논문 2008-45CI-6-7

그룹 이동 환경에서의 무선 애드혹 네트워크 라우팅 알고리즘 성능 분석

(Performance Analysis of Routing Protocols for Mobile Ad-hoc Network under Group Mobility Environment)

양 효 식*, 여 인 호**, 이 종 명***

(Hyo-Sik Yang, In-ho Yeo, and Jong-Myung Rhee)

요 약

기존의 ad-hoc 라우팅 프로토콜 성능분석은 ad-hoc을 구성하는 모든 노드들이 독립 이동하는 모델을 중심으로 주로 수행되었다. 그러나 실제 상황에서는 노드가 임의로 독립 이동을 하기보다는 단일 그룹 또는 몇 개의 그룹을 구성하여 이동하며 각 그룹에 리더가 존재하는 경우가 자주 발생하게 된다. 본 논문은 그룹의 리더가 존재하는 그룹 이동 환경에서의 ad-hoc 라우팅 프로토콜의 성능분석을 수행하여 새로운 결과를 제시하였다. 군 전술 이동 망 등에 적합한 그룹 이동 모델인 RPGM 환경에서의 테이블 기반 DSDV 프로토콜과 요구 기반 AODV와 DSR 프로토콜 성능을 비교 분석 하였다. 단일 그룹 외에 다수 그룹의 이동도 함께 연구 제시하여 그룹 이동에 따른 특성 분석을 보다 포괄적으로 수행하고자 하였다. 단일 그룹 환경에서의 일반적인 성능특성은 노드 그룹 이동의 환경에서도 노드 독립 이동과 거의 유사함을 보였다. 그러나 독립이동의 경우 pause time이 증가함에 따라 높은 전송률을 보인 반면, 그룹이동 환경에서는 변함이 거의 없었다. 또한 연결 비율을 증가시키는 경우 기존 독립 이동시에는 전송지연시간이 일정하게 유지되나, 다수 그룹 이동의 경우 요구 기반 프로토콜 사용 시 감소하였다.

Abstract

Most prior performance analysis results for ad-hoc routing protocols have been based upon the model which each node in the network moves independently without restriction. In most real environments, however, it is very common for a group or multiple groups to move under the direction of group leader or group leaders instead of each node's independent movement. This paper presents the performance analysis of routing protocols for mobile ad-hoc network under group mobility environment. The comparative simulations have been made between a table-driven protocol, DSDV, and two on-demand protocols, AODV and DSR, under a group mobility model, RPGM, which is suitable for the practical applications such as military tactical operation. Multiple group movements are also included. The results show that the protocol performances for single group movement are very similar to node independent movement case. However some differences have been observed by varying pause time and connectivity.

Keywords : Ad-hoc network, Group mobility, Routing protocols, Performance analysis

I. 서 론

Ad-hoc 네트워크는 고정 인프라 (infrastructure)의 도움 없이 개별 노드끼리 무선 링크를 이용하여 네트워크를 독립적으로 구성하여 노드간의 통신을 수행하는 네트워크이다. 노드의 빈번한 이동으로 망 구성이 수시로 변경되며 (dynamic), 개별 노드의 이동성 보장을 고

* 정회원, 세종대학교 컴퓨터공학과
(Dept. of Computer Eng., Sejong University)
** 학생회원, *** 정회원-교신저자, 명지대학교 통신공학과
(Dept. of Communication Eng., Myongji University)
※ 이 논문은 국방과학연구소와 DAPA (과제 ADD-07-06-06)의 지원으로 수행되었음
접수일자: 2008년10월10일, 수정완료일: 2008년10월30일

려한 장비의 소형화로 인하여 컴퓨팅 능력 , 배터리, 통신 대역폭 등의 자원의 제한이 따르게 된다. 이러한 제한 요소에도 불구하고 Ad-hoc 네트워크는 비상 상황, 천재지변 (예: 홍수 등으로 기간망 단선), 군 병력 이동 등 인프라 네트워크 지원이 없는 상황에 적극 활용되고 있으며, 컨퍼런스, 콘서트, 축제 등의 야외 특별 이벤트, 그리고 USN (Ubiquitous Sensor Network) 등으로 응용 분야가 다양화되고 있다.

Ad-hoc 네트워크는 고정 인프라의 도움 없이 자체적으로 네트워크를 구성하여 통신하므로 통신 생존성 및 즉시성 측면에서 매우 유리한체계이나, 노드간 통신이 단일 hop 통신이 아닌 다중 hop 통신에 주로 의존하게 된다. 따라서 Ad-hoc을 구성하는 모든 노드는 다중 hop 통신을 수행할 수 있도록 데이터를 목적지 노드로 전달하는 기능인 Ad-hoc 라우팅 프로토콜을 보유하고 있어야 하는데, 이러한 프로토콜은 응용 분야에 적합하게 개발되고 구축되어야 한다.

