

대규모 이동 애드 혹 네트워크에서 최적 경로 복구 방법

이관재*, 박성용**

*한양대학교 전자통신컴퓨터공학과

**고려대학교 전자컴퓨터공학과

e-mail : leekj@ece.hanyang.ac.kr

The optimum routing recovery method in scalable mobile Ad-hoc networks

Kwan-Jae Lee*, Sung-Yong Park**

* Dept. of Electronics and Computer Engineering Hanyang University

**Dept. of Electronics and Computer Engineering Korea University

요 약

대규모 무선 이동 Ad-hoc 네트워크 환경에서는 고정 인프라가 구축된 이동통신 시스템과는 달리 노드의 이동, 에너지 문제 및 에러 등 예외적인 상황 변화로 인한 문제가 다른 네트워크에 비해 잦은 문제가 발생 할 수 있다. 네트워크 환경에 따른 적합한 경로 설정 알고리즘을 선택하고 소스 노드에서 목적지 노드로의 패킷 전송을 위한 경로 설정 후 에러 발생 시 사라진 경로 복구를 위한 최적 경로 재설정 방법 및 효율적 전송 방법을 제안한다. 대규모 이동 노드로 구성된 Ad-hoc 네트워크에서 효율적인 전송 프로토콜인 DSR 라우팅 프로토콜을 이용하고, 에러 발생으로 인한 경로 재설정 시 빠른 경로 복구를 위한 제안된 경로 재설정 방법을 통하여 패킷 전송 지연을 최소화 할 수 있다. 제안된 경로 재설정 방법은 규모가 클수록 기존 방법보다 효과가 큰 경로 재설정 방법이다.

1. 서론

무선 통신에서 Ad-hoc 네트워크 통신 방법에 있어 다양한 측면으로 연구가 진행되고 있다. 특히 노드 간 통신을 위한 경로 설정 방법에서 여러 알고리즘이 등장하게 되었고, 다양한 환경에 적합한 라우팅 알고리즘 선택을 통한 노드 간 통신의 효율성을 높이는 방법과 이동 노드의 파워, 대역폭, 이동 속도 및 고정 유무, 노드 간 통신 빈도를 고려한 애드 혹 네트워크의 효율성 및 보안문제 등을 해결하기 위한 연구들이 진행되고 있다[1][2].

이동 Ad-hoc 네트워크는 노드의 잦은 이동 및 상태 변화로 인하여 경로 설정이 자주 바뀔 뿐 만 아니라 경로 설정 후 경로상에 존재하는 소스 노드에서 목적지 노드 사이의 중간 노드들 중 어느 한 노드가 사라지게 되면 경로를 재설정하게 된다.

Ad-hoc 네트워크의 대표적 Reactive 방법으로는

DSR (Dynamic Source Routing) 프로토콜과 AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing) 프로토콜이 있다[4][5].

본 논문에서는 DSR 을 사용하는 대규모 이동 무선 망에서 Ad-hoc 네트워크 망에서 소스 노드에서 목적지 노드로 패킷을 전송하기 위하여 소스 노드에서 목적지 노드까지 경로 설정 후 소스 노드에서 목적지 노드로 패킷 전송이 시작되고, 패킷 전송 시 발생하는 에러 상황에서 경로 재설정 방법으로 AODV 알고리즘을 이용한 신속한 경로 복구 및 경로 재설정 그리고, 빠른 데이터 전송 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 Ad-hoc 네트워크 프로토콜인 DSR 과 AODV 에 대하여 설명하고, 두 프로토콜의 경로 재 설정 과정을 설명하고, 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 최적 경로 재설정 과정에 대하여 설명하며 4 장에서는 두 라우팅 알고리즘

비교 실험을 보인 후 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

이 장에서는 Ad-hoc 네트워크의 대표적 프로토콜인 DSR 과 AODV 의 경로 설정 과정과 경로 유지 및 에러 핸들링 과정과 경로 재설정 과정에 대하여 설명한다.

