

하이브리드 무선 네트워크에서 위치 정보를 사용한 효율적인 라우팅 프로토콜

김 선 일*, 이 준 용*

An Efficient Location Aided Routing Protocol for Hybrid Wireless Networks

Sunil Kim *, Jun-yong Lee *

요 약

하이브리드 무선 네트워크에서는 MANET의 모바일 노드가 다른 모바일 노드와의 통신 및 인터넷에 있는 노드와 연결되어 통신을 한다. 이런 네트워크는 기존의 한정된 응용 영역을 가지고 있던 MANET을 다양하고 일반적인 응용 영역으로 확장시켜 줄 수 있다. 이전의 하이브리드 무선 네트워크에서의 라우팅 프로토콜들은 노드의 위치 정보사용을 고려하지 않았다. 위치 정보를 이용하는 라우팅 프로토콜은 기본적으로 제어 메시지에 의한 오버헤드를 줄여 줄 수 있고 하이브리드 무선 환경에서 네트워크가 효율적으로 동작 할 수 있게 도와 줄 수 있다. 본 논문에서는 하이브리드 무선 네트워크에서 위치 정보를 이용하여 제어 메시지의 오버헤드를 줄여주기 위한 방법으로 Location-aided AODV+ (LAp) 프로토콜을 제시하고 성능을 AODV+ 프로토콜과 비교 평가 하였다. LAp 프로토콜은 AODV+ 프로토콜을 효율적으로 노드의 위치 정보를 사용할 수 있도록 확장한 방법으로 경로 설정을 위한 충분한 수의 노드가 보장 될 때 AODV+ 더 좋은 성능을 보여준다.

Abstract

In hybrid wireless networks, a mobile node in MANET can communicate with other mobile nodes as well as nodes in the Internet. Hybrid mobile networks help to expand the application domains of MANET from limited areas, such as military applications to more diverse and general application areas. Previous routing protocols in hybrid wireless networks have not taken advantage of location information of nodes in a network. By using location information of nodes, a routing protocol can reduce the overhead of control messages for efficient network operations This paper proposes a routing protocol for hybrid mobile networks, called Location-aided AODV+ (LAp) that is based on ADOV+ and takes advantage of node's location information. Performance evaluation shows that LAp performs better than ADOV+ when there are a sufficient number of nodes in a network for route establishments.

▶ Keyword : 하이브리드 무선 네트워크(Hybrid mobile network), 위치 정보 라우팅 프로토콜 (Location-aided Routing Protocol), MANET

• 제1저자 : 김선일

• 투고일 : 2008. 10. 16, 심사일 : 2008. 10. 22, 게재확정일 : 2008. 12. 17.

* 홍익대학교 정보컴퓨터 공학부 교수

※ 이 논문은 2007학년도 홍익대학교 학술 진흥비에 의하여 지원되었음.

1. 서론

1969년 ARPANET을 시작으로 급격하게 발전한 인터넷은 사용자들의 시공간상의 제약 없이 인터넷을 사용하고자 하는 욕구를 증가 시키게 되었고, MANET(Mobile Ad-hoc NETworking) [1]은 이러한 추세를 잘 반영하는 기술 중에 하나이다. MANET은 BS(Base station)나 AP(Access Point)와 같은 고정된 인프라가 없는 환경에서 모바일 노드들이 서로 통신할 수 있는 네트워크로 모바일 노드들은 무선 인터페이스를 사용하여 서로 통신하며, 멀티홉 라우팅방식에 의해 기존 무선 LAN 환경의 단점인 전송 범위의 한계를 극복하고 노드의 이동에 따른 네트워크 토폴로지의 변화에 빠르게 반응할 수 있는 장점을 가지고 있다[2,3].

과거에는 MANET이 인터넷(Internet)과 상관없이 독립된 형태로 구성된 환경에서의 라우팅방식에 대한 연구가 주를 이루었고, 군사 시설이나 의료 시설과 같은 한정된 응용분야에 그 초점을 두고 진행 되어 왔다. 하지만 최근에는 사용자들의 다양한 응용 대한 욕구와 맞물려, 인터넷과 MANET이 혼용되는 하이브리드 무선 네트워크에서의 라우팅 방법에 대한 연구가 많은 관심을 끌고 있다.

하이브리드 무선 네트워크란 <그림 1>과 같이 독립된 MANET과 인터넷이 서로 연결되어 MANET 내부 노드간의 통신과 함께 MANET 노드와 인터넷 노드간의 통신이 가능한 네트워크를 의미한다. 이렇게 MANET과 인터넷이 연결되기 위해서는 MANET과 인터넷에 동시에 속하는 노드가 존재하여야 하며 이것을 인터넷 게이트웨이(Internet Gateway)라고 한다. 인터넷 게이트웨이는 하나의 독립된 MANET에 하나 이상 존재 할 수 있으며, MANET 내부의 노드와 통신을 위한 무선 인터페이스와 인터넷 노드와의 통신을 위한 유선 인터페이스를 모두 가지고 있어야 한다. 그리고 모바일 노드와 인터넷 노드간의 패킷 라우팅 기능을 제공하며, 네트워크 주소 변환이나 Mobile IP등을 지원하여 MANET 내부의 노드들이 인터넷에 연결되어 통신이 가능하도록 해준다.

