

---

# 토폴로지 유형에 따른 MANET 라우팅 프로토콜의 성능 분석

김명관\*·황성호\*\*

Performance Analysis of Routing Protocols  
depending on the Types of Topology in MANET

Myung-Gwan Kim\* · Sung-Ho Hwang\*\*

## 요 약

MANET 라우팅 프로토콜들은 각각의 특정한 상황에서 장·단점을 가지고 있다. 모든 상황에서 가장 적합한 프로토콜은 명확하지 않고, 노드들의 트래픽과 이동 특성에 따라 적합한 라우팅 프로토콜을 선택해야 한다. 본 논문에서의 주된 내용은 대한석탄공사 작업현장에 MANET을 구축할 때 적합한 라우팅 프로토콜을 선정하는 것이다. 이를 위해 노드들의 이동 특성을 반영한 채탄, 보갱과 같은 작업 시나리오를 작성하였고, 채탄과 보갱의 토폴로지를 구성하였으며, 이에 따른 MANET 라우팅 프로토콜들의 성능을 분석하였다. 본 논문의 성능 분석 결과는 대한석탄공사의 다른 광업소는 물론 지하 터널 환경에서 MANET 라우팅 프로토콜을 선택할 때 기준으로 적용될 수 있을 것이다.

## ABSTRACT

MANET(Mobile Ad hoc NETWORK) routing protocols have merits and demerits under the specific situations. Because it is not clear which protocol is the best under all situations, a suitable routing protocol should be selected depending on the traffic and moving characteristics of nodes. The aim of this paper is to select an appropriate routing protocol to be used by the Korea Coal Corporation. So we designed working scenarios such as coal mining and tunnel supporting that reflected mobile characteristics of nodes. We constructed coal mining and tunnel supporting topology, and analyzed the performance of MANET routing protocols. This result can be used as a basis to select a MANET routing protocol in underground tunnel environment and other mine of the Korea Coal Corporation.

## 키워드

MANET, Ad hoc, DSDV, AODV, TORA, DSR

## I. 서 론

인터넷 사용자들은 지금까지 주로 LAN(Local Area Network), xDSL(x Digital Subscriber Line), 케이블 모뎀

등의 유선을 통하여 제한된 공간에서 통신하였다. 그러나 현재의 통신 환경은 인터넷의 확장과 단말기 하드웨어의 발전, 무선통신 기술의 개발이 이루어짐에 따라 공간상의 제한을 벗어나고 있다.

---

\* 대한석탄공사 경영정보과  
\*\* 삼척대학교 정보통신공학과

MANET(Mobile Ad hoc NETWORK)은 기존의 통신 인프라 기반을 이용하지 않고 모든 단말기가 이동하는 환경에서 서로 직접적인 무선 전송 범위에 위치하지 않는 노드간의 원활한 데이터 전송을 위해 다중 홉 무선 링크로 구성된다. 여러 개의 중간 단말기들의 데이터 포워딩/경로 설정(Forwarding/Routing)에 의존하는 새로운 형태의 통신망이다. MANET은 전장의 군 통신망, 긴급구조 상황, 대규모 무선회의, 병원, 전시장, 생산현장 등과 같이 긴박한 상황이나 지속적인 망 연결이 필요 없는 환경에서 적용 가능하다. 기존 통신 인프라에 의존하지 않으며 신속하게 통신망을 구성할 수 있고 단말기 이동에 신속히 적응할 수 있는 장점을 가진 통신망이다[1].

MANET에 관한 연구는 IETF(Internet Engineering Task Force)의 MANET 작업반(Mobile Ad hoc Networks Working Group)에서 주로 라우팅 프로토콜에 관한 표준화 활동이 활발하게 진행되고 있다[2].

지금까지 제안된 라우팅 프로토콜들은 각자의 특정한 상황에서 장·단점을 가지고 있으며 모든 상황에서 가장 적합한 프로토콜은 명확하지 않다. 따라서 네트워크 내의 노드들의 이동 특성과 트래픽의 특성에 따라 적합한 라우팅 프로토콜을 선택해야 한다[3].

대한석탄공사 장성광업소의 지하 작업장에서는 현재 전화망과 유도무선망을 사용하고 있다. 그러나 이런 망은 기존 통신 인프라에 의존하고 있으므로 작업장이 매일 이동하는 작업 여건상 유연성이 떨어지고, 비상상태로 통신 인프라에 이상이 발생하는 경우 통신이 불가능해진다.

본 논문에서는 대한석탄공사 작업현장의 모든 직원들이 무선 단말을 사용하는 MANET을 구축할 때 사용할 라우팅 프로토콜을 선택하기 위해, 현장에서 나타나는 노드들의 이동 특성에 따라 채탄과 보갱 시나리오를 작성하였다. 각각의 시나리오에 따른 노드들의 이동 형태를 채탄, 보갱 토폴로지로 명명하고 각각의 토폴로지에 대하여 DSDV(Destination Sequenced Distance Vector), DSR(Dynamic Source Routing), AODV(Ad hoc On-Demand Distance Vector), TORA(Temporally Ordered Routing Algorithm) 라우팅 프로토콜을 사용한다. 실험으로 얻은 Throughput과 Delay를 분석하여 대한석탄공사의 작업현장에서 우수한 성능을 나타낼 수 있는 라우팅 프로토콜을 제시하고자 한다.