2.1 Ad-hoc On-Demand Distance Vector Protocol

AODV 경로 설정 방법은 소스 노드에서 목적지 노드 RREQ 메시지를 전송하게 된다. 소스 노드가 전송한 RREQ 를 수신한 중간 노드가 목적지 노드에 대한 정보가 없거나 목적지 노드가 아니라면 이전 노드를 향하는 back-point 를 생성하여 소스 노드를 향하는 역방향 경로를 생성하게 된다. RREQ 를 수신한 노드 자신이 목적지 노드이거나 목적지 노드에 대한 경로 정보를 가지고 있는 중간 노드라면 RREP 메시지를 생성하여 RREQ 를 수신했던 노드들에 의해 형성된 역방향 경로의 back-point 를 이용하여 RREP 메시지를 소스 노드에게 전달한다. 소스 노드가 RREP 메시지를 수신하게 되면 경로 설정이 완료되어 목적지 노드를 향해 패킷을 전송하게 된다.

Type = 1	J	R	G	D	U	Reserved	Hop Count
RREQ ID							
Destination IP Address							
Destination Sequence Number							
Originator IP Address							
Originator Sequence Number							

(a) AODV RREQ 메시지

Type = 2	R	A	Reserved	Prefix Sz	Hop Count
Destination IP address					
Destination Sequence Number					
Originator IP address					
Lifetime					

(b) AODV RREP 메시지

(그림 1) AODV 메시지 필드

RREQ 를 중간 노드가 수신하게 되면 Hop Count 를 1 씩 증가 시키며 목적지 노드를 향해 전송하게 된다. DSR 의 경로 설정 시 RREQ 메시지를 수신한 중간 노드는 RREQ 메시지 헤더 필드에 자신의 주소 기입하지만 AODV 는 RREQ 의 메시지에 기입하지 않고 각 노드 스스로 back-point 를 생성하여 RREP 를 소스 노드를 향해 전달 할 경로를 생성하게 된다.

RREQ 메시지는 NET_TRAVERSAL_TIME 동안 네트워크망에서 전파되며 RREP 메시지가 소스 노드에 전달되기까지 걸리는 최대한 시간은 $current_time + 2 * NET_TRAVERSAL_TIME$ 으로 정의 될 수 있으며 이 시간 안에 RREP 메시지가 삭제되어서는 안된다. NET_TRAVERAL_TIME 는 소스 노드에서 목적지 노드까지 네트워크 안에서 메시지가 이동한 시간을 나타낸다. RREP 메시지가 소스 노드로 전달되기 위해 필요한 최소한의 시간은 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$t = (current\ time + 2 * NET_TRAVERSAL_TIME - 2 * HopCount * NODE_TRAVERSAL_TIME)$$

RREP 메시지의 Lifetime 은 설정된 시간 이후 메시지를 수신한 각 노드에서 삭제하여 네트워크의 자원 낭비 및 네트워크 부하를 제거하게 된다.

Active session 동안 노드 사이에 Hello 메시지를 주기적으로 교환함으로써 링크 에러를 감지한다. Hello 메시지의 TTL 값은 1 이기 때문에 이웃 노드에게 밖에 전달 되지 않으며 메시지를 수신한 이웃 노드는 자신의 연결정보를 업데이트하게 되고, 경로 설정된 이웃 노드에게 Hello 메시지를 수신하지 못한 노드는 이웃 노드와 링크가 깨졌다는 것을 인지하고, 소스 노드를 향해 special RREP 메시지를 전달하게 된다.

경로 설정 후 소스 노드에서 목적지 노드를 향해 패킷 전송 시 중간 노드에서 에러가 발생하게 되면 상향 중간 노드는 에러 발생 정보를 RERR 메시지를 통해 소스 노드로 전송하게 되고, RERR 메시지를 수신한 소스 노드는 목적지 노드로 경로 재설정을 수행한 후 다시 패킷을 전송하게 된다.

2.2 Dynamic Source Routing Protocol

DSR 의 패킷 전송은 소스 노드에서 소스 노드에서 목적지 노드 사이의 경로 설정 후 이루어 진다.

