

무선 Ad-hoc망에서의 On-demand 라우팅 프로토콜을 위한 선택적 Flooding 기법

박재석, 장성대, 이균하
인하대학교 전자계산공학과
e-mail:g2001406@inhavision.inha.ac.kr

A Selective Flooding Scheme using Neighborhood Information for On-demand Routing Protocols in Ad Hoc Networks

Jae-Seok Park, Seong-Dae Jang, Kyoon-Ha Lee
Department of Computer Science and Engineering,
Inha University

요 약

Ad-hoc 망은 기존의 유선망이나 중앙집중화된 관리의 도움 없이 무선이동단말 스스로가 동적으로 구성하는 망이다. 현재 ad hoc망에서의 라우팅을 위해 제시된 on-demand 방식의 라우팅 프로토콜은 경로발견을 위해 blind flooding을 수행하며 이는 프로토콜의 효율성을 저해하고 있다. 본 논문에서는 이러한 blind flooding의 문제점을 개선할 수 있는 방법으로 2-hop거리의 이웃노드들에 대한 정보와 threshold factor를 이용하여 선택적으로 flooding을 수행함으로써 라우팅 오버헤드를 줄일 수 있는 방법을 제시한다.

1. 서론

최근의 컴퓨팅 환경은 데스크탑 PC에서 Post-PC로, 네트워크 환경은 유선에서 무선으로 급격하게 이동되어지고 있다. 또한 휴대가 간편하고 이동이 편리한 컴퓨팅 환경을 제공하는 모바일 컴퓨팅 분야의 성장은 향후 서비스가 이동무선단말을 이용한 멀티미디어 데이터 서비스가 될 것이라는 것을 예견하고 있다. 이와 관련하여 최근 대두되고 있는 것이 ad-hoc 망으로 이에 대한 연구는 지난 20여년 동안 산발적으로 개발되어 왔으나 최근 이동통신분야의 성장과 더불어 연구가 활발히 진행되어지고 있다[1].

Ad-hoc 망은 이미 존재하는 유선망이나 중앙집중화된 관리의 도움 없이 무선 이동단말들 스스로가 동적으로 구성하는 망이다. 이런 네트워크 환경에서는 무선 네트워크 인터페이스의 제한된 전송범위로 인해 출발지와 목적지 사이에 데이터를 전달하기 위해서는 여러 경로를 거쳐야 한다.

따라서 망을 구성하는 모든 단말들은 라우터로서 동작을 하여 이동단말로부터 패킷을 다른 이동단말로 전달하여야 하는데 ad-hoc 망에서의 빈번한 단말들의 이동과 제한된 전력소모 등으로 인해서 이동단말들간에 효율적인 통신을 위해서는 잘 정의된 라

우팅 기법이 요구된다.

현재까지 ad-hoc망을 위해 많은 라우팅 프로토콜들이 제안되었으며 그 중에서 on-demand방식의 프로토콜들은 경로발견을 위해서 blind flooding을 수행함으로써 라우팅 오버헤드가 커지는 문제점을 보인다. 본 논문에서는 각 노드에서 2-hop 거리의 이웃노드들에 대한 정보를 관리하게 함으로써 쿼리가 발생했을 때 이웃노드 정보와 flooding의 전파 범위를 제한하는 threshold factor를 이용하여 선택적으로 flooding을 수행하는 방법을 제시하며, 시뮬레이션을 통해 제시한 방법이 on-demand 라우팅 프로토콜의 라우팅 오버헤드를 감소시키고 전송지연시간을 단축시킴으로써 전체적으로 네트워크 수행능력을 향상시킴을 보인다.

2. 기존 ad-hoc 라우팅 프로토콜

1970년대 초 DARPA 패킷망의 출현이후 ad-hoc 망에서의 라우팅을 위해 많은 프로토콜들이 제안되었다. 이들 프로토콜들은 네트워크 구성방식과 라우팅방식에 따라 다음과 같이 분류된다[2].

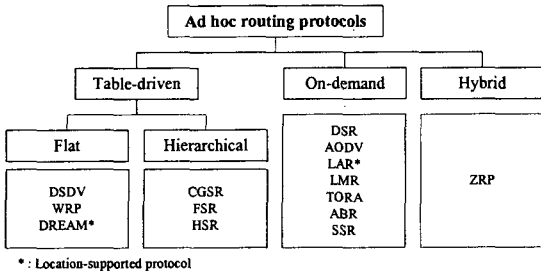


그림 1. Ad hoc 라우팅 프로토콜의 분류

2.1. Table-driven(proactive) 방식

Table-driven 방식에서는 기본적으로 각 노드는 네트워크상의 목적지로 가기 위해 거쳐야 하는 이웃노드(next hop)에 대한 정보를 유지하며 패킷이 수신되면 패킷헤더의 목적지 식별자를 이용해서 해당 이웃노드로 패킷을 전달하게 된다. 이러한 패킷전달과정은 패킷이 목적지에 도달할 때까지 지속된다. 이러한 방식을 사용한 대표적인 ad-hoc 라우팅 프로토콜에는 DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)가 있으며 지속적으로 라우팅 테이블을 유지 관리하기 위한 라우팅 오버헤드가 크다는 단점이 있으나 최선의 경로를 유지함으로써 전송지연시간이 짧다는 장점을 가지고 있다.

