

MANET에서의 Cross-Layer 디자인을 사용한 효율적인 P2P 시스템

정회원 박 호 현*, 최 현 덕*, 종신회원 우 미 애*

An Efficient P2P System Using Cross-Layer Design for MANETs

Ho-Hyun Park*, Hyun-Duk Choi* *Regular Members*, Miae Woo* *Lifelong Member*

요 약

유비쿼터스 환경은 피어간의 연결, 이동이 전제되는 환경 등의 특징을 가지고 있다. 이러한 특징은 peer-to-peer (P2P) 시스템과 이동 애드혹 네트워크 (MANET)로 표현될 수 있다. P2P 시스템과 MANET은 비슷한 특징이 많 이 있어 MANET 환경에서 P2P 시스템 구현은 매력적이다. 그러나 유선망에서 디자인된 P2P 시스템을 그대로 MANET에 적용하는 경우 성능이 만족스럽지 못하다는 것이 연구결과로 입증되었다. 이에 본 논문에서는 cross-layer 디자인을 사용하고 피어의 양호성을 고려하여 MANET 환경에서 만족스러운 성능을 낼 수 있는 P2P 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 라우팅 메트릭과 P2P 메트릭을 사용하여 연결을 유지할 피어를 선택하고, 피 어 정보를 능동적으로 전달한다. 모의실험 결과, 제안한 방안은 라우팅 경로를 줄임으로써 쿼리 성공률, 쿼리 응 답시간, 에너지 소모량에서 좋은 성능을 보여주었다.

Key Words : Peer-to-peer system; Mobile Ad Hoc Network; Cross-layer

ABSTRACT

An ubiquitous environment has features like peer-to-peer and nomadic environments. Such features can be represented by peer-to-peer systems and mobile ad-hoc networks. P2P systems and MANETs share similar features, appealing for implementing P2P systems in MANET environment. However, if a P2P system designed for wired networks was applied to mobile ad-hoc environment, its performance was not good enough. Subsequently, this paper proposes a P2P system to improve performance using cross-layer design and the goodness of a node as a peer by using routing metric and P2P metric to choose favorable peers to connect. It also utilizes proactive approach for distributing peer information. The simulation results showed that the proposed system produced better performance in query success rate, query response time and energy consumption by reducing the routing path length.

1. 서 론

전통적인 인터넷 기반 서비스의 패러다임은 클라

이언트-서버 환경이었으나, 이러한 패러다임은 최근 들어 유비쿼터스 컴퓨팅 환경으로 변하고 있다. 유 비쿼터스 환경은 peer-to-peer 환경과 이동성 환경

* 본 연구는 지식경제 프론티어기술개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크원천기반기술개발사업의 09C1-C2-10M 과제로 지원된 것임

* 세종대학교 정보통신공학과 (mawoo@sejong.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-02-072, 접수일자 : 2008년 2월 11일, 최종논문접수일자 : 2009년 7월 6일

같은 특징을 지니고 있다. 유망한 이동성 환경 중 하나가 1970년대에 DARPA 패킷 라디오 네트워크에서부터 개념적으로 시작된 이동 애드혹 망(mobile ad-hoc network; MANET)이다. Peer-to-peer (P2P) 시스템은 1990년대 중반에 등장하여 현재 자원 공유 시스템으로 많이 사용되고 있고, 인터넷 백본에 상당량의 트래픽을 유발하고 있다¹¹. P2P 시스템에는 여러 가지 종류가 있는 데, 그 중 가장 많이 사용되는 시스템 중 하나가 Gnutella¹²이다.

무선 애드혹 망과 P2P 시스템은 여러 가지 공통점이 있다³. 공통점 중 하나는 자가 형성이다. 무선 애드혹 망과 P2P 시스템에서 각각의 엔터티들은 자신 스스로 네트워크나 시스템을 구성한다. 무선 애드혹 망과 P2P 시스템 모두 네트워크 토폴로지가 동적으로 변한다는 공통점도 있다. 또한 동작이 분산적인 환경에서 생성, 전달되는 라우팅 쿼리를 통하여 이루어진다는 점도 공통점이다. 이러한 공통점들은 각각의 엔터티들이 특정한 관리 엔터티 없이 어떻게 서로 통신을 하느냐는 문제를 제기한다. MANET과 P2P 시스템 모두 분산적이고 비구조적인 특성 때문에 메시지를 전달하는 것은 쉽지 않은 문제다. MANET은 한정된 자원 위에서 동작하기 때문에 유선 인터넷과 비교하여 쿼리 성공률은 낮아지고 P2P 시스템의 연결성은 저하된다. Gnutella를 MANET에서 수정 없이 바로 구현하는 경우, 오버헤드 발생이 높고 평균 오버레이 연결성이 떨어져 Gnutella의 성능이 만족스럽지 못하다는 것이 증명되었다⁴¹.

