

크로스레이어 디자인을 이용한 효율적인 AODV 알고리즘에 관한 연구

정회원 남 호 석*, 준회원 이 태 훈*, 도 재 환*, 종신회원 김 준 년*

A Study on the efficient AODV Routing Algorithm using Cross-Layer Design

Ho-Seok Nam* *Regular Member*, Tae-Hoon Lee*, Jae-Hwan Do* *Associate Members*,
Jun-Nyun Kim* *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 MANET에서 효율적인 AODV 알고리즘을 제안한다. MANET에서는 전송 채널이 에러와 손실이 높기 때문에 홉 수를 절대적인 네트워크의 메트릭으로 볼 수 없다는 점이다. 제안된 기법은 크로스레이어 디자인을 이용하여 데이터 링크 계층에서 FER을 주기적으로 측정한 후, 각 노드는 링크 상태의 가중치를 AODV 프로토콜의 예약된 필드로 전송하는 방법을 사용하였다. 효과적인 경로 설정을 위해서 가중치의 합을 비교해서 채널 상태가 양호한 링크를 경로 설정에 사용하도록 설계하였다. 제안된 AODV는 기존 AODV 방식에 비하여 throughput, 라우팅 오버헤드 및 평균 전송 지연시간을 향상 시킨다.

Key Words : MANET, AODV, Routing, Cross-layer

ABSTRACT

In this paper, the efficient AODV routing algorithm in MANET is proposed. Because transmission channel has a high error rate and loss in MANET, the number of hops can't be regarded as an absolute network metric. After measuring FER periodically at the data link layer using cross-layer design, the scheme that every node forwards the weight of link status in the reserved field of AODV protocol is used. In order to find the efficient route, we design AODV to be able to select an optimal route that has a good channel status by evaluating the sum of weight. The proposed AODV improves throughput, routing overhead and average end-to-end delay in comparison with the generic AODV.

1. 서 론

최근 유비쿼터스 환경이 활성화됨에 따라 센서 노드들 상호간에 자율적으로 정보를 교환할 수 있는 MANET(Mobile Ad-hoc Network)이 부상하고 있다. MANET을 구성하는 각 노드의 단말은 자체적으로 통신의 주체이면서 다른 노드들을 위한 라우팅 역

할을 동시에 수행해야 한다. MANET에서 노드는 독자적인 라우팅, 링크의 낮은 대역폭 및 높은 에러 발생률 등으로 기존 유선망과 큰 차이가 있다. 전송 채널이 무선인 MANET에서는 유선과 다르게 많은 변수가 존재한다. 노드들은 제한된 라디오 커버리지를 가지고 있으면 높은 BER(Bit Error Rate)과 노드의 이동에 따른 링크의 단절과 경로의 변화, 네트

* 중앙대학교 전자전기공학부 컴퓨터통신 연구실 (namoski@wm.cau.ac.kr), (walkure@wm.cau.ac.kr), (dojh@wm.cau.ac.kr), (jnk@cau.ac.kr)
논문번호 : KICS2008-07-304, 접수일자 : 2008년 7월 7일, 최종논문접수일자 : 2008년 10월 7일

워크 파티션 등의 특징을 나타내게 된다. 유선망에 사용되는 계층 구조는 구성이 간단하고 표준화하기 쉬운 장점을 가지고 있지만, 무선 환경에서 사용하기에는 적합하지 않다. 이러한 계층 구조의 단점을 극복하기 위해서 도입된 개념이 크로스레이어이다. 크로스레이어는 계층 간 정보 교환을 통해 변화하는 네트워크 상황에 적절하게 대처 할 수 있게 된다. 크로스레이어 기법을 이용한 TCP 성능향상과 QoS에 대한 많은 연구가 수행되었지만, 라우팅 프로토콜에 적용한 연구는 미진한 상황이다. 본 논문에서는 데이터 링크 계층에서 FER(Frame Error Rate)를 주기적으로 측정하고, 측정된 값을 가중치로 표현하여 AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector) 프로토콜의 예약된 필드로 전송하는 방식을 제안한다. 제안된 방식은 홉수를 절대적인 메트릭으로 사용하는 기존 AODV 방식과 비교해서 throughput, 라우팅 오버헤드 및 평균 전송 지연시간에서 우수한 특성을 보인다.

본 논문은 II장에서 AODV 프로토콜에 대하여 설명하고, FER을 이용한 AODV 라우팅 프로토콜을 III장에서 제안한다. IV장에서 제안된 방식의 성능을 시뮬레이션을 통하여 분석하고 V장에서 결론을 맺는다.

