

## 무선메쉬 네트워크 환경에서 다중홉 ARP 기반의 효율적인 이동성 지원

전승흡\*, 조영복\*, 이상호\*\*

# An Efficient Mobility Support Scheme based Multi-hop ARP in Wireless Mesh Networks

Seung-heub Jeon \*, Young-Bok Cho \*, Sang-Ho Lee \*\*

### 요약

이 논문에서는 이기종 무선 메쉬 네트워크망에서 상호 연동성 및 메쉬 노드의 효율적인 IP 이동성을 제공하기 위한 다중홉 ARP 기법을 제안한다. 이기종 무선 메쉬 네트워크는 무선 메쉬 네트워크를 기본으로 하는 백본 무선 메쉬 네트워크와 non-무선 메쉬 네트워크 구조를 기반으로 하는 클라이언트 무선 메쉬 네트워크, 이 두 개의 네트워크가 이동성을 가지고 결합된 하이브리드 무선 메쉬 네트워크로 구분된다. 하이브리드 무선 메쉬 네트워크에서 두 네트워크 연결 시 서로 다른 라우팅 프로토콜을 사용할 경우 두 프로토콜의 접점인 게이트웨이에서 프로토콜 변환처리를 병행해야 하는 과부하 문제가 심각하게 발생한다. 이 논문에서는 서로 다른 라우팅 프로토콜을 병행하여 사용할 경우 발생하는 과부하 문제를 해결하기 위해서 다중홉 ARP 기법을 제안한다. 제안된 기법은 효율적인 연동을 위해 L3 라우팅 프로토콜로 다중홉 ARP 기법을 설계 구축하여 실험을 통해 이동 메쉬 노드의 수가 증가하는 경우와 홉수가 증가 시 패킷전달 비율을 통해 노드의 신뢰성과 안정성을 보장하였다.

### Abstract

In this paper, interoperability in heterogeneous wireless mesh network, and mesh nodes for providing efficient IP mobility technique offers multi-hop ARP. Heterogeneous wireless mesh networks to MANETs based on a wireless mesh network backbone and non-MANET architecture is based on a client wireless mesh network and the two mobile networks, combined with a hybrid wireless mesh network are separate. In two different hybrid wireless mesh network routing protocols used to connect the two protocols in the protocol conversion at the gateway to parallel processing problems seriously overload occurs. All of the network reliability and stability are factors that reduce. Therefore, for efficient integration with L3 routing protocols, design techniques to build ARP multi-hop go through the experiment to increase the number of mesh nodes, the packet forwarding rate and an increased hop number of the node was to ensure reliability and stability.

▶ Keyword : 무선 메쉬 네트워크(wireless mesh network), MANET, Proxy ARP

• 제1저자 : 전승흡  
• 투고일 : 2009. 09. 21, 심사일 : 2009. 10. 09, 게재확정일 : 2009. 11. 17.  
\* 충북대학교 박사과정 \*\* 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

## I. 서론

무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Networks)가 실행되기 위해서는 애드혹(Ad-Hoc) 네트워크와 인터넷 및 다른 기반 망을 연결하는 메쉬 라우터(Mesh Router)가 존재해야 한다. 메쉬 라우터는 스스로 무선 메쉬 네트워크를 구성하고 문제가 생겼을 때 스스로 해결하는 기능을 수행할 수 있어야 한다. 또한 무선 메쉬 네트워크를 구성하기 위해 기본적으로 두개의 무선 인터페이스가 필요하다[1][2][3]. 하나는 무선 백본 네트워크(Wireless Backbone Networks)와 연결되는 인터페이스로 사용되고, 다른 하나는 하나의 사용자와 통신하기 위한 인터페이스로 사용된다. 또한 메쉬 라우터의 탐색과 선택은 애드혹 네트워크와 인터넷이 연동되는 무선 메쉬 네트워크 인터페이스가 가장 중요한 이슈이며 이것은 네트워크 성능에 많은 영향을 준다. 이러한 기술적 흐름은 여러 무선 네트워크 기술들을 발전시켰으며 현재 몇 개의 주요한 기술들이 주류를 이루고 있다[10]. 그러나 앞으로 전체 무선 네트워크의 구조는 서로 다른 특성으로 서로 다른 서비스에 최적화된 이종 무선센서노드가 혼재된 상태가 될 것이다.