MANET에서의 Gnutella 기반 P2P 시스템들에 대한 여러 연구가 진행되어 왔다⁴⁻⁷. 애드혹 망에 P2P 시스템을 적용하여 여러 가지 애드혹 라우팅 프로토콜들에 대해 부하, 이동성, 망의 밀도, 피어 수 등에 따른 성능을 분석한 연구도 있다⁵. 애드혹 망이 P2P 시스템에 미치는 영향에 대해 검색 성공률, 응답 시간, 오버헤드의 관점에서 평가한 결과도 있다⁶. P2P 시스템에 메트릭 값 개념을 도입하여 Gnutella를 개선하는 방안⁷도 제안되었다. 또한 P2P 플랫폼과 네트워크 계층의 반응적 라우팅 에이전트와의 상호작용을 통하여 오버레이 네트워크의 관리를 단순화하여 결과적으로 생성되는 오버레이 네트워크의 품질을 개선하는 방안⁴¹도 제안되었다.

본 논문에서는 cross-layer 개념을 도입하여 라우팅 테이블을 참조하여 연결할 울트라피어를 선택하는 방법을 사용한 MANET에서의 P2P 시스템 성능 개선 방안을 제안한다. 반응적 라우팅 프로토콜을

사용한 방안⁴¹과는 달리 본 논문에서는 능동적 라우팅 방안을 고려했다. 또한 연결 대상의 울트라피어를 선정하는 데에 P2P 시스템에서의 메트릭⁷도 고려하였다. 모의실험 결과에 의하면, 본 논문에서 제안한 P2P 시스템은 Gnutella나 P2P 메트릭만을 사용한 시스템⁷보다 경로 거리, 쿼리 성공률, 쿼리 응답 시간, 에너지 소모량에서 더 좋은 성능을 보였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2절에서는 제안하는 P2P 시스템을 설명한다. 3절에서는 모의실험 환경에 대하여 설명하고, 4절에서 모의실험 결과를 토대로 제안된 시스템의 성능을 평가한다. 마지막으로 5절에서 본 논문을 맺는다.

II. 제안하는 P2P 시스템

본 논문에서 제안하는 P2P 시스템은 울트라피어(ultrapeer)와 리프(leaf)로 구성되는 계층적 피어구조를 갖는 Gnutella와 P2P 메트릭을 사용한 시스템⁷에 기반을 두고, 효율적인 오버레이 네트워크 구성에 초점을 두었다. 제안하는 시스템의 개략적인 구조는 그림 1과 같다. 효율적인 오버레이 네트워크를 형성하는 데에 있어서, 울트라피어의 적합성을 판단하는 기준으로 네트워크 계층의 라우팅 메트릭과 응용 계층인 P2P 시스템에서의 P2P 메트릭 값을 사용한다. 본 논문에서 사용하는 cross-layer 디자인 접근 방법이 바로 P2P 시스템에서 라우팅 메트릭을 사용하는 것이다. 제안하는 P2P 시스템에서

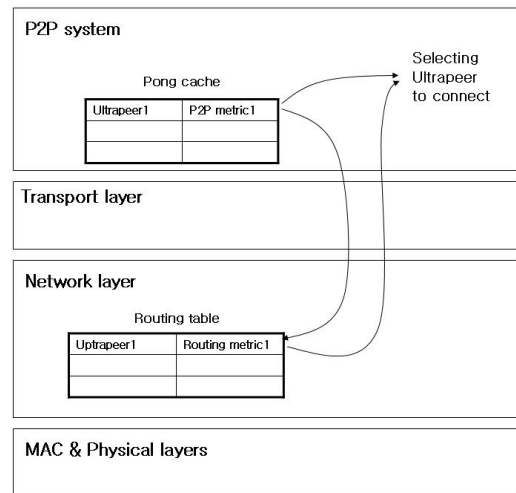


그림 1. 제안 시스템의 구성도

사용하는 피어 선정 과정, P2P 메트릭, 전반적인 동작 수순을 이 절에서 설명한다.