Ad-hoc 라우팅 프로토콜은 일반적으로 테이블 기반 (Table-driven 또는 Proactive) 방식과 요구 기반 (On-demand 또는 Reactive) 방식의 두 가지로 구분되며, 방식 별로 DSDV, AODV, DSR 등 다양한 프로토콜들이 제안되었다[1~5]. 이러한 프로토콜의 성능 분석 연구가 꾸준히 수행되어 왔으나, 대부분 각 노드들이 임의로 독립 이동하는 모델을 기반으로 성능분석이 이루어져 왔다[6~9]. 그러나 실제 상황에서는 Ad-hoc 네트워크를 구성하는 모든 노드가 임의로 독립 이동을 하는 경우 보다는 단일 그룹 또는 몇 개의 그룹을 구성하여 이동하며, 각 그룹에는 리더 (leader)가 존재하는 것이 보통이다. 즉 리더가 제시하는 임무에 따라 각 노드는 제한된 독립 이동을 하면서 그룹 단위의 이동을 하는 그룹 이동 (Group Mobility, GM)이 ad-hoc 상황에 수시로 등장하고 있다. 예를 들면 군 병력 이동시 소대장 및 분대장 지휘에 의한 이동 또는 홍수 피해지역에서의 조장을 중심으로 수행하는 피해 복구 활동 등을 들 수 있다.

최근 NEMO (Network Mobility) Working Group 등에서 노드 그룹 이동에 관한 관심을 갖게 되면서 그룹 이동 연구가 추진되고 있으나, 그룹이동의 모델링 및 제시한 모델링의 타당성 입증을 위한 최소한의 성능 분석 등으로 연구 범위가 매우 제한적이다[10~14]. 따라서 본 논문은 전술 통신 망 등에 적합한 모델인 RPGM[10]을 기반으로 그룹 이동시의 ad-hoc 라우팅 프로토콜의 성능 분석을 제시한다. 단일 그룹 이동은 물론 다수 그룹이 이동하는 상황도 포함하여 분석함으로써 보다 현실적인 성능분석 결과가 제시되도록 시도하였다.

본 논문의 본론에서는 기존 연구와 그룹 이동모델을 다룬다. 그룹 이동 모델을 바탕으로 모의실험에서는 컴퓨터 모의실험을 통한 성능 분석을 수행하여 그 결과를 분석 제시한다. 수행된 모의실험은 단일 그룹 이동의 경우와 다수 그룹 이동의 경우이다. 마지막으로는 본 논문의 결론을 제시한다.

II. 본 론

1. 기존 연구

서론에서 언급한 바와 같이 무선 Ad-hoc 네트워크에서의 각 라우팅 알고리즘의 성능분석에 관한 연구는 각 노드가 임의로 독립 이동하는 환경을 중심으로 수행되어왔다. 이러한 독립 이동 환경 하에서 테이블 기반 프로토콜과 요구 기반 프로토콜의 성능 비교 분석이 주로 수행되어 왔으며 많은 연구 결과가 제시되고 있으며 핵심을 요약하면 표 1과 같다. 즉 전송률 측면에서는 요구 기반의 알고리즘이 우수한 성능을 보이고, 전송지연시간 측면에서는 테이블 기반의 프로토콜이 우수하다[4~7, 9]. 그러나 표 1은 일반적으로 도출된 결과의 요약이므로 상황에 따라 다른 성능을 나타낼 수 있다 즉 [8]에서 제시된 요구 기반 프로토콜의 상황별 성능 분석이 한 예이다.

최근 그룹이동 상황에서의 ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜에 관한 연구는 그룹 이동 패턴의 모델링에 관한 연구 및 그룹 이동시의 라우팅 프로토콜 개발 및 성능분석에 관한 연구가 주로 수행되어 왔다. 그룹 이동 패턴에 관한 모델링에 관한 연구로 우선 각 그룹 내에 임의의 리더 노드를 지정한 Reference Point Group Mobility (RPGM)를 들 수 있다[10]. RPGM에서 모든 일반노드는 리더 노드를 중심으로 이동하게 된다. 각 노드는 리더의 이동에 따라 특정 위치 (reference point)를 부여받게 된다. 이와 유사한 그룹 이동 모델로 Reference Region Group Mobility (RRGM)이 제시되었다[11]. RRGM은 특정 위치에 따라 각 노드가 이동하지 않고, 특정 지역 (reference region)을 기준으로 이동하는 모델이다. 최근 목적지 위치나 지역이 아닌 순시 이동 방향을 모델링한 Reference Vector Group Mobility (RVGM)도 제안되었고, 그룹 이동은 아니지만, 각 노드들이 특정한 패턴으로 이동하는 Manhattan model, highway 모델 등이 제안되었다. 그룹 이동환경에서의

표 1. 기존 연구에 제시된 노드 독립 이동 성능 분석 결과 요약
Table 1. Summary of performance of current routing protocols under independent moving pattern.

