

모바일 P2P 시스템에서 서브피어 분배를 통한 에너지 효율적인 라우팅

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

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

Energy-Efficient Routing Protocol for Mobile Peer-to-Peer Systems using Division of Sub-peers

JungSuk Han, JuHee Lee, JinWoo Song, KwangJo Lee, JiHoon Kim, SungBong Yang
*Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

모바일 환경에서는 모바일 기기의 제한된 에너지를 효율적으로 사용하는 것이 요구된다. 특히 모바일 Peer-to-Peer(P2P) 시스템에서 모바일 기기가 피어로서 저장된 에너지를 모두 소모하면 더 이상 파일 탐색 등과 같은 작업에 참여할 수 없게 된다. 또한 에너지가 없는 피어가 증가하게 되면 파일 탐색 실패율이 증가하게 되고, 결국 파일탐색이 불가능하게 된다. 슈퍼피어(super peer)를 기반으로 한 계층적 P2P 시스템은 기존 단일 계층 P2P 시스템보다 더 적은 양의 메시지로 파일탐색을 가능하게 해준다. 하지만 하나의 슈퍼피어가 관리하는 서브피어(sub-peer)가 많을 경우, 서브피어의 관리 비용과 파일 탐색 요청의 증가로 슈퍼피어의 에너지 소모 비율이 크게 증가하게 되며, 이로 인해 네트워크 참여 시간이 줄어들게 된다. 이는 전체 네트워크 유지시간 감소에 영향을 미친다. 본 논문은 무선 통신 기반의 모바일 환경에서 슈퍼피어를 기반으로 한 계층적 P2P 시스템을 기반으로, 슈퍼피어가 관리하는 서브피어들의 수를 제한하고, 만약 일정한 수를 초과하였을 경우, 초과한 슈퍼피어의 서브피어들 중에서 새로운 슈퍼피어를 선정하고, 기존 슈퍼피어로부터 일부 서브피어들을 분배하여 관리하게 하는 시스템을 제안하였다. 실험을 통해 성능을 평가 하였으며, 실험 결과 파일 탐색 요청을 위한 네트워크 유지시간이 더 오래 지속됨을 확인하였다.

1. 서론

최근 사용이 급증하고 있는 모바일 기기는 이동성이라는 특징 때문에 고정형 기기와는 다른 하드웨어, 소프트웨어, 네트워크 및 서비스 환경을 갖는다. 특히 무선 통신을 기반으로 하는 모바일 환경에서의 Peer-to-Peer(P2P) 시스템과 관련한 연구가 활발히 진행 중이며 대표적으로 OIRON(Optimized Routing Independent Overlay Network)[1], 슈퍼피어(super peer)를 이용한 계층적 P2P 시스템[2],[3] 등이 있다.

모바일 환경에서의 통신은 제한된 에너지를 가진 기기를 통해 이루어지기 때문에 에너지를 효율적으로 사용하는 것이 매우 중요하다. 본 논문은 슈퍼피어를 기반으로 한 계층적 P2P 시스템을 기반으로 서브피어(sub-peer) 분배를 통한 에너지 효율적인 라우팅 시스템을 제안한다. 2 장에서는 본 논문과 관련한 연구들을 소개하고, 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템을 설명하며, 4 장에서는 실험환경 및 결과를 보여주며, 마지막 5 장에서 논문의 결론을 제시한다.

2. 관련연구

2.1 OIRON

ORION 은 라우팅(routing)을 위한 테이블과 파일관리를 위한 테이블을 별도로 관리한다. 라우팅 테이블은 AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector)[5]와 유사한 구조를 가지고 있으며, 네트워크 링크가 구축되면 flooding 방식을 사용하여 파일을 탐색한다. 즉 피어가 어떤 파일의 탐색을 원할 경우, 그 피어와 연결된 주변 피어들에게 파일 탐색을 요청하는 메시지를 multi-broadcasting 하고, 메시지를 받은 피어들은 같은 메시지를 자신의 주변 피어들에게 다시 multi-broadcasting 한다. 그리고 메시지를 받은 피어는 자신의 파일 테이블에 그 파일이 있는지 확인하고 있다면, 자신에게 메시지를 전달한 피어에게 응답 메시지를 보내고, 응답 메시지를 받은 피어는 이전 피어에게 메시지를 보내어, 처음 파일 탐색을 요청했던 피어에게 파일 탐색 요청에 관한 응답 메시지가 보내진다.