2.2 On-demand(reactive) 방식

Table-driven 방식의 프로토콜과는 달리 on-demand 방식의 프로토콜들은 데이터전송이 필요한 순간에만 출발지에 의해서 경로를 설정하게 된다. 한 노드에서 다른 목적지까지의 경로가 필요하게 되면 그 순간에 경로발견(route discovery)절차를 수행하게 되고 이 과정을 통해서 발견된 경로는 경로가 더 이상 필요하지 않거나 유효하지 않을 때까지 유지된다. 이 방식의 대표적인 ad-hoc을 위한 라우팅 프로토콜에는 DSR(Dynamic Source Routing)과 AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector)등이 있다.

On-demand 방식의 프로토콜이 Table-driven 방식에 비해 갖는 장점은 라우팅 오버헤드가 적다는 것이다. 그러나 on-demand 방식의 프로토콜들도 네트워크의 크기가 커짐에 따라 라우팅 오버헤드도 따라서 증가하는데 이는 on-demand 방식의 프로토콜들이 기본적으로 flooding을 기반으로 경로발견절차를 수행하고 있기 때문이다. 이러한 flooding 기법은 쿼리 패킷을 네트워크 전체에 전파시켜 네트워크의 노드수가 증가할수록 라우팅 오버헤드가 커지는 문제점을 보이고 있다[3].

3. 선택적 flooding 기법

제안하고자 하는 선택적 flooding 기법은 기본적으로 노드는 급격하게 이동하지 않는다는 공간적 지역성(spatial locality)에 기반을 두고 있으며 변경된 경로는 기존의 경로에 비해 크게 다르지 않다고 가정한다.

3.1. 2-hop거리의 이웃노드에 대한 정보관리

우선 각 노드들은 일정시간 간격으로 HELLO패킷을 주고받음으로써 이웃노드에 대한 정보를 유지한다. 이웃노드에 대한 정보는 HELLO패킷 뿐만 아니라 각 노드에서 이웃노드에서 발생하는 데이터전송을 지속적으로 청취함으로써 알 수 있다. 또한 HELLO패킷을 이웃노드로 전송을 할 때 자신이 가지고 있는 이웃노드에 대한 정보를 같이 포함해서 보내게 되면 각 노드에서는 자신으로부터 최대 2 hop 거리에 대한 노드의 정보를 유지할 수가 있게 되며 2-hop 이내에서의 노드이동에 의한 경로변경은 따로 쿼리를 발생시키지 않기 때문에 라우팅 오버헤드를 줄일 수 있게 된다.

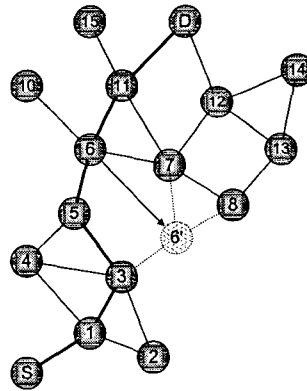


그림 2. 이웃노드 정보를 이용한 경로복구

그림 2에서 기존의 경로 [S, 1, 3, 5, 6, 11, D]를 통해서 패킷을 전송했을 경우 노드 3에서 이웃노드 테이블의 정보를 이용해서 기존경로가 변경되었음을 알게 되며 또한 기존경로상의 노드 6이 자신의 이웃이라는 것도 동시에 알 수 있으므로 이 정보를 이용해서 기존 경로를 [S, 1, 3, 6', 11, D]로 수정해서 패킷을 6'로 전송하게 된다. 노드 6'에서는 수신된 경로상의 노드 11이 2 hop거리의 이웃이라는 것을 알 수 있으므로 경로를 다시 [S, 1, 3, 6', 7, 11, D]로 수정해서 패킷을 전송하게 되어 목적지노드에 도달할 수 있게된다. 위의 예처럼 2 hop 이내의 경로 변경은 대부분 이웃노드테이블정보를 이용해서 끊어

진 경로를 복구할 수 있게 되며 새로운 경로를 발견하기 위한 쿼리를 발생시키지 않게 된다..

이 방법의 문제점은 주기적으로 이웃노드에 대한 정보를 같이 실어서 보내주어야 하므로 패킷의 크기가 커진다는 점인데 이는 각 노드에서 이웃노드 테이블을 유지하여 HELLO패킷을 보낼 때 기존의 노드리스트와 차이가 없으면 이웃노드리스트를 실어 보내지 않고 변경된 리스트만을 보내게 되면 패킷의 크기를 크게 줄일 수 있다.