2.1 연결할 울트라피어의 선정

제안하는 시스템에서 연결할 울트라피어를 선택하는 절차는 두 단계로 이루어져 있다. 첫 번째 단계에서, P2P 시스템은 자신의 pong 캐쉬에 있는 모든 울트라피어에 대한 라우팅 메트릭 값을 네트워크 계층에 위치한 라우팅 테이블로부터 알아내어 정렬한다. 가장 작은 라우팅 메트릭 값을 갖는 울트라피어가 제일 먼저 선택된다. 만일 현재 자신과 울트라피어와의 연결 수가 연결을 맺을 수 있는 최대치에 도달하지 않고, 선택된 울트라피어와의 연결이 설정되어있지 않다면, 선택된 울트라피어와의 연결을 시도한다. 만일 여러 울트라피어가 동일한 라우팅 메트릭 값을 갖는다면, 울트라피어 선택 절차는 두 번째 단계로 넘어가, P2P 메트릭 값에 의거하여 연결할 울트라피어를 선택한다. 이 단계에서는 P2P 메트릭 값이 높은 울트라피어가 선택된다.

2.2 P2P 메트릭

P2P 메트릭 값은 P2P 시스템의 관점에서 피어의 적합성을 판단하는 데 사용된다. P2P 메트릭 값은 크게 노드의 freeloader 여부, 잔여 에너지 비율, 연결성으로 구성된다. 사용된 P2P 메트릭 값은 식 (1)과 같다.

$$W_i = f \left(\beta \frac{E_{cur_i}}{E_{max}} + (1 - \beta) \frac{U_i}{U_{max}} \right) \quad (1)$$

식 (1)에서 f 는 노드 i 가 freeloader인지의 여부를 나타낸다. 노드 i 가 freeloader인 경우 f 의 값은 0로 설정된다. E_{cur_i} 는 노드 i 의 잔여 에너지양이고, E_{max} 는 시스템 내의 노드가 가질 수 있는 최대 에너지양이다. 따라서 E_{cur_i}/E_{max} 는 노드 i 의 상대적 잔여 에너지 율이다. U_i 는 노드 i 와 현재 연결이 성립된 울트라피어의 개수이고, U_{max} 는 노드들이 연결을 맺을 수 있는 울트라피어의 최대 수이다. 그러므로 U_i/U_{max} 는 노드 i 의 연결성을 나타낸다. 연결성이 높을수록, 해당 노드는 P2P 시스템에서 ping이나 쿼리 메시지를 잘 전달할 수 있어서 query hit이 일어날 확률이 높아진다. β 는 잔여 에너지 율과 연결성 간의 가중치를 주는 역할을 한다.

2.3 능동적 울트라피어 광고 방식

Gnutella 망에 연결된 피어들은 다른 피어를 탐색하기 위해 Ping 메시지를 전송한다. Ping을 수신한 노드들은 Pong 메시지로 응답하는 데, 응답 노드의 pong 캐쉬에 있는 항목 수만큼의 Pong 메시지가 발생된다. 따라서 Gnutella에서의 ping-pong 동작방식은 많은 트래픽을 유발한다.

전달되는 ping과 pong 메시지 수를 줄이기 위하여 본 논문에서는 울트라피어 광고 방식을 도입한다. 울트라피어 광고는 울트라피어가 자신의 존재를 다른 울트라피어에게 능동적으로 알리기 위하여 사용하는 방안이다. 울트라피어 광고 방안을 구현하기 위하여 UADV (ultrapeer advertisement) 메시지를 사용한다. UADV 메시지는 Gnutella의 Pong 메시지를 변형한 것으로, P2P 메트릭 값을 포함하는 피어의 정보를 실을 수 있는 영역이 있다. 연결 설정이 필요한 울트라피어는 자신의 정보를 UADV 메시지를 사용하여 능동적으로 알린다. UADV 메시지를 받은 울트라피어는 UADV 메시지를 송신한 울트라피어와 연결을 시도한다. 능동적 울트라피어 광고방식에서는 하나의 울트라피어에 대한 정보만을 전달하므로, ping-pong 동작방식 보다 오버헤드를 많이 줄일 수 있다. 또한 울트라피어들 간에 Ping 메시지를 flooding할 필요가 없어진다. 울트라피어와 리프간의 동작방식은 Gnutella에서와 같이 ping-pong 동작을 사용한다.

