

# Ad-Hoc 무선망에서 AODV 라우팅 프로토콜을 이용한 TCP 트래픽의 성능분석

## Performance Analysis of TCP Traffic over AODV Routing Protocol in Ad-Hoc Wireless Network

고 영 응\*      마 주 영\*\*      육 동 철\*\*\*      박 승 섭\*\*\*\*  
Young-Woong Ko      Ju-Young Ma      Dong-Chul Yuk      Seung-Seob Park

### 요 약

유선망과 기지국을 가지고 있지 않는 이동 노드들로만 구성된 Ad-Hoc 무선망에서는 잦은 호스트의 이동과 토폴로지 변화에 의해 패킷의 손실이 자주 발생한다. 이러한 환경 하에서 요구되는 Ad-Hoc 라우팅 프로토콜에 초점을 둔 많은 연구에서 인터넷 트래픽 성능 분석에 대한 연구가 미진하다.

따라서, 본 논문에서는 AODV 라우팅 프로토콜을 사용하여 Ad-Hoc 무선망의 트래픽을 모의 실험하였으며, 시뮬레이션 평가 요소인 Ad-Hoc 무선망의 크기, 이동하는 노드의 이동 속도를 변화시켜 인터넷 트래픽인 TCP/Reno와 TCP/Sack 성능을 모의 실험을 통해 분석하였다. 모의 실험 결과 TCP/Reno가 TCP/Sack보다 노드의 이동 속도나 노드 수에 다소 민감하다는 것을 알 수 있었다.

### Abstract

Ad-Hoc networks consist of a set of mobile hosts that communicate using wireless links, without the use of other communicate support facilities (such as base stations). The topology of an Ad-Hoc network changes due to the movement of mobile host, which may lead to sudden packet loss. Recently, a large amount of research has focused on the routing protocols needed in such an environment, but researches about Internet traffic performance analysis were unexhausted. Accordingly, we have simulated Ad-Hoc mobile network that using AODV routing protocol and Ad-Hoc mobile network topology size and node speed as simulation estimation-factor to analysis traffic performance. As the result of the simulation, we identify that TCP/Reno was more sensitive than TCP/Sack about node speed and a number of the node.

## 1. 서 론

최근 노트북 컴퓨터나 PDA와 같은 소형 컴퓨터의 메모리의 용량, 디스크 저장 용량 등이 계속 발전하고 있다. 소형 컴퓨터를 동작시키기 위해서 배터리 등과 같은 소형 전원을 사용하기 때문에

사용자가 소형 컴퓨터를 휴대하기가 더욱 용이하며, 이동이 자유로워 졌다. Internet Engineering Task Force(IETF)에서 규정하고 있는 Ad-Hoc 무선망은 이러한 소형 컴퓨터들로 구성되어 있으며, 기지국이나 고정된 유선 망 등의 기반 구조를 가지고 있지 않는 망이다. 그러므로 Ad-Hoc 무선망은 병원, 전시장, 생산 현장 등과 같은 긴박한 상황이거나 지속적인 망 연결이 필요 없는 환경에서 적용 가능하다. 그러나 노드의 잦은 이동으로 인해 망의 토폴로지가 수시로 변하고, 이에 따른 패킷의 손실이 자주 발생하게 된다[1]. TCP는 가장 널리 알려져 있고, 가장 많이 사용되는 인터넷 프로토콜이다. TCP를 이용하여 여러 가지 어플리케이션

\* 준 회 원 : 부경대학교 대학원 전자계산학전공 hl5plm@hanmail.net

\*\* 준 회 원 : 부경대학교 교육대학원 전산학전공 maju96@hanmail.net

\*\*\* 준 회 원 : 부경대학교 전자계산학과 박사과정 net607@mail.pknu.ac.kr

\*\*\*\* 종신회원 : 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수 parkss@dolphin.pknu.ac.kr

