

이동컴퓨팅 환경에서 사용자의 선호도를 고려한 프리페칭

최 인 선[†] · 조 기 환^{††}

요 약

사용자의 이동성으로 인하여 이동컴퓨팅 환경에서 안정된 서비스 품질(QoS)로 사용자가 원하는 정보를 제공받는데 많은 한계점이 있다. 이동성과 더불어 무선 네트워크의 낮은 대역폭, 높은 전송지연 등의 고유 특성을 부분적으로 보완하기 위해서 유효 데이터의 캐싱 혹은 프리페칭 기법의 적용이 심도 있게 연구되고 있다. 본 논문은 사용자의 선호도(Preference) 즉, 관심도(Interest)와 인기도(Popularity)를 고려한 IP기반 프리페칭 기법을 제안한다. IP기반 프리페칭은 사용자의 선호도를 사용자별 특정 정보에 대한 개인적인 성향을 관심도로, 특정 정보의 일반적인 성향을 인기도로 분리, 적용함으로써 프리페칭의 유효성을 높인다. 제안된 방법은 기존의 방법들보다 높은 정보의 활용률과 정보검색 실패율을 최소화시키는 성능을 보이고 있다.

키워드 : 선호도, 프리페칭, 이동정보서비스

Prefetching Methods with User's Preference in Mobile Computing Environment

Choi, In-Seon[†] · Cho, Gi-Hwan^{††}

ABSTRACT

Mobile computing environment is known to be quite difficult to provide user with a stable QoS(Quality of Service) due to its mobility nature. In order to protect the inherent characteristics of wireless network such as low bandwidth and high transmission delay along with the user's mobility, many works are conducted to apply caching and prefetching methods. This paper presents a novel prefetching technique which is based on user's preference, that is, interest and popularity. It tries to improve the effectiveness of prefetching by separating and applying the interest with personal tendency of a given information, and the popularity with general tendency of the information. The proposed scheme shown relatively superior performance in terms of the utilization ratio of prefetched information and the failure ratio of information retrieval than the existing methods.

Key Words : Preference, Prefetching, Mobile Information Service

1. 서 론

무선 통신 기술의 발전과 이동 가능한 통신 기기의 대중화로 인하여 이동 사용자는 시간과 장소에 관계없이 자신에게 유용한 정보를 요구하는 데이터 통신 즉, 이동 컴퓨팅 환경에서의 정보요구가 일반화되고 있다. 더군다나 음성 서비스는 물론이고 데이터 서비스나 다양한 비디오 서비스와 같은 빠른 서비스를 용이하게 할 수 있는 멀티미디어 이동 통신환경이 요구되고 있다.

이동 통신의 정보서비스는 급변하는 정보통신 산업과 인터넷 사용인구의 증가에 따라 컴퓨팅 환경이 유선 인터넷

서비스에서 무선 인터넷 서비스로 전환되는 과정에서 기술적 의의를 찾는다. 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 문제점을 가지고 있다[1, 2]. 즉, 이동 정보서비스는 이동에 따른 빠른 상황인식 변환을 요구하기 때문에 이동 사용자는 새로운 위치로 이동했을 때 정보를 새로이 알아야 하며, 그에 따른 지연시간이 필요하게 된다[3-5].

그러나 이동 통신환경의 고유 특성으로 인한 낮은 대역폭, 높은 지연과 과부하 트래픽 그리고 잦은 연결의 재설정 등은 이동 사용자에게 커다란 장애요소로 남아 있다. 많은 통신 비용추가라는 단점을 감안한다면 대역폭을 증가시키는 방법을 제시할 수도 있겠지만 장기적인 해결책은 대역폭을

* 이 연구에 참여한 연구자는 2단계 BK21사업의 지원비를 받았다

† 준 회 원 : 전북대학교 대학원 컴퓨터통계정보 수료

†† 정 회 원 : 전북대학교 전자정보공학부 부교수

논문접수 : 2006년 3월 15일, 심사완료 : 2006년 8월 17일

증가시키는 것이 아니라 이미 존재하는 대역폭을 최대한 활용하는 데서 찾아야 한다.

이에 대한 방안으로, 물리적으로 대역폭을 확장하는 방법과 논리적인 방법인 프리페칭을 고려해 볼 수 있다. 즉, 미리 가져온 정보를 사용한다는 기본 개념을 가지고 무선 통신 특성을 수용 획득할 수 있다. 하지만 미래에 참조될 것으로 예상되는 데이터들을 프리페칭 한다는 것은 많은 양의 메모리와 처리시간을 필요로 하는 단점을 가지고 있다 [6][7][8]. 사용자의 이동속도와 이동 방향을 적용한 속도기반의 프리페칭[1]과 사용자의 이동패턴에 따른 특정장소의 방문횟수를 프리페칭 영역 설정에 적용시킴으로써 프리페칭의 단점들을 보완하고 있다[2].

본 논문은 이동정보서비스 환경에서 임의의 시점에 이동 단말의 특징적인 속성을 고려함으로써 QoS를 보장하기 위한 IP 기반 프리페칭 기법을 제안한다. 즉, 이동 사용자가 과거에 방문한 장소의 빈도수와 이동 사용자마다 특정장소에 머무는 시간 그리고 일반적인 사용자들의 특정장소에 대한 선호도 즉, 개인적 성향의 관심도와 일반적 성향의 인기도를 고려하여 프리페칭 영역을 설정하는 방법을 보인다. 이러한 선호도의 고려는 임의의 정보에 대한 사용자의 관심도가 높고 낮음을 구별할 수 있기 때문에 원하는 정보를 더 빨리 전송받을 수 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이동정보서비스를 할 수 있는 방법중에서 프리페칭에 관련된 기존 관련연구를 살펴본다. 3장에서는 프리페칭을 위한 이동환경과 사용자 선호도를 고려한 IP 기반 프리페칭 기법을 제안한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해서 제안한 기법과 기존의 기법들과 성능을 비교 분석한다. 마지막으로 5장에서는 제시한 프리페칭기법을 정리하고 결론을 제시한다.