이 논문에서는 무선 메쉬 네트워크에서 사용되는 서로 다른 라우팅 프로토콜을 이동 게이트웨이에서 변환할 때 이동 게이트웨이에서 발생하는 과부하 문제를 해결하기 위한 동적 무선 메쉬 네트워크 요구기반의 다중 홉 ARP 기법을 제안한다. 제안된 기법은 패킷 전달 비율을 이용하기 때문에 이동 노드의 수가 증가하더라도 이동 노드의 신뢰성과 안전성을 보장한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로 이종무선 메쉬 네트워크의 구조와 무선 메쉬 라우터를 분석하고, 3장에서는 노드의 신뢰성과 안전성을 보장하기 위해서 패킷 전달 비율을 이용한 다중 홉 ARP 기법을 제안한다. 4장에서는 무선 메쉬 라우터의 이동성 구현과 제안 방법의 실험결과를 분석하고 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대해서 기술한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 이종무선 메쉬 네트워크의 구조

네트워크 계층에서 패킷의 송수신을 위하여 애드혹 링크에는 OLSR(Optimized Link State Routing) 프로토콜이 동작하고 유선링크에는 인터넷의 계층적 라우팅 프로토콜이 동작한다.

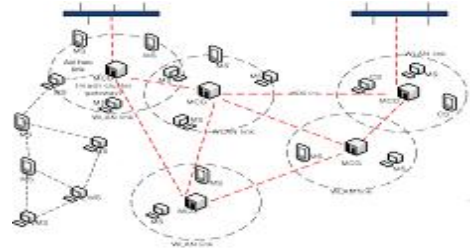


그림 1. 이기종 무선 메쉬 네트워크 구조  
Fig 1. Structure of other Wireless Mesh Networks

[그림1]의 이기종 무선 메쉬네트워크은 클라이언트무선 메쉬 네트워크와 백본 무선 메쉬 네트워크 게이트웨이 역할을 하는 하나의 메쉬 클러스터 게이트웨이를 통해 서로 연결된 이기종 무선 메쉬 네트워크 구조를 나타낸 것이다. 네트워크 계층의 특정 영역 내부에서 최적 경로를 통한 패킷의 송수신은 프로액티브 라우팅 방식과 외부영역에 속한 노드들의 경로 탐색은 리액티브 라우팅 방식으로 나누어지며, 그 대표적인 프로토콜로서 각각 OLSR 및 동적 무선 메쉬 네트워크가 있다. 두 네트워크 연결 시 서로 다른 라우팅 프로토콜을 사용할 경우 두 프로토콜을 변환해야하는 문제점으로 프로토콜의 접점인 게이트웨이에 과부하가 심각하게 발생한다. 이는 네트워크 전체의 신뢰성 및 안정성을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 효율적인 연동을 위해 클라이언트무선 메쉬 네트워크와 백본 무선 메쉬 네트워크에 동일한 L3 라우팅 프로토콜이 필요하다.

### 2.2 무선 메쉬 라우터

각 무선 메쉬 라우터들은 IEEE 802.11b 규격을 따르는 관리자 모드로 동작되며 이동 메쉬 노드에게 무선 연결을 제공한다. 이동 단말과 이동 단말이 통신할 경우에는 패킷을 항상 무선 메쉬 라우터를 경유해야 하고, 동일한 무선 영역이어야 하며 이는 중앙 집중 구조방식이다. L2 연결(Link Association)후 무선 메쉬 라우터에게 네트워크 주소와 IP를 할당받아 자신의 네트워크 주소 식별을 설정해야 한다. 그러나 IP 주소 할당 시 논리적인 IP 주소에 대응하는 물리적 MAC주소를 찾는 것은 매우 중요한 문제이다.

