

# 부하균등을 고려한 Ad-hoc 라우팅 프로토콜

안상현\*, 임유진<sup>†</sup>, 김경춘

서울시립대학교 컴퓨터통계학과

서울시립대학교 기계정보공학과<sup>†</sup>

ahn@venus.uos.ac.kr, yujin@uos.ac.kr, netiv@venus.uos.ac.kr

## An Ad-hoc Routing Protocol for Load Balancing

Sanghyun Ahn\*, Yujin Lim<sup>†</sup>, Kyoungchun Kim

Department of Computer Science and Statistics, University of Seoul

Department of Mechanical and Information Engineering, University of Seoul<sup>†</sup>

### 요 약

Ad-hoc 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 현재 사용중인 경로가 혼잡하다 하더라도 네트워크 토폴로지가 변하기 이전에는 새로운 경로를 설정하지 못하므로, 노드의 이동성이 낮은 환경에서는 트래픽의 집중 현상이 심화된다. 이동 기기들은 그 성능과 배터리에 한계가 있기 때문에 일부 소수 노드들에게 트래픽 집중되는 경우 다른 노드들에 대한 데이터 중계 서비스를 제공하는데 자신의 자원 대부분을 낭비하도록 강요받게 된다. 따라서 본 논문에서 혼잡 상태의 노드는 더 이상의 데이터 패킷 중계를 포기하고 이를 해당 소스에게 알림으로써 소스가 새로운 우회경로를 설정하도록 하여 트래픽의 집중 현상을 완화시키는 새로운 프로토콜인 SLAP(Simple Load-balanced Ad-hoc routing Protocol)을 제안한다.

### 1. 서 론

Ad-hoc 네트워크 환경에서의 대표적인 라우팅 방식은 on-demand 방식이며 그 중에서도 가장 두드러진 프로토콜로 AODV와 DSR이 있다. 이 프로토콜들은 노드들의 이동성이 낮을수록 패킷 전송률은 증가되고 반대로 라우팅 오버헤드는 감소한다[1]. 그러나 흥미로운 것은 노드의 이동성이 낮아진다고 하더라도 패킷 전송 지연이 오히려 증가한다는 점이다. 이는 기존의 라우팅 프로토콜이 부하 균등(load-balancing) 측면을 고려하지 않았으므로 트래픽이 일부 노드들에게 집중되기 때문이라고 할 수 있다. 이러한 트래픽의 집중은 높은 전송 지연을 야기시킬 뿐만 아니라 몇몇 노드에게만 부하가 집중됨으로써 해당 노드들에게 많은 작업 오버헤드와 배터리 소모를 강요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 ad-hoc 네트워크 환경에서 부하 균등 측면을 고려한 새로운 라우팅 프로토콜, SLAP(Simple Load-balanced Ad-hoc routing Protocol)을 제안한다. 제안된 프로토콜에서의 부하 균등 개념은 네트워크의 혼잡 상태를 해결하여 네트워크의 전체 성능을 향상시키는 것을 목적으로 하는 유선 망에서의 그것과 달리, 노드가 자신의 상태를 판단하여 트래픽이 과도하게 집중되는 경우 더 이상의 데이터 중계를 거부함으로써 혼잡 상황에서 탈출하고 또한 배터리의 과도한 소모를 방지하는 것을 목적으로 한다. 이는 동적 ad-hoc 네트워크 환경에서 CPU와 메모리, 배터리 성능의 제한을 가지는

이동 기기들에게 네트워크 단위의 혼잡 상태 해결을 위하여 부가적인 메시지를 교환해야 하는 오버헤드를 부가하는 것은 유선 망에서의 그것보다 훨씬 치명적이 될 수 있기 때문에 유선 망에서의 부하 균등과는 다른 시각으로 접근하였다.

