

단방향 이동 Ad Hoc 망에서의 다중경로를 이용한 QoS 라우팅 프로토콜

강 경 인[†]·박 경 배^{††}·유 충 렬^{†††}·정 찬 혁^{††††}
이 광 배^{†††††}·김 현 옥^{†††††}

요 약

이동 애드 혹(Ad hoc)네트워크란 노드의 이동에 따라 실시간으로 변하는 무선 링크로 연결되어진 여러 개의 단말기들로 구성된 있는 자치분산 네트워크를 의미한다. 지금 까지 이동 ad hoc 네트워크에서의 통신은 Voice(음성)와 Data(데이터)통신을 제공하는 Best effort(최선형)서비스를 제공하는 라우팅 프로토콜만이 고려되어왔기 때문에 이동 네트워크를 사용하는 사용자가 많은 양의 자원을 차지하는 VOD(Video On Demand)와 같은 멀티미디어 Data를 보다 빠르고 정확하고 신속하게 전송하기 위해서는 기존의 Best effort 방식으로 전송되는 라우팅 프로토콜에는 많은 한계가 있었다[1]. 따라서 본 논문에서는 성능평가를 위해 단방향 환경 하에서의 QoS(Quality of Service)를 고려한 제안한 알고리즘을 적용하였다. 성능평가 카네기 멜론 과 버클리대학에서 만드는 Ns-2를 사용하여 최선형 서비스(Best Effort)와 비교하여 QoS 서비스의 수신율 상승과 평균 경로설정 시간의 감소, 네트워크 부하 감소를 얻을 수 있었다.

QoS Routing Protocol using multi path in Unidirectional Mobile Ad Hoc Networks

Kyeong-In Kang[†] · Kyong-Bae Park^{††} · Choong-Yul Yoo^{†††} · Chan-Hyeok Jung^{††††}
Kwang-Bae Lee^{†††††} · Hyun-Ug Kim^{†††††}

ABSTRACT

It is the Mobile Ad Hoc Networks that constituted with several mobile node that can communicate with other mobile nodes. Until now, there were no routing protocols considering such as Multimedidata ,VOD (Video On Demand), which is required of lots of bandwidth in Mobile Ad Hoc Network, So we are in the need of QoS (Quality of Service)routing protocol to transmit the data packets faster and more accurate. Also, there are an unidirectional links due to asymmetric property of mobile terminals or current wireless environments on practical mobile ad hoc networks. However, at present, the existing mobile ad hoc routing protocols are implemented to support only bidirectional links. In this paper, we propose the Advanced Routing routing protocol in order to implement a new routing protocol, which is fit to mobile ad hoc networks containing unidirectional links and to support QoS service. For the performance evaluation, we use NS-2 simulator of U.C. Berkeley. We could get not only increased received data rate and decreased average route discovery time , but also network load decreases with compared Best effort service.

키워드 : 애드혹(Ad Hoc), 이동 네트워크(Mobile Network), QoS(Quality of Service), 무선통신(Mobile Communication)

1. 서 론

무선링크로 연결되어 일정한 제한 대역 내에 있는 다른 이동노드들과 송수신을 할 수 있는 자치 분산 네트워크로 구성된 이동 ad hoc 네트워크는 고정된 기반망(Infrastrure) 구조가 없는 환경에서 이동 노드만으로 구성된 자치 분산

네트워크 시스템을 말한다[2, 3].

이러한 ad hoc 네트워크는 기반망이 구축되어 있지 않은 군사활동지역이나, 회의장, 긴급재난지역 등에 응용되어, 보다 빠르고 신속한 효율적인 망의 형태를 구성을 요구한다.

이동 ad hoc 네트워크의 특성상 노드들의 빈번한 이동으로 인해 무선상의 여러 가지 문제점이 발생하게 된다. 노드와 노드사이의 링크가 양방향이라고 가정할 기존의 ad hoc 라우팅 프로토콜은 소스 노드에서 목적지 노드사이의 순방향 경로 상에 실제적인 단말기의 비대칭성이나 무선환경 특성으로 인해 단방향 링크가 존재하는 경우 이에 대한 고려

† 정 회 원 : 여주대학 정보통신과 교수
†† 정 회 원 : 여주대학 컴퓨터사이언스와 교수
††† 정 회 원 : 동아방송대학 인터넷방송과 교수
†††† 준 회 원 : 명지대학교 대학원 전자공학과
†††† 정 회 원 : 명지대학교 전자공학과 교수
논문접수 : 2002년 7월 29일, 심사완료 : 2002년 11월 27일

가 없는 실정이다.

지금까지 이동 애드혹 네트워크상에서의 데이터의 송수신은 데이터의 Quality를 고려하지 않은 Best effort 전송만을 고려한 라우팅 프로토콜이 주를 이루었기 때문에 이러한 라우팅 프로토콜 방식으로는 많은 양의 자원영역을 필요하지 않은 Voice통신이나 Text 기반의 적은양의 자원값을 차지하는 데이터 통신의 서비스에 적당하다. 하지만 최근 들어 늘어나고 있는 고용량의 멀티미디어를 이용한 웹 콘텐츠와 데이터패킷의 증가로 인해 기존의 라우팅 프로토콜로는 이와 같은 데이터를 서비스하기에는 한계가 있다. 실제로 이동 애드 혹 네트워크 상에서 단말기를 사용하는 사용자가 Best effort 방식으로 많은 양의 자원영역을 차지하는 데이터 패킷을 전송하고자 할때는 사용자가 원하는 대역폭을 고려하지 않기 때문에 경로를 재 설정함으로써 불필요한 네트워크 부하를 발생시킴으로써 데이터의 전송 시간 뿐만 아니라 원하는 수준의 Quality를 제공하지 못하고 있다. 본 논문에서는 이동 Ad Hoc 망 라우팅 프로토콜인 DSR(Dynamic Source Routing)을 사용하여 단 방향성 링크들을 포함하는 이동 Ad Hoc 망에서 유용한 자원을 고려한 QoS 지원을 위한 전처리 과정을 삽입함으로써 보다 신속하고 정확한 QoS 지원과 자원 소비를 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. 또한 다중경로를 이용하여 경로에러 생성 시에 경로를 재 설정함으로써 생성되는 네트워크 부하를 방지 할 수 있는 라우팅 프로토콜을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 Ad Hoc 망의 기본 개념과 기존의 DSR 라우팅 프로토콜을 간단히 설명하였다. 3장에서는 본 논문에서 제안한 단방향성 링크 환경 하에서 QoS를 지원하는 DSR 라우팅 프로토콜에 대해 서술하였다. 4장에서는 여러 시나리오에 따라 성능평가를 수행하며, 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

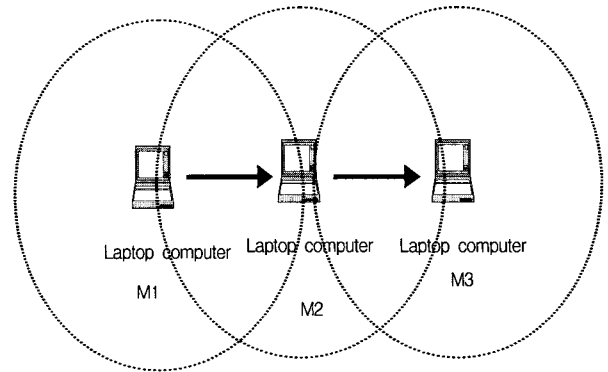
2. Ad-Hoc 망

2.1 기본 개념

Ad Hoc 망은 기존의 기반망(Infrastructure)의 도움 없이 노드 자체 내에 다른 이동 단말기들과 송수신을 할 수 있는 라우팅기능을 가지고 있는 자치 분산 네트워크 시스템으로써 전쟁이나 화재 등 재난지역이나 신속하게 네트워크를 설치가 요구되는 지역에서 사용된다. (그림 1)은 이동 Ad Hoc 망에서의 세 개의 이동 노드 M1, M2, M3를 보여주고 있다. 노드 M1은 중간노드 M2를 통해 노드 M3로 데이터가 전송되는 과정을 나타내고 있다.