## III. 다중홉 ARP를 이용한 이동성지원

현재 무선 메쉬 네트워크 구현사례로는 MIT Roofnet[4], Tropos Network[5], PacketHop Network[6], Nortell Mesh Network[7], MeshNetworks[8], Microsoft Mesh

Network(9)이 있다. 서로 각각 다른 프로토콜을 기반으로 설계되었기 때문에 서로 호환 되지 않는다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 상호 연동을 위해 다중홉 ARP 기반의 효율적 이동성을 무선 메쉬 네트워크가 제안 될 수 있다. 현재 인프라스트럭처 모드 무선 메쉬 네트워크(10)가 상호 이기종 연동을 위한 모델로 발표되었으나 네트워크의 규모가 커지거나 이동성이 증가할 경우 네트워크 부하가 급격히 증가되는 문제점을 가지고 있다.

이 논문에서는 효율적인 메쉬 노드의 이동성 지원을 위해 다중홉 ARP 기반의 이동성을 제안한다. 제안 기법은 전체 네트워크 부하를 줄이며 메쉬 라우터가 메쉬 노드의 효과적인 이동성 지원이 가능하도록 지원한다.

### 3.1 다중홉 ARP 기법의 이동성

IP 이동성은 백본 무선 메쉬 네트워크에서 이동 단말들 사이에 또는 외부 유선망에 존재하는 상대단말과 연속적인 연결을 유지하는 패킷 통신을 위해서 반드시 지원되어야 할 조건이다. 본 논문에서는 무선 메쉬 네트워크 환경에서 메쉬 노드의 자유로운 이동성을 위해 프록시 ARP 및 다중홉 ARP 기법을 제안한다.

#### 가. 프록시 ARP

프록시 ARP(Address Resolution Protocol)는 하나의 호스트(또는 라우터)가 또 다른 컴퓨터의 ARP 요청에 의해 응답하기 위한 프로토콜이다. 라우터는 자신의 정체를 숨김으로써 패킷을 실제 목적지로 라우팅하기 위한 책임을 받아들인다. 프록시 ARP는 두 개의 물리적인 네트워크를 가지고 있는 사이트가 하나의 IP주소를 사용할 수 있도록 허용한다. 다중홉 ARP를 이용한 이동 메쉬 노드의 이동성을 지원하기 위해 제안 기법에서는 동일 무선 영역에 이동 단말 간 통신은 항상 게이트웨이 역할을 하는 무선 메쉬 라우터를 경유한다. 이러한 과정은 이동 단말이 다른 위치에 있는 무선 메쉬 라우터로 이동하더라도 이동 단말이 초기 구동시 할당받은 IP 주소로 접속하도록 연결성을 유지하게 된다. 제안 기법에서 제안하고 있는 이동 메쉬 노드의 다중 홉 ARP 과정의 세부적이 단계별 처리과정은 다음과 같다.

##### • 단계 1 : IP 주소 설정

단계 1에서는 이동 메쉬 노드가 홈 에이전트에 접속하여 DHCP 절차에 따라 자신이 사용할 IP 주소와 게이트웨이의 IP 주소를 설정한다.

##### • 단계 2 : ARP 요청 메시지 브로드캐스트

단계 2에서는 이동 메쉬 노드가 다른 지역으로 이동하기 위해서 최초 구동시 설정되었던 기본 게이트웨이 주소에 대한 ARP 요청 메시지를 브로드캐스트 한다.

##### • 단계 3 : ARP 라우팅 테이블 갱신

이동 메쉬 노드는 다른 지역에 위치한 게이트웨이 역할을 하는 에이전트로부터 LC(Local Challenge)를 수신하여 네트워크를 인증한 후 홈 에이전트 주소를 획득하여 자신의 ARP 라우팅 테이블을 갱신한다. 이 때 ARP 라우팅 테이블에 사용되는 기본 게이트웨이의 IP 주소와 이동 메쉬 노드가 초기에 할당받은 IP 주소는 변경 없이 사용되기 때문에 패킷 전송 시에 표기되는 네트워크 식별자 또한 변경되지 않는다.