### 2. 관련 연구

LBAR[2] 프로토콜은 ad-hoc 네트워크 환경에서 부하 균등을 고려한 대표적인 라우팅 프로토콜이다. LBAR은 네트워크의 트래픽 상태를 고려하여 트래픽 로드가 가장 작은 경로를 찾아내는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 노드 활동성(node activity)과 트래픽 간섭(traffic interference)을 비용으로 사용한다. 노드 활동성은 해당 노드의 현재 트래픽 로드 상태를 나타내며 트래픽 간섭은 이웃 노드들의 트래픽 로드 합을 나타낸다. LBAR은 유선 망에서의 부하 균등 개념, 다시 말해서 전체 네트워크의 혼잡 상태를 해결하는 것을 목적으로 하는 프로토콜로써 이미 혼잡상태에 있는 노드 문제를 고려하지 않았고, 경로 설정의 기준으로 자신뿐만 아니라 이웃 노드들의 트래픽 로드 정보를 사용하기 때문에 이웃 노드들의 정보를 정기적으로 수집하기 위한 부가적인 오버헤드가 발생한다. 또한 목적지 노드가 하나 이상의 경로 정보를 저장하고 있어야 하므로 목적지 노드에 대한 부담도 가중된다. 마지막으로 링크 단절 발생 시 목적지 노드가 유지하고 있는 과거에 수집된 경로 정보를 기반으로 우회 경로를 설정하기 때문에 시간에 따라 네트워크 상태가 수시로 변화하는 ad-hoc 네트워크 환경에서는 경로 선택의 오류 가능성이 높아진다고 할 수 있다.

<sup>†</sup> 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(유망여성과학자) 지원으로 수행되었음

### 3. SLAP

노드의 이동성이 높은 환경에서 AODV나 DSR과 같은 기존의 라우팅 프로토콜들은 네트워크 토폴로지가 변할 때마다 새로운 경로 설정을 위한 메커니즘을 수행하여 지연시간이 가장 작은 경로를 새롭게 선택하므로 자연스럽게 부하 균등의 효과를 얻을 수 있다. 또한 새롭게 생성되는 트래픽을 위한 경로 설정도 네트워크 전체에 경로설정 메시지(RREQ)를 브로드캐스팅하고 이에 대한 응답 메시지를 수신함으로써 최소 지연시간을 가지는 경로를 선택하므로 많은 트래픽 로드가 부과되는 혼잡한 경로는 선택되어지지 않음으로써 이 또한 부하균등이 어느 정도 이루어진다고 할 수 있다. Ad-hoc 네트워크에서 트래픽 분산이 제대로 이루어지지 않는 대표적인 환경은 노드의 이동성이 낮은 안정된 상태로 기존의 ad-hoc 라우팅 프로토콜은 이미 설정된 경로의 상태와 상관없이 다시 말해서 경로 상에 존재하는 노드의 혼잡 상태로 인하여 중단간 지연시간이 증가한다 하더라도, 이를 해결하기 위하여 새로운 경로를 설정하는 메커니즘을 포함하지 않기 때문에 노드의 혼잡 상태는 점점 악화되어 이로 인하여 네트워크 성능 저하를 야기시킬 수 있다는 문제가 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서 제안한 SLAP은 자신에게 과도한 트래픽이 집중된다고 판단한 노드가 더 이상의 데이터 중계를 거부하기 위하여, 소스 노드에게 GIVE\_UP 메시지를 전송하여 자신의 의사를 알림으로써 이를 수신한 소스가 새로운 우회경로를 설정할 수 있도록 하였다. 또한 GIVE\_UP 메시지를 전송한 노드는 이후 자신에게 도착하는 RREQ 메시지를 이웃 노드들에게 중계하지 않음으로써 자신을 통과하는 새로운 경로가 설정되는 것을 차단한다. SLAP 프로토콜은 기존의 라우팅 프로토콜 위에서 부하 균등을 위한 부가적인 기능을 추가로 제공하는 프로토콜로 하부의 라우팅 프로토콜과 함께 동작하며 특정 프로토콜에 국한되지 않는다. 자세한 동작 과정은 그림 1과 같다. 본 논문에서 제안한 SLAP은 무선 ad-hoc 네트워크의 자원 한계를 고려하여 부하 균등의 개념을 혼잡 노드의 상태 해결을 위한 측면에 초점을 맞추었다.

