

Ad-hoc 라우팅에서의 효율적 부하균등 제어 기법

이지선⁰ 이병수
인천대학교 컴퓨터공학과
jslee⁰@e-nion.com

A Effective Load Balancing Method in Ad-hoc Routing

Ji-Sun Lee⁰ Byoung-Soo Lee
Dept. of Computer Engineering, University of Incheon

요 약

네트워크 기술의 급속한 발달로 인해 최근 무선 Ad-hoc 통신망에 관한 연구가 활발하게 진행되어 오고 있다. Ad-hoc망은 기존의 유선망에서와는 다르게 중앙 집중화된 관리로 필요로 하지 않고 지리적으로 분산된 각 노드들이 역동적으로 위치를 변경하며 라우터의 역할을 수행하여 단대단 정보전송 서비스를 제공한다. 그러나 제한된 통신 자원으로 인한 낮은 대역폭과 높은 전송 오류를 포함하고 있으며, 한정된 대역과 단말기능에 있어서의 제약으로 현재의 인터넷 라우팅 프로토콜들을 그대로 사용하기 어렵다. 현재 사용되고 있는 Ad-hoc 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 네트워크 토폴로지가 변화해야만 새로운 경로를 설정하도록 되어 있어 이동성이 낮은 환경에서의 트래픽 집중화 현상과 경로 설정을 위한 반복적 검색으로 서비스 효율이 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 다중 이웃 노드 테이블을 별도 관리하고 혼잡 상황시 자노드 중계 차단을 수행하여 효율적으로 부하균등을 제어하는 라우팅 기법을 제시한다.

1. 서 론

인터넷의 급격한 성장과 단말기의 하드웨어 및 무선통신 기술 개발이 발전함에 따라 인터넷 사용자들의 통신 환경 역시 유선에서 무선으로 급격하게 이동되어지고 있다. 또한 모바일 컴퓨팅 분야의 성장은 Ad-hoc 네트워크 기술의 발전을 가져오게 되었다. Ad-hoc 네트워크에 대한 연구는 1970년대부터 산발적으로 시작되어 현재는 인터넷 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 MANET 작업반(Mobile Ad hoc NETWORKS Working Group)을 통해 표준화 활동을 활발하게 진행중에 있으며 주로 라우팅 프로토콜에 관한 표준화 및 이동 단말들 간의 효율적인 통신을 위한 라우팅 기법 등의 연구를 수행하고 있다.

Ad-hoc 네트워크는 기존의 기지국이 중앙 유선 시스템에 연결된 형태의 통신 인프라 기반과는 다르게 언제, 어디서나 단말기가 이동하는 환경에서 서로 직접적인 통신을 가능하게 해 준다. 또한 노드의 일부가 무선 전송 범위에 위치하지 않더라도 원활한 데이터 전송을 위해 멀티홉 무선 링크로 구성되어 여러개의 중간 단말기들이 데이터 포워딩(Forwarding) 및 경로 설정(Routing)을 수행하는 새로운 형태의 통신망이다. Ad-hoc 네트워크는 기반 통신망이 존재하지 않거나 데이터 전계가 용이하지 않은 지역에서 임시적으로 네트워크를 구성하기 위한 군사적 응용 목적으로 개발 및 연구 되었으나, 최근에는 PAN(Personal Area Network)과 같이 다양한 분야로 사용 목적이 확대되고 있다.

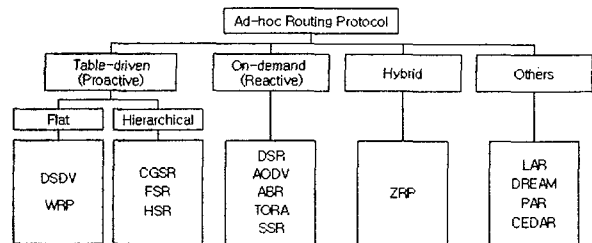
Ad-hoc 네트워크를 구성하는 모든 이동 단말기들은 라우터 기능을 하며 이동 단말기간의 패킷을 전달해야 한다. 그러나 Ad-hoc망의 노드 이동성(Mobility)에 따른 경로 설정의 계산과 수행을 통해 데이터 처리율이 낮아

저 비효율적이고 비현실적인 시스템이 되기 쉽다. 따라서 본 논문에서는 각각의 이동 노드들이 이웃 노드 테이블을 별도 관리하여 기본 데이터 패킷과 함께 이웃 노드 정보를 전송함으로써 Ad-hoc망에서의 경로 설정의 효율을 높이며, 자노드 중계 차단 기법을 병행하여 과도한 트래픽을 해결하는 방법을 제시한다.