#### 나. 다중홉 ARP

무선 메쉬 네트워크에서 메쉬 라우터들 사이에는 무선 분산 시스템 인터페이스로 연결되어 라우팅 프로토콜이 동작된다. 무선 메쉬 라우터는 라우팅 테이블에 수신한 패킷의 목적지 주소 IP에 대한 라우팅 엔트리가 존재하지 않으면 RREQ(Route Reques)메시지를 무선 메쉬 네트워크에 브로드캐스트하고 이 메시지를 수신하는 중간 무선 메쉬 라우터가 무선 시스템 영역인 Non-무선 메쉬 네트워크까지도 원격으로 ARP 절차를 수행하게 한다. 그리고 무선 메쉬 라우터는 수신했던 패킷의 목적지 IP 주소에 대한 RREP 메시지를 받아 실시간적으로 설정된 단방향 최적 경로를 통해서 데이터를 전달한다. 이동 메쉬 노드가 다른 영역으로 이동할 경우 L2 연결 후에 이동 단말의 최초 기본 게이트웨이 IP 주소에 대한 ARP 절차를 마지막으로 연속해서 이동 메쉬 노드가 전송하는 데이터 패킷에 대한 경로 탐색 및 이와 연동된 다중홉 ARP 절차를 이루어진다.

IP 이동성을 지원하기 위해서 제안된 프록시 ARP 및 다중홉 ARP 기법은 무선 메쉬 네트워크에서 사용되는 라우팅 프로토콜의 핵심 특성 패킷 전달 요청이 있을 때 패킷의 최종 목적지까지 경로를 형성하는 반응적 특성을 변형시키지 않는다. 또한 부가적으로 이동단말에게 어떤 기능 추가의 요구도 없이 기존 방식을 그대로 사용할 수 있는 호환성을 제공하고 무선 메쉬 라우터에게는 기존의 라우팅 프로토콜과 ARP 절차를 연동시키는 간단한 구현 방법을 제공한다.

#### 다. 무선 메쉬 라우터 구조

이동 무선 메쉬 노드의 이동성을 지원하기 위해서 이동성을 관리하는 무선 메쉬 라우터는 RREQ와 RREP를 처리하는 다중 홉 ARP 모듈과 연동해야 한다. 다중 홉 ARP 모듈은 무선 영역에 ARP 요청 메시지를 방송하고 방송된 결과 값을 되돌려 주는 기능을 수행한다. [그림 2]는 무선 메쉬 라우터의 기본 구조를 보여주고 있다.

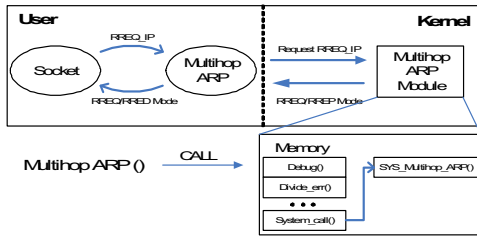


그림 2. 무선 메쉬 라우터 동작과정  
Fig 2. Process of Wireless Mesh Router

무선 메쉬 라우터는 다중 홉 ARP 모듈과 연동하기 위해서 RREQ 제어 메시지를 수신 받은 후 재방송한다. 이때 무선 메쉬 라우터는 다중 홉 ARP를 지원하기 위해 시스템 호출 함수 System\_call()를 사용한다. System\_call() 함수는 커널에서 동작되며 무선 메쉬 노드의 홉 수를 이용하여 시스템 호출 테이블을 갱신한다.

#### IV. 무선 메쉬라우터의 이동성 구현 및 실험

이 절에서는 무선 메쉬 네트워크를 구성하고 있는 메쉬 노드와 게이트웨이의 이동성을 지원하기 위해서 분산 시스템을 기반으로 한 다중 홉 ARP 기법을 평가한다.

##### 4.1 실험 환경

이동성 실험을 위한 실험환경은 [그림 3]과 같이 실험환경을 설정한다.

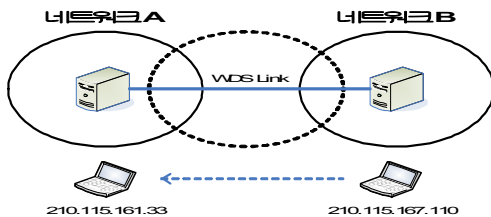


그림 3. 이동성 실험 환경  
Fig 3. Experiment Environment of mobility

실험에서 사용하고 있는 각 네트워크는 30개의 노드들을 포함하고 있으며 네트워크 범위는 게이트웨이를 중심으로 2500\*2500(m)을 가진다. 각 네트워크는 이동 메쉬 노드들을 임의로 배치시키며 이동 메쉬 노드에서 게이트웨이까지의 거리는 2홉으로 고정한다.