## II. 라우팅 프로토콜

1970년대 초 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency) PRNET 출현 이후 Ad Hoc 네트워크를 위한 많은 라우팅 프로토콜이 연구되었다. Ad Hoc 라우팅 프로토콜은 크게, 기존의 유선환경에서 사용되는 Bellman\_Ford 알고리즘을 사용하는 Table-driven 방식, 모든 단말이 이동하는 Ad Hoc 환경을 고려한 On-demand 방식, 이 두 가지 방식의 장점을 혼합한 Hybrid 방식과 기타 방식으로 분류할 수 있다. 라우팅 알고리즘은 여러 가지 있지만 DSDV, DSR, AODV, TORA가 대표적이다[4].

DSDV는 전형적인 Table-driven 방식으로, 다른 노드들에 대한 주기적인 라우팅 정보를 유지함으로써 전송 필요시 별도의 경로 획득 절차 없이 라우팅 테이블의 정보를 이용 전송함으로써 경로 획득 지연시간이 짧은 장점이 있다. 그러나 열악한 환경의 무선 대역에서 주기적인 라우팅 정보 방송은 사용할 수 있는 무선대역 낭비를 더욱 가중시킨다. 또한 노드들이 빈번하게 위치 이동하는 Ad Hoc 네트워크에서 다른 노드들의 라우팅 테이블 갱신을 위한 오버헤드가 발생하여 성능 저하에 많은 영향을 미치는 단점이 있다.

DSR은 On-demand 방식으로, 소스 라우팅 방식에 기초하고 있으며 라우터 정보는 라우터 캐쉬에 저장된다. DSR 라우팅 프로토콜은 크게 라우터 탐색 단계와 유지 단계로 구분된다. 라우터 탐색단계는 자료를 보내기 위한 라우터를 발견하는 단계로 자료에 라우팅 헤더를 붙여 보내는 방식을 사용한다. 이로 인하여 DSR은 라우팅 홉 수가 커질수록 많은 라우팅 오버헤드를 유발한다. 라우터 유지 단계는 소스 패킷에 붙여서 이동되는 라우팅 정보를 라우터 캐쉬에 저장함으로써 이루어진다.

AODV는 On-demand 방식으로, DSR과 유사하지만 DSR의 문제점을 개선시킨 알고리즘이다. DSR의 라우팅 헤더 때문에 발생하는 문제를 개선하기 위하여 각 단말에 라우팅 테이블을 만들어서 라우팅 정보를 교환하는 방법이다. 이렇게 함으로써 소스 패킷에 라우팅 정보를 보내지 않아도 된다. 라우터를 발견하고 유지하는 방법은 DSR과 유사하다.

TORA는 On-demand 방식으로, 경로설정을 위한 라우팅 패킷의 오버헤드를 최소화하기 위하여 제어 메시

지를 토폴로지 변화가 일어나는 어떤 일정 크기의 작은 노드의 집합 안에서만 교환 한다. TORA는 경로 생성, 유지, 삭제의 세 가지 기능을 수행한다.

### Ⅲ. 작업 시나리오

대한석탄공사 장성광업소는 1937년부터 2003년까지 85,645천 톤의 무연탄을 생산했고, 현재 가채 매장량 35백만 톤을 연간 62만 톤씩 생산하는 경우 향후 56년 동안 가행할 수 있는 석탄광업소이다. 1,650명의 직원이 2교대로 근무하고 있다.

지하 갱도는 그림 1과 같이 해발 600m에서 -375m까지 수직으로 굴착된 제1, 제2 수갱을 중심으로 수직 75m 간격의 수평 주요 운반갱도, 사갱, Cross 갱도로 구성되고, 각 Cross 갱도 끝에 채탄 작업장이 위치한다.

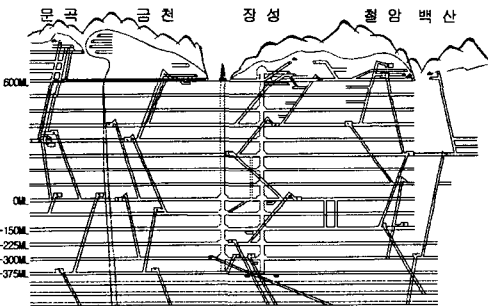


그림 1. 장성광업소 갱내 구조  
Fig. 1 The Structure of Jangseong Mine

갱내 통신망은 전화와 유도무선으로 구분된다. 갱내의 주요지점들에 전화가 설치되어있고, 유도무선은 1997년부터 2001년에 걸쳐 갱의 본관 및 주변지역, 600ML 티핑 부근, -225ML과 -300ML 주요 운반갱도 전 지역에 설치되었으며, 메인 사갱과 중앙 5사갱에 추가 설치 예정이다. 유도무선의 개략은 그림 2와 같다. 유도무선을 구성하는 주요 장비는 고정기, Remote Controller, 양방향 선로중계기, 분배기, 휴대기, 전화 접속기, 누설동축케이블이다.

