

Ad-hoc 모바일 네트워크 환경에서 슈퍼 피어 방식에 기반한 협력적 필터링 추천 시스템

김지훈*, 송진우*, 이광조*, 한정석*, 이주희*, 양성봉*
*연세대학교 컴퓨터과학과

e-mail : {barampow,fantaros,kjlee5435,leohan,happy1024,yang}@cs.yonsei.ac.kr

Recommending Systems based on Collaborative Filtering in Ad-hoc Mobile Network using Super Peers

Ji-Hoon Kim*, Jin-Woo Song*, Kwang-Jo Lee*, Jung-Suk Han*, Ju-Hee Lee*, Sung-Bong Yang*
*Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

최근 모바일 기술의 발달로 모바일 네트워크에서 사용자들이 가지고 있는 정보를 활용하는 P2P 서비스들이 많이 연구되고 있다. 그 중에 협력적 필터링(Collaborative Filtering, CF)을 이용한 추천 서비스는 모바일 네트워크 상의 다른 사용자의 정보를 수집하여 개인화된 추천을 수행한다. 기존에 연구된 CF 추천 시스템에서 메시지 전달을 위해 broadcasting 방식 사용되었다. broadcasting 방식은 각 모바일 기기 주위의 모든 기기로 사용자 정보를 전송함으로써 많은 트래픽을 유발시킨다. 본 논문에서는 슈퍼 피어 방식을 이용하여 메시지 전송 양을 줄여, CF 를 이용한 추천 서비스를 보다 효율적으로 하고, 추천성능을 유지하게 하였다. 실험을 통해 본 논문에서 제시한 방식이 broadcasting 방식의 메시지 양을 53% 감소시켰음을 보였다.

1. 서론

최근 모바일 기술의 발달로 모바일 네트워크상에서 모바일 기기 사용자들 사이의 정보를 원활하게 공유하게끔 하는 현실적이고 사회적인 서비스 개념 역시 많이 연구되고 개발되고 있다. 나아가 단순히 정보만 공유하는 것이 아니라, 다른 사용자들에게 자신이 갖고 있는 정보를 추천도 할 수 있는 협력적 필터링(Collaborative Filtering, CF)을 이용한 추천 서비스에 대한 실용화 및 연구가 진행되고 있다[1].

기존에 연구된 모바일 네트워크에서 CF 를 이용한 추천 시스템의 메시지 전달방식은 broadcasting 방식이 사용되었다. 하지만 각 모바일 기기가 주변의 모든 기기로 메시지를 전송함으로써 과도한 트래픽이 발생한다.

본 논문에서 제안하는 슈퍼 피어(super peer) 방식은 네트워크를 두 개의 층으로 구성하여 broadcasting 보다 메시지 트래픽 양을 크게 줄인다. 실험결과 본 논문에서 제안하는 방식이 메시지 전송효율을 53% 향상시켰음을 보인다.

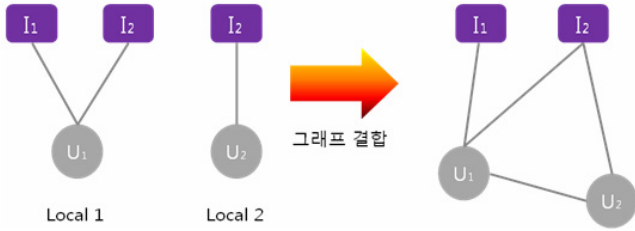
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 관련연구를 조사하고, 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 슈퍼 피어 기반 모바일 CF 시스템에 대해서 알아보고, 4 장에서 실험 결과를 보여주며, 5 장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

CF 란 많은 사용자나 아이템들에 대한 정보로부터 사용자들의 관심사를 자동으로 예측하는 것을 말한다. CF 는 크게 두 가지로 나뉘는데, 하나는 사용자 기반(user-based) 방법이고, 다른 하나는 아이템 기반(item-based) 방법이다. 사용자 기반 CF 는 비슷한 선호도를 가진 사용자들끼리 묶어서 그들의 아이템들에 대한 평가를 참고하여 특정 사용자에게 추천하는 방법이다. 반면, 아이템 기반 CF 는 이전에 사용자가 평가했던 아이템들을 유사한 것끼리 묶어서 사용자가 예측하려는 아이템과의 유사성을 계산하여 추천하는 방법이다.

