

## 애드 흑 네트워크에서 부하 균등을 고려한 라우팅 프로토콜

(A Load-balancing Routing Protocol in Ad Hoc Networks)

안상현<sup>†</sup> 임유진<sup>\*\*</sup> 김경춘<sup>\*\*\*</sup>

(Sanghyun Ahn) (Yujin Lim) (Kyoungchun Kim)

**요약** AODV나 DSR과 같은 대부분의 기존 애드 흑 라우팅 프로토콜은 현재 사용중인 경로가 혼잡하다 하더라도 네트워크 토플로지가 변하기 이전에는 새로운 경로를 찾지 못하므로, 노드의 이동성이 낮은 환경에서는 트래픽의 집중 현상이 심화된다. 이동 기기들은 그 성능과 배터리에 한계가 있기 때문에 트래픽이 몇몇 기기들에게 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-balancing Ad-hoc routing Protocol)를 제안한다. 또한 중계 트래픽 분산 측면에서 SLAP의 성능을 AODV 및 DSR과 비교한다.

**키워드 :** 애드 흑 네트워크, 라우팅 프로토콜, 부하균등

**Abstract** In the case of link congestion, most of the existing ad-hoc routing protocols like AODV and DSR do not try to discover a new route if there is no change in the network topology. Hence, with low mobility, traffic may get concentrated on some specific nodes. Since mobile devices have low battery power and low computing capability, traffic concentration on a specific node is not a desirable phenomenon. Therefore, in this paper, we propose a new protocol called SLAP (Simple Load-balancing Ad-hoc routing Protocol) which resolves the traffic concentration problem by letting each node check its own load situation and give up its role as a packet forwarder gracefully in the case of high traffic load. We compare the performance of SLAP with that of AODV and DSR in terms of the forwarding traffic distribution.

**Key words :** Ad-hoc network, Routing protocol, Load balancing

### 1. 서 론

애드 흑 네트워크는 고정된 하부 망이나 기지국의 도

- 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R04-2001-00054) 지원으로 수행되었음.
- 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(유망여성과학자) 지원으로 수행되었음.

<sup>†</sup> 종신회원 : 서울시립대학교 컴퓨터통계학과 교수  
(corresponding author)  
ahn@venus.uos.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 비회원 : Univ. of California Los Angeles, Computer  
Science Department  
yujin@cs.ucla.edu

<sup>\*\*\*</sup> 학생회원 : 서울시립대학교 컴퓨터통계학과  
netiv@venus.uos.ac.kr

논문접수 : 2002년 3월 7일  
심사완료 : 2002년 11월 19일

움 없이 이동 노드들만으로 구성된 무선 통신망이다. 과거에는 재난구조나 전쟁터에서 군인들의 통신수단으로 사용되었으나, 최근에는 PDA나 노트북과 같은 무선 통신 기기의 발전으로, 언제 어디에서나 고정 통신 시설의 도움 없이 통신 서비스를 제공할 수 있는 기술로 많은 주목을 받고 있다. 애드 흑 네트워크의 각 노드들은 자유롭게 이동하며, 따라서 네트워크 토플로지는 계속해서 변화한다. 또한 무선 채널의 특징으로 인하여 데이터의 전송 반경이 제한되며 낮은 대역폭과 높은 에러율, 그리고 배터리의 한계로 인한 많은 제약 사항들이 애드 흑 네트워크 환경에서의 효율적인 라우팅을 어렵게 하고 있다.

애드 흑 네트워크 환경에서의 라우팅 프로토콜은 크게

### 테이블 기반(table-driven) 방식과 요구 기반(on-demand)

방식으로 나누어 볼 수 있다. 테이블 기반 방식[1,2,3]은 네트워크 내의 모든 노드가 항상 최신의 라우팅 정보를 유지하도록 하는 방식으로, 정기적으로 또는 네트워크 변화 발생 시 갱신 메시지를 네트워크 전체에 전송함으로써 라우팅 정보를 유지한다. 그러나 모든 노드들이 자유롭게 이동하는 동적 토플로지의 애드 흑 네트워크 환경에서는 엄청난 양의 갱신 메시지를 전송해야 하는 오버헤드를 발생시킬 수 있으며, 정기적으로 갱신 메시지를 전송함으로써 부족한 대역폭이나 배터리의 소모를 더욱 악화시킬 수 있다. 요구 기반 방식은 이러한 테이블 기반 방식의 단점을 극복하기 위하여, 모든 노드가 라우팅 정보를 유지하는 것이 아니라 전송할 데이터를 가지는 소스에 의해서 필요할 때만 라우팅 정보를 수집하는 방식이다. 다시 말해서 요구 기반 방식은 전송할 데이터를 가진 소스가 경로 설정 메커니즘(route discovery mechanism)에 의하여 목적지 노드로의 경로를 찾아 데이터를 전송하며, 해당 경로 정보는 일정 시간 동안만 유지된다. 현재 애드 흑 네트워크 환경에서는 요구 기반 방식이 사실상의 표준 라우팅 방식으로 인식되고 있다.