II. AODV 프로토콜

MANET에서 효율적인 라우팅 알고리즘을 설계하기 위해서 사용한 라우팅 프로토콜은 AODV이다. AODV 프로토콜은 요구기반 방식의 리액티브 프로토콜이며 라우팅 테이블을 사용한다^[1]. AODV는 발신지와 목적지 사이에 하나의 경로를 유지하며 일정 시간이 경과하면 엔트리에서 삭제된다. AODV는 경로 탐색을 위해서 RREQ와 RREP라는 메시지를 사용하며 순서번호를 이용해서 경로의 최신성을 유지한다.

2.1 RREQ 메시지

AODV에서 경로탐색은 RREQ 메시지 전송을 통해서 이뤄진다. 발신지 노드가 목적지 노드에 메시지 전송을 필요로 할 때 발신지 노드는 라우팅 테이블을 검색한 후, 경로가 존재하지 않을 때 RREQ 메시지를 발생한다. RREQ 메시지는 발신지와 목적지의 IP 주소, 발신지와 목적지의 순서번호 및 브로드캐스트 ID를 포함한다^[2]. 여기서 브로드캐스트 ID와 IP 주소는 RREQ 메시지를 구별하는 식별자로 사용한다. RREQ 메시지 형식은 그림 1과 같다.

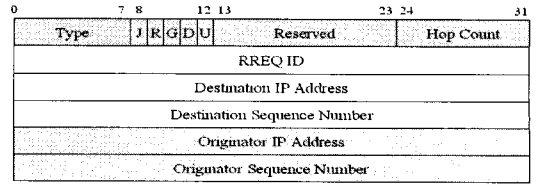


그림 1. RREQ 메시지

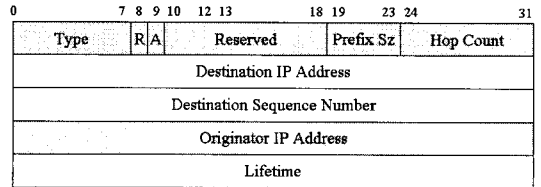


그림 2. RREP 메시지

2.2 RREP 메시지

RREQ 메시지가 목적지 주소를 알고 있는 임의의 노드 또는 최종적으로 목적지 노드에 도착했을 때 노드는 RREP 메시지로 응답한다. 여기서 응답 노드는 폐기되지 않은 목적지에 대한 엔트리를 가지고 있어야 하며, 목적지에 대한 순서번호가 RREQ 메시지에 있는 순서번호와 비교해서 작아서는 안 된다. 이는 발신지와 목적지 사이에 루프가 형성하는 것을 방지하기 위함이다. RREP 메시지는 발신지와 목적지의 IP 주소, 목적지 순서번호, 홉카운트 및 수명 시간을 포함하며 메시지 형식은 그림 2와 같다.

III. 제안된 AODV 라우팅 프로토콜

효율적인 라우팅 알고리즘 설계를 위해서 본 논문에서는 크로스레이어 디자인을 이용하였다. 기존의 계층 구조는 구성이 간단하며 표준화하기 쉽고, 업그레이드하기 쉬운 장점을 가지고 있지만 MANET과 같은 무선을 전송채널로 사용하는 네트워크에서는 많은 제약이 있다. 이런 계층 구조의 단점을 극복하기 위해 도입된 개념이 크로스레이어이다^{[3][7]}.

3.1 크로스레이어 디자인

크로스레이어는 각 계층 간의 상호 정보 교환을 통해 하위 또는 상위 계층의 정보를 공유할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 각 계층의 정보를 관리하는 크로스레이어 어시스턴트를 설계하였다^{[8][9]}. 크로스레이어 어시스턴트는 각 노드에 독립적인 컴포넌트로 존재하도록 설계하였다. 크로스레이어 어시스턴트는 물리계층에서 향후 확장을 위해 노드의 대역폭과 에너지에 대한 정보를 파라미터로 읽어온다. 데

Physical	Data Link	Network	Transport	Application	
Bandwidth	Frame Error Rate, FEC	Network change	Throughput, RTT, Packet loss		Application
Bit Error Rate, Bandwidth	Frame Error Rate, FEC, ARQ	Network change		OoS	Transport
Bit Error Rate, Bandwidth	Link State, Frame Error Rate			OoS	Network
BER, SNR, Tx Power, Bandwidth			Protocol (TCP, UDP)	OoS	Data Link
	Frame Error Rate			OoS	Physical

그림 3. 크로스레이어 디자인

이더 링크 계층에서는 IEEE 802.11 MAC의 CTS와 ACK를 기준으로 주기적으로 FER을 측정하도록 설계하였다. 네트워크 계층에서 AODV 라우팅 테이블을 참조하여 각 목적지 경로에 대한 경로의 존재 여부를 판단 할 수 있도록 설계하였다.