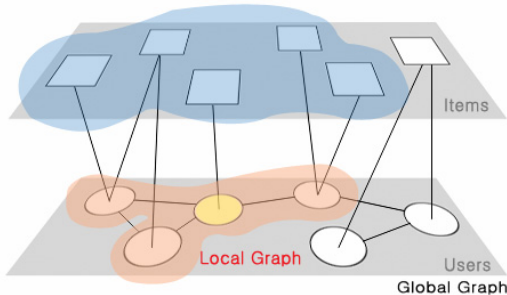
CF 는 web 환경에서부터 사용되다가 모바일 네트워크가 활성화되면서 많은 연구가 진행되고 있다. 모바일 네트워크 환경에서는 사용자의 이동성이 매우 중요한 요소이기 때문에 사용자 기반 CF 가 더 유리하다. 그 중 Splinder et al.[1]이 제시하는 CF 는 사용자 기반의 추천 방식인 spatio-temporal proximity 를 이용하여 주위의 연결된 사용자들의 모바일 기기와 추천 관련 정보를 교환한다. 한 사용자 U_1 이 두 개의 아이템 I_1 과 I_2 에 대한 평가가 이루어져 있으면 [그림 1]의 맨 왼쪽에 있는 Local 1 그래프가 생성되고, 사용자 U_2 가 아이템 I_2 에 대한 평가가 이루어져 있으면, Local 2 그래프가 생성되며, 이 두 그래프는 두 사용자의 메시지 전달을 통하여 서로의 local 그래프 주고 받는다. [그림 1]의 맨 오른쪽 그래프는 Local 1 과 Local 2 가 결합된 결과를 보여준다. 그 결과로서 사용자간의 유

사성 계산이 가능하며, 유사성이 있는 경우 사용자간에도 간선이 만들어진다. 이러한 과정을 통해 다른 사용자의 아이템들에 대한 평가 정보를 얻을 수 있다.



[그림 1] 두 사용자의 local 그래프 결합

모바일 환경의 특성상 사용자들이 모두 연결될 수 없기 때문에 local 그래프는 메시지 교환 시마다 누적된 정보를 저장하여 유지한다. 결국 누적된 local 그래프는 [그림 2]에서와 같이 각 사용자들의 local 그래프가 결합된 전체 사용자들의 정보를 갖고 있는 global 그래프를 생성하게 된다. 이 그래프에서는 거리상으로 인접한 사용자일지라도 유사성이 전혀 없을 경우엔 사용자들끼리 연결되지 않는다는 점에서 일반적인 거리로만 네트워크를 표현하는 그래프와는 다르다.



[그림 2] Global 그래프 생성

[1]의 연구에서는 이러한 global 그래프를 완성하기 위해 다른 사용자들간의 메시지 교환 방식으로 broadcasting 을 사용한다. 각 모바일 기기는 주위에 있는 모든 다른 모바일 기기에게 자신의 기기에 있는 사용자 정보를 전송한다[2]. 만약 모든 사용자가 통신 범위 안에 있다고 가정할 때, broadcasting 방법으로 N 명 사용자가 보내는 메시지의 수는 다음과 같다,

$$\text{broadcasting 방식의 메시지 횟수} = N*(N-1)$$

3. 슈퍼 피어 방식을 이용한 시스템

기존의 broadcasting 방식의 메시지 트래픽 문제 해결을 위해 구조적인 형식으로 제안된 방식들 중에 슈퍼 피어 방식이 있다[3]. 네트워크의 자식 노드를 관리하는 부모 노드인 슈퍼 피어와 관리를 받는 자식 노드인 서브 피어(sub-peer)로 분류하는 방식이다. 이

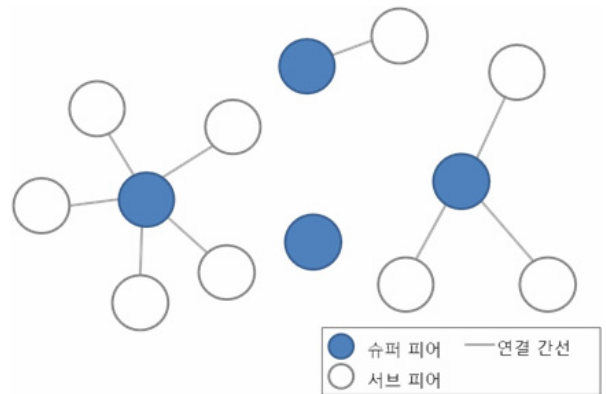
방식에서는 서브 피어는 메시지를 자신의 슈퍼 피어에게만 보내므로 기존 broadcasting 방식과 비교해볼 때 메시지 전송량이 매우 적다. 예를 들어, 모두 연결된 N 명의 사용자가 자신이 가진 정보를 모든 사용자에게 전달할 경우 메시지의 수는 다음과 같다.