요구 기반 방식 중에서 가장 대표적인 프로토콜로 AODV[4]와 DSR[5]을 들 수 있다. AODV는 소스와 목적지 노드 사이에 한 개의 경로 정보만이 유지되며 경로가 더 이상 유효하지 않게 되면, 소스는 경로 설정 메커니즘을 새로 시작하여 적당한 경로를 다시 찾는다. DSR은 소스 라우팅 방법을 기반으로 동작하며 소스와 목적지 노드 사이에 하나 이상의 경로 정보를 유지한다. 따라서 현재 경로가 유효하지 않다 하더라도 AODV처럼 경로 설정 메커니즘을 새롭게 시작하는 것이 아니라 이미 유지되고 있는 경로 정보 중에서 새로운 경로를 선택하여 데이터 전송 서비스를 계속해서 제공할 수 있다.

이러한 두 요구 기반 프로토콜의 성능[6]을 보면, 노드들의 이동성이 낮을수록 패킷 전송율(packet delivery ratio)은 증가되고 반대로 라우팅 오버헤드는 감소되는 것을 알 수 있다. 그러나 [6]의 성능평가에서 흥미로운 것은 노드의 이동성이 낮아진다 하더라도 패킷 전송 지연이 오히려 증가한다는 점이다. 이는 기존의 라우팅 프로토콜이 부하 균등(load-balancing) 측면을 고려하지 않았으므로 일부 노드의 혼잡 상황이 해결되지 않고 트래픽이 한곳에 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 애드 흑 네트워크 환경에서 부하균등 측면을 고려한 새로운 라우팅 프로토콜인 SLAP을 제안한다. 제안된 프로토콜에서의 부하 균등 개념은 전체 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 중계(data forwarding)를 거부함으로써 혼잡(congestion) 상황에서 탈출하고 또한 배터리의 과도한 소모를 방지하는 것을 목적으로 한다. 이는 토플로지가 시간에 따라 변화하는 동적 애드 흑 네트워크 환경에서 CPU와 메모리, 배터리 성능의 제한을 가지는 이동 기기들에게 네트워크 단위의 혼잡상태 해결을 위하여 부가적인 메시지를 교환해야 하는 오버헤드를 부가하는 것은 유선 망에서의 그것과 비교해 볼 때 아주 치명적이 될 수 있기 때문에 유선 망에서의 부하 균등과는 다른 시각으로 접근하였다. 또한 대표적인 요구 기반 라우팅 프로토콜인 AODV와 DSR을 대상으로 성능 평가를 수행하였고, 그 결과 SLAP은 기존의 부하 균등을 고려하지 않은 프로토콜에 비하여 비슷한 성능을 유지하면서도 탁월한 트래픽 분산 기능을 제공함으로써 혼잡 노드에게 강요되는 과도한 배터리 낭비를 줄일 수 있음을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 애드 흑 네트워크에서 부하 균등을 고려한 기존의 프로토콜에 대하여 살펴본 후, 3장에서 본 논문에서 제안한 SLAP에 대하여 설명한다. SLAP 프로토콜의 성능 평가 결과를 4장에서 분석한 후, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

LBAR[7] 프로토콜은 애드 흑 네트워크 환경에서 부하 균등을 고려한 대표적인 라우팅 프로토콜이다. LBAR은 네트워크의 트래픽 상태를 고려하여 가장 트래픽 로드가 작은 경로를 찾아내는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 노드 활동성(node activity)과 트래픽 간섭(traffic interference) 정도를 비용(cost) 값으로 사용한다. 노드 활동성은 해당 노드의 현재 트래픽 로드 상태를 나타내며, 트래픽 간섭 정도는 이웃 노드들의 트래픽 로드 합을 나타낸다.