을 사용 할 수 있도록 하기 위해 Ad-hoc 무선망에서도 TCP를 사용하여야 한다. 그러나 Ad-hoc 무선망은 기존의 일반 유선 망과 달리 end-to-end 전달 방식을 사용하는 것이 아니라 홉 단위로 데이터를 전달하는 hop-by-hop 전달 방식을 사용하므로 신뢰성 있는 서비스를 제공하지 못한다. 기존의 연구에서는 CBR과 같이 실시간 처리를 하는 인터넷 트래픽에 관한 연구나 Ad-Hoc 무선망에서 사용되는 라우팅 프로토콜의 성능을 비교 분석하는 연구가 있어왔다[2,3]. 또한 인터넷 트래픽을 시뮬레이션 파라미터로 사용하여 라우팅 프로토콜의 성능을 분석한 연구, [6]에서와 같이 Ad-Hoc 무선망에서 특정한 TCP 버전과 제시한 알고리즘과의 분석에 대한 연구가 있었지만 TCP 자체에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 무선망에서 주로 사용되는 TCP/Reno와 TCP/Sack에 대한 성능을 분석하기 위해서 이동 노드의 수와 이동 노드의 이동 속도를 변화시키는 방식으로 모의 실험을 하였다. 본 논문의 구성은 서론에 이어, 2장에서는 Ad-Hoc 무선망의 개념과 Ad-Hoc 무선망에서 사용되는 라우팅 프로토콜, AODV의 메커니즘을 설명하고, 3장에서는 시뮬레이션 환경에 대해 설명을 하였으며, 4장과 5장에서는 모의 실험 결과 분석과 결론에 대해 서술하였다.

## 2. 관련 연구

본 장에서는 Ad-Hoc 무선망의 개념과 Ad-Hoc 무선망에서 사용되고있는 라우팅 프로토콜의 종류, AODV의 기본 메커니즘에 대해 서술한다.

### 2.1 Ad-Hoc 무선망

Ad-Hoc 무선망은 고정된 유선망을 가지지 않고 이동 노드들만으로 구성된 망이다. 그러므로 유선망을 구성하기 힘들거나 망을 구성한 후 단기간에 사용되는 경우에 아주 적합하다. Ad-Hoc 무선

망에서는 각각의 이동 노드에 대한 이동 제약이 없고, 유선망이나 기지국과 같은 기반 구조를 필요로 하지 않기 때문에 병원, 전시장, 생산 현장과 같은 여러 환경에서 적용이 가능하다. 그러나 Ad-Hoc 무선망은 유선망과 같은 기반구조를 가지지 않고 무선이라는 특성 때문에 노드의 이동이 자유롭다는 장점 이외에 유선망의 대역폭보다 훨씬 낮은 2Mbps로 제한되어 있고, 이동 노드의 이동으로 인해 토폴로지가 자주 변화하기 때문에 패킷의 손실이 자주 발생한다는 단점이 있다[6].

### 2.2 라우팅 프로토콜의 종류

기존의 유선망과 마찬가지로 Ad-Hoc 무선망에서도 어떤 라우팅 프로토콜과 트래픽을 사용하는가에 따라 망의 성능이 좌우된다. Ad-Hoc 무선망에서 사용되는 라우팅 알고리즘은 유선망에서 사용되는 라우팅 알고리즘을 기반으로 개발되었다.

Ad-Hoc 무선망에서 사용되는 라우팅 프로토콜은 크게 Table-Driven 방식과 On-Demand 방식 두 가지 부류로 나눌 수 있다. Table-Driven 프로토콜은 각각의 이동 노드가 무선망 내의 모든 경로의 정보를 유지하고 있기 때문에 경로 요구 시 최적의 경로를 설정 할 수 있다. 그러나 최신의 정보를 유지하기 위해, 제어 패킷을 통해 주기적으로 정보를 갱신해야 하므로 실제 전달하는 데이터 외에 많은 망 트래픽을 유발하는 단점을 가진다. 대표적인 Table-Driven 라우팅 프로토콜에는 DSDV, WRP, GSR, FSR 등이 있다. On-Demand 라우팅 프로토콜은 특정 목적지에 대한 경로를 요구하였을 때만 경로 설정 단계가 수행된다. 경로 설정 단계가 완료되어 새로운 경로가 발견되면 경로 유지 단계가 수행된다. 경로 유지는 목적지에게 더 이상의 요구 패킷이 없거나, 목적지까지의 경로를 사용할 수 없을 때까지 계속 수행된다. 이런 프로토콜의 단점은 경로 설정 과정에서 지연이 발생한다는 점과 홉 거리에 따른 관점에서 볼 때 최적의 경로를 보장하지 못한다는 점이다. 대표적

인 On-Demand 라우팅 프로토콜에는 CBRP, DSR, AODV, TORA 등이 있다[3,4].