	테이블 기반 (Table-driven)	요구 기반 (On-demand)
전송률 (Avg. Throughput)		우수
전송지연시간 (Average delay)	우수	

라우팅 프로토콜인 Hybrid Landmark Routing (Hybrid LANMAR)는 테이블 기반 알고리즘의 특성과 요구 기반 알고리즘의 특성을 이용하였다[12]. 이외에도 그룹이동 시 각 그룹의 이동경로와 각 그룹이 분할되는 환경에서의 성능분석[13], 그리고 네트워크가 분할될 때 네트워크의 연결을 보장하는 연구가 제시되었다[14].

그러나 그룹 이동 시의 테이블 기반의 라우팅 프로토콜과 요구 기반의 라우팅 프로토콜의 체계적인 성능분석은 본 연구팀이 최근 제시한 결과[15~16] 이외에는 매우 제한적이다.

2. 그룹 이동 모델

본 논문에서는 그룹 이동 모델로 군 전술 통신 등의 모델링에 적합 RPGM을 사용하여 성능분석을 수행하였다. 기존의 성능분석은 본문에서 살펴본 바와 같이 각 노드가 독립적으로 이동하는 환경을 고려하였다. 주로 사용된 모델은 Random Way Point (RWP) 이다. RWP 모델에서 각 노드는 독립적으로 목적지를 랜덤하게 정한 후 목적지로 랜덤한 속도로 이동하게 된다. 목적지에 도착한 후 pause time 시간동안 그 목적지에서 대기한 후 또다시 랜덤하게 목적지와 속도를 정한 후 다음 목적지로 이동하는 패턴이다. 이는 일반적인 사람의 움직임을 모델링하고 있다[5].

본 논문에서 고려한 RPGM에서 각 그룹은 그룹의 이동 패턴을 결정하는 논리적인 리더를 갖고 있다. 초기에는 각각의 일반 노드는 그룹 리더를 중심으로 랜덤하고 균일하게 (uniformly) 분포되어있다. 이후 리더가 목적지를 정하면 일반노드는 리더의 목적지로부터 균일하게 분포된 목적지를 정하여 이동하게 된다. 따라서 일반노드의 이동 패턴은 그룹리더의 목적지에 따라 속도와 이동경로가 결정된다. 그림 1은 RPGM 그룹 이동 모델에서의 단일 그룹이동에 따른 네트워크 구성의 하나의 예이다. 그룹이동시 그룹 내에서의 일반 노드는

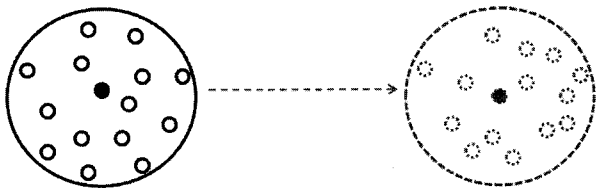

그림 1. RPGM 그룹 이동 모델
Fig. 1. RPGM group mobility model.

처음의 위치와 같은 위치에 있지 않고 이동한 그룹 리더를 중심으로 랜덤하고 균일하게 분포되게 된다. 그림 1은 단일 그룹 이동의 경우이나, 본 논문에서는 이를 확장한 다수 그룹 이동도 연구에 포함 수행하였다.

III. 모의실험

1. 단일 그룹 이동의 라우팅 프로토콜 성능 분석

모의실험은 최근 보편화되고 있는 네트워크 모의실험 도구인 ns-2를 사용하였으며, 단일 그룹 이동에서의 모의실험은 pause time과 그룹 이동 속도에 따른 프로토콜 특성 분석을 위주로 수행하였다.

가. 환경 설정 및 시나리오

단일 그룹 환경에서 그룹은 30개의 노드로 구성되어 있다. 그룹의 이동은 RPGM 모델을 따라 30개 노드 중 하나의 노드인 그룹 리더에 의해 결정/수행 되는데, 일반 노드들의 배치는 리더의 100m반경 이내 랜덤하고 균일하게 분포하며, 이동 후 정해진 리더의 목표지점

표 2. 단일 그룹 이동 환경 설정
Table 2. Simulation set-up for single group moving pattern.

Parameter	Value
Protocols	DSDV, AODV, DSR
Simulation Time	500 seconds/ 100 seconds
MAC Type	IEEE 802.11
Radio Propagation Model	Two-way Ground
Node movement model	RPGM
Transmission range	50 m / 25 m
Traffic type	CBR (UDP)
Packet Size	512 Bytes
Packet Interval	0.25 sec. (4 packets/sec.)
Number of Nodes	30
# of Connection	10 pairs

100m안에서 임의의 일정한 목표지점을 갖고 이동한다. 각 노드는 UDP (User Datagram Protocol)를 와 CBR (Constant Bit Rate) 트래픽을 사용하여 그룹 내에서 10개의 전송 쌍을 연결한 후 500초 또는 100초 동안 512 Byte 크기의 패킷을 초당 4번씩 전송하였다. 또한 노드의 전송 범위는 50m 또는 25m 로 설정하였다. 표 2는 설정된 단일 그룹 이동 환경을 나타낸다.

단일 그룹 이동에서는 두 가지 시나리오에 따른 성능 분석을 수행하였다. 첫 번째 시나리오는 그룹 이동시 pause time에 따른 분석이고, 두 번째 시나리오는 그룹 이동시 리더의 이동속도에 따른 분석이다.