LBAR의 경로 설정 과정을 살펴보면 다음과 같다. 전송할 데이터를 가지는 소스는 경로설정 메시지(SETUP 메시지)를 네트워크에 브로드캐스팅하고 해당 메시지는 진행하면서 진행 경로 정보, 다시 말해서 트래픽 로드에 대한 상태 정보를 수집한다. 또한 모든 경로설정 메시지

는 진행하면서 자신이 거쳐간 노드 ID를 메시지에 저장한다. 목적지 노드에서는 하나 이상의 경로설정 메시지 수신을 위하여 일정시간동안 기다렸다가 수신된 메시지들 중에서 가장 비용이 작은 경로를 골라 확인 메시지를 소스에게 전송한다. 이때 수신된 경로설정 메시지가 가져온 경로 정보와 비용 정보는 목적지 노드에 모두 저장된다. 링크 단절이 발생한 경우는 이를 감지한 단절된 링크의 상위 노드가 에러 메시지를 목적지 노드에게 전송하며, 이를 수신한 목적지 노드는 자신이 유지하고 있는 경로 정보 중에서 새로운 경로를 다시 선택하여 확인 메시지를 전송함으로써 우회 경로를 설정한다.

LBAR은 유선 망에서의 부하 균등 개념 다시 말해서 전체 네트워크의 혼잡 상태를 해결하는 목적으로 하는 프로토콜로써 경로 설정의 기준으로 자신의 트래픽 로드 정보뿐만 아니라 이웃 노드들의 트래픽 로드 정보를 사용하기 때문에, 이웃 노드들의 트래픽 로드 정보를 정기적으로 수집하기 위한 부가적인 오버헤드가 발생하며 또한 하나 이상의 경로설정 메시지를 수신한 목적지 노드가 경로 정보를 모두 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 애드 혹은 네트워크 환경에서는 잘못된 경로 선택의 가능성이 높아진다고 할 수 있다.

### 3. SLAP 프로토콜

본 논문에서 제안한 SLAP은 전체 네트워크의 혼잡 상태 해결을 목적으로 하는 유선 망에서의 부하 균등 개념과 달리, 네트워크 자원이 제한되어 있는 애드 혹은 네트워크 환경에서 노드가 자신의 혼잡 상황을 해결하여 과도한 배터리 소모를 막는 것을 목적으로 한다. 노드의 이동성이 높은 환경에서 AODV나 DSR과 같은 기존의 라우팅 프로토콜들은 네트워크 토플로지가 변할 때마다 새로운 경로 설정을 위한 메커니즘을 수행하여 지연시간이 가장 작은 경로를 새롭게 선택하므로 자연스럽게 부하 균등이 이루어진다고 할 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 부하 균등이 어느 정도 이루어진다고 할 수 있다. 애드 혹은 네트워크에서 트래픽 분산이 제대로 이루어지지 않는 대

표적인 환경은 노드의 이동성이 낮은 안정된 상태로 기존의 애드 혹은 라우팅 프로토콜은 이미 설정된 경로의 상태와 상관없이 다시 말해서 경로상에 존재하는 노드의 혼잡 상태로 인하여 종단간 지연시간이 증가한다 하더라도, 이를 해결하기 위하여 새로운 경로를 설정하는 메커니즘을 포함하지 않기 때문에 노드의 혼잡 상태는 점점 악화되며 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.

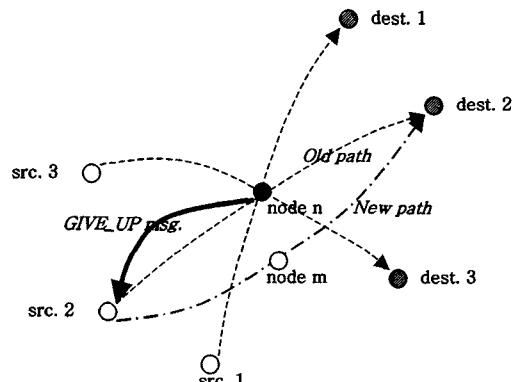


그림 1 SLAP 동작 과정

그림 1은 노드 n이 과도한 트래픽의 집중으로 인하여 혼잡 상태에 처한 경우 이를 해결하기 위한 SLAP 프로토콜의 동작을 보인 것이다. 노드 n은 (src.1, dest.1), (src.2, dest.2), (src.3, dest.3) 쌍의 데이터 경로 상에 존재하는 중계 노드이다. 이때 노드 n으로의 트래픽 양이 일정한 상한 임계값(upper threshold) 이상 커져서 혼잡 상태에 이르게 되면 노드 n은 GIVE\_UP 상태로의 전이를 결정하고, 이를 위하여 상태 전이를 결정한 순간