### 2.3 AODV(Ad-Hoc On-Demand Distance Vector) 라우팅 알고리즘

AODV는 Ad-Hoc 무선망을 위해 설계된 라우팅 프로토콜이다. 이 프로토콜은 DSR과 DSDV의 조합으로 이루어진 프로토콜로서 경로 탐색과 경로 유지와 같은 On-Demand 라우팅 메커니즘은 DSR에서 가져왔고 hop-by-hop 라우팅, 순서번호, 주기적인 패킷 갱신과 같은 메커니즘은 DSDV에서 가져왔다. AODV의 장점은 DSR과 같이 각각의 패킷에 경로 정보가 포함되지 않으므로 데이터를 전달할 때 오버헤드가 감소되고, 각각의 노드가 망 전체의 라우팅 테이블을 유지하지 않고 각 노드에 인접한 이웃 노드의 라우팅 정보만을 유지하며, 그 정보를 자신의 이웃에게만 방송하기 때문에 DSDV보다는 메모리 사용율이 낮다는 장점을 가진다. 그러나 hello 메시지와 같은 주기적인 메시지를 교환해야 하므로 전체 망 사용율이 증가되는 단점을 가진다.

### 2.4 AODV의 기본 메커니즘

AODV의 기본 메커니즘은 크게 경로 탐색 단계와 경로 유지 단계로 나눌 수 있다.

본 장에서는 경로 탐색 단계와 경로 유지 단계에 대해 설명한다.

#### 2.4.1 경로 탐색 단계

경로 탐색 단계는 소스 노드가 자신의 라우팅 테이블에서 라우팅 정보를 가지고 있지 않는 다른 노드와 통신하기를 원할 때 초기화된다. 모든 노드는 노드 순서 번호와 방송 ID 두 개의 카운터를 가지고 있다. 어떤 목적지까지 데이터를 전달하고자 할 때, 소스 노드는 자신의 이웃에게 경

0	1	2	3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
타입 = 1	예약 비트	홀 카운트	
방송 ID			
목적지 주소			
목적지 순서번호			
소스주소			
소스 순서번호			

(그림 1) RREQ 메시지 포맷

로 요구(RREQ: Route Request)메시지를 방송함으로써 경로 발견 단계를 시작한다. RREQ 메시지는 그림 1과 같은 필드를 포함한다[2].

목적지 노드나 목적지 노드의 현재 경로를 알고 있는 중간 노드가 RREQ를 수신했을 때, 이전에 수신된 RREQ와 동일한 패킷을 수신하게 되면 중복된 RREQ를 폐기하고 RREQ를 이웃 노드로 방송하지 않는다. 소스에서 목적지까지 RREQ가 전달될 때 RREQ를 수신한 모든 노드에서 소스까지 자동적으로 역 방향의 경로가 설정된다.

RREQ가 목적지에 대한 현재의 경로를 가지고 있는 중간 노드까지 도착하게 되면, 중간 노드는 자신이 수신한 RREQ를 조사한다. 만일 중간 노드가 통신하고자 하는 목적지까지의 경로를 가지고 있다면 중간 노드는 자신의 라우트 엔트리와 수신한 RREQ에 있는 목적지 순서번호를 비교하여 현재의 경로인지를 결정하게 된다.

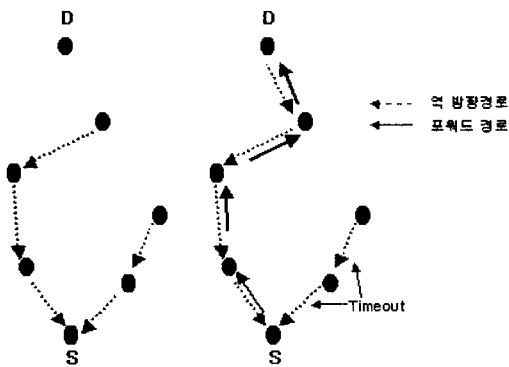
만일 목적지로 향하는 RREQ 메시지의 목적지 순서 번호가 중간 노드에 기록되어 있는 목적지 순서 번호보다 크면 중간 노드는 자신이 가지고 있는 경로 정보를 사용하지 않고 목적지를 향해 다시 RREQ를 방송한다. 중간 노드는 자신의 목적지 순서 번호가 수신한 RREQ가 가지고 있는 순서 번호보다 크거나 같을 때만 응답하게 된다. 중간 노드가 현재의 목적지에 대한 경로를 가지고 있다면, 중간 노드는 목적지를 대신해서 RREQ를 방송한 소스 노드로 경로응답(RREP: Route Reply) 메시지를 단방향 전송한다. RREP 메시지는 그림 2와 같은 정보를 가진다.

0	1	2	3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
타입 = 2	예약 비트	Prefix 크기	홉 카운트
목적지 주소			
목적지 순서번호			
소스주소			
소스 순서번호			

(그림 2) RREP 메시지 포맷

목적지로 향하는 경로를 설정 할 수 있는 노드까지 방송 패킷이 도착하면 RREQ의 소스를 향해서 역 방향 경로가 설정된다.

