

# DSR 기반의 대규모 무선 에드 혹 네트워크 에서 효율적인 경로 유지

한승진\*

\*경인여자대학 컴퓨터정보학부

e-mail : [softman@kic.ac.kr](mailto:softman@kic.ac.kr)

## An Efficient Route Management Scheme for DSR-based Large Scale Mobile Ad Hoc Networks

Seung-Jin Han\*

\*School of Computer and Information, Kyung-In Women's College

### 요 약

무선 네트워크는 유선 네트워크에 비해 대역폭, QoS, 배터리 파워와 같은 제약성 때문에 무선 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 효율적이 못하다. 본 논문에서는 DSR 기반의 대규모 무선 에드 혹 네트워크에서 이동 노드들의 이동, 파워오프, 고장등으로 인한 경로 단절이 발생되었을 경우 경로 단절 상위 노드와 경로 단절 상위 노드로부터 홉 수가 2 이내인 이웃 노드들의 라우팅 캐시를 이용한다. 또한 단대 단의 대역폭 정보와 주변 이웃 노드들 간의 대역폭 정보를 이용함으로써 빠른 경로 재설정 가능한 방법을 제안한다.

### 1. 서론

무선 네트워크 기술의 발달은 기존의 유선 네트워크가 가지고 있던 공간의 제약성을 뛰어넘는 아주 매력적인 장점을 가지고 있다. 무선 이동 네트워크는 기존의 이동통신 서비스에서 사용하는 기지국을 이용하는 방법, 특수한 환경에서 기지국과 같은 고정장치나 중앙 집중식 장치의 통제 없이 일시적인 통신망이 형성되는 무선 에드 혹 네트워크(Ad Hoc Network) 그리고 두 가지 방식을 조합한 Hybrid 무선 네트워크까지 다양한 형태로 발전하고 있다[1-3].

무선 에드 혹 네트워크는 유선 네트워크에 비해서는 저 대역폭으로 인한 상대적으로 느린 전송속도, 잦은 오류로 인한 낮은 전송 품질, 그리고 배터리를 사용하기 때문에 저전력 요구사항 등에 대한 제약 조건이 있다. 또한 무선 에드 혹 네트워크 특성상 노드들의 이동성 때문에 노드들 간의 잦은 링크 단절이 발생된다. 이러한 제약 조건을 극복하기 위해서는 이동 노드들간의 효율적인 라우팅 프로토콜이 요구된다. 본 논문에서는 DSR 기반의 무선 에드 혹 네트워크에서 이동 노드들의 이동, 파워오프, 고장등으로 인한 경로 단절이 발생되었을 경우 경로 단절 상위 노드와 경로

단절 상위 노드로부터 홉 수가 2 이내인 이웃 노드들의 라우팅 캐시를 이용한다. 또한 단대 단의 대역폭 정보와 주변 이웃 노드들 간의 대역폭 정보를 이용함으로써 빠른 경로 재설정 가능한 방법을 제안한다.

### 2. 관련 연구

2 장에서는 무선 에드 혹 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜의 전반적인 분류와 무선 에드 혹 네트워크에서 지역 경로 에러가 발생한 경우 이를 극복하는 방법을 AODV 와 DSR 에 대해서 설명한다.

#### 2.1 무선 에드 혹 네트워크 라우팅 프로토콜

무선 에드 혹 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 다음 그림과 같이 분류할 수 있다.

