

# Peer-to-Peer 응용을 위한 모바일 에드혹 라우팅 프로토콜\*

송점기<sup>0\*\*</sup>, 정홍종<sup>\*\*</sup>, 김동균<sup>\*\*</sup>, 김병엽<sup>\*\*\*</sup>

경북대학교 공과대학 컴퓨터공학과<sup>\*\*</sup>, 한국전자통신연구원<sup>\*\*\*</sup>

{jeomki, hongjong, dongkyun}@monet.knu.ac.kr, skylane@etri.re.kr

## Mobile Ad-Hoc Routing Protocol for Peer-to-Peer Applications\*

Jeomki Song<sup>0\*\*</sup>, Hongjong Jeong<sup>\*\*</sup>, Dongkyun Kim<sup>\*\*</sup> and Byungyeob Kim<sup>\*\*\*</sup>

Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University<sup>\*\*</sup>

Electronics and Telecommunications Research Institute<sup>\*\*\*</sup>

### 요 약

최근 MANET(Mobile Ad-hoc Networks)에서의 P2P 응용을 이용한 서비스 개발이 활발히 진행 중이다. 이와 함께 에드혹 환경에서의 적합한 P2P 모델에 관한 연구로 기존 P2P 모델인 Gnutella, DHT등을 에드혹에 적용한 연구 역시 활발히 이루어지고 있다. 본 논문에서는 on-demand 방식의 에드혹 라우팅 프로토콜인 AODV(Ad-hoc On-Demand Distance Vector)상에서, 대표적인 P2P 응용인 Gnutella의 동작 과정을 통해 P2P 응용이 갖는 문제점을 분석하고, P2P 응용의 검색과정에서 발생하는 오버헤드를 줄이기 위한 방안을 제안한다. 그리고 위의 연구 결과를 바탕으로 현재 IPv6 AODV상에서 MANET을 위한 응용인 DiPP(Fully Distributed Peer-to-Peer)시스템을 구현한다. DiPP 시스템은 MANET상에서의 메시지와 파일 공유를 위한 기능을 위해 동작한다.

### 1. 서 론

Mobile Ad-hoc Network(MANET)은 제한된 무선 전송 범위를 가진 노드들간의 상호 작용을 통해 멀티 홉 노드와의 통신이 가능한 네트워크이다. 현재까지 MANET에서의 연구는 라우팅 프로토콜에 관한 것이 대부분이었다. 하지만 최근에는 이러한 기존의 연구들을 바탕으로 MANET의 특징을 잘 활용 할 수 있는 응용에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

Peer-to-Peer(P2P) 응용 또한 네트워크에서 노드들을 관리하기 위한 서버 없이 노드들간의 상호작용으로 네트워크를 구성한다. 각 노드들은 클라이언트 일뿐만 아니라, 서버로서의 역할도 수행하는데 이러한 기능을 수행하는 노드를 피어(Peer)라고 부른다.

MANET과 P2P 응용은 몇 가지 유사점을 갖는다[1]. 두 네트워크 모두 중심적인 역할을 수행하는 서버의 관리 없이 가입과 탈퇴를 반복하는 자유로운 노드들의 상호작용으로 동적인 네트워크를 유지한다. 이러한 공통점으로 인해, P2P 응용은 MANET에 적합한 응용의 형태가 될 수 있다.

본 논문에서는 on-demand 방식의 MANET 라우팅 프로토콜인 AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector)상에서 Gnutella의 동작을 분석하여, AODV6상에서 P2P

응용의 효율적인 동작방안을 찾는다. 그리고 위의 모델을 기반으로 하여 구현중인 MANET상의 P2P 기반의 응용인 DiPP(fully Distributed Peer-to-Peer)시스템을 소개한다. 2절에서는 MANET 상에서 P2P를 모델로 제안된 응용과 프로토콜에 대해 살펴본다. 3절에서는 AODV6상에서의 P2P 모델에 대한 제안과 성능향상을 위한 방안을 제시한다. 4절에서는 현재 구현중인 DiPP 시스템에 대해 설명하고, 마지막으로 5절에서는 결론을 맺는다.