일상 작업 중에는 전화나 유도무선 휴대기를 통하여 통신이 이루어진다. 그러나 전화는 일정한 지점에 고정 설치되어 있고, 유도무선의 경우는 휴대기 소지자가 제한적이고 통신 범위도 누설동축케이블에서 반

경 10m 정도로 제한된다. 또한 갱내 비상상태로 인한 통신 인프라 훼손 시에는 통신이 불가능해 질 수 있다. 최근 실시한 비상대피훈련에서도 비상연락 체계나 유도무선 작동 상태와 같은 통신과 관련된 문제점들이 지적되었다.

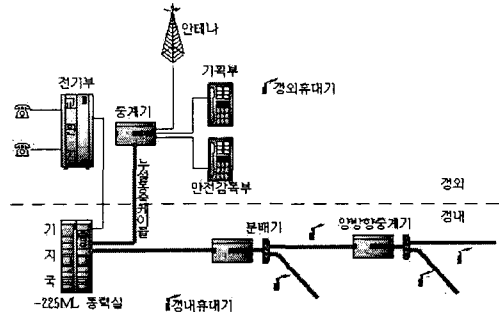


그림 2. 장성광업소 유도무선시스템  
Fig. 2 The Inductive Radio System of Jangseong Mine

본 논문에서는 작업원의 이동 특성을 현장의 실정을 고려하여 채탄과 보갱 시나리오로 작성하였다.

#### 3.1 채탄

채탄은 광업소에서 석탄을 직접 채굴하는 작업이다. 장성광업소에서는 1995년부터 장공 중단 채탄법을 사용한다.

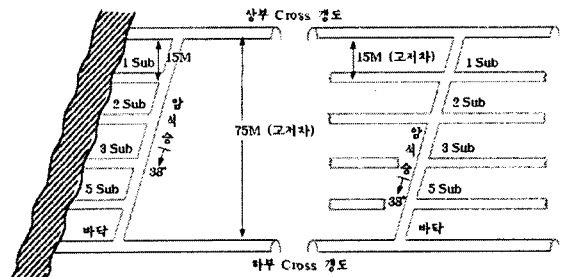


그림 3. 장성광업소 채탄방식  
Fig. 3 The Coal Mining Method of Jangseong Mine

이 채탄법은 그림 3과 같이 하반측 주운반 갱도에서 탄층까지 Cross 갱도를 굴착하고, Cross 갱도에서 상, 하부 편(75M 고도차)을 암석승(38°)으로 관통시키고, 암석승에서 5개의 Block(15M 고도차)을 형성한 후, 탄중에 수평 연층으로 채운하여, 장공천공(15M 천공

장) 발파로 탄을 붕락시켜 회수하는 방법이다.

광업소의 21개 채탄 작업장 중에서 장성 -300ML 3 Cross를 선택하여 이를 기초로 채탄 작업 시나리오를 작성하였다. 선정된 채탄 작업장은 장성 -300ML 3 Cross에 위치하며 그의 평면도는 그림 4와 같다.

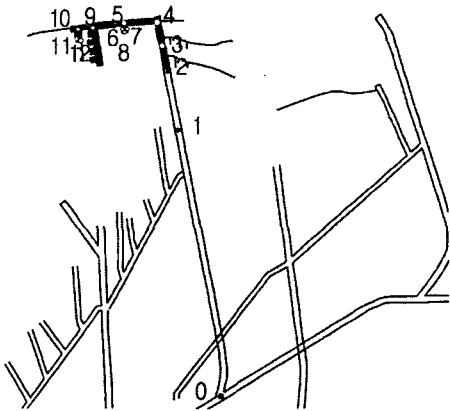


그림 4. 채탄 작업장  
Fig. 4 Coal Mining Workplace

작업이 시작되면 작업원(채탄계장(0) 1, 운반원(1) 1, 채탄원(2 ~ 12) 11, 계 13명)들은 3 Cross 입구에 모여서 작업할 내용에 대하여 논의한다. 1 ~ 12는 0가 지시한 위치로 이동을 시작하여 작업장에 도착하면 작업에 착수한다. 0는 Cross 입구에서부터 작업 배치한 각 작업장을 순회하며 작업장 상황을 살피고 1 ~ 12들과 의견을 교환한다. 0는 순회를 마치고 처음 위치로 돌아온다.

표 1은 채탄 작업원의 도상 위치를 측정한 좌표이다. 표 1에서 각 작업원 간의 거리는 피타고라스 정리의 빗변 길이가 되고, 계산하면 표 2와 같다.