첫 번째 시나리오에서 각 노드는 본론의 그림 1과 같이 리더를 중심으로 반경 100m내에 29개의 일반노드가 위치하며, 보행 이동속도를 고려하여 리더가 (150, 150)에서 (600, 150)으로 1m/sec로 이동한다고 가정하였다. 각 일반노드의 움직임은 리더의 움직임을 고려하여 (600, 150)을 중심으로 반경 100m내에 균일하게 분포되도록 움직임을 설정하였다. 또한 노드의 전송 범위는 50m로 설정하였다. 두 번째 시나리오에서는 보행 이동속도라고 가정한 1m/sec에서부터 차량의 이동속도라고 가정한 20m/sec까지 5m/sec 간격으로 모의실험을 수행하였다. 이동속도에 따른 시나리오에서는 그룹의 움직임을 보다 현실적으로 모델링하여 그림 2에서와 같이 여러 개의 포인트로 이동하는 환경을 설정하였고, 이에 따른 전송 범위는 25m로 설정하였다. Pause time은 0초로 설정하여 중간에 멈춤 없이 지속적인 움직임을 가정하여 전체 100초 동안 simulation을 수행하였고, 그 외의 환경은 첫 번째 시나리오와 동일한 환경에서 모의실험을 수행하였다.

모의실험은 임의로 발생시킨 서로 다른 이동 시나리오를 가지고 3회 수행하여 평균값을 택하였으며, 각 라우팅 프로토콜의 성능측정을 위해 전송률과 전송지연시간을 성능분석 도구로 사용하였다. 전송률은 전송한 패킷과 수신한 패킷의 비율로 정의하였으며, 전송지연시간은 목적지에서의 패킷 수신시각에서 송신측에서의 패킷 생성 시각과의 차이로 정의하였다.

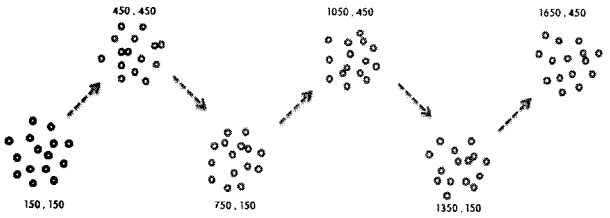

그림 2. 이동 속도에 따른 성능분석에 사용된 단일 그룹 이동 패턴

Fig. 2. Single group moving pattern for the performance analysis as a function of the moving speed.

나. 모의실험 결과

Pause time을 변화하면서 수행한 각 라우팅 프로토콜의 모의실험 결과를 그림 3에 나타내었다. 모든 노드가 일반적 보행 속도인 1m/s로 이동하며 0초부터 500초까지 100초 단위로 pause time을 변화시키는 경우 DSR이 가장 높은 전송률을 보였다. 또한 DSR은 AODV와 함께 pause time 값이 변해도 별다른 차이 없이 일정한 성능을 나타내었다. 일반적으로 pause time이 증가함에 따라 전송률이 증가하는 기존의 독립 이동 연구와 차이를 보인다[8]. 이는 각 노드가 유사한 패턴으로 이동함에 따라 이동을 하지 않는 정지된 노드 구성과 유사하게 되는데서 기인한다. 반면에 DSDV는 pause time 값이 커질수록 즉 노드의 움직임이 적어질

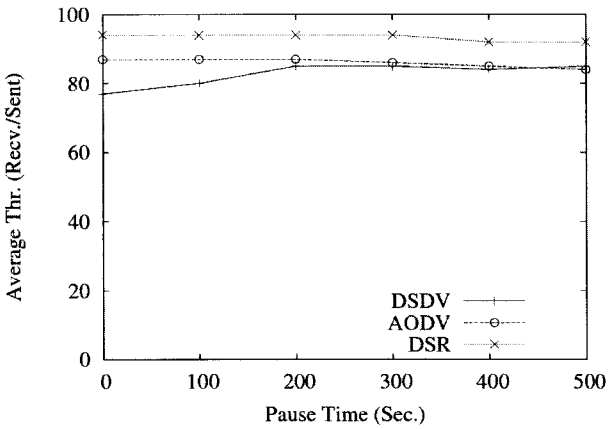

그림 3. Pause time에 따른 전송률

Fig. 3. Average throughput as a function of the pause time.

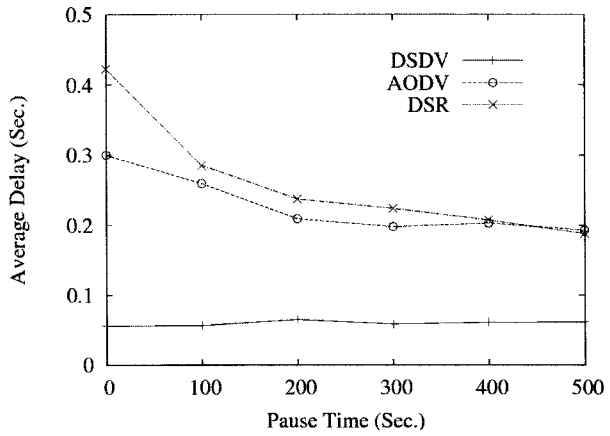

그림 4. Pause time에 따른 전송지연시간

Fig. 4. Average delay as a function of the pause time.

