

슈퍼 피어를 이용한 모바일 P2P 시스템에서 중요 이동 피어의 신뢰성을 고려한 라우팅 프로토콜

이호성^o, 양성봉

연세대학교 컴퓨터과학과

e-mail : 007lhs@korea.com, yang@cs.yonsei.ac.kr

The reliability of the Important Mobile Peer Routing Protocol for Mobile P2P System using Super Peer

Ho-Sung Lee^o, Sung-Bong Yang

Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

최근 스마트 폰, PDA 등과 같이 다양한 모바일 기기 개발과 무선 통신 기술의 비약적인 발전으로 모바일 환경에 대한 관심이 높아지고 있다. 모바일 애드혹(Ad-hoc) 네트워크는 기지국 없이 신속한 네트워크 구성 및 유지가 가능하여 군의 전술 상황이나 긴급 재난 상황에서 적용이 가능하다. 위와 같은 특수 상황에서는 실질적으로 모든 피어들에게 공평하게 분배된 트래픽이 발생하는 것이 아니라 소수의 피어들에게서 트래픽이 집중적으로 발생된다. 하지만 기존의 라우팅 프로토콜은 대부분 이러한 가정을 하지 않고 제안되었기 때문에 실질적인 데이터 흐름에 대해 적합하지 못하다. 그리하여 본 논문에서는 슈퍼 피어 시스템을 기반으로 네트워크 트래픽을 집중적으로 발생시키는 중요 피어들의 신뢰성 향상을 위하여 중요 피어와 슈퍼 피어 간의 주기적인 통신을 통하여 라우팅 경로를 확보하였다. 실험 결과 기존 방식과 비교하여 중요 피어들의 쿼리 성공률이 3.2% 증가하였음을 확인하였다.

1. 서 론

최근 모바일 기기 사용이 급증함에 따라 모바일 환경에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 모바일 Ad-hoc 네트워크는 각각의 피어들이 스스로 망을 구성하고, 망의 토폴로지가 동적으로 변화하는 특징이 있다. 또한 기존 유선망과 달리 모바일 환경에서는 무선 링크를 사용하기 때문에 링크의 신뢰성이 낮으며, 프로세스, 배터리, 무선 대역폭 같은 가용자원이 한정된다.

모바일 환경에서 널리 사용되는 P2P 시스템으로는 단일 계층을 기반으로 한 ORION(Optimized Routing Independent Overlay Network)[1]과 네트워크에 참여하는 피어들을 슈퍼 피어와 서브 피어로 나누어 슈퍼 피어를 중심으로 통신을 수행함으로써 단일 계층에서 flooding에 의해 유발되는 높은 네트워크 트래픽을 최소화한 슈퍼 피어 시스템[2][3][4] 등이 있다.

본 논문에서는 슈퍼 피어 시스템에서 중요 피어들을 고려하여 피어들 간에 빈번한 이동으로 인해 발생하는 중요 피어와 슈퍼 피어 간의 링크 단절시 중요 노드의 신속하고 효율적인 링크 복구 방법을 제시한다. 우리는 실험을 통해 데이터 전송 성공률 3.2% 향상되었음을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 조사하고, 3 장에서는 중요 피어들의 신뢰성 향상을 위해 제시한 방법에 대해 알아보고, 4장에서는 네트워크 시뮬레이터인 NS2를 통해 기존 시스템과 성능을 비교 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 논한다.