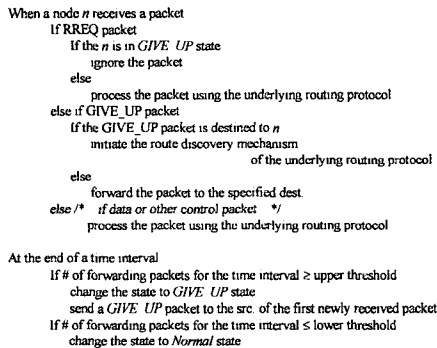


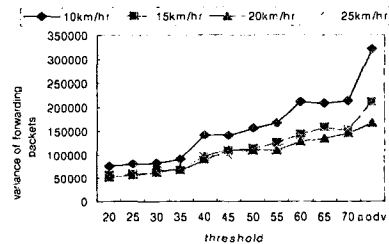
그림 1. SLAP 프로토콜

### 4. 성능 평가

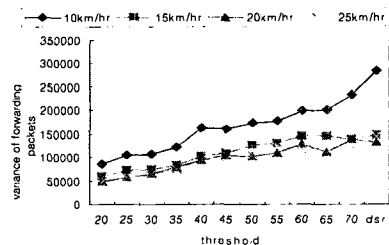
본 논문에서 제시한 프로토콜의 실험적 성능 평가를 위하여 GloMoSim 시뮬레이터를 사용하였다. 실험 환경은 반경 1000m × 1000m 내에 50개의 이동 노드가 존재하며 각 노드의 전송 반경은 250m, 채널 용량은 2Mbps로 설정하였다. 소스와 목적지 노드는 무작위로 선택되며 소스는 평균 512 바이트 길이의 데이터를 고정 비트율(CBR) 2 packets/sec로 생성한다.

그림 2, 3, 4는 15개의 소스가 존재하는 환경에서 노드의 평균 이동속도에 따른 성능 변화를 측정된 것이다. 먼저 그림 2는 하부 라우팅 프로토콜로 AODV와 DSR을 각기 사용하여 네트워크 내의 각 노드가 단위 시간당 처리한 중계 패킷 수의 분산 값을 나타낸 것이다. 트래픽의 편중성을 나타내기 위하여 중계 패킷 수의 분산 값을 사용하였다. 차트에서 사용된 임계값은 단위 시간동안 노드가 처리하는 중계 패킷 수의 상한을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 노드의 이동성이 강해질수록 분산 정도가 좋아지며 이는 SLAP 프로토콜에 의한 트래픽 분산 뿐만 아니라 노드 이동 속도가 빨라질수록 네트워크 토폴로지 변화정도가 심해지기 때문에 좀더 자주 경로 설정 메커니즘이 동작하게 되므로 이에 따른 자연스러운 트래픽 분산 효과가 부가되었기 때문이다. 또한 임계값이 작을수록 트래픽의 분산 정도가 좋아지고 반대로 임계값이 커질수록 부하 균등을 고려하지 않은 AODV 또는 DSR과 비슷해 지는 것을 알 수 있다.

그림 3은 노드의 평균 이동속도에 따른 패킷 전송률을 나타낸 것이다. 그림 3.(a)의 경우는 AODV에 비해 SLAP의 성능이 약간 향상되었음을 볼 수 있으며, 그림 3.(b)는 임계값이 작을 경우 DSR에 비하여 성능이 오히려 약간 떨어지는 것을 알 수 있다. 이는 DSR의 경우는 (src, dest) 쌍 당 하나 이상의 경로 정