표 1. 채탄 작업원의 위치 좌표  
Table. 1 Position Coordinates of Coal Mining Workers

작업원 번호	작업원 위치		작업원 번호	작업원 위치	
	X 좌표	Y 좌표		X 좌표	Y 좌표
0	4,954.81	3,454.24	7	4,885.02	3,689.26
1	4,915.14	3,647.47	8	4,884.48	3,687.36
2	4,911.62	3,664.02	9	4,863.85	3,691.16
3	4,908.63	3,679.76	10	4,853.54	3,689.53
4	4,905.37	3,694.42	11	4,854.08	3,683.84
5	4,883.66	3,693.06	12	4,855.98	3,681.66
6	4,883.66	3,688.72			

표 2. 채탄 작업원들 간의 거리  
Table. 2 Distances Between Coal Mining Workers

구간	거리(m)	구간	거리(m)
0 ~ 1	197.26	5 ~ 7	1.46
1 ~ 2	16.92	5 ~ 8	1.98
2 ~ 3	16.02	5 ~ 9	20.98
3 ~ 4	15.02	9 ~ 10	10.44
4 ~ 5	21.75	10 ~ 11	5.72
5 ~ 6	4.34	10 ~ 12	2.89

### 3.2 보강

보강 작업은 이미 굴착된 갱도를 유지하기 위해 필요한 장소를 보강하는 작업이다. 광업소의 5개 보강 작업장 중에서 장성생산부 보강 작업장을 선정하여 이를 기준으로 보강 작업 시나리오를 작성하였다.

작업장의 위치는 장성 -225ML 1 Cross, -300ML 0, 7, 8 Cross에 걸쳐 산재되어있고 그 평면도는 그림 5와 같다.

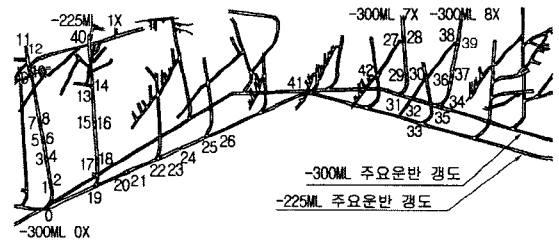


그림 5. 보강 작업장  
Fig. 5 Tunnel Supporting Workplace

작업이 시작되면 -300ML 0 Cross 입구에 작업원(보강계장(0) 1명, 보강원(1 ~ 39) 39명, 계 40명)들이 모여서 작업할 내용에 대하여 의견을 교환한다.

1 ~ 39들은 0로부터 지시받은 작업장 위치로 이동하여 작업한다. 0는 -300ML 0 Cross 입구에서부터 1, 10, 40, 13, 19, 41, 42, 27, 31, 34를 거쳐 39의 위치까지 작업 배치한 각 작업장을 순회하며 작업장 상황을 살피고 작업원들과 의견을 교환한다. 0는 순회를 마치고 처음 위치인 -300ML 0 Cross 입구로 돌아온다. 그림 5에서 10~13구간은 고도차가 122m가 있다.

표 3은 보강 작업원들의 도상 위치를 측정한 좌표이다. 표 3에서 각 작업원 간의 거리를 계산하면 표 4와 같다. 표 4에서 10~13구간은 고도차에 따른 거리 122m가 추가된다.

보갱 작업은 채탄 작업보다 작업 인원이 많고 작업장이 서로 멀리 떨어져 있다.

표 3. 보갱 작업원의 도상 위치 좌표

Table. 3 Position Coordinates of Tunnel Supporting Workers

작업원 번호	작업원 위치		작업원 번호	작업원 위치	
	X 좌표	Y 좌표		X 좌표	Y 좌표
0	4,613.68	3,251.35	20	4,802.49	3,332.41
1	4,618.50	3,286.57	21	4,804.26	3,330.32
2	4,620.75	3,287.86	22	4,864.41	3,360.07
3	4,604.67	3,360.23	23	4,868.27	3,360.23
4	4,607.41	3,362.48	24	4,920.05	3,384.84
5	4,594.38	3,415.24	25	4,983.26	3,412.34
6	4,597.27	3,417.33	26	4,986.79	3,412.50
7	4,587.62	3,453.35	27	5,461.71	3,641.51
8	4,590.68	3,453.67	28	5,463.96	3,643.12
9	4,565.43	3,571.08	29	5,468.46	3,536.82
10	4,568.33	3,572.84	30	5,469.75	3,535.37
11	4,559.80	3,604.54	31	5,452.06	3,513.34
12	4,562.54	3,606.14	32	5,485.19	3,504.49
13	4,716.13	3,526.69	33	5,486.15	3,501.76
14	4,717.73	3,531.19	34	5,540.03	3,488.57
15	4,720.63	3,441.29	35	5,542.44	3,486.32
16	4,723.85	3,439.84	36	5,563.35	3,503.52
17	4,728.67	3,331.28	37	5,565.44	3,503.52
18	4,731.40	3,328.87	38	5,591.82	3,637.17
19	4,722.40	3,294.78	39	5,594.55	3,638.30

표 4. 보갱 작업원들 간의 거리

Table. 4 Distances Between Tunnel Supporting Workers

구간	거리(m)	구간	거리(m)
0 ~ 1	35.55	21 ~ 23	70.65
1 ~ 3	74.95	23 ~ 24	57.33
3 ~ 5	55.96	24 ~ 26	72.24
5 ~ 7	38.70	26 ~ 27	580.91
7 ~ 10	121.04	27 ~ 29	104.91
10 ~ 11	32.83	29 ~ 31	28.64
10 ~ 13	376.49	31 ~ 33	36.00
13 ~ 15	85.52	33 ~ 35	58.37
15 ~ 17	110.30	35 ~ 37	28.72
17 ~ 19	37.03	37 ~ 39	137.89
19 ~ 21	89.24		

#### IV. 실험 및 고찰

실험에 사용한 시뮬레이션 도구는 버클리 대학에서 개발한 분산 객체 네트워크 시뮬레이터인 NS(Network Simulator) allinone-2.27이다[5][6].