2. 관련연구

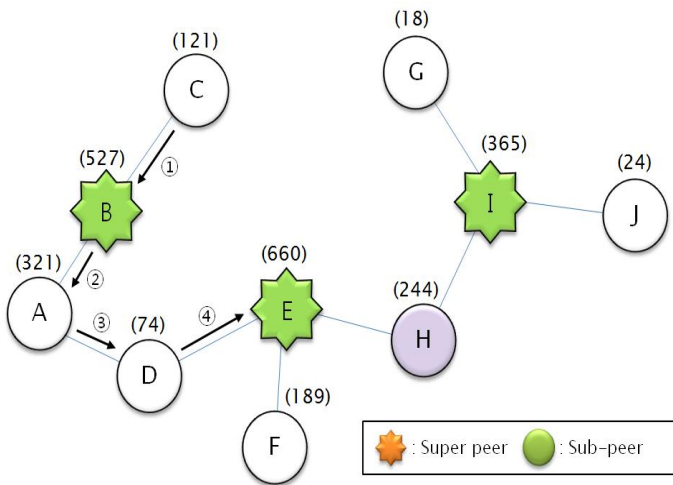
슈퍼 피어를 기반으로 한 계층적 P2P 시스템은 네트워크에 참여한 피어들을 슈퍼 피어와 서브 피어로 구분한다. 네트워크에서 핵심 역할을 하는 슈퍼 피어는 자신의 통신 범위 내에 위치한 이웃 피어들을 서브 피어로 지정한다. 또한, 자신이 관리하는 서브 피어의 ID, 주소, 파일 리스트 등이 담긴 관리 테이블을 가지고 있어 파일 탐색 요청 시에 서브 피어를 이용하여 파일을 가진 피어의 주소를 얻는다.

슈퍼 피어는 자신의 통신 범위 내에 있는 슈퍼 피어와 직접 통신을 하거나 자신이 관리하는 서브 피어 중에서 다른 슈퍼 피어와 통신이 가능한 피어를 통해 간접적으로 통신을 수행한다. 위와 같이 슈퍼 피어를 중심으로 통신을 수행하므로 flooding 기반의 멀티 브로드캐스팅 방식을 사용하는 ORION에 비해 전체

메시지의 수를 크게 줄일 수 있으며, 슈퍼 피어 선정방식에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

2.1 MIS(Maximal Independent Set) 시스템

MIS 시스템은 슈퍼 피어 선정 주기마다 네트워크에 참여하는 피어들에게 임의의 수를 부여한다. 모든 피어들은 자신의 이웃 피어들의 임의의 수와 자신의 임의의 수를 비교하여, 이웃한 피어들 보다 자신의 수가 크다면 슈퍼 피어로 선정된다. 네트워크 참여하는 모든 피어들이 슈퍼 피어 이거나 서브 피어가 되기 전까지 위의 과정을 반복하여 수행한다.



(그림 1) MIS 시스템에서 슈퍼 피어와 서브 피어의 구성 예

(그림 1)은 MIS 시스템에서 어떠한 peer들이 슈퍼 피어가 되고, 서브 피어가 되는지를 나타내고 있는 그림이다. 예를 들어 서브 피어인 H가 ‘파일 1’을 가지고 있다고 가정하자. 파일 탐색은 (그림 1)에서와 같이 ‘파일 1’을 검색하고자 하는 피어 C가 자신의 슈퍼 피어 B에게 ‘파일 1’을 찾아 달라고 요청을 한다.<과정 ①> 슈퍼 피어 B는 자신의 테이블에서 ‘파일 1’을 찾을 수 없어, 주변에 위치한 다른 슈퍼 피어 E에게 파일을 찾아달라고 메시지를 보낸다.<과정 ②,③,④> 검색 요청은 받은 슈퍼 피어 E는 자신의 테이블을 찾아보게 되고, ‘파일 1’이 있는 것을 발견한다.<과정 ⑤> 그리고 파일 검색을 요청한 슈퍼 피어 B에게 응답 메시지를 보내준다.

2.2 Greedy 시스템

Greedy 시스템에서는 각 피어들마다 자신과 인접한 피어의 수를 계산한다. 주변의 피어들과 가장 많이 연결된 피어를 슈퍼 피어로 선정하고, 나머지 인접한 피어들은 서브 피어가 된다. 슈퍼 피어와 서브 피어로 선정된 피어를 제외한 나머지 피어들에 대해서 위의 과정을 반복하여 수행한다. 파일 탐색 시에도 MIS 시스템과 같이 두 슈퍼 피어 간의 통신은 서로 통신 범위 내에 있으며 직접 통신하고, 자신의 서브 피어들

중 다른 슈퍼 피어의 통신 범위에 속해 있는 서브 피어를 통해 통신하기도 한다.