현재 이동 애드 혹 네트워크에 제안된 라우팅 프로토콜은 일반적으로 테이블 구동(table driven) 방식과 요구 기반 구동(on demand driven) 방식으로 나눌 수 있다[4, 5].

테이블 구동 방식은 DSDV와 DSDV에서 파생된 CGSR(Clusterhead Gateway Switch Routing)과 WRP(Wireless Routing Protocol) 등으로 구분할 수 있다.



(그림 1) 3개의 무선이동호스트를 갖는 Ad Hoc 망

요구 기반 구동 방식은 DSR, AODV, TORA(Temporally Ordered Routing Protocol) 및 ABR(Associativity Based Routing) 등이 있다[6].

2.1.1 테이블 구동 라우팅 프로토콜

테이블 구동 라우팅 프로토콜은 각 노드로부터 네트워크 내의 다른 모든 노드로 일관되게 갱신되는 라우팅 정보를 유지한다.

이러한 프로토콜은 라우팅 정보를 저장하기 위하여 하나 또는 그 이상의 테이블을 필요로 하며, 네트워크 정보를 전송하여 모든 노드들이 일관된 네트워크 토폴로지에 대한 정보를 갖도록 테이블을 갱신한다.

2.1.2 요구 기반 구동 라우팅 프로토콜

요구 기반 구동 라우팅 프로토콜은 테이블 구동 라우팅 프로토콜과는 다른 접근 방식을 사용한다. 이러한 방식의 경우, 소스 노드의 필요에 따라 경로가 설정된다. 목적지 노드로의 경로가 필요하면, 네트워크 내의 경로 발견 과정을 수행한다.

이 과정은 경로가 발견되거나, 모든 가능한 경로 가능성에 대한 검사가 끝난 후에 완료된다. 이 경로는 목적지 노드로 접근 불가능하게 되거나, 경로가 더 이상 필요 없을 때까지 유지된다.

2.2 DSR 라우팅 프로토콜

DSR 라우팅 프로토콜은 요구기반 방식으로써 소스노드가 패킷을 받아 해당 목적지로의 패킷을 전송하고자 하려는 통신요구가 있을 경우에만 시작된다. 이때 소스노드에서 목적지 노드를 향해 전송되는 각 경로 설정요구 패킷에는 경로 상에 있는 모든 노드의 주소들을 순서적으로 기록함으로써 소스 노드에서 목적지 노드까지의 순방향 경로를 완성하게 된다.

즉, DSR 라우팅 프로토콜은 소스노드에서 생성한 패킷의 헤더(header)에 목적지 노드까지의 경로를 순서적으로 기록하여 완전한 노드경로를 생성하는 소스 라우팅 방식이라고 할수 있다[7].

2.2.1 경로 발견

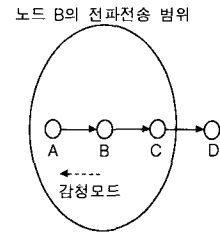
RREQ(Route Request)를 브로드 캐스트(broadcast)한 노드의 전송영역 내에서 RREQ를 수신한 노드들은 중복된 경로와 루프를 제거하기 위해 다음과 같은 단계를 수행한다.

- ① 수신된 RREQ가 현재노드의 <소스주소, 요구 식별자> 목록에서 발견될 경우는 수신된 RREQ는 이미 수신된 것으로 간주하여 중복된 RREQ로 판단해 폐기한다.
- ② 수신노드의 <소스주소, 요구식별자> 목록에 없는 경우, 노드는 RREQ 상의 경로 레코드(route record)내에서 자신의 주소가 발견될 경우는 루프로 간주해 폐기한다.
- ③ RREQ 상의 경로 레코드에서 자신의 주소가 발견되지 않은 경우, 현재의 노드가 RREQ의 목적지노드일 경우는 RREQ 상의 route record에 기록된 경로를 경로응답패킷(route reply packet : RREP)에 복사한 후, 그 발견된 경로의 역방향 경로를 이용하여 소스노드로 전송한다.
- ④ 만약 자신이 RREQ의 목적지노드가 아닐 경우, 자신의 주소를 RREQ의 경로 레코드에 추가시키고 RREQ를 다시 브로드 캐스트한다[8].

2.2.2 경로 유지

DSR은 주기적인 경로유지 정보를 교환하지 않고 데이터 패킷 전송시, 경로유지과정을 수행한다. 이때, 중간노드들은 양방향 링크 상에서 경로유지 과정을 수행하여 경로의 동작 상태와 에러를 탐지하고 에러 탐지시 그 사실을 소스노드에게 알린다. 다음은 DSR 라우팅 프로토콜에서 경로유지에 사용하는 방법들이다[9].

- ① IEEE 802.11에서처럼 연결 계층에서 응답 신호를 사용하는 경우, 패킷을 전송한 노드가 다음 노드로부터의 응답 신호가 도착하면 자신과 다음 노드 사이의 경로에는 문제가 없음을 인식한다.
- ② 경로 에러를 탐지하기 위하여 감청 모드를 사용하는 것이다. 패킷을 전송한 노드에서 다음 노드가 자신이 전송한 패킷을 그 다음 노드로 전송하는 것을 감청 모드를 통해 수신하면 자신과 다음 노드 사이의 링크에 문제가 없는 것으로 인식한다. (그림 2)와 같이 노드 A노드가 B로 전송한 패킷을 다시 B 노드가 노드 C로 패킷을 전송하고 있을 때, B의 전파 범위 이내에 있는 노드 A가 패킷을 수신하게 되면 노드 A-B 사이의 링크에 에러가 없음을 인식한다[10].
- ③ 명백한 응답 신호를 요구하는 방법이 있다. 패킷을 다음 노드로 전송하기 전에 송신 노드는 확인 요구(acknowledgement request) 필드를 세팅하여 전송한다. 패킷을 수신한 노드는 반드시 이전 노드로 응답 신호를 보내주어야 한다. 만일 송신 노드에서 응답 신호를 수신하지 못한다면 송신 노드는 자신과 다음 노드 사이의 링크에 에러가 발생한 것으로 인식한다. (그림 2)는 감청 모드를 이용한 경로유지 방법에 대해 나타내고 있다.



(그림 2) 감청모드를 이용한 경로유지

3. 제안한 알고리즘

3.1 제안한 알고리즘

본 논문에서는 경로 요구 패킷인 RREQ와 응답패킷인 RREP을 생성한 노드를 정확히 구별하기 위해서 소스 노드에서 생성되는 RREQ와 RREP에는 S(Source)를 붙이고, 목적지노드에서 생성하는 RREQ와 RREP에는 D(Destination)를 붙인다. 또한, 경로 상에 있는 중간노드에서 생성하는 RREQ와 RREP에는 -I(Intermediate)를 붙여서 표시한다. 또한 소스노드에서 목적지노드까지의 전체 연결을 경로라고 칭하며, 이웃노드간의 연결은 링크로 표현한다. 설정된 경로 상에 에러를 발견한 경우 다른 경로로의 신속한 복구를 지원하는 경로유지와 경로 재 설정으로 인한 네트워크 부하 방지를 위해 다중경로를 사용한다.