2.2 슈퍼피어를 이용한 Mobile P2P 시스템

슈퍼피어를 기반으로 한 계층적 P2P 시스템은 피어들을 슈퍼피어와 서브피어로 구분하고 슈퍼피어는 자신의 서브피어를 관리한다. 슈퍼피어는 자신이 관리하는 서브피어의 ID, 주소, 파일 리스트 등이 담긴 관리 테이블을 가지고 있으며, 파일 탐색 요청시 서브피어의 파일탐색 과정 없이 슈퍼피어들의 관리 테이블을 이용하여 파일을 가진 피어의 주소를 얻는다. 이 시스템은 슈퍼피어 및 서브피어 선정방식에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다. [2][3]

2.2.1 Grid 시스템

Grid 시스템은 전체 영역을 일정한 크기의 grid 로 분리한 후, 분리된 작은 영역에서 가장 중심에 가까운 피어를 슈퍼피어로 선정한다. 그리고 각 슈퍼피어는 자신이 속한 지역 내에서 통신 가능한 피어들을 자신의 서브피어로 정한다. 슈퍼피어 간의 통신은 서브피어 중계없이 슈퍼피어들 간에 직접 이루어진다.

2.2.2.Greedy 시스템

Greedy 시스템에서는 피어들 중 다른 피어들과 가장 많이 연결된 피어를 슈퍼피어로 선정하고, 그 슈퍼피어와 통신가능한 피어들 중 슈퍼피어가 아닌 피어를 자신의 서브피어로 정한다. 두 슈퍼피어간의 통신은 서로 통신 범위 내에 있으면 직접 통신하고, 자신의 서브 피어들 중 다른 슈퍼피어의 통신 범위에 속해 있는 서브피어를 통해 통신하기도 한다.

2.2.3MIS(Maximal Independent Set) 시스템

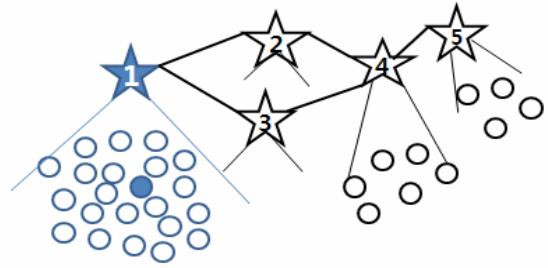
MIS 시스템은 피어들에게 임의의 수를 부여하고 피어는 통신 범위에 있는 피어들 중 가장 높은 수를 가진 피어를 슈퍼피어로 선정한다. MIS 시스템 또한 Greedy 시스템과 같이 통신 범위 안에 있는 슈퍼피어들 간에는 직접 통신하며, 자신의 서브피어들 중 다른 슈퍼피어와 통신이 가능한 피어를 통해 통신하기도 한다.

3. 서브피어 분배 시스템

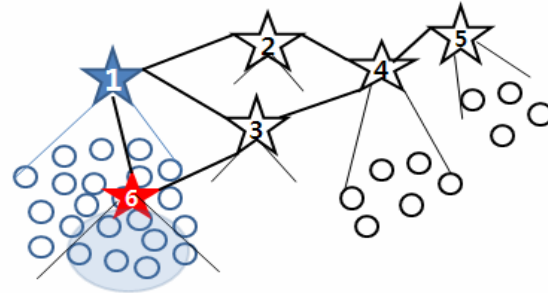
기존의 슈퍼피어를 이용한 모바일 P2P 시스템에서는 슈퍼피어가 관리하는 서브피어의 수에 대한 제한이 없다. 하지만 다수의 서브피어를 관리하는 슈퍼피어는 자신의 서브피어를 관리하기 위한 비용 및 파일 탐색 요청의 증가로 인해 다른 피어들에 비해 많은 에너지를 소모할 수 밖에 없다. 따라서 다수의 서브피어를 관리하는 슈퍼피어의 책임을 덜기 위하여, 자신의 서브피어를 다른 피어에게 분배하는 것이 요구된다. 본 논문에서는 서브피어의 분배를 위해 일정 수 이상의 서브피어를 가지고 있는 슈퍼피어는 자신이 관리하는 서브피어 중에 다른 피어들과 가장 많이 연결된 피어를 찾아 그 서브피어를 새로운 슈퍼피어로 정하는 서브피어 분배 시스템을 제안한다. 새로운 슈퍼피어는 통신 범위 안에 있는 피어들 중 기존의 슈퍼피어가 관리하던 서브피어 일부를 가져와 자신의 서브 피어로 만들고 그들을 관리하게 된다.

이 시스템의 동작 비용은 크게 Send Query, Send Join, Send Update 나누어 계산 할 수 있다[4]. Send Query 는

파일 요청 시 query 를 보낼 때의 동작을 말하며, 세 부적으로, query 를 보낼 때와 받을 때의 비용으로 각각 구분 할 수 있다. Send Join 은 새로운 피어가 처음 네트워크에 참여할 때 슈퍼피어를 할당 받기 위한 동작이며, Send Update 는 슈퍼피어가 자신의 서브피어들 및 다른 슈퍼피어와의 연결 상태를 체크하는 동작을 말한다.