##### 4.2 실험 방법

홉 수와 노드 수 증가에 대한 실험은 통신하는 양쪽 두 개의 이동 단말을 게이트웨이로부터 한 홉씩 증가시키며 OLSR 기법과 제안기법의 패킷 손실을 판단하는 실험을 하고, 노드의 수 증가에 따른 실험은 통신하는 두 이동단말은 게이트웨이로부터 2홉 거리에 각각 고정시켜 단말기를 20개 단위로 100개까지 각각 증가시키며 OLSR과 제안기법의 패킷 손실을 실험 분석하였다.

##### 4.3 실험 결과

패킷이 송수신되는 네트워크 계층관점에서 이 구조는 하나의 양방향 게이트웨이를 통한 두 무선 메쉬 네트워크의 연동이라 할 수 있다. 시뮬레이션은 제안된 구조에서 실행하고 하이브리드 무선 메쉬 네트워크에서 효율적인 패킷 전송을 위해 사용되는 OLSR 과 제안기법 프로토콜을 이용해 홉수 증가에 따른 패킷 전달 비율과 주변 단말 수 증가에 따른 패킷 전달 비율을 비교평가하고 있다.

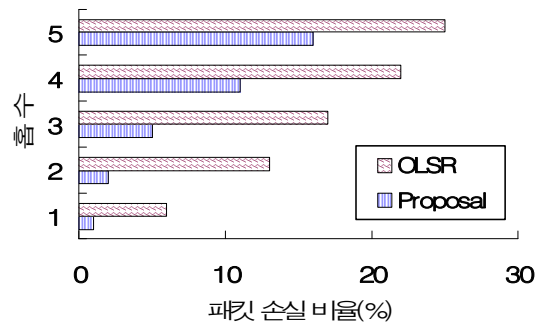


그림4. 패킷 손실 비율  
Fig 4. Packet Loss Rate

[그림4]는 홉수 증가에 따른 패킷 손실 비율을 나타내고 있다. [그림4]의 결과 OLSR 기법은 홉 수 증가에 따른 패킷 손실 비율이 평균 16.6%이지만 제안 기법은 무선 메쉬 노드의 IP와 게이트웨이의 IP를 무선 메쉬 노드의 이동 중에 그대로 사용하여 네트워크 전체 경로 테이블의 재설정을 수행하지 않아 패킷 손실 비율이 평균 7%로 OLSR 기법보다 9.6%의 높은 효율성을 얻었다.

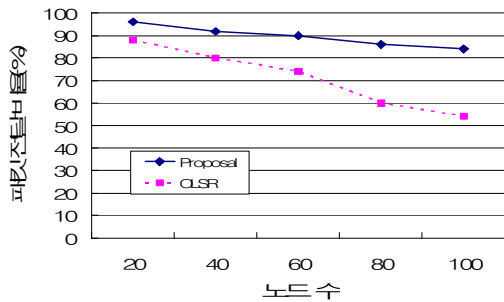


그림 5. 노드수 증가에 따른 패킷 전달 비율  
Fig 5. Packet Delivery Rate with Increase Around Nodes

[그림5]는 노드 수 증가에 따른 OSLR과 제안기법의 패킷 전달 비율을 나타내고 있다. [그림5]의 결과 제안 기법은 OSLR 기법보다 노드 수 증가에 따른 패킷 전달 비율이 평균 18.4% 높은 것으로 평가되었다. 이러한 결과는 이동 단말의 수가 증가할 때 목적지 경로를 찾기 위해 사용되는 제어 데이터를 OSLR 기법이 제안기법보다 많이 사용되었기 때문이다.

### V. 결론

무선 메쉬 네트워크가 실행되기 위해서는 애드혹 네트워크와 인터넷 및 다른 기반 망을 연결하는 메쉬 라우터가 존재해야 하며 무선 메쉬 네트워크에 문제가 생겼을 때 스스로 해결하는 기능을 수행할 수 있어야 한다.