으로부터 가장 먼저 수신된 데이터 패킷을 전송한 소스 노드에게 (그림에서는 src.2라고 가정) GIVE\_UP 메시지를 전송함으로써 다른 우회 경로를 설정할 것을 요구하게 된다. GIVE\_UP 메시지를 수신한 src.2 노드는 dest.2로의 새로운 경로 설정을 위하여 RREQ 메시지를 브로드캐스팅함으로써 경로 설정 메커니즘을 시작한다. 새로운 우회 경로가 설정될 동안 src.2와 dest.2 사이의 데이터 전송 서비스 단절을 막기 위하여 GIVE\_UP 상태의 노드 n이라 할지라도 RREQ와 같은 제어 메시지 이외의 데이터 메시지는 기존의 경로를 따라 계속해서 데이터 중계 서비스를 제공하도록 하였다. 따라서 src.2는 새로운 경로가 설정되는 동안 과거에 사용해 오던 경로를 통하여 데이터 전송을 할 수 있으며 새로운 경로 설정이 완료되면 그때부터는 새로운 경로를 통해서 dest.2에게 데이터를 전송하게 된다. 이를 위하여 노드 n은 GIVE\_UP 상태에 있다 하더라도 라우팅 테이블의 엔트리 타이머가 만료되기 전에는 해당 엔트리를 삭제하지 않음으로써 계속해서 데이터 전송 서비스를 제공할 수 있다. Src.2가 성공적으로 새로운 우회경로 설정을 완료하고 노드 m을 경유하는 새로운 경로를 통하여 데이터 전송을 시작하게 되면 노드 n이 유지하고 있는 경로는 더 이상 사용되지 않음으로써 해당 엔트리의 타이머가 만료되고 따라서 자연스럽게 라우팅 테이블에서 삭제될 것이다. GIVE\_UP 상태의 노드 n은 src.2가 전송한 RREQ뿐만 아니라 다른 모든 노드들로부터의 RREQ 메시지에 대한 패킷 중계 서비스를 제공하지 않음으로써 노드 n을 지나가는 새로운 경로의 설정을 차

```
[When a node n receives a packet]
If RREQ packet
    If the n is in GIVE_UP state
        ignore the packet
    else
        process the packet using the underlying routing protocol
    else if GIVE_UP packet
        If the GIVE_UP packet is destined to n
            initiate the route discovery mechanism of the underlying routing protocol
        else
            forward the packet to the specified dest.
    else /* if data or other control packet */
        process the packet using the underlying routing protocol

[At the end of a time interval]
If # of forwarding packets for the time interval >= upper threshold
    change the state to GIVE_UP state
    send a GIVE_UP packet to the src. of the first newly received packet
If # of forwarding packets for the time interval <= lower threshold
    change the state to Normal state
```

그림 2 SLAP 동작 코드

단한다. 이러한 GIVE\_UP 상태는 노드 n의 혼잡 상태가 호전되어 트래픽 로드가 일정한 하한 임계값(lower threshold) 이하로 떨어지면 다시 정상적인 상태로 전이하게 된다. 그림 2는 이제까지 설명한 동작 과정을 정리한 것이다.

본 논문에서 제안한 SLAP은 무선 애드 흑 네트워크의 자원 한계를 고려하여 부하 균등의 개념을 혼잡 노드의 상태 해결을 위한 측면에 초점을 맞추었다. SLAP의 사용으로 인하여 노드의 이동성이 높거나 낮은 상황 모두에서 특정 노드에게 트래픽이 집중되는 문제를 해결할 수 있으며, 기존의 라우팅 프로토콜에 간단한 모듈을 추가함으로써 부하 균등 기능을 지원할 수 있다.