2.3 MOB 시스템

MOB 시스템은 피어들의 이동성을 고려한 방법으로 슈퍼 피어를 선정할 때 누적된 이동값이 가장 적은 피어를 슈퍼 피어로 선정하는 방법으로 슈퍼 피어의 잦은 이동으로 인한 링크 단절 현상을 최소화 할 수 있어 안정적인 네트워크를 구축할 수 있는 장점이 있다. 슈퍼 피어가 선정되면 통신 범위 내에 있는 주위의 다른 피어들은 서브 피어가 되며 MOB 시스템 또한 MIS, Greedy 시스템과 같은 방법으로 파일을 탐색한다.

3. 중요 노드의 신뢰성을 고려한 시스템

본 논문에서는 군사 분야와 같이 특수한 상황에서 네트워크 트래픽이 집중적으로 발생하는 중요 피어들의 데이터 전송 성공을 향상을 위한 방법을 제안한다.

슈퍼 피어 시스템에서는 네트워크 재구성을 위해 업데이트 주기마다 반복적으로 슈퍼 피어와 서브 피어를 선정한다. 실 세계에서 각 피어들은 서로 다른 이동 속도와 방향을 가지고 동적으로 움직인다. 이러한 특성으로 인해 피어들 간에 링크 단절 현상이 빈번하게 발생하게 되며, 이는 네트워크 신뢰성을 저하시키는 주된 원인이 된다. 위와 같은 링크 단절 현상을 최소화하고 링크 단절이 발생하였을 때 신속하고 효율적으로 통신 링크를 복구함으로써 중요 피어들의 신뢰성을 향상 시켰다.

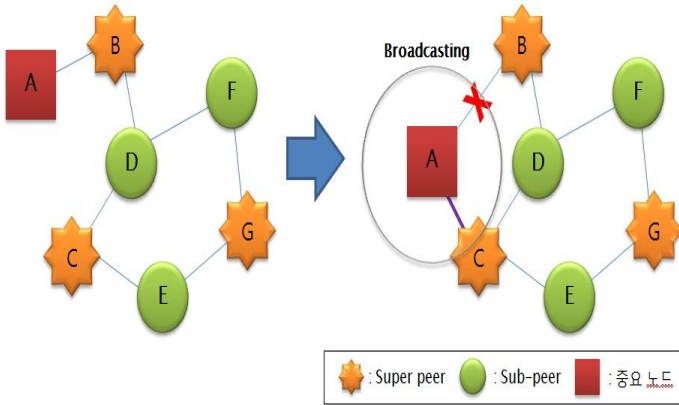
3.1 Periodic Communication

슈퍼 피어 시스템에서는 모든 네트워크에 참여하는 피어들을 슈퍼 피어와 서브 피어로 선정하고, 다음 네트워크 재구성(update time)까지 각 피어들은 슈퍼 피어와 서브 피어의 상태를 유지한다. 그러나 update time 전에 빈번한 이동으로 자신의 슈퍼 피어와의 거리가 멀어져 관리를 받지 못하는 링크 단절 현상이 자주 발생한다. 위와 같은 링크 단절 현상을 최소화하기 위해 본 논문에서는 네트워크 재구성 시간 보다 짧은 간격으로 중요 피어와 슈퍼 피어 간의 링크 단절 유무를 확인한다. 즉, 중요 피어는 슈퍼 피어에게 주기적으로 링크 연결 요청 메시지를 전송하고, 이를 전송 받은 슈퍼 피어는 중요 피어에게 링크 연결 응답 메시지를 전송한다. 마지막으로 중요 피어가 슈퍼 피어에게 최종 연결 확인 메시지를 전송함으로써 상호 간의 라우팅 경로를 확보할 수 있다.