### 2. 에드혹 네트워크에서의 P2P

P2P는 동등한 역할을 수행하는 노드들로 구성된 분산 응용을 구성하는 방법으로 모든 노드들은 서버인 동시에 클라이언트의 역할을 수행한다. 또한 서버에 의한 관리나 통제가 필요 없어 Ad-hoc 네트워크를 기반으로 한 개발에 사용되고 있다. 대표적인 P2P 응용들에는 Napster, Gnutella, Freenet, 소리바다등이 있다.

ORION(Optimized Routing Independent Overlay Network)검색 알고리즘은 MANET상에서의 키워드 기반의 파일 검색 알고리즘이다[2]. ORION은 MANET상에서 효과적인 파일 검색을 위하여 응용 계층의 쿼리와 네트워크 계층의 경로 검색 쿼리를 통합하며 두개의 라우팅 테이블(라우팅 테이블, 파일 라우팅 테이블)을 관리한다. 라우팅 테이블은 AODV의 라우팅 테이블과 유사한 구조이며, 파일 라우팅 테이블은 원하는 파일에 대한 경로 정보를 유지한다. 이를 통해, MANET상에서 파일을 탐색하는 정확성을 높이고, 파일 검색에 대한 네트워크의 부

\* 본 논문은 2004년도 한국전자통신연구원(ETRI)의 지원을 받아 수행되었음.

하를 줄여 파일 전송에 대한 신뢰성을 향상시킨다.

MPP(Mobile Peer-to-Peer Protocol)는 MANET에서 P2P응용을 위해 정의된 프로토콜이다[3]. MPP는 다음의 세가지 프로토콜들로 구성된다. 응용계층에서 동작하는 MPP, 네트워크 계층에서 동작하는 EDSR(Enhanced Dynamic Source Routing), 그리고 이 두 프로토콜간의 통신을 위한 MPCP(Mobile Peer Control Protocol)이다. MPP는 Ad-hoc상에서 노드의 이동에 따라 발생하는 링크 실패에 대한 빠른 제어가 가능하다.

### 3. P2P 응용을 위한 라우팅 프로토콜 확장

본 장에서는 Gnutella 방식의 P2P 응용이 AODV6 상에서 동작할 경우에 발생하는 문제점들을 분석하고, 이를 해결하기 위한 방안을 제안한다.

#### 3.1 AODV6에서 Gnutella 검색

AODV6로 구성된 MANET상에서 Gnutella 방식의 Peer들간의 메시지 교환은, 응용계층에서 가상의 Gnutella 네트워크를 구성한 Peer들간에 쿼리 메시지를 브로드캐스트한다. 또한 네트워크 계층에서도 메시지 전송을 위한 경로를 찾기 위해 브로드캐스트 방법을 사용한다[4].

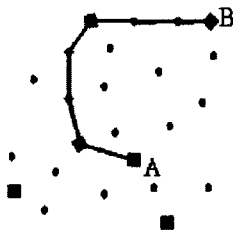


그림 1. AODV6상의 Gnutella 검색

그림 1에서 노드 B가 노드 A가 원하는 파일을 가지고 있는 경우, A는 파일을 찾기 위하여 Gnutella 네트워크 상에서 자신의 이웃 노드들에게 쿼리 메시지를 브로드캐스트한다. 이 과정에서의 검색메시지의 라우팅 경로는 에드혹 네트워크의 토폴로지와는 무관하게 응용계층의 오버레이 네트워크 상에서 작동한다. 이때 수행되는 Gnutella 네트워크상의 브로드캐스트는 TCP를 사용한 유니캐스트로서 구현된다. 이러한 모델에서 라우팅 알고리즘의 복잡도는  $\alpha_n^3$ 이 된다[4].

#### 3.2 AODV6의 확장

AODV6와 Gnutella는 모두 메시지 전송을 위한 방법으로 브로드캐스트를 사용한다. 서로 다른 두 계층에서 메시지 전송을 위해 브로드캐스트를 사용함으로써 네트워크 전체의 메시지 수가 증가하여 무선상에서 대역폭이 낭비된다. 또한 파일 검색 시간을 증가시키는 단점 역시 발생한다. 이러한 문제점은 네트워크 크기가 증가할수록 더욱 심각해진다.