그림 3과 같이 물리계층의 대역폭 정보와 링크 계층의 FER은 라우팅 프로토콜 설계에서 언급할 네트워크 용량이 크고 손실이 적은 최적 경로를 설정하는데 있어서 중요한 파라미터로 사용할 수 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 MAC의 전송과정을 이용하여 FER을 측정하였다. IEEE 802.11 MAC에서 발신지는 RTS 메시지를 통해 전송을 하겠다는 뜻을 목적지에 알리고, 목적지는 CTS 메시지를 통해 전송을 허락하게 된다. CTS 메시지를 수신한 발신지는 데이터를 전송하고 목적지가 올바른 데이터를 수신하게 되면 ACK 메시지를 발신지에 전송한다. 이와 같은 과정에서 사용되는 CTS 메시지의 수에 따라 전송한 데이터에 대한 ACK 메시지의 수를 이용해 주기적으로 FER을 다음과 같이 측정하였다.

$$FER = 1 - \frac{\#ACKs}{\#CTSs}$$

크로스레이어 어시스턴트에는 그림 4와 같이 링크의 가중치를 나타내는 전역변수 weight가 있으며, 각 노드는 측정된 FER을 기준으로 각 노드는 데이터 링크의 상태를 가중치 표현을 다음과 같은 알고리즘을 수행한다.

위 알고리즘에서와 같이 현재 채널의 FER이 FER_{TH} 보다 높으면 채널 상태가 좋지 않은 경우이므로 가중치를 증가시키고 FER_{TH} 보다 작으면 채널 상태가 양호한 경우 이므로 가중치를 감소시킨다. 각 계층은 기존 OSI 모델에 따른 계층 간의 인터페이스를 수행하

```

if (FER > FERTH)
    weight++;
else
    weight--;
    
```

그림 4. 데이터 링크의 가중치 표현

며 크로스레이어 어시스턴트는 각 계층에서 필요한 정보를 실시간으로 읽어온다. 이는 크로스레이어 어시스턴트 설계가 기존 OSI 계층구조의 모듈성을 파괴하지 않고 기존 계층구조를 갖는 노드와 시스템 간의 호환성을 보장하기 위함이다.

3.2 라우팅 프로토콜 디자인

크로스레이어 어시스턴트를 이용한 MANET에서 적합한 라우팅을 위해서 AODV 라우팅 프로토콜의 경로 설정 알고리즘을 수정하였다¹⁰⁾. 무선 전송채널은 에러와 손실이 높기 때문에 홉 수를 절대적인 네트워크의 메트릭으로 생각할 수 없다. 따라서 그림 5와 같이 각 노드는 현재의 링크 상태를 주기적으로 크로스레이어 어시스턴트에 전달한다. 크로스레이어 어시스턴트는 데이터 링크 계층으로부터 받은 정보를 이용해서 노드의 링크 상태를 가중치로 표현한다. 자신의 링크 상태를 RREQ 메시지의 예약된 필드에 전송한다. 노드 B에 RREQ 메시지가 도달했을 때, 기존 알고리즘은 순서번호와 최소 홉을 이용해서 발신지 노드 S와 역방향 경로 설정에 사용하고 노드 A로부터 수신한 RREQ 메시지는 폐기한다. 제안하는 알고리즘은 그림에서와 같이 노드 B는 노드 A로부터 수신된 RREQ 메시지를 폐기하지는 않고 다음과 같은 알고리즘을 수행한다. 발신지 노드와 노드 B사이의 가중치가 W_1 이고 노드 A를 경유한 노드 B까지의 가중치는 $W_2 + W_3$ 라고 가정할 경우, 노드 B는 가중치를 비교해서 $W_1 > W_2 + W_3$ 이면 노드를 A를 경유한 경로가 채널 상태가 양호하므로 역방향 경로설정을 한다. 노드 B는 라우팅 테이블에 링크의 가중치를 저장하고 RREQ 메시지를 브로드캐스팅한다. 결과적으로 S-A-B-C-D를 경유하는 4홉의 경로가 설정된다. 순방향 경로 설정도 RREP 메시지를 이용해서 동일한 알고리즘으로 경로가 설정되도록 설계하였다.