3.2. threshold factor를 이용한 선택적 flooding

노드의 이동으로 인해 기존경로가 변경이 되었을 지라도 노드가 급격하게 이동하지 않는 한 기존의 경로와 큰 차이를 보이지 않으며 어느 정도의 노드 이동으로 인한 경로 변경은 2 hop거리의 이웃노드에 대한 정보를 이용해서 복구가능하며 2 hop 이상의 경로차가 발생했을 경우에는 threshold factor τ 를 이용해서 쿼리를 고립화시키게 된다.

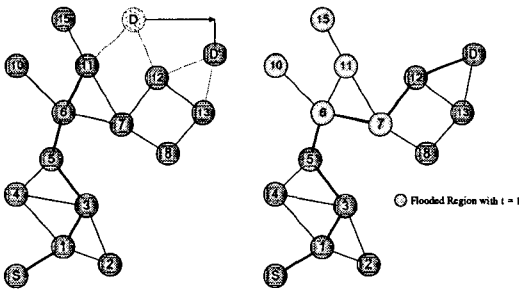


그림 3. threshold factor를 이용한 선택적 flooding

그림 3에서 목적지 노드 D가 이동을 하여 기존의 경로 [S, 1, 3, 5, 6, 11, D]로 전달되는 패킷은 노드 6에서 경로가 변경이 되었음을 알게 되고 2-hop 거리의 이웃 노드상에 기존 경로가 존재하지 않음을 알게 되어 6에서 기존의 경로의 주변에서 변경된 경로 이후의 노드를 찾게 된다.

이 때 쿼리 패킷을 수신한 노드가 기존의 경로상에 존재하지 않는 노드일 경우에는 τ 의 값을 하나씩 증가시키게 되며 τ 값의 미리 설정한 최대값보다 크게 되면 그 노드는 패킷을 더 이상 flooding시키지 않게 되어 기존경로에서 일정범위내의 노드에게 선택적으로 flooding을 시키게 된다. 위의 예에서는 τ 의 최대값이 1인 경우로 노드 6로부터 시작된 쿼리는 노드 7에서의 이웃노드테이블에 의해서 새로운 경로를 발견하게 된다.

4. 시뮬레이션 및 결과

앞에서 제시한 방법의 성능평가를 위해서 ns-2의 CMU Monarch extension을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. MAC계층의 프로토콜로는 무선 LAN을 위한 IEEE802.11의 DCF(Distributed Coordination Function)를 사용하였으며 radio 모델로는 2Mb/s의 bit rate와 직경 250m의 전송범위를 갖는 Lucent의 WaveLAN을 사용하였다[4].

4.1. 시뮬레이션 환경

시뮬레이션에 사용된 파라미터들은 다음과 같다.

표 1. Simulation parameters

Mobility Model	Number of Nodes	50
	Environment Size	1000m×1000m
	Simulation Time	900s
	v_{max}	20m/s
	Pause Time	0~900s
Traffic Model	Traffic Type	CBR
	Packet Rate	4 packets/s
	Packet Size	512byte
	Number of sources	20 / 40

시뮬레이션에서 사용한 프로토콜은 기존의 AODV로서 AODV는 경로관리를 위해서 내부적으로 HELLO패킷을 주기적으로 보내주고 있어 여기에 2-hop거리의 이웃노드정보를 관리하게 하고 선택적 flooding 이 가능하도록 변경한 후 순수 AODV 라우팅 프로토콜과의 성능분석을 실시하였다. 실험은 AODV와 threshold factor의 값을 0, 1, 3로 증가시켜가며 측정을 하였고 threshold factor의 값이 0이라는 것은 2-hop거리의 이웃노드에 대한 정보만을 가지고 경로복구를 수행한 것을 의미한다.

4.2. 결과분석

성능분석은 두 가지 기준에 의해 실시하였다. 첫 번째는 전송지연시간으로 낮은 트래픽에서의 전송지연시간은 전체적으로 작게 측정됨으로써 비교를 할 수 없으나 높은 트래픽에서의 전송지연시간은 그림 4의 (a), (b)와 같이 threshold factor의 값이 작을수록 낮게 나옴을 알 수 있고 중간 정도의 이동성에서 특히 좋음을 알 수 있다. 높은 트래픽에서의 전송지연시간이 이동성이 낮을 때 더 크게 나오는 것은 ad hoc망의 congestion으로 인한 것으로 보이며 이동성이 커짐에 따라 congestion이 해소되어 전송지연시간이 점차 낮아지고 있음을 알 수 있다.