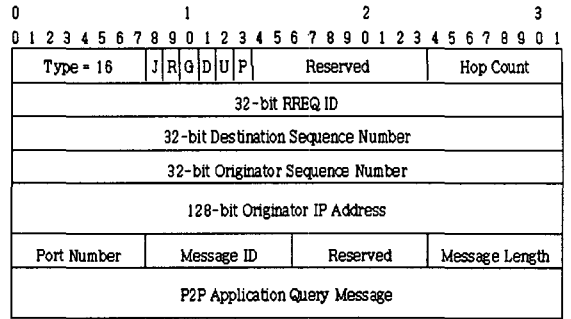


그림 2. P2P를 위한 확장된 RREQ 메시지

AODV6의 경로 탐색을 위한 RREQ 메시지를 P2P 응용의 검색 메시지도 함께 전달할 수 있도록 확장함으로써 파일의 검색과 파일을 가진 목적 노드까지의 경로 탐색을 동시에 할 수 있다. 기존의 RREQ 메시지와 RREP 메시지를 목표의 리소스를 가진 노드까지의 경로 탐색을 위해 확장하는 것이다. 이때, 목표의 리소스는 파일 뿐만 아니라 P2P 응용에서 공유 가능한 모든 리소스를 의미한다. 그림 2는 확장된 AODV6의 RREQ 메시지를 나타낸다. 확장된 RREQ 메시지는 P2P 응용에서 사용하는 검색 메시지를 저장하는 필드, P2P 응용들간에 메시지를 처리할 응용을 구별할 수 있는 포트번호 및 추가된 필드의 길이를 나타내는 필드가 추가되었다. 그리고 RREP 메시지에 RREQ에 저장된 검색 메시지에 응답할 수 있는 필드와 P2P 응용의 검색 메시지를 위해 확장되었는지를 나타내는 P플래그가 추가되었다.

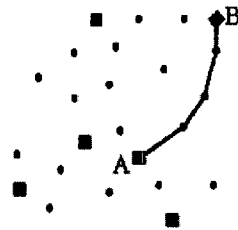


그림 3. AODV6를 통합했을 때의 Gnutella 검색

P2P 응용의 네트워크에 브로드캐스트 되어야 할 검색 메시지를 RREQ 메시지에 포함하여 전송함으로써 응용 계층과 네트워크 계층에서 중복적으로 발생한 브로드캐스트를 하나의 브로드캐스트로 통합한다. 그림 3에서 Gnutella 노드 A가 노드 B가 가진 파일에 대해 RREQ를 사용해 검색했을 때, 그림과 같은 경로를 얻을 수 있다. 이러한 브로드캐스트 모델에서의 라우팅 오버헤드는  $\alpha_n$ 이 된다[4]. 앞서 그림 1에서의 라우팅 오버헤드와 비교할 때 전체적인 브로드캐스트 메시지가 감소한다. 이를 통해 무선 네트워크의 전송 대역폭을 줄이고, 신뢰성 높은 서비스를 제공받는다.

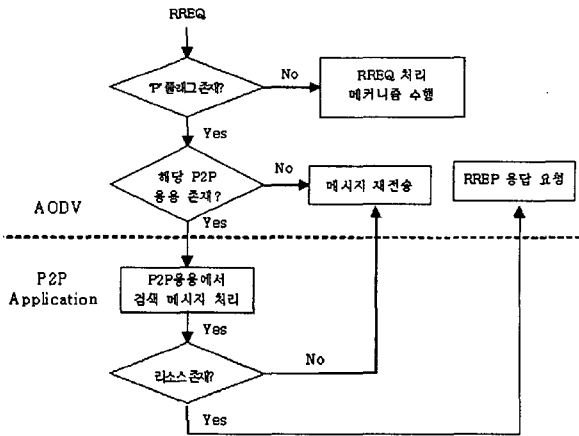


그림 4. RREQ 처리 과정

그림 4는 확장한 AODV상에서 RREQ 메시지 처리과정을 나타낸다. 리소스를 찾고자 하는 P2P 응용이 AODV에게 검색 메시지를 전달한다. AODV는 검색 메시지가 포함된 RREQ 메시지를 수신한 후, 노드가 이를 처리할 수 있는 응용이 존재하는지 확인한다. 검색 메시지를 전달 받은 응용은 자신의 공유 리소스에서 검색하여, 그에 따른 응답메시지를 생성한다. AODV는 이 메시지가 포함된 RREP 메시지를 소스노드의 역방향 루트를 통해 전달한다.