[표 1] 무선 에드 혹 네트워크에서 라우팅 프로토콜 분류

Ad Hoc Routing Protocols		
Proactive (Table driven)	Reactive (On-demand)	Hybrid
DSDV(CGSR)[4] OLSR[5] TBRFP[6]	AODV[7] DSR[8] TORA[9]	ZRP[10]

Proactive 방식은 모든 이동 노드들이 데이터를 전송하기 전에 소스와 목적지간의 전체 경로 정보를 알기 위해 주기적으로 서로의 경로 정보를 방송해야 한다. 각 노드들이 경로 정보를 알고 있기 때문에 데이터 전송을 위해서는 자신이 알고 있는 정보를 이용하여 바로 데이터를 전송할 수 있지만 이 경로를 유지하기 위해 노드들간의 주기적인 정보 교환은 네트워크에 많은 부담으로 작용한다. Reactive 방식은 Proactive 방식과 달리 소스에서 목적지 노드까지의 경로 정보를 가지고 있는 것이 아니라 데이터를 전송하고자 할 때 경로 발견(Route Discovery) 과정을 거쳐 데이터를 전송한다. 노드들의 위치 변화가 심한 무선 에드 혹 네트워크에서는 Proactive 방식보다는 Reactive 방식이 더 적합하다[11].

## 2.2 무선 에드 혹 네트워크에서 지역 경로 복구

On-demand 프로토콜은 초기에 경로를 설정하거나 경로가 단절된 경우에 대해서만 새로운 경로 설정이 필요하다. On-demand 프로토콜은 경로를 발견하기 위해서는 플러딩 방법에 의존하기 때문에 높은 경로 설정 오버헤드와 트래픽에 대한 간섭이 심하다.

좀 더 효율적인 경로 복구와 에러 복구 메커니즘을 이용하여 On-demand 라우팅에서 플러딩 문제점을 해결하는 몇몇 프로토콜이 있다. 이러한 지역 경로 복구 프로토콜은 다음 세가지 클래스로 분류된다[12]. 첫째, 제한된 방송 - 경로 발견은 중간 노드에 의해서 초기화된다. 방송 범위는 제한되고 전체 네트워크로 플러딩되지 않는다. 둘째, 다중경로 라우팅 - 다중경로는 발견되고 단일 경로 발견은 깨워진다. 마지막으로 지역 에러 복구 - 경로 에러는 송신자에서 단대단 에러 복구에 의존하지 않고 중간 노드가 조정한다.

분산된 salvaging 알고리즘[8]을 사용하는 CHAMP(Caching and Multipath)[13]와 같이 최근에 제안된 프로토콜은 모든 노드들은 패킷을 전달하기 전에 임시적으로 캐쉬 메모리에 저장한다. 노드가 경로 에러를 수신하고, 잘못된 패킷이 여전히 패킷 캐쉬에 남아 있다면, 노드는 경로 캐쉬로부터 대체 경로를 이용하여 패킷을 salvage 한다. 그러므로 지역 경로 복구는 전달 노드에서 추가적인 저장 오버헤드를 통해 구현된다.

각 노드는 버퍼를 가지고 있다. 버퍼의 크기가 작다 하더라도 전달되는 데이터 패킷을 캐쉬한다면 버퍼에 패킷이 남아 있을 확률이 매우 높다. 지역 경로 복구를 포함한 라우팅 알고리즘은 링크 혹은 노드의 경로 단절에 대한 효율적인 경로 복구를 위해 다음과 같은 특성을 가져야 한다[12]. 첫째, 가능할 때 깨워진 경로를 이용하여 복구한다. 둘째, 깨워진 경로가 가능하지 않다면 지역 경로 복구를 이용하여 복구한다. 셋째, 효율적으로 대역폭을 활용한다. 노드간 링크 오류 시 이를 극복하는 방법에 대해서 AODV 와 DSR 에 대해서 각각 설명한다.

## 2.3 AODV 에서의 지역 경로 복구(Local Repair)

AODV에서는 노드의 이동이나 다운으로 인한 링크의 단절을 알아내기 위해 노드들간에 주기적인 헬로우 메시지를 주고 받는다. 헬로우 메시지는 노드들간에 주기적으로 제한된 무선 대역폭으로 주고 받기 때문에 헬로우 메시지를 송신한 노드의 이웃 노드가 메시지를 수신하지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 AODV에서는 허용 횟수(ALLOWED\_HELLO)를 두고 있는데, 일정한 시간(ALLOWED\_HELLO \* HELLO\_INTERVAL) 동안 헬로우 메시지를 포함한 어떠한 제어 메시지를 수신하지 못하면 헬로우 메시지를 송신한 노드는 이웃한 노드를 자신의 라우팅 테이블에서 INVALID 로 갱신하고 지역 경로 복구 절차를 실행한다.

