위치기반 라우팅을 이용하는 효율적인 MANET P2P 시스템†

임지환*, 오희국*, 김상진**
*한양대학교 컴퓨터공학과
**한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부
e-mail:jhlim@cse.hanyang.ac.kr

A Efficient MANET P2P System using Position-based Routing

Jihwan Lim*, Heekuck Oh*, Sangjin Kim**
*Department of Computer Science a Engineering, Hanyang University
**School of Internet Media Engineering, Korea University of Technology and Education

요 약

MANET(Mobile Ad-hoc Network) 환경에서 P2P(peer to peer) 시스템은 중앙 집중식 서버 구조나 고정된 인프라를 활용할 수 없다는 제약 때문에 효율적인 파일 공유 및 검색을 지원하기 어렵다. 본 논문에서는 위치기반 라우팅의 위치 서비스 메커니즘을 사용하는 MANET P2P 파일 검색 프로토콜을 제안한다. 제안하는 시스템에서 참여 노드들은 응용 계층의 파일 색인 테이블과 네트워크 계층의 라우팅 테이블을 통합한 크로스 레이어 테이블을 유지한다. 참여 노드들은 이를 이용해 플러딩(flooding)을 배제한 파일 검색을 수행할 수 있으며 질의에 검색된 파일은 파일 요청 노드의 지리적인 위치를 고려해 선택되기 때문에 최적화된 라우팅 경로를 형성할 수 있다.

1. 서론

P2P 시스템은 중앙 집중식 서버의 주도적 개입 없이 다수의 사용자간에서만 정보를 공유하는 것을 목표로 한다. 인터넷의 발달로 인해 유선 환경에서의 P2P시스템은 많은 응용을 보이고 있다. 기존 유선환경에서의 P2P 시스템은 네트워크 구조에 따라 크게 넵스터(Napster)[1]와 뉴텔라(Gnutella)[2]의 2가지 형태로 구분할 수 있다. 넵스터는 파일 정보의 색인(index)을 중앙 서버에서 유지/관리하는 구조로 시스템 사용자가 중앙 서버에 접근해 찾고자하는 파일에 대한 정보를 획득할 수 있다. 반면 뉴텔라는 중앙 색인 서버 없이 모든 노드가 공유 파일 정보를 분산하여 가지고 있으며 각자의 질의를 이웃노드에게 플러딩하는 방식으로 파일을 검색한다. 이 방식에서 참여 노드들은 프로토콜마다의 오버레이 토폴로지(overlay topology)를 유지하여 검색의 효율성을 높이고자한다. 순수 P2P를 지향하는 측면에서 뉴텔라와 같은 형태의 P2P 시스템이 더 바람직하겠으나 플러딩에 기반을 둔 비효율적인 서비스 운용이 많은 연구 이슈를 제공하였고 이에 Chord[3], Pastry[4], Tapestry[5], CAN[6] 등의 연구결과들이 소개되었다. 이들은 모두 해쉬함수를 이용하여 파일 및 참여 노드의 유일한 색인을 설정하고 파일 정보를 분산하는 DHT(Distributed Hash Table) 메커니즘을 이용한다.

모바일 애드혹 네트워크는 이동 노드들에 의해 자율적으로 구성되는 기반 구조가 없는 네트워크로서 무선 통신 기술의 발달로 매우 활발한 연구가 진행되고 있다. 참여 노드들은 다중 홉 라우팅을 통해 통신 거리상의 제약을 극복하고 멀리 떨어진 다른 노드와 통신을 할 수 있지만 노드들의 이동성으로 인한 동적 토폴로지 구성은 MANET에서 라우팅에 관한 연구를 더욱 중요하게 만들고 있다.

기존 테이블 기반(table-driven)과 요구 기반(on-demand) 방식의 라우팅 기법들과 다르게 애드혹 위치기반 라우팅은 참여 노드들의 지리적인 위치 정보를 이용하여 효율적인 라우팅을 지원한다. 참여 노드들은 GPS(Global Positioning System)과 같은 장비를 통해 자신의 지리적인 위치를 알 수 있고 여기에 이웃 노드의 위치 정보와 목적 노드의 위치 정보를 이용하여 효율적인 라우팅 경로를 설정할 수 있다[7,8].