본 논문에서는 채탄, 보갱 토폴로지에서 송신 노드와

수신 노드 간의 통신을 위해 MANET의 대표적인 라우팅 프로토콜인 DSDV, DSR, AODV, TORA를 사용하였다.

대표적인 실시간 트래픽인 CBR 트래픽을 사용하였고, 에이전트로는 UDP를 사용하였다. MAC 계층의 인터페이스로는 IEEE에서 규정한 802.11을 사용하였다. 전파의 전달 형태는 직접파와 반사파를 같이 사용하는 Two Ray Ground 방식을 사용하였다. 이동 노드가 사용하는 안테나는 일반적인 무선 랜 카드에 장착되어 있는 Omni 안테나를 사용하였으며, 이동 노드의 무선 주파수의 최대 전달 범위는 250m, 125m로 설정하였다. 노드의 이동 속도는 이동 수단에 따라 도보인 경우는 1.33 m/초, 축전차 인차 탑승 시는 5.56 m/초를 적용하였다. 시나리오에 따른 무선 노드의 이동에 관한 토폴로지는 다음과 같다.

#### 4.1 채탄 토폴로지

그림 6은 채탄 작업장은 지하의 갱도 내에 위치하는 각 지점들이고 제한된 규격의 공간을 갖는 갱도만을 따라 노드들이 도보로만 이동할 수 있다는 제약이 있다. 이런 점을 반영하여 채탄의 형태를 간략화 하였다.

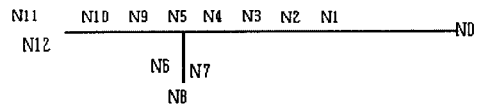


그림 6. 채탄 토폴로지  
Fig. 6 Coal Mining Topology

표 5. 채탄 노드들의 위치 좌표

Table. 5 Position Coordinates of Coal Mining Nodes

Node 번호	Node 위치		Node 번호	Node 위치	
	X 좌표	Y 좌표		X 좌표	Y 좌표
N0	350.00	100.00	N7	83.16	98.57
N1	152.74	100.00	N8	83.03	98.02
N2	135.82	100.00	N9	62.05	100.00
N3	119.80	100.00	N10	51.61	100.00
N4	104.78	100.00	N11	45.91	100.50
N5	83.03	100.00	N12	48.73	99.75
N6	82.65	98.55			

N0의 위치를 임의로 X=350, Y=100에 정하고 표 2의 각 노드간의 거리에 따라 노드들을 재배치하면 각 노드의 위치는 그림 6과 같이 될 수 있고 그들의 좌표는 표 5와 같이 된다.

그림 6의 N0지점을 기준으로 전체 노드들이 모여 있는 상태에서 0초에 시뮬레이션이 시작된다. 10초부터 N0에서 N12로, N12에서 N0로 통신을 시작한다. N1 ~ N12는 300초부터 555.96초 동안에 각자의 위치로 이동한다. N0는 590초부터 이동하여 각 노드를 순회하고 1,319.2초에 처음 위치로 돌아온다. 1,500초에 시뮬레이션을 종료한다.

4.2 보갱 토폴로지

그림 5의 보갱 작업장의 형태를 간략화하고 수신 범위를 벗어나는 구간(N10 ~ N13, N26 ~ N27)에는 약 200m 간격의 거치형 노드(N40, N41, N42)를 추가하면 노드들의 위치는 그림 7과 같이 되고, 이들의 좌표는 표 6과 같이 된다.

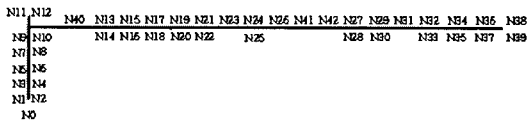


그림 7. 보갱 토폴로지  
Fig. 7 Tunnel Supporting Topology

표 6. 보갱 노드들의 위치 좌표

Table. 6 Position Coordinates of Tunnel Supporting Nodes

Node 번호	Node 위치		Node 번호	Node 위치	
	X 좌표	Y 좌표		X 좌표	Y 좌표
N0	100.00	100.00	N22	802.58	425.00
N1	100.00	135.55	N23	871.23	426.20
N2	98.00	136.50	N24	928.56	426.20
N3	100.00	210.50	N25	930.56	425.00
N4	98.00	211.00	N26	1,000.80	426.20
N5	100.00	266.46	N27	1,581.71	426.20
N6	98.00	267.00	N28	1,583.71	425.00
N7	100.00	305.16	N29	1,686.62	426.20
N8	98.00	306.00	N30	1,688.62	425.00
N9	98.00	425.20	N31	1,715.26	426.20
N10	100.00	426.20	N32	1,749.26	425.00
N11	100.00	459.03	N33	1,751.26	426.20
N12	98.00	460.00	N34	1,807.63	425.00
N13	476.49	426.20	N35	1,809.63	426.20
N14	476.49	425.00	N36	1,836.35	425.00
N15	562.01	426.20	N37	1,838.35	426.20
N16	564.01	425.00	N38	1,974.24	425.00
N17	674.31	426.20	N39	1,976.24	426.20
N18	672.31	425.00	N40	300.00	426.20
N19	711.34	426.20	N41	1,200.00	426.20
N20	713.34	425.00	N42	1,400.00	426.20
N21	800.58	426.20			

