

# Ad-Hoc 네트워크에서 신뢰성 있는 경로제공을 위한 다중경로 설정 라우팅 프로토콜<sup>1)</sup>

Multi-path Routing Protocol for Reliable Route In Ad-Hoc Network

서돈철

(광운대학교 전자통신공학과, 석사과정)

김화성

(광운대학교 전자통신공학과, 교수)

## 목 차

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| I. 서론                                    | III. 역 경로 정보와 Overhearing을 통한 다중경로 설정 |
| II. AODV와 AOMDV의 동작 메커니즘                 | IV. 실험환경 및 결과                         |
| 1. Route Discovery and Route Maintenance | 1. 실험 환경설정                            |
| 2. Sequence Number and Loop Freedom      | 2. 실험 결과 및 분석                         |
| 3. AOMDV의 다중경로 설정시 문제점                   |                                       |

## 1. 서 론

최근의 컴퓨팅 환경은 데스크탑 PC에서 Post-PC로, 네트워크 환경은 유선에서 유무선 환경으로 급격하게 변하고 있다. 또한 독립적으로 운용되던 기존의 모든 통신망들이 IP를 기반으로 통합되고 있으며, 동시에 다양한 형태의 휴대용 임베디드 시스템의 출현과 무선 이동통신 기술의 발전으로 인하여 시간과 장소에 제한을 받지 않고 언제 어디서든지 네트워크를 지원할 수 있는 유비쿼터스(Ubiquitous) 컴퓨팅 환경 구축에 대한 필요성이 대두되고 있다. 따라서 유비쿼터스 환경 구축을 위한 핵심 기술인 애드 혹 네트워크에 대한 관심이 높아지고 있는데 여기에서 애드혹 네트워크란 패킷 데이터를 전송하기 위하여 이미 존재하는 유선망이나 고정 액세스 노드의 도움 없이 무선 이동 노드들 스스로가 동적으로 망을 구성할 수 있는 네트워크를 말한다. 이러한 애드 혹 네트워크는 차세대 이동통신망의 액세스망으로 활용됨으로써 사용자가 가지고 있는 다양한 무선 기기들에 대해 네트워크 연결성을 제공하여 궁극적으로 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 제공할 수 있도록 하는 핵심 기술이다.

이동 애드 혹 네트워크는 노드의 이동성으로 인한 동적인 네트워크 위상(topology) 그리고 제한된 채널 대역폭과 노드의 전원으로 특징지을 수 있다.

이러한 애드 혹 네트워크에서 가장 중요한 문제는 동적인 네트워크 위상에서 적은 오버헤드로 경로설정을 할 수 있도록 하는 것이다. 여기에서 오버헤드는 경로 설정을 위한 제어 메시지를 말하는데 이런 제어 메시지는 데이터 전송을 하는

데 있어 채널 대역폭뿐만 아니라 이를 처리하기 위해서 노드의 전원을 소비하게 된다.

이런 오버헤드를 줄이기 위해서 데이터를 전송하기 위한 경로가 필요할 때에만 제어 메시지를 이용하는 On-Demand 방식의 라우팅 프로토콜이 제안 되었다. 이런 방식이 라우팅 프로토콜의 예로서는 DSR(Dynamic Source Routing), TORA(Temporally Ordered Routing Algorithm), AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector) 등이 있다. 앞의 라우팅 프로토콜은 모든 단말들 간의 경로를 주기적으로 업데이트 하여 유지하는 Proactive 방식의 프로토콜과 대조된다[1]. 최근 애드 혹 네트워크의 성능에 관한 연구에서 On-demand 라우팅 프로토콜이 Proactive 라우팅 프로토콜에 비해서 낮은 라우팅 오버헤드를 요구함을 보여주었다[2].

하지만 On-demand 방식의 라우팅 프로토콜은 높은 경로 발견 지연(Delay)과 동적인 네트워크 환경에서 잦은 경로발견 과정을 거침으로서 라우팅 프로토콜의 성능의 저하라는 문제점을 가지고 있다.

이를 해결하기 위하여 기존 연구에서는 대표적인 On-demand 방식의 라우팅 프로토콜인 AODV에 다중경로 설정 메커니즘을 적용하여 한번의 경로발견 과정을 통해 다중경로를 설정하는 방법을 제시하였다[3,4].