P2P 시스템과 MANET은 중앙 집중식 서버가 없는 점, 모든 참여 노드들이 시스템의 원활한 서비스를 위해 협력해야하는 점, 토폴로지 구성이 동적으로 변하는 점 등, 라우팅 경로 및 파일 정보의 효율적인 검색이 필요한 점 등 많은 공통점이 있다. 이에 MANET P2P 시스템에 대한 관심이 높아지고 있는 가운데, 본 논문에서는 특히 위치기반 라우팅을 위한 위치서비스[9-13] 메커니즘이 P2P에서의 파일 정보/색인의 분산과 매우 유사한 요구사항을 지니고 있다는 점에 주목하고 두 시스템이 효율적으로 상호 운용될 수 있는 MANET P2P 시스템을 제안하고자 한다.

† 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터(홈네트워크연구센터) 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음.

2. MANET에서의 P2P 시스템

MANET에 P2P 시스템을 구현하고자 한다면 직관적으로 플러딩에 기반을 둔 파일 검색과 라우팅을 생각할 수 있다. ORION[14]에서는 특정 파일을 찾고자하는 노드는 파일 검색 메시지를 주위 노드들에게 플러딩하고 파일 소유주로부터 응답을 수신하여 라우팅 경로를 따라 파일을 요청하고 수신한다. ORION은 이를 위해 경로 라우팅 테이블과 파일 라우팅 테이블을 유지 관리한다. 하지만 이러한 기법은 파일 검색 및 파일을 수신할 라우팅 경로 탐색에 플러딩을 사용하기 때문에 매우 비효율적이다.

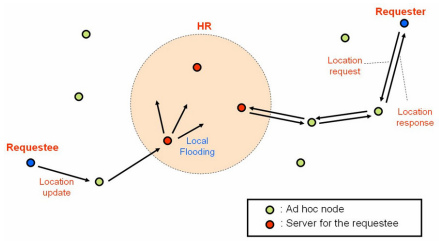
MPP(Mobile Peer-to-Peer protocol)[]는 효율적인 파일 검색을 지원하기위해 오버레이 네트워크를 구성한다. 하지만 오버레이를 활용한 파일 검색은 노드들의 물리적인 위치를 고려하지 않아 실제 라우팅 경로와 파일 검색 요청 경로의 상이성으로 인해 파일 요청 및 전송의 비효율성을 보인다.

DHT 메커니즘을 사용하는 P2P 시스템으로는 Chord, Pastry, Tapestry, CAN 등이 있다. 이중 Chord는 DHT의 장점을 활용한 대표적인 검색 방법 중 하나이다. Chord에서 공유 파일 정보는 SHA-1 해쉬 함수를 사용하여 *m*-bit 식별자를 할당받아 네트워크 전체의 노드들에 분산 저장된다. 즉, 각 노드들은 파일을 공유하기 공유 파일의 색인 *k*를 *successor*에 등록하게 되고 이 공유 파일의 검색을 원하는 노드는 *successor*에게 질의하여 해당 파일을 검색할 수 있다. 하지만 Chord는 MANET의 동적인 토폴로지 특성에 대해 충분히 고려하지 못하였고 결과적으로 노드 이동 및 탈퇴에 따른 색인 정보의 손실이 발생 할 수 있어 안정적인 파일 검색을 지원하지 못한다. 다른 DHT 메커니즘을 사용하는 프로토콜 역시 오버레이를 구성하고 색인 정보 손실을 위한 별도의 메커니즘을 도입하는 등의 응용을 제시하고 있지만 동적인 토폴로지 환경에서 네트워크 계층의 라우팅 경로와 응용 계층의 오버레이 경로의 상이성으로 인한 파일 검색-요청-질의의 비효율성을 완전히 개선하진 못한다.

