 먼 거리를 고려하여 자주 액세스되지 않을 듯한 정보 추출의 합리적인 전략을 제시하고자 한다.

4. ODFD(Opposite Direction, Frequency, Furthest)

이동 사용자의 이동성을 나타내기 위해서 캐쉬에 저장되는 정보 단위는 세그먼트로 한다. 또한 캐쉬 전략을 구체화하기 위해서 두 개의 메타 데이터 FMD(Frequency Meta Data)와 LMD(Location Meta Data)를 정의한다.

4.1 이동 시나리오

제안된 기법의 유효성을 보이기 위해서 일상적인 사용자의 이동 시나리오를 정의한다. 즉, 사용자가 제한된 공간적 위치(예. 학교와 집)를 반복하여 생활하는 것을 가정하여 [그림 1]에서 A→B→C→B→C→D→C→D→E→F의 순서로 이동한 경우를 살펴보자. 이때 사용자의 위치와 해당 정보 사용 빈도를 메타 정보로 관리한다. 이동 시나리오에 해당하는 FMD와 LMD는 [그림 2]와 같다.

FMD (Frequency Meta Data)		LMD (Location Meta Data)	
정보이름	접근정보	정보이름	위치 값
A	2001.8.05 8 : 30	A	(16.5, 33)
B	2001.8.05 19 : 30	B	(-11.5, 33)
	2001.8.06 19 : 30	C	(-11.5, -11.5)
C	2001.8.06 08 : 30	D	(23.5, -5.3)
	2001. 8.07 11 : 50	E	(23.5, 5)
	2001. 8.08 10 : 20	F	(23.5, 5.3)
	2001. 8.08 20 : 10		
D	2001.8.07 20 : 30		
	2001.8.08 14 : 00		
	2001.8.09 09 : 10		
E	2001.8.10 10 : 00		
F	2001.8.10 15 : 40		

[그림 2] FMD와 LMD

메타 데이터 FMD는 {정보 id, 접근 정보}로 구성되어 있다. 정보 id와 접근 정보는 각각 정보이름과 접근 시간을 의미한다. LMD는 이동 사용자의 움직임 경로에 대한 위치를 2차원적인 좌표값으로 기억시킴으로써 특정 위치에서 거리를 측정하는데 이용된다.

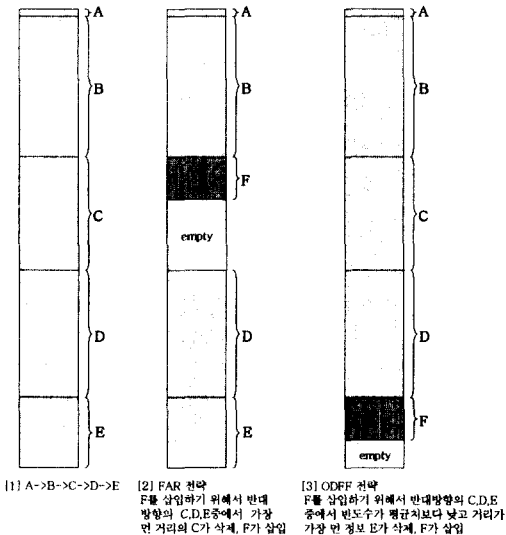
유효정보에 대한 특정 주기를 정함으로서 FMD를 관리하는 프로세스는 주어진 주기마다 캐쉬에 저장된 사용 정보의 빈도수를 0으로 세트한다. 만약 누적된 빈도수를

일정한 주기마다 0으로 세트하지 않는다면 예전에는 자주 사용된 중요한 정보였지만 사용자의 상황변화에 따라 이 정보를 거의 사용하지 않을 상황으로 바뀌었을 경우에는 캐쉬를 관리하는 방법에 있어서 매우 불합리적이다.