이러한 다중경로 설정방법은 경로설정 지연뿐만 아니라 라우팅 오버헤드를 줄이는데 있어서도 효과적인 방법으로 적용될 수 있다. 또한 다중경로 설정 메커니즘은 애드 혹 노드의 부하를 분산 시키는데 있어서도 이용될 수 있다.

이를 위해서 본 논문에서는 기존 다중경로 설정 라우팅 프로토콜인 AOMDV(Ad-hoc On-demand Multipath Distance Vector) 라우팅 프로토콜을 개선하여 보다 빠르고 효과적인 장애 극복 능력과 동적인 네트워크 상황에서 신뢰성 있는 경

1) 본 연구는 2002년 산학연 공동 기술 개발사업으로 수행되었음.

로 제공 방법을 제시하는데 목적을 둔다.

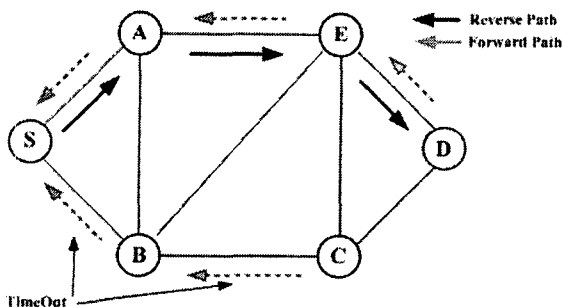
본 논문의 내용은 다음과 같이 2장에서는 기존 AODV 라우팅 프로토콜과 이를 개선한 AOMDV 라우팅 프로토콜의 동작 메커니즘과 문제점을 제시하였고 3장에서는 본 논문에서 문제 해결방안으로 적용한 다중경로 설정 메커니즘에 대하여 설명 하였다. 그리고 4장에서는 이를 적용한 실험환경과 그 결과를 제시 및 분석하였고 마지막으로 5장에서는 결론 및 앞으로의 연구방향을 제시하였다..

## II. AODV와 AOMDV의 동작 메커니즘

AODV 는 기존의 Proactive 방식의 애드 혹 라우팅 프로토콜인 DSDV의 Destination Sequence Number(목적지 순서번호)와 On-demand 방식의 프로토콜 DSR의 On-demand 경로발견 방식을 결합한 Loop-free, On-demand, 단일경로, distance vector 의 특성을 제공하는 프로토콜이다. AODV는 크게 경로 발견(Route Discovery)과 경로유지(Route Maintenance)의 메커니즘으로 동작을 하게 된다[3]. 이 절에서는 AODV와 AOMDV의 기본적인 동작 메커니즘과 AOMDV의 문제점에 대해서 설명한다.

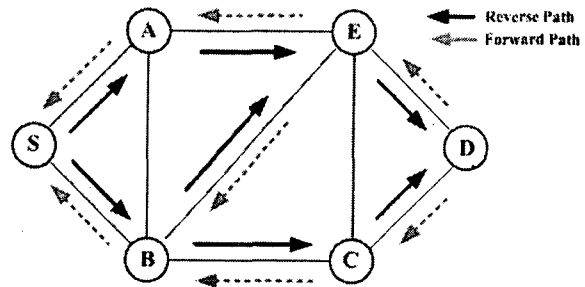
### 1. Route Discovery and Route Maintenance

경로발견 과정은 소스 노드로 데이터를 전송하기 위해 목적지까지의 경로를 필요로 하게 되면 수행되는데 이는 목적지 노드로 향하는 RREQ(Route Request) 패킷을 Flooding 하고 목적지 노드로부터 RREP(Route Reply)패킷을 받는 과정을 포함한다. 이때 중간 노드는 RREQ패킷을 전송한 노드로 향하는 소스 노드까지의 역 경로를 설정하게 된다. 이 과정에서 중간 노드가 중복된 RREQ 패킷을 수신하는 경우가 발생하는데 이러한 중복된 RREQ 패킷은 삭제되게 된다. 중간 노드에서 목적지 노드로 향하는 유효한 경로를 유지하고 있는 경우 RREQ 패킷을 다시 Flooding 하는 대신 중간 노드에서 직접 소스 노드로 역 경로를 따라서 RREP 패킷을 전송하게 된다. 그러나 RREQ 패킷이 목적지 노드까지 전송이 이루어진 경우는 RREP 패킷을 RREQ 패킷의 Flooding 과정을 통해 설정된 역 경로를 통해 소스 노드로 전송하게 된다. 이렇게 소스 노드가 RREP 패킷을 수신함으로써 그림1과 같이 데이터 전송을 위한 경로설정이 이루어지게 된다.