3. 위치기반 라우팅을 위한 위치 서비스

위치기반 라우팅에서 위치 서비스는 통신을 원하는 특정 노드의 위치정보를 획득하게 해주는 서비스이다. 참여 노드는 특정 노드의 현재 위치를 가지고 있는 위치 서버(location server)에게 질의를 통해 응답받는 형식으로 상대의 위치를 알 수 있게 된다. 기간망이 없는 가운데 위치 서버는 여러 가지 형태로 구성될 수 있으나 특정 노드가 참여 노드 전체의 위치정보를 관리하는 중앙집중식 형태보다는 참여 노드 각각이 일부 노드의 위치정보를 관리하는 분산된 형태의 위치 서버가 더 MANET 환경에 적합하다. 이러한 위치 서비스는 크게 위치 갱신(location update), 위치 요청(location request), 위치 응답(location response)의 3가지 요소로 구성되어있다. 우선, 위치 갱신은 네트워크에 참여한 노드들이 일정한 주기로 또는 이전 위치로부터 일정 거리 이상 이동했을 경우 현재 자신의 위치를 위치 서버에게 보고하여 최신 위치를 갱신하는 것을 말한다. 위치 요청은 임의 노드가 다른 참여 노드와 통신하기 위해 해당 노드의 위치 정보를 위치 서버에게 요청하는 것을 말한다. 위치 응답은 이 요청에 대해 위치 서버가 해당 노드의 위치 정보를 요청 노드에게 응답해 주는 것을 말한다.

HR(Home Region) 기반 위치 서비스[10-12]에서 노드는 그림 1과 같은 HR을 가진다. 모든 노드는 각기 다른 HR을 가지고 있으며 HR의 중심(fixed center)은 노드의 ID를 해쉬(hash)해서 얻어낼 수 있다. 특정 노드의 위치 정보를 획득하길 원하는 노드는 그 노드의 HR에 요청 메시지를 보내어 위치 정보를 획득할 수 있다. 모든 노드는 일정 주기로 또는 이전에 보고했던 위치로부터 일정 거리이상 이동하게 되면 자신의 HR에 위치 갱신 메시지를 전송하여 자신의 현재 위치를 갱신한다. 그림 1에서처럼 노드는 자신의 HR에 자신의 현재 위치를 갱신하고 이 노드의 위치 정보를 원하는 다른 노드는 이 노드의 ID와 해쉬 관계에 있는 HR로 요청 메시지를 보내 해당 노드의 위치 정보를 획득할 수 있다. HR내의 노드들은 로컬 플러딩(local flooding)을 통해 위치 정보를 공유한다.



(그림 1) HR 기반 위치 서비스 스킴

4. 제안하는 MANET P2P 시스템

본 논문에서는 응용 계층의 파일 색인 테이블과 네트워크 계층의 라우팅 테이블을 하나의 크로스 레이어 테이블로 관리하여 효율적인 파일 검색 및 라우팅을 지원하는 MANET P2P 시스템을 제안한다.

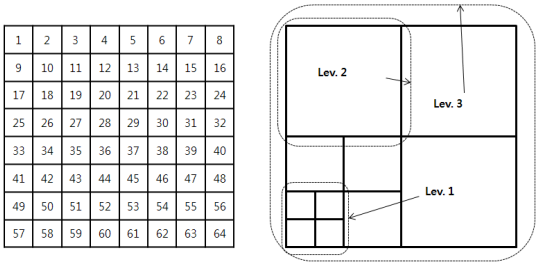
- **시스템 가정 및 환경**

  제안하는 MANET P2P 시스템에서는 MANET 위치기반 라우팅[7,8,15]에서 사용하는 일반적인 시스템 환경을 가정한다. 다만 전체 네트워크는 지리적인 위치에 따라 그림 2와 같이 그리드 형식으로 분할되고 그리드의 범위에 따라 계층구조로 정의된다.

- **공유 파일 등록 및 검색**

  1. 각 노드의 위치 서버와 파일 색인 서버는 노드 현재 위치의 *Lev. 1*에 해당하는 구역들 중 하나의 특정 구역에 존재하는 모든 노드들이 되며 이 구역을 책

임 지역 *RR*(Responsible Region)이라고 정의한다. 즉 노드는 네트워크 신규 가입 시나 새로운 파일을 등록할 때 *Lev. 1* 구역 내에서 공유 파일의 해쉬 값을 기준으로 *RR*을 결정하고 *RR*에 파일 정보를 등록한다. 이후 *Lev. 1 RR* 내의 노드들은 *Lev. 2 RR*



(그림 2) 제안하는 스킴의 네트워크 계층 구조

내의 노드들에게 파일 정보를 등록하고 다시 *Lev. 2 RR* 노드들은 *Lev. 3 RR* 내의 노드에게 파일 정보를 등록한다.

각 레벨별 RR은 다음과 같이 계산된다.