제안하는 알고리즘은 그림 6의 의사 코드와 같이 링크간의 가중치의 합을 비교해서 최소 메트릭을 갖는 링크를 역방향 경로 설정에 사용한다. 홉 간의 링크 상태를 나타내는 메트릭인 가중치를 전달하기 위해서 앞에서 언급한 RREQ와 RREP의 예약

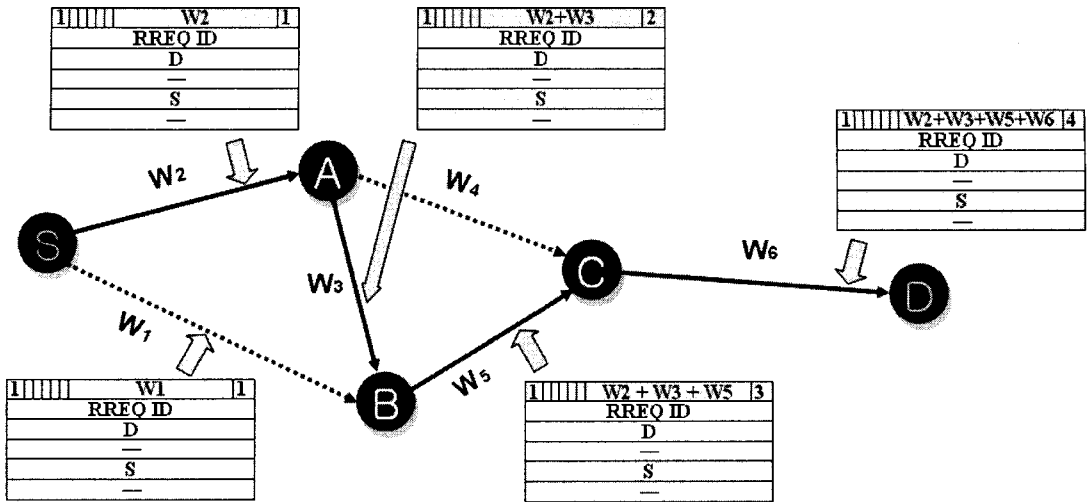


그림 5. 라우팅 프로토콜 디자인

```

if ((RREQ(source_sequence#) > Routing Table(source_sequence#)) ||
    ((RREQ(source_sequence#) == Routing Table(source_sequence#)) &&
    (RREQ(reserved) < Routing Table(link_weight)) )
    Update_Routing_Table();
Forward_RREQ();
    
```

그림 6. RREQ 메시지를 수신한 경우 설계된 알고리즘

된 필드에 현재 노드의 가중치 값을 전달하도록 설계하였다. RREQ를 받은 노드는 순서번호와 링크간의 가중치를 기준으로 최소 비용을 필요로 하는 경로를 설정하고, 자신이 목적지의 주소를 갖지 않을 경우 자신의 링크 가중치를 더해서 브로드캐스팅하도록 설계 하였다. 여기서 중요한 점은 라우팅 테이블에 목적지의 경로가 있을 경우의 경로설정 방법이다. AODV 알고리즘은 RREQ의 순서번호가 라우팅 테이블의 순서번호 보다 크면 경로를 재설정하고, 동일한 순서번호에 대해서는 새로운 RREQ의 홉 수가 라우팅 테이블의 홉 수 보다 작으면 라우팅 테이블을 업데이트한다. 제안하는 알고리즘은 동일한 순서번호에 대해서 RREQ의 홉 수로 라우팅 테이블을 업데이트하지 않고 받은 RREQ의 가중치와 라우팅 테이블의 가중치를 비교해서 RREQ의 가중치가 작으면 라우팅 테이블을 업데이트 한다. 따라서 라우팅 테이블은 RREQ 메시지와 RREP 메시지를 받았을 때 데이터 링크의 가중치를 비교하기 위한 엔트리가 필요하다. 따라서 기존 AODV 라우팅 테이블에 데이터 링크 가중치 필드를 추가한 라우팅 테이블을 설계하였다. 표 1은 설계된 라우팅 테이블의 형식을 나타낸다.

표 1. 설계된 AODV 라우팅 테이블

엔트리	설명
Destination Address	목적지 주소
Destination Sequence Number	목적지 순서번호
Interface	해당 경로의 존재 유무
Hop Count	목적지 까지 도달 홉 수
Last Hop Count	최종 홉 카운트
Next Hop	목적지를 위한 다음 홉
List of Precursors	목적지 주소로 패킷을 전달할 노드
Life Time	경로의 유효시간
Routing Flag	Flag 표시
Link Weight	목적지까지의 링크 비용

IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서 사용한 라우팅 프로토콜 성능평가 요소로는 throughput, 라우팅 오버헤드와 평균 전송 지연시간이다. Throughput은 발신지에서 보낸 패킷의 수를 나타내고 라우팅 오버헤드는 시뮬레이션 수행시간 동안 생성된 모든 라우팅 패킷의 수를 말