0초에 시뮬레이션이 시작되면 N0을 기준으로 모여서 10초부터 N0에서 N39로, N39에서 N0로 통신을 시작한다. 300초부터 시작하여 1,975초까지 N1 ~ N39는 각자의 위치로 이동을 완료한다. N13, N27과 N28은 이동 중에 N40, N41, N42를 거치한다. 2,010초에 N0는 이동을 시작하여 각 노드들을 거쳐 4,340초에 N39의 위치까지 이동한다. 4,400초에 시뮬레이션을 종료한다.

4.3 실험 결과

수신 노드는 N0로 하고, 송신 노드는 수신 노드에서 가장 먼 거리에 있는 노드(채탄 N12, 보갱 N39)로 하였다. 수신 데이터량은 송신 노드에서 송신한 데이터 중에서 수신 노드에서 수신한 데이터량의 합이다. Throughput은 수신 데이터양을 송신 시간으로 나눈 것으로 1초당 Throughput이다. Delay는 수신된 패킷의 수신 시간과 송신 시간과의 차이이다.

4.3.1 채탄

전과 수신 범위를 250m로 제한했을 때의 라우팅 프로토콜별 Throughput과 Delay는 그림 8과 그림 9와 같다.

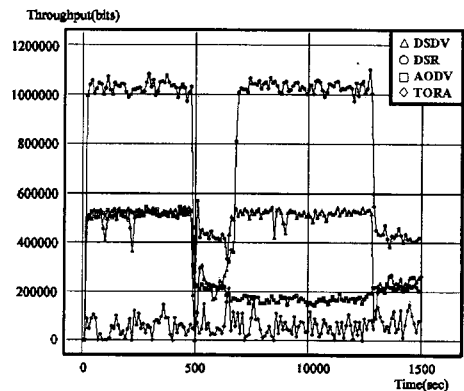


그림 8. 채탄 토폴로지 Throughput 비교(250m)  
Fig. 8 Comparison of Throughput in Coal Mining Topology(250m)

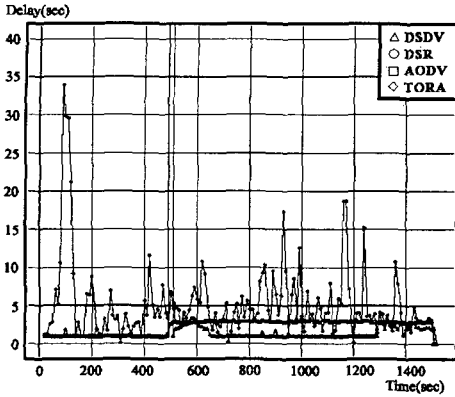


그림 9. 채탄 토폴로지의 Delay(250m)  
Fig. 9 Comparison of Delay in Coal Mining Topology(250m)

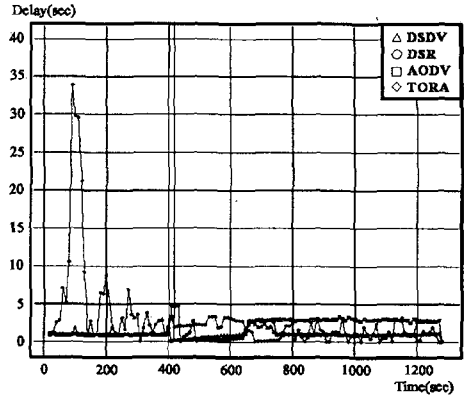


그림 11. 채탄 토폴로지의 Delay(125m)  
Fig. 11 Comparison of Delay in Coal Mining Topology(125m)

Throughput은 표 7과 같이 DSR이 DSDV, AODV, TORA에 비하여 1.96배, 2.96배, 14.13배의 좋은 성능을 보였다. Delay는 DSDV가 좋은 성능을 보였다.

표 7. 채탄 토폴로지의 평균 Throughput과 Delay(250m)  
Table. 7 Average Throughput and Delay in Coal Mining Topology(250m)

구분	Throughput(bps)	Delay(sec)
DSDV	43,908	1.189
DSR	86,010	1.258
AODV	29,090	1.810
TORA	6,087	3.732

전파 수신 범위를 125m로 제한한 경우의 라우팅 프로토콜별 Throughput과 Delay는 그림 10, 그림 11과 같다. 노드간의 거리가 125m이상인 경우, 그림 10에서와 같이 통신 불통되는 구간이 발생하기도 했다.