2.4 P2P 시스템에서 P2P 메트릭 값 전달 방식

제안하는 시스템이 동작하기 위해서 각 피어 노드는 자신의 P2P 메트릭 값을 유지해야 하고, 다른 피어들의 최신 P2P 메트릭 값을 알 필요가 있다.

피어 노드가 처음으로 P2P 시스템에 접속할 때는 bootstrapping 동작을 수행한다. 피어는 bootstrap 서버에게 자신의 주소와 P2P 메트릭 값을 알려준다. 만일 P2P 시스템에 접속하는 피어가 리프로 동작하기를 원한다면, bootstrapping할 당시의 P2P 메트릭 값을 0으로 설정하여 사용한다. 피어의 정보를 수신한 bootstrap 서버는 정보에서 제공된 P2P 메트릭 값이 0이 아니면 자신의 캐쉬에 해당 피어의 정보를 저장한다. Bootstrap 서버는 새로 접속하는 피어에게 현재 동작하는 피어의 정보, 즉 주소와 P2P 메트릭 값을 제공한다.

울트라피어들 간의 P2P 메트릭 값 전달에는 앞서 언급한 바와 같이 UADV 메시지를 사용한다. 울트라피어와 리프 간에는 P2P 메트릭 값은 P2P

메트릭 값을 실을 수 있는 영역을 추가한 Pong 메시지를 사용하여 전달한다. UADV와 Pong 메시지 이외에도 bootcache 갱신, 핸드셰이킹 등의 과정을 통하여 P2P 메트릭 값을 다른 피어에게 알릴 수 있다.

III. 모의실험환경

모의실험을 위한 시뮬레이터로는 Network Simulator (ns-2 version 2.26)^[8]를 사용하였다. 모의실험에서 3000 미터 × 600 미터 영역에 100개의 무선 이동 노드가 애드혹 네트워크를 구성하도록 설정하였다. 전체 모의실험 시간은 300초로 설정하였다. 모의실험에서 사용한 링크 계층은 IEEE 802.11 표준이다. 대역폭은 2 Mbps로 설정하였고, 신호의 전송범위는 250 미터로 설정하였다.

이동 노드들은 random waypoint model에 따라 움직이도록 설정하였다. Random waypoint model은 노드의 이동 패턴을 정지시간 (pause time)과 최대 노드 속도로 규정한다. 모의실험은 0초, 30초, 60초, 120초, 300초의 다섯 가지 정지시간을 사용하였고, 이동 노드의 최대 속도는 초당 1미터와 초당 20미터, 두 가지 경우의 이동속도를 고려하였다. 따라서 정지시간과 최대 노드 속도에 대하여 총 10가지 조합에 대한 모의실험이 수행되었다.

각각의 이동 노드가 모의실험을 시작할 때 갖는 초기 에너지량은 80~100 주울 (Joule) 사이의 유니폼 분포에서 랜덤한 값을 선택하여 설정하였다. 이렇게 함으로써 초기에 동일한 에너지량을 갖도록 설정한 이전 연구^[7]보다 현실적인 상황을 본 논문에서는 설정 가능하게 하였다. 패킷 전송 시 소모되는 에너지량은 0.66 주울, 패킷 수신 시 소모되는 에너지량은 0.395 주울, idle 상태에서의 에너지 소모량은 0.035 주울로 설정하였다.

애드혹 네트워크에서 사용하는 능동적 라우팅 프로토콜로는 이전의 연구 결과^[6]에 따라 DSDV를 사용하였다. DSDV에서 라우팅 갱신 주기는 15초로 설정하였고, triggered update가 일어날 수 있는 최소 시간은 1초로 설정하였다.