수록 전송률이 높아짐을 볼 수 있었다. 즉 그림 3에 제시한 바와 같이 전송률은 77%에서부터 85%까지 증가하였고, pause time을 400초 이상으로 하는 경우 AODV보다 높은 전송률을 보인다. DSDV가 테이블 기반 프로토콜이므로 모든 노드가 움직이지 않을 때는 요구 기반 프로토콜보다 좋은 성능을 보임을 알 수 있다. 그러나 DSR보다는 낮은 전송률을 보인다.

Pause time에 따른 세 가지 프로토콜의 전송지연시간을 그림 4에 나타내었다. 전송지연시간 측면에서는 DSDV 성능곡선이 0.1초미만으로 일정한 값을 가져 가장 우수함을 보였다. 이는 테이블 기반 프로토콜 특성상, 데이터를 전송하기 전에 모든 목적지로의 전송경로를 갖고 있기 때문에 경로 취득절차가 없어 낮은 지연시간을 보임을 알 수 있다. 반면 전송률이 제일 높았던 DSR은 움직임이 가장 많은 상황에서는 0.4초 이상의 높은 평균 지연시간을 보인다. 그러나 이동성이 줄어들수록 0.2초정도의 낮은 전송지연시간을 보였고 이러한 상황에서는 AODV 성능곡선도 DSR 성능곡선과 유사하다.

두 번째 시나리오는 이동 속도에 따른 각 라우팅 프로토콜의 성능분석의 결과이다. 노드 이동 속도에 따른 각 라우팅 프로토콜의 전송률을 그림 5에 나타내었다. 먼저 이동 속도가 1m/sec일 때는 모든 라우팅 프로토콜이 비교적 높은 전송률을 보였다. 하지만 이동 속도가 증가함에 따라 잦은 연결링크의 변화로 모든 프로토콜의 전송률은 저하되었으며, 특히 DSDV는 40%이상 저하하는 가장 높은 변화율을 나타내었다. 즉 DSDV가 동적인 상황, 노드 이동이 많고 노드 간 연결의 변화가 많은 상황에서는 성능이 매우 저하되는 프로토콜임을

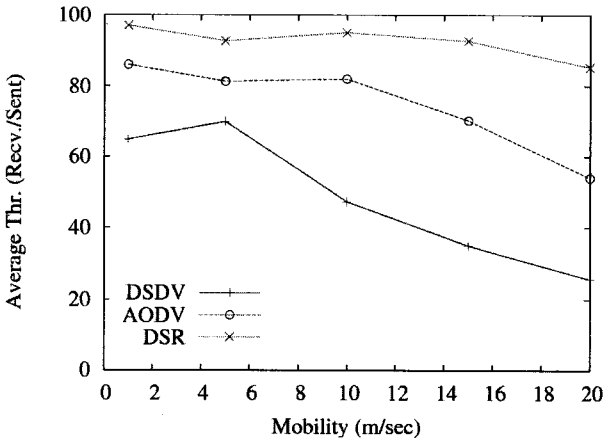

그림 5. 이동 속도에 따른 전송률
Fig. 5. Average throughput as a function of the node moving speed.

확인 할 수 있었다. 반면 DSR은 이동속도가 매우 빠른 상황에서도 80%이상의 전송률을 유지하면서 동적인 상황에 매우 강한 특성을 보였고 AODV는 이보다는 조금 떨어지는 성능을 보였다. 즉 이동속도 측면만을 고려했을 때, DSR이 AODV보다 다소 우수한 성능을 보임을 알 수 있었다.

노드 이동속도에 따른 평균 전송지연시간을 그림 6에 나타내었다. Pause time 결과에서와 같이 DSDV가 전송지연시간에서 가장 우수한 성능을 보였으며 AODV와 DSR의 성능은 역시 취약함을 볼 수 있었다. 또한 이동속도를 20m/sec로 높였을 때는 DSR의 경우 전송지연시간이 1초 이상까지 증가함을 볼 수 있었다. 그리고 큰 차이는 아니지만 AODV가 DSR보다는 다소 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

단일 노드 그룹 이동에 대한 모의실험 결과를 요약하면 표 3과 같다. 즉 개별 노드가 그룹 안에서의 이동이 활발하지 않을 경우, 그룹 이동에서도 노드 독립 이동과 동일하게 전송률 측면에서는 요구 기반 방식 DSR과 AODV가 우수한 성능을 보였으며, 전송지연시간 측면에서는 테이블 기반 방식 DSDV가 우수한 성능을 나타내었다.