2. 관련 연구

이동 사용자가 고정네트워크에 연결된 기지국 영역 내에서 또 다른 영역으로 이동하는 동안 이동정보서비스에 소요되는 지연 현상은 이동변경 인지시간과 정보획득시간으로 구분된다. 이동 사용자에게 유효한 정보서비스 시간을 충분히 확보해 주기 위해서는 정보획득시간을 가능한 최소화시켜야 한다[1,3].

또한 이동 통신환경에서 정보를 서비스 받는 사용자들은 자연스러운 정보획득을 원하고 있다. 어떠한 지연요소도 적용되지 않는 현재 상황에 적합한 정보를 필요로 하고 있다. 따라서 이러한 이동정보서비스를 얻기 위해서는 몇 가지 고려해야 할 요구사항이 있는데, 그 중의 하나가 정보의 활용률을 높이는 것이다. 이동 사용자는 정보의 활용률을 높이기 위해서 간명하고 효율적인 해결책의 필요성이 요구된다. 즉, 해당되는 모든 정보를 무조건 다운받는 것이 아니라 접근빈율이 높은 정보를 선택하는 것이다. 이렇게 함으로써 통신 비용절감은 물론 유연한 정보검색을 실행할 수 있게 된다.

프리페칭 기법은 이러한 요구사항을 만족시켜주는 방법 중의 하나이다. 프리페칭의 목적이 네트워크 왕복을 최대한 줄이고, 이동 서버측의 업무처리를 최소화하는 것이 목적인 만큼, 이것이 적용된 통신망 내에서는 빠른 응답시간과 지연시간 감소로 로컬영역 및 글로벌 영역에서의 높은 업무 효율을 기대할 수 있다. 지연시간 감소는 로컬영역의 스트리지, 메모리, 네트워크의 통신 트래픽 등의 자원을 절약할 수 있으며, 이동 서버측으로의 데이터 접근 횟수와 처리량을 늘릴 수 있다.

하지만 통신 트래픽 소모량과 서버측의 정보 이용 부담을 감소시키기 위해 적용한 프리페칭 방법은 프리페칭된 정보를 사용자가 요청하지 않을 경우 자원의 낭비를 초래한다. 게다가 이미 포화상태에 이른 네트워크의 통신비용에 비추어 볼 때, 실제 원하는 데이터들은 대량의 데이터가 될 수도 있다는 점을 감안하여 보면 프리페칭이 반드시 올바른 것만은 아니다. 특히, 고정된 환경이 아닌 이동 통신환경에서 정보 이용은 이동 사용자의 위치와 방향 그리고 속도를 적용함으로써 시간과 장소에 관계없이 가장 적절한 정보를 획득할 수 있는 방법들이 필요하다[9][10].

프리페칭에 관련된 논문들을 기반으로 하여 프리페칭은 프리페칭될 대상의 선정방법에 따라 위치기반, 속도기반 그리고 빈도수 기반으로 분류할 수 있다.

첫째, 위치기반의 프리페칭은 이동 사용자의 현재 위치를 기준으로 해당 위치에서 필요로 하는 의미 있는 정보를 선택하는 방법으로, 이동방향이 다르고 사용자로부터 가장 멀리 떨어져 있는 정보를 가장 먼저 무의미한 정보로 대체시키는 접근방법[5]과 이동 사용자가 요구한 정보를 획득하기 위한 프리페칭 영역을 알아내기 위해서 미리 정의된 경로 정보를 사용하는 방법이 있다. 전자의 경우, 속도와 같은 이동속성을 포함하고 있지는 않다. 후자의 경우, 사용자 입장에서 지연을 최소화하고 요구된 정보를 빨리 얻을 수 있다는 장점이 있지만 여행정보에 필요한 전체적인 위치정보가 필요하기 때문에 목적지까지의 위치 정보를 이동 중에 알아내야 하는 단점이 있다[6].

둘째, 속도기반의 프리페칭은 이동사용자의 속도와 방향을 적용한 속도기반의 프리페칭으로, 속도와 방향은 이동패턴에 있어서 중요한 요소이다. 속도는 사용자의 위치 변화를 알려주고, 프리페칭 영역의 크기를 결정한다. 하지만 사용자가 현재 영역의 테두리를 벗어날 때마다 새로운 프리페칭 영역을 계산해야하는 문제가 있다[1].

셋째, 빈도수기반의 프리페칭은 이동사용자의 과거 일정 기간 동안의 특정지역에 대한 방문횟수를 분석한 후 이를 바탕으로 미래에 참조될 것으로 예측되는 정보들을 프리페칭한 것으로 속도기반의 빈도수를 적용한 것이기 때문에 속도기반의 프리페칭 방법과 비교했을 때, 프리페칭된 정보의 활용률이 높게 측정되었다. 하지만 과거 참조 정보를 이용한 예측이어서 그 자체에 한계를 가지고 있다. 또한 프리페칭되는 정보는 막연한 정보이기 때문에 신축성이 부족하다. 즉, 상황에 따라서 개인적인 성향이 있는 정보를 프리

페칭 할 것인지 혹은 일반적인 성향이 있는 정보를 프리페칭해야 할 것인지를 판단하지 못함으로써 지연을 초래하게 된다[11].

