

Ad-Hoc망에서 망의 이동성에 따른 데이터 트래픽 성능 분석

문병윤^{*}, 마주영, 박승섭
부경대학교 전자계산학과

Performance Analysis of Data Traffic using mobility over Ad-Hoc network

Byoung-yun Mun, Ju-Young Ma, Seung-Seob park
Dept. of Computer Science, PuKyong National University

요 약

최근 노트북 컴퓨터나 PDA(Personal Digital Assistants)와 같은 개인 휴대용 통신 장비의 사용이 급속도로 증가하고 있다. 매우 동적인 상황에서 이러한 장비들간의 통신은 무선 Ad-Hoc망의 발전을 초래하였다. Mobile Ad Hoc Network(MANET)은 전통적인 유선 환경과는 달리 무선 송·수신 장치를 가진 무선 이동노드의 집합이며, 동적인 토폴로지, 한정된 대역폭의 가변적인 링크용량, 한정된 에너지라는 특성을 갖는다.

본 논문에서는 Ad-Hoc 라우팅 프로토콜 중 Temporally-Ordered Routing Algorithm(Tora)상에서 데이터 트래픽의 성능을 분석하였다. 인터넷 데이터 트래픽 소스로는 CBR(Constant Bit Rate)를 사용하였고, 모의실험 결과 망의 이동성은 라우팅 프로토콜의 트래픽 성능을 분석하는 데 있어서 중요한 요소가 된다는 것을 알 수 있었다.

1. 서론

최근 노트북이나 PDA와 같은 이동 통신장비의 사용이 급속도로 증가하고 있다. 대부분의 이동 가능한 통신 장치는 고정된 기반 구조나 무선모델에서 가장 마지막 홉에 해당하는 접속 점을 제공한다. 이러한 경향은 무선 셀룰러 시스템에서 찾아볼 수 있다. 하지만, 유선으로 구성된 기반구조로의 접근이 불가능할 경우, 장치간의 통신에 장애가 발생하게 된다. 예를 들어 자연 재앙이나 원격회의, 전쟁터에서와 같은 매우 동적인 상황에서 생각해 볼 만하다. 이러한 상황들은 무선 Ad-Hoc망의 발전을 이끌었다.

Ad-Hoc망은 고정된 기반구조 없이 통신하는 이동 가능한 장치들로 구성된 동적으로 변화하는 망이다. 이러한 망의 특징은 동적인 토폴로지, 한정된 대역폭, 가변적인 링크용량, 제한된 에너지를 갖는다는 것이다. 본 연구에서는 이러한 특징을 기반으로 하여, Ad-Hoc망에서 노드의 이동성에 따른 데이터 트래픽의

성능을 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 Ad-Hoc망의 개념과 TORA알고리즘 동작에 대해서 살펴보고, 3장과 4장에서는 망의 이동성에 따른 성능을 분석하기 위한 모의 실험과 그 결과를 나타내었다. 마지막으로 5장에서는 결론에 대해 서술하였다.

2. 관련연구

본 장에서는 Ad-Hoc의 개념과 Ad-Hoc 라우팅 프로토콜 중에서 TORA 알고리즘 동작에 대해서 서술한다.

2.1 Ad-Hoc 망

MANET는 고정된 구조를 가지지 않고 동적으로 망을 구성하는 무선 이동노드의 집합이다[1]. 각각의 이동 노드는 단지 호스트가 아니라 하나의 라우터로 동작하며, 다른 노드에 대해 다중 경로를 가질 수 있

다. 또한 동적으로 경로를 설정할 수 있기 때문에 기 반구조 없는 네트워크라고도 한다. 목적지가 통신 범위 내에 있다면 노드는 방송 메커니즘을 이용해서 통신하게 되며, 다른 목적지로 데이터를 전송할 수 있게 된다. MANET은 이동하기 쉬운 구조를 가지고 있으며, 공간적으로 자유로이 이동할 수 있는 노드를 의미한다. 이는 대부분의 경우에 있어서, 각 노드의 위치와 전송장치의 범위, 그래프 모양의 연결패턴에 의존한다.