하이브리드 네트워크에서 고려해야 되는 사항은 크게 인터넷 게이트웨이의 탐색과 연결, 목적 노드의 위치 판별 및 인터넷 게이트웨이의 패킷 라우팅 등을 들 수 있다. 모바일 노드가 인터넷 게이트웨이를 찾기 위해 제안된 방법으로는 Proactive 방법, Reactive 방법 그리고 Hybrid 방법의 세 가지가 있다[4,5,6,7]. Proactive 방법은 인터넷 게이트웨이가 게이트웨이 광고(Gateway Advertisement) 메시지를

주기적으로 MANET으로 브로드캐스팅 하는 방법이고, Reactive 방법은 노드의 요청(Solicitation) 메시지에 의해서 게이트웨이 광고메시지를 전송하는 방법이다. 그리고 Hybrid 방법은 두 가지 방법을 모두 사용하는 방법이다. 게이트웨이 광고 메시지는 MANET 전체로 브로드 캐스팅이 되기 때문에 전체 네트워크에 과 부하를 일으킬 수 있으므로 제어 메시지의 오버헤드를 줄일 수 있는 라우팅 방법의 연구가 필요하다.

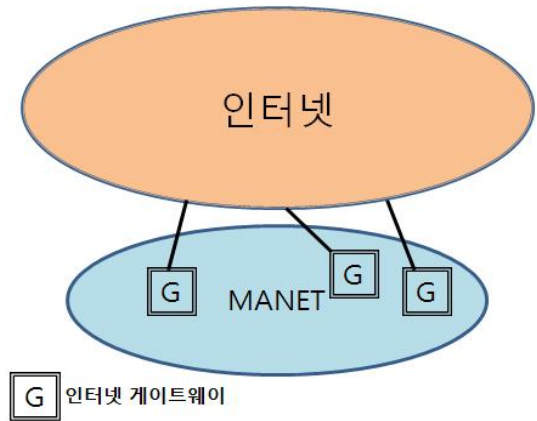


그림 1 하이브리드 무선 네트워크
Fig 1. Hybrid wireless networks

하이브리드 무선 네트워크에서는 인터넷 게이트웨이로 경로 설정과 무선 노드 간의 경로설정의 두 가지를 모두 고려해야 한다. 목적 노드가 인터넷에 있는 경우는 인터넷 게이트웨이로 경로를 설정해야 하고, MANET 내부에 있는 경우는 무선 노드로 경로를 설정해야 한다. 그러나 MANET의 주소 체계에서는 소스 노드는 목적 노드의 주소만으로 목적 노드가 MANET 외부의 인터넷에 속한 노드인지 MANET 내부에 속한 노드인지 알기가 어렵다. 즉 최초의 지연으로 목적 노드가 MANET 내부에 속한 노드인지 아닌지를 판별 하여 경로를 설정하는 라우팅 방법의 연구가 필요하다.

위의 두 가지 고려 사항을 바탕으로 하이브리드 무선 네트워크에서 효율적으로 동작하기 위한 몇 가지 방법이 제안되었다[8,9]. 제안된 방법 중에 하나인 MIPMANET (Mobile IP for Mobile Ad hoc Networks)[8]은 AODV(Ad hoc On Demand Distance Vector)[10]라우팅 방식을 적용시켜 Mobile IP를 사용하여 라우팅을 설정한다. 그러나 Mobile IP를 이용한 방식은 인터넷 노드로의 전송이 없을 경우에는 많은 오버헤드를 야기한다[11]. 이에 Wikikawa등은 Mobile IP를 사용하지 않고, AODV라우팅 방식을 기반으로

MANET의 노드가 인터넷 게이트웨이의 탐색하고 연결하는 방법(9)을 제안하였고 Hamidian에 의해 수정되어 AODV+로 명명 되었다(4,5).

AODV(10)은 Perkins에 의해 제안된 reactive MANET 라우팅 프로토콜로 제어 메시지 패킷을 네트워크 전체로 브로드 캐스팅하여 라우팅을 설정하는 방식이다. 그러나 노드의 수가 많을 때는 AODV의 제어 메시지를 네트워크 전체로 브로드 캐스팅하는 방식은 네트워크에 심각한 부하를 일으킬 수 있다. 이러한 제어 메시지의 오버헤드를 노드의 위치 정보를 사용하여 줄이는 방법이 많이 연구 되었다(12,13). 그러한 방법 중의 하나인 LAR (Location-aided Routing)(12)은 소스 노드와 목적 노드의 위치 정보를 사용하여 Request Zone이라 불리는 영역을 두고 그 영역 내부에서만 브로드 캐스팅 하여 제어 메시지의 불필요한 전파를 줄여 주는 라우팅 방법이다.

본 논문에서는 하이브리드 무선 네트워크에서 ADOV+를 기반으로 노드의 위치 정보를 사용하여 효율적으로 동작하는 LAp(Location-aided ADOV+) 방법을 제시하고 그 특성을 연구한다. LAR에서처럼 위치 정보를 사용함으로써 무선 노드간의 연결 뿐 아니라 무선 노드와 인터넷 게이트웨이의 연결에서 발생하는 제어 메시지 오버헤드를 효율적으로 줄여 주고 따라서 전체 네트워크의 성능 향상을 기대할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 LAp 프로토콜에 기반이 되는 관련 연구들에 대하여 조사하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 LAp 라우팅 방식에 대하여 설명 한다. 4장에서 성능을 평가하며 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

MANET에 대한 관심과 연구가 증가하면서 그동안 많은 라우팅 방법들과 MANET을 효율적으로 작동시키는 방법들이 제안 되었다. 이번 장에서는 LAp 프로토콜의 기반이 되는 확장된 AODV (AODV+) 라우팅 프로토콜(5)과 LAR 프로토콜(12)에 대해 알아본다.