따라서 실질적인 프리페칭 영역설정을 함에 있어서 프리페칭될 정보에 대한 모호한 구분의 단점을 보완할 목적으로 본 논문에서는 정보에 대한 사용자의 선호도를 관심도와 인기도로 분리한 접근을 적용한다.

3. 사용자의 선호도를 적용한 프리페칭

위치, 속도, 방향과 같은 사용자의 이동 패턴과 이동 사용자의 프로파일(Profile)을 통해서 얻을 수 있는 관심도, 인기도와 같은 선호도를 고려하여 프리페칭 기법을 제안한다.

3.1 이동정보서비스 환경

IP 기반 프리페칭의 이동 환경 구조는 (그림 1)과 같다. 이동 사용자가 현재 위치에서 유효한 정보를 구한다고 가정했을 때, 정보 획득의 단계는 (1)~(6)과 같이 이루어진다. 즉, 이동 사용자가 요구한 정보는 이동 단말기에서 기지국을 통하여 이동 서버에 연결된다. 이동 서버는 이전에 남기고 간 데이터베이스에 저장되어 있는 사용자 정보를 이용하여 필요한 데이터를 수집하고 이동 사용자에게 데이터를 전송한다. 데이터베이스에서는 사용자들의 개인정보는 물론, 관심도와 인기도에 관련된 정보가 갱신되고 유지된다. 이러한 환경에서 프리페칭을 적용한다면, VPA(Virtual Prefetching Area)와 APA(Actual Prefetching Area)를 이용하여 이를 (A)단계에 적용시킨다. 이렇게 함으로써 필요한 정보를 미리 가져올 수 있도록 한다.

이때 VPA는 참고문헌[1]에서 제안한 속도기반의 프리페칭에 의해 구해진 가상적 프리페칭 영역이다. 이를 기반으로 누적된 빈도수를 적용시킨다. 또한 확장성 있는 IP 기반 프리페칭을 위해 이동 사용자 이동패턴은 다음과 같이 가정을 하였다. 첫째, 사용자는 이동환경에서 자신의 관심이 있는 장소를 반복적으로 방문한다. 둘째, 많은 사용자가 방문하는 곳은 다시 한 번 방문될 확률이 높다.

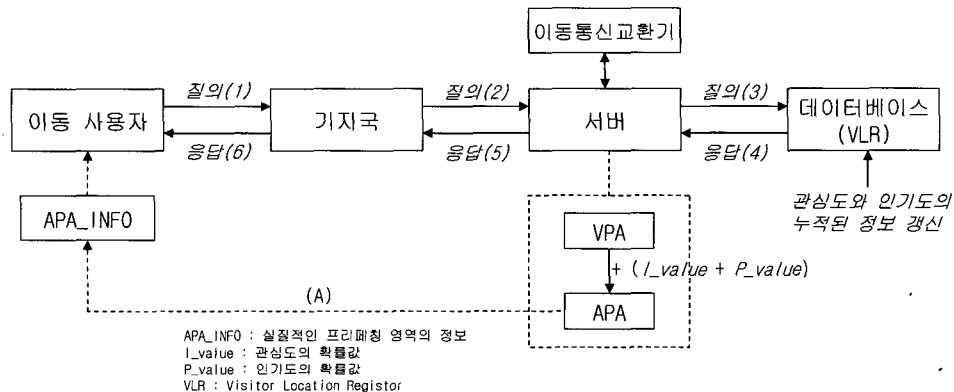
이와 같이 사용자의 행동모델을 가정하였을 경우 여기에서 사용자의 지역적 관계를 나타내는 값이 존재한다. 사용자가 같은 곳을 반복 방문할 경우에는 사용자의 선호 정도가 고려되어야 하고, 다른 사용자에 의한 인기 지역이 있으므로 우리는 프리페칭 기법에 관심도뿐만 아니라 인기도에 대한 변수도 반영한다. 이때 사용자의 관심도와 인기도는 지역 속성 값과 독립이다. 이렇게 함으로써 특정 영역에 대한 관심도와 인기도를 적용함으로써 실질적인 프리페칭 영역의 APA가 얻어진다.

3.2 데이터 선호도

사용자는 여러 정보들 중에서 관심 있는 정보가 있으며 이를 다른 정보들보다 더 빨리 전송 받기를 원한다. 예를 들어, 어떤 사용자는 락음악이 있는 도심지의 커피숍에서 커피를 마시고 싶어 하고, 어떤 사용자는 분위기 있는 시골의 조용한 찻집에서 전통차를 마시고 싶어 한다. 이렇듯, 젊은 사용자들이라면 일반적으로 화려한 도심지를 선호하겠지만, 건강을 챙겨야 하는 나이가 든 사용자들은 공기 좋은 전원을 선호할 것이다. 이와 같이, 사용자에 따라서 어떤 정보에 대한 관심도의 높고 낮음을 구별할 수 있다. 이를 프리페칭 대상을 선정하는 기본 전략으로 사용한다.

임의의 정보에 대한 사용자 관심도의 높고 낮음을 구별하는 것은 가능하다. 또한, 정보에 대한 인기도의 높고 낮음을 구별하는 것도 가능하다. 높은 인기도를 가진 정보란, 이 정보가 많은 사용자에 의해서 접근되었다는 것을 의미한다. 즉, 대부분의 사용자가 이 정보에 관심이 있다는 것을 의미한다. 반면에 관심도가 높다는 것은 사용자가 각 정보에 대해서 어느 정도의 관심을 보였는지를 나타낸 것으로 각각의 정보에 얼마나 많이 접근했는가를 의미한다. 정보에 대한 사용자의 관심도는 사용자 각 개인마다 설정된다.