Ad-Hoc 라우팅 프로토콜의 목적은 무선에서 컴퓨터들 사이의 통신 수단을 제공하는 데 있으며, 라우팅 프로토콜로는 DSDV(Destination-Sequenced Distance Vector Routing), DSR(Direct Source Routing), AODV (Adhoc On Demand Distance Vector), TORA 등이 있다. 이 분야는 매우 동적이며, 다른 많은 프로토콜들이 계속해서 개발되고 있다. Ad-Hoc망의 예로는 긴급상황이 자주 발생하는 전쟁터와 정보를 빠르게 공유하고자 하는 원격회의, 무선 노트북과 PDA와 같은 개인 휴대용 통신 장비들 간의 통신 등을 들 수 있다.

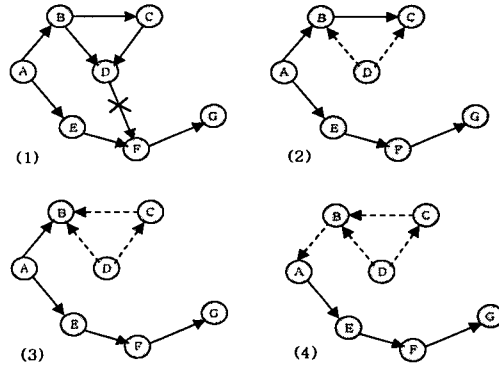
IETF(Internet Engineering Task Force) MANET 그룹은 라우팅 프로토콜을 순향적(proactive) 프로토콜과 반응적(reactive) 프로토콜로 분류하고 있다.

순향적 프로토콜은 각 이동노드가 망 내에 있는 모든 경로정보를 항상 유지하고 있기 때문에 경로 요구 시 최적의 경로를 설정할 수가 있다. 이는 최신 정보를 유지하기 위해서, 제어 패킷을 통해 주기적으로 업데이트를 수행하는데, 그 결과 실제 보내는 데이터 외에 많은 망 트래픽을 유발한다는 단점을 갖는다. DSDV는 순향적 프로토콜의 예이다.

반응적 프로토콜은 특정 목적지에 대하여 경로를 요구하였을 때만 경로설정 동작이 수행된다. 경로 설정 동작이 완료되어 새로운 경로가 발견되면 경로유지동작은 수행된다. 경로유지는 목적지에게 더 이상의 요구할 패킷이 없거나, 목적지까지 경로를 사용할 수 없을 때까지 계속 수행된다. 이러한 프로토콜의 단점은 경로설정 과정에서 지연이 발생한다는 점과 휴거리에 따른 관점에서 볼 때 최적의 경로를 보장하지 못한다는 점이다. 반응적 프로토콜의 예로는 AODV, DSR, TORA가 있다.

2.2 TORA 알고리즘

Tora는 "Link-reversal Algorithm"에 기반 한 분산 라우팅 프로토콜로서, 노드가 요구 할 때 경로설정을 수행한다[2][3]. 이 알고리즘의 특징은 인접 노드에 관



(그림 1) TORA에서 경로 유지

련된 정보만을 유지하기 때문에, 모든 경로에 대해 루프를 생성하지 않으며 경로를 요구하는 발신지와 목적지간의 다중경로를 제공한다는 것이다. 또한 망이 동적으로 변화함에 따라 발생하는 영향을 지역적으로 한정함으로써, 경로를 빠르게 설정하고 통신 오버헤드를 최소화한다.

TORA는 세 가지 기본적인 함수 즉 경로생성, 경로유지, 경로제거를 수행한다. 우선, Query(QRY)/Update(UDP) 패킷을 통해서 경로를 생성하고, "Link-reversal Algorithm"을 이용하여 경로를 유지하며, Clear(CLR) 패킷을 이용하여 경로를 제거한다. "Link-reversal Algorithm"은 모든 노드가 나가는 경로를 하나 이상 가지지 않는 경우, 하나 이상의 역 경로를 생성하는 알고리즘이다.

경로를 생성하고 유지하는 동안 노드는 목적지에 따른 Directed Acyclic Graph(DAG)를 형성하기 위해 높이 H(k)를 사용하며, H(k)에 기반 하여 링크의 방향이 정해진다. 즉, 링크의 방향은 이웃노드와의 상대적인 높이에 기반해서 할당되며, 노드가 이동하다가 DAG상에서 경로가 고장난 경우에 경로를 계속 유지하기 위해서, 동일한 목적지에 따라서 DAG를 다시 구성해야 한다.