$$\text{슈퍼 피어 방식의 메시지 횟수} = 2*(N-1)$$

기존의 슈퍼 피어 방식에서의 슈퍼 피어가 갖는 라우팅 테이블 (routing table)에는 서브 피어로부터 받는 메시지 (id, 주소, 파일 리스트)를 통하여 정보가 저장되고 유지되지만, CF 를 이용하여 추천을 하는 것이 주 목적이기 때문에 메시지에 사용자 추천 정보도 추가된다.

본 논문에서 슈퍼 피어를 선정하는 방식은 모바일 기기를 노드로 하여, [그림 3]과 같이 노드에 인접한 간선의 수(degree)가 가장 많은 노드를 선택하여 슈퍼 피어로 만들고 슈퍼 피어에 인접한 모든 노드를 서브 피어로 만들어가는 과정을 반복하여 수행한다.

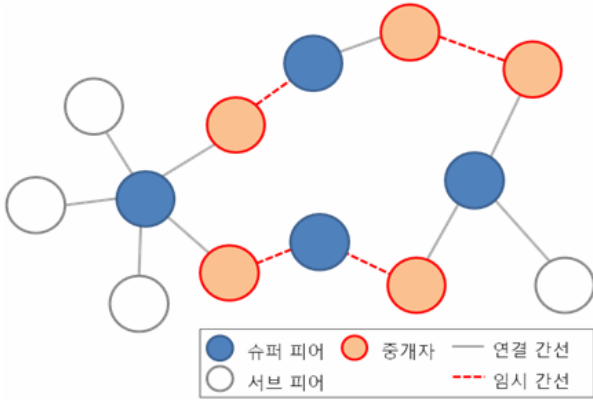
- [1] 영역 내의 전체 노드들 중에 degree 가 가장 큰 노드를 찾는다.
- [2] [1]에서 찾은 노드를 슈퍼 피어로 정하고, 이 노드와 인접한 모든 노드들을 이 슈퍼 피어의 서브 피어로 정한다.
- [3] [2]에서 슈퍼 피어와 서브 피어로 정해진 노드들을 제외한 나머지 노드들에 대하여 [1]-[2]를 반복 수행한다.



[그림 3] 슈퍼 피어와 서브 피어로 구성된 네트워크

위의 그림은 슈퍼 피어들이 서로 메시지 전송이 가능한 거리 밖에 있기 때문에 서로 통신을 할 수 없는 예를 보여준다. 그러나 [그림 4]에서와 같이 각 슈퍼 피어의 관리를 받고 있는 서브 피어들의 간격, 혹은 서브 피어와 다른 슈퍼 피어와의 거리가 통신 영역 안에 있으면 이들이 중개자가 되어 슈퍼 피어간의 메시지 송수신이 가능하다. 이 시점에는 이미 슈퍼 피어에 관리 대상 서브 피어들의 정보가 라우팅 테이블에 저장되어 있기 때문에, 서브 피어를 통하여 다른 슈퍼 피어에게 보내는 메시지에는 슈퍼 피어 집합 내에 있는 모든 사용자 정보가 포함된다. 불필요한

메시지 전송을 방지하기 위해 슈퍼 피어간의 통신이 최소한 한번 이상 이루어졌으면 더 이상 같은 슈퍼 피어간의 사용자 정보 교환을 위한 통신이 이루어지지 않는다.



[그림 4] 서버 피어를 통한 메시지 교환

4. 실험결과

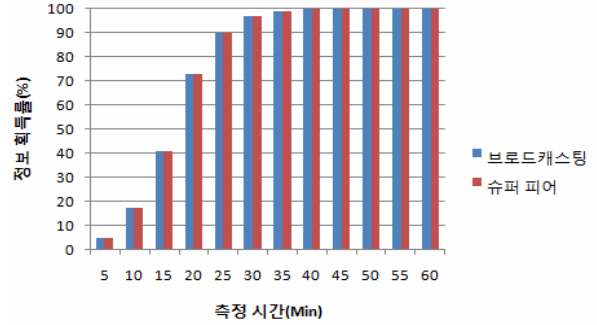
본 논문에서는 슈퍼 피어 방식을 이용하여 사용자 정보 메시지 트래픽 감소로 인한 효율적인 CF 추천 서비스 시스템을 제안하였다. 이 시스템의 성능 평가를 위하여 실험을 [표 1]의 실험환경하에 수행하였다.