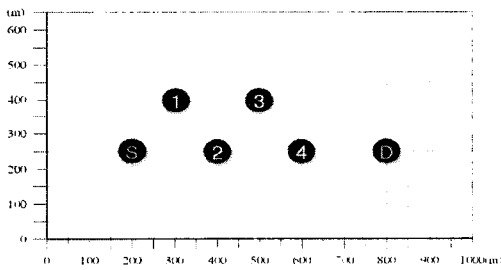
한다. 평균 전송 지연시간은 동일한 패킷에 대하여 발신시간과 도착시간의 차이의 평균으로 정의한다.

4.1 FER에 따른 성능평가

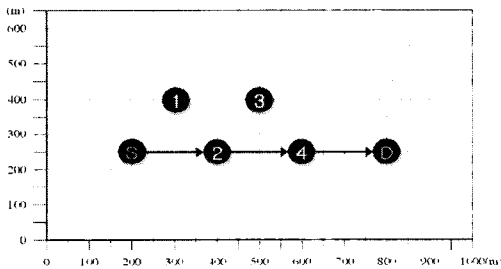
라우팅 프로토콜 설계로 각 링크의 가중치를 두어서 경로 설정하는 알고리즘을 평가하기 위해서, 그림 7(a)와 같이 6개의 노드가 고정된 위치에서 TCP 연결을 하는 시나리오 모델을 작성하였다^[11]. 노드 간 채널의 연결 상태를 다르게 주기 위해서 발신지 노드는 에러율이 0.1, 2번 노드는 에러율이 0.3으로 에러 모델을 삽입하였다. 그 외의 노드는 에러 모델을 적용하지 않았다. 이와 같은 설정은 발신지와 노드 2 사이의 무선채널의 에러율을 의도적으로 증가시키기 위해서 설정하였다. 현재 IEEE 802.11 MAC이 반송파를 감지 할 수 있는 거리가 250m 이므로 히든 터미널 문제를 제거하여 순수한

알고리즘 평가를 수행하기 위해서 노드의 간격을 의도적으로 200m로 설정하였다. 시뮬레이션 시간은 500초이고, 10초 일 때 발신지 노드는 목적지 노드에게 FTP로 10Mbyte를 전송하면서 TCP 연결을 한다고 설정하였다.

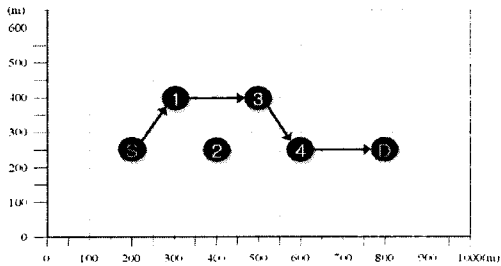
그림 7(b)는 네트워크의 홉 수로 최적 경로를 설정하는 일반적인 AODV 경로 탐색 알고리즘을 나타낸다. 발신지에서 목적지 노드까지는 3 홉으로 패킷을 전송한다. 그림 7(c)는 제안하는 라우팅 알고리즘의 경로 설정을 나타낸다. 발신지 노드와 노드 2 사이에 무선 채널의 에러율이 높기 때문에 RREP와 RREQ를 받았을 때, 라우팅 테이블에 상대적으로 높은 데이터 링크 비용으로 기록된다. 그 결과 설계된 알고리즘으로 탐색된 경로는 노드 1과 노드 3을 경유한 4 홉의 경로로 설정된다.