P2P 시스템에 참여하여 동작하는 이동 노드의 수는 전체 100 노드 중 60 노드로 제한하고, 나머지 40개 노드는 애드혹 네트워크의 형성에만 참여하도록 하였다. P2P 노드들 중 울트라피어 대 리프 노드의 비율을 1:3로 설정하였고, 리프 노드들 중 1/3은 freeloader로 설정하였다. 각각의 P2P 노드에

대하여, ping timeout 값은 30초로 설정하였다. 모의실험에서 사용한 Gnutella 시스템은 Gnutella-Sim^[9]이다. 각각의 Gnutella 메시지에 대하여 초기 TTL 값은 7로 설정하였다. 제안한 시스템에서 UADV 메시지를 보내는 최소 주기는 30초로 설정하고, U_{max} 값은 4로 설정하였다. 식 (1)의 β 값은 0.7로 설정하였다.

IV. 성능분석

이 절에서는 앞 절에서 기술한 대로 모의실험 환경을 설정한 후, 시뮬레이션을 수행한 결과를 제안한 시스템과 Gnutella, P2P 메트릭 만을 사용한 시스템^[7]과 비교 분석한다. 성능분석에 사용한 측정치에는 평균 경로 길이, 평균 쿼리 성공률, 평균 쿼리 응답 시간, 평균 에너지 소모량이 있다.

평균 경로 길이는 P2P 시스템에서 연결을 맺은 피어들 간의 라우팅 홉 수의 평균값으로, 측정 결과는 그림 2에 있다. 제안한 시스템은 최대 노드 속도가 1 m/sec인 경우와 20 m/sec인 경우 연결 경로의 평균 홉 수가 Gnutella보다는 각각 15%, 19% 적은 홉 수를 기록하였고, P2P 메트릭만 사용한 시스템보다는 16%와 12% 적은 홉 수를 기록하였다. 이 결과는 P2P 연결설정에 라우팅 메트릭을 사용하는 장점을 명확히 보여준다. 제안한 시스템에서는 각각의 피어가 자신에 가까이 위치한 피어를 선택하여 연결함으로써 다른 P2P 시스템보다 경로의 홉 수를 줄일 수 있었다.

평균 쿼리 성공률은 전송된 쿼리에 대하여 하나 이상의 query hit을 받은 비율을 나타낸다. 쿼리 성공률의 결과는 그림 3과 같다. 최대 이동 노드 속도가 초당 1 미터인 경우 제안한 시스템은 Gnutella 보다 평균 32%, P2P 메트릭 만을 사용한 시스템보