환경 변수	값
최대 사용자 정지 시간	50(초)
최고 이동 속도	3(m/s)
최대 목적지 이동 시간	1(시간)

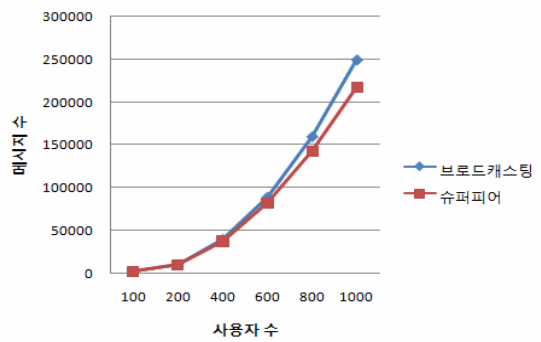
[표 1] 실험환경

입력으로 사용되는 텍스트 파일에는 전체 사용자들의 측정된 시간, ID, 좌표, 이동/정지 여부가 기록되어 있다. 기록은 매 10 초 단위로 측정하여 저장하였다. 텍스트 파일을 한 줄씩 읽어 각 측정된 시간 별로 사용자 정보들을 이용하여 1000*1000m² 영역에 배치하였다. 사용자들은 이 범위 내에서 일정 시간 동안 임의의 방향으로 이동한다. 목적지에 도착하면 최대 50 초 내에 정지하게 되고 다시 새로운 목적지를 향해 이동한다. 사용자들간의 통신은 매 10 초마다 이루어지며, 이때 메시지를 통하여 다른 사용자들의 정보를 획득할 수 있다. 최종 측정 시간을 1 시간 후로 설정하고, 매 5 분마다 100 명의 사용자들이 통신 가능 거리를 15m 로 설정 했을 때의 broadcasting 방식과 슈퍼 피어 방식의 정보 획득률은 [그림 5]와 같이 동일하다.

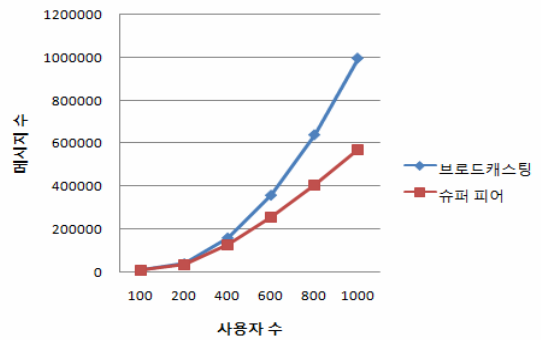
다음 실험에서는 사용자들간의 메시지 총 횟수를 비교하였다. 메시지는 각 사용자들이 아이템들 대한 평가한 정보가 포함된다. 이때 사용자 수를 100, 200, 400, 600, 800, 1000 명으로 하고, 통신 가능 거리를 15, 30, 45m 로 변경하면서 최종적으로 측정시간이 1 시간이 되었을 때 실험을 하였다.



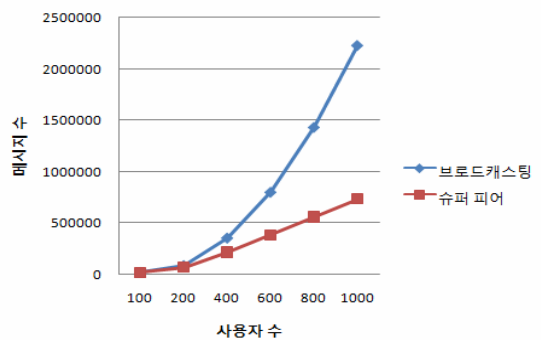
[그림 5] 100 명의 사용자들의 통신 가능 거리 15m 일 경우 정보 획득률



[그림 6] 통신 가능 거리 15m 인 경우



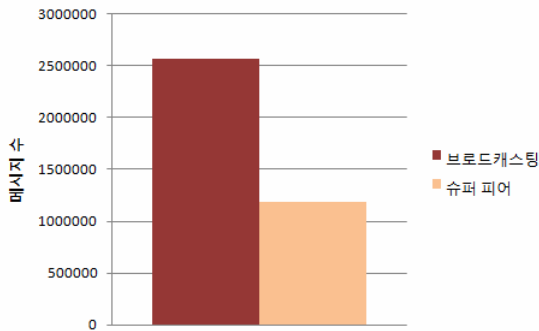
[그림 7] 통신 가능 거리 30m 인 경우



[그림 8] 통신 가능 거리 45m 인 경우

한 사용자가 다른 모든 사용자들의 정보를 획득하였다 하더라도, 모바일 기기는 항상 통신 상태를 유지하기 때문에 메시지 교환은 계속 이루어지고 메시지 수는 시간이 경과할수록 증가하게 된다.