(a) 라우팅 알고리즘의 성능평가 시나리오 모델

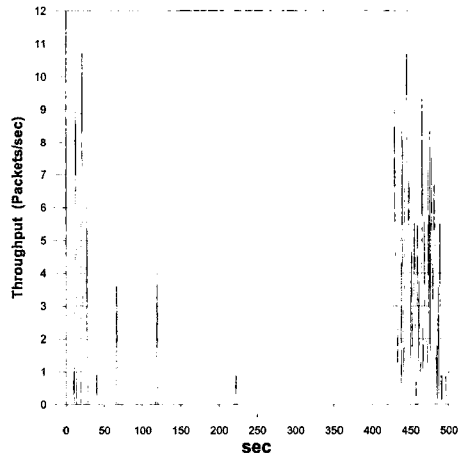


(b) 기존 AODV 라우팅 알고리즘

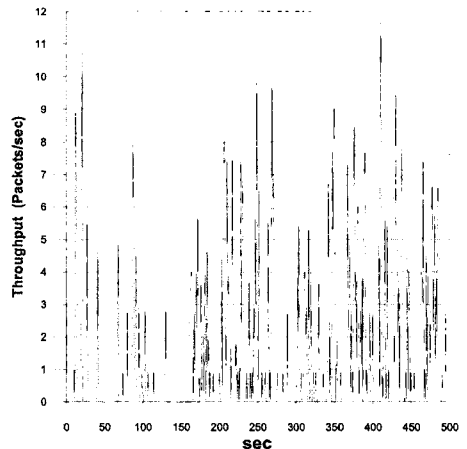


(c) 설계된 AODV 라우팅 알고리즘

그림 7. 라우팅 알고리즘 성능 평가



(a) AODV



(b) 설계된 AODV

그림 8. 라우팅 알고리즘에 따른 throughput

MANET에서 AODV 라우팅 알고리즘 수정으로 인한 성능개선 효과는 그림 8의 throughput으로 확인할 수 있다. 기존 AODV 알고리즘은 발신지 노드와 노드 2 사이를 경로 설정하고, 그 결과 TCP 연결 설정 시 발신지 노드와 노드 2 사이에 무선 채널의 높은 에러율에 의해 TCP 세그먼트는 손실이 되고 throughput 또한 설계된 알고리즘에 비해 현저하게 감소함을 알 수 있다.

4.2 노드의 이동에 의한 성능평가

이동성이 있는 노드에 대하여 제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해서 그림 9와 같이 20개의 노드가 정지시간 0, 10, 50, 100, 250, 500 및 1000 초에 대하여 임의의 시간에 100번과 200번의 TCP 연결을 한다고 가정하였다. 각 노드의 500×1000m인 물리적인 환경에서 최소 0.5m/s와 최대 10m/s의 속도로 이동한다고 가정하였다. 앞에서의 시나리오 마찬가지로 10 Mbyte의 파일을 FTP로 전송한다고 가정

하였으며 시뮬레이션 시간은 2000초이다. 노드의 개수가 20개인 이유는 대체 경로가 존재할 때, RREQ와 RREP 메시지에서부터 최소의 기중치를 갖는 경로를 발견하기 위해서 설정하였다. 또한 향후 물리계층이 가지는 대역폭을 고려하기 위해서 각 노드는 임의의 값으로 에러가 발생하도록 설정하였다. 그림 10은 정지시간 100초 일 때, 시뮬레이션 시간동안 발신지 노드와 목적지 노드 사이의 throughput을 측정된 것으로, 본 논문에서 제안하는 기중치를 통한 AODV 경로탐색 알고리즘이 효율적임을 확인할 수 있다. 그림 11은 시뮬레이션 시간동안의 라우팅 오버헤드를 나타낸다. 짧은 정지시간 때에 빈번한 경로 재설정으로 더 많은 라우팅 오버헤드가 발생한다. 또한 기존 알고리즘은 홉 수 기준 경로 설정으로 인하여 무선 채널이 양호하지 않을 경우 폐기된 RREQ에 대하여 지속적으로 RREQ를 발생시키지만 제안된 알고리즘은 특히 짧은 정지시간 대하여 채널이 양호한 경로 확보를 통해 라우팅 오버헤드를 감소시킨다. 그림 12는 평균 전송 지연시간을 측정된 것으로 제안하는 알고리즘이 비록 홉 수가 증가하더라도 평균 전송 지연시간이 증가하지 않고 일부 정지시간 대에서는 감소함을 알 수 있다. 그림 13과 14는 동일한 시뮬레이션 환경에서 200번의 TCP 연결을 한다고 가정할 경우, 라우팅 오버헤드와 평균 전송 지연시간을 측정된 것이다. 사용자의 증가에 따라 짧은 정지시간에는 기존 AODV와 제안하는 AODV 알고리즘의 라우팅 오버헤드는 증가