Lev. 1 RR_ID = H(*Node ID*, *CL*, 1)

Lev. 2 RR_ID = H(*Node ID*, *CL*, 2)

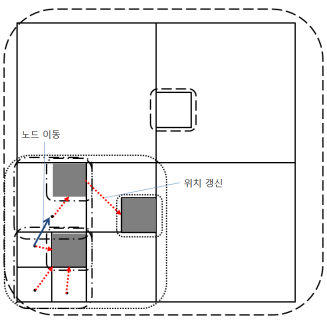
Lev. 3 RR_ID = H(*Node ID*, *CL*, 3)

*CL(Current Location)*은 현재 노드 자신의 위치이며 해쉬 결과로 도출된 *RR_ID*를 통해 해당 레벨 *RR*의 지리적 위치를 획득할 수 있다.

2. 파일 검색을 위하는 노드는 자신이 속한 Lev. 1 구역 *RR*로 해당 파일을 요청한다. 해당 파일에 대한 정보가 *Lev. 1 RR*에 없다면 *Lev. 1 RR*은 *Lev. 2 RR*로 질의를 중계하고 *Lev. 2* 지역 내에 해당 파일이 있는지를 검색한다. 파일 검색은 같은 메커니즘으로 *Lev. 3 RR* 까지 질의되고 지역적으로 근접한 곳에 위치한 파일이 검색되어 질의 노드에게 응답된다.

- **노드의 위치 서비스**

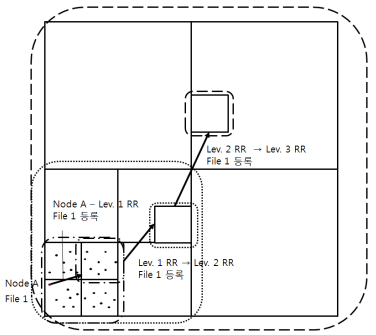
위치 기반 라우팅에서 참여 노드는 자신의 현재 위치를 일정한 주기로 자신의 위치 서버에게 갱신하여 최



(그림 3) 노드의 위치 갱신

신의 위치 정보를 유지할 수 있게 한다.

위치 갱신 방법은 공유 파일 등록 방법과 같으며 다만 공유 파일이 최초 한번만 등록되는 데에 반해 위치 갱신 메시지는 주기적으로 갱신되어야 한다.



(그림 4) 노드의 파일 등록

*RR*은 자신의 위치 테이블 엔트리에 처음 등록되는 노드에 한해서만 상위 레벨 *RR*로 등록 메시지를 중계할 뿐 이후 전송되는 갱신되는 메시지에 대해서는 중계하지 않는다. 즉 노드가 같은 *RR*이 관장하는 지역 내에서 이동한다고 하면 해당 *RR*에게만 이동에 따른 위치 갱신 메시지가 전달되면 되고 그림 4와 같이 담당 *RR*이 변경되었을 경우 상위 레벨로 위치 갱신 메시지가 전달 되어야한다.

- **노드의 파일 색인 테이블, 위치 정보 테이블**

제안하는 시스템에서는 노드의 지역성을 반영하고 파일 검색의 효율성 및 최적화된 라우팅 경로의 보장을 위해 참여 노드는 응용 계층의 파일 색인 테이블과 네트워크 계층의 위치 정보 테이블을 하나의 크로스 레이어(cross-layer) 테이블로 유지 관리한다.

위치기반 크로스 레이어 테이블 (LCLT: Location-based Cross-Layer Table) [*Node ID*, *Location_Address*, *File_List*, *time_stamp*]

- **서비스 운용 시나리오**

1. 특정 파일을 검색하길 원하는 참여 노드는 H(*Node ID*, *CL*, 1)과 같은 형식으로 Lev. 1 *RR_ID*를 찾고 *RR_ID-RR_Address* 매핑 테이블에서 해당 RR의 지리적인 위치를 획득한다.
2. 이후 노드는 해당 *RR*에 *file_query*=[*File_Name*, *CL*, *Node ID*]을 보내게 되고 *RR*은 자신의 *LCLT*에서 요청 노드의 현재 위치와 가장 가까운 곳에 위치한 파일 소유주의 아이디와 위치 주소를 찾아 응답한다.
3. *RR*은 요청된 파일이 자신의 *LCLT*에 없다면

*file_query*를 한 레벨 위의 *RR*에게 중계하며 *file_query*를 받은 *RR*은 과정 2와 마찬가지로 자신의 *LCLT*에서 파일 소유주의 아이디와 위치 주소를 찾아 응답한다.