선호도는 인기도와 관심도를 모두 포함한 의미로 사용되며, 사용자의 특성과 상황에 따라서 개인적인 관심과 일반적인 관심을 구분한 선호도는 사용자가 원하는 정보제공에 좀 더 가깝게 다가설 수 있을 것이다. 선호도에 대한 사용자의 관심도와 인기도의 구분은 사용자의 정보가 서버에 일정한 정도 누적되었다고 가정한 상태에서 분리된다. 관심도



(그림 1) IP 기반 프리페칭의 이동정보서비스 환경 구성도

와 인기도의 적용범위는 다음과 같다.

- 관심도 : 이동 사용자가 이용하는 정보나 이동범위가 한정되어 있을 때
 예) 일정한 정도의 고정된 범위 안에서 반복되는 사업상의 여행을 하고 있을 때
- 인기도 : 이동 사용자의 개인적인 정보가 전혀 없을 때
 예) 초행길인 지역에서 단순히 휴식 목적의 여행을 하고 있을 때

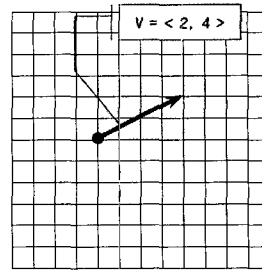
이동 사용자가 주어진 위치영역과 이동속도를 가지고 어떤 공간상에서 일정시간 이상의 이동을 반복한다면 규칙적인 이동패턴이 생성될 것이다. 모든 셀 영역들은 일정한 이동패턴에 따라 빈도수가 임의의 수만큼 누적되어 있다고 가정한다. 사용자의 정보에 대한 관심도와 인기도는 미리 정의 될 수도 있고, 응용 프로그램의 실행 도중 결정될 수도 있다. 예를 들어, 특정 쇼핑몰에서 사용자는 각자 자신의 관심분야가 있다. 어떤 사용자는 아동복을 구입하려하고, 어떤 사용자는 숙녀복 패장을 둘러보고 싶어한다. 이러한 관심도가 사용자마다 다르고 시간에 따라 변하기 때문이다. <표 1>은 제안하는 프리페칭 방법론의 효율성에 대한 비교분석과정의 투명성을 위해서 각각의 셀에 대한 사용자의 관심도와 인기도를 누적시켜 표현한 예를 보이고 있다. 누적된 서버의 정보를 바탕으로 순위가 높은 정보를 프리페칭하게 된다.

<표 1> 관심도와 인기도의 누적된 정보 예

서버 셀	선호도					
	인기도	관심도				
		사용자 ₁	사용자 ₂	...	사용자 _{n-1}	사용자 _n
셀 ₁	11	20	4	...	19	2
셀 ₂	15	11	30	...	5	9
:	:	:	:	:	:	:
셀 _{n-1}	20	5	1	...	27	22
셀 _n	14	8	17	...	13	13

3.3 이동 지역성 모델

(그림 2)는 참고문헌[3]에서 이용한 이동 사용자들의 지역성을 적용한 프리페칭 기법들이다. (그림 2(a))는 속도기반의 프리페칭기법의 예를 보여주고 있다. 음영부분은 프리페칭될 영역으로, 이는 이동속도 V 를 이용해서 결정되어진다. 구체적인 계산식은 식(1)으로 얻어진다. (그림 2(b))는 빈도수기반의 프리페칭기법으로, 이동 사용자들은 일반적으로 관심 있는 지역을 또 다시 방문하고 싶어한다. 이것은 이동 사용자들의 특정지역에 대한 방문 빈도수에 따라 관심도가 많고 적음을 의미한다.



(a) 속도 기반

0	0	1	3	2	2	0	0	4	4	7	5
0	0	1	2	2	0	0	2	5	7	7	4
0	1	3	1	0	2	2	5	7	5	5	3
0	1	3	5	1	3	5	7	8	5	5	3
0	1	5	5	3	5	7	7	5	3	3	2
0	0	5	7	7	7	7	3	3	3	3	2
1	0	5	7	4	5	5	5	3	3	3	2
1	2	3	5	4	4	5	5	3	2	2	2
1	2	3	7	4	4	5	5	4	3	2	2
1	1	3	7	3	3	3	0	0	0	0	0
2	2	5	7	3	3	2	2	2	1	1	1
2	2	4	7	3	3	2	2	2	1	1	1

(b) 빈도수 기반

(그림 2) 지역성을 적용한 프리페칭 기법들

아래 식은 사용자의 이동패턴을 이용하여 프리페칭 영역을 설정한 식으로, 식(1)은 속도기반의 프리페칭 영역을 나타내고, 식(2)는 속도기반의 프리페칭 영역 중에서 일정한 수치 이상의 빈도수를 가진 영역을 프리페칭하기 위한 임계값을 나타낸다. 이 임계값을 이용해서 식(3)과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$V_{area} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} * (|V_x| + |V_y|) / 2 \tag{1}$$

$$PT = \left(\frac{1}{N} \sum_{i \in V_{area}} rc(i) \cdot f(i) \right) \cdot rcw \tag{2}$$

$$V_{area} \leftarrow V_{area} \text{ 중에서 } PT \text{ 이상의 영역을 선택} \tag{3}$$

- V_x, V_y : 사용자의 이동속도
- PT : Prefetching Threshold
- V_{area} : 속도기반의 프리페칭 영역
- V_{area} : PT 를 적용한 속도기반의 프리페칭 영역
- N : 전체 셀의 수
- rc : 특정 셀의 참조 횟수
- f : 빈도수
- rcw : 참조 빈도수의 임계치 가중치[0,1]