두 번째로 라우팅 오버헤드에 대한 측정은 전체

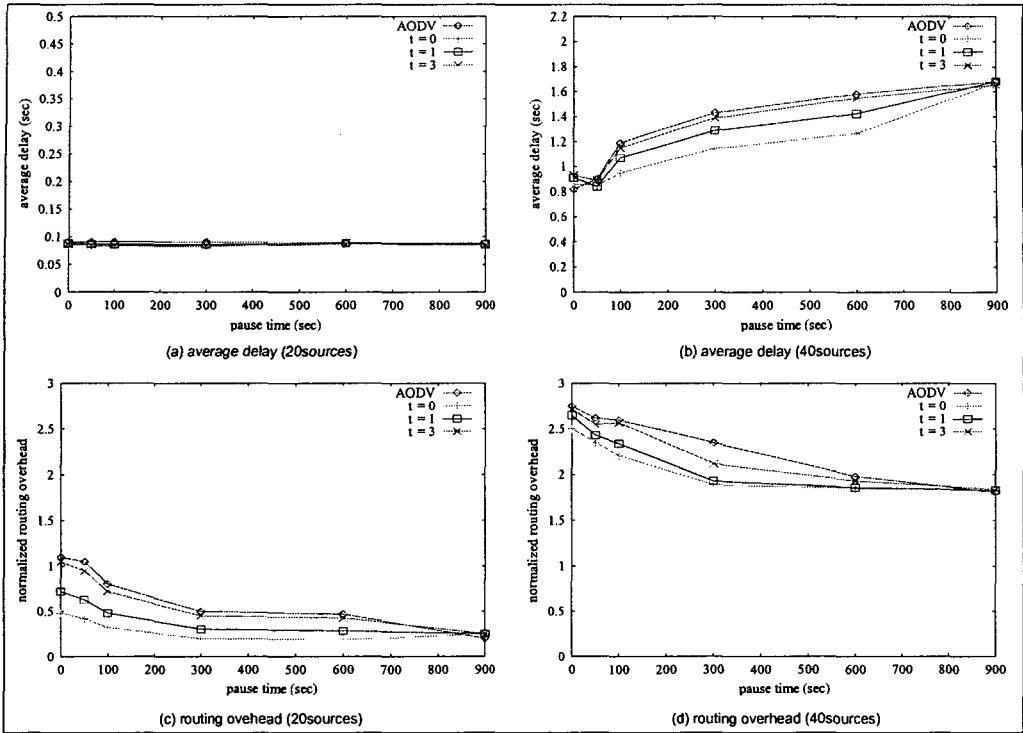


그림 4. 시뮬레이션 결과

데이터 패킷에 대한 라우팅 패킷에 대한 비율로 정규화시켜 표시하였다. 그림 4의 (c)와 (d)에서와 같이 threshold factor 값이 적을수록 라우팅 오버헤드는 크게 감소함을 알 수 있어 쿼리가 선택적으로 flooding 되어짐을 보여주고 있으며 특히 중간정도의 이동성에서의 라우팅 오버헤드가 일정하게 나오는 것은 2-hop 거리 내에서의 노드 이동으로 인한 경로 변경은 이웃노드정보만을 이용해서 별도의 flooding 없이 복구 가능함을 보여주고 있다.

5. 결론

On-demand 라우팅 프로토콜은 ad hoc 망에서 효과적인 프로토콜이나 경로발견을 위한 쿼리의 blind flooding이 프로토콜의 효율성을 제한하여 왔다. 본 논문에서는 이러한 on-demand 라우팅 프로토콜이 갖는 문제점을 2-hop 거리의 이웃노드에 대한 정보와 threshold factor를 이용해서 쿼리를 선택적으로 flooding 시킴으로써 전체적인 수행능력의 향상을 가져올 수 있음을 모의실험을 통해 보여주었다.

향후 연구과제로서는 AODV 외의 on-demand 라우팅 프로토콜에서의 수행능력 및 선택적 flooding이 패킷전송율에 미치는 영향과 네트워크 이동성에 따른 최적의 threshold factor를 정하는 것이다.

참고문헌

- [1] M. Soctt Corson, Joseph P. Macker, Gregory H. Cirincione, "Internet Based Mobile Ad Hoc Networking," *IEEE Internet Computing*, Vol.3, No.4, pp63~70, 1999.
- [2] Elizabeth M. Royer, Chai-Keong Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks," *IEEE Personal Communications*, Vol.6, No.2, pp46~55, 1999.
- [3] J. Broch et al., "A Performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols," *Proc. Fourth Ann. ACM/IEEE Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking*, Oct., 1998.
- [4] Kevin Fall, Kannan Varadhan, "ns notes and documentation," The VINT project, UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC, 1999.
- [5] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad hoc On Demand Distance Vector Routing," *Proc. IEEE WMCSA '99, New Orleans, LA*, Feb., 1999.