#### 4. 성능평가

본 논문에서 제시한 프로토콜의 실험적 성능 평가를 위하여 GloMoSim[8] 시뮬레이터를 사용하였다. GloMoSim은 PARSEC[9]에서 만든 분산 시뮬레이션 언어를 기반으로 구축된 무선 네트워크 시스템 시뮬레이션 패키지다. 시뮬레이션 환경은 반경  $1000m \times 1000m$ 내에 50개의 이동 노드가 존재하며 각 노드의 전송 반경은 250m, 채널 용량은 2Mbps로 설정하였다. 각 이동 노드들의 이동 방향은 무작위로 선택되며 자유공간전파모델을 사용하여 거리  $d$ 에 따라 신호가  $1/d^2$ 만큼 감쇠하는 라디오 모델을 적용하였고, 매체 접근제어 프로토콜로는 IEEE 802.11을 가정하였다. AODV와 DSR을 각기 하부에서 동작하는 유니캐스트 라우팅 프로토콜로 사용하였고 소스와 목적지 노드는 무작위로 선택되며 소스는 평균 512 바이트 길이의 데이터를 고정 비트율(CBR) 2 패킷/초로 생성한다. 전체 시뮬레이션 시간은 1000초이다. 성능 평가 요소로는 소스의 개수와 노드의 평균 이동 속도, GIVE\_UP 상태 결정 기준인 상한 임계값(upper threshold)의 변화에 따른 각 노드 당 중계 패킷 수, 패킷 전송률, 그리고 종단간 지연시간을 측정하였다.

그림 3, 4, 5는 15개의 소스가 존재하는 환경에서 노드 이동 속도에 따른 성능 변화를 측정한 것이다. 먼저 그림 3은 하부 라우팅 프로토콜로 AODV와 DSR을 각기 사용하여 네트워크 내의 각 노드가 단위 시간당 (10sec) 처리한 중계 패킷 수의 분산 값을 나타낸 것이다. 트래픽의 편중성을 나타내기 위하여 중계 패킷 수의 분산 값을 사용하였다. 각 차트는 노드의 이동 속도가 10km/hr에서 25km/hr로 변화하는 환경에서 임계값에 따른 트래픽의 분산정도를 나타낸 것이며, x축에 aodv 또는 dsr로 표시된 부분은 SLAP 프로토콜을 사용하지 않은 경우를 나타낸다. 여기서 임계값은 단위 시간동안