소스 노드에서 목적지 노드로 경로를 설정하기 위하여 소스 노드는 목적지 노드를 향하여 Route Discovery Message (RREQ)를 전송하며 각 중간 노드는 자신의 주소를 RREQ 의 패킷 헤더에 기록함으로써 RREQ 의 패킷 헤더에 소스 노드에서 목적지 노드까지의 경로가 기록된다. RREQ 메시지의 패킷 헤더에는 소스 노드 주소와 Request_id 리스트가 기록되어 있어 경로 설정 시 중복 과정을 확인하는 과정을 거치게 된다. RREQ 메시지를 수신한 노드가 Route Cache 안에 있는 RREQ_ID 를 비교하여 중복되면 이 RREQ 메시지를 버리게 된다. 만약 수신한 RREQ 메시지의 목적지 주소가 자신이라면 자신의 주소를 RREP 패킷에 복사 후 소스 노드를 향해 전송하게 된다. 하지만 자신이 목적지 주소가 아니라면 RREQ 메시지에 자신의 주소를 기록 후 주위의 이웃 노드에게 전송하게 된다. DSR 에서는 중간 노드의 아이디를 RREQ 에 기록함으로써 경로에 순환이 발생하는 것을 방지한다.

Option type	Opt Data Len	Identification
Target Address		
Address [1]		
Address [2]		
...		
Address [n]		

(a) DSR RREQ 메시지

	Option type	Data Len	L	Reserved
Address [1]				
Address [2]				
...				
Address [n]				

(b) DSR RREP 메시지

(그림 2) DSR 메시지 필드

DSR 의 경로 유지 방법은 소스 노드에서 목적지 노드로 데이터를 전송하기 위하여 설정된 경로로 데이터 전송 시 발생한다. 데이터 전송 시 발생하는 에러 감지 방법은 패킷을 전송 한 노드가 패킷을 수신한 노드로부터 응답신호를 수신하게 되면 경로에 이상이 없음을 감지하게 된다.

ACK 응답메시지의 Identification field 는 패킷의 고유 값으로 패킷을 수신한 노드에게 응답메시지를 전송함으로써 패킷을 수신 완료했음을 알린다. 만약 패킷 전송 노드에서 응답 신호를 수신하지 못했다면 소스 노드를 향해 RERR (Route Error Message) 를 전송한다.

Option type	Opt Data Len		Identification
ACK Source Address			
ACK Destination Address			

(a) DSR Acknowledgement 응답 메시지

Option type	Opt Data Len	Error Type		Salvage
Error Source Address				
Error Destination Address				
Type-Specific information				

(b) DSR RERR 메시지

(그림 3) DSR 에러 감지

RERR 메시지의 Error Type 가 1 로 설정되면 Node_Unreachable 상태를 나타내고, 2 로 설정되면 Flow_State_Not_Supported 상태를 나타내며, 3 으로 설정되면 Option_Not_Supported 상태를 나타내게 된다. 각 패킷에는 유일한 Salvage 필드가 있으며 에러 발생 시 해당 패킷의 Salvage 필드를 복사하여 RERR 의 Salvage 필드에 삽입한다. 에러 정보는 불규칙 수신 모드 (Promiscuous receive mode)를 사용하여 이웃 노드들에게 전파되어 노드의 Route cache 에서 에러가 발생한 노드의 정보를 삭제하게 된다.

RERR 메시지를 수신한 소스 노드는 목적지 노드를 향해 경로 재설정을 위한 RREQ 를 전송하게 되고 RREP 메시지를 수신하여 경로가 설정되면 패킷을 전송하게 된다.

3. 제안 최적 경로 재설정 기법

3.1 개요

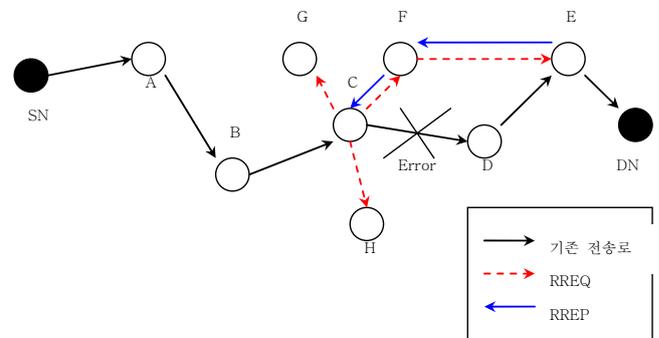
Ad-hoc 네트워크 Reactive 방식의 대표적 두 라우팅 프로토콜인 DSR 과 AODV 는 네트워크 규모에 따라 성능에 차이가 있다. DSR 라우팅 프로토콜의 경우 패킷 전송을 위해 경로 설정 시 RREQ 메시지의 필드에 각 중간 노드의 Address 를 추가하게 된다. 반면 AODV 라우팅 프로토콜은 각 중간 노드는 RREQ 의 필드에서 Hop Count 를 증가시키고, 노드의 Route cache 에 Back-point 를 기입한다. 이로 인해 두 프로토콜은 일정 개수 이하의 노드를 가진 네트워크에서는 AODV 가 효과적이다. 하지만 대규모 네트워크에서 AODV 는 Lifetime 의 제약으로 인해 일정 시간 이후 Timeout 이 걸린다면 처음부터 경로를 설정해야 하는 단점이 있다. 이런 점에서 DSR 은 메시지 필드에 각 중간 노드의 주소가 유지되어 있으므로 전송 지연에