링크 단절을 발견한 상위 노드(upstream node)는 다음 두 가지 중 한가지 방식으로 지역 경로 복구를 실행한다. 첫째, 링크 단절이 목적 노드 가까운 곳에서 발생했다면, 지역 경로 복구를 통해 경로를 복구한다. 이때 지역 경로 복구가 가능한 범위는 경로 단절이 발생한 노드에서 목적지 노드까지의 홉수가 MAX\_REPAIR\_TTL 보다 작은 범위이다. 둘째, 경로 단절이 MAX\_REPAIR\_TTL 보다 먼 곳에서 생겼을 때 사용한다. 경로단절을 발견한 노드는 RERR 메시지를 이용하여 소스 노드에게 경로 단절을 알리고 RERR 메시지가 경유하는 중간 노드들에게는 목적 노드까지 생성된 라우팅 엔트리를 삭제하도록 하고, 소스 노드는 새롭게 경로 탐색(Route Discovery) 과정을 시작하게 한다.

## 2.4 DSR에서의 지역 경로 복구

DSR은 경로 상의 링크 에러가 발생시 RERR 메시지를 생성하여 소스 노드로 전달한다. RERR을 수신한 노드는 자신의 라우팅 캐쉬에서 해당 오류 발생 링크 정보를 삭제하며, 다른 대체 경로가 존재할 경우 이를 이용하여 데이터 전달을 계속하며, 그렇지 않을 경우 RERR 메시지를 소스 노드로 전달한다.

DSR은 패킷을 전송하는 도중에 링크 에러가 발생하면 에러가 발생한 상위 노드에서 패킷을 salvage 하려 한다. 무선 에드 혹 네트워크에서 패킷 전송 중 링크 에러가 발생하고, 에러가 발생한 상위 노드의 라우팅 캐쉬에 대체 경로가 없는 경우 DSR은 RERR을 소스 노드로 전송한다.

## 3. 라우팅 캐쉬 테이블과 지역 경로 복구를 이용한 경로 복구

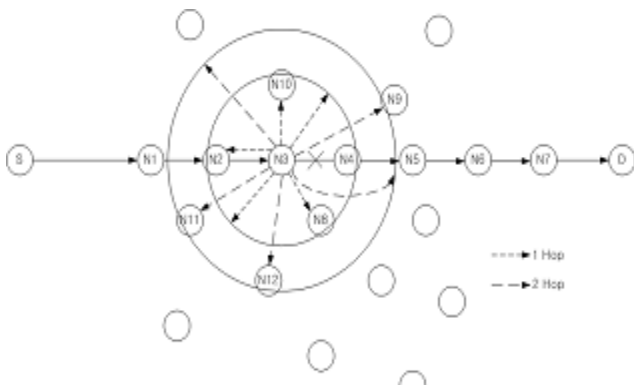
### 3.1 이웃 노드의 라우팅 캐쉬 정보와 지역 경로 복구를 이용한 경로 복구 과정

DSR은 경로 단절이 발생하면 단절이 발생한 상위 노드에서 패킷을 salvage 하려 한다. DSR은 단절이 발생한 상위 노드의 라우팅 캐쉬 테이블에 대체 경로가 있는지를 조사하고, 없는 경우 RERR 메시지를 생성하여 소스 노드로 전달한다. RERR을 수신한 노드는 자신의 라우팅 캐쉬에서 해당 오류 발생 링크 정보를

삭제하며, 다른 대체 경로가 존재할 경우 이를 이용하여 데이터 전달을 계속하며, 그렇지 않을 경우 RERR 메시지를 소스 노드로 전달한다[8]. 본 논문에서는 라우팅 캐쉬 테이블에서 대체 경로를 발견하지 못했을 때 우선 RERR 메시지를 소스 노드로 전달하지 않고, 확장 링 검색 방법(Expanded Ring Search)[8]을 이용하여 이웃 노드들의 라우팅 캐쉬 정보를 검색한다.