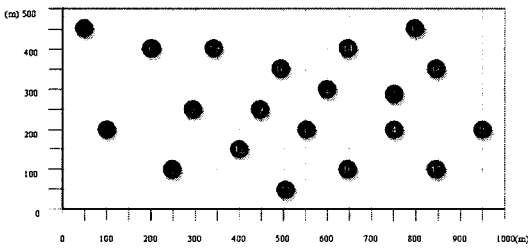
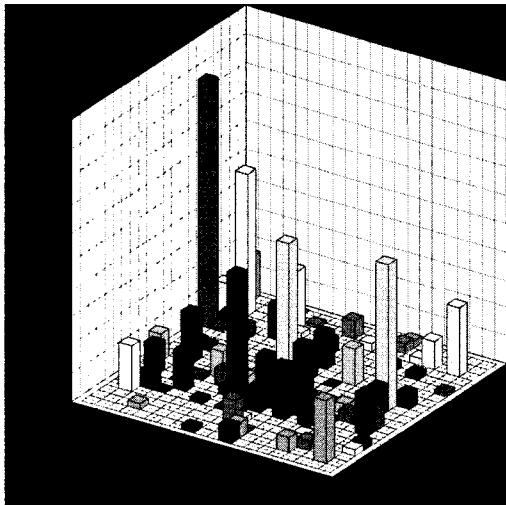
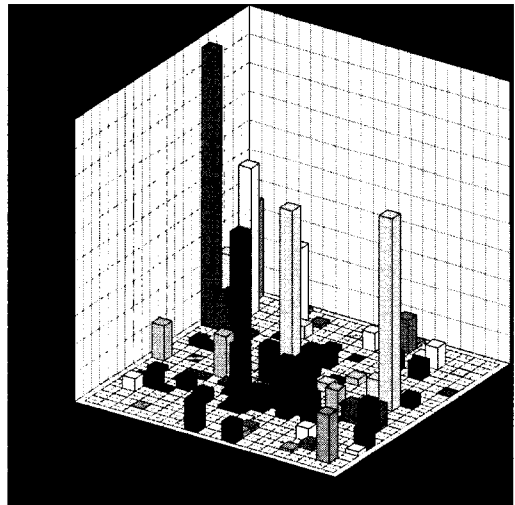


그림 9. 라우팅 알고리즘의 성능 평가 모델



(a) AODV(정지시간 100초)



(b) 설계된 AODV(정지시간 100초)

그림 10. 라우팅 프로토콜 설계에 의한 throughput

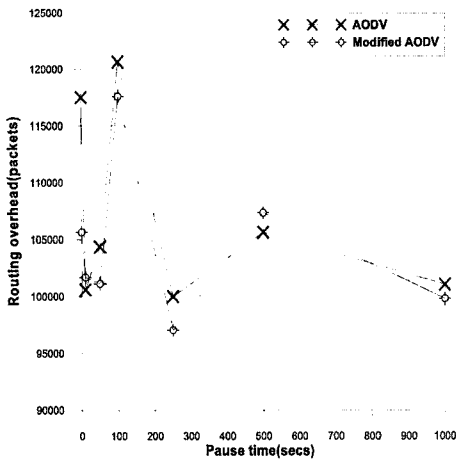


그림 11. 라우팅 오버헤드(100번 연결)

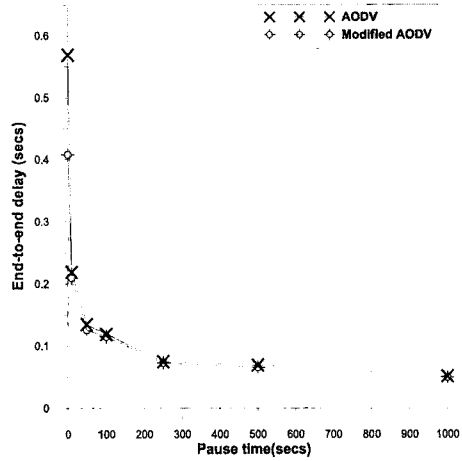


그림 12. 평균 전송 지연시간(100번 연결)

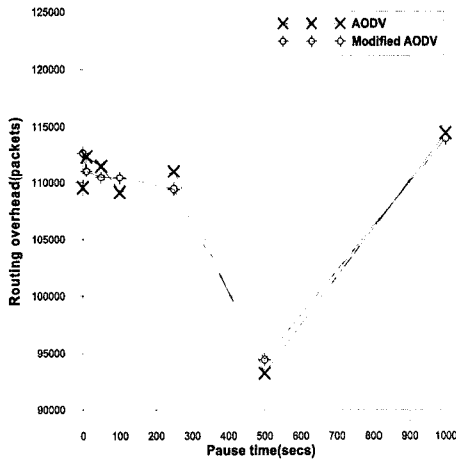


그림 13. 라우팅 오버헤드(200번 연결)

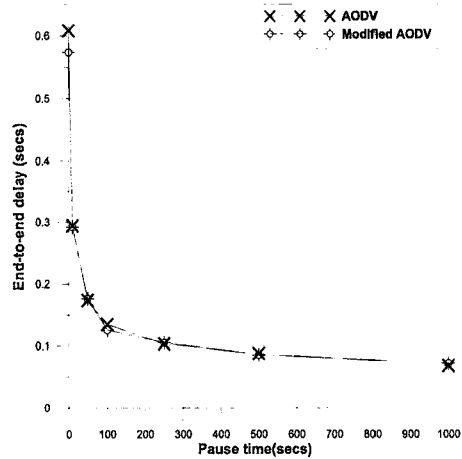


그림 14. 평균 전송 지연시간(200번 연결)