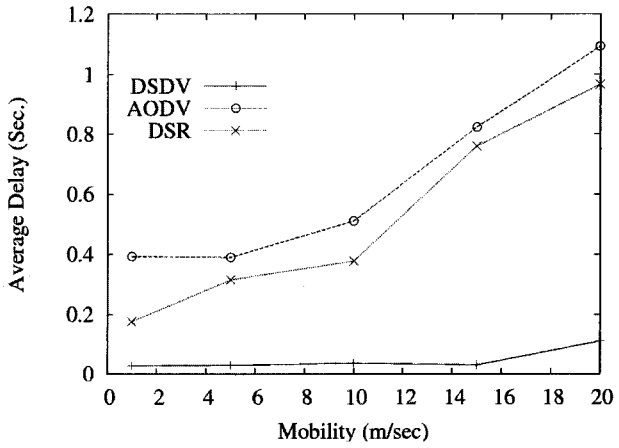

그림 6. 이동 속도에 따른 전송지연시간
Fig. 6. Average delay as a function of the node moving speed.

표 3. 단일 그룹 이동 성능 분석 요약
Table 3. Summary of the performance of routing protocols under single group moving pattern.

	DSDV (Table-driven)	DSR, AODV (On-demand)
전송률 (Avg. Throughput)		우수
전송지연시간 (Average delay)	우수	

2. 다수 그룹 이동의 라우팅 프로토콜 성능 분석

다수 그룹 이동 환경에서의 모의실험도 단일 그룹과 마찬가지로 ns-2를 사용하였으며, 다수 그룹 이동에서는 필수적으로 수반되는 그룹 간 통신을 중심으로 수행하였다. 표 3에 제시한 바와 같이 단일 그룹이동에서도 노드 독립이동에서와 같이 테이블 기반 방식의 프로토콜보다 요구 기반 프로토콜이 전송률 측면에서 우수한 성능을 보임을 알 수 있었다. 물론 전송지연시간 측면에서는 테이블기반이 우수한 특성을 보이나, 전송률이 저하되면서 지연시간이 최소화 되는 측면은 실제 응용에서 활용도가 적다고 판단하여 다수 그룹 이동은 요구 기반 프로토콜 DSR 과 AODV의 성능분석을 중심으로 수행하였다.

가. 환경 설정 및 시나리오

모의실험을 위한 기본적인 환경 구성은 표 4와 같다. 성능분석에 사용된 시나리오는 다음과 같다. 10개의 노드를 갖는 그룹 4개의 연결 수 (트래픽 수)를 증가하면서 성능분석을 수행하였다. 표 5는 전체 연결 수와 전체 노드수의 비율을 연결비율이라 정의하여 나타내었으며, 그룹 내의 연결 수와 그룹 간 연결 수도 각각 나타내었다. 연결 수가 적을 때는 대부분의 연결이 외부와의 연결임에 반해 연결 수가 증가함에 따라 그룹 내부의 연결이 증가하는 상황을 고려하였다. 이동성 패턴 모델로는 단일 그룹과 마찬가지로 RPGM을 사용하였다. 각 그룹 리더는 20 m/s의 속도로 움직이고 pause time은 0 sec로 설정하였다. 각 그룹의 노드들은 리더를 중심으로 100m 반경으로 랜덤하고 균일하게 분포하도록 설정하였다.

표 4. 다수 그룹 이동 환경 설정
Table 4. Simulation set-up for multiple group moving pattern.

Parameter	Value
Protocols	AODV, DSR
Area	1000m x 1000m
MAC Type	IEEE 802.11
Transmission Range of Each Node	50 m
Pause Time	0 sec
Traffic Type	CBR (UDP)
Packet Size	512 Byte
Packet Interval	0.25 sec. (4 packets/sec)
Number of Nodes per Group	10
Group Moving Speed	20 m/s
Connection Ratio	0.125, 0.25, 0.375, 0.5

표 5. Connection ratio에 따른 그룹 간 connection 수
Table 5. The number of connection according to the connection ratio.

연결 비율	0.125		0.25		0.375		0.5	
구분	내부	외부	내부	외부	내부	외부	내부	외부
연결 수	1	4	4	6	9	6	13	7

나. 모의실험 결과

앞 절의 표 5에 제시한 바와 같이 연결 비율을 0.125부터 0.5로 설정하였는데, 비율이 증가 할수록 그룹 내의 연결 집중도가 증가함을 의미한다. 즉, 대부분의 패킷들이 라우팅 되는 경로가 그룹 내에 집중 되게 된다. 또한 RPGM에서의 그룹 내의 각 노드들 사이의 평균 거리는 그룹 리더를 중심으로 분포되기 때문에 각 노드가 독립적으로 이동하는 RWP 모델에서의 각 노드들 사이의 평균 거리보다 작은 값을 갖는다. 상기 두 가지 조건들을 종합해보면 RPGM에서의 라우팅 되는 대부분의 패킷들은 RWP 모델에서 라우팅 되는 패킷들보다 더욱 짧은 경로들로 라우팅 된다. 이는 결국 RPGM에서의 평균 전송지연시간의 감소로서 그림 7의 연결비율에 따른 전송지연시간 분석에서 명확하다. 실제 RWP 모델에서의 AODV와 DSR의 전송지연시간은 연결의 비율이 증가할수록 증감을 거의 하지 않고 일정하게 유지되는데 반해[8], 그룹 이동의 경우 RPGM에서의