4. 파일 소유주의 아이디와 위치 주소를 획득한 노드는 해당 노드에게 *file_request*=[*File_Name, Node ID, CL*] 메시지를 위치 기반 라우팅을 사용해 보내며 해당 노드로부터 원하는 파일을 최적의 경로로 수신하게 된다.

5. 결론 및 향후 과제

제안하는 논문에서는 크로스 레이어 테이블을 이용하는 위치기반 MANET P2P 시스템을 제안하였다. 제안한 스킴은 파일 검색 및 라우팅 측면에서 기 제안된 시스템보다 더 효율적이면 서비스의 일관성 측면에서도 더 효과적이다.

본 논문에서는 지면상의 이유로 제안한 스킴의 *LCLT* 엔트리나 각 필드의 라이프타임, 정보의 중복성 등을 포함하는 유지 보수 정책, 노드의 빠른 이동성 유연하게 대처할 수 있는 *RR* 내에서의 정보 유지 방법 등의 정책적인 부분에 대한 소개를 생략하였다.

이후 연구로는 본 논문에서 생략된 시스템 운용 요소 및 가정에 대한 자세한 정의와 정책이 추가될 것이며, 시뮬레이션 및 정형적인 분석에 기반을 둔 효율성 및 일관성 분석이 추가될 것이다.

참고문헌

[1] The Napster, http://www.napster.com/

[2] The Gnutella, http://www.gnutelliums.com/

[3] I. Stoica, R. Morris, D.L. Nowell, D.R. Karger, M.F. Kaashoek, F. Dab. and H. Balakrishnan, "Chord: A Scalable Peer-to-Peer Lookup Protocol for Internet Applications," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 11(1), pp. 17-32, 2003.

[4] T. Zahn, J. Schiller, "Designing structured peer-to-peer overlays as a platform for distributed network applications in mobile ad hoc networks," Computer Communications, vol 31(3), pp. 643-654, 2008.

[5] K. Hildrum, J.D. Kubatowicz, S. Rao, and B.Y. Zhao, "Distributed Object Location in a Dynamic Network," In Proc. of the 14th ACM Symposium PAA., pp. 41-52, 2002.

[6] S. Ratnasamy, P. Francis, M. Handley, R. Karp, and S. Shenker, "A scalable content-addressable network," In Proc of the ACM SIGCOMM, pp. 161-172, 2001.

[7] S.M Das, H. Pucha, Y.C. Hu, "Performance Comparison of Scalable Location Services for Geographic Ad hoc Routing," Proc. of the IEEE Comp. and Comm. Societies, vol. 2, pp. 1228-1239, 2005.

[8] R. Friedman, G. Kliot, "Location Services in Wireless Ad hoc and Hybrid Networks: A Survey," Tech. Rep. TR-2006-10, Haifa Univ., 2006

[9] S-C.M. Woo, S. Singh, "Scalable Routing in Ad hoc Networks," Tech. Rep. TR00.001, Oregon State Univ., 2000.

[10] C. Cheng, H. Lemberg, S. Philip, E. van den Berg, T. Zhang, "SLALoM: A Scalable Location Management Scheme for Large Mobile Ad-hoc Networks," Proc. of the IEEE Wireless Comm. and Net. Conf., vol. 2, pp. 574-578, 2002.

[11] S. Philip, C. Qiao, "ELF: Efficient Location Forwarding in Ad hoc Networks," Proc. of the IEEE Global Comm. Conf., vol. 2, pp. 913-918, 2003.

[12] H. Füßler, W. Kess, J. Widmer, M. Mauve, "Hierarchical Location Service for Mobile Ad hoc Networks," Proc. of the ACM Mobile Comp. and Comm. Review, vol. 8, pp. 47-58, 2004.

[13] I. Stojmenovic, "A Routing Strategy and Quorum based Location Update Scheme for Ad hoc Wireless Networks," Tech. Rep. TR-99-09, Ottawa Univ., 1999.

[14] A. Klemm, C. Lindemann, and O.P. Waldhorst, "A Special-purpose Peer-to-Peer File Sharing System for Mobile Ad-hoc networks," In Proc. of the IEEE VTC 2003, pp. 2758-2763, 2003

[15] M. Mauve, A. Widmer, H. Hartenstein, "A Survey on Position-Based Routing in Mobile Ad Hoc Networks," In Proc. of the IEEE Network, vol. 15(6), pp. 30-39, 2001.