4.2 캐쉬 대체 알고리즘

4.1에서 정의된 메타 데이터와 이동 시나리오를 기반으로 ODFF에 대해 자세히 기술한다. 단말의 캐쉬 용량은 A, B, C, D, E 만을 저장할 수 있다. 따라서 정보 F를 기억장치에 저장하기 위해서는 이미 캐쉬에 있는 정보를 삭제하고 F를 삽입해야만 한다. 여기에서 B→C→B→C의 경우는 캐쉬에 있는 정보를 재사용하기 때문에 참조한 정보의 빈도수만 증가할 뿐 캐쉬 용량에는 영향을 주지 않는다. D→C→D→C→D의 정보 이용 또한 마찬가지이다. 따라서 F를 캐쉬에 삽입하고자 한다면 대체 정보로는 ODFF전략에 따라서 E를 선택하여 삭제하게 된다.

FAR에서는 무조건 F의 위치에서 반대 방향인 가장 먼 거리의 정보 C를 선택하여 삭제하였다. 하지만 C는 사용 빈도가 높기 때문에 가까운 기간에 다시 사용될 가능성이 매우 높다. 따라서 정보의 상대적 거리와 더불어 활용 빈도를 캐쉬 대체 전략에 적용함이 타당하다.



[그림 3] 캐쉬 메모리의 정보

ODFF는 이동 정보의 사용 빈도를 고려하여 캐쉬에서 삭제하고자하는 정보를 선택하게 된다. 즉, FMD의 전체 정보 id 수와 정보에 대한 접근 횟수를 통해 평균 빈도수를 획득한다. 또한 LMD를 통해 사용자의 현재 위치에서 반대 방향에 있는 정보들 중에서 빈도수가 평균 이하인 정보를 선택한다. 마지막으로 평균이하의 빈도수를 가진 정보들 중에서 가장 먼 거리에 있는 정보를 희생 정보로 선택한다. [그림 3]은 FAR와 ODFF를 적용한 캐쉬 메모리의 결과이다. 전체 처리 절차는 아래 [그림 4]

에서 기술하는 알고리즘 ODFF(C, M)를 통해 보여준다. 여기에서 C와 M은 각각 캐쉬와 이동 사용자이다.

```

Algorithm ODFF(C,M){
for every segment seg in C{
total_number_of_seg from FMD ;
average_access_frequency from FMD ;

set_OD_information ← set of information
with opposite direction from LMD ;

set_under_aver_freq ← set of under average
_information_access_frequency
from set_OD_information ;

while( set_under_aver_freq != empty ){

victim_temp ← Information with furthest
location from
set_under_aver_freq ;

if (size of victim_temp >= size_new_info)
do cache replacement ;
return (success) ;
}
return ( fail ) ;
}
    
```

[그림 4] ODFF 알고리즘

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 이동 정보서비스에서 고려될 수 있는 상황 중에서 사용자의 위치 변화에 따른 캐쉬 대체 방법인 빈도수를 고려한 사용자의 현재 위치에서 반대 방향의 가장 먼 거리의 정보를 대체하는 ODFF를 제안하였다. 이를 통해 자주 액세스되지 않을 듯한 정보를 추출함으로써 보다 합리적인 캐쉬관리 방법으로 활용되어질 수 있을 것으로 기대한다.

향후 연구과제는 기존의 대체 방법들과 ODFF의 시뮬레이션 및 분석을 통해서 ODFF의 성능 향상에 대한 검증이 필요하다.

6. 참고문헌

- [1] 최인선, 유석대, 오남호, 조기환, "무선 인터넷상에서 정보서비스 기술," 한국정보과학회지, 18 (6), pp. 39-45, 2000
- [2] A. N. Eden, B. W. Joh and T. Mudge, "Web latency reduction via client-side prefetching," *International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software*, 2000, pp. 193-200
- [3] V. N. Persone, V. Grassi, A. Murlupi, "Modeling and Evaluation of Prefetching Polices for Context-Aware Information Services," *Proc. on Mobicom*, 1998, pp. 55-65
- [4] Q. Ren, M. H. Dunham, "Using Semantic Caching to Manage Location Dependent Data in Mobile Computing," *Proc. on Mobicom*, 2000, pp. 210-221.