위에서 언급한 내용은 오직 한 사람의 이동 사용자의 이동패턴을 이용해서 이동 사용자가 주로 많이 방문한 장소에 대한 빈도수만을 고려하였다. 즉, 현재 이동 사용자의 위치에서 빈도수가 높은 장소에 포함되는 정보서비스를 할 수 있도록 프리페칭의 적용 범위를 한정시켰다. 이는 이동 사용자가 원하지 않는 불필요한 정보를 무조건 가져와야 하는 단점을 상당히 해결하였다. 하지만 단일 이동사용자(single-mobile user)에 대한 이동패턴만을 고려하였기 때문에 너무 개인적인 성향에 치우칠 우려가 크다. 따라서 특정 장소에 대한 방문 빈도수를 단일 이동 사용자의 경우와 여러 이동 사용자(multi-mobile user)의 입장에서 고려하였다. 관심도는 특정 셀에 대한 단일 이동 사용자의 접근빈도수를 나타내고, 인기도는 특정 셀에 대해서 얼마나 많은 이동 사용자들이 접근하였는가를 나타내었다. 다음 섹션에서는 위와 같은 사항을 고려한 IP 기반 프리페칭에 대해서 설명한다.

3.4 IP 기반 프리페칭

프리페칭 알고리즘에서 중요한 요소는 프리페칭할 정보를 결정하는 방법인데, 제안된 알고리즘에서는 사용자의 선호도 즉, 관심도와 인기도를 이용하여 프리페칭 대상을 결정하며, 이러한 관심도와 인기도에 대한 척도로서는 사용자의 속도와 특정 셀에 대한 접근 빈도수를 이용한다. 접근 빈도가 높을수록 사용자의 선호도가 높음을 나타낸다.

따라서, 프리페칭을 하기 위한 이동환경과 임의의 지역에 대한 이동 사용자들의 접근 빈도수를 관심도와 인기도로 나누어 각각 확률 값으로 나타낸다. 관심도와 인기는 사용자마다 다르고 시간에 따라 변한다. 하지만, 일정 시간의 개인사용자에 대해서는 관심도가 높은 정보를 구별해 낼 수 있고 높은 관심도가 있는 정보의 집합으로 수렴될 수 있다. 따라서 이동 중인 사용자_i가 위치 X에서 위치 Y로 이동한다고 가정했을 때, 인기도와 관심도를 반영하는 프리페칭 IP_i는 [식 4]와 같으며, 이것은 프리페칭해야할 대상을 결정하는데 이용한다.

$$IP_i = V_i + user_pref(X, Y)_i \tag{4}$$

$$user_pref(X, Y)_i = \alpha \cdot I(X, Y)_i + (1-\alpha) \cdot P(X, Y)_i \tag{5}$$

[식 5]에서 I(X, Y)와 P(X, Y)는 각각 관심도에 대한 빈도수와 인기도에 대한 빈도수를 확률 값으로 나타낸 것이다. α는 관심도와 인기도중 어느 쪽이 우선순위에 더 기여하는지를 결정하기 위한 값으로 이용된다. α값을 결정하는 것은 위의 식에서 주어진 객체의 관심도 값과 인기도 값 사이의 상호관계에 연관이 있다. 인기도 값은 사용자의 관심도가 서버에 충분히 반영이 되지 않았을 경우에 주어진 정보의 우선순위를 결정하는데 쓰인다. 이는 사용자의 관심도를 정보의 인기도에서 추측하는 것은 사용자의 정보에 대한 접근 패턴을 간접적으로 반영하는 것이기 때문이다. 하지만 정보 서비스를 하기 위한 충분한 정보가 서버에 누적되어 있지 않다면 α의 값에 큰 영향을 받지 못할 것이다.

인기도가 관심도보다 더 우선순위를 가지게 되는 경우는 두 가지 경우가 있다. 첫 번째는 사용자가 특정 지역에 처음 들어왔을 때이고, 두 번째는 사용자가 새롭게 업데이트된 지역을 여행하고 있을 때이다. 하지만 두 가지의 경우에는 사용자의 선호도를 알아내기 위한 경험적 데이터가 부족하므로, 인기도를 이용해서 사용자의 관심도를 가정한다. 또한, I(X, Y)와 P(X, Y)에 대한 사용자들의 접근이 골고루 접근되는 것이 아니라 관심도와 인기도에 따라 접근하는 경향이 있으므로, 특정 영역의 관심도와 인기도를 나타내기 위하여 Zipf 분포를 이용하여 구한다.

여기서 APA는 기존의 빈도수만을 고려하여 얻어진 프리페칭 영역과 비교했을 때 정보획득의 유연성은 물론 메모리 활용의 효율성 향상과 정보검색 실패율을 감소시킬 수 있다. (그림 3)은 IP 프리페칭 알고리즘으로 사용자의 이동패턴을 이용한 누적된 정보를 이용한다고 가정한다. 주어진 정보로부터 사용자의 이동속도를 적용해서 가상의 프리페칭

```

알고리즘 IP 프리페칭
Begin
/* 단계1. 초기화 */
사용자의 이동영역 좌표 할당;
관심도와 인기도의 우선순위를 결정하기 위한 α값 할당;

/* 단계2. 빈도수 누적 */
관심도와 인기도를 30일 동안 누적시킴;

/* 단계3. IP 프리페칭 */
While(이동좌표(x,y) ≠ 마지막좌표(x',y'))
    누적된 정보로부터 값을 획득;

    /* 가상의 프리페칭 영역 설정 */
     $V_{area} = |\sqrt{V_x^2 + V_y^2}| * (|V_x| + |V_y|) / 2;$ 
     $PT = \left( \frac{1}{N_i} \sum_{i \in V_{area}} rc(i) \cdot f(i) \right) \cdot rcw;$ 
     $V_{area} \leftarrow V_{area}$  중에서 PT이상의 영역을 선택;

    /* 실질적인 프리페칭 영역 설정 */
     $user\_pref(X, Y)_i = \alpha \cdot I(X, Y)_i + (1-\alpha) \cdot P(X, Y)_i;$ 
     $IP_i = V_i + user\_pref(X, Y)_i;$ 

End while
End
    
```

(그림 3) IP 프리페칭 알고리즘

영역을 먼저 설정한 후, 사용자의 선호도를 고려하여 실질적인 프리페칭 영역설정을 한다.