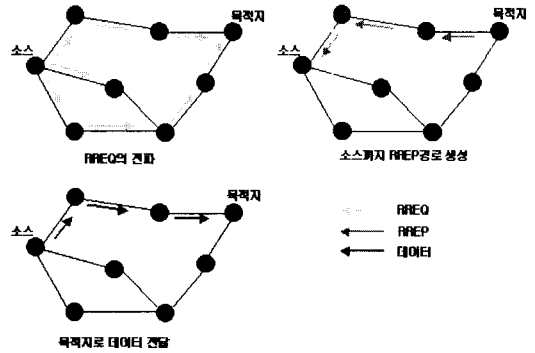
각각의 노드는 RREP를 보낸 쪽으로 포인터를 설정하고, 소스와 목적지까지의 라우트 엔트리에 대한 타임아웃 정보를 갱신하며, 목적지에 대한 가장 최근의 목적지 순서 번호를 기록한다. RREP가 소스 노드까지 도착하게 되면 소스 노드는 RREP를 수신하자마자 데이터를 전송할 수 있고, 만일 소스 노드가 현재의 경로보다 더 나은 경로를 알게 되면 자신의 라우팅 정보를 갱신 할 수 있다. 그림 3은 AODV 라우팅 시 역 방향 경로와 포워드 경로의 생성을 보여준다.



(그림 3) 역 방향 경로와 포워드 경로의 생성

### 2.4.2 경로 유지 단계

데이터 전송 중 소스 노드가 이동하게 되면 소스 노드는 경로 발견 단계를 다시 초기화함으로써 새로운 목적지에 대한 경로를 설정 할 수 있다. 그러나 목적지나 중간 노드가 이동하게 되면 특수한



(그림 4) AODV의 데이터 전달과정

RREP 메시지가 소스 노드로 전달되게된다. hello 메시지로 불리는 주기적 메시지는 현재의 링크가 양방향 링크라는 것을 보장해줄 뿐만 아니라 링크 실패도 감지할 수 있도록 해 준다. 어떤 노드가 이동해서 목적지 노드로 데이터를 전달할 수 없게되면, 상향 스트림이 파괴된 이전의 노드는 새로운 순서번호와 ∞의 홉 카운트를 가지는 경로 실패 (RERR: Route ERROR) 메시지를 전파한다[2].

이러한 과정은 소스 노드가 RERR 메시지를 수신 할 때까지 계속 전파된다. 노드가 여전히 목적지까지의 경로를 필요로 하면, 소스 노드는 RERR 메시지를 수신하자마자 또다시 경로 발견 단계를 시작한다. 이 때 새로운 RREQ 메시지는 현재 설정하는 경로가 이전에 사용하던 경로가 아니라 새로 설정되는 경로이며, 유효한 경로라는 것을 알리기 위해 이전에 알고있던 목적지 순서 번호보다 하나 더 큰 목적지 순서 번호와 방송 ID로 설정하여 경로 발견 단계를 시작한다. 그림 4는 ADOV에서 데이터 전달이 어떻게 발생하는지를 보여준다.

## 3. 시뮬레이션 환경

본 장에서는 시뮬레이션 모델과 파라미터에 대하여 설명한다. 시뮬레이션 도구로서는 버클리 대학에서 개발한 분산 객체 네트워크 시뮬레이터인 NS-2를 사용하였다[5].

### 3.1 시뮬레이션 망 모델

본 논문에서는 AODV 라우팅 프로토콜을 사용하는 Ad-Hoc 망에서 인터넷 트래픽의 처리율을 분석하기 위해 인터넷 트래픽인 TCP/Reno와 TCP/Sack를 사용하였고, MAC 계층의 인터페이스로 IEEE에서 규정한 802.11을 사용하였다. 이동 노드의 이동 패턴과 위치를 랜덤으로 설정하였다. 전체 무선망의 대역폭은 2Mbps, 전파의 전달 형태는 Two Ray Ground 방식, 이동 노드 안테나는 Omni 안테나를 사용하였고, 이동 노드의 무선 주파수 전달범위는 250m로 설정하였다.