대해 더 좋은 성능을 가지게 된다.

3.2 제안 경로 복구 방법

대규모 이동 노드로 구성된 Ad-hoc 네트워크에서 최적 데이터 전송을 위하여 DSR 프로토콜을 이용하여 소스 노드에서 목적지 노드로 경로 설정 후 패킷을 전송하게 된다. 패킷 전송 시 중간 노드에서 에러 발생 시 상향 중간 노드는 RERR 메시지를 생성하여 소스 노드를 향해 전송하게 된다.

기존 방식에서 경로 에러 발생 시 소스 노드부터 목적지 노드까지 경로를 재설정하여 패킷을 전송하지만, 제안 된 방법에서는 RERR 메시지를 소스 노드로 전송 함과 동시에 상향 중간 노드에서 에러 발생 노드의 다음 노드로 AODV 프로토콜을 사용하여 경로를 설정한다.

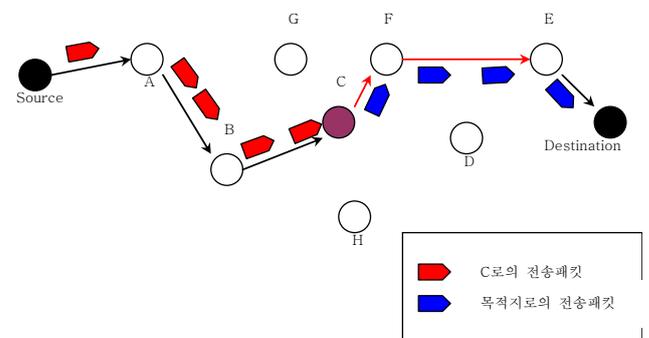


(그림 4) 제안된 경로 재설정 방법

노드 C 는 기존 경로 테이블을 참조하여 에러 발생한 다음 노드인 노드 E 를 향해 AODV 프로토콜을 사용하여 special RREQ 메시지를 전송하게 되고, 노드 E 는 노드 C 로 RREP 를 전송하여 새로운 경로를 설정하게 된다.

3.3 수정 경로를 통한 패킷 전송 방법

RERR 메시지를 수신한 소스 노드는 메시지 정보를 참조하여 패킷의 목적지를 노드 C 로 설정 후 노드 C 의 버퍼로 데이터를 전송하게 된다.



(그림 5) 제안된 경로로의 패킷 전송

소스 노드로부터 목적지로 향하는 데이터 패킷들을 전송 받은 노드 C 는 AODV 를 이용하여 재설정된 경로 및 기존 경로 테이블을 참조하여 통해 목적지 노

드를 향해 자신의 버퍼에 저장한 패킷을 전송하게 된다.

4. 실험

4.1 실험환경

Ad-hoc 네트워크의 대표적 두 프로토콜인 DSR 과 AODV 의 간단한 성능을 평가하기 위하여 NS 를 이용하였다. 노드의 분포 공간은 670x670, 노드의 max connection 은 10, 이동 속도는 4, simulation time 은 1000s, pause time 은 600s, 패킷 사이즈는 512K 로 설정하였다. 테스트하기 위한 노드의 개수는 10, 30, 50 개로 설정하였다.

4.2 측정결과

측정 결과는 시뮬레이션 시간을 600 초에서 멈추었을 때 10 개의 노드로 구성된 네트워크, 30 개로 구성된 네트워크 및 50 개로 구성된 네트워크의 Total 패킷 전송률과 CBR 전송률을 NS 를 이용하여 결과를 얻었다.

전송률은 전송 패킷을 수신한 패킷으로 나누어 얻었으며, 전체 전송률에서 보면 DSR 이 AODV 보다 우수하고, CBR 전송률만 보았을 때는 AODV 가 DSR 에 비하여 우수한 결과를 보였다.