3.2 Super Peer Selection

Super Peer Selection은 중요 피어와 기존 슈퍼 피어 간의 링크가 단절된 상황에서 중요 피어가 통신 링크를 복구하기 위한 방법이다. 자신의 통신 범위 내에 있는

이웃 피어들에게 ‘네트워크 재설정 요청’ 메시지를 전송하고, 이를 전송 받은 새로운 슈퍼 피어는 중요 피어에게 ‘네트워크 재설정 응답’ 메시지를 전송함으로써 통신 링크가 단절된 중요 피어가 새로운 슈퍼 피어와 네트워크를 재설정하여 통신 링크가 복구된다.



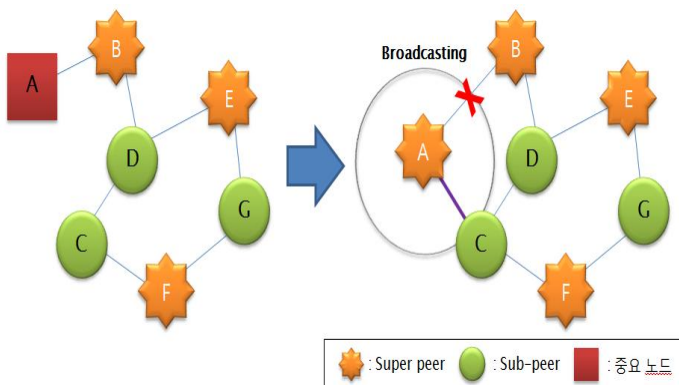
(그림 2) 주변의 새로운 슈퍼 피어와 네트워크 재설정

(그림 2)는 중요 피어인 A의 이동으로 인해 슈퍼 피어인 B와 링크 단절 상태에서 중요 피어인 A가 새로운 슈퍼 피어를 찾아 경로를 복구하는 과정을 보여주고 있다. 중요 피어인 A는 자신의 주변에 위치한 새로운 슈퍼 피어인 C 피어를 자신의 슈퍼 피어로 설정하여 단절된 통신 링크를 복구한다.

3.3 Sub-peer Selection

Sub-peer Selection은 기존 슈퍼 피어와 통신 링크가 단절된 상황에서 주변에 연결 가능한 새로운 슈퍼 피어가 없고, 다른 슈퍼 피어와 연결 가능한 서브 피어가 있을 경우에 발생하는 복구 방법이다.

즉, ‘네트워크 재설정 요청’ 메시지를 받은 서브 피어는 중요 피어에게 응답 메시지를 전송하고, 이를 전송 받은 중요 피어는 다른 슈퍼 피어의 관리하에 있는 서브 피어와의 연결을 위해 자기 자신을 서브 피어에서 슈퍼 피어로 변경하여 통신 링크를 복구한다.



(그림 3) 주변의 서브 피어와 네트워크 재설정

(그림 3)은 중요 피어인 A와 슈퍼 피어인 B가 통신이 단절된 상황에서 주변에 연결 가능한 서브 피어를 찾아 경로를 복구하는 과정을 보여주고 있다.

중요 피어는 자신의 통신 범위 내에 직접 연결 가능한 새로운 슈퍼 피어가 없고, 주변에 연결 가능한 피어는 다른 슈퍼 피어에 관리를 받고 있는 서브 피어인 C 피어만 있다. C 피어와 링크 연결을 위해 중요 피어는 자신의 속성을 서브 피어에서 슈퍼 피어로 변경하고 서브 피어인 C 피어와의 링크 연결을 통해 경로를 복구하는 방법이다.