### 3.2 시뮬레이션 파라미터

본 논문에서 인터넷 트래픽을 분석하기 위해 비 실시간 인터넷 트래픽인 TCP/Reno와 TCP/Sack를 사용하였고 Ad-Hoc 무선망의 라우팅 프로토콜은 AODV를 사용하였으며, 이동 노드 수와 처리율의 관계를 분석하기 위해 500×500(m)의 공간에 10, 20, 30개의 이동 노드로 구성된 Ad-Hoc 망을 사용하였다. 이동 노드의 속도와 처리율의 관계를 분석하기 위해서 이동 노드의 수를 10개로 고정하고 노드의 이동 속도를 2~30m/sec로 변화시켰으며, 각각의 실험에서 데이터 패킷의 크기를 512 Bytes로 고정하여 100초 동안 실험하였다. 망에서 이동 노드의 유희 시간은 0초로 설정하여 지속적으로 노드가 이동하는 망을 사용하였다.

## 4. 시뮬레이션 결과분석

본 논문에서는 TCP 트래픽의 성능 분석요소로서 패킷의 처리율과 목적지 노드가 수신한 패킷의 순서번호를 기준으로 하였다. 처리율은 단위 시간당 목적지 노드가 수신한 패킷 양에 시간을 나누어서 처리율을 계산하였다.

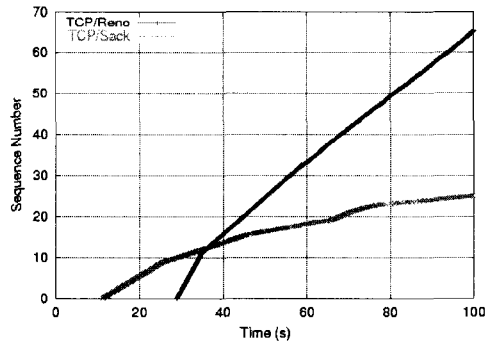
본 장에서는 AODV 라우팅 프로토콜을 사용하는 Ad-Hoc 무선망에서 TCP/Reno와 TCP/Sack의 처

리된 패킷 수와 처리율을 비교한 결과를 분석한다.

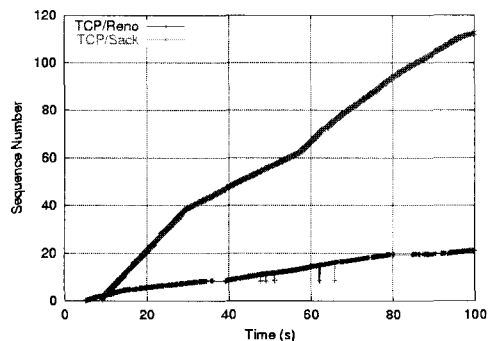
### 4.1 이동 노드 수 변화에 따른 패킷 순서번호

그림 5, 그림 6, 그림 7은 노드 수에 따라 수신된 데이터 패킷의 관계를 실험하기 위해서 노드의 이동 속도와 유희 시간을 각각 10m/sec, 0초로 고정하고, 이동 노드 수를 10, 20, 30개로 변화시켰을 때 목적지가 수신한 패킷의 순서번호를 나타내고 있다.

그림 5와 그림 6은 노드 수가 10, 20개일 때 목적지가 수신한 패킷의 순서번호를 나타내고 있다. 그림 5는 노드 수가 10이고 노드의 이동 속도가 10m/sec일 때 목적지에서 처리한 패킷의 순서번호를 나타낸다.



(그림 5) 노드가 10개일 때 TCP/Reno와 TCP/Sack의 패킷 순서번호



(그림 6) 노드가 20개일 때 TCP/Reno와 TCP/Sack의 패킷 순서번호

그림 5에서 살펴보면 TCP/Reno를 사용한 패킷이 TCP/Sack를 사용하여 수신한 패킷 수 보다 더 많은 패킷을 목적지에서 처리하였음을 알 수 있다. 그림 6은 노드 수가 20개이고 노드의 이동 속도가 10m/sec일 때 목적지에서 수신한 패킷의 순서번호를 나타내고 있다. 그림 6에서는 그림 5와 반대로 TCP/Sack가 TCP/Reno보다 더 많은 패킷을 목적지에서 처리하고 있고 패킷의 손실도 거의 없다는 것을 알 수 있다. 그림 7은 노드 수가 30개이고 이동 속도가 10m/sec일 때 목적지에서 수신한 TCP/Reno와 TCP/Sack의 패킷 순서 번호를 나타내고 있다. 그림에서 TCP/Reno는 전체 모의 실험 시간에 걸쳐 패킷이 계속 손실되고 재전송되고 있다는 것을 알 수 있다. 반면에 TCP/Sack는 모의 실험 시간 45초에서 55초 사이의 시간에서 하나의 패킷이 손실되어 계속 재전송 되다가 55초 이후 다른 패킷을 계속 처리하고 있음을 알 수 있다. 결과적으로 TCP/Reno보다 TCP/Sack를 수신하는 목적지가 더 많은 패킷을 처리하고 있다는 것을 보여준다.