AODV는 지역 경로 복구시 지역 경로 복구가 가능한 범위를 MAX\_REPAIR\_TTL(=10)보다 작은 범위로 지정하고 있다. 즉, MAX\_REPAIR\_TTL보다 작은 범위 내에서 경로 단절이 발생하였다면 주위의 이웃 노드들에게 RREQ 메시지를 플러딩한다. 그러나 플러딩은 단순함과 신뢰성으로 무선 에드 혹 네트워크에서 데이터 제어 패킷을 전송하는 경우에 많이 쓰이지만 많은 패킷을 발생시킴으로써 네트워크에 과부하가 발생할 수 있다. 최근의 연구[14,15]에서는 플러딩으로 인해 발생하는 중복된 패킷을 줄이고자 휴리스틱 방법들을 제안하고 있다. Multipoint Relaying[15] 방법은 휴리스틱 방법 중의 하나로 2 홉 주위 정보만을 이용한다. 따라서, 본 논문에서도 네트워크의 과부하 방지와 효율성을 위해 경로 단절시 경로 단절을 발견한 상위 노드는 자신으로부터 최대 2 홉까지의 이웃 노드들에게 확장 링 검색을 실시한다.

본 논문에서는 그림 1에서 S에서 D로 경로 탐색 후 D가 S로 RREP 메시지를 전송할 때, 단대단 대역폭을 계산하여 전송한다[16]. 또한 각 노드들은 주기적으로 비콘을 발생시켜 노드간 대역폭을 갱신하고 대체 경로 선택 시 선택 기준 요소로 사용한다. 대역폭을 계산하는 이유는 경로가 단절 되었을 경우 이웃하는 노드들에게 각 노드들의 라우팅 캐쉬 정보를 요청한다. 노드들로부터 두 개 이상의 대체 경로 정보도 도착하였을 경우 대역폭은 경로 선택을 하기 위한 요소로 사용된다.



[그림 1] 지역 경로 복구의 범위

그림 1은 S에서 D로 N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7을 경유해서 패킷을 전송하는 도중 N3와 N4 사이에서 경로가 단절된 경우를 나타낸 것이다. N3은 이웃노드들에게 하위 노드(down stream node) 즉, 그림 1에서 N3->N4->N5->N6->N7->D 정보를 포함하여 플러딩한다. 이때, N3은 우선 이웃노드들에 대해서 홉수 1로 해서 플러딩한다. RREP 메시지를 수신하지 못하면, 홉

수를 하나 증가시켜서 플러딩한다. 즉, 확장 링 검색을 한다. 확장 링 검색을 위한 홉수는 위에서 언급한 바대로 네트워크의 과부하 방지를 위해서 2까지 실행한 후 일정시간동안 응답이 없으면 RERR 메시지를 이용하여 패킷을 D로 전송할 수 없음을 알리고, S는 새로운 경로 탐색을 한다.

이웃노드들이 N4, N5, N6, N7, D 각각에 대한 정보를 알려준다. N3은 가능한한 D에게서 가장 가까운 정보를 보내온 노드를 대체 경로로 선택한다. 대체 경로를 찾은 N3은 자신의 라우팅 캐쉬 테이블에 새로운 대체 경로 정보를 갱신한다. N3로 대체 경로 정보를 송신하는 노드들은 새로운 경로에 대한 대역폭 정보를 포함해서 전송한다. N3가 대체 경로 정보를 둘 이상 수신한다면 해당 경로들 중에서 대역폭이 우수한 경로를 선택한다. N3은 S로 새로운 경로를 RERR 메시지를 통해 보고한다. N3은 S로부터 패킷을 더 이상 수신받지 못할 때까지 패킷을 전달(forwarding)한다.