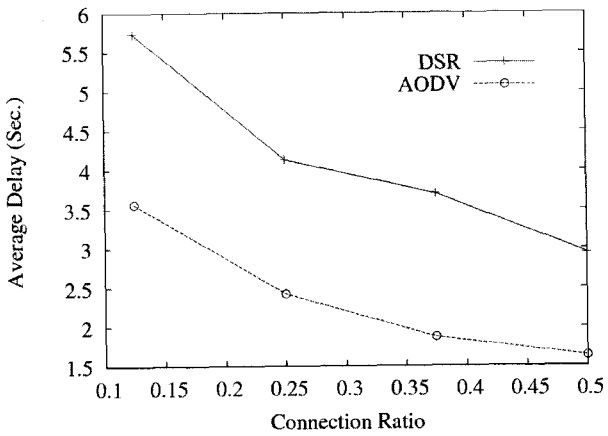

그림 7. 연결비율에 따른 전송지연시간
Fig. 7. Average delay as a function of the connection ratio.

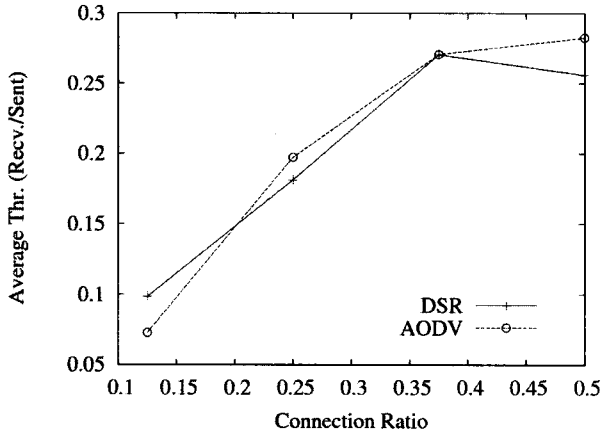

그림 8. 연결비율에 따른 전송률
Fig. 8. Average throughput as a function of the connection ratio.

AODV와 DSR의 전송지연시간은 트래픽이 많아짐에 따라 감소함을 보였다.

또한 연결비율이 증가함에 따라 전송률도 그림 8과 같이 증가함을 보였다. 이는 그룹 내의 연결이 증가함에 따른 결과라고 볼 수 있다.

이상의 연결비율에 따른 성능 분석을 통해 다수 그룹 이동의 경우 AODV가 DSR에 비하여 전송률 및 전송지연시간 측면에서 보다 좋은 성능을 보임을 확인 할 수 있었다.

IV. 결 론

기존의 ad-hoc 네트워크의 라우팅 프로토콜 성능 분석은 네트워크를 구성하는 모든 노드들이 독립적으로 이동하는 모델을 중심으로 수행되었다. 본 논문에서는 단일 그룹 이동 또는 다수 그룹 이동의 환경에서 ad-hoc 네트워크의 테이블기반 방식과 요구 기반 방식 라우팅 프로토콜의 성능분석을 수행하였다. 일반적으로 분석 대상이 되는 테이블 기반 방식 DSDV와 요구기반 방식 DSR 및 AODV를 비교 대상으로 선정하였다.

단일 그룹 이동에서는 pause time, 그리고 그룹 이동 속도를 중심으로 성능을 분석하고, 다수 그룹 이동은 그룹 내부와 그룹간의 통신 연결비율을 중심으로 분석하였다. 단일 그룹 이동은 기본적으로는 기존의 독립 이동 환경에서의 성능 분석 결과와 유사한 성능 특성을 나타내었다. 모의실험에서 제시한바와 같이 전송률 측면에서는 요구 기반 프로토콜인 DSR 과 AODV가 우수한 성능을 보이고, 전송지연시간 측면에서는 테이블 기반 프로토콜 DSDV가 우수한 성능을 보였다. 그러나 노드 독립 이동의 경우 pause time이 증가함에 따라 높은 전송률을 보인 반면, 그룹 이동 환경에서는 변함이 거의 없었다.

다수 그룹 이동환경에서는 연결 비율을 변화시키는 경우 요구 기반 프로토콜은 기존 독립 이동 시에는 전송지연시간이 일정하게 유지되는 반면, 그룹 이동의 경우 전송지연시간이 감소하였다. 또한 연결 비율만을 고려 시 AODV가 DSR보다 다소 우수한 특성을 나타내었다.

본 논문에서는 전파 환경으로 Two-way Ground 모델을 선정하여 모의실험 하였으나, 실제 환경은 페이딩 등이 존재하는 훨씬 복잡한 환경이므로 이를 감안한 연구수행이 되어야 실제 응용시의 오류를 최소화할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 연결비율 이외의 다양한 파라미터를 이용한 성능분석과 함께 다양한 그룹 이동 모델에 따른 성능분석이 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] C. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination Sequenced Distance Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," ACM SIGCOMM Symposium on Communications, Architectures and Protocols, pp. 234-244, September 1994.