Throughput은 표 8과 같이 DSR이 DSDV, AODV, TORA에 배하여 2.03배, 3.00배, 9.55배의 좋은 성능을 보였다. Delay는 DSDV가 좋은 성능을 보였다.

표 8. 채탄 토폴로지의 평균 Throughput과 Delay(125m)  
Table. 8 Average Throughput and Delay in Coal Mining Topology(125m)

구분	Throughput(bps)	Delay(sec)
DSDV	30,662	1.065
DSR	62,364	1.147
AODV	20,764	1.682
TORA	6,531	1.666

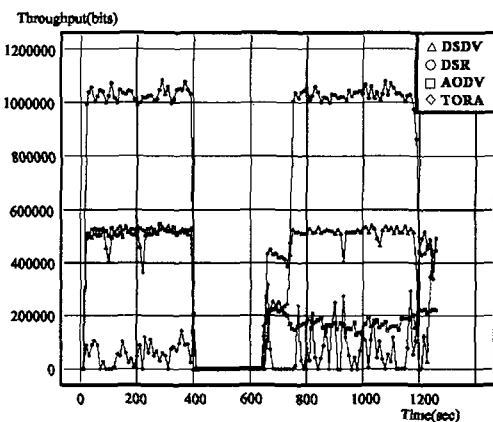


그림 10. 채탄 토폴로지의 Throughput 비교(125m)  
Fig. 10 Comparison of Throughput in Coal Mining Topology(125m)

### 4.3.2 보강

전파 수신 범위를 250m로 제한했을 때 각 라우팅 프로토콜별 Throughput과 Delay는 그림 12, 그림 13과 같다.

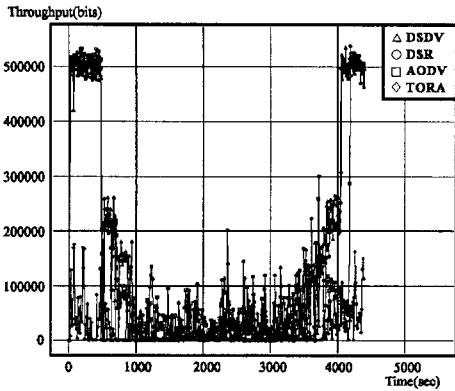


그림 12 보갱 토폴로지의 Throughput(250m)  
Fig. 12 Comparison of Throughput in Tunnel Supporting Topology(250m)

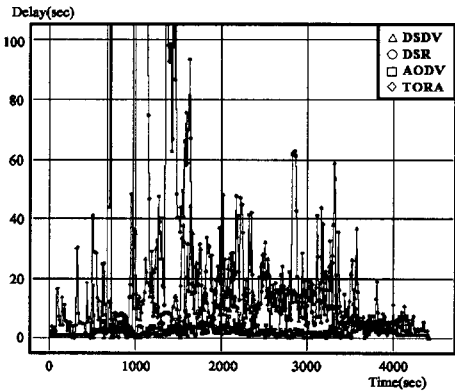


그림 13 보갱 토폴로지의 Delay(250m)  
Fig. 13 Comparison of Delay in Tunnel Supporting Topology(250m)

Throughput은 표 9와 같이 DSR이 DSDV, AODV, TORA에 비하여 1.03배, 1.08배, 10.62배의 좋은 성능을 보였다. Delay는 DSDV가 좋은 성능을 보였다.

표 9. 보갱토폴로지 평균 Throughput과 Delay (250m)  
Table. 9 Average Throughput and Delay in Tunnel Supporting Topology(250m)

구분	Throughput(bps)	Delay(sec)
DSDV	13,368	2.170
DSR	13,833	2.888
AODV	12,780	3.017
TORA	1,303	4.674

전과 수신 범위를 125m로 제한하면 라우팅 프로토콜별 Throughput과 Delay는 그림 14, 그림 15와 같다.

노드간의 거리가 125m이상인 경우, 그림 14에서와 같이 통신 불통되는 구간이 발생한다.

Throughput은 표 10과 같이 DSDV가 DSR, AODV, TORA에 비하여 1.07배, 1.18배, 17.46배의 좋은 성능을 보였다. Delay는 DSR이 약간 좋은 성능을 보였다.

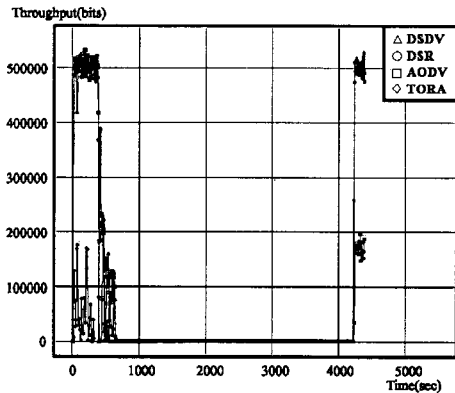


그림 14 보갱 토폴로지의 Throughput(125m)  
Fig. 14 Comparison of Throughput in Tunnel Supporting Topology(125m)