<그림1> AODV의 역 경로설정과 순방향 경로설정

이에 반하여 AOMDV의 경로 발견과정에서의 차이점은 RREQ 메시지를 전송할 때 AODV와는 달리 소스 노드로부터 처음으로 RREQ 메시지를 수신하게 되는 노드는 RREQ 메시지에 자신의 노드 ID를 추가하게 된다. 목적지 노드까지 전송된 모든 RREQ 메시지에 대하여 목적지 노드는 RREP 메시지를 전송하게 되는데 이때에도 역시 목적지 노드로부터 처음으로 RREP 메시지를 수신하는 노드는 RREP 메시지에 자신의 노드 ID를 추가 하여 소스 노드로 전송하게 된다. 이렇게 RREQ 와 RREP 메시지에서 얻어진 홉 정보를 통하여 AOMDV는 Link Disjoint 한 특성을 갖는 다중경로를 설정할 수 있게 된다. 그림2는 AOMDV의 중복된 RREQ 메시지 정보를 이용한 다중경로 설정 모습을 보여준다.



<그림2> AOMDV의 다중경로 설정

여기에서 Link Disjoint 경로란 다중경로 설정에 있어서 각 경로가 중복된 링크를 가지지 않음을 나타내는데 이를 통하여 각 경로의 링크 실패가 독립적으로 발생하게 된다. 하지만 Ad-Hoc 네트워크 이동 노드들의 이동성이 큰 경우에 있어서 다중 경로 상의 노드가 이동함으로 인하여 여러 개의 경로가 동시에 사용 가능하지 않게 되어 네트워크의 동적인 특성에 크게 영향을 받게 된다는 문제점이 있다.

이에 비해 Node Disjoint 경로는 다중경로 설정에 있어서 각 경로들 사이에 중복된 노드를 포함하지 않는 특성을 가지는데 이러한 경로들은 노드의 이동으로 인한 경로 실패가 서로 독립적으로 일어나게 되고 네트워크의 부하를 분산시키는 효과를 기존 연구에서 보여 주었다. 그러나 Node Disjoint 방식의 다중 경로 설정은 중복된 노드를 포함하지 않는 경로를 설정하기 때문에 Link Disjoint 방식에 비하여 설정 가능한 경로의 수가 제한된다는 문제점이 있다. AOMDV는 설정 가능한 경로 수를 증가시키기 위하여 Link Disjoint 방식으로 다중경로를 설정하고 있다.

AODV와 AOMDV의 경로 유지는 RERR(Route Error) 패킷을 이용하여 이루어지며 AODV와 AOMDV 모두 동일한 방식으로 중간 노드가 이동하여 목적지 노드로 데이터를 전달할 수 없게 되면, 소스 노드에서 목적지 노드로의 상향 스트림이 파괴된 이전의 노드는 새로운 순서번호와  $\infty$ 의 홉 카운트를 가지는 RERR 패킷을 전송하게 된다. 소스 노드에서 이런 RERR 패킷을 수신하게 되면 데이터 전송을 위해 경로가 계속 필요한 경우 소스 노드는 새로운 경로발견 과정으로 초기화 한다. 각 노드에서 사용되지 않는 경로는 타이머를 이

용하여 삭제 되게 된다[3,4].

## 2. Sequence Number and Loop Freedom

AODV와 AOMDV 라우팅 프로토콜에 있어서 Loop-free 한 경로설정이 중요한 요소인데 이를 위해 경로 상의 모든 노드는 특정 목적지 단말로 향하는 경로에 대해 동일하게 증가하는 순서번호(Sequence Number)를 유지한다.

모든 노드는 각 목적지 노드에 대해 가장 높은 순서번호를 라우팅 테이블에 유지하는데 이를 목적지 순서번호(Destination Sequence Number)라 한다. 목적지 순서번호는 모든 제어 메시지에 포함이 되는데 이를 통해서 같은 목적지 노드에 대한 여러 개의 제어 메시지 중에서 가장 최근의 경로 설정 정보를 선택할 수 있도록 해주는 매커니즘을 제공한다.