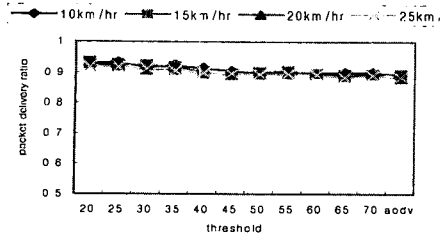


(a) AODV

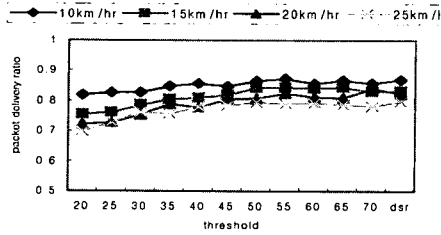


(b) DSR

그림 2. 중계 패킷 수의 분산



(a) AODV



(b) DSR

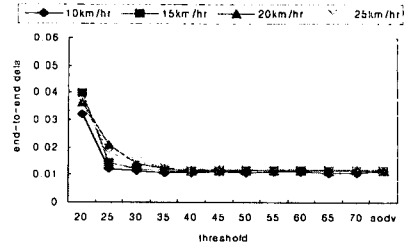
그림 3. 패킷 전송율

보를 유지하고 있기 때문에 GIVE\_UP 메시지를 수신한 소스가 새로운 경로를 찾기 위하여 바로 RREQ를 전송하는 것이 아니라 자신이 유지하고 있는 경로 정보를 기반으로 새로운 경로를 선택하기 때문에 선택된 경로가 혼잡한 지역을 통과하는 경로일 가능성이 높기 때문이다. 반대로 AODV의 경우는 GIVE\_UP 메시지를 수신한 소스가 바로 RREQ 메시지를 전송하여 GIVE\_UP 상태에 있는 노드를 제외한 나머지 노드들을 대상으로 트래픽 로드가 많지 않은 새로운 우회경로를 설정함으로써 혼잡상태가 해결될 수 있고 이에 따라 전송률이 약간 향상되는 것이다. 또한 임계값이 작을수록 GIVE\_UP 메시지가 자주 전송되게 되며 이에 따라 소스의 RREQ 메시지 브로드캐스트 회수가 증가하므로 전체 네트워크의 패킷량이 증가에 따라 전송률이 떨어진다고 할 수 있다.

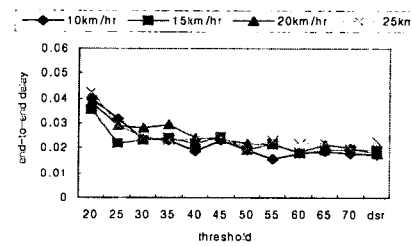
그림 4는 SLAP의 중단간 지연시간을 측정하는 것이다. 임계값이 아주 작은 경우에는 우회 경로 설정을 위한 트래픽 양이 증가하게 되어 중단간 지연시간이 증가하게 되지만, 이러한 경우를 제외하고는 기존의 라우팅 프로토콜과 비슷한 성능을 보인다. 따라서 SLAP 프로토콜은 기존 라우팅 프로토콜과 비교해 볼 때 전송률과 중단간 지연 측면에서 비슷한 성능을 보이면서도, 트래픽 분산에 많은 향상을 가져옴으로써 ad-hoc 네트워크 환경에서 특정 노드들만의 배터리 회생을 강요하는 트래픽 집중 현상을 완화시킬 수 있음을 알 수 있다.

### 5. 결론

고정된 하부 망이나 기지국의 도움 없이 이동 노드들만으로 구성된 ad-hoc 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 현재 사용 중인 경로가 혼잡하다 하더라도 네트워크 토폴로지가 변하기 이전에는 새로운 경로를 설정하지 않으므로, 노드의 이동성이



(a) AODV



(b) DSR

그림 4. 중단간 지연 시간

낮은 환경에서는 일부 소수 노드들의 트래픽의 집중 현상이 심화된다. 이러한 트래픽의 집중 현상은 유선 망에서 보다 무선 망에서 보다 치명적이다. 무선 망에서의 이동 기기들은 CPU 성능과 배터리에 한계가 있기 때문에 트래픽이 집중되는 몇몇 이동 기기들은 다른 노드들에 대한 데이터 중계 서비스를 제공하는데 자신의 자원 대부분을 낭비하도록 강요받는 것이기 때문이다. 따라서 본 논문에서 혼잡 상태의 노드는 더 이상의 데이터 패킷 중계를 포기하고 이를 해당 패킷 소스에게 알림으로써 소스가 새로운 우회경로를 설정하도록 하여 트래픽의 집중 현상을 완화시키는 새로운 프로토콜, SLAP(Simple Load-balanced Ad-hoc routing Protocol)을 제안하였다. 또한 성능 평가를 통하여 기존의 AODV나 DSR처럼 부하 균등을 고려하지 않은 프로토콜에 비하여 전송률이나 중단간 지연 측면에서의 성능 손실 없이, 트래픽을 분산시킴으로써 특정 이동 기기들에게 회생을 강요하는 문제점을 해결하였다. 향후 과제로는 네트워크 환경의 변화에 따라 임계값을 동적으로 변화시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 남아 있다.

### 참고문헌

- [1]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.
- [2]Audrey Zhou and Hossam Hassanein, "Load-Balanced Wireless Ad Hoc Routing", Proc. Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, vol. 2, 2001, pp1157-1161.