4. DiPP 시스템의 구현

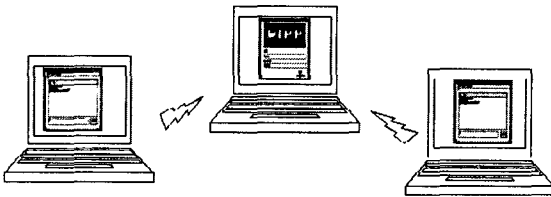


그림 5. DiPP 시스템 실행화면

IPv6 기반의 MANET의 Killer Application이 될 P2P 응용 개발과, MANET에 적합한 응용 모델로서 DiPP(fully Distributed Peer-to-Peer) 시스템을 설계하였다. DiPP 시스템의 기능은 크게 두 가지로서 AODV상에서의 메신저 기능과 P2P 방식의 파일공유 기능이다. DiPP의 메신저 기능은 네트워크상에 있는 피어들의 정보를 수집하고, 이를 바탕으로 다른 사용자들과의 통신이 가능하다. 파일공유 및 검색기능은 세 가지 형태로 설계하여 구현했다. Gnutella 방식의 메시지 브로드캐스트를 사용한 방법, DHT를 사용한 검색방법, 그리고 본 논문에서 제안하는 AODV를 확장한 검색방법이다. 첫 번째로 구현한 Gnutella 방식에서는 공유된 리소스상에서 파일을 찾기 위해 전체 노드에게 검색 메시지를 보냈다. 이러한 방법은 MANET에서의 중복된 메시지를 발생시켜 네트워크의

부하를 크게 증가시켰다. DHT일 경우는 Gnutella가 갖는 오버레이 네트워크의 문제를 해쉬테이블을 사용해 검색 시간을 단축시켰고, 파일 검색의 효율성을 제공했다. 위의 두 가지 방법들과 본 논문에서 제안하는 방법의 구현을 통해, MANET에서의 P2P 응용을 위한 효율적인 검색 및 파일 공유에 대한 방법이 계속 연구되어야 할 것이다.

DiPP 시스템은 ETRI의 IPv6 AODV상에서 동작하며, 그림 5는 Ad-hoc상에서 메신저의 동작을 보여준다. 개발환경으로는 Redhat Linux9.0 (Kernel 2.4.21)에서 C,C++과 X윈도우응 인터페이스를 위해 Qt라이브러리를 사용했다.

5. 결론

AODV기반의 MANET에서 P2P 응용의 검색과정을 살펴보면, P2P 응용의 검색메시지를 브로드캐스트하는 과정에서 경로탐색을 위해 여러 번의 RREQ 메시지가 브로드캐스트 된다. 이로 인해 우선 대역폭이 낭비되고, 검색시간이 증가하게 되며, 우선 단말들의 에너지 소비가 증가한다. 또한 노드의 숫자가 증가함에 따라 검색을 위한 메시지도 증가하게 되어 네트워크를 확장하는데 제약이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 AODV에서 RREQ/RREP 메시지의 확장을 통한 해결책을 제안했다.

제안된 방안이 MANET상에서 P2P응용의 검색과정에서 발생하는 오버헤드를 줄이기 위한 완전한 방안은 아니다. 향후에는 제안된 설계를 통해 오버헤드를 줄이기 위한 연구를 계속 수행할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Leonardo Barbosa e Oliveira, Isaela Guimaraes Siquenira, and Antonio Alfredo Ferreira Loureiro, "Evaluation of ad-hoc routing protocols under a peer-to-peer application," IEEE WCNC 2003, 2003  
 [2] Alexander Klemm, Christoph Lindemann, and Oliver P. Waldhorst, "A Special-Purpose Peer-to-Peer File Sharing System for Mobile Ad Hoc Network," Proc. of IEEE VTC2003 Fall, Orlando, Florida, October 2003  
 [3] Rudiger Schollmeier, Ingo Gruber, and Florian Niethammer, "Protocol for Peer-to-Peer Networking in Mobile Environments," IEEE ICCCN 2003, Dallas, USA, October, 2003  
 [4] Gang Ding, and Bharat Bhargava, "Peer-to-Peer File-sharing over Mobile Ad Hoc Networks," Proc. of IEEE PERCOMW 2004

대역폭을 효율적으로 사용하는 장점을 가지고 있으며, 순수 P2P의 경우 TCP 접속 수를 줄이고, 전달 지연을 감소시키는 장점들을 가지고 있다.

위에서 제안하는 방법으로