4. 성능평가

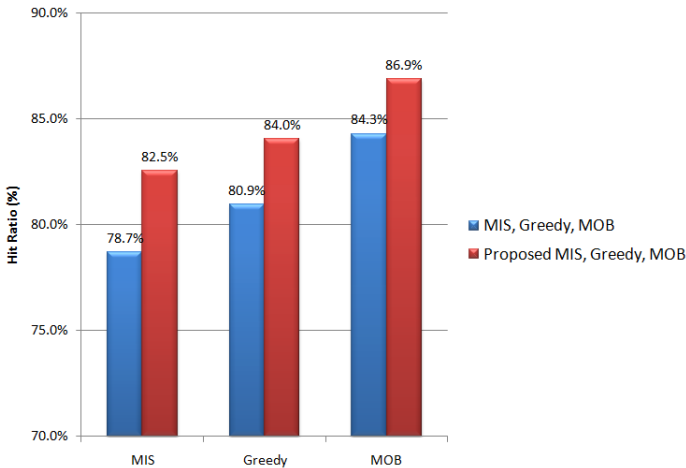
4장에서는 실험을 통해 제안된 시스템의 성능평가를 위하여 모바일 네트워크 연구에서 많이 사용되고 있는 네트워크 시뮬레이터 NS2(Ver:2.33)[5]를 사용하였으며 아래의 표에 제시된 실험 환경을 사용하였다.

<표 1> Simulation Parameters

Simulation area(m ²)	1000 X 1000
Simulation time	1000 sec
Number of peers	100 nodes (Important Nodes : 5)
Movement	1 ~ 5 ms
Number of queries	1000개
Traffic density	20%, 40%, 60%, 80%, 100%
Interval Timer	10 sec, 20 sec, 50sec

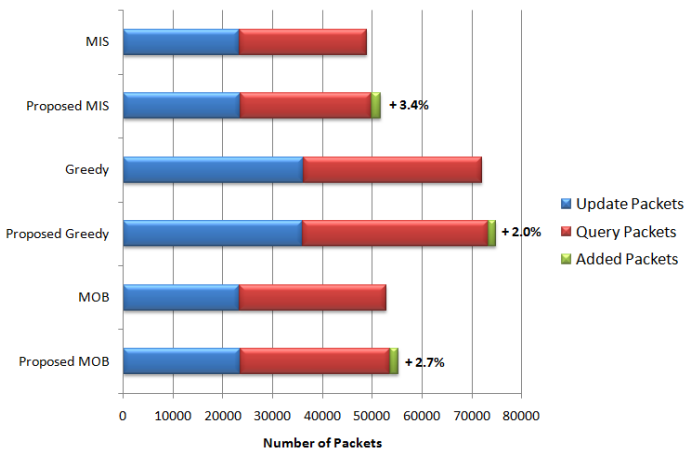
네트워크를 구성하는 피어들을 위한 입력파일인 text 파일에는 피어들의 아이디, 주소, 파일 목록이 저장되어 있다. 또한 실험에는 임의의 파일을 요청하는 query file을 만들어 사용하였으며 중요 피어에서 서비스 탐색 요청이 집중적으로 발생할 수 있도록 트래픽 발생 비율을 20~100%까지 단계별로 증가시키면서 시험을 진행하였다. 네트워크에 참여하는 전체 피어의 수는 100개이며, 이 중에서 중요 피어들의 수를 5개로 설정하였다. 마지막으로 중요 피어와 슈퍼 피어 간의 주기적인 통신 링크 체크 시간은 10초, 20초, 50초 단위로 조정하면서 실험을 하였다. 본 실험에서는 중요 피어들의 신뢰성을 고려하지 않은 시스템과 신뢰성을 고려한 시스템을 비교하여 성능분석을 하였다.

(그림 4)는 중요 피어들의 쿼리 성공률을 보여주는 그림이다. 기존의 MIS, Greedy, MOB 시스템은 평균 81.3%의 쿼리 성공률을 보였지만, 제안한 방식은 84.5%로 데이터 전송 성공률이 3.2% 향상되었다.