(그림 3)과 같이 제안한 IP 프리페칭 알고리즘에 따라 프리페칭할 추천 대상의 정보를 선정해서 이동 사용자에게 보낸다. 이동 사용자가 정보 a1을 요청했을 경우, 요구한 정보가 프리페칭된 정보에 있는가를 판단해서, 정보가 있으면 프리페칭 카운트(prefetching-count)를 발생시켜 증가시킨다. a1의 정보가 프리페칭된 정보에 없을 때에는 서버에 요청하도록 한다. 이동 중인 사용자는 자신이 프리페칭 영역에 있는지를 판단해야만 한다. 만약 프리페칭 영역을 벗어날 경우에는 자신의 캐시 정보를 바탕으로 사용자 정보를 서버에게 보낸다. 이때, 서버는 이동 사용자가 보낸 사용자 정보를 이용하여 정보를 갱신하고 유지한다. 또한 누적된 프리페칭 카운트를 이용해서 프리페칭된 정보의 이용률을 구한다.

4. 성능평가

3장에서는 공간 지역성의 빈도수를 선호도인 관심도와 인기도의 확률 값으로 나타내었다. 제시한 프리페칭 방법의 효율성을 분석하기 위하여 전형적인 단말의 이동 시나리오를 제시하였다. 그리고 시뮬레이션을 이용하여 비교 분석을

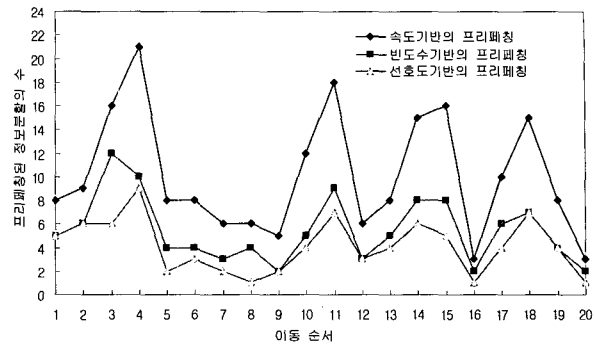
수행하였다. 비교 분석은 주어진 이동 시나리오에서 사용자의 정보요구에 의해 사용되는 메모리 활용률의 관점에서 이루어졌다. 프리페칭된 정보활용률은 속도기반의 프리페칭과 빈도수를 적용한 프리페칭 방법 그리고 선호도를 고려한 프리페칭의 경우를 비교 대상으로 한다. 또한 이탈율에 대해서도 비교 분석한다. 제안된 프리페칭 방법의 성능을 분석하기 위하여 시뮬레이션 제작 도구인 CSIM 시뮬레이터[12]와 C언어를 이용하여 구현하였다.

4.1 이동 사용자 이동 모델

속도기반의 빈도수, 관심도와 인기도를 고려한 사용자 이동모델에서 이동 사용자는 일정한 시간간격 동안 일정한 속도와 방향을 가지고 2차원 공간으로 구성된 이동 가능한 위치영역 내에서 이동한다. 시뮬레이션의 과정 동안 이동 사용자는 좌표(5, 6)의 위치 영역을 시작점으로 설정한다. 시작점을 기점으로 (9, 7)→(12, 6)→(16, 8)→(22, 7)→(20, 10)→(16, 12)→(14, 14)→(12, 13)→(13, 18)→(17, 20)→(22, 18)→(20, 21)→(16, 22)→(11, 20)→(7, 23)→(5, 22)→(6, 17)→(4, 12)→(5, 8) 순으로, 미리 주어진 좌표 값에 따라 다음 목적지의 위치영역까지 이동하는 과정을 20번 반복하는 것으로 하여 속도기반의 가상적인 프리페칭 영역을 설정하도록 하였다. 특히, 사용자의 이탈율을 제어하기 위해서 D0(5, 6)을 시작점으로 하여 D1(22, 7), D2(12, 17), D3(22, 18), D4(5, 23), D5(5, 6)를 순서대로 꼭 경유하도록 제한하였다. D0부터 D5까지 경유된 셀은 모두 106셀이다. 또한 가상적인 프리페칭 영역은 이동사용자의 현재 위치에서의 특정 속도를 가정하여 프리페칭 영역을 설정하는 것으로 하였다 (그림 3 참조). 또한 논문에서 제안하는 프리페칭 방법론의 효율성에 대한 비교분석과정의 투명성을 위해서 이동 사용자의 30일 동안의 경로 추적을 통하여 임의의 영역에 대한 관심도와 인기도 누적시켜 비율로 표현하였다(그림 2 참조).