제안한 라우팅 프로토콜의 수행은 최선형 서비스와 QoS 지원형 서비스로 나누어서 동작한다. 최선형 서비스를 위해 제안한 라우팅 프로토콜 동작 과정은 기존의 DSR 프로토콜 동작 과정에 유용한 자원 결정 과정만이 포함되고, QoS 지원형 서비스는 기존의 DSR 프로토콜에 유용한 자원 결정 과정과 허용 제어 과정 등이 추가된다.

QoS 지원을 위해 기존의 RREQ-S에 QoS지원 서비스와 최선형 서비스를 구분하는 RES(REServation) 필드, 현재경로가 제공하는 유용한 자원을 저장하는 PAR(Path Available Resource) 필드, 역 방향 경로가 제공하는 유용한 통신 자원 값 RPAR(Reverse Path Available Resource) 필드, 소스 노드가 요구하는 최대 자원 요구 값 Rmax(Request max) 필드, 소스 노드가 요구하는 최소 자원 요구 값 Rmin(Request min) 필드, 노드의 제공 가능한 통신 자원 값 NAR(Node Available Resource) 필드, 순방향 경로 상의 변화된 자원 값을 평가하는 RE(Resource Estimate) 필드, 역방향 경로 상의 변화된 자원 값을 평가하는 RRE(Reverse Resource Estimate) 필드 등의 QoS 지원 필드를 추가한다. Rmin 이상을 제공하는 경로만을 찾는 경로 발견 과정을 수행한 결과는 Rmin 이상을 제공하는 경로와 각 경로에 대한 유용한 자원 값을 저장하는 PAR 필드를 QoS 지원형 과정에 제공

RES /BE	PAR /RPAR	Rmax /Rmin	NAR	RE / RRE
---------	-----------	------------	-----	----------

(그림 3) QoS 지원형 IP 옵션 필드

한다. 다음 <표 1>은 제안한 알고리즘에서의 QoS 지원형 IP 필드를 보여주고 있다.

3.2 제안한 알고리즘의 장점

이동 애드 혹 라우팅 프로토콜에서 사용하는 DSR 라우팅 프로토콜은 Best effort 만을 제공하는 서비스이기 때문에 사용자가 많은 양의 자원을 차지하는 데이터의 전송시 사용자의 요구에 맞는 서비스를 제공하지 못하는 단점을 지녔다. 제안한 알고리즘은 기존의 방법과 다른 여러 가지 장점을 지녔다.

기존 DSR 프로토콜에 비하여 제안한 라우팅 프로토콜의 장점은 다음과 같다.

첫 번째, RREQ를 브로드 캐스트하는 경우 노드가 Rmin 이상을 제공하지 못한다면 그 노드를 포함하는 경로도 Rmin 을 제공할 수 없기 때문에 그 노드는 RREQ를 브로드 캐스트하지 않고 폐기함으로써 자원 낭비를 사전에 방지할 수 있다. 흐름 특성에 따라 브로드 캐스트에 따른 자원 낭비를 더 줄이기 위해서 처음부터 Rmax 이상을 제공할 수 있는 노드만이 브로드 캐스트를 할 수 있도록 한다. Rmin 이상을 제공하는 노드만이 브로드 캐스트할 수 있는 경우보다도 자원 낭비를 더 줄일 수 있다. 각 흐름에 특성에 따라 선택적으로 Rmin과 Rmax 사이 값을 가지고 라우팅 프로토콜을 수행할 수 있다.

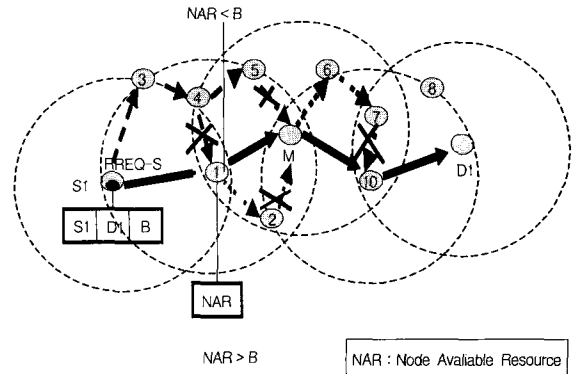
두 번째, 유용한 자원을 고려하지 않은 기존의 DSR 프로토콜의 최단 경로는 유용한 자원을 고려한 제안한 라우팅 프로토콜의 최단 경로와 다를 수 있다. 기존의 DSR 프로토콜에 의한 최단 경로는 시간에 따라 상당히 변동되지만 제안한 라우팅 프로토콜은 시간에 따라 거의 변동되지 않는다. 따라서 좀더 정확한 최단 경로를 설정할 수 있다.

세 번째, 유용한 자원을 고려하지 않은 기존의 DSR 프로토콜은 QoS 지원 과정에서 선택된 최단 경로의 유용한 자원을 알지 못하므로 유용한 자원을 알아내는 과정이 필요하다. 유용한 자원을 고려한 제안한 라우팅 프로토콜은 QoS 지원 과정을 수행하기 전에 이미 유용한 자원을 알고 있기 때문에 데이터 패킷을 보내면서 각 노드에서 유용한 자원을 정확하게 예약할 수 있도록 함으로써 불필요한 자원 예약과 해지를 사전에 방지할 수 있다.

네 번째, 기존의 DSR 프로토콜로 결정된 최단 경로가 Rmin 미만으로 제공하는 경우는 불필요한 라우팅 과정을 수행한 결과를 초래한다. 제안한 라우팅 프로토콜은 불필요한 라우팅 과정을 사전에 방지하여 라우팅 과정 시의 자원 낭비를 막는다.

(그림 4)는 제안한 알고리즘을 이용하여 소스 노드 S1에서 목적지 노드 D1까지의 경로설정 과정시 발생하는 과정을 통해 제안한 알고리즘의 장점을 설명해 주고 있다. 먼저 소스노드 S1는 경로 설정과정시 RREQ 패킷을 자신의 네트워크 반경 내에 있는 이웃노드인 1번, 3번 노드에게 브로드 캐스트한다. 한편 소스노드 S1이 전송한 RREQ 패킷을

수신한 1번 노드는 현재 자신이 S1노드에서 전송한 RREQ 패킷필드에 저장된 자원값 B와 현재 자신의 노드의 라우팅 테이블 저장되어있는 NAR값을 비교하여 1번 노드의 NAR 값이 S1노드에서 전송한 RREQ 패킷의 요구 자원값보다 큰 경우에만 RREQ 패킷을 목적지를 향하여 다시 이웃노드로 브로드 캐스트한다. 만약 1번 노드의 NAR 값이 요구 자원값 B보다 작은 경우에는 패킷을 사전에 폐기 함으로써 네트워크 부하를 줄일 수 있다. 한편 1번 노드에서 전송된 RREQ 패킷은 각 노드에서 허용제어과정을 통해 중간노드인 M,IO노드를 통해 최종 목적지 D1으로 전송된다. 제안한 알고리즘은 경로 발견 과정시 유용한 자원값을 결정하는 허용제어과정을 통해 불필요한 네트워크 부하를 방지할 수 있을 뿐만 아니라 최단 경로로 설정되어 실제 사용자가 요구하는 자원값을 만족시키지 못해 경로를 재 설정함으로써 발생하는 문제점을 방지하였다.



(그림 4) 제안한 알고리즘의 장점

3.2.1 경로발견

제안한 라우팅 프로토콜의 수행은 최선형 서비스와 QoS 지원형 서비스로 나누어서 동작한다. 최선형 서비스를 위해 제안한 라우팅 프로토콜 동작 과정은 기존의 DSR 프로토콜 동작 과정에 단순히 유용한 자원 결정 과정만이 포함되고, QoS 지원형 서비스는 기존의 DSR 프로토콜에 유용한 자원 결정 과정과 허용 제어 과정 등이 추가된다.