각각의 노드는 다섯 요소로 구성된 높이 H(k)를 유지하며, 다음과 같다.

$$H(k)=(T(k), \text{OID}(k), R(k), D(k), k)$$

여기서 T(k), OID(k), R(k)를 참조 레벨이라고 하며, T(k)는 경로 실패가 일어난 논리적인 시간이고 OID(k)는 참조레벨을 정의한 노드의 ID이며, R(k)는

역 경로 재 설정(reflection)비트이다. 또한 $D(k)$ 는 동일한 참조레벨에서의 변위이며, k 는 노드 식별자이다.

(그림 1)는 경로 실패에 의한 역 경로 생성과 전파 과정을 보여주고 있다.

3. 모의실험 모델

본 장은 모의실험의 망 모델과 파라미터에 대해 설명한다. 모의실험 도구로는 분산 객체 네트워크 시뮬레이터인 ns-2를 사용하였다[5].

3.1 망 모델

본 논문에서는 Ad-Hoc망에서 라우팅 프로토콜 중 TORA를 이용하여, 노드의 이동성에 따른 데이터 트래픽 성능을 분석하였다.

물리계층에서는 전파지연, 음니 안테나, 매체 공유 인터페이스를 지원하는 라디오 전파모델을 사용하였고, 전파는 Two Ray Ground 방식을 이용해서 전달되었다. MAC계층의 인터페이스로는 IEEE 802.11 매체 접근 프로토콜을 사용하였다.

망 모델은 500m×500m의 망에서 20개의 노드로 구성된 Ad-Hoc망을 사용하였으며, 다양한 트래픽 패턴과 이동 패턴에 따라서 생성하였다. 노드는 'random waypoint' 모델에 따라 이동하며, 각각의 시나리오는 유희시간에 의해서 구별된다. 모의실험이 시작되면 각각의 노드는 설정된 유희시간 동안 기다렸다가 500m×500m의 공간에 임의적으로 목적지를 선택하고 목적지를 향해 임의의 속도로 이동한다. 목적지에 다다르면, 다시 유희시간 후에 출발하며 이는 계속 반복된다.

3.2 파라미터 구성 및 성능분석 요소

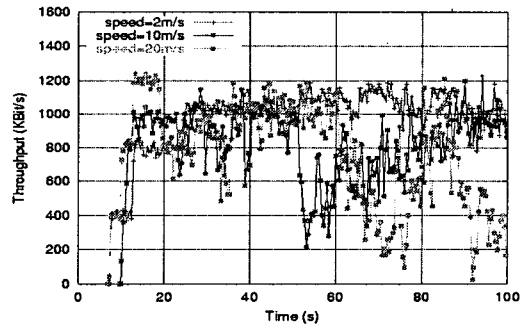
모의 실험은 망의 이동성에 중점을 두어, 유희시간과 최대 노드속도를 변화에 따라 100초 동안 진행하였다. 성능 분석을 위한 파라미터로서, 이동노드의 전송 범위는 250m으로 하였으며, 무선망의 대역폭은 2Mbps로 설정하였다. 트래픽 소스로는 CBR를 사용하였고, 데이터 패킷크기는 512bytes로 하였으며, 패킷 간격은 0.01로 하였다. 망의 이동성에 따른 TORA의 트래픽 성능을 알아보기 위해 망의 유희시간을 0~100초로 하였고, 최대 노드 속도를 2~20m/s로 하여 성능을 측정하였다.

본 논문의 성능 분석요소로서 CBR의 처리율을 사용하였다. 이는 단위 시간당 목적지에서 받은 데이터

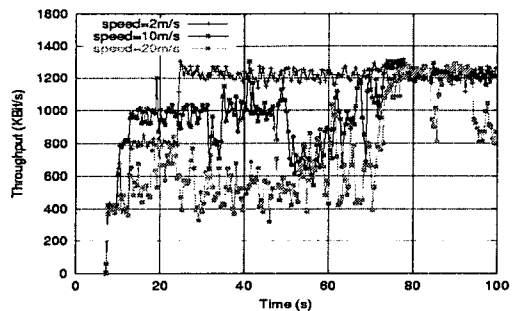
양으로 계산하였으며, 시간에 따른 처리율을 측정하여 비교함으로써 그 성능을 분석하였다.