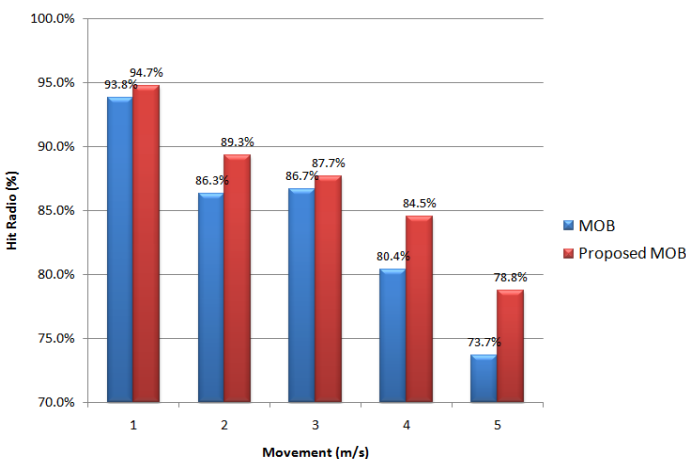


(그림 4) 중요 피어들의 평균 쿼리 성공률

(그림 5)는 네트워크에서 사용된 총 메시지의 수를 나타낸 그림으로 슈퍼 피어와 서브 피어 선정과정에서 발생하는 메시지의 수와 파일 탐색 과정에서 발생하는 메시지의 수는 동일하였다. 다만, 중요 피어들과 슈퍼 피어 간의 주기적인 통신으로 인해 2.7%의 오버헤드가 발생하였다.



(그림 5) 네트워크에서 사용된 총 메시지 수



(그림 6) 이동 속도에 따른 중요 피어들의 쿼리 성공률

(그림 6)은 이동 속도에 따른 중요 피어들의 쿼리 성공률을 보여주고 있다. 네트워크에 참여하는 피어들이 빠르게 이동할수록 쿼리 성공률이 떨어졌다.

실험환경에서 가장 높은 이동성을 갖는 5m/s에서는 기존 시스템이 73.7%의 쿼리 성공률을 보였지만, 제안한 방식은 78.8%로 데이터 전송 성공률이 5.1% 향상되었다.

5. 결론

본 논문에서는 2계층 기반의 슈퍼 피어 시스템에서 중요 이동 피어들의 신뢰성 향상을 위한 라우팅 프로토콜을 제안하였으며, 기존의 방식과 비교하였을 때 전체 평균 쿼리 성공률이 3.2% 향상되었으나 중요 피어와 슈퍼 피어의 주기적인 통신으로 인한 쿼리 오버헤드 측면에서 2.7% 증가하였다. 또한 슈퍼 피어 간의 주기적인 링크 체크 시간이 짧을수록, 중요 피어들의 이동이 많은 환경에서는 기존 시스템과 비교하여 쿼리 성공률이 5.1% 향상되었음을 확인하였다.

향후에는 모바일 네트워크에 참여하는 전체 피어들 중에서 실시간 트래픽 발생 비율을 고려하여 동적으로 중요 피어를 선정하는 방법에 대한 연구가 요구된다.

6. 사 사

이 연구는 한국과학재단(KOSEF) 일반연구자지원사업(2010-0015846) 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] A. Klemm, C. Lindemann, and O. Waldhorst, "A Special-Purpose Peer-to-Peer File Sharing System for Mobile Ad hoc Networks," *Proceedings on the Vehicular Technology Conference (VTC 2003)*, Vol.4, pp.2758-2763, 2003.
- [2] 한정석, 이광조, 송진우, 양성봉, "Mobile 환경에서슈퍼 피어를 이용한 Mobile 피어-to-피어 System," *정보과학회추계 학술대회*, 2007.10.
- [3] 한정석, 이광조, 송진우, 양성봉, "분산 네트워크 환경에서 슈퍼 피어를 이용한 Mobile 피어-to-피어 system," *정보처리학회 추계 학술대회*, 2007.11
- [4] Jung-Suk Han, Jin-Woo Song, Kwang-Jo Lee, and Sung-Bong Yang, "Mobile Peer-to-Peer System using 슈퍼 피어s for Mobile Environments," *The International Conference on Information Networking 2008*, 2008.
- [5] The Network Simulator NS-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>