하나, 평균 전송 지연시간에서는 제안하는 알고리즘의 성능 개선사항을 확인 할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 크로스레이어 디자인을 이용하여 MANET에서 효율적인 라우팅이 가능하도록 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 시뮬레이션 결과, 설계된 AODV 알고리즘은 비록 홉 수는 크지만 무선 채널의 상태가 양호한 경로를 설정한다. 기존의 AODV와 비교했을 때 throughput, 라우팅 오버헤드 및 평균 전송 지연시간을 향상 시켰다. 반면에 크로스레이어 디자인 방법은 각 프로토콜의 수정이 다른 계층에 영향을 미치기 때문에 시스템 개발의 효율성이 떨어질 수 있다는 단점이 있다. 이를 위해

MANET 시스템 구축에 있어서 크로스레이어 디자인 방법과 인터페이스에 대한 표준화가 필요하다.

참고문헌

- [1] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad Hoc On Demand Distance Vector Routing," *Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp.90-100, New Orleans, LA, February 1999.
- [2] C. E. Perkins, E. Belding-Royer and S. R. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing," *IETF MANET Working Group INTERNET-DRAFT*, available on <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt> July, 2003.

- [3] S. Shokkottai, T. S. Pappaprot and P. C. Karlsson, "Cross-Layer Design for Wireless Networks," *IEEE Communications Magazine*, Vol.41, Issue 10, pp.74-80, October 2003.
- [4] V. Kawadia and P. R. Kumar, "A Cautionary Perspective on Cross Layer Design," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 12, Issue 1, pp.3-11, February 2005.
- [5] M. Conti, G. Maselli, G. Turi and S. Giordano, "Cross-Layering in Mobile Ad Hoc Network Design," *IEEE Computer Society*, Vol.37, Issue 2, pp.48-51, February 2004.
- [6] V. Raisinghani and S. Iyer, "Cross Layer Design Optimizations in Wireless Protocol Stacks," *Computer Communications*, Vol.27, pp. 720-724, October 2003.
- [7] M. V. Schaar and N. S. Shankar, "Cross-Layer Wireless Multimedia transmission: Challenges, principles and new paradigms," *IEEE Wireless Communications*, Vol.12, Issue 4, pp.50-58, August 2005.
- [8] F. Granelli and D. Kliazovich, "Cross-layering for performance Improvement in Multi-Hop Wireless Networks," *Parallel Architectures, Algorithms and Networks*, 2005. *ISPAN 2005. Proceedings. 8th International Symposium on* 7-9 Dec. 2005, pp.6.
- [9] Ning Yang, Ravi Sankar and Jungsik Lee, "Improving Ad Hoc Network Performance Using Cross-Layer Information Processing," *2005 IEEE International Conference*, 16-20 May 2005 pp.2764-2768 Vol.4.
- [10] Lamia Romdhani and Christian Bonnet, "A cross-layer on-demand routing protocol for delay-sensitive applications," *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, 2005 pp.994-998 Vol.2.
- [11] The VINT Project, *The NS Manual*, 2007.

남 호 석 (Ho-Seok Nam)

정회원



1993년 2월 중앙대학교 전자공학과 졸업
 1995년 2월 중앙대학교 전자공학과 석사
 1995년 2월~2000년 국방과학연구소 4체계 연구부
 2008년 8월 중앙대학교 전자전기공학부 박사

<관심분야> 무선통신, ITS, USN

이 태 훈 (Tae-Hoon Lee)

준회원



2007년 2월 중앙대학교 전자전기공학부 졸업
 2007년 3월~현재 중앙대학교 전자전기공학부 석사과정
 <관심분야> 센서네트워크, USN

도 재 환 (Jae-Hwan Do)

준회원



2008년 2월 서울산업대학교 전자정보공학과 졸업
 2008년 3월~현재 중앙대학교 전자전기공학부 석사과정
 <관심분야> 센서네트워크, USN, ITS

김 준 년 (Jun-Nyun Kim)

종신회원



1988년~현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수
 2000년~2006년 ISO/IEC JTC 1/SC 6 Chairman
 2002년 개방형 컴퓨터 통신 연구(OSIA)회장
 2004년~2005년 한국통신학회 학술이사

<관심분야> 컴퓨터네트워크, USN