4.2 분석 결과

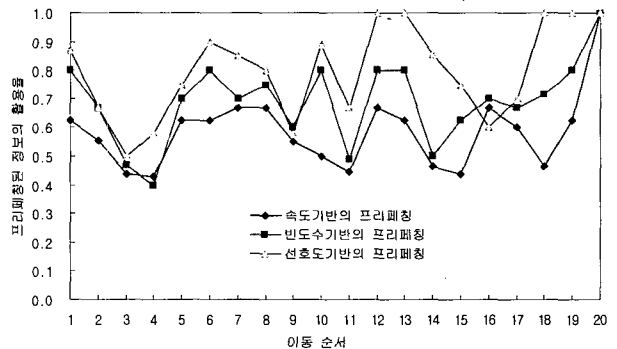
먼저 시뮬레이션 단말 이동 시나리오에서 제시한 이동순서를 기준으로 이동 단말에 적재되는 정보분할의 수를 비교함으로써 제안된 프리페칭 전략의 유효성을 검토하였다. 편의상 본 시뮬레이션의 이동 시나리오에서는 이동순서에 따른 단말이 특정 속도를 가진다고 가정 한다. 이때 특정 속도에 따른 프리페칭 영역설정에는 201개의 정보분할을 프리페칭하고 이동시마다 평균 10.05개의 정보분할을 프리페칭하는 것으로 산출되었다. 그리고 빈도수를 적용한 프리페칭 전략은 속도기반 이동모델을 근거로한다. 그리고 사용자의 방문 빈도수를 활용하여 빈도수가 높은 영역을 적용함으로써 프리페칭되는 정보분할의 수를 줄 일 수 있게 되었다. (그림 5)에서 보이는 바와 같이 속도기반의 프리페칭 전략과 비교하여 프리페칭 되는 정보분할의 수는 많이 줄어들었음을 볼 수 있었다. 사용자의 이동에 따라 전체 109개의 정보분할을 프리페칭하고 있으며 이동시마다 평균 5.45개의 정보분할을 프리페칭하는 것으로 산출되었다.



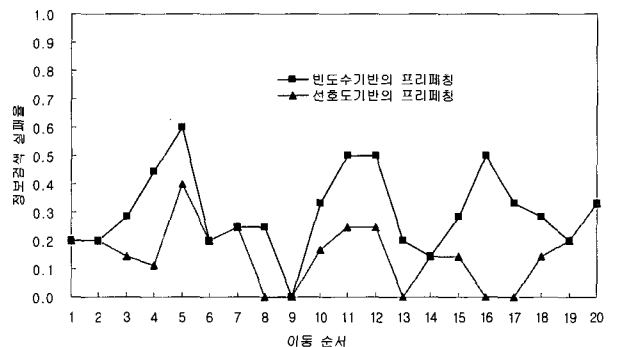
(그림 5) 단말에 프리페칭되는 정보분할의 수

이에 반하여, IP 기반 프리페칭 전략은 (그림 5)에서 보는 바와 같이 빈도수를 적용한 프리페칭 전략과 비교하였을 때 프리페칭되는 정보분할의 수가 많이 줄어들었음을 볼 수 있었다. 사용자의 이동에 따라 전체 82개의 정보분할을 프리페칭하고 있으며 이동시마다 평균 4.1개의 정보분할을 프리페칭하는 것으로 산출되었다. 즉 사용자의 이동 경로 상에 위치한 활용 가능성이 높은 정보분할만을 프리페칭 함으로써 빈도수기반의 프리페칭에 비해서 약 32%의 성능향상을 보이고 있다.

(그림 6)은 최종 사용자에게 제공되는 프리페칭 된 정보 활용률을 속도기반의 프리페칭 경우와 빈도수를 적용한 프리페칭 전략을 적용한 경우 그리고 IP 기반 프리페칭 전략을 대상으로 한 시뮬레이션 결과이다. 주어진 이동 시나리오



(그림 6) 프리페칭된 정보 활용률



(그림 7) 정보검색 실패율

오를 종료한 후에 속도기반의 프리페칭 경우와 빈도수를 적용한 프리페칭 전략의 경우에는 각각 전체 평균 58%와 69%의 정보 활용률을 나타내었다. 반면에 제안한 IP 기반 프리페칭에서는 주어진 사용자 이동시나리오에 따라 전체 평균 80%의 정보 활용률을 산출하였다. 이는 속도기반의 프리페칭 전략과 빈도수를 적용한 프리페칭 전략을 적용한 결과에 비해 각각 약 22%와 11%의 성능향상을 보였다.

이상에서는 프리페칭 정보분할의 수와 프리페칭된 정보 활용률의 성능향상 된 산출결과를 보였다. 이는 이동정보서비스의 현재 상황을 인식하기 위한 서비스 방법론에 매우 중요한 요소로 인식된다. 이러한 장점들에도 불구하고 정보검색 실패율이라는 취약점을 간과할 수는 없다. 따라서 본 논문에서는 사용자의 선호도와 모든 사람들의 인기도를 고려해서 좀더 유연성 있는 전략이 될 수 있도록 하였다. 시뮬레이션은 위에서 사용한 동일한 사용자 이동 시나리오를 적용하였다. 본 논문에서 제시한 방법론은 (그림 7)과 같이 약 16%의 정보검색 실패율을 보여 빈도수를 적용한 프리페칭 전략의 정보검색 실패율의 31.1%보다 약 15%의 성능 향상을 보였다.

제안한 프리페칭방법의 목적은 프리페칭을 적용함으로써 최종 사용자에게 빠르고 정확한 정보서비스를 제공하기 위한 것이다. 그러나 이러한 목적을 위해서는 Computation과 메모리의 희생은 수반한다. 따라서 프리페칭을 하기위한 오버헤드를 컴퓨팅 오버헤드와 메모리 자원 오버헤드로 나누어 정리해보면 다음과 같다.