<그림 1> 서브피어 분배 전



<그림 2> 서브피어 분배 후

<그림 1>과 <그림 2>는 각각 서브피어 분배 전과 후를 예로서 보여주고 있다. 별 모양은 슈퍼피어이고, 원 모양은 서브피어를 나타낸다. <그림 1>에서 보면 슈퍼피어 1 이 관리하는 서브피어의 수는 23 개로 슈퍼피어가 가질 수 있는 최대 서브피어 수(예를 들어 15 개)를 넘는다. 이러한 경우 슈퍼피어 1 은 자신의 서브피어들 중 다른 피어들과 가장 많이 연결된 서브피어를 찾아 그 피어를 새로운 슈퍼피어로 선정한다. <그림 1>에서 Super Peer 1 이 관리하는 서브피어들 중 검게 칠해진 원이 다른 피어들과 가장 많이 연결되어 새로운 슈퍼피어로 선정된다. 선정의 과정을 마친 후 새로운 슈퍼피어는 슈퍼피어 1 의 서브피어들 중 자신과 통신 가능한 일부 피어들을 가져와 자신의 서브 피어로 관리하게 되며, 슈퍼피어로서 역할을 하게 된다. 그리고 슈퍼피어 1 은 자신이 관리하던 서브피어들의 정보를 갱신한다. <그림 2>는 새로운 슈퍼피어로 선정된 피어가 통신범위 안에 있는 슈퍼피어 1 의 서브피어들 일부를 자신의 서브피어로서 할당한 후, 관리하는 모습이다. 새로운 슈퍼피어 (슈퍼피어 6)는 네트워크에서 다른 슈퍼피어와 동일한 역할을 수행하게 된다.

4. 성능평가

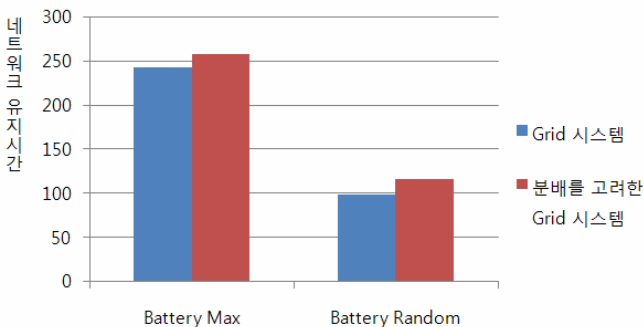
3 장에서는 서브피어 분배를 통한 에너지 효율적인

모바일 P2P 시스템을 제안하였다. 4 장에서는 실험을 통해 제안된 시스템의 성능을 평가한다. 실험에 필요한 환경은 [2],[3],[4]에서와 동일한 환경으로 아래의 <표 1>에 나타내었다. <표 1>의 실험환경 변수 중 Send Update 메시지를 보내는 시간은 [6]을 참고하여 본 논문 실험환경에 맞게 수정하였다.

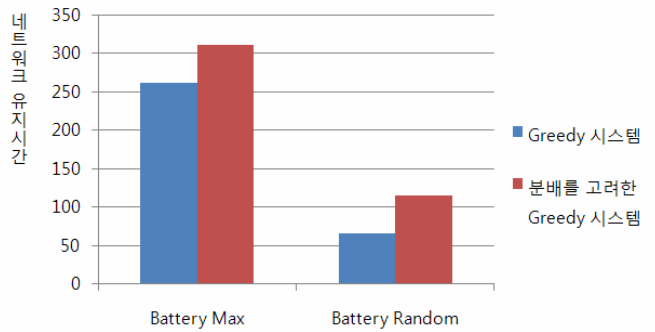
변수		값
피어의 개수		100(개)
피어의 통신범위		100(m)
피어가 가질 수 있는 최대 에너지 양		200(J)
파일 탐색 요청 메시지	보낼 때	20(mW)
	받을 때	10(mW)
통신 업데이트 메시지	보낼 때	20(mW)
	받을 때	10(mW)
슈퍼피어가 관리할 수 있는 최대 서버 피어 수		15 개
Send Update 메시지를 보내는 시간		1 회 /10 query