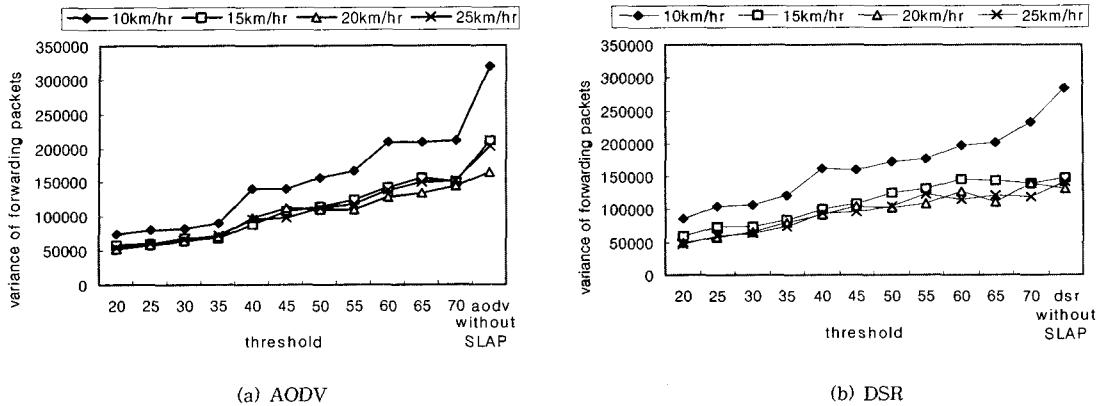


그림 3 노드 이동성에 따른 전송 패킷 수에 대한 분산

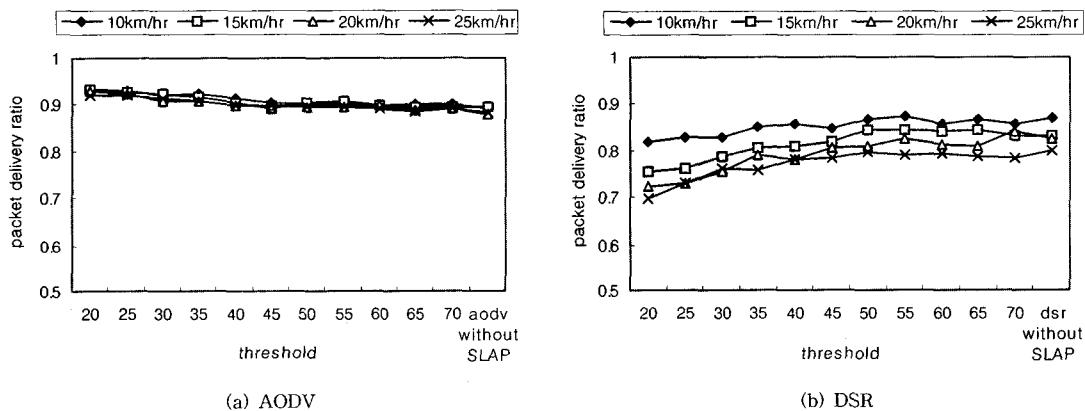


그림 4 노드 이동성에 따른 패킷 전송율

노드가 처리하는 중계 패킷 수의 상한을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 노드의 이동성이 강해질수록 분산 정도가 좋아지며 이는 SLAP 프로토콜에 의한 트래픽 분산뿐만 아니라 노드 이동 속도가 빨라질수록 네트워크 토폴리지 변화정도가 심해지기 때문에 좀 더 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 비슷해지는 것을 알 수 있다.

그림 4는 노드의 평균 이동속도에 따른 패킷 전송률, 즉 소스에서 전송한 패킷 중 목적지 노드에 성공적으로 수신된 패킷의 비율을 나타낸 것이다. 그림 4(a)의 경우는 AODV에 비해 SLAP의 성능이 약간 향상되었음을

볼 수 있으며, 그림 4(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 정보를 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 않는 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 네트워크의 패킷량이 증가하여 전송률이 떨어진다고 할 수 있다.

그림 5는 SLAP의 종단간 지연시간(sec)을 측정한 것이다. 임계값이 아주 작은 경우에는 우회 경로 설정을 위한 경로 설정 메커니즘이 빈번히 실행되므로 이로 인하여 트래픽 양이 증가하게 되어 종단간 지연시간이 증가하게 된다. 그러나 임계값이 너무 작은 경우를 제외하고는 기존의 라우팅 프로토콜과 비슷한 성능을 보인다. 따라서 SLAP 프로토콜은 기존 라우팅 프로토콜과 비교해 볼 때 전송률과 종단간 지연 측면에서 비슷한 성능을 보이면서도, 트래픽 분산에 많은 향상을 가져옴으로써 CPU 성능이나 배터리 제한이 있는 애드 흑 네트워

크 환경에서 특정 노드들만의 회생을 강요하는 트래픽 집중 현상을 완화시킬 수 있음을 알 수 있다.

그림 6, 7, 8은 노드의 평균 이동 속도가 15km/hr인 환경에서 소스 개수의 변화에 따른 성능을 실험한 것이다. 그림 6에서 보는 바와 같이 소스의 개수가 증가하면 그에 따라 트래픽이 증가되므로 소스가 작은 경우보다 전체적으로 분산 정도가 나빠지는 것을 볼 수 있으나, 기존의 AODV/DSR과의 비교에서는 패킷의 분산정도가 상당히 향상된 것을 알 수 있다. 그림 7과 8은 각각 소스 변화에 따른 전송률과 종단간 지연을 측정한 것이다. 임계값이 너무 작으면 GIVE\_UP 오버헤드로 인하여 전송률이나 지연시간 측면에서 약간의 성능 손실이 발생할 수 있다는 점을 제외하고는 전체적으로 기존 프로토콜과 비슷한 성능을 보인다. 결론적으로 SLAP 프로토