논문의 2장에서는 기존의 Ad-hoc 라우팅 프로토콜 및 기법에 대하여 살펴보고, 3장에서는 제시한 다중 이웃 노드 테이블 관리 및 자노드 중계 차단 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 기술한다.

2. 관련 연구

1970년대초 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)의 멀티홉 네트워크인 PRNET(Packet Radio NETWORK)의 출현이후 Ad-hoc망에서의 라우팅을 위해 많은 프로토콜들이 연구되었다.



<그림 1> Ad-hoc 라우팅 프로토콜의 분류

* 본 연구는 한국과학재단 지정 인천대학교 동북아전자기술연구센터의 지원에 의한 것임.

지금까지 연구된 프로토콜들은 <그림 1>과 같이 기존의 유선 환경에서 사용되는 Bellman-Ford 알고리즘을 사용하는 Table-driven 방식, 데이터 전송이 필요한 순간에만 출발지에 의해서 경로를 설정하게 되는 On-demand 방식, 이 두 가지 방식의 장점을 혼합한 Hybrid 방식과 기타 방식으로 분류할 수 있다.

2.1 Table-driven 라우팅 프로토콜

Table-driven 라우팅 프로토콜은 유선 환경에서의 Bellman-Ford 방식을 Ad-hoc 네트워크에 적용하였다. 각각의 노드는 네트워크상의 목적지로 가기 위해 거쳐야 하는 이웃 노드의 라우팅 정보를 라우팅 테이블에 상시 유지하며 패킷이 수신되면 패킷 헤더의 목적지 식별자를 이용해서 해당 이웃 노드로 패킷을 전달함으로써 Proactive 방식이라고도 한다. Table-driven 라우팅 프로토콜은 다른 노드들에 대한 주기적 라우팅 테이블을 유지하며, 패킷 전송시 별도의 목적지 경로 획득이 불필요하기 때문에 전송 지연시간이 짧은 장점을 가지고 있다. 그러나 주기적인 라우팅 정보 유지는 무선 대역 낭비를 더욱 가중시키며, 잦은 위치 이동을 하는 노드들의 테이블 갱신을 위한 라우팅 오버헤드가 크다는 단점이 있다. 이러한 Table-driven 방식을 사용한 대표적인 라우팅 프로토콜에는 DSDV(Destination-Sequence Distance Vector), WRP(Wireless Routing Protocol), CGSR(Clusterhead Gateway Switch Routing) 프로토콜 등이 있다.

2.2 On-demand 라우팅 프로토콜

On-demand 라우팅 프로토콜은 Table-driven 라우팅 프로토콜의 단점을 해결하기 위하여 모든 노드가 수시로 이동하는 Ad-hoc 환경에 적합하도록 제안된 프로토콜로서 데이터 전송이 필요한 순간에만 출발지에 의해서 경로를 설정하게 함으로써 Reactive 방식이라고도 한다.

<표 1> On-demand 프로토콜의 종류

종류	장점	단점
DSR	-다중경로보유 -비대칭 링크 지원	-Source Routing Overhead -Stale Cache 문제
AODV	-Multicast 지원 -패킷에 경로 미포함	-대칭링크 가정 -주기적인 Hello Message
ABR	-오래 지속되는 경로 선택 -중간노드 부분적 경로 재설정	-주기적인 Beacon
SSR	-강한 연결성을 가진 경로 선택	-주기적인 Beacon -중간노드 부분적 경로 재설정 불가

On-demand 라우팅 프로토콜은 한 노드에서 다른 목적 경로가 필요하게 되면 그 순간에 경로 발견을 수행하며 이렇게 발견된 경로는 해당 경로가 더 이상 필요하지 않거나 노드 이동에 따라 유효하지 않을 때까지 유지된다. 따라서 주기적인 라우팅 정보 전달과 노드 이동시 변경된 라우팅 정보를 전달할 필요가 없으므로 라우팅 패킷의 오버헤드를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 그러나 데이터 전송시 경로 획득 절차를 우선적으로 수행하고 획득된 경로로 데이터를 전송하기 때문에 경로 획득 시간이 길어져 실시간 통신에는 부적합하다는 문제점을 가지고 있다. On-demand 방식을 사용한 대표적인 라우팅 프로토콜에는 DSR(Dynamic Source Routing), AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing), ABR(Associativity-Based Routing) 라우팅 프로토콜 등이 있다.