2.1 확장된 AODV (AODV+)

하이브리드 무선 네트워크에서는 무선 노드간의 라우팅뿐 아니라 인터넷 게이트웨이의 탐색 및 연결과 유무선 노드간의 라우팅을 고려해야 하므로 기존의 MANET의 라우팅 프로토콜을 그대로 적용 시킬 수는 없다. Wikikawa 등은 MANET의 노드가 인터넷에 연결을 하기 위하여 IPv6에서 AODV 라

우팅 방식을 변경 확장하였다(9). 이 확장된 AODV 방식은 Hamidian의 3개의 Gateway discovery 방법과 함께 네트워크 시뮬레이션에 사용될 수 있도록 NS-2 시뮬레이터(14)에 구현되었고 AODV+로 명명되었다(4,5). 본 논문에서는 IPv4에서 Wikikawa의 Reactive 방식을 그대로 반영한 Hamidian의 AODV+를 설명하고 실험에서 비교 대상으로 사용하였다.

2.1.1 무선 노드간의 경로 설정

노드는 패킷을 전송하고자 할 경우 AODV 라우팅 방식을 이용하여 노드를 찾는다. 먼저 소스 노드는 전체 MANET 노드로 RREQ(Routing Request) 메시지를 브로드 캐스팅 시킨다. RREQ 메시지를 전송하는 동안, 중간 노드들은 RREQ 메시지를 브로드 캐스팅한 주변 노드의 주소를 라우팅 테이블의 역경로 엔트리에 기록하여 둬으로써 역 경로를 형성하고, 이후에 받게 되는 동일한 RREQ 메시지들은 무시한다. 목적 노드가 RREQ 메시지를 받게 되면, 목적 노드와 중간 노드들은 RREQ 메시지 전송 중에 만들어진 역 경로로 RREP(Routing Reply) 메시지를 보낸다. RREP 메시지가 전송되는 과정에서 RREP 메시지를 받는 노드들은 라우팅 테이블에 전송 경로를 기록 하게 되고, 이렇게 형성된 경로정보를 이용하여 소스 노드는 데이터를 전송한다. 만약 목적노드로부터 아무런 RREP 메시지가 없을 경우에는 목적노드가 MANET 외부에 존재 한다고 판단하고, 다음에 설명하는 인터넷 게이트웨이의 탐색과 연결방법을 통하여 경로를 설정한다.

AODV에서는 경로 유지를 위해 Routing Error(RERR) 메시지를 이용한다. 노드는 주기적으로 HELLO 메시지를 이용하여 주변 노드에게 자신의 존재를 알린다. HELLO 메시지를 수신하지 못한다면 해당 노드와의 연결이 불가능한 것으로 판단하고, RERR 메시지를 발생시켜 링크의 사용여부를 관련 노드에게 전달하여 관련 노드에게 경로 정보를 알려주고 이러한 절차를 통해 경로를 관리한다.

2.1.2 인터넷 게이트웨이의 탐색과 연결

AODV+에서 인터넷 게이트웨이를 찾는 방법으로 Proactive 방법과 Reactive 방법 그리고 Hybrid 방법의 3가지 방법을 모두 고려하고 있다. 먼저 Proactive한 방식은 주기적으로 인터넷 게이트웨이 노드가 광고 메시지를 브로드 캐스팅을 하는 방식이다. 이 방식은 광고 메시지가 너무 자주 브로드캐스팅 될 경우 네트워크의 과부하가 일어나므로 주기의 설정이 중요하다. 광고 메시지를 받은 노드들은 자신의 홈에전트(Home Agent)로 메시지를 전송한 인터넷 게이트웨이를 등록한다. Reactive한 방식은 노드가 패킷을 전송하고

자 할 경우 요청 메시지를 보내고 인터넷 게이트웨이는 이에 대한 응답으로 Reply를 전송한다. Reply 메시지를 받은 노드는 홈 에전트로 인터넷 게이트웨이를 등록 한다. Hybrid 방식은 이 두 가지 방법을 모두 사용한다. [4]에서 연구된 결과에 따르면 Reactive한 방식이 Proactive 방법과 Hybrid 방법에 비하여, 전송률의 보장과, 오버헤드 측면에서 상대적으로 우수한 면을 보인다.

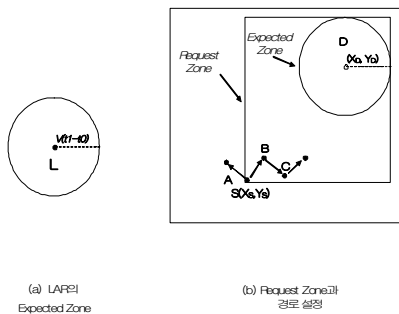


그림 2. LAR 프로토콜의 Expected Zone과 Request Zone
Fig 2. LAR Protocol Expected Zone and Request Zone

AODV+에서 Reactive한 방식으로 인터넷 게이트웨이를 찾는 과정에서 RREQ 메시지의 플래그 필드에 I 플래그를 추가한 RREP_I 메시지가 사용된다. 이 과정은 두 경우가 있다. 첫째는 경로 탐색 중 도달된 RREQ 메시지에 대해 인터넷 게이트웨이는 해당 목적 노드가 라우팅 테이블에 있는 경우 RREP와 추가적으로 RREP_I 메시지로 자신이 인터넷 게이트웨이 라는 것을 알려주고, RREP_I 메시지를 받는 중간 노드들과 소스 노드는 해당 인터넷 게이트웨이까지의 경로 정보를 업데이트 하는 것이다. 두 번째 방법은 소스 노드가 RREQ_I 메시지를 이용한 방법인데 이 메시지는 메시지의 목적지가 인터넷 게이트웨이라는 것을 의미하는 특수한 메시지라고 할 수 있다. 이 메시지를 받은 중간 노드들은 역 경로를 만들고 바로 메시지를 전송한다. RREQ_I 메시지를 받은 인터넷 게이트웨이는 RREP_I 메시지를 전송하고, 첫 번째와 동일하게 중간 노드들과 소스 노드는 이 메시지를 받아 경로를 형성한다.

만약 여러 개의 게이트웨이가 RREP_I 메시지로 응답하는 경우는 홈 카운트(Hop count)를 이용하여 인터넷 게이트웨이를 선택한다.

2.2 LAR (Location-Aided Routing)

LAR 프로토콜은 GPS(Global Positioning System)[15]를 통해 얻은 위치 정보를 이용하여 중간에서 Request (RREQ) 메시지를 전달하는 이웃 노드의 수를 제한함으로써 불필요한 브로드 캐스팅 메시지의 전파를 줄이고자 하는 방법이다. LAR에서는 목적 노드의 위치 정보를 사용하여 목적 노드가 위치 할 것으로 예상되는 Expected Zone을 형성한다. 또 Request Zone을 형성하여 그 안에 있는 노드만이 해당 RREQ 메시지에 반응하게 함으로써 불필요한 메시지의 전송을 줄인다. [12]에서 여러 가지 Request Zone을 형성하는 여러 가지 방법이 제시되었는데 그 중에 Expected Zone을 포함하여 Request Zone을 형성하는 방법은 다음과 같다.

Expected Zone은 <그림 2a>에서와 같이 목적 노드의 위치 L을 중심으로 설정된다. 소스 노드 S의 입장에서 목적 노드 D가 시간 t0에는 위치 L에 있었고 평균 속도 v로 이동하여 현재 t1에 있다고 가정하면, 목적 노드 D의 시간 t0위치 L을 중심으로 하는 반경 $v \cdot (t1-t0)$ 의 원을 그릴 수 있는데 이것이 노드 D가 있을 거라고 예상되는 Expected Zone이다. 여기서 원의 중심은 t0에 노드 D가 있었던 위치 L을 나타낸다. 이때 노드 D의 실제 속도가 평균보다 빠르다면 노드 D는 시간 t1에서 Expected Zone 외부에 있을 것이다. Expected Zone을 정확히 설정하기 위해서는 목적 노드의 많은 정보가 필요하고, 이는 제어 메시지의 사이즈를 증가시키므로 적절한 수준의 정보를 사용하는 것이 필요하다.

Request Zone은 <그림 2b>와 같이 4개의 모서리를 가진 사각형으로 정의한다. 소스 노드 S가 좌표 (X_s, Y_s) 에 위치하고 목적노드 D에 대한 예상 중심 좌표는 (X_d, Y_d) 이다. 이때의 Request Zone은 노드 S의 좌표를 기준으로 노드 D에 대한 Expected Zone을 모두 포함한 X와 Y축으로 표현되는 사각형이다.

패킷을 보내고자 하는 노드는 AODV에서와 마찬가지로 경로 획득을 위해 RREQ메시지를 브로드 캐스팅 시킨다. 이 RREQ 메시지에는 Request Zone에 대한 좌표가 추가된다. RREQ 메시지를 받은 중간 노드는 자신의 위치가 Request Zone 안에 있는지를 판단하고, Request Zone에 있을 경우만 이에 대해 반응한다. 예를 들어 <그림 2b>에서 노드 S가 노드 D로의 경로를 알고자 할 때, 노드 S는 RREQ 메시지에 브로드 캐스팅한다. RREQ 메시지를 수신한 중간 노드는 자신의 위치가 노드 B 나 C 처럼 이 메시지에 표시된 Request Zone에 들어 있을 때만 역 경로를 만들고 RREQ 메시지를

전파한다. A노드의 경우 Request Zone 밖에 위치함으로 반응하지 않는다. RREQ 메시지가 목적 노드에게 전달되면 RREP 메시지에 목적 노드의 위치 정보를 포함하고 AODV와 마찬가지로 중간 노드의 역 경로를 통해 RREP 메시지를 전달한다.

III. Location-aided ADOV+ 프로토콜

본 논문에서는 하이브리드 무선 네트워크에서 위치 정보를 이용하여 제어 메시지의 오버헤드를 줄여주는 Location-Aided ADOV+(LAp) 알고리즘을 제안한다. LAp 프로토콜은 확장된 AODV(AODV+)를 기반으로 Reactive하게 동작하며 추가로 위치 정보를 사용 LAR에서처럼 Request Zone을 형성하여 제어 메시지의 오버헤드를 줄여 준다. Request Zone은 기존 LAR에서와 달리 목적 노드가 추가로 움직인 거리를 고려하여 재설정된 Expected Zone을 포함하도록 각 노드에서 다시 설정된다. LAp 프로토콜의 수행을 위하여 모든 노드들은 GPS와 같은 장치를 장착하여 자신의 위치정보를 알고 있으면 GPS 시각 동기화(Time Synchronization)를 통해 동기화한다고 가정한다.

3.1 RREQ 와 RREP 메시지 형식

본 논문에서 제시하는 LAp 프로토콜은 기본적으로 AODV+ 프로토콜에 기반을 두고 있으므로 두 프로토콜은 사용하는 패킷의 종류가 같으며 경로 탐색과 설정을 위해 RREQ/RREQ_I 메시지와 RREP/RREP_I 메시지를 교환한다. LAp에서 사용되는 RREQ/RREQ_I 메시지는 AODV+의 메시지에 추가로 Expected Zone과 Request Zone의 설정을 위한 정보가 포함한다. 이들 정보 필드들은 다음과 같다. 64비트의 목적 노드의 위치 정보, 16비트 거리 필드, 10비트 각도 필드, 10비트의 속도필드와 12비트의 시각 필드들이다. 추가된 필드들로 인하여 AODV의 RREQ 메시지보다 그 크기가 총 14 바이트가 늘어나지만 사용 안 되고 있는 12비트 Reserved와 Type필드의 4 비트, 총 2 바이트를 사용하므로 실제 늘어나는 크기는 12바이트가 된다. 거리 필드의 값은 현재 RREQ/RREQ_I 를 보내는 노드에서부터 목적노드까지의 거리를 나타내고, 각도 필드의 값은 소스 노드와 목적노드를 양 끝점으로 하는 직선의 좌표 상에서의 각도로 소스 노드에서 설정되어 중간에 변하지 않는다. 속도필드는 목적노드의 평균 이동 속도를 기록하고 시각 필드는 목적노드의 위치 정보가 기록된 시각을 기록한다.

LAp 에서 사용되는 RREP/RREP_I 메시지도 AODV+ 프로토콜의 RREP 메시지에 추가로 64비트 목적노드의 위치 정보가 더해진다. RREP/RREP_I 메시지를 받는 노드들은 목적 노드의 위치 정보를 업데이트 시켜 주게 된다.

3.2 무선 노드간의 경로 설정

LAp 프로토콜은 LAR 프로토콜과 마찬가지로 경로 설정 시 RREQ 메시지를 전파 하는 과정에서 위치 정보를 이용하여 Request Zone을 설정한다. RREQ 메시지를 받은 노드는 자신이 Request Zone 내부에 있는지 확인하고, Request Zone 내부에 있을 경우만 RREQ 메시지를 전파하도록 하여 제어 메시지의 수와 양을 줄여 네트워크의 오버헤드를 줄여 준다.

기존 LAR 프로토콜은 소스 노드에서 Request Zone을 결정하면 목적 노드까지 유지 되므로 목적 노드가 고속으로 이동할 경우 경로를 설정하지 못하게 되는 경우가 생길 수 있다. LAp 프로토콜에서는 이를 방지하기 위하여 RREQ 메시지를 받는 중간 노드들은 RREQ 메시지에 있는 정보들을 사용하여 새로이 Expected Zone을 설정하고 그에 따라 Request Zone을 설정한 뒤에 이 Request Zone에 자신이 포함 되는지 안 되는 지 결정한다.

〈그림 3〉은 LAp 프로토콜에서 만드는 새로운 Expected Zone과 Request Zone을 보여주고 있다. 소스 노드 S가 시간 t_0 에 목적 노드 D의 위치를 알고 있고 목적 노드가 평균 속도 v 로 움직인다고 가정 하면 이 정보를 RREQ 메시지의 시각 필드, 목적 노드 위치 정보 필드와 속도 필드에 각각 기록한다. 소스 노드와 목적 노드의 위치 좌표로부터 직선거리와 이 직선의 기준 좌표로부터의 각도를 구하여 거리 필드와 각도 필드에 각각 저장한다. 중간 노드 A가 RREQ 메시지를 시각 t_1 에 받게 되면 Expected Zone은 목적 노드의 좌표를 중심으로 반지름이 $v \cdot (t_1 - t_0)$ 인 원으로 결정된다. 이때의 Request Zone은 〈그림 3〉에서 실선으로 나타나고 있는데, 좌표 (XRA, YRA)를 중심으로 노드 S부터 그 좌표까지의 거리를 반지름으로 하는 내각이 90도인 부채꼴이 된다. 좌표 (XRA, YRA)는 RREQ 메시지에 있는 목적 노드의 위치, 거리 값, 각도 값과 Expected Zone의 반지름 값을 가지고 〈그림 3〉에서처럼 결정된다. 노드 A가 그림에서처럼 Request Zone에 있으면 거리 값을 노드 A부터 노드 D로 수정하여 RREQ 메시지를 전송하게 된다. 노드 B가 t_2 에 RREQ 메시지를 받으면 다시 형성된 Expected Zone을 중심으로 그림에서 점선과 같은 Request Zone이 형성되고 이 경우 Request Zone 밖에 있기 때문에 메시지를 전송하지 않는다.

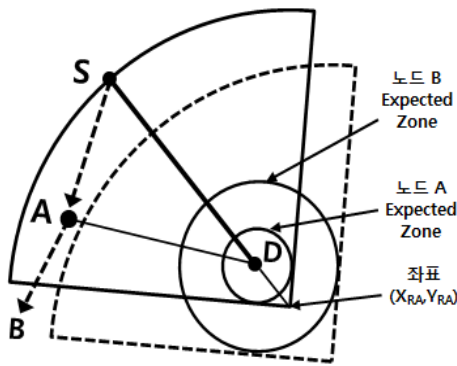


그림 3 LAp 프로토콜의 Request Zone과 Expected Zone
Fig 3. LAp Protocol Request Zone and Expected Zone

Request Zone이 내각이 90도인 부채꼴로 설정한 이유는 실험을 통하여 최적의 값으로 설정된 것이다. Request Zone이 내각이 90도인 부채꼴 보다 커지게 될 경우 RREQ 메시지에 반응하는 노드들이 늘어나 오버헤드의 양이 증가하고, 이보다 작아 질 경우 반대로 경로 형성에 필요한 중간 노드의 수가 감소하여 경로 설정이 힘들어 지게 된다.

목적 노드가 RREQ 메시지를 받게 되면, RREP 메시지의 목적 노드 위치 정보 필드에 자신의 위치정보를 저장하고, RREP 메시지를 전송한다. RREP 메시지를 받는 중간 노드들과 소스 노드는 목적 노드 위치 정보필드의 내용을 가지고 목적 노드의 위치 정보를 업데이트 시켜 주고, 다음 경로 설정에 필요하면 사용하게 된다.

3.3 인터넷 게이트웨이의 탐색과 연결

LAp 프로토콜에서 인터넷 게이트웨이의 탐색과 연결은 Reactive 방식으로 동작하며 AODV와 마찬가지로 두 가지 방법을 사용한다. 먼저 무선 경로 탐색 과정에서 인터넷 게이트웨이 노드는 RREQ 메시지에 대하여 해당 목적 노드가 라우팅 테이블에 있는 경우 RREP와 추가적으로 RREP_I 메시지를 자신의 위치 정보와 함께 전송한다. 이 메시지를 받은 소스 노드와 중간 경로 노드들은 인터넷 게이트웨이 정보와 위치 정보를 업데이트 시켜 줌으로써 인터넷 게이트웨이와의 연결을 할 수 있게 된다. 두 번째 방법은 RREQ_I와 RREP_I 메시지의 쌍을 사용하는 방법이다. 이 경우 소스 노드는 목적 노드의 위치 정보 필드에 가장 가까운 인터넷 게이트웨이의 위치 정보를 저장하고 RREQ_I 메시지를 브로드캐스팅 시킨다. RREQ_I 메시지를 받은 중간 노드들은 먼저 인터넷 게이트웨이가 노드의 전파 범위에 있는지 판단하고 있

으면 RREQ_I 메시지를 인터넷 게이트웨이로 전송한다. 그렇지 않은 경우는 RREQ 메시지를 받았을 때처럼 Request Zone을 형성하여 RREQ_I 메시지를 전송할지 결정하는데, 이때 목적 노드의 위치가 고정 되어 있으므로 Expected Zone은 크기는 0이 된다. 즉 Request Zone은 목적 노드를 중심으로 하고 거리 필드의 값을 반지름으로 하는 90도 각도의 부채꼴이 된다. RREQ_I 메시지가 인터넷 게이트웨이에 도달하면 ADOV+에서 처럼 RREP_I 메시지를 전송하여 중간 노드들과 소스노드는 이 메시지를 받아 경로를 형성한다.

IV. 성능 평가

이번 장에서는 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제시한 LAp을 AODV+와 비교 및 평가하였다. 성능 평가를 위한 시뮬레이터는 NS-2[14]을 사용 하였고 실험 환경으로 Pentium 4 2.8GHz (512 KB L2 cache, Main Memory 512 MB)의 Linux Fedora Core이 사용 되었다.

4.1 시뮬레이션

본 논문은 1500m * 1500m 범위의 하이브리드 무선 네트워크에서 노드의 수와 이동속도를 증가 시키며 AODV+와 LAp의 오버헤드와 데이터 전송률 을 비교 평가 하였다. 시뮬레이션 타임은 총 900초이며, 이중 200에서 600초 사이의 데이터를 가지고 평가 하였다. 노드의 이동은 CMU의 generator(setdest)를 이용 하여 random waypoint 모델 (pause time 0.5)을 사용하였다. 인터넷 게이트웨이는 3개를 사용하였고, 고정 되도록 하였으며, 유선 노드 2개와 2개의 유선 라우터를 사용 하였다. 패킷 전송 타입은 constant bit rate traffic(CBR)을 사용 하였고, interval을 0.2초로 하고 패킷 크기를 512bytes 로 하여, 20kbit/s의 속도로 패킷을 전송 하도록 하였으며, 소스의 수는 5개를 사용 하였다. 노드의 수는 40~100 개까지 20의 단위로 평가 하였고, 평균 이동 속도는 1에서 20까지 5m/s의 단위로 평가 하였다.

4.2 실험 평가 기준

LAp 프로토콜의 성능 평가를 위하여 데이터 수신율, 제어 메시지 오버헤드, 지연시간의 세 가지를 기준으로 사용하였다. 라우팅 프로토콜을 평가 하는데 있어서 가장 중요한 요소 중의 하나인 데이터 수신율은 목적지에 도착한 모든 메시지의 수를 송신 노드에서 만들어진 모든 메시지의 수로 나눈 값으로 계산 하였다. 제어 메시지는 경로 설정을 위한 RREQ/RREP 메시지

와 경로 상태에 따른 RREQ 메시지를 의미 한다. 제어 메시지 오버헤드는 경로 설정과 복구를 위해 사용된 모든 라우팅 메시지의 수로 계산하였다. 지연 시간은 만들어진 패킷이 목적 노드까지 도착하는 시간을 의미한다. 지연시간이 길고 짧음은 네트워크의 전체적인 모습을 보여주는 데 필요한 요소이다. 지연 시간의 계산은 소스 노드가 목적 노드로의 경로를 탐색하고 설정하는 시간과 패킷 전송 시간을 포함 하여 계산 하였다.

4.3 실험 결과와 평가

4.3.1 평균 데이터 수신율

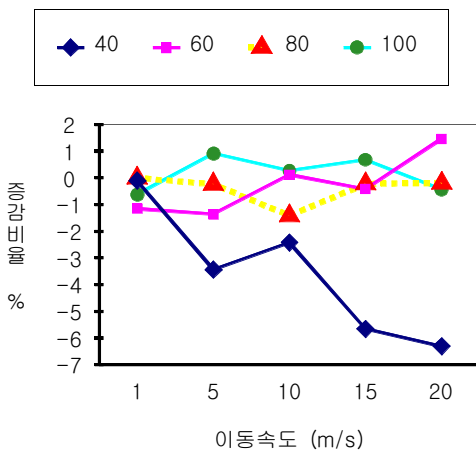


그림 4. LAp의 AODV+에 대한 데이터 수신율 증감 비율
Fig 4. Data receive rate of LAp with respect to AODV+

〈그림 4〉는 AODV+를 기준으로 LAp의 데이터 수신율의 증감 비율을 노드의 수를 40개부터 100개까지 변화 시키고 노드의 평균 이동 속도를 1 ~ 20 m/s 증가시키면서 그래프 표현한 것이다. 범례안의 숫자는 노드의 수를 나타낸다. 마이너스 값은 그 만큼의 비율로 LAp의 수신율이 떨어짐을 나타낸다. 두 프로토콜 모두 노드의 수가 증가하면 수신율이 좋아지고, 이동속도가 증가하면 수신율이 줄어든다. 노드가 40개의 경우 LAp의 수신율이 상대적으로 급감하는 것을 볼 수 있다. LAp 프로토콜은 위치 정보를 사용하여 RREQ 메시지의 전파를 줄여준다. 이 방법은 전체 경로를 설정함에 있어 충분 하지 않은 노드의 수에 대해 매우 낮은 수신율을 보인다. 경로 설정을 위해 노드의 수가 충분하지 않을 때 LAp 프로토콜의 수신율이 떨어지는 것은 LAp의 최대 단점이다. 하지만 경로 설정을 위해 충분한 노드의 수가 생기는 60개부터는

1% 미만의 차이를 보이게 되고, 수신율 자체도 대부분 90%에 가까운 수치를 보여주게 된다.

4.3.2 제어 메시지 오버헤드

〈그림 5〉은 노드의 수를 40~100개로 증가 시키면서 이동 속도를 1부터 20m/s 까지 증가 시켜가며 AODV+를 기준으로 잡고 LAp의 제어 메시지 수의 감소율을 평가 하였다. 노드의 수가 많아지게 되면, RREQ 메시지를 받게 되는 노드의 수가 증가 하게 되어 제어 메시지의 수가 증가하게 되고 또 노드의 이동속도가 빨라지면 새로운 경로 설정을 위해 다시 RREQ 메시지를 전파하는 경우가 늘어나기 때문에 제어 메시지의 수는 속도에 비례하여 증가 하게 된다. 기본적으로 LAp의 제어 메시지 수는 AODV+의 제어 메시지 수보다 항상 적으며 그래프는 평균 적으로 노드의 수와 이동 속도가 증가함에 따라 LAp과 AODV+의 제어 메시지 수가 차가 벌어지는 것을 볼 수 있다. 단지 노드수가 40개이고 속도가 고속 일 때 이러한 경향에서 벗어나는데 이는 경로 결정이 대부분 실패하는 바람직하지 않은 상태를 초래하기 때문이다.

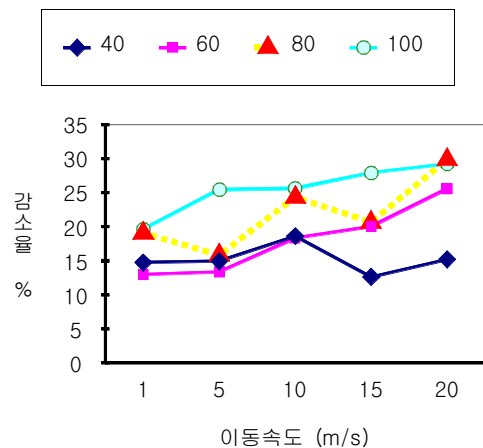


그림 5 LAp의 AODV+에 대한 제어 메시지 수 감소율
Fig 5. Reduction rate of the number of control messages for LAp with respect to AODV+

4.3.3 지연 시간

〈그림 6〉는 노드 수와 이동 속도에 따른 전송 지연 시간의 차이를 보여 준다. 그래프의 값이 양수일 때는 그 만큼 LAp가 더 적은 전송 지연시간을 보여줌을 나타낸다. 기본적으로 LAp 프로토콜은 AODV+ 프로토콜에 기반을 두고 있으므로 전송 지연에 있어 큰 차이를 나타내지 않는다. 일반적으로 동일한 미디어를 사용하는 무선 네트워크의 특성상

RREQ 메시지가 전파되는 노드의 수가 줄어드는 것은 메시지 전송 시 충돌을 예방함으로써 전송 지연으로 나타나게 된다. LAp의 평균 지연시간은 131ms, AODV+ 은 114ms로 AODV+가 더 작은 지연 시간을 보이고 있지만, 노드 수가 많은 경우, 즉 노드 수 40을 제외한 나머지 경우 LAp의 평균 지연 시간은 107ms 으로 AODV+의 116ms 보다 더 좋은 결과를 보여 주고 있다. 특히 노드 수가 80개 이상일 때는 대부분의 경우 LAp가 더 좋은 평균 지연 시간을 보여 주고 있다.

지금 까지 LAp과 AODV+ 성능을 제어메시지의 전송률, 오버헤드와 전송 지연의 기준에서 비교하여 보았을 때 노드의 수가 상대적으로 적거나 노드의 이동 속도가 낮을 때는 AODV+가 약간 우세하나 노드의 수가 많아지고 이동 속도가 증가함에 따라 LAp이 효과적으로 제어메시지의 오버헤드를 줄이며 더 낮은 전송률과 지연 시간을 보여줌을 알 수 있었다.

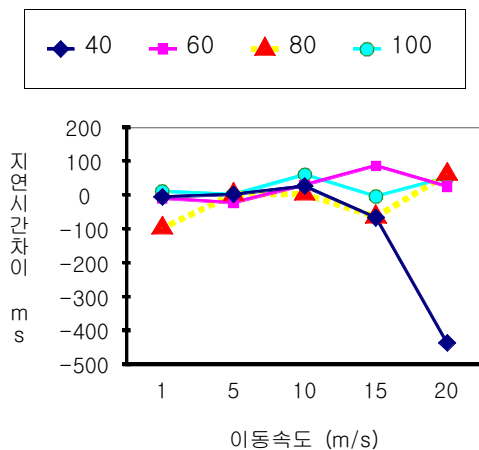


그림 6. LAp 프로토콜과 AODV+ 프로토콜의 전송 지연 차이
 Fig 6. Transfer delay differences between LAp and AODV+

V. 결론 및 향후 연구과제

하이브리드 무선 네트워크에는 무선 노드 간의 라우팅뿐만 아니라 인터넷에 연결된 인터넷 게이트웨이의 라우팅도 동시에 고려되어야 한다. 본 논문에서는 노드의 위치 정보를 사용하여 제어 메시지의 오버헤드를 줄여 주는, 하이브리드 무선 네트워크 라우팅 프로토콜 LAp을 제안하였다. LAp 프로

토콜은 기존 AODV+ 프로토콜을 위치 정보를 효율적으로 사용할 수 있게 확장하였다.

성능 평가를 통하여 LAp 프로토콜을 AODV+ 프로토콜과 비교하여 보았을 때 LAp가 제어 메시지의 오버헤드를 줄여줌을 알 수 있었다. 하지만 노드의 수가 적은 경우에는 Request Zone에 있는 노드의 수가 줄어들어 경로 설정에 어려움이 있고 이는 전송률과 지연 시간에 나쁜 영향을 미치는 것으로 나타났다. 노드의 수가 많아지면 AODV+와 비교하여 보았을 때 비슷하거나 더 좋은 전송률과 지연 시간을 보여 주고 있다. 성능 평가 실험을 통해 본 논문에서 제시한 LAp 프로토콜이 노드 수가 많은 하이브리드 무선 네트워크에서 효율적이고, 노드 수가 작을 때를 위해서는 Request Zone의 확장할 필요가 있다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] RFC 2051. "Mobile Ad hoc Networking (MANET) : Routing protocol performance Issues and Evaluation Consideration", <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>
- [2] C.E. Perkins, "Ad-hoc Networking", Addison-Wesley, 2001
- [3] C.K Toh, "Ad-hoc Mobile Wireless Networks: protocols and systems", Prentice Hall PTR, 2002
- [4] Ali Hamidian, "A Study of Internet Connectivity for Mobile Ad Hoc Networks in NS-2" Master's thesis, Lund Institute of Technology, Sweden, January 2003.
- [5] Ali Hamidian, Ulf Koner and Anders Nilsson, "Performance of Internet Access Solutions in Mobile Ad Hoc Networks" Mobile and Wireless Systems, LNCS 3427, 2005.
- [6] U. Javaid, D.E. Meddour, S.A. Mahmud and T. Ahmed, "Hybrid Wireless Networks - Towards an Efficient Gateway Discovery Scheme" Global Information Infrastructure Symposium, July, 2007
- [7] R. Kumar, M. Misra, and A.K. Sarje, "An Efficient Gateway Discovery in Ad Hoc Networks for Internet Connectivity," International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications, 2007

- [8] U. Jonsson, F. Alriksson, T. Larsson, P. Johnsson, and G.Q. Maguir, "MIPMANET: Mobile IP for Mobile Ad-hoc Networks" Proc of the workshop on Mobile Ad-hoc Network and Computing (Mobihoc), Aug. 2000
- [9] R. Wakikawa, J. Malinen, C. Perkins, A. Nilsson and A.J. Tuominen. "Global Connectivity for IPv6 Mobile Ad Hoc Networks" IETF Internet Draft, February 2003. Work in progress.
- [10] Charles E. Perkins and Elizabeth M. Royer. "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing" Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, New Orleans, LA, February 25-26, 1999.
- [11] P. Ratanchandani and R. Kravets, "A hybrid Approach to Internet Connectivity for Mobile Ad Hoc Networks," Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking, 2003
- [12] Young-Bae Ko and Nitin H. Vaidya, "Location-Aided Routing(LAR) in mobile Ad-hoc network" Wireless Networks, Vol. 6, No. 4, July 2000.
- [13] M. Mauve, J. Widmer and H. Hartenstein, "A Survey on Position-Based Routing in Mobile Ad-hoc Networks." IEEE Network Magazine 15(6) : pp 30-39, 2001
- [14] "The Network Simulator (ns-2)", <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [15] Parkinson, Bradford W. and James J. Spilker. eds. 1996. "Global Positioning System: Theory and Practice". Volumes I and II. Washington, DC: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.

저 자 소개



김 선 일

1985년 서울대학교 컴퓨터공학 학사
 1987년 서울대학교 컴퓨터공학 석사
 1995년 미국 일리노이 주립대학교 전산학 박사
 1995년~1999년 미국 IBM 연구원
 1999년~현재 홍익대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야: 시스템 소프트웨어, 임베디드시스템, 정보통신 및 보안



이 준 용

1986년 서울대학교 컴퓨터공학 학사
 1988년 미국 미네소타 주립대학교 컴퓨터공학 석사
 1996년 미국 미네소타 주립대학교 컴퓨터공학 박사
 1996년~1997년 미국 IBM 연구원
 1997년~현재 홍익대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야: 컴퓨터구조, 임베디드시스템, 정보보안