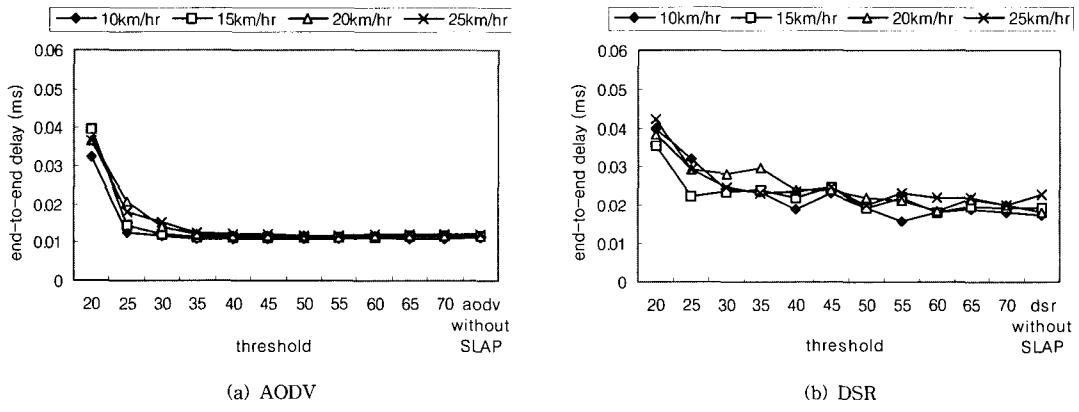


그림 5 노드 이동성에 따른 종단간 지연 시간

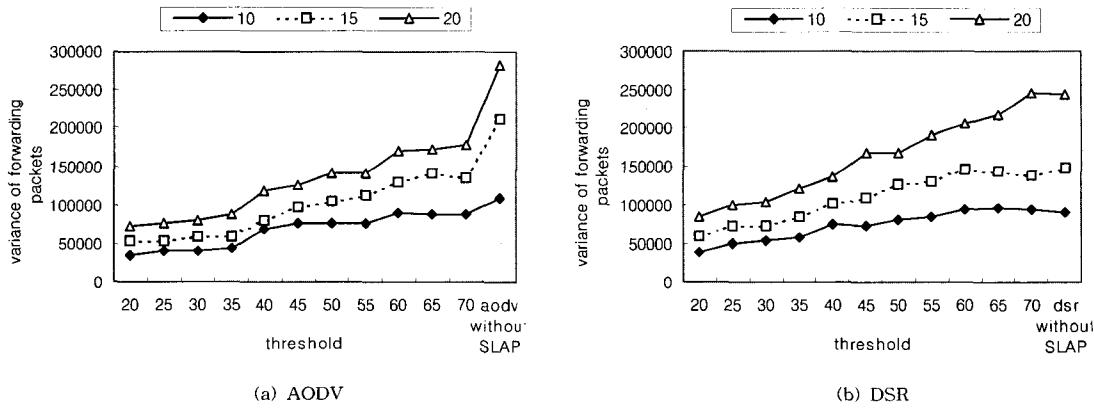


그림 6 소스 수 변화에 따른 전송 패킷 수에 대한 분산

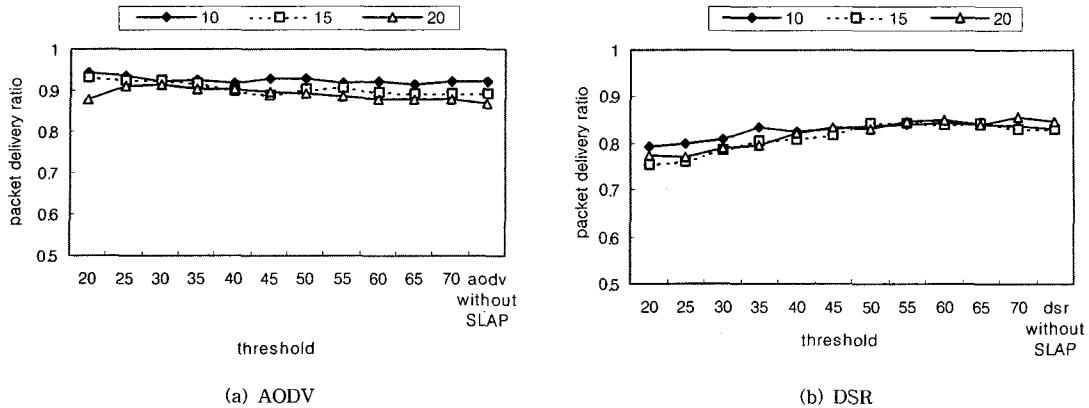


그림 7 소스 수 변화에 따른 패킷 전송률

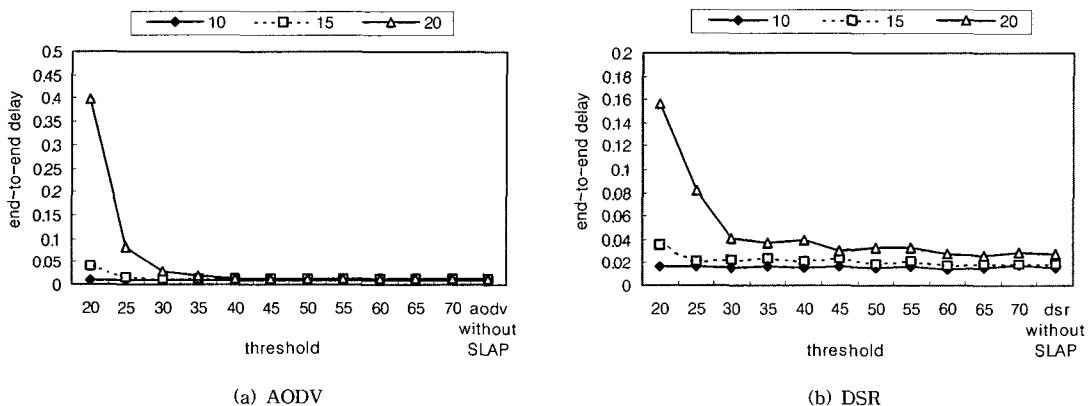


그림 8 소스 수 변화에 따른 종단간 지연 시간

콜은 기존의 AODV나 DSR 프로토콜에 비하여 거의 비슷한 수준의 전송률이나 지연시간을 보이면서도 패킷 분산 측면에서 탁월한 성능 향상을 보임을 알 수 있고, 따라서 트래픽이 집중되는 일부 노드들만의 배터리 회생 강요를 완화시킬 수 있다.

## 5. 결 론

고정된 하부 망이나 기지국의 도움 없이 이동 노드들만으로 구성된 애드 휴 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 현재 사용중인 경로가 혼잡하다 하더라도 네트워크 토폴로지가 변하기 이전에는 새로운 경로를 설정하지 않으므로, 노드의 이동성이 낮은 환경에서는 일부 소수 노드들로의 트래픽의 집중 현상이 심화된다. 이러한

트래픽의 집중 현상은 유선망에서 보다 무선망에서 보다 치명적이다. 무선망에서의 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 프로토콜인 SLAP을 제안하였다. 또한 성능 평가를 통하여 기존의 AODV나 DSR처럼 부하 균등을 고려하지 않은 프로토콜에 비하여 전송률이나 종단간 지연 측면에서의 성능 손실 없이, 트래픽을 분산

시킴으로써 특정 이동 기기들에게 회생을 강요하는 문제점을 해결하였다. 향후 과제로는 네트워크 환경의 변화에 따라 임계값을 동적으로 변화시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 남아 있다.

### 참 고 문 헌

- [ 1 ] C.E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers", Computer and Communication, Oct. 1994, pp234-244.
- [ 2 ] C.C. Chiang, "Routing in Clustered Multi-hop Mobile Wireless Networks with Fading Channel", Proc. IEEE SINGAPORE CONFERENCE (SICON'97), Apr. 1997, pp197-211.