QoS 지원형 서비스를 위해 제안한 라우팅 프로토콜은 최단 경로를 결정된 다음에 최단 경로에 대해 허용 제어 과정과 자원 예약 과정을 수행하는 것이 아니라 라우팅 프로토콜 수행시 각 노드가 제공할 수 있는 자원을 고려하여 최단 경로를 선택하는 유용한 자원 결정 과정과 허용 제어 과정을 수행한 다음 최단 경로에 대해 유용한 자원 결정 과정에서 알게 된 자원으로 예약하고 데이터 패킷을 전송한다.

3.2.2 QoS 지원형 서비스의 경로설정 1

QoS 지원형 서비스 경로 발견은 요구 기반 방식으로 소스 노드에서 목적지 노드로 데이터를 전송하려고 할 때, 자신의 경로 캐쉬에 자원 요구 최소값 Rmin 이상을 지원하

는 목적지 노드에 대한 경로가 없을 경우에만 시작된다. 소스 노드는 QoS 지원형 서비스를 표시하기 위해 RES 필드를 1로 하고, 자신이 요구하는 최소 자원 값과 최대 자원 값을 Rmin 필드와 Rmax 필드에 저장하고 자신이 제공할 수 있는 유용한 자원이 Rmin 이상이면 PAR 필드에 저장하고 RREQ-S를 자신의 이웃 노드에게 브로드 캐스트한다. RREQ-S를 수신한 노드가 목적지 노드인지 목적지 노드가 아닌지에 따라 구분하여 다음과 같은 단계를 수행한다. RREQ-S를 수신한 노드가 목적지 노드가 아닌 경우에는 다음과 같다..

- ① 수신된 RREQ-S가 노드의 <소스 주소, 요구 식별자> 목록에 포함되어 있는지를 확인하고, 목록에서 발견되면 RREQ-S를 폐기한다.
- ② 수신 노드의 <소스 주소, 요구 식별자> 목록에 없는 경우, 노드는 RREQ-S 상의 경로 레코드 내에 자신의 주소가 있는지를 확인한다. 만약, 자신의 주소가 발견된 경우는 루프로 간주해 폐기한다. 이 과정은 소스 노드에서만 수행된다.
- ③ RREQ-S 상의 경로 레코드에서 자신의 주소가 발견되지 않은 경우 자신의 경로 캐쉬에 목적지 노드까지의 경로가 저장되어 있고 그 경로의 유용한 자원 값이 Rmin 이상인 경우는 목적지 노드까지 RREQ-S를 유니 캐스트한다. 완전한 경로의 유용한 자원 값은 현재 노드에서 목적지 노드까지의 경로의 유용한 자원 값과 현재 RREQ-S의 PAR 필드를 비교해서 적은 값이 유용한 자원 값이 된다.
- ④ 목적지 노드까지의 경로가 없고 또는 경로가 있더라도 유용한 자원 값이 Rmin 미만인 경우에는 자신의 이웃 노드로 브로드 캐스트한다.

RREQ-S를 수신한 노드가 목적지 노드인 경우에는 다음과 같다.

- ① RREQ-S를 처음으로 수신한 목적지 노드는 RREQ-S 안의 순방향 경로를 RREP-D에 저장하고 역방향 경로를 발견하기 위해서 RREQ-D를 소스 노드로 브로드캐스트한다. RREQ-D에는 RREP-D가 피기백(piggyback)되어진다.
- ② RREQ-D를 수신한 소스 노드는 RREP-D에 저장되어 있는 순방향 경로를 자신의 경로 캐쉬에 저장하고 RREQ-D에 저장되어 있는 역방향 경로를 RREP-S에 저장하여 순방향 경로를 이용해서 목적지 노드로 유니 캐스트 한다.

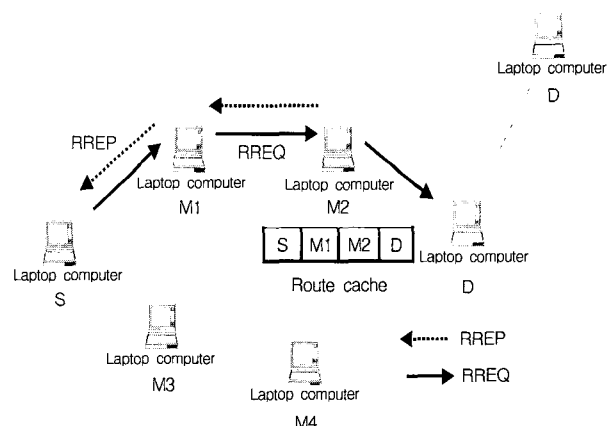
RREP-D를 수신한 소스노드는 먼저 RREP-D를 통해 얻은 목적지노드까지의 순방향 경로가 자신의 라우팅 캐쉬정보로 사용될 수 있는지 점검하고 그러한 경우 자신의 캐쉬에 순방향 경로정보를 추가시킨다. 만약, 소스노드가 RREP-D와 함께 RREQ-D를 수신했다면, RREQ-D에 포함된 역방

향 경로를 RREP-S 패킷에 복사시킨 후, RREP-S를 목적지 노드까지 유니캐스트 방식으로 전송한다. RREP-S 패킷을 수신한 목적지노드는 그 패킷으로부터 목적지노드로부터 소스노드까지의 역방향 경로정보를 추출하여 목적지노드 자신의 캐쉬에 추가시킨다.

3.2.3 QoS 지원형 서비스의 경로설정 2

제한한 알고리즘 두 번째 경로설정의 목적은 다음과 같다. 첫째 네트워크 환경에서의 부하를 고려할 때 목적지 노드에 대한 경로정보를 중간노드에서 저장하고 있는 경우 생성되는 RREP 메시지에 의한 RREP Storm 방지를 위해 둘째 중간노드에서 생성되는 RREP 패킷을 생성하지 않고 곧바로 목적지 노드를 향해 RREQ 메시지를 브로드 캐스트함으로써 이동도가 빈번한 환경에서 보다 정확하고 신속한 경로설정을 위해서 QoS 지원형 서비스의 경로설정 2번째 방법을 제시한다.

이동 애드혹 환경은 이동 노드의 토폴로지가 시시각각 변하는 환경이기 때문에 경로설정을 할 시에 목적지 노드에 대한 경로정보가 노드 자신의 경로캐쉬에 저장되어있어 소스노드에게 유니 캐스트로 목적지 노드에 대한 경로 정보를 알려주게 된다. 하지만 소스 노드로 전송되는 중간에 노드의 이동으로 인해 경로에 애러가 발생하게 된다면 전송된 경로정보를 통해 보내진 데이터 패킷은 손실이 된다. 각 노드가 허용 할수 있는 자원 값을 고려하여 경로설정을 하는 QoS 서비스의 경우 신속하고 정확하게 패킷을 목적지 노드로 전송해야 하기 때문에 빠른 경로설정을 위해 각 노드를 통해 수신되어지는 Reply 메시지의 잘못된 경로 정보로 인해 데이터 패킷 수신율의 감소와 네트워크 부하를 초래하게 된다.



(그림 5) 중간노드에서의 Route Reply

(그림 5)는 기존의 라우팅 프로토콜에서 중간노드 M2에서 목적지 노드 D에 대한 경로정보를 자신 노드의 경로캐쉬에서 저장하고 있을 때 패킷의 소스노드로 RREP 메시지를 유니 캐스트로 전송하는 과정을 보여주고 있다. 한편 목적지 노드 D는 M2 노드에서 전송된 RREP 패킷이 전송

되는 동안 네트워크 범위를 벗어나 이동하였기 때문에 S 노드에서 목적지 D노드로 전송된 데이터 패킷은 잘못된 경로 정보로 인해 손실이 된다. 제안된 알고리즘의 QoS 지원형 서비스의 경로설정-2의 경로설정 방식은 위에서 제안한 방식과 동일하며 중간노드에서 Route Reply를 하지 않고 곧바로 목적지 노드를 향해 RREQ를 전송함으로써 보다 빠르고 정확한 경로설정과 네트워크 부하를 방지하면서 QoS 지원서비스를 해출 수 있다는 장점이 있다.

3.2.4 QoS 지원서비스의 다중경로 설정

QoS 지원 서비스의 순방향에 대한 경로 발견 시 RREQ-S 패킷의 브로드 캐스트로 인해 송신자가 요구하는 자원 값을 만족시킬 수 있는 첫 번째로 생성되는 경로와는 별도로 소스노드에서 목적지노드에 대한 여러 개의 다중경로를 생성 할수 있다. 다음은 QoS 지원 서비스의 다중경로 생성과정을 설명하고 있다. 소스 노드는 통신의 요구가 있을 때 자신의 경로캐쉬를 검사하여 소스 노드가 요구하는 자원값을 지원하는 목적지에 대한 경로정보가 있는지를 검사 한뒤 경로정보가 발견되지 않는다면 RREQ 패킷을 브로드 캐스트 하여 소스노드가 요구하는 자원값을 만족하는 목적지 노드에 대한 경로를 찾는다. 한편 소스노드에서 전송된 RREQ 패킷을 수신한 목적지 노드는 순방향 경로를 저장하고 있는 RREP-D를 RREQ-D에 피기백(Piggyback)하여 역방향 경로가 경로캐쉬에 저장되어있으면 유니 캐스트로 소스노드를 향해 전송하고 저장되어있지 않으면 브로드 캐스트 하여 소스노드를 향해 전송한다. 소스노드는 최초의 RREQ-D패킷을 수신 한뒤 샌드버퍼(Send Buffer)에 저장되어있는 데이터 패킷을 RREQ-D 패킷에 담겨져 있는 순방향 경로정보를 통해 해당 노드로 전송한다. 이후, 소스 노드에 순서대로 도착하는 RREQ-D 패킷들은 다중경로 설정을 위해 자신의 경로캐쉬에 순방향 경로정보를 순서대로 저장한다.

다중경로를 설정한 소스노드는 경로상의 에러가 발생하여 더 이상 경로를 사용 할수 없을 경우에 자신의 경로캐쉬에 저장되어져 있는 다중경로를 사용함으로써 재 경로설정으로 인한 네트워크 부하를 줄일 수 있다는 큰 장점을 지닌다. 한편 노드의 경로캐쉬에 저장된 다중경로에 대한 경로유지는 주기적인 헬로우 메시지의 수신여부에 의해 유지된다. 헬로우 메시지를 일정 시간 이내에 수신하지 못한 경로는 경로캐쉬에서 삭제되고 설정된 다중경로가 노드의 이동이나 경로상의 에러에 의해 더 이상 사용 할수 없을 때 소스 노드는 다시 재 경로 설정을 하게된다.

3.2.5 헬로우 메시지를 이용한 경로 유지와 통신 자원 평가

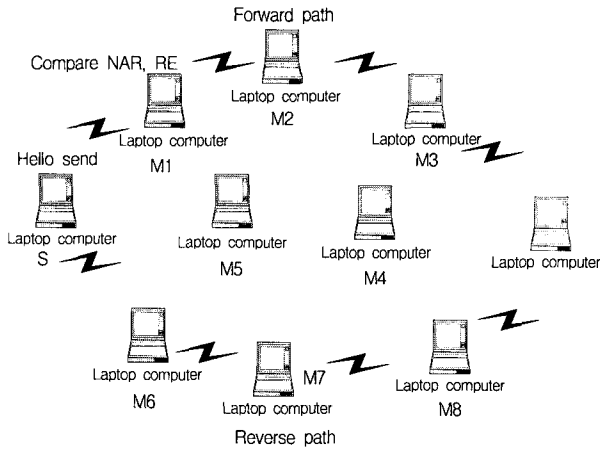
기존의 라우팅 프로토콜은 양방향 링크를 가정하였기 때문에 실제로 무선 상에서 노드의 이동 또는 전파의 간섭현상으로 인한 단방향 링크가 존재하는 Ad Hoc 망에서는 경로에러가 발생 시 양방향에서처럼 경로에러를 즉시 발견 할수 없다. 단방향 환경의 고유한 특성상 설정된 경로상의 경

로에러를 발견하기 위해서 소스노드는 주기적으로 헬로우 메시지를 소스노드의 경로캐쉬에 저장되어져 있는 순방향 경로를 통해서 목적지노드로 전송하고 목적지노드는 헬로우 메시지를 받으면 헬로우 응답 메시지를 역방향 경로를 통해서 소스노드로 즉시 전송한다. 이때, 소스노드는 헬로우 메시지를 보낸 후, 지정시간 내에 헬로우 응답 메시지를 받지 못하면 해당 경로 상에 에러가 발생했음을 알고 곧바로 경로 재 설정을 시작한다.

다음은 QoS 지원서비스를 요구하는 경로의 생성이후에 설정된 경로의 경로유지와 설정된 경로의 각 노드의 통신자원평가에 사용되는 헬로우 메시지에 대해 서술하고 있다.

- ① 소스 노드에서 목적지 노드로 헬로우 메시지를 보낼 때 헬로우 메시지의 PAR 필드에는 순방향 경로의 경로 유용한 자원 값과 RE 필드에는 소스 노드에서 유용한 자원 결정 과정을 통해 얻게 된 노드 유용한 자원 값 NAR을 저장하고 RPAR 필드와 RRE 필드에는 역방향 경로의 경로 유용한 자원 값을 저장한 다음 순방향 경로 상의 다음 노드로 유니 캐스트 한다.
- ② 헬로우 메시지를 수신한 다음 노드는 유용한 자원 결정 과정을 통해 얻은 노드 유용한 자원 값 NAR과 RE 필드에 저장되어진 값을 비교해서 NAR 값이 RE 값보다 적으면 RE 값을 NAR 값으로 대체한다. 이러한 과정은 목적지 노드에 도착할 때까지 반복된다.
- ③ 헬로우 메시지를 수신한 목적지 노드는 헬로우 메시지의 PAR 필드와 RE 필드를 비교해서 서로 다르면 RE 필드 값을 자신의 경로 캐쉬에 있는 순방향 경로의 유용한 자원 값으로 대체하고 RPAR 필드와 RRE 필드를 비교해서 다르면 역시 경로 캐쉬의 역방향 경로 유용한 자원 값 필드를 RRE 필드 값으로 대체한다. 그리고 헬로우 메시지의 PAR 필드와 RE 필드를 확인 헬로우 메시지의 PAR 필드와 RE 필드에 복사하고 RPAR 필드에 역방향 경로의 유용한 자원 값을 저장하고 노드 유용한 자원 결정 과정을 통해 얻게 된 노드 유용한 자원 값 NAR를 RRE 필드에 저장한 후에 역방향 경로 상의 다음 노드로 유니 캐스트 한다.
- ④ 확인 헬로우 메시지를 수신한 다음 노드는 노드 유용한 자원 결정 과정을 통해 얻은 NAR 값과 RRE 필드에 저장되어진 값을 비교해서 NAR값이 RRE 값보다 적으면 RRE 값을 NAR 값으로 대체한다. 이러한 과정은 소스 노드에 도착할 때까지 반복된다. 다섯 번째, 확인 헬로우 메시지를 일정한 시간 이내에 수신한 소스 노드는 순방향 경로와 역방향 경로가 유지되고 있음을 확인하고 확인 헬로우 메시지의 PAR 필드와 RE 필드를 비교해서 서로 다르면 RE 필드 값을 자신의 경로 캐쉬에 있는 순방향 경로의 유용한 자원 값으로 대체한다. 또한 RPAR 필드와 RRE 필드를 비교해서 다르면 역시 경로 캐쉬의

역방향 경로 유용한 자원 값 필드를 RRE 필드 값으로 대체한다.



(그림 6) 헬로우 메시지를 이용한 경로유지와 자원통신평가

4. 성능평가

4.1 실험환경

본 논문에서는 성능평가를 위해 미국 버클리 대학, 남가주 대학 그리고 카네기멜론 대학에서 개발한 NS-2 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 본 논문에서 제시한 내용을 코드로 구현하여 추가시켰다. 성능평가를 위한 여러 시나리오는 NS 2 에 있는 이동패턴파일과 통신패턴파일을 서로 조합하여 만들었다. 하드웨어로는 700MHz 펜티엄 III, 128MB RAM, 20 GB 하드디스크를 갖춘 PC를 사용하였다[11, 12].

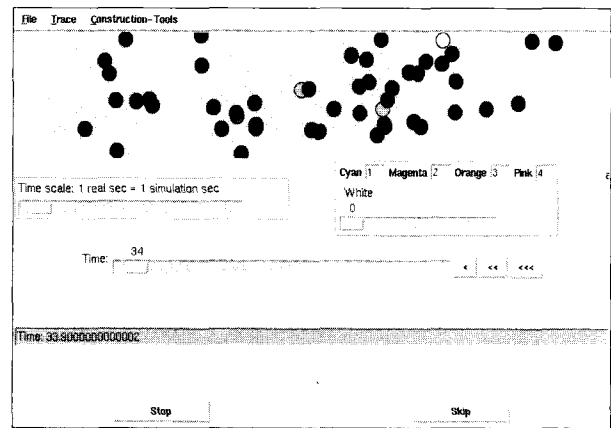
4.2 구성 및 평가방식

제안한 알고리즘의 성능 비교평가 기준은 크게 4가지의 관점으로 수행되었다. 첫째 최단경로의 설정에 우선순위를 두는 Best effort 서비스의 데이터 수신율과 각 노드에서 허용가능한 자원대역폭을 기준으로 특정 플로우(flow)에 대한 QoS 서비스의 데이터 수신율을 연결상태를 20과 30으로 나누어 비교 평가하였다. 둘째 애드 hoc 네트워크에 영향을 미치는 네트워크 부하를 고려하여 QoS 서비스를 제공할때 생성되는 네트워크부하와 최선형 서비스를 제공할 때 형성되는 네트워크 부하를 비교하였다. 셋째 QoS 서비스를 제공할 때 경로의 에러발생으로 인해 경로를 재 설정 하였을 때 생성되는 제어패킷의 부하 방지를 위해 설정된 다중경로를 최대 3개까지 설정하여 다중 경로의 개수에 따른 네트워크 부하를 비교평가하였다. 넷째 다중 경로 설정시 각 다중경로에 따라 생성되는 네트워크 부하를 비교 평가하였다. <표 1>은 시뮬레이션에서 사용된 파라미터 값을 보여주고 있다. 각 노드가 공유하는 최대 대역폭은 2Mbps로써 반경 250m 이내의 노드에게 전파의 영향을 미치게된다. 시뮬레이션에 통신에 참여하는 노드는 50개로써 각 노드에는 1초에 8개의 패킷이 CBR(Constant Bit Rate)방식으로 공급이 된다.

한편 각 노드는 설정된 경로에 대해 경로유지 방법으로 전송되는 헬로우 메시지의 시간 간격은 2초로 일정시간간격을 두고 전송된다. 노드 정지시간은 0초, 30초, 120초, 300초, 600초, 900초로 나누어 동작하도록 하면서 시뮬레이션 시간을 900초로 동일하게 설정하였다.

<표 1> 시뮬레이션 파라미터 값

Parameter	Value
Transmitter	250[m]
Bandwidth	2[M]
Hello interval	2.0[s]
Simulation Time	900[s]
Number of Node	50
Pause Time	0, 30, 120, 300, 600, 900[s]
Traffic Type	Constant Bit Rate
Packet Rate	4packet/s
Number of flow	30



(그림 7) ad-hoc을 이용한 시뮬레이션

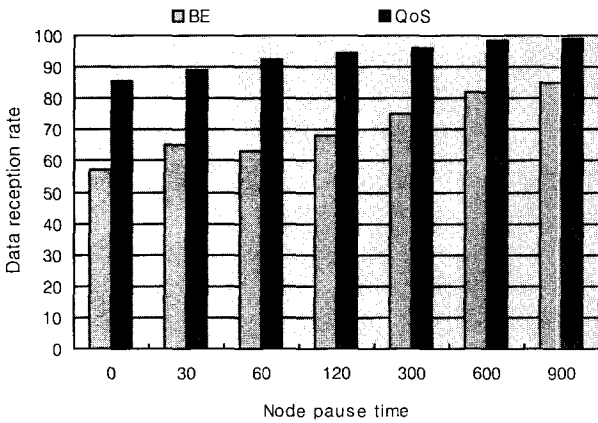
4.2 실험 결과

4.2.1 노드 연결이 20과 30인 경우의 QoS 서비스와 최선형 서비스(BE)의 데이터 수신율 비교

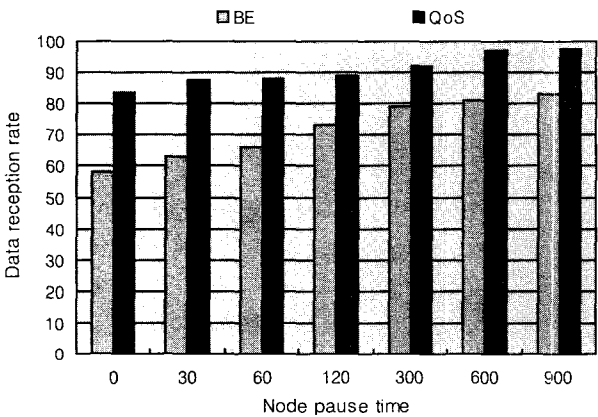
(그림 8)과 (그림 9)는 이동 애드 hoc 네트워크에서 각 노드의 정지시간에 따른 최선형 서비스(BE)와 QoS(Quality of Service)를 제공하는 특정 흐름(flow)의 데이터 수신율을 나타내고 있다. (그림 6)는 전체 50개의 노드 중에서 20개의 노드가 연결된 상태로 통신을 하고 있으며 (그림 8)은 전체 50개의 노드 중에서 30개의 노드가 연결된 상태로 통신을 하고 있다는 것을 의미한다.

그림의 가로축의 Node Pause Time(노드 정지시간)이란 네트워크 내에서 이동 노드가 시뮬레이션 동안에 노드 정지 시간까지 정지해 있고 노드 정지시간이 지난 후에 노드가 이동한다는 것을 의미한다. 예를 들어 그림 8의 노드정지시간 0은 시뮬레이션 시간 900초 동안에 한번도 정지해 있지 않고 계속 움직이고 있다는 것을 의미하고 있다.

전체적으로 최선형 서비스와 QoS 서비스의 데이터 수신율을 비교해 볼때 QoS 서비스를 제공함으로써 수신율이 최선형 서비스에 비해 급격히 증가하였다는 것을 알 수 있다. (그림 8)과 (그림 9)의 경우 노드 정지시간 0초에서는 다른 노드 정지시간과는 다르게 QoS 서비스의 데이터 수신율의 증가가 높다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과가 발생하는 주된 이유는 노드의 이동도가 빈번한 환경에서 QoS 서비스를 제공해줌으로써 특정 패킷에 대한 우선순위를 두게됨으로써 보다 많은 수신율의 상승을 제공해주었기 때문이다. 반면 노드 정지시간 900초에서는 다른 노드 정지시간보다 QoS 서비스의 데이터 수신율의 상승이 급격하지 않고 완만한 이유는 노드가 움직이지 않고 시뮬레이션 시간 동안 한곳에 정지하고 있는 환경이기 때문에 데이터 수신율은 노드의 이동도에 의존성이 없기 때문이다.



(그림 8) 데이터 수신율-1

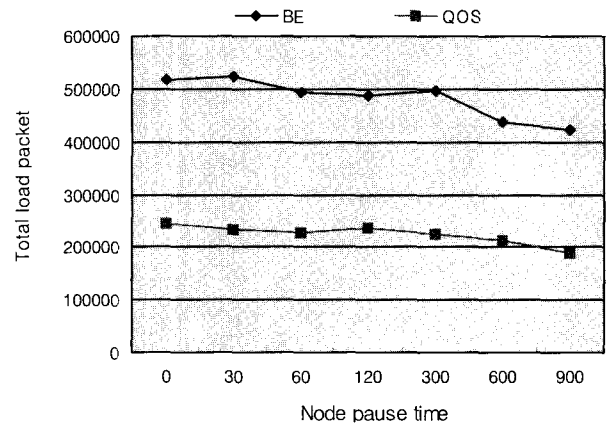


(그림 9) 데이터 수신율-2

4.2.2 QoS 서비스시 발생하는 네트워크 부하와 최선형 서비스의 네트워크 부하 비교

(그림 10)은 전체 50개의 노드 중에서 30개의 노드가 통신을 하는 환경에서 최선형 서비스와 QoS 서비스의 네트워크 부하량을 나타내었다. 네트워크 부하에 사용되는 파라미터 변수로는 경로설정 시에 생성되는 경로 요구패킷(RREQ),

경로 응답패킷(RREP), 경로유지에 사용되며 일정시간을 주기로 전송되는 헬로우 패킷 (HELLO)을 합한 전체 부하 패킷량을 네트워크 부하로 설정하였다. (그림 10)은 각 노드 정지시간에 따른 최선형 서비스를 제공한 경우와 QoS 서비스를 제공 한 경우에 발생하는 전체 네트워크 부하를 나타내고 있다. 특정 패킷을 전송하기 위해서 최선형 서비스는 많은 네트워크 부하가 발생되어 전체 네트워크까지 영향을 많이 미쳤다. 반면에 QoS 서비스를 제공함으로써 (그림 10)처럼 네트워크 부하가 급격하게 감소가 됨을 알 수 있다. 이는 특정 패킷의 우선순위를 높임으로써 다른 패킷과 동일하게 전송하였을 때와는 달리 많은 양의 자원 양을 가진 노드만이 서비스를 해줄수 있기 때문에 최선형보다는 많은 양의 네트워크 부하가 발생하지 않았다.



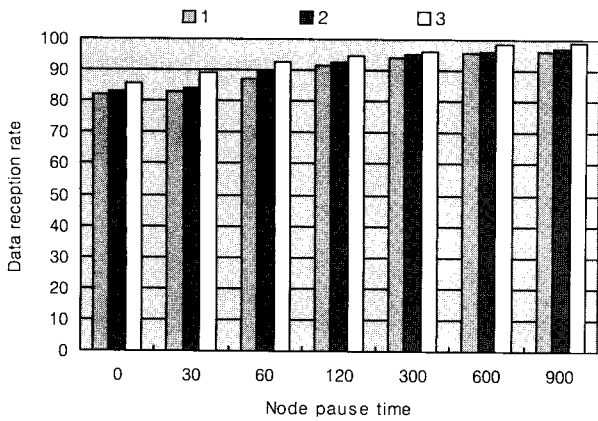
(그림 10) QoS /BE 패킷의 네트워크 부하

노드 정지시간이 높을수록 네트워크 부하의 발생 빈도 수는 적게된다. 이는 위에서도 말했듯이 노드의 이동량이 적을수록 그만큼 안정적이기 때문에 RREQ 패킷이나 RREP 패킷의 발생빈도가 적어지고 결국 보다 안정적이고 정확한 QoS 서비스를 제공 해줄 수 있다는 것을 의미한다.

4.3.3 다중경로를 제공하는 경우 데이터 수신율의 변화

(그림 11)은 QoS 패킷을 전송시 소스 노드에 다중 경로를 제공하는 경우에 데이터 수신율을 보여주고 있다. 제안한 알고리즘에서의 다중경로는 최대 3개까지 자신의 경로 캐쉬에 저장하도록 하였다.

노드 정지시간에 따른 데이터 수신율을 볼때 다중경로를 최대 3개까지 각 노드의 경로캐쉬에 저장하고 있을때 가장 좋은 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 다중경로를 제공함으로써 노드는 경로에 에러가 발생함으로써 생성되는 RREQ 패킷의 플러딩(flooding)으로 인한 네트워크 부하를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 경로 재 설정 시간까지의 데이터 패킷의 손실을 줄일 수 있다는 장점을 지닌다. 전체적으로 다중 경로의 수를 3개를 제공할 때 제안한 알고리즘에서 가장 많은 데이터 수신율을 제공하고 있다는 것을 알 수 있다.

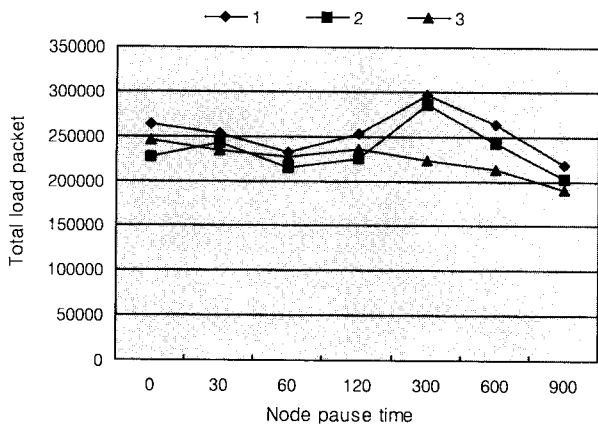


(그림 11) 다중경로에 따른 데이터 수신율의 비교

4.2.4 다중 경로를 사용하는 QoS 서비스에 대한 네트워크 부하

(그림 12)는 QoS 서비스를 특정 노드에 제공할 때 노드 정지시간에 따른 다중경로를 1개, 2개, 3개까지 하였을 경우 전체 노드에 미치는 네트워크 부하를 나타내고 있다.

노드의 정지시간에 따른 네트워크 부하를 살펴보면 전체적으로 데이터 수신율과 마찬가지로 최대 3개의 다중경로를 제공함으로써 인해 네트워크 부하를 다중 경로를 1개, 2개를 제공해주는 것보다 많은 양을 감소시킬수 있었다.



(그림 12) 다중경로에 따른 네트워크 부하의 비교

노드 정지시간 0초와 60초 120초까지는 다중경로 3개를 제공하는 경우 네트워크 부하가 1개, 2개 보다 더 많이 발생되었으나 노드의 이동도가 적은 환경일수록 다중경로를 최대 3개까지 제공해주었을 경우 네트워크 부하 감소를 나타내었다. 이러한 현상이 발생한 주된 이유는 노드의 움직임이 없는 환경은 그만큼 네트워크가 안정적이기 때문에 부하패킷의 발생빈도가 노드의 움직임이 많은 환경에 비해 그만큼 적다는 것을 알 수 있다. 따라서 안정적인 환경에서 다중경로를 제공해주으로써 RREQ 패킷의 flooding을 막음으로써 데이터 수신율 뿐만 아니라 네트워크 부하의 감소

도 얻을 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 QoS를 지원하는 단방향 이동 애드 혹 환경에서 시시각각 변하는 노드의 이동을 고려하여 보다 정확하고 빠르게 경로의 통신 자원 변화와 에러에 신속하게 대응할 수 있는 QoS 지원 알고리즘을 제안했다.

단방향과 양방향 링크가 혼재하는 이동 애드 혹 네트워크 환경에서 모든 링크가 양방향 링크라고 가정하고 라우팅 프로토콜을 설계하는 것은 선택된 경로에 단방향 링크가 존재하는 경우에는 선택된 경로를 통해서 데이터 전송 서비스가 불가능하다.

한편 최단경로로 경로선택의 우선순위를 두고 있는 최선형 서비스만을 지원할 수 있는 기존 라우팅 프로토콜로서는 최단 들어 급증하고 있는 멀티미디어 데이터와 실시간 데이터의 전송을 지원하기에는 한계점이 있다. 경로 선택시 노드가 제공하는 자원값을 고려하여 경로설정을 하게 되므로써 불필요한 부하패킷을 줄임으로써 QoS를 지원하는 제안한 라우팅 프로토콜은 대단히 유용한 프로토콜로 평가된다.

제안한 라우팅 프로토콜은 소스 노드와 목적지 노드 사이에 다중경로를 설정하여 경로에 에러가 발생시에 다시 재경로를 설정함으로써 발생하는 네트워크 부하를 고려하였다. 노드의 경로캐쉬에 다중경로를 설정함으로써 네트워크 전체에 영향을 미치는 부하패킷을 줄이면서 데이터 패킷을 보다 빠르고 정확하게 전송 할 수 있다.

이동 애드 혹 네트워크에서 라우팅 프로토콜의 수행 결과 선택된 경로는 경로를 구성하는 노드들의 이동과 노드들 사이의 단방향 링크에 의해 에러가 발생할 수 있으며 선택된 경로의 유용한 통신 자원은 시간에 따라 변화될 수 있다. 이러한 환경에서 경로 에러와 경로의 유용한 자원 변화에 신속하고 정확하게 대처할 수 있는 헬로우 메시지를 사용하는 제안한 적응형 QoS 지원 알고리즘은 대단히 효율적인 것으로 평가된다.

이상으로 본 논문에서 제안한 단방향 이동 Ad Hoc 네트워크에서의 다중경로를 이용한 QoS 라우팅 프로토콜은 향후, 보다 실제적인 무선환경에서 동작하는 MANET 통신 시스템을 구현하기 위한 라우팅 프로토콜로 적용될 수 있음을 검증하였다.

참 고 문 헌

[1] Tony Larsson, and Nicklas Hedman, "Routing Protocols in Wireless Ad-hoc Networks : A Simulation Study," Master's thesis, Lulea University of Technology, Stock

holm, 1998.

[2] R. Pandya, and et al., "IMT-2000 standard : Network aspects," IEEE Pers. Commun., pp.20-29, Aug., 1997.

[3] A. Ephremides and T. Truong, "Scheduling algorithms for multi-hop radio networks," IEEE Trans. Comput, Vol.38, 1989.

[4] Andrew S. Tanenbaum, "Computer Networks," Prentice-Hall International Inc., Thrid Edition, pp.345-374, 1996.

[5] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Routing over Multi-hop Wireless Network of Mobile Computers," SIGCOMM'94 : Computer Communications Review, pp.234-244, Oct., 1994.

[6] Elizabeth M. Royer and et. al., "A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks," IEEE Personal Communication, pp.46-55, Apr., 1999.

[7] Tony Larsson, and Nicklas Hedman, *Routing Protocols in Wireless Ad-hoc Networks : A Simulation Study*, Master's thesis, Lulea University of Technology, Stockholm, 1998.

[8] R. Pandya, and et al., "IMT-2000 standard : Network aspects," IEEE Personal Communication, pp.20-29, Aug., 1997.

[9] S.Lee and A. Campbell, "INSIGNIA : In-band Signaling Support for QOS in Mobile Ad Hoc Networks," Proc of 5th International workshop on Mobile Multimedia Communications(MoMuC, 98), Berlin, Germany, Oct., 1998.

[10] Bjarne Stroustrup, "The C++ Programming Language," Addison-Wesley, Third Edition, 1997.

[11] Clif Flynt, "Tcl/TK for Real Programmers," AP PROFESSIONAL, Academic Press, 1994.



강 경 인

e-mail : kikang@yeojoo.ac.kr
 1994년 명지대학교 전자공학과(공학사)
 1996년 명지대학교 전자공학과(공학석사)
 2001년 명지대학교 전자공학과(공학박사)
 1998년~현재 여주대학 정보통신과 조교수
 관심분야 : Ad hoc 네트워크, 멀티미디어, 컴퓨터 네트워크 시스템



박 경 배

e-mail : gbpark@yeojoo.ac.kr
 1994년 명지대학교 전자공학과(공학사)
 1996년 명지대학교 전자공학과(공학석사)
 2002년 명지대학교 전자공학과 박사
 1998년~현재 여주대학 컴퓨터사이언스과 조교수

관심분야 : Ad hoc 네트워크, 멀티미디어, 컴퓨터네트워크시스템, 멀티캐스트



유 충 렬

e-mail : cyyou386@kornet.net
 1988년 명지대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1991년 명지대학교 전자공학과(공학석사)
 1996년 명지대학교 전자공학과 졸업 통신정보시스템전공(공학박사)
 1994년~1999년 여주대학 정보통신과 조교수

2000년~현재 동아방송대학 인터넷방송과 겸임교수,
 안성시 타운뉴스 Agent 대표
 관심분야 : 정보통신, 정보기술, 웹캐스팅, 멀티미디어, 컴퓨터네트워크 시스템.



정 찬 혁

e-mail : supei@mju.ac.kr
 2000년 명지대학교 전자공학과(공학사)
 2002년 명지대학교 전자공학과(공학석사)
 2002년~현재 명지대학교 전자공학과 박사과정
 관심분야 : Adhoc네트워크, MPLS, Multicasting, 네트워크시스템, Mobile ip



이 광 배

e-mail : kblee@mju.ac.kr
 1979년 고려대학교 전자공학과(공학사)
 1984년~1986년 Univ. of Southern california, Computer Engineering(공학석사)
 1986년~1991년 Arizona state Univ., Electrical Engineering(공학박사)

1998년~1999년 WPI(Worcester Polytechnic Institute)공대 WINLAB 연구실 방문 연구교수
 1999년~2000년 Columbia 대학 COMET 연구실 방문 연구교수
 1992년~현재 명지대학교 전자공학과 교수
 관심분야 : 멀티미디어, 이동 무선 인터넷, 고장 감내 구조



김 현 옥

e-mail : acalab@mju.ac.kr
 1978년 고려대학교 전자공학과(공학사)
 1980년 고려대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1987년 고려대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1980년~1981년 동양공업 전문대학 전자과 전임강사
 1981년~1988년 명지대학교 전자공학과 교수
 1988년~1990년 Dept. of Computer science of Arizona State University Adjunct Faculty
 1990년~현재 명지대학교 전자공학과 교수
 관심분야 : 병렬처리 컴퓨터 시스템, 고장 감내 시스템, 멀티미디어시스템, 이동 무선 인터넷