그림 5, 그림 6, 그림 7의 결과는 노드의 수가 증가함에 따라 전체 무선망의 오버헤드가 증가하게 되어 목적지에서 수신되는 패킷의 수가 저하되기 때문이다.

결과적으로 그림 6, 그림 7, 그림 8로부터 TCP/Reno가 TCP/Sack보다 노드 수에 따라 목적지에서

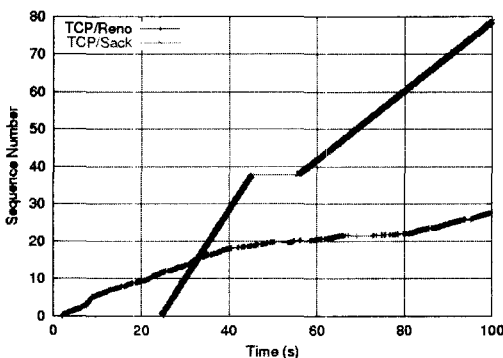
처리 할 수 있는 패킷의 수가 적고 손실과 재전송이 많으므로 TCP/Reno는 노드 수가 증가함에 따라 성능이 저하된다는 것을 알 수 있다.

#### 4.2 노드의 이동 속도 변화에 따른 처리율

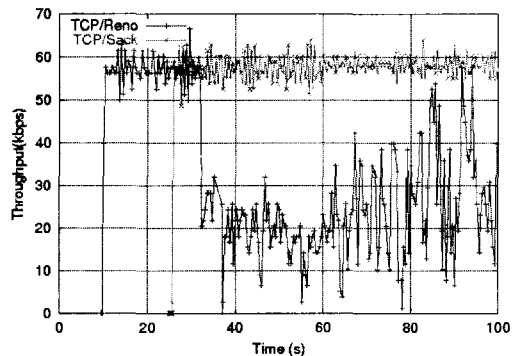
그림 8, 그림 9, 그림 10, 그림 11은 노드의 이동 속도 변화에 따라 패킷을 수신하는 목적지에서 처리율이 어떻게 변화하는지 알기 위해서 Ad-Hoc 무선망의 이동 노드 수를 10개로 고정하고 노드의 이동 속도를 2~30m/sec로 변화시켰을 때의 TCP/Reno와 TCP/Sack의 처리율을 나타낸 그림이다.

그림 8은 노드 수가 10개이고, 노드의 이동 속도가 2m/sec일 때 처리율을 나타낸다. TCP/Reno는 시뮬레이션 초기에 TCP/Sack와 비슷한 처리율을 보이나 시간이 지날수록 처리율이 심하게 변하고 있다. 그 반면에 TCP/Sack는 시뮬레이션 초기에서부터 시뮬레이션이 끝나는 시간까지 거의 일정한 처리율을 나타내는 것을 알 수 있다.

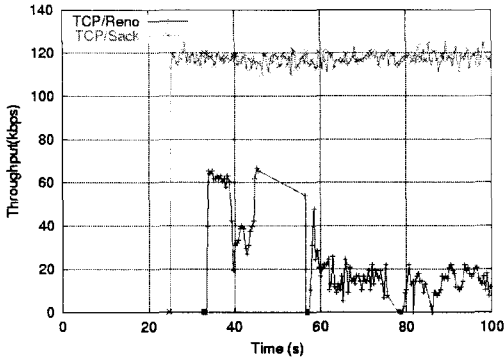
그림 9는 노드의 이동 속도를 10m/sec로 변화시켰을 때 목적지에서 처리한 처리율을 나타내고 있다. 그림에서 살펴보면 TCP/Reno는 그림 8과 유사한 상태를 보이지만 TCP/Sack보다는 훨씬 낮은 처리율을 나타낸다. 그러나 TCP/Sack는 시간에 따라 처리율의 진동폭이 매우 작고 거의 일정



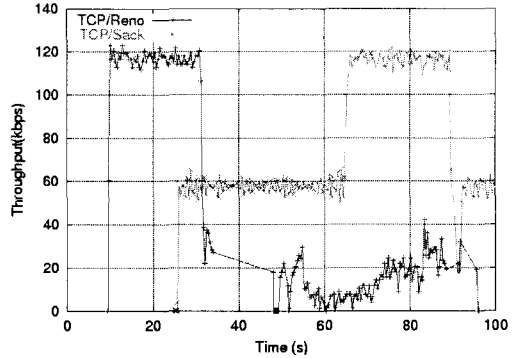
(그림 7) 노드가 30개일 때 TCP/Reno와 TCP/Sack의 패킷 순서번호