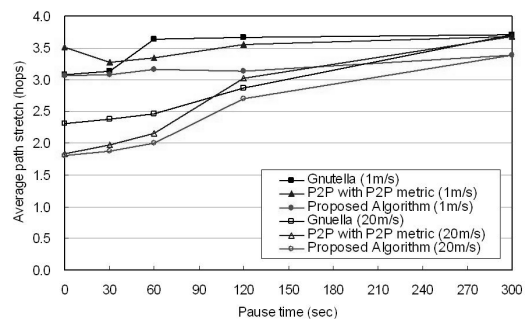


그림 2. 경로의 평균 홉 수

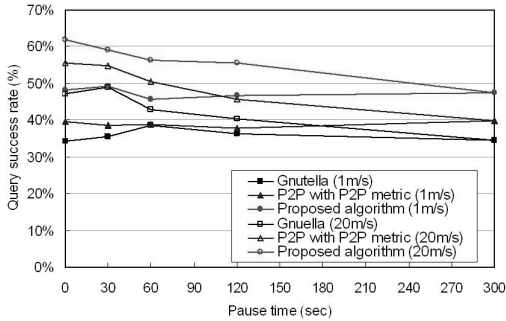


그림 3. 쿼리 성공률

다는 21% 높은 쿼리 성공률을 기록하였다. 또한 최대 노드 속도가 초당 20 미터인 경우에도 비슷하게 쿼리 성공률이 향상되어서, Gnutella보다는 33%, P2P 메트릭만 사용한 시스템보다는 16%의 높은 쿼리 성공률을 보였다. 이러한 높은 쿼리 성공률은 라우팅 메트릭을 사용하여 연결할 울트라피어를 선택하는 경우, 리프들이 홉 수 측면에서 가까이 위치한 울트라피어에 우선적으로 연결하기 때문이다. 모의실험에서 가장 높은 쿼리 성공률은 최대 이동 속도가 초당 20 미터이고 정지시간이 0초일 경우였다. 이러한 경우에 높은 쿼리 성공률을 보인 이유는 이동 노드의 이동성이 높아짐에 따라 네트워크의 분할이 지속되지 않을 확률이 높아지기 때문이다. 정지시간이 길어짐에 따라 쿼리 성공률이 떨어짐을 결과에서 확인할 수 있다.

다음으로는 쿼리 응답 시간을 알아본다. 평균 쿼리 응답 시간은 쿼리가 전송된 시간부터 해당 query hit이 쿼리를 보낸 노드에 도달할 때까지의 지연시간이다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 제안한 시스템은 Gnutella보다 최대 노드 속도가 초당 1 미터인 경우에는 42%, 초당 20 미터인 경우에는 59% 더 빠른 쿼리 응답 시간을 기록하였다. 또한 P2P 메트릭만 사용한 시스템과 비교한 경우에도 최대 이동 노드의 시간에 따라 각각 26%, 33%의 빠른 쿼리 응답시간을 기록하였다. 이러한 모의실험 결과에 따르면, 연결할 울트라피어를 선정하는 데 있어서 라우팅 메트릭을 고려하는 효과가 명백히 입증되었다고 할 수 있다.

평균 에너지 소모량은 모의실험 기간 동안 이동 노드의 배터리 소모량의 평균치이다. P2P 시스템에서 시뮬레이션 시간 동안 피어들이 소비한 평균 에너지 소비량은 그림 5와 같다. 제안한 시스템은 Gnutella보다는 최대 노드 속도가 1 m/sec일 때는

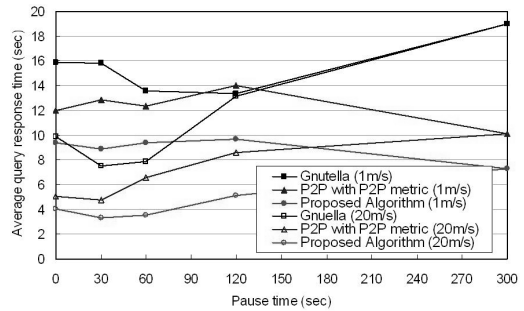


그림 4. 평균 쿼리 응답 시간

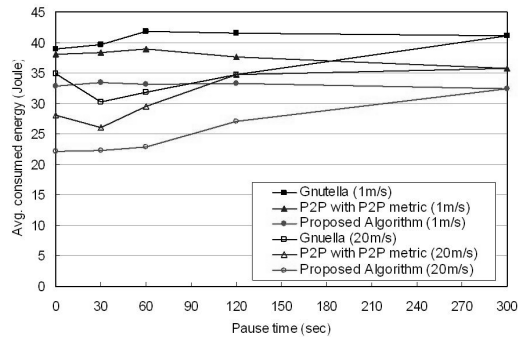


그림 5. 평균 소모 에너지 양

18%, 20 m/sec일 때는 26% 에너지 효율이 높았다. 또한 P2P 메트릭 만을 사용한 시스템보다는 1 m/sec와 20 m/sec인 경우 각각 16%와 18% 높은 에너지 효율을 보였다. 이러한 결과는 연결된 피어들의 근접성에서 기인한 성능향상으로 볼 수 있다. 좀 더 지리적으로 가까운 울트라피어를 선택하여 연결을 형성함으로써, 상응하는 피어들 간에 메시지를 전달하기 위한 라우팅에 필요한 이동 노드들의 홉수를 그림 2의 결과와 같이 줄임으로써 전체적으로 메시지 송수신에 소비되는 에너지양을 감소시킬 수 있었다. 에너지 소비가 최대 노드 속도가 20 m/sec일 때가 1 m/sec일 때보다 적은 이유는 연결이 성공적으로 이루어지기 전에 ping timer가 reset 되어 ping/pong 메시지를 많이 발생하지 않기 때문이다.