[그림 6]-[그림 8]의 실험 결과가 보여주듯이 broadcasting 방식보다 슈퍼 피어 방식이 메시지를 더 적게 보내면서 사용자들간에 정보를 공유한다는 것을 알 수 있다. 사용자 수가 많아질수록, 그리고 통신 가능 거리가 멀어질수록 슈퍼 피어 방식이 broadcasting 방식보다 성능이 더 향상된다는 것을 알 수 있다. 그 이유는 통신 가능 거리가 멀어질수록 서버 피어들과 통신을 하는 슈퍼 피어의 수가 적어지고, 사용자 수가 많을수록 슈퍼 피어의 관리를 받는 서버 피어가 많아져 메시지 전송 횟수가 줄어들기 때문이다. [그림 8]은 슈퍼 피어 방식이 broadcasting 방식에 비하여 전체적으로 53% 성능 향상시킨 결과를 보여주고 있다.



[그림 9] 전체 평균 성능 비교

5. 결론

본 논문에서 제안한 모바일 네트워크 환경에서의 CF 서비스는 추천성능을 유지하면서 트래픽 효율을 높이기 위해 사용자들의 정보를 교환하는 방식으로 슈퍼 피어 방식의 시스템을 제시하였다. [1]에서 사용한 broadcasting 방식은 사용자 정보를 전송하는데 많은 트래픽을 유발시키기 때문에 추천성능 면에서 효율적이지 못하다. 반면에 슈퍼 피어 방식의 시스템에서는 서버 피어가 자신의 슈퍼 피어와만 정보 교환을 수행하고, 슈퍼 피어는 기본적으로 자신의 서버 피어와 정보 교환을 수행하되, 서버 피어를 통하여 다른 슈퍼 피어와의 통신 거리가 가능할 경우 그들과의 정보 교환도 가능하기 때문에 최대한 불필요한 메시지 전송을 줄일 수 있었다. 이러한 네트워크의 트래픽 감소는 더 나은 환경에서 CF 추천을 가능하게 해준다. 실험 결과, 슈퍼 피어 방식의 시스템이 broadcasting 방식의 시스템보다 추천성능은 유지시키면서 메시지 양을 감소시킴을 보여주었다. 하지만, 슈퍼 피어 방식의 시스템은 초기에 네트워크를 구축하기 위해서 추가적인 비용이 요구된다. 슈퍼 피어와 서버 피어가 구성되기 전, 전체 영역에서 슈퍼 피어를 선정하기 위해서는 각 노드의 위치 정보를 담고 있는 서버가 필요하다. 각 노드는 자신의 위치 정보

를 GPS 를 통하여 서버로 전송하고, 서버가 모든 노드를 슈퍼 피어와 서버 피어로 나눠주는 작업을 수행해야 한다. 이러한 슈퍼 피어 구축을 위한 비용 문제를 별도로 고려하는 연구가 진행 중이다.

6. 사사

이 논문은 교육인적자원부 지원 연세대학교 BK21 지능형 모바일 서비스를 위한 차세대 단말 소프트웨어 사업단의 지원을 받아 연구 되었음.

참고문헌

- [1] Alexandre de Spindler, Moria C. Norrie, and Michael Grossniklaus, "Collaborative Filtering Based on Opportunistic Information Sharing in Mobile Ad-Hoc Networks," *On The Move(OTM) 2007, Part 1, LNCS 4803*, pp.408-417, 2007.
- [2] Rajiv Gandhi, Srinivasan Parthasarathy, Arunesh Mishra, "Minimizing Broadcast Latency and Redundancy in Ad Hoc Networks," *Proceedings of the 4th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, pp.222-232, 2003.
- [3] Jung-Suk Han, Jin-Woo Song, Kwang-Jo Lee, Sung-Bong Yang, "Mobile Peer-to-Peer System using Super Peers for Mobile Environments," *The International Conference on Information Networking 2008 (ICOIN2008)*, Jan. 2008.