2.3 Hybrid 라우팅 프로토콜

Hybrid 라우팅 프로토콜은 Table-driven과 On-demand 라우팅 프로토콜의 장점을 혼합한 방식으로 각 노드들은 미리 정의된 홉 수 범위의 Routing Zone을 유지하도록 하였으며, Routing Zone 내부에서는 Table-driven 방식을 사용하고 Routing Zone 외부로 연결하는 경로 설정은 On-demand 방식을 이용한다. Hybrid 방식을 사용한 대표적인 라우팅 프로토콜에는 ZRP(Zone Routing Protocol)가 있다.

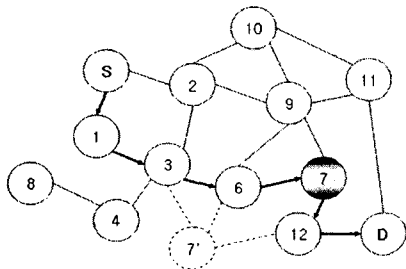
3. 부하균등 제어 기법

기존의 Ad-hoc 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 각 노드의 이동성이 높은 환경에서 DSR 또는 AODV와 같은 On-demand 방식을 통하여 네트워크 토폴로지가 변경될 때마다 새로운 경로 획득을 위한 경로 탐색을 수행하고 지연시간이 가장 작은 경로를 선택 및 관리함으로써 노드에 미치는 부하 문제를 해결할 수 있었다. 그러나 각 노드의 이동성이 높지 않은 안정된 상황에서는 특정 노드에 과부하가 발생되어 혼잡상태에 빠지는 경우라도 새로운 경로의 발견이 이루어지지 않아 전체 네트워크에 심각한 트래픽이 발생하거나 이웃 노드의 정보를 전달할 때 단일의 이웃 노드 정보만을 테이블에 관리함으로써 효율성이 떨어지는 문제점을 가져올 수 있다. 따라서 본 논문에서 제시하고자 하는 부하균등 제어 기법은 노드의 이동성이 높지 않은 환경에서 발생할 수 있는 제한적 상황에 기반을 두고 혼잡 노드의 발생에 의한 네트워크 부하문제를 해결하도록 하였다.

3.1 다중 이웃 노드 테이블 관리

우선적으로 이동 노드에 데이터 전송을 위한 신호가 들어오게 되면 최종 목적 노드까지의 경로를 자신의 라우트 캐쉬에서 검색하게 되고, 만약 데이터 이동 경로가 존재하게 되면 이 경로를 이용하여 데이터를 전송하게 된다. 그러나 기존 경로가 존재하지 않는다면 송신 노드는 RREQ 패킷에 자신의 주소를 추가하여 이웃 노드에게 전송하게 된다. 이 RREQ를 수신한 이웃한 노드들은 자신의 라우트 캐쉬를 참조하여 최종 수신 노드까지

의 경로를 검색하고 이 결과를 RREQ 패킷에 실어 다음 노드로 전송하게 된다. 이때 이웃간에 발생하는 데이터의 전송을 단일 이웃 노드에 한정하지 말고 최대 2홉 거리에 대한 정보를 유지하도록 하여 다중 이웃 노드 테이블을 관리하도록 한다. 2홉 거리까지의 노드 이동에 따른 정보 변경은 별도의 쿼리를 발생시키지 않으므로 라우팅 오버헤드를 증가시키지 않는다는 장점을 가져올 수 있다. 또한 각 노드의 이동성이 크지 않을 경우 인접 이웃 노드의 경로 정보를 함께 가지고 있기 때문에 경로 변경에 대한 재설정에도 연결 지연시간을 줄일 수 있게 된다.