V. 결론

본 논문에서는 애드혹 네트워크에서 효율적으로 동작할 수 있는 Gnutella 시스템에 기반을 둔 새로운 P2P 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템의 목

적은 라우팅 메트릭 값을 P2P 연결 설정에 활용하여 효율적인 오버레이 네트워크를 구성할 수 있는 울트라피어를 선택하게 하여 P2P 시스템의 성능을 증대시키는 데 있다. 또한 울트라피어에 대한 최신 정보를 능동적으로 제공하는 방안도 도입하여 기존의 Gnutella 시스템에서 반응적으로 동작하는 ping/pong 메시지의 양을 큰 폭으로 줄일 수 있게 하였다. 모의실험의 결과에 입각하여 분석한 결과, 제안한 P2P 시스템은 P2P 오버레이 네트워크를 효율적으로 구성할 수 있었고, 결과적으로 평균 쿼리 성공률과 쿼리 응답 시간에서 우월한 성능을 보였다. 또한 에너지 소모량을 감소시킴으로써 MANET의 시스템 수명시간을 연장시키는 성과도 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] C. Fraleigh, S. Moon, B. Lyles, C. Cotton, M. Khan, D. Moll, R. Rockell, T. Seely and C. Diot, "Packet-level traffic measurements from the sprint IP backbone," *IEEE Network*, 17(6), pp. 6 - 16, Nov. 2003.
- [2] Gnutella, <http://www.gnutella.com/>
- [3] R. Schollmeier, I. Gruber and M. Finkenzeller, "Routing in Mobile Ad Hoc and Peer-to-Peer Networks. A Comparison," in *Workshop on Peer-to-Peer Computing*, May 2002.
- [4] M. Conti, E. Gregori and G. Turi, "A Cross-Layer Optimization of Gnutella for Mobile Ad hoc Networks," in *Proc. MobiHoc '05*, May 2005.
- [5] L. B. Oliveira, I. G. Siqueira and A. A. F. Loureiro, "Evaluation of Ad-hoc Routing Protocols under a Peer-to-Peer Application," in *Proc. WCNC 2003*, pp. 1143 - 1148, 2003.
- [6] H. Choi, H. Park and M. Woo, "Performance Analysis of Peer-to-Peer Application in Ad-Hoc Networks," in *Proc. ITST 2005*, pp. 49 - 52, June 2005.
- [7] 최현덕, 박호현, 우미애, "애드혹 망에서 효율적인 P2P 시스템," *한국통신학회논문지*, 32(4), pp. 200-207, 2007. 4.
- [8] K. Fall, K. Varadhan, editors. ns notes and documentation. The VINT Project, UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC,

available from <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>, Nov. 1997.

- [9] Packet-level Peer-to-Peer Simulation Framework and GnutellaSim version 1.1, <http://www.cc.gatech.edu/computing/compass/gnutella>, Sep. 2003.

박 호 현 (Ho-Hyun Park)

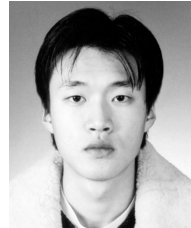
정회원



2005년 8월 세종대학교 정보통신공학과
 2007년 8월 세종대학교 정보통신 공학과 석사
 2008년 6월~현재 : FIH 연구원
 <관심분야> 무선이동 네트워크, Cross-Layer Communication

최 현 덕 (Hyun-Duk Choi)

정회원



2004년 2월 세종대학교 정보통신 공학과
 2006년 2월 세종대학교 정보통신 공학과 석사
 2006년 3월~현재 (주) 엠엠씨 테크놀로지 연구원
 <관심분야> Ad-Hoc Network, Mobile IPv6, P2P Application

우 미 애 (Miae Woo)

종신회원



1985년 2월 연세대학교 전자공학과
 1991년 12월 미국 Purdue 대학교 전기컴퓨터공학과 석사
 1995년 12월 : 미국 Purdue 대학교 전기컴퓨터공학과 박사
 1985년~1989년 DACOM 연구원
 1996년~1998년 삼성전자(주) 수석연구원
 1998년~현재 세종대학교 정보통신공학과 교수
 <관심분야> 네트워크 구조 및 프로토콜, 이동 망