N3로부터 RERR 메시지를 수신한 S는 자신의 라우팅 캐쉬 테이블을 갱신하고 이보다 나은 경로가 있다면 새로운 경로로 패킷을 송신하고, 그렇지 않다면 N3가 보고한 RERR 메시지를 기반으로 한 경로로 계속해서 패킷을 송신한다.

### 3.2 알고리즘

그림 2는 3.1절에서 제안한 방법을 알고리즘으로 변환한 것이다.

```

1. Procedure FindAlterRoute_Process()
2. { // ARP is the Select Alternative Route Path
  toward the destination node
3. // finding the Alternative Route Path in the
  routing cache table
4. sARP = rt_cache_table_find(sndDtPkt->
  dest_addr);
5. if (sARP is exist in the routing cache table) {
6.     rt_cache_table_delete(rerr->errSrcAddr,
  rerr->errDstAddr);
7. // remove the error link from routing cache table
8.     return(sARP,null);
9. }
10. // An Alternative Route Path is not exist toward
  the destination node in this node
11. else {
12.     for(i=1; i<3; ++i) {
13.         sndFldRREQ(ALL,this,i);
14.         while(i_hop_RTT) // Timer
15.             ARP[] = rcvRREQ();
16.         if(ARP is exist that it want to) {
17.             sARP = Select(ARP[]); // select
18.             rt_cache_table_delete(rerr-
  
```

```

>errSrcAddr,rerr->errDstAddr);
19.     sndRERR(source,this);
20.     return(sARP); // find the Alternative Path
21.     }
22.     }
23.     rt_cache_table_delete(rerr->errSrcAddr, rerr->
errDstAddr);
24. // remove the error link in the routing cache table
25.     return(source,RERR);
26.     }
27. }

```

[그림 2] 경로 단절이 발생한 상위노드에서 처리 알고리즘

알고리즘에서 라인 4-10까지는 경로가 단절된 상위 노드의 라우팅 캐쉬 테이블에서 대체 경로를 발견한 경우를 처리하는 루틴이다. 이 경우 자신의 라우팅 캐쉬 테이블에서 목적지로의 정보를 찾게 된다면 그 정보를 이용한 대체 경로를 통해 목적지로 패킷을 전송한다. 라인 12부터 23까지는 경로 단절 상위 노드에서 홉의 수를 1부터 2까지 증가시키며 확장 링 검색을 하는 루틴이다. 15번 라인은 이웃 노드들로부터 2개 이상의 경로 정보를 수신하는 경우를 위한 것이다. 17번 라인은 여러개의 경로 정보들부터 하나의 경로를 선택하는 함수이다. 이때 기준은 대역폭이 된다. 나머지는 소스에게 경로 절단 사실과 새로운 경로 정보를 전송함으로써 소스가 새로운 경로 정보를 이용하여 대체 경로로 패킷을 전송할 지 아니면 경로 단절 상위 노드가 보내온 정보를 이용하여 계속해서 패킷을 전송할 지 결정할 수 있도록 정보를 제공한다. 23번부터 25번까지의 라인은 경로 단절 상위 노드가 대체 경로를 발견하지 못한 경우 소스 노드에게 RERR 메시지를 전송함으로써 소스 노드가 새로운 대체 경로를 탐색하도록 하는 루틴이다.