<그림 2> 다중 이웃 노드 테이블 관리

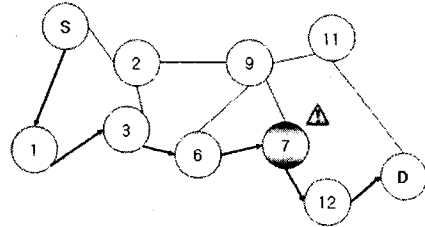
<그림 2>를 예를 들면 기존의 경로 [S,1,3,6,7,12,D]를 통하여 패킷을 전송하였을 때 2홉 거리에 대한 정보를 인지 할 수 있기 때문에 3번 노드에서 이웃 노드 테이블의 정보를 자신의 라우트 캐쉬로 참조하여 기존 경로가 변경된 것을 알 수 있다. 따라서 기존의 경로는 [S,1,3,6,7,D]로 변경되게 되며 결과적으로 이동 노드의 경로를 1홉 줄이는 결과를 가져왔다. 만일 단일 이웃 노드만을 관리하였을 경우라면 기존 경로 변경을 6번 노드에서 인지하게 되고 전송 경로 선택 결과는 기존과 같은 [S,1,3,6,7,12,D]와 같아짐으로써 최적 경로 탐색의 효율성을 높일 수 없다.

그러나 다중 이웃 노드 테이블 관리 기법은 각 노드의 이동과 시간의 경과에 따라 잘못된 라우트 캐쉬 정보로 인하여 인접한 2홉내의 노드간에 영향을 미치게 되므로 자원의 낭비 및 경로 획득의 시간 지연 등의 문제를 가져올 수 있다. 따라서 정확한 라우트 캐쉬 정보를 인지하는 기술에 대한 연구가 더욱 필요하다.

3.2 자노드 중계 차단 기법

기존 Ad-hoc 네트워크의 라우팅 프로토콜은 이미 획득한 경로의 상태와는 관계없이 노드의 이동성이 발생하지 않는다면 해당 노드에 지나친 부하가 발생하여 종단간의 전송 지연이 된다하더라도 목적 노드까지의 경로를 재설정하는 기법을 수행하지 않기 때문에 심각한 네트워크 성능 저하를 야기시킬 수 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서 각 노드들이 2홉내의 이웃 정보 테이블을 관리하는 것은 물론 자신에게 지나친 트래픽이 발생한다고 하였을 때 스스로 정보 중계 기능을 차단하고 목적 노드까지 전달될 다음 노드에게 RREQ 정보를 중계하지 않음으로써 자신을 포함시키는

경로가 설정되는 것을 방지하게 된다.



<그림 3> 자노드 중계 차단 기법

<그림 3>을 예를 들면 7번 노드에 과도한 트래픽이 부가되고 있을 때 자노드 중계 차단 기법에 의해 자신에게 도착하는 RREQ 메시지에 대하여 RREP를 전송하지 않음으로써 자신을 통과하는 새로운 경로가 설정되는 것을 차단하게 된다. 따라서 기존의 [S,1,3,6,7,12,D]를 통하여 패킷을 전송하던 것이 [S,1,3,6,9,11,D]로 새롭게 경로 설정을 하게 되며 전체 네트워크의 부하를 균등하게 제어하는 효과를 가져올 수 있다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크망에서 각 노드의 이동성이 높지 않은 안정된 상황을 가정하고 특정 노드에 과부하가 발생되어 혼잡 상태에 빠지는 경우 새로운 경로의 획득이 발생하지 않는 문제점과 이웃 노드의 정보를 전달할 때 단일 이웃 노드간의 정보 테이블만을 관리함으로써 효율성이 떨어지는 문제를 해결하고자 다중 이웃 노드 테이블 관리 및 자노드 중계 차단 기법을 제시하였다. 각 노드의 이동성이 높지 않다는 한정된 환경에서 부하균등을 제어하는 기법을 제시하였으나, Ad-hoc의 기본적인 특성상 각 노드의 높은 이동성을 고려하지 않을 수 없다. 현재 본 논문에서 제시한 기법에 관한 수치적 실험 결과 분석과 이동성이 높은 환경에서의 부하균등 제어 기법 및 효과적이고 신뢰성 있는 라우팅을 위한 IARP(Intelligent Ad-hoc Routing Protocol)에 관한 연구가 진행 중에 있다.

5. 참고 문헌

- [1] C-K Toh "Ad Hoc Mobile Wireless Networks" Prentice Hall PTR 2002.
- [2] Charles E. Perkins "Ad Hoc Networking" Addison Wesley 2000.
- [3] Kevin Fall, Kannan Varadhan, "ns notes and documentation," The VINT project, UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC, 1999.
- [4] M.S. Corson and J.P.Macker, "Mobile Ad hoc Networking(MANET):Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations," IETF RFC 2501,Jan.1999.
- [5] S.R. Das, C.E. Perkins, and E.M. Royer, "Performance Comparison of Two On-demand Routing Protocols for Ad Hoc Networks", IEEE INFOCOM, March 2000, pp3-12.