이 논문에서는 무선 메쉬 네트워크에서 사용되는 서로 다른 라우팅 프로토콜을 이동 게이트웨이에서 변환할 때 이동 게이트웨이에서 발생하는 과부하 문제를 해결하기 위한 동적 무선 메쉬 네트워크 요구기반의 다중 홉 ARP 기법을 제안하였다. 제안 기법은 다중 홉 ARP 기법을 동적으로 호출하여 패킷을 전달하였기 때문에 이동 노드의 수가 증가하더라도 이동 게이트웨이의 과부하는 높게 나타나지 않았다.

또한 제안 기법은 기존 무선 메쉬 네트워크를 구현하는 OLSR 방식과는 달리 노드가 증가할 때 목적지에 대한 경로 요청 발생 시 목적지까지의 경로만 재설정함으로써 패킷 손실이 거의 발생하지 않는다. 따라서 이동 단말의 끊어지지 않는 이동성을 지원하고 이는 네트워크의 보다 낮은 QoS 를 보장한다고 볼 수 있다. 실험 결과 제안 기법은 패킷 손실비율이 OLSR 기법보다 평균 9.6% 낮았고 패킷 전달비율은 OLSR 기법보다 18.4% 높게 나타났다.

향후연구는 상호 다른 라우팅 프로토콜을 사용할 경우 계

이트웨이에서 발생하는 부하문제를 해결하기 위한 알고리즘 개발 위한 연구를 수행 할 계획이다.

### 참고문헌

- [1] Paolo Santi, "Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks" WILEY vol. 40. Jan 2005,
- [2] Seema Bandyopadhyay, E.J. Coyle, "An Energy Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks," Infocom 2003, IEEE Vol 3, pp. 1713-1723, 30 Mar.-3 Apr. 2003.
- [3] 조영복, 최재민, 이상호 "센서 네트워크 환경에서 스카이라인 질의를 이용한 효율적인 동적 예측 클러스터링 기법," 한국컴퓨터정보학회 제 13호, 제 7호, 139-148쪽, 2008년 12월.
- [4] Tropos Network. Available from: <http://www.tropos.com/technology/whitepaper.html>
- [5] PacketHop Networks. Available from: <http://www.packethop.com>
- [6] Nortel Mesh Networks. Available from: <http://www.orthelnetworks.com/solutions/wrlsmesh/dexx.html>
- [7] MeshNetworks Inc. Scalabe routing technology. Available form: [http://www.meshnetworks.com/ages/echology/sr\\_atp\\_overview.html](http://www.meshnetworks.com/ages/echology/sr_atp_overview.html)
- [8] Microsoft mesh networks. Available from: <http://research.microsoft.com/mesh>
- [9] Host AP driver for Intersil Prism2/ 2.5/3. hostapd, and WPA Supplicant. Web Site. Available from: <http://hostap.epitest.fi/>
- [10] 정윤수, 김용태, 이상호, "ECC 기반의 클러스터간 노드들의 안전한 인증 프로토콜," 한국컴퓨터정보학회, 제 13권 제 2호, 167-175쪽, 2008년 2월.

## 저자 소개



### 전 승 흡

1989년 2월 :  
한밭대학교 전자계산학과 공학사  
1998년 2월 :  
한남대 교육대학원 전자계산학과 교육  
학석사  
2001년 ~ 현재 : 충북대학교 전자계  
산학과  
관심분야 : 네트워크보안, 유비쿼터스,  
정보검색



### 조 영 복

2003년 2월 :  
한밭대학교 컴퓨터공학과 공학사  
2005년 8월 :  
충북대학교 전자계산학과 이학석사  
2006년 3월 ~ 현재 :  
충북대학교 전자계산학과 박사수료  
관심분야 : 애드혹 무선 네트워크, 라  
우팅 프로토콜, 무선 메쉬  
네트워크



### 이 상 호

1989년 2월 : 숭실대학교 대학원  
컴퓨터네트워크 공학박사  
1981년 6월 ~ 현재 :  
충북대학교 전기전자 컴퓨터공학부 교수  
관심분야 : Protocol Engineering,  
Network Security,  
Network Management,  
Network Architecture