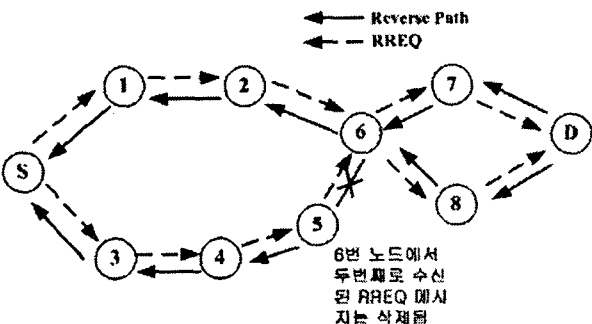
따라서 AODV와 AOMDV 라우팅 프로토콜은 각 경로에 대해 동일하게 증가하는 목적지 순서번호를 통하여 Loop 경로를 방지할 수 있다[3,4].

## 3. AOMDV의 다중경로 설정시 문제점

AOMDV에서는 중복된 RREQ 메시지 수신으로 인한 Loop 경로를 방지하지 위하여 크게 세 가지 방법을 따르고 있는데 기존 AODV의 순서번호와 Route advertisement rule 과 Route acceptance rule 이다. AOMDV 와 AODV 의 동작 매커니즘 상의 큰 차이점은 중복된 RREQ 메시지의 수신과 다중경로를 유지하지 위한 Advertised 홉 카운트의 사용이다. 위에서 언급한 Route advertisement rule 과 Route acceptance rule 이 Advertised 홉 카운트에 적용된다.

- Route advertisement rule : 이전에 Advertised 된 경로의 홉 수 보다 짧은 홉 수를 가지는 경로에 대해서는 Advertise 할 수 없다.
- Route acceptance rule : 이전에 Advertised 된 경로의 홉 수 보다 긴 홉 수를 가지는 경로는 accept 할 수 없다.

위의 두 가지 법칙을 적용하여 다중경로 설정을 수행하게 되면 중복된 RREQ 메시지를 수신하는 과정에서 일부의 RREQ 메시지에 포함된 경로정보가 삭제됨으로써 설정 가능한 경로의 수가 제한되는 문제점이 발생하게 된다. 아래의 그림3은 그러한 예를 보여준다.



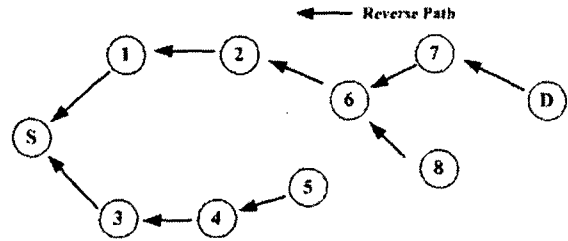
<그림3> AOMDV에서 중복된 RREQ 메시지 삭제로 인한 문제점

## III. 역 경로 정보와 Overhearing을 통한 다중경로 설정

본 논문에서는 기존의 AODV와는 달리 목적지 단말에서 수신된 모든 RREQ 메시지에 대해 RREP 메시지를 전송하여 RREQ Flooding에 의해 생성된 노드들 간의 역 경로정보가 버려지지 않고 효과적으로 다중경로 설정에 사용될 수 있도록 하고자 한다. 아래의 그림2는 기존 AODV의 경로 설정과정에서 생성되는 역 경로를 나타낸 것이다.

반면에 중간 노드들이 중복된 RREQ 메시지를 수신하고 처리하는 AOMDV와는 다르게 기존 AODV처럼 처음 도착한 RREQ 메시지만을 처리하도록 함으로써 저비용 다중경로 설정이 수행될 수 있도록 한다.

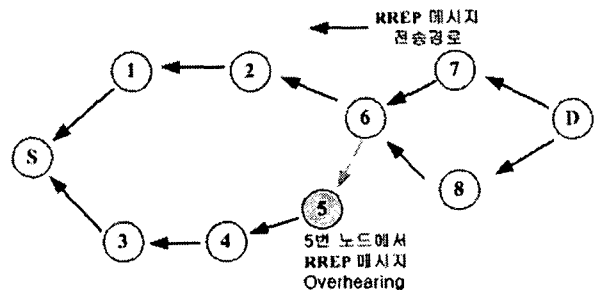
그러나 역 경로 정보만을 이용하여 다중경로 설정시 그림4와 같이 설정되는 사용 가능한 경로의 수가 제한된다는 문제점을 가지고 있다.