[2] C.E Perkins and E.M. Royer, "Ad-Hoc On-Demand Distance Vector Routing," In Proceedings of IEEE WMCSA '99, pp. 90-100, New Orleans, LA, February 1999.

[3] D. Johnson and D. Maltz and J. Broch, "DSR The Dynamic Source Routing Protocol for Multihop Wireless Ad Hoc Networks," Ad Hoc Networking, chap. 5, pp. 139-172, July 2001.

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

[5] T. Camp, J. Boleng, and V. Davies, "A Survey of Mobility Models for Ad-hoc Network Research," Wireless Communication & Mobile Computing(WCMC), Special Issue on Mobile Ad Hoc Networking: Research, Trends and Applications, vol. 2, no. 5, pp 483-502, September 2002.

[6] L. Layuan, L. Chunlin, Y. Peiyan, "Performance evaluation and simulations of routing protocols in ad hoc networks," Computer Communications, vol 30, no. 8, pp. 1890-1898, June 2007.

[7] B. Divecha, A. Abraham, C. Grosan, and S. Sanyal, "Analysis of dynamic Source Routing and Destination-Sequenced Distance Vector Protocols for Different Mobility Models," Proc. of AMS '07, pp. 224-229, March 2007.
[8] C. E. Perkins, E. M. Royer, S. R. Das, and M. K. Marina, "Performance Comparison of Two On-Demand Routing Protocols for Ad Hoc Networks," IEEE Personal Communications, pp. 16-28. February 2001.
[9] P. Johanson, T. Larsson, N. Hedman, B. Mielczarek, M. Degermark, "Scenario based Performance Analysis of Routing Protocols for Mobile Ad-hoc Networks," Int. Conf. on Mobile Computing and Networking, pp. 195-206, August 1999.
[10] X. Hong, M. Gerla, G. Pei, and C.-C. Chiang, "A Group Mobility Model for Ad Hoc Wireless Networks," Proc. 2nd ACM Int. workshop on Modeling and Simulation of Wireless and Mobile System, August 1999.
[11] J. M. Ng and Y. Zhang " Impact of Group Mobility on Ad hoc Networks Routing Protocols," Proc. of ICACT, pp. 1129-1134, February 2006.
[12] Y.-Z. Lee, K. Xu, X. Hong, and M, Gerla, "Hybrid Landmark Routing in Ad Hoc Networks with Heterogeneous Group Mobility," Proc. 2nd Int. Symposium on Wireless Communication System, pp. 125-129, September 2005.
[13] K. H. Wang and G. Li, "Group Mobility and Partition Prediction in Wireless Ad-Hoc Networks," Proc. IEEE ICC, April. 2002.
[14] W.-T. Chen and P.-Y. Chen, "Group Mobility Management in Wireless Ad Hoc Networks," Proc. IEEE Vehicular Tech. Conf. Vol. 4, pp. 2202-2206, October 2003.
[15] 여인호, 김용운, 이종명, 양효식, 한기준 "무선 애드혹 네트워크 라우팅 알고리즘의 그룹 이동성 환경에서의 성능 분석에 관한 연구," 한국통신학회 하계학술발표회 Vol. 37, 282쪽, 2008년 7월
[16] 나희연, 김현아, 백은미, 양효식, 이종명 "그룹 이동성을 가지는 군사 작전 환경에서의 MANET 라우팅 프로토콜 성능 분석에 관한 연구," 신호처리 시스템학회 하계학술대회, 14-17쪽 2008년 6월

저 자 소 개

양 효 식(정회원)
1998년 명지대학교 정보통신공학 (공학사)
2000년 Arizona State Univ., Electrical Eng. (M.S.)
2005년 Arizona State Univ., Electrical Eng. (Ph. D.)
2005년 9월~2006년 8월 경남대학교 전자공학과 전임강사
2006년 9월~현재 세종대학교 컴퓨터공학부 조교수
<주관심분야 : WDM 네트워크, ad hoc 네트워크, 데이터통신>

여 인 호(학생회원)
2009년 명지대학교 통신공학과 학사 졸업 예정.
<주관심분야 : ad hoc 네트워크>

이 종 명(정회원)
1976년 서울대학교 전자공학과 학사
1978년 서울대학교 전자공학과 석사
1987년 미 North Carolina State University 전기및전자공학과(통신 및 신호처리 전공) 공학 박사
1978년 3월~1997년 12월 국방과학연구소 책임연구원
1992년 9월~1994년 8월 충남대학교 정보통신공학과 부교수(겸임)
1997년 12월~1999년 10월 데이콤연구소 부소장
1999년 10월~2005년 10월 하나로텔레콤 부사장(CTO)
2006년 2월~2006년 8월 성원정보통신 회장
2006년 7월~2006년 8월 보라정보통신 사장
2006년 9월~현재 명지대학교 통신공학과 교수 명지IT 중점연구소장
<주관심분야 : 군 전자통신, 융합IT>