(그림 8) 속도가 2m/sec일 때 TCP/Reno와 TCP/Sack의 처리율



(그림 9) 속도가 10m/sec일 때 TCP/Reno와 TCP/Sack의 처리율



(그림 10) 속도가 20m/sec일 때 TCP/Reno와 TCP/Sack의 처리율

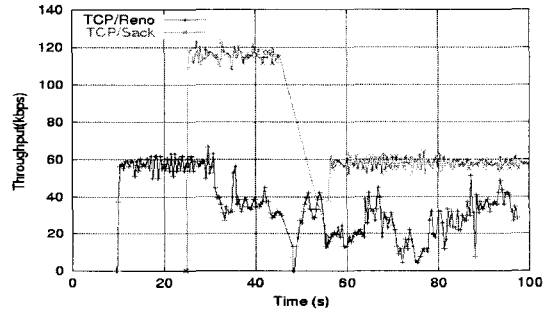
한 처리율을 나타내고 있다. 이는 TCP/Sack가 TCP/Reno보다 훨씬 안정적으로 패킷을 처리하고 있다는 것을 보여준다.

그림 10, 그림 11은 노드 이동 속도가 20, 30m/sec로 변화시켰을 때 처리율을 나타내는 그림이다. 그림 10은 노드의 이동 속도가 10m/sec일 때 처리율을 나타내는 그림이다.

그림 10에서 TCP/Reno는 모의 실험 초기에는 TCP/Sack와 비슷한 처리율을 보이고 있으나 시간이 지날수록 패킷의 손실이 발생하여 처리율이 저하되고 있음을 알 수 있다. 이는 노드의 이동 속도가 증가하면서 Ad-Hoc 무선망의 노드가 빨리 움직이기 때문에 그만큼 토폴로지가 자주 변화하며, 그에 따라 데이터 패킷의 손실이 자주 발생하기 때문이다. TCP/Sack의 경우 모의 실험 초기에는 2m/sec나 10m/sec의 이동 속도에서 나타나는 처리율을 보였지만 시간이 지날수록 다소 낮은 처리율을 보이고 있다는 것을 알 수 있다.

그러나 이동 속도가 20m/sec일 때 TCP/Sack의 처리율은 TCP/Reno의 처리율보다 훨씬 안정적이고 일정한 처리율을 보여주고 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 처리율 변화가 있기는 하지만 일정 대역폭을 유지하면서 패킷이 처리되고 있음을 보여준다

그림 11은 이동 속도가 30m/sec로 변화되었을 때 목적지에서 처리하는 패킷의 처리율을 나타낸



(그림 11) 속도가 30m/sec일 때 TCP/Reno와 TCP/Sack의 처리율

다. TCP/Reno는 이동 속도가 30m/sec로 변화되었을 때의 처리율이 20m/sec로 노드가 이동 할 때의 처리율 보다 50%정도 감소되었고 처리율의 변화도 여전히 심하다는 것을 알 수 있다. 그러나 TCP/Sack의 처리율은 20m/sec일 때와 거의 유사한 처리율을 보여주며 처리율 변화도 안정적이라는 것을 알 수 있다.

각 그림에서 나타내는 처리율과 처리율의 변화에서 TCP/Reno는 노드의 이동 속도가 증가함에 따라 처리율과 그에 따른 처리율 변화가 아주 심한 반면에 TCP/Sack는 속도가 2~10m/sec의 속도로 이동할 때 전체 시뮬레이션 시간에 걸쳐 매우 안정적인 처리율을 보였고, 이동 속도가 20~30m/sec로 다소 빠른 속도로 이동 할 때는 약간의 처리율 변화가 있기는 하지만 TCP/Reno보다는 훨씬 안정적으로 데이터를 처리하는 것을 알 수