4. 모의실험 결과 분석

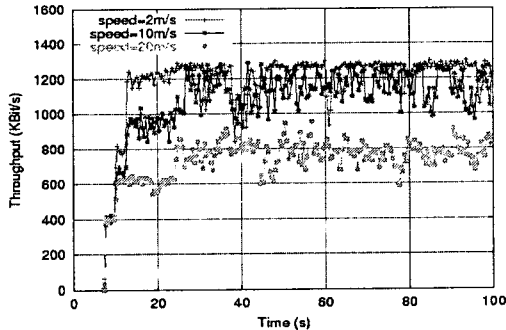
(그림 2), (그림 3), (그림 4)는 노드 수를 20으로 하고, 유희시간 0~100초에 대해 최대 노드속도에 따른 처리율을 나타내고 있다. (그림 2)는 각 실험 중에서 망의 이동성이 가장 높은 환경으로, 속도가 2m/s일 때는 일정한 성능을 유지하는 반면, 속도가 증가할수록 성능의 차이가 커지는 것을 알 수 있다. (그림 3)에서는 유희시간을 50초로 함으로써 이전에 비해 노드 이동성이 더 낮은 환경에서 실험을 하였다. 속도에 따른 성능 면에서는 앞의 실험과 비슷한 결과를 얻을 수 있지만, 전체적으로 성능의 차이가 감소한 것을 볼 수 있는데, 특히 속도가 20m/s일 때 가장 두드러지게 나타났다. (그림 4)는 이동성이 거의 없는 정적인 망의 환경에서 실험을 하였다. 정적인 상태에서 망은 노드의 이동 속도에 거의 상관없이 일정한 처리율과 진폭을 나타내었다.



(그림 2) 유희시간 0초일 때, 최대 노드속도 2m/s, 10m/s, 20m/s에 따른 처리율



(그림 3) 유희시간 50초일 때, 최대 노드속도 2m/s, 10m/s, 20m/s에 따른 처리율



(그림 4) 유희시간 100초일 때, 최대 노드속도 2m/s, 10m/s, 20m/s에 따른 처리율

위의 실험들에서, 노드 이동성의 증가에 따라 전체적인 성능이 저하됨을 알 수 있는데, 즉 CBR 패킷의 손실이 증가한다는 것을 나타낸다. TORA상에서 주된 패킷손실의 원인은 거의 라우팅 루프에 의한 것이다. 이는 "Link-Reversal Algorithm"의 수행 중에 짧은 주기를 가진 라우팅 루프가 생성되기 때문이다. 즉, 경로 실패 시 노드는 역 경로를 설정하게 되는데, 이때 잠시동안 루프가 형성되게 되며, 데이터를 전송할 경우 패킷은 폐기된다.

결과적으로 노드의 이동성이 증가함에 따라 경로 유지 단계에서의 라우팅 루프의 잦은 발생으로 인해 성능이 저하됨을 이 실험을 통해 알 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 분산객체 네트워크 시뮬레이터인 ns-2를 사용하여, Ad-Hoc망에서 노드 이동성에 따른 데이터 트래픽의 성능을 분석하였다. Ad-Hoc 라우팅 프로토콜로는 TORA를 사용하였으며, 데이터 트래픽 소스는 CBR을 사용하였다. 모의실험은 노드의 이동성에 따라 하였으며, 성능분석 요소로는 시간에 따른 처리율을 사용하였다.

결론적으로 노드의 이동성은 Ad-Hoc 라우팅 프로토콜의 트래픽 성능을 분석하는데 중요한 요소가 된다는 것을 모의실험을 통해 알 수 있었다.

[참고문헌]

[1] S. Corson and J. Macker, "Mobile Ad hoc Networking(MANET)," Internet Draft, IETF, Oct. 1998.

[2] Vincent D. Park and M. Scott Corson. "A highly adaptive distributed routing algorithm for mobile wireless networks," In proceedings of INFOCOM'97, pages 1405-1413, April 1997.

[3] Vincent D. Park and M. Scott Corson. "A Performance Comparison of TORA and Ideal Link State routing." In Proceedings of IEEE Symposium on Computers and Communication '98, June 1998.

[4] M.S. Corson and A. Ephremides, "A Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks," ACM/Baltzer Wireless Networks J., vol.1, no. 1, Feb. 1995, pp.61-81.

[5] K. Fall and K. Varadhan, (Eds.) "ns Notes and Documents," The VINT Project. UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC, February 25, 2000.

[6] J. Broch et al., "A performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocol," Proc. Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile computing and Networking, ACM, Dallas, Texas, Oct. 1998.

[7] Elizabeth M. Royer and C. K. Toh. "A Review of Current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks," IEEE Personal Communications Magazine, April 1999, pp.46-55.