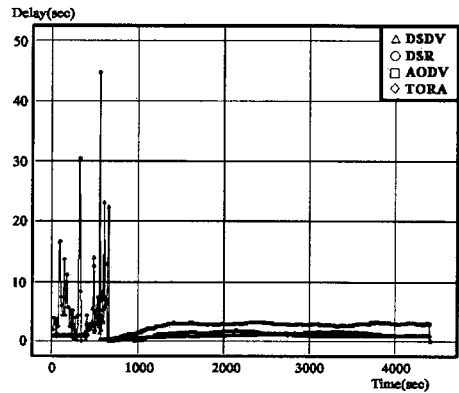


그림 15. 보갱 토폴로지의 Delay(125m)  
Fig. 15 Comparison of Delay in Tunnel Supporting Topology(125m)

표 10. 보갱 토폴로지 평균 Throughput과 Delay (125m)  
Table. 10 Average Throughput and Delay in Tunnel Supporting Topology(125m)

구분	Throughput(bps)	Delay(sec)
DSDV	6,983	1.175
DSR	6,518	1.056
AODV	5,931	1.637
TORA	400	4.289



V. 결 론

지금까지 제안된 MANET 라우팅 프로토콜들은 각자의 특정한 상황에서 장·단점을 가지고 있으며 모든 상황에서 가장 적합한 프로토콜은 명확하지 않다. 따라서 네트워크내의 노드들의 이동 특성과 트래픽의 특성에 따라 적합한 라우팅 프로토콜을 선택해야 한다.

본 논문에서는 대한석탄공사 작업현장에 MANET을 구축할 때 적합한 라우팅 프로토콜을 제시하기 위하여, 채탄과 보갱 토폴로지에서 라우팅 프로토콜의 성능을 분석하였다.

소규모 토폴로지인 채탄 토폴로지에서는, On-demand 방식인 DSR이 가장 높은 Throughput을 보여주고, Delay는 Table-driven 방식인 DSDV가 좋은 성능을 보였다.

상대적으로 작업원들간의 거리가 긴 보갱 토폴로지에서는 두 가지 형태가 나타난다. 전파 수신 거리가 비교적 긴 250m인 경우에는, 채탄과 마찬가지로 On-demand 방식인 DSR이 Throughput에서 가장 높고, Delay도 Table-driven 방식인 DSDV가 가장 좋은 성능을 보였다. 그러나 전파수신거리가 짧은 125m인 경우에는, 오히려 DSDV가 Throughput에서 가장 좋은 성능을 보여주었고, Delay에서는 DSR이 가장 좋은 성능을 보였다. 이러한 현상은 전파 수신 거리가 짧은 125m인 경우, 경로의 단절이 많이 발생하여 나타나는 것으로 사료된다.

이러한 결과로부터, 가장 Throughput을 보여주고, Delay 측면에서는 DSDV와 비슷한 성능을 나타내는 DSR이 대한석탄공사의 MANET 라우팅 프로토콜로 적합하다고 판단된다. 또한, 현재 워킹그룹 드래프트로 제안된 여러 라우팅 프로토콜 중에 DSR 방식이 IESG에 experimental RFC로 채택되었다[7].

본 논문의 성능분석 결과는 대한석탄공사의 다른 광업소는 물론 지하 터널 환경에서 사용할 MANET 라우팅 프로토콜을 선택할 때 적용될 수 있을 것이다.

참고문헌

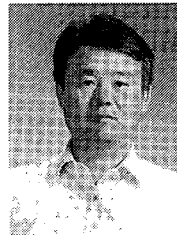
[1] 김종천, 김영용, "Ad Hoc 통신망 프로토콜 개발 동향," Telecommunications Review, 제12권 3호, pp.

298-310, 5. 2002.

[2] 안상현, "IETF MANET 워킹그룹 표준화 동향," <http://www.itfind.or.kr>.  
 [3] 장준영, 이길섭, 이승중, "위상 변화에 따른 MANET 라우팅 알고리즘의 성능 분석," 한국통신공학회 하계종합학술 발표회, vol 29, pp. 75-78, 7. 2004.  
 [4] Charles E. Perkins, "AD HOC NETWORKING," Addison wesley, 2001.  
 [5] K. Fall, K. Varadhan, "The Ns Manual (formerly ns Notes and Documentation)," The VINT Project, UC Berkely, LBL, USC/ISI and XEROX PARC, Dec. 2003. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>  
 [6] CMU Monarch Group, "CMU Monarch extensions to NS-2 Simulator," <http://monarch.cs.cmu.edu/cmu-ns.html>, 2003.  
 [7] IETF MANET WG. <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>

저자약력

김명관(Myung-Gwan Kim)



1993년 한국방송통신대학교 전자계산학과(공학사)  
 2005년 삼척대학교 정보통신공학과 대학원(공학석사)  
 1984년~현재 대한석탄공사 경영정보과장

※관심분야 : IP, MANET, 네트워킹

황성호(Sung-Ho Hwang)



1991년 성균관대학교 전자공학과(공학사)  
 1993년 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 1996년 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1997년~현재 삼척대학교 정보통신공학과 부교수  
 ※관심분야 : IP, ATM, 트래픽 이론, IP 설계