있다. 전체적으로 볼 때, TCP/Reno의 수신측이 패킷을 수신하지 못했을 경우, 송신측이 수신되지 않은 패킷의 번호를 가지는 확인 응답을 세 개 이상 수신하면 해당번호의 패킷을 재전송 하여 빠른 회복단계를 시작하게 된다. 반면에 TCP/Sack는 TCP/Reno와 달리 손실된 패킷에 대한 확인 응답을 두 개만 받게되면 손실을 인식하여 해당하는 패킷을 재전송하게 된다. 이와 같은 알고리즘적인 차이에 의해 TCP/Reno는 TCP/Sack보다 패킷을 처리하는 능력이 다소 떨어진다는 것을 알 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 Ad-Hoc 무선망에서 인터넷 트래픽의 성능을 분석하기 위해 비 실시간 인터넷 트래픽인 TCP/Reno와 TCP/Sack를 사용하여 목적지에서 수신한 패킷 순서번호와 패킷의 처리율을 서로 비교하였다. 모의 실험에서 이동 노드의 수를 고정시키고 속도를 변화시키는 방식과 노드의 이동 속도는 고정하고 이동 노드 수를 증가시키는 방식으로 인터넷 트래픽의 성능을 분석하였다. 모의 실험 결과 TCP/Reno는 노드 수와 노드의 이동 속도가 증가함에 따라 목적지에서 수신하는 패킷 수와 처리율이 저하되는 반응을 보였다. 그러나 TCP/Sack는 이동 노드의 수와 이동 속도가 증가할수록 목적지에서 수신하는 패킷의 수나 처리율이 약간의 변화를 보였지만 TCP/Reno보다는 그다지 민감하지 않음을 알 수 있었다.

결론적으로 AODV 라우팅 알고리즘을 사용하는 Ad-Hoc 무선망에서는 TCP/Reno보다 TCP/Sack를 사용하는 것이 데이터를 안정적으로 전달 할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

## Acknowledgement

이 논문은 본 학회 2001년도 “춘계학술발표대회” 최우수 논문임

## 참 고 문 헌

- [1] S. Corson and J. Macker, "Mobile Ad-hoc Networking(MANET)", Internet Draft, IETF, Oct. 1998.
- [2] Charles E. Perkins, Elizabeth M. Royer and Samir Das, "Ad-Hoc On-Demand Distance Vector (AODV)Routing," Oct, 99 IETF Draft, pp, 33~38.
- [3] J. Broch, D. A. Maltz, D. B. Johanson, Y. -C. Hu, and J. Jetcheva, "A performance Comparison of Multi-hop wireless Ad-Hoc Network Routing Protocols", In proceeding of the Fourth Annual ACM/IEEE international Conference on Mobile Computing and Networking, Oct. 1998.
- [4] Elizabeth M. Royer, Chai-Keoeng Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks," IEEE, April, 1999.
- [5] The VINT Project", ns Notes and Documentation", February 25, 2000.
- [6] Mattias Ostergen, "TCP Performance in Ad Hoc Networks", Nov 15, 2000.
- [7] Gavin Holland, Nitin Vaidya, "Analysis of TCP Performance over Mobile Ad Hoc Networks", Proceedings of Mobicom'99, Seattle.
- [8] C. Toh, "A novel distributed routing protocol to support ad-hoc mobile computing", Wireless Personal Communication, Jan, 1997.
- [9] H. Balakrishnan, V. Padmanabhan, S. Seshan, and R. Katz, "A comparison of mechanisms for improving TCP performance over wireless links", ACM SIG-COMM, Stanford, CA, Aug, 1996.

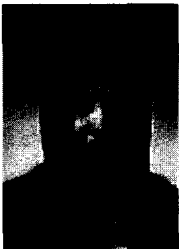


## ◎ 저 자 소개 ◎



### 고 영 응

2000년 동명정보대학교 정보통신공학 전공(공학사)  
2000년~현재 부경대학교 대학원 전자계산학전공(재학중)  
관심분야 : Ad-hoc mobile network, 무선 LAN, 무선 ATM, Bluetooth  
E-mail : hl5plm@hanmail.net



### 마 주 영

2000년 부경대학교 전자계산학전공(이학사)  
2000년~현재 부경대학교 교육대학원 전산학전공(재학중)  
관심분야 : Ad-hoc mobile network, 초고속 통신망  
E-mail : maju96@hanmail.net



### 육 동 철

1998년 동서대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)  
2000년 부경대학교 전자계산학과 졸업(이학석사)  
2000년~현재 부경대학교 전자계산학과 박사과정 재학중  
관심분야 : 컴퓨터 네트워크 및 시뮬레이션, 이동통신  
E-mail : net607@mail.pknu.ac.kr



### 박 승 섭

1975년~1982년 경북대학교 공과대학 전 자계산전공(공학사)  
1984년 일본 일본대학 이공학연구과(공학석사)  
1993년 일본 동북대학(Tohoku Univ.)(공학박사)  
1984년~1986년 한국통신 연구원  
1989~1990년 일본동북대학 객원 교수  
1988년 Philippine Ateneo de davao university, visiting prof.  
1986년~현재 국립 부경대학교 전자컴퓨터정보통신 공학부 교수  
관심분야 : 인터넷엔지니어링, 초고속통신망, 멀티미디어통신, 무선ATM  
E-mail : parkss@dolphin.pknu.ac.kr