#### 4. 결론 및 향후 연구과제

기존의 DSR에서 링크 에러가 발생되었을 경우 이를 복구하기 위한 절차와 비용은 소스로부터 목적지까지 패킷을 전달하는데 있어서 상당부분 차지한다. DSR은 패킷을 전송하는 도중에 링크 에러가 발생하면 에러가 발생한 상위 노드에서 패킷을 salvage 하려 한다. 무선 에드 혹 네트워크에서 패킷 전송 중 링크 에러가 발생하고, 에러가 발생한 상위 노드의 라우팅 캐쉬에 대체 경로가 없는 경우 DSR은 RERR을 소스 노드로 전송한다. 또한 AODV는 경로 단절이 발생한 상위 노드로부터 최대 10홉까지의 플러딩을 통해 대체 경로를 찾으려 한다. 그러나 본 논문에서는 경로 단절이 발생하였을 때, 경로 단절이 발생한 상위 노드의 라우팅 캐쉬로부터 대체 경로 정보를 찾도록 하였다. 원하는 정보가 없을 경우 홉의 수를 최대 2로 하는 확장 링 검색을 실시하도록 하여 네트워크에 주는 부하를 최소화하도록 하였다. 또한 단대 단 대역폭 계

산과 이웃 노드들간의 대역폭 정보 교류를 통해 이웃 노드가 경로 단절 상위 노드로 다수의 대체 경로 정보를 전송해 오는 경우 이 중에 하나를 선택할 수 있는 기준으로 선택하도록 하였다.

추후 연구과제는 ns-2[14]와 같은 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 보다 다양한 환경과 실험 조건을 통해 정확한 결과에 대한 연구를 진행할 계획이다.

#### 참고문헌

- [1] David B. Johnson and David A. Maltz, "Mobile Computing-Dynamic Source Routing in ad hoc Wireless Networks," pp.153-181, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [2] Rohit Dube and et al, "Signal Stability-Based Adaptive Routing(SSA) for Ad Hoc Mobile Networks," IEEE Personal Communications, Feb., 1997.
- [3] C-K Toh, *Wireless ATM and AD-HOC networks*, Kluwer Academic Publishers. 1996.
- [4] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," Computer Communication, pp234-244, Oct., 1994.
- [5] T. Clausen et. al., "Optimized Link State Routing Protocol, RFC 3626, IETF, Oct., 2003.
- [6] R. G. Ogier, M. G. Lewis and F. L. Templin, "Topology Broadcast Based on Reverse-Path Forwarding," RFC 3684, IETF, Feb., 2004.
- [7] C. E. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing," RFC 3561, IETF, Jul., 2003.
- [8] Dave Johnson, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)," Internet Draft, IETF, Jul., 2004.
- [9] V. Park and M. Corson, "Temporally Ordered Routing Algorithm(TORA) Version 1-Functional Specification," Internet Draft, IETF, Oct., 1999.
- [10] J. Haas and M. R. Perlman, "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks," Internet Draft, IETF, Mar., 2000.
- [11] E. M. Royer and C. K. Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks," IEEE Personal Communications, Apr., 1998.
- [12] Debasree Banerjee, "Local Repair Analysis in Ad Hoc Networks," [www.soe.ucsc.edu/~dbanerje/14/Templates/252B.pdf](http://www.soe.ucsc.edu/~dbanerje/14/Templates/252B.pdf)
- [13] Alvin Valera et. al., "Cooperative Packet Caching and Shortest Multipath Routing in Mobile Ad hoc Networks," in IEEE INFOCOM 2003.
- [14] U. C.Kozat et. al., "Virtual Dynamic Backbone for Mobile Ad-hoc Networks," ICC, pp.250~255, 2001.
- [15] A. Qayyum et. al., "Multipoint Relaying for Flooding Broadcast Messages in Mobile Wireless Networks," Proc. The 35<sup>th</sup> Annual Hawaii International Conference on System Science, pp.3898~3907, 2002.
- [16] C. R. Lin and J. S. Liu, "QoS Routing in Ad Hoc Wireless Networks," IEEE JSAC, vol. 17, no. 8, Aug., 1999.
- [17] The VINT Project, "The network simulator ns-2," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.