<그림4> 기존 AODV에서 생성되는 역 경로

이러한 문제점을 해결하기 위해 그림5에서와 같이 목적지 노드에서 보내게 되는 RREP 메시지를 중간 노드에서 Overhearing 하도록 하여 추가적인 경로를 획득 할 수 있도록 한다[6].

여기에서 RREP 메시지 Overhearing을 수행하는 노드는 RREQ 메시지 Flooding을 통하여 라우팅 테이블에 소스 노드로 향하는 역 경로 정보가 존재하는 노드이다.



<그림5> 제안하는 다중경로 설정 매커니즘

따라서 목적지 노드에서 중복된 RREQ 패킷을 수신하여 이에 대한 RREP 패킷을 바이캐스트 형태로 보내게 되고 중간 노드에서는 RREP 패킷을 Overhearing 하도록 함으로써 효과적으로 다중 경로를 설정할 수 있게 된다. 또한 소스 노드에서는 중복된 RREP 패킷을 수신하여 현재 사용 가능한 경로

의 수를 알 수 있게 된다. 이를 통하여 기존의 AODV에서 생성되는 역 경로 정보와 RREP 패킷 Overhearing을 통하여 추가적인 오버헤드를 필요로 하지 않고 다중경로를 설정할 수 있으며 AOMDV에 비해 사용가능한 경로의 수가 증가하게 된다.

## IV. 실험환경 및 결과

### 1. 실험 환경설정

본 논문에서는 제안된 메커니즘의 성능을 검증하기 위해 NS-2 시뮬레이터를 이용하여 비교 실험을 수행하였다. 실험에서 MAC 계층은 802.11을 사용하며 노드의 전송 범위는 250m 이고 네트워크 대역폭은 2 Mbps 로 설정 하였다[5].

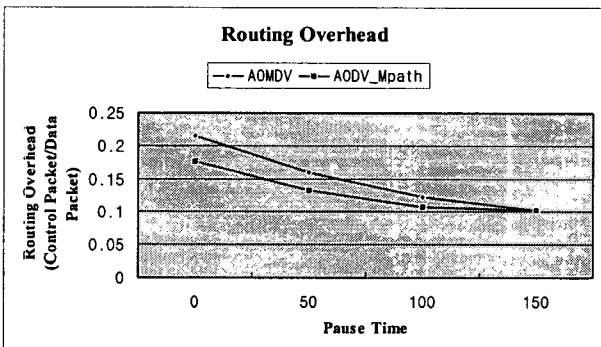
### 2. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위하여 데이터 패킷이 CBR, 4 Packet/s로 전송되는 12개의 세션을 시뮬레이션 동안 생성되도록 하였다. 시뮬레이션은 400s 동안 수행하였으며 모두 10회를 수행하여 실험 결과를 도출해 내었다.

그림6은 기존 다중경로 설정 라우팅 프로토콜인 AOMDV와 본 논문에서 제안하는 다중경로 설정 라우팅 프로토콜의 라우팅 오버헤드를 측정된 것이다.

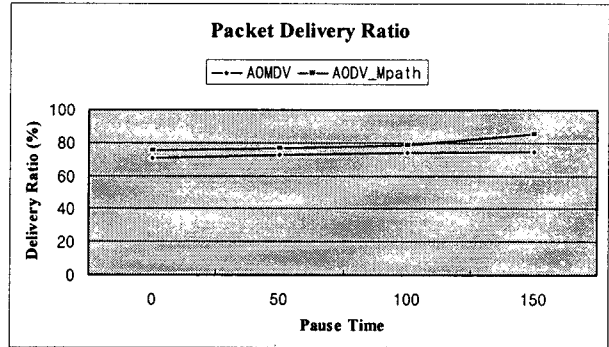
여기에서 라우팅 오버헤드는 데이터 패킷을 전송하기 위해서 어느 정도의 제어 메시지를 필요로 하는지를 나타내고 Pause Time은 노드의 이동성을 나타내며 그 값이 작을수록 노드의 이동성이 더욱 크다.