위의 결과를 보았을 때 네트워크 전체를 볼 때 DSR 이 우수한 성능을 보이므로 대규모 네트워크에 DSR 이 AODV 에 비하여 전송 지연이 작아 적합함을 알 수 있고, CBR 전송률이 높은 AODV 는 극히 소규모 네트워크에서 전송 지연이 작아 데이터 전송 시 유리 함을 알 수 있다.

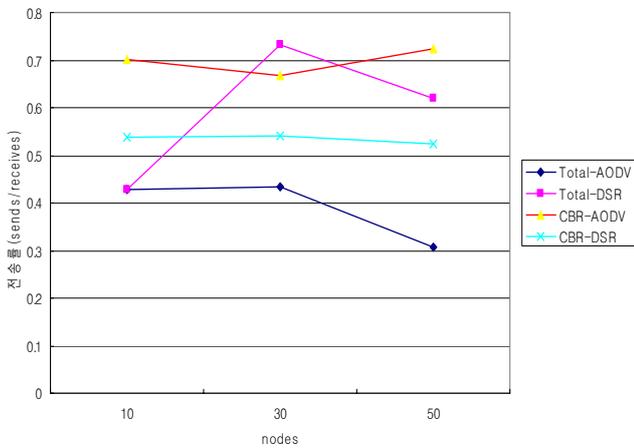
5. 결론

본 논문에서는 대규모 Ad-hoc 네트워크 환경에서 DSR 프로토콜을 사용하여 노드 간 데이터 전송 시 발생하는 경로 단절 에러 상황에 빠른 경로 복구 방법과 효율적인 데이터 전송 방법을 제안하였다. 기존 DSR 에서 경로 설정 후 소스 노드로부터 목적지 노드로 데이터 전송 도중 에러 발생 시 소스 노드로부터 목적지 노드까지 경로를 재설정 하지만 본 논문에서는 AODV 알고리즘을 이용한 지역적 경로 복구 방법을 사용하여 신속한 경로 복구방법을 사용하며, 경로 설정 중에도 소스 노드가 데이터를 에러 상황 노드의 버퍼로 전송함으로써 전송 지연을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다.

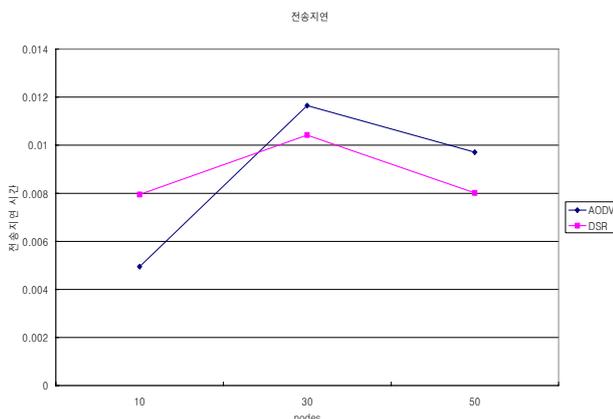
현재 제안한 방법을 사용하여 상황 별 여러 실험을 준비 중이다. 앞으로 경로 단절을 신속히 복구하는 방법과 데이터 전송 지연을 최대한으로 줄일 수 있는 방법에 관한 연구 및 실험을 수행 할 예정이다.

참고문헌

- [1] S. Corson, J. Macker, "Mobile Ad Hoc Networking(MANET),"Internet Draft, Oct. 1998
- [2] Bangnan Xu, Sven Hischke, "The Role of Ad hoc Networking in Future Wireless Communications", Volume 2, 9-11 April 2003
- [3] C.E Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers", In Proceedings of ACM SIGCOMM'94, London, UK, Sep. 1994, pp.234-244
- [4] David B. Johnson, David A. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks", Dec 1998. IETF Internet Draft (work in progress).
- [5] Charles E. Perkins, Elizabeth M. Royer, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing", In proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pages 90-100, Feb 1999
- [6] C. Perkins and P. Bhagwat. "Routing over Multihop Wireless Network of Mobile Computers". SIGCOMM '94 : Computer Communications Review, 24(4):234-244, Oct. 1994.



(그림 6) Ad hoc 네트워크 패킷 전송률



(그림 7) Ad hoc 네트워크 전송 지연