첫째, 프리페칭을 하는데 필요한 시간은 질의시간, 서버에서 프리페칭될 대상을 선정하는 시간 그리고 단말기로 전송하는 시간으로 구분할 수 있다. 질의시간은 사용자가 프리페칭을 할 것인지를 결정하는 시간을 오버헤드로 가지며, 서버에서는 누적된 정보 중에서 프리페칭될 대상을 선정하는데 필요한 시간을 오버헤드로 가진다. 이 중에서 오버헤드에 가장 영향을 많이 주는 것은 서버에서 프리페칭될 대상을 선정하는 시간이다. 둘째, 메모리 자원의 오버헤드는 서버와 단말기 입장에서 구분할 수 있다. 서버의 경우, 관심도와 인기도를 구분하여 관리할 수 있는 테이블이 필요하고 단말기의 경우, 프리페칭되었으나 활용되지 못한 정보들의 집합 때문에 발생하는 오버헤드로 본 논문에서는 프리페칭된 정보의 활용률과 정보검색 실패율로 비교분석하였다. 하지만 좀 더 정교한 비교 모델을 이용하여 추후 분석할 예정이다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

이동 환경에서 사용자의 이동패턴에 근거한 빈도수를 특정지역에 대한 사용자의 선호도 즉, 인기도와 관심도의 확률값으로 적용시킨 IP 기반 프리페칭 방법을 제안하였다. 이는 기존의 속도 기반의 프리페칭 기법과 빈도수를 적용한 프리페칭 기법을 좀더 향상시킨 방법으로, 프리페칭하여 가져온 정보들을 최대한 이용함으로써 프리페칭된 정보의 활

용률을 높였다.

이동 시나리오를 제시하고 이에 따른 기존의 프리페칭 방법과 향상된 프리페칭 방법의 정보분할의 수와 정보의 활용률에 대해 비교 분석하였다. 또한 프리페칭된 정보의 활용률에 따른 정보검색 실패율을 단말의 이동순서에 따라 분석하였다. 이를 통해 새로 제시한 IP 기반 프리페칭 방법이 이동 환경의 제약사항들을 효과적으로 극복할 수 있음을 알 수 있었다.

소형 이동 단말을 이용하여 보다 많은 유익한 정보를 획득하려는 사용자들의 욕구는 더욱 더 증가추세에 놓여있다. 이러한 사용자들의 욕구 충족을 만족시키기 위해서는 보다 많은 이동 환경에 적응적인 방법론은 필수적이라고 할 수 있다. 따라서 본 연구 결과는 이동정보서비스에서 인지된 통신 전송률 등 다른 상황에 대해 적응성을 향상시키는 노력에 이론적 기반 기술을 제공할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] G.H. Cho, "Using Predictive Prefetching to Improve Location Awareness of Mobile Information Service," Lecture Notes in Computer Science, Vol.2331, pp.1128-1136, 2002.
- [2] I.S. Choi, "Applying Mobility Pattern to Location-aware Mobile Information Services," Master thesis, Chonbuk National Univ., 2003.
- [3] S.M. Park, D.Y. Kim and G.H. Cho, "Improving prediction level of prefetching for location-aware mobile information Service," Future Generation Computer Systems, pp.197-203, 2004.
- [4] V.D.N. Persone, V. Grassi and A. Morlupi, "Modeling and Evaluation of Prefetching Policies for Context-Aware Information Services," Proc. of MobiCom '98, pp.55-65, 1998.
- [5] Q. Ren and M.H. Dunham, "Using Semantic Caching to Manage Location Dependent Data in Mobile Computing," Proc. of MobiCom'00, pp.210-221, 2000.
- [6] T. Ye, H.-A. Jacobsen and R. Katz, "Mobile awareness in a wide area wireless network of info-stations," Proc. of MobiCom'09, pp.109-120, 1998.
- [7] Z. Jiang and L. Kleinrock, "An Adaptive Network Prefetch Scheme," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.16, no.3, pp.1-11, April, 1998.
- [8] S. Gitzenis and N. Bambos, "Power-Controlled Data Prefetching/Caching in Wireless Packet Networks." Proc. of IEEE INFOCOM'02, pp.1405-1414, 2002.
- [9] U. Kubach and K. Rothermel, "Exploiting Location Information for Infostation-Based Hoarding," Proc. of MobiCom'01, pp.15-27, 2001.
- [10] H. Kirchner, B.Mahleko, et.al, "eureauweb: An Architecture for a European Waterways Networked Information System," Proc. of ENTER'04, pp.65-76, 2004.
- [11] I.S. Choi, H.G. Lee and G.H. Cho, "Enhancing of the Prefetchong Prediction for Context-Aware Mobile

Information Services,” Lecture Notes in Computer Science, Vol.3794, pp.1081-1087, 2005.

[12] CSIM18 Simulation Engine, Mesquite Software Inc., 1997.



최인선

e-mail : ischoi@dcs.chonbuk.ac.kr

1999년 호원대학교 전자계산학과(학사)

2003년 전북대학교 대학원 전산통계학과 (이학석사)

2005년 전북대학교 대학원 컴퓨터통계정보 수료

관심분야: 상황인식 정보서비스, 무선인터넷검색, 이동컴퓨팅



조기환

e-mail : ghcho@dcs.chonbuk.ac.kr

1985년 전남대학교 계산통계학과(학사)

1987년 서울대학교 계산통계학과(석사)

1996년 영국 Newcastle 대학교 전산학과 (박사)

1987년~1997년 한국전자통신연구원 선임 연구원

1997년~1999년 목포대학교 컴퓨터학과 전임강사

1999년~현재 전북대학교 전자정보공학부 부교수

관심분야: 이동컴퓨팅, 컴퓨터통신, 무선네트워크 보안, 센서네트워크, 분산처리시스템