<표 1> 실험환경

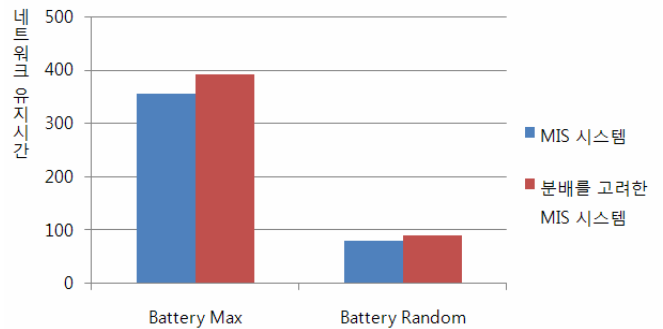
실험 로그 파일에는 전체 피어들의 ID, 주소, 파일 목록, 초기 생성 시 가지고 있는 에너지의 양이 기록되어 있다. 실험 로그 파일을 한 줄씩 읽어가며 피어를 생성하고 1000*1000 m² 지역에 추가하였다. 또한 파일탐색을 요청하는 query 를 위해 query 로그 파일을 사용하였으며, query 로그 파일안에는 2000 개의 임의의 query 가 존재한다. 그리고 query 로그 파일을 한 라인씩 10 번을 읽을 때 마다 슈퍼피어는 자신의 서버피어가 통신 범위에 있는지 확인하기 위해 통신 업데이트 메시지를 보내고, 서버피어는 통신이 가능하면 슈퍼피어에게 응답 메시지를 보낸다. 실험은 두 가지 에너지 환경 조건인, MAX Battery 와 Random Battery 에서 이루어졌다. MAX Battery 환경은 각 피어의 에너지 양이 200 J 로 동일하게 하고, Random Battery 환경은 피어가 처음 생성이 될 때, 임의의 에너지를 가지게 하되 최소 20%이상의 에너지를 가지게 하였다. 본 실험에서는 분배를 고려하지 않은 시스템과 분배를 고려한 Grid 시스템, Greedy 시스템, MIS 시스템을 비교해 보았다.



<그림 4> Grid System 에서의 비교



<그림 5> Greedy System 에서의 비교



<그림 6> MIS System 에서의 비교

위의 실험결과는 관리할 서버피어의 수가 많은 경우 새로운 슈퍼피어를 선정하여 서버피어를 분배함으로써 네트워크 유지시간 보다 향상됨을 보여준다. 아래 <표 2>는 각 시스템에서 두 가지 에너지 조건에 따른 네트워크 유지시간의 향상비율을 보여준다.

	MAX Battery	Random Battery
Grid 시스템	7 %	19 %
Greedy 시스템	19 %	75 %
MIS 시스템	10 %	13 %

<표 2> 네트워크 유지시간 향상율

위의 실험결과와 같이 네트워크 유지시간이 향상된 것은 슈퍼피어의 서버피어 관리 작업을 새로운 슈퍼피어에게 분배함으로써 관리 비용을 줄였기 때문이다. 즉 슈퍼피어는 서버피어의 파일요청에 대한 query 의 수와 서버피어와의 통신 연결상태를 체크하는 메시지 수를 줄여 에너지 소모를 감소시킬 수 있었다. 따라서 슈퍼피어의 네트워크 참여 시간이 연장되었고, 이는 전체 네트워크 유지 시간을 증가시켰다.

5. 결론

본 논문에서 제안한 서버피어 분배를 통한 에너지 효율적 라우팅 시스템은 슈퍼피어가 일정 수 이상의 서버피어를 관리하는 경우 자신의 서버피어 중 새로운 슈퍼피어를 선정하여 일부 서버피어를 분배해주고, 새로운 슈퍼피어가 그 서버피어들을 관리함으로써 이루어진다. 실험결과 많은 서버피어를 가진 슈퍼피어의 관리 비용을 줄임으로써 에너지 소모 비율을 감소

시키고, 이는 전체 네트워크 유지시간을 증가시켰다. 에너지 효율적인 측면을 고려하여 슈퍼피어 선정과 슈퍼피어가 관리하는 최적의 서브피어의 수에 관한 연구가 더 요구된다.

6. 사사

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

참고문헌

- [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, Oct. 6-9, 2003.
- [2] 한정석, 이광조, 송진우, 양성봉, "Mobile 환경에서 슈퍼피어를 이용한 Mobile 피어-to-피어 System", *정보과학회 추계학술대회*, 2007년 10월.
- [3] 한정석, 이광조, 송진우, 양성봉, "분산 네트워크 환경에서 슈퍼피어를 이용한 Mobile 피어-to-피어 system", *정보처리학회 추계학술대회*, 2007년 11월
- [4] 김성희, 김주균, 이상규, 이준수, "클러스터 P2P 네트워크에서의 최적 슈퍼피어 개수", *한국정보처리학회논문지 C, Vol.13, No.4*, pp.481-490, 2006
- [5]. C. Perkins, E. Royer, and S. Das, Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing, <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manetaodv-11.txt>, IETF Internet Draft (work in progress), June 2002.
- [6]. A.T. Mizrak, Y. Cheng, V. Kumar, and S. Savage "Structured Superpeers: Leveraging Heterogeneity to Provide Constant-Time Lookup," Computer Science and Engineering Division, Univ. of California, San Diego, 2003.