- [ 3 ] S. Murthy and J. J. Garcia-Luna-Aceves, "An Efficient Routing Protocol for Wireless Networks", ACM Mobile Networks and Application Journal, Special Issue on Routing in Mobile Communication Networks, Oct. 1996, pp183-197.
- [ 4 ] Charles E. Perkins, Elizabeth M. Royer, and Samir R. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", IETF Internet-draft, Nov. 2001.
- [ 5 ] David B. Johnson and Davis A. Maltz, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks", IETF Internet-draft, Oct. 1999.
- [ 6 ] 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.
- [ 7 ] Audrey Zhou and Hossam Hassanein, "Load-Balanced Wireless Ad Hoc Routing", Proc. Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, vol. 2, 2001, pp1157-1161.
- [ 8 ] UCLA Computer Science Department Parallel Computing Laboratory and Wireless Adaptive Mobility Laboratory, "GloMoSim: A Scalable Simulation Environment for Wireless and Wired Network Systems", <http://pcl.cs.ucla.edu/projects/domains/glomosim.html>
- [ 9 ] R. Bagrodia, R. Meyer, M. Takai, Y. Chen, X. Zeng, J. Martin, and H. Y. Song, "PARSEC: A Parallel Simulation Environment for Complex Systems", IEEE Computer, vol. 31, no. 10, pp77-85, Oct. 1998.

### 안 상 현

정보과학회논문지 : 정보통신  
제 30 권 제 1 호 참조



### 임 유진

2000년 2월 숙명여자대학교 전산학과  
이학박사 취득. 2000년 3월 ~ 10월 서울대학교 컴퓨터공학과 Postdoc. 2000년 10월 ~ 2002년 8월 서울시립대학교 기계정보공학과 초빙연구원강사. 2002년 9월 ~ 현재 University of California Los Angeles, Computer Science Department, Postdoc.

### 김 경 춘

정보과학회논문지 : 정보통신  
제 30 권 제 1 호 참조