이 실험 결과를 통하여 노드의 이동성이 커질수록 본 연구에서 제안하는 다중경로 설정 메커니즘이 더 작은 라우팅 오버헤드를 필요로 함을 보여준다. 이 결과는 본 논문에서 제안하는 방식의 다중경로 설정이 AOMDV에 비하여 보다 안정적인 경로를 제공함을 나타내는데 이는 본 논문에서 제안하는 다중경로 설정 라우팅 프로토콜이 보다 많은 수의 다중경로를 제공하기 때문이다.



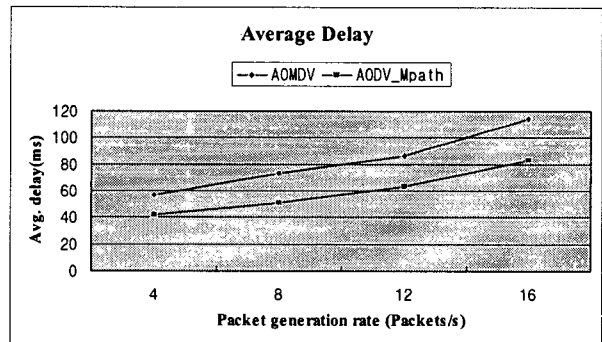
<그림6> 데이터 전송시 라우팅 오버헤드

다음은 노드의 이동성에 따른 패킷의 전송률을 측정하기 위한 실험 결과를 그림7에서 보여주는데 본 논문에서 제안하는 메커니즘이 최소 5%에서 최대 10% 이상 전송률이 향상되었음을 보여준다. 이는 본 연구에서 제안하는 방식이 AOMDV에 비해 노드의 이동성으로 인한 영향을 최소화시킴을 보여준다.



<그림7> 노드의 이동성에 따른 패킷의 전송률

그림8은 노드의 이동성이 매우 큰 상태에서 네트워크 트래픽 증가에 따른 데이터 전송시의 평균 지연 시간을 측정하기 위하여 패킷 전송률을 증가 시키면서 본 논문에서 제안하는 메커니즘과 AOMDV의 비교 실험을 수행한 결과이다. 이를 통하여 본 논문의 제안 방식이 경로 발견 과정으로의 초기화 횟수를 줄여 AOMDV에 비하여 데이터 전송시 더 작은 지연 시간을 가짐을 보여준다.



<그림8> 네트워크 트래픽 증가에 따른 평균 Delay

위의 실험 결과들을 종합해 볼때 본 논문에서 제안하는 다중경로 설정 메커니즘이 노드의 이동성이 큰 경우에 있어서 보다 우수한 성능을 보여줌을 알 수가 있었다.

## V. 결론

본 연구에서는 기존 제안된 다중경로 설정 라우팅 메커니즘에 비해 단일 경로 설정 라우팅 알고리즘의 메커니즘을 최소한으로 수정하여 더 많은 다중경로 설정을 수행 할 수 있음을 보여준다. 따라서 본 논문에서 제안하는 다중경로 설정

메커니즘을 통하여 애드 혹 네트워크에서 중간 노드의 이동으로 인한 잦은 경로 실패와 경로 설정 과정으로의 초기화 횟수를 줄여 노드의 이동성으로 인한 영향을 최소화함으로써 신뢰성 있는 경로를 제공함을 알 수 있었다.

앞으로의 과제는 AODV와 AOMDV 에서의 지역 경로 복구 방법을 개선하여 RREQ 패킷의 Flooding 범위를 제한함으로써 이로 인한 네트워크 자원의 낭비를 최소화하는 것과 효과적인 네트워크 오버헤드 분산 메커니즘이 제시되어야 할 것이다.

### 참고문헌

1. C.K Toh, "Ad Hoc Mobile Wireless Networks Protocols and Systems", Prentice Hall, 2002.
2. Smir R. Das, Charles E. Perkins, Elizabeth M. Royer, "Performance Comparison of Two On-demand Routing Protocols for Ad Hoc Networks", IEEE Personal Communications, Volume:8 Issue:1, Feb 2001, page:16~28.
3. C. E. Perkins and E. M. Royer. "Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing.", In Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA), pages 90-100, 1999
4. Mahesh K.Marina, Samir R.Das, "On-demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Networks," In procedins of the International Conference for Network Protocols(ICNP), 2001
5. Sung-Ju Lee and Mario Gerla, "AODV-BR:Backup Routing in Ad hoc Networks," In Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference(WCNC), pages 1311-1316, 2000
6. K. Fall and K. Varadhan(